

1. Report No. NASA TM-75819	2. Government Accession No.	3. Recipient's Catalog No.	
4. Title and Subtitle AIRCRAFT NOISE EFFECTS: AN INTER- DISCIPLINARY STUDY ON THE EFFECTS OF AIRCRAFT NOISE ON MAN --PART I: BASIC REPORT	5. Report Date June 1980		6. Performing Organization Code
	7. Author Deutsche Forschungsgemeinschaft		8. Performing Organization Report No.
9. Performing Organization Name and Address Leo Kanner Associates Redwood City, California 94063	10. Work Unit No.		11. Contract or Grant No. NASW-3199
	12. Sponsoring Agency Name and Address National Aeronautics and Space Administration Washington, DC 20546		13. Type of Report and Period Covered Translation
14. Sponsoring Agency Code		15. Supplementary Notes Translation of "DFG-Forschungsbericht: Fluglaermwirkungen Eine interdisziplinäre unter- suchungen ueber die Auswirkungen des Fluglaerms auf den Menschen. Hauptbericht," (Harald Boldt Verlag KG, Boppard and Deutsche Forschungs- gemeinschaft, Bonn-Bad Godesberg, West Germany, 1974, pp. xii-xiv, 1-246, 425-500, 540-558.	
16. Abstract After a preliminary study in Hamburg, the research team selected from a variety of scientific fields then chose an area around the Munich-Riem airport. This area was divided into 32 clusters of different noise exposure and subjects were drawn from each cluster for a social survey and psychological, medical and physiological testing. Extensive acoustical measurements were also carried out in each cluster. The results were then subjected to detailed statistical analysis in each individual scientific section and in a special interdisciplinary section. Part I contains a description of the investigation in general and reports presented by each section. The study was supported by the German Research Society.			
17. Key Words (Selected by Author(s)) Aircraft noise; noise effects; interdisciplinary; field study; noise measurement; social survey; physiological tests.		18. Distribution Statement Unclassified - Unlimited	
19. Security Classif. (of this report) Unclassified	20. Security Classif. (of this page) Unclassified	21. No. of Pages	22. Price

DRG

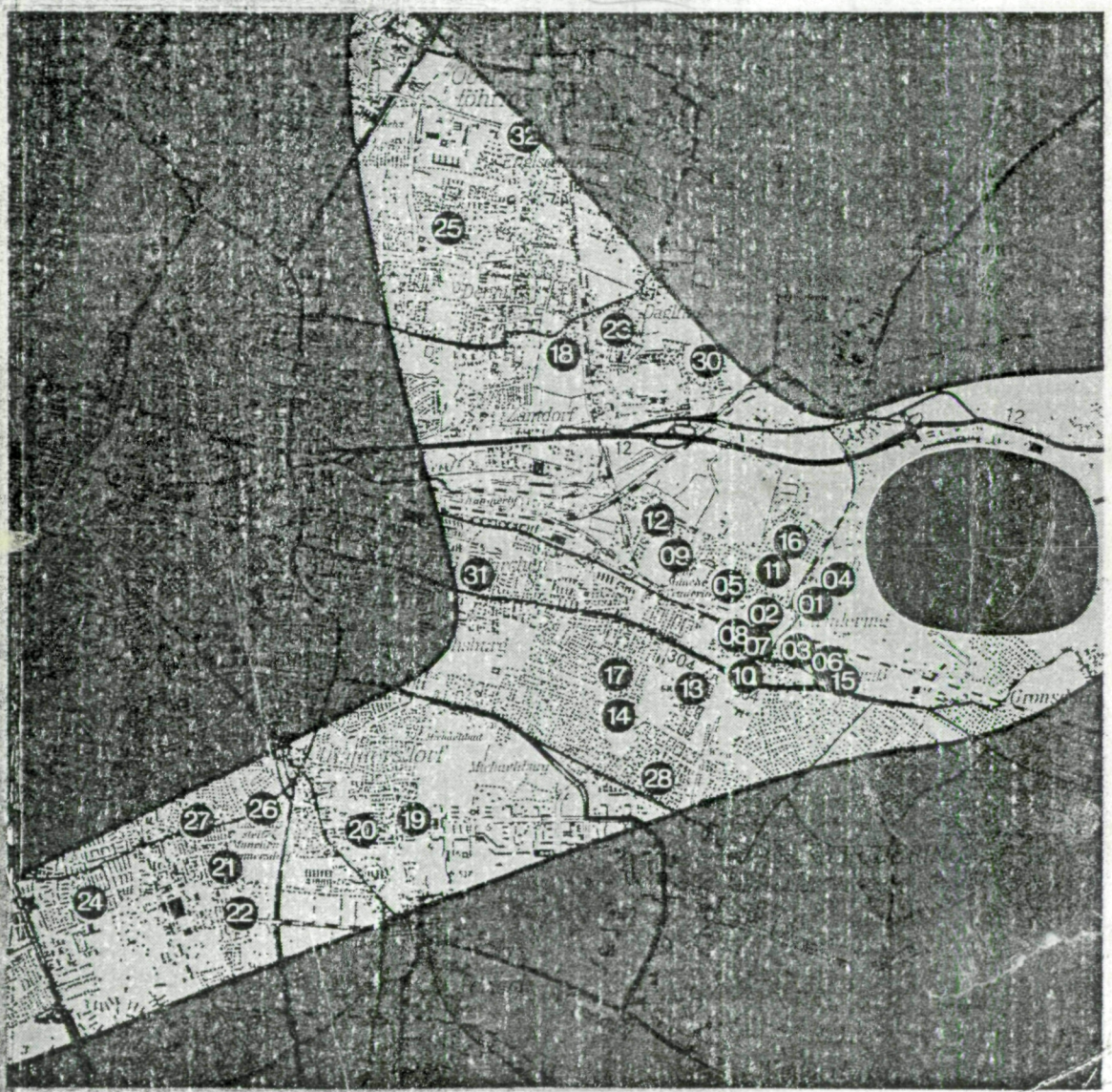
N 85-19629  
forschungsbereich

Research Report

TM-25804  
75 819

X82-10070

Aircraft Noise Effect  
fluglärmwirkungen I



deutsche forschungsgemeinschaft

Klein

Investigation

Community

# FLUGLÄRMWIRKUNGEN

Eine interdisziplinäre Untersuchung  
über die Auswirkungen des  
Fluglärms auf den Menschen

Hauptbericht



HARALD BOLDT VERLAG KG  
BOPPARD

Der DFG-Forschungsbericht Fluglärmwirkungen besteht aus 3 Bänden:

- Hauptbericht
- Annexband
- Sozialwissenschaftlicher Ergänzungsbericht

ISBN: 3 7646 1595 8

© 1974

Deutsche Forschungsgemeinschaft

53 Bonn-Bad Godesberg 1, Kennedyallee 40

Telefon (0 22 21) 88 11

Telegrammanschrift: Forschungsgemeinschaft

Umschlaggestaltung: Atelier Dr. H. Zebhauser, München

Herstellung: boldt druck boppard gmbh

## AIRCRAFT NOISE EFFECTS

An interdisciplinary study  
on the effects  
of aircraft noise on man

Summaries and Contents of each Chapter  
are given in English

*Therefore they need not  
be translated.*

*note - already translated on p IX*

**Inhaltsverzeichnis (gekürzte Gesamtübersicht)**

Contents (abridged version) . . . . .	VIII
Das wissenschaftliche Team des Fluglärmprojekts . . . . .	XII
Autoren-Verzeichnis . . . . .	XIV
<b>1 Das Fluglärmprojekt der DFG – Fragen, Ziele, Probleme [Hörmann]</b> . . . . .	<b>1</b>
1.0 Inhaltsverzeichnis/Contents . . . . .	2
1.1 Die Entstehungsgeschichte des DFG-Projekts zu Fluglärmwirkungen auf den Menschen . . . . .	4
1.2 Was ist Lärm? . . . . .	6
1.3 Zur Problematik ‚kritischer Grenzen der Lärmbelastung‘ und der ‚Zumutbarkeit‘ . . . . .	7
1.4 Die Auswertung bisher zur Fluglärmproblematik vorliegender wissenschaftlicher Untersuchungen . . . . .	9
1.5 Probleme und Schwierigkeiten einer interdisziplinären Fluglärm-Untersuchung . . . . .	23
1.6 Hinweise zum Aufbau dieses Berichts . . . . .	25
1.7 Zusammenfassung/Summary . . . . .	26
<b>2 Der gemeinschaftliche Untersuchungsplan [Rohrmann]</b> . . . . .	<b>29</b>
2.0 Inhalts-, Tabellen- und Abbildungsverzeichnis/Contents . . . . .	30
2.1 Interdisziplinäre Organisation . . . . .	33
2.2 Untersuchungsorte und Untersuchungsgebiete . . . . .	36
2.3 Prozedur der Stichprobenziehung . . . . .	42
2.4 Organisation des Erhebungsablaufs . . . . .	55
2.5 Statistik der untersuchten Probandengruppen [teils mit Schümer & Schümer-Kohrs] . . . . .	61
2.6 Zusammenfassung/Summary . . . . .	71
<b>3 Der akustische Untersuchungsteil [Finke &amp; Martin]</b> . . . . .	<b>75</b>
3.0 Inhalts-, Tabellen- und Abbildungsverzeichnis/Contents . . . . .	76
3.1 Aufgabenstellung . . . . .	81
3.2 Vorbereitende Untersuchungen und Auswahl der Meßpunkte . . . . .	84
3.3 Ablauf der Messungen . . . . .	94
3.4 Auswertung und Clusterkennwerte . . . . .	102
3.5 Vergleich verschiedener Beurteilungsverfahren . . . . .	125
3.6 Optimierung eines Fluglärm-Bewertungsmaßes . . . . .	132
3.7 Ergänzende Betrachtungen . . . . .	138
3.8 Zusammenfassung/Summary . . . . .	143
<b>4 Der sozialwissenschaftliche Untersuchungsteil [Schümer-Kohrs &amp; Schümer]</b> . . . . .	<b>150</b>
4.0 Inhalts-, Tabellen- und Abbildungsverzeichnis/Contents . . . . .	150
4.1 Konzeption des sozialwissenschaftlichen Untersuchungsteiles . . . . .	157
4.2 Entwicklung des Fragebogens . . . . .	160
4.3 Untersuchungsplan . . . . .	167

4.4	Durchführung der Erhebung . . . . .	168
4.5	Auswertung . . . . .	171
4.6	Ergebnisse und Diskussion . . . . .	174
4.7	Abschließende Bemerkungen . . . . .	238
4.8	Zusammenfassung/Summary . . . . .	239
<b>5</b>	<b>Der Psychologische Untersuchungsteil [Guski]</b> . . . . .	<b>247</b>
5.0	Inhalts-, Tabellen- und Abbildungsverzeichnis/Contents . . . . .	248
5.1	Fragestellung, Konzeption und Themenkreise . . . . .	252
5.2	Vorarbeiten . . . . .	261
5.3	Durchführung der Untersuchung . . . . .	270
5.4	Datenaufbereitung und erste Analysen . . . . .	276
5.5	Der Datensatz für die Hauptauswertung . . . . .	291
5.6	Ergebnisse und Diskussion . . . . .	303
5.7	Zusammenfassung/Summary . . . . .	317
<b>6</b>	<b>Der Arbeitsphysiologische Untersuchungsteil [Jansen]</b> . . . . .	<b>321</b>
6.0	Inhalts- und Abbildungsverzeichnis/Contents . . . . .	322
6.1	Bisherige Ergebnisse psychosomatischer Lärmforschung . . . . .	324
6.2	Konzeption und Fragestellungen der Untersuchungen . . . . .	329
6.3	Auswahl der Variablen . . . . .	332
6.4	Physiologischer Untersuchungsansatz . . . . .	333
6.5	Durchführung und Ergebnisse der Untersuchungen . . . . .	335
6.6	Interpretation der physiologischen Befunde . . . . .	337
6.7	Zusammenfassung/Summary . . . . .	345
<b>7</b>	<b>Der medizinische Untersuchungsteil [v. Eiff, Czernik, Horbach, Jörgens, Wenig]</b> . . . . .	<b>349</b>
7.0	Inhalts-, Tabellen- und Abbildungsverzeichnis/Contents . . . . .	350
7.1	Fragestellung und bisherige Untersuchungen . . . . .	355
7.2	Methodik des medizinischen Untersuchungsteils. . . . .	363
7.3	Statistische Auswertung . . . . .	371
7.4	Ergebnisse . . . . .	375
7.5	Diskussion . . . . .	414
7.6	Zusammenfassung/Summary . . . . .	420
<b>8</b>	<b>Die interdisziplinären Analysen [Rohrmann]</b> . . . . .	<b>425</b>
8.0	Inhalts-, Tabellen- und Abbildungsverzeichnis/Contents . . . . .	426
8.1	Ziel interdisziplinärer Analysen . . . . .	430
8.2	Organisation der Auswertung . . . . .	434
8.3	Methodische Probleme . . . . .	437
8.4	Interdisziplinärer Variablensatz . . . . .	442
8.5	Interdisziplinäre Analysen zur Fluglärmwirkung [teils mit Guski & Patterson] . . . . .	450
8.6	Stellenwert und Konsequenzen der Untersuchung . . . . .	488
8.7	Zusammenfassung/Summary . . . . .	497
<b>9</b>	<b>Die Anwendbarkeit der Ergebnisse [Irlé]</b> . . . . .	<b>501</b>
9.0	Inhalts-, Tabellen- und Abbildungsverzeichnis /Contents . . . . .	502

9.1	Die Transformation von Wissenschaft in Technik . . . . .	505
9.2	Zentrale methodische Probleme der praktischen Anwendung . . . . .	510
9.3	Die Grenzen der Zumutbarkeit von Fluglärm . . . . .	513
9.4	Ausgewählte Ergebnisse des Forschungsprojektes [Irle & Rohrmann] . . . . .	520
9.5	Alternativen von Interventionen gegen Fluglärm-Wirkungen . . . . .	527
9.6	Beziehungen der Ergebnisse dieses Forschungs-Projekts über Fluglärm- Wirkungen zum „Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm“ vom 30. März 1971 [Irle & Rohrmann] . . . . .	530
9.7	Schlußbemerkungen . . . . .	536
9.8	Zusammenfassung/Summary . . . . .	537
	<b>Fachwort- und Abkürzungsverzeichnis [Redaktionsteam]</b> . . . . .	<b>540</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> . . . . .	<b>549</b>



## Contents (abridged version)

The scientific team of the project	XII
List of authors	XIV
<b>1 Introduction and conception [Hörmann]</b>	<b>1</b>
1.0 Contents	2
1.1 Considerations that led to the project	4
1.2 What is noise?	6
1.3 The problems of defining "critical limits" of noise exposure and "tolerance of noise"	7
1.4 Evaluation of previous research on the problems of aircraft noise	9
1.5 Problems and difficulties connected with an interdisciplinary study of aircraft noise	23
1.6 Some remarks concerning the structure of this report	25
1.7 Summary	26
<b>2 Planning and design [Rohrmann]</b>	<b>29</b>
2.0 Contents, list of tables and illustrations	30
2.1 Interdisciplinary organisation of the project	33
2.2 Cities and areas of investigation	36
2.3 Sampling procedure	42
2.4 Organisation of the execution of the study	55
2.5 Statistical characterization of the samples	61
2.6 Summary	71
<b>3 Acoustical Part [Finke &amp; Martin]</b>	<b>75</b>
3.0 Contents, list of tables and illustrations	76
3.1 Scope	81
3.2 Preparing studies and choice of measuring points	84
3.3 Course of measurements	94
3.4 Evaluation and cluster characterization	102
3.5 Comparison of different rating methods	125
3.6 Optimization of an aircraft noise rating quantity	132
3.7 Additional considerations	138
3.8 Summary	143
<b>4 Social-scientific Part [Schümer-Kohrs &amp; Schümer]</b>	<b>149</b>
4.0 Contents, list of tables and illustrations	150
4.1 Conception of the social-scientific part	157
4.2 Construction of the questionnaire	160
4.3 Sampling plan	167
4.4 Conduction of the social survey	168
4.5 Analysis of data	171
4.6 Results and discussion	174

4.7	Conclusion . . . . .	238
4.8	Summary . . . . .	239
<b>5</b>	<b>Psychological Part [Guski]</b>	<b>247</b>
5.0	Contents, list of tables and illustrations . . . . .	248
5.1	The problem, conception and themata . . . . .	252
5.2	Preparatory work . . . . .	261
5.3	Realization of the study . . . . .	270
5.4	Preparation of data for processing and first analysis . . . . .	276
5.5	The data deck for the main analysis . . . . .	291
5.6	Results and discussion . . . . .	303
5.7	Summary . . . . .	317
<b>6</b>	<b>Work-physiological Part [Jansen]</b>	<b>321</b>
6.0	Contents, list of illustrations . . . . .	322
6.1	Previous results of psycho-somatic noise research . . . . .	324
6.2	Conception and problems posed in the investigations . . . . .	329
6.3	Selection of variables . . . . .	332
6.4	Physiological approach . . . . .	333
6.5	Conduction of the study and results . . . . .	335
6.6	Interpretation of the physiological findings . . . . .	337
6.7	Summary . . . . .	345
<b>7</b>	<b>Medical Part [v. Eiff, Czernik, Horbach, Jörgens, Wenig]</b>	<b>349</b>
7.0	Contents, list of tables and illustrations . . . . .	350
7.1	The problem and previous research . . . . .	355
7.2	Methodological procedure of the medical part . . . . .	363
7.3	Statistical analysis . . . . .	371
7.4	Results . . . . .	375
7.5	Discussion . . . . .	414
7.6	Summary . . . . .	420
<b>8</b>	<b>Interdisciplinary analyses [Rohrmann]</b>	<b>425</b>
8.0	Contents, list of tables and illustrations . . . . .	426
8.1	Aim of the interdisciplinary analyses . . . . .	430
8.2	Organization of the data analyses . . . . .	434
8.3	Methodological problems . . . . .	437
8.4	Interdisciplinary set of variables . . . . .	442
8.5	Interdisciplinary analyses of the effects of aircraft noise . . . . .	450
8.6	Evaluation and consequences of the study . . . . .	488
8.7	Summary . . . . .	497
<b>9</b>	<b>Discussion of consequences [Irlé]</b>	<b>501</b>
9.0	Contents, list of tables and illustrations . . . . .	502
9.1	Transformation of science into technology . . . . .	505
9.2	Central methodological problems of applied science . . . . .	510
9.3	Tolerance limits of aircraft noise . . . . .	513
9.4	Selected results of the research project . . . . .	520

9.5	Alternative measures against effects of aircraft noise . . . . .	527
9.6	Relation of the present findings to the "Act for the protection against aircraft noise" . . . . .	530
9.7	Conclusions . . . . .	536
9.8	Summary . . . . .	537
	<b>Glossary and abbreviations (prepared by the "Redaktionsteam")</b>	<b>540</b>
	<b>References</b>	<b>549</b>

## **Das wissenschaftliche Team des Fluglärmprojekts**

(Angaben sind die derzeitigen Arbeitsstätten)

### **Akustische Sektion**

Dipl.-Ing. H.-O. FINKE (Physikalische-Technische Bundesanstalt, Braunschweig)

Dir. u. Prof. Dr. R. MARTIN (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig)

*Zeitweise wesentlich beteiligt:*

Prof. Dr. M. GRÜTZMACHER

Prof. Dr. E.-A. MÜLLER

### **Arbeitsphysiologische Sektion**

Prof. Dr. Dr. G. JANSEN (Institut für Hygiene und Arbeitsmedizin, Klinikum Essen der Ruhruniversität Bochum)

### **Medizinische Sektion**

Prof. Dr. A. W. v. EIFF (Medizinische Universitätsklinik, Bonn)

Prof. Dr. L. HORBACH (Institut für medizinische Statistik und Dokumentation, Erlangen;  
vorher: Institut für medizinische Statistik und Dokumentation, Mainz)

Priv.-Doz. Dr. H. JÖRGENS (Medizinische Universitätsklinik, Bonn)

*Zeitweise wesentlich beteiligt:*

Dr. A. CZERNIK

Dr. H.-G. WENIG

### **Organisatorische Sektion**

Dipl.-Psych. B. ROHRMANN (Sonderforschungsbereich für Sozial- und Wirtschaftspsychologische Entscheidungsforschung, Universität Mannheim)

*Zeitweise wesentlich beteiligt:*

Dipl.-Psych. H.-G. BALZER

### **Psychologische Sektion**

Dipl.-Psych. R. GUSKI (Psychologisches Institut der Freien Universität Berlin)

Prof. Dr. H. HÖRMANN (Psychologisches Institut der Ruhruniversität Bochum; vorher: Psychologisches Institut der Freien Universität Berlin)

*Zeitweise wesentlich beteiligt:*

Dipl.-Psych. D. LIEPMANN

Dipl.-Psych. U. OSTERKAMP

Dipl.-Ing. R. STOLPE

### **Sozialwissenschaftliche Sektion**

Prof. Dr. M. IRLE (Fakultät für Sozialwissenschaften /Sozialpsychologie, Universität Mannheim)

Dr. R. SCHÜMER (Sonderforschungsbereich für Sozial- und Wirtschaftspsychologische Entscheidungsforschung, Universität Mannheim)

Dipl.-Psych. A. SCHÜMER-KOHRs. (Fakultät für Sozialwissenschaften, Universität Mannheim)

*Zeitweise wesentlich beteiligt:*

Dr. W. LILLI

Dipl.-Psych. B. ROHRMANN

## Autoren-Verzeichnis

- Kap. 1: H. HÖRMANN  
2: B. ROHRMANN  
2.5.3: B. ROHRMANN, R. SCHÜMER & A. SCHÜMER-KOHR  
3: H.-O. FINKE & R. MARTIN  
4: A. SCHÜMER-KOHR & R. SCHÜMER  
5: R. GUSKI  
6: G. JANSEN  
7: A.W. v. EIFF, A. CZERNIK, L. HORBACH, H. JÖRGENS & H.-G. WENIG  
8: B. ROHRMANN  
8.5.5: R. GUSKI & B. ROHRMANN  
8.5.5.2: R. GUSKI, H. PATTERSON & B. ROHRMANN  
9: M. IRLE  
9.4, 9.6: M. IRLE & B. ROHRMANN

Fachwortverzeichnis: *Redaktionsteam*

*Redaktionsteam:*

H.-O. FINKE, R. GUSKI, H. JÖRGENS, B. ROHRMANN,  
R. SCHÜMER & A. SCHÜMER-KOHR

# **FLUGLÄRMWIRKUNGEN**

**eine interdisziplinäre Untersuchung über die  
Auswirkungen des Fluglärms auf den Menschen**

## **KAPITEL 1**

**DAS FLUGLÄRMPROJEKT DER DFG – FRAGEN, ZIELE, PROBLEME**

**Hans Hörmann**

1.0

## 1.0 Inhaltsverzeichnis / Contents

1.1	Die Entstehungsgeschichte des DFG-Projekts Fluglärmwirkungen auf den Menschen. . . . .	4
1.2	Was ist Lärm? . . . . .	6
1.3	Zur Problematik „kritischer Grenzen der Lärmbelästigung“ und der „Zumutbarkeit“. . . . .	7
1.4	Die Auswertung bisher zur Fluglärmproblematik vorliegender wissenschaftlicher Untersuchungen. . . . .	9
1.4.1	„Störendheit“ als Empfindungskomponente und „Verärgerung“ als Fluglärm-Wirkung. . . . .	10
1.4.2	Die Konzeption der Moderator-Variablen. . . . .	14
1.4.3	Korrelation und Äquivalenz von durchschnittlichen Spitzenpegel und Überflughäufigkeit. . . . .	16
1.4.4	Die Notwendigkeit, auch andere Fluglärmfolgen als „Verärgerung“ und „Beschwerden“ zu untersuchen. . . . .	16
1.4.5	Medizinisch-physiologische Befunde und Überlegungen bei der Planung unserer Untersuchung. . . . .	18
1.4.6	Über die Unterscheidung zwischen „Wirkung aktueller Beschallung“ und „Wirkung alltäglichen Fluglärms“; das Problem der Anpassung an Lärm . . . . .	19
1.4.7	Wirkung von Fluglärm auf Verhalten und psychische Funktionen. . . . .	22
1.5	Probleme und Schwierigkeiten einer interdisziplinären Fluglärm-Untersuchung. . . . .	23
1.6	Hinweise zum Aufbau dieses Berichts. . . . .	25
1.7	Zusammenfassung/Summary. . . . .	27

Mehrere meiner Kollegen haben mich bei der Abfassung dieses Kapitels durch Hinweise, Korrekturen und Vorschläge unterstützt. Insbesondere habe ich den Herren Guski, Jansen, Martin, Rohmann und Schümer zu danken.

## 1.0 Contents

1.1	Considerations that led to the project of the Deutsche Forschungsgemeinschaft “Effects of aircraft noise on man“. . . . .	4
1.2	What is noise? . . . . .	6
1.3	The problems of defining “critical limits of noise exposure“ and “tolerance of noise“. . . . .	7
1.4	Evaluation of previous research on the problems of aircraft noise. . . . .	9
1.4.1	“Disturbance“ as sensation component and “annoyance“ as effect of aircraft noise. . . . .	10



	1.0.1
1.4.2 The conception of moderator variables . . . . .	14
1.4.3 Correlation and equivalence of average maximum noise level and fly-over frequency. . . . .	16
1.4.4 The necessity of studying other effects of aircraft noise, apart from "annoyance" and "complaints". . . . .	16
1.4.5 Medical and physiological findings and considerations in the planning of the present study. . . . .	18
1.4.6 Discrimination between "effects of actual noise exposure" and "effects of daily exposure to aircraft noise"; the problem of adaptation to noise. . . . .	19
1.4.7 Effect of aircraft noise on behavior and psychological functions. . . . .	22
1.5 Problems and difficulties connected with an interdisciplinary study of aircraft noise. . . . .	23
1.6 Some remarks concerning the structure of this report. . . . .	28
1.7 Summary. . . . .	27

3655

1.1

### 1.1 Die Entstehungsgeschichte des DFG-Projekts Fluglärmwirkungen auf den Menschen

Umweltschutz ist heute allen als Problem bewußt. Neben der Verschmutzung der Luft und der Gewässer ist es vor allem der Lärm, den wir als Belästigung und potentielle Gefahr empfinden. Im letzten halben Jahrhundert hat sich das akustische Profil unserer Welt rasch und weitgehend zum Schlechteren gewandelt: war noch in den frühen zwanziger Jahren der Lärm sozusagen auf einige Knotenpunkte von Fabriken und Hauptverkehrsadern konzentriert, so ist es in den dicht besiedelten hochentwickelten Ländern heute schon fast einfacher, die Lärm-freien Stellen zu zählen, die Oasen der Stille. Und unter den verschiedenen Arten des Lärms wiederum ist der Fluglärm eine der durchdringendsten; Millionen von Menschen sind ihm fast ungeschützt ausgesetzt. Die stärksten Geräuschwirkungen ergeben sich in der Nähe von Flughäfen, wo die Flughöhe gering ist und während des Überflugs besonders hohe Geräuschpegel auftreten.

Zu einem weite Kreise belastenden Problem wurde der Fluglärm Ende der fünfziger Jahre, als sich nicht nur die Anzahl der Flugbewegungen rapide erhöhte, sondern mit der Einführung größerer Düsenflugzeuge die Lärmintensität des einzelnen Überflugs stark anstieg. Zunehmende Bevölkerungsdichte führte zu steigender Bautätigkeit: die Wohngebiete der sich ausdehnenden Städte schoben sich an die Flughäfen heran – was wiederum die Zahl der Menschen erhöhte, die dem intensiver werdenden Fluglärm ausgesetzt sind.

In einigen Ländern, vor allem in den USA und in Großbritannien, wurde die Fluglärm-belästigung schon früher als in der Bundesrepublik so stark, daß die Anwohner von Flughäfen mit Protesten reagierten. Erste akustische und soziologische Untersuchungen begannen, die Zusammenhänge zwischen dieser Bevölkerungsreaktion und der Lärmbelastung zu klären zu versuchen.

In der BRD ist damals aus einer Reihe historischer, hier im Einzelnen nicht zu diskutierender Gründe das damit sich abzeichnende Problem des Umweltschutzes gegenüber Fluglärm sicher noch nicht in seinem ganzen Umfang der Öffentlichkeit bewußt geworden. Mit umso größerer Anerkennung ist deshalb hervorzuheben, daß die Deutsche Forschungsgemeinschaft schon Anfang der sechziger Jahre, also längst bevor „Umweltverschmutzung“ und „Umweltschutz“ zu gängigen Schlagworten geworden waren, die Notwendigkeit erkannt hat, im Bereich der Umweltforschung Projekte zu initiieren, deren Befunde möglicherweise als Basis für später notwendig werdende Maßnahmen des Umweltschutzes dienen könnten.

Im Jahre 1962 trat zum ersten Mal die vom Senat der Deutschen Forschungsgemeinschaft berufene Kommission für Lärmforschung unter dem Vorsitz von Prof. Dr. G. Lehmann zusammen. Sie betrachtete es als ihre Aufgabe, sich einen Überblick über die von den verschiedensten Institutionen in Deutschland und auch im Ausland durchgeführten Arbeiten zur Lärmforschung zu verschaffen und aufgrund dieses Überblicks Untersuchungen zu fördern oder gar anzuregen, die sich mit besonders dringlichen, evtl. mit zu sehr vernachlässigten Fragen der Lärmforschung befassen.

Eine derart gezielte Forschungsförderung wurde auch dadurch nahegelegt, daß die Begrenztheit der zur Verfügung stehenden Finanzmittel ein 'Gießkannenprinzip' nicht zuließ. Die Kommission, der neben einer Reihe von Akustikern (von denen sich vor allem Prof. D. M. Grützmacher für das sich abzeichnende Projekt interessierte) und Ingenieurwissenschaftlern auch ein Arbeitsphysiologe (Prof. Dr. G. Lehmann), ein Mediziner (Prof. Dr. A.W. v. Eiff) und ein Psychologe (Prof. Dr. H. Hörmann) angehörten, gelangte bald zu der Ansicht, daß Forschungen über die Wirkung von Lärm, und zwar speziell von Fluglärm, auf den Menschen

besonders dringlich seien. Die vorliegenden ausländischen Untersuchungen, die sich auf die akustisch-soziologischen Aspekte konzentrieren, sollten ausgebaut und durch medizinische, physiologische und psychologische Erhebungen ergänzt werden, um die Problematik der Belastung der Bevölkerung durch Fluglärm möglichst umfassend zu klären. In dieser Absicht wurde sie auch von den Vertretern der entsprechenden Ministerien und des Bundesgesundheitsamtes bestärkt, die als Gäste an den Sitzungen der Kommission teilnahmen. Die sich immer deutlicher abzeichnende Notwendigkeit gesetzlicher Regelungen auf dem Gebiet des Fluglärms ließ gerade bei ihnen die Frage nach Zonen und Grenzen der Zumutbarkeit auftauchen, eine Frage, die unser Projekt bis heute begleitet hat, und auf die noch einzugehen sein wird.

Schon in diesen ersten Beratungen der Kommission, besonders aber bei einem 1964 unter Leitung von H. Hörmann in Berlin veranstalteten Kolloquium über „Psychologische Fragen der Lärmforschung“ (das als Veröffentlichung der DFG erschienen ist) wurde deutlich, daß eine Untersuchung der Wirkungen des Fluglärms auf den Menschen nur dann sinnvoll unternommen werden kann, wenn dabei Akustiker, Mediziner, Psychologen und Sozialwissenschaftler zusammen arbeiten. Prof. Dr. M. Irle wurde deshalb als Sozialwissenschaftler in die Kommission für Lärmforschung gewählt und zum geplanten Fluglärmprojekt zugezogen. Auf diese Weise beteiligten sich an dem Forschungsvorhaben – wie das auf S. 10 aufgeführte Teamverzeichnis zeigt – die nachstehend genannten Sektionen:

- Akustik* unter Leitung von Prof. Dr. R. Martin, Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig
- Medizin* unter Leitung von Prof. Dr. A.W. v. Eiff, Medizinische Klinik der Universität Bonn
- Arbeitsphysiologie* unter Leitung von Prof. Dr. G. Jansen, Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie Dortmund, später Klinikum Essen der Ruhr-Universität Bochum
- Psychologie* unter Leitung von Prof. Dr. H. Hörmann, Freie Universität Berlin, später Ruhr-Universität Bochum
- Sozialwissenschaft* unter Leitung von Prof. Dr. M. Irle, Universität Mannheim. Aus dieser Sektion wurde später verselbständigt eine Sektion
- Organisation*, die in den Händen von von Dipl.-Psych. B. Rohrmann, Hamburg, lag.

Wir alle möchten an dieser Stelle der Deutschen Forschungsgemeinschaft danken: Mit Aufgeschlossenheit, Verständnis und Geduld hat sie über Jahre hinweg unsere Arbeit ermöglicht und in jeder Weise gefördert; sie hat uns die Freiheit gelassen, die Probleme aufzugreifen, die wir unter wissenschaftlichen *und* unter staatsbürgerlichem Aspekt für wichtig und angebar hielten, ohne uns auf die Erstattung eines Zumutbarkeitsgutachtens einzuengen. Der Präsident der DFG, Prof. Dr. Speer, hat uns immer wieder sein Interesse bekundet und uns damit über Schwierigkeiten und Stagnation hinweggeholfen. Die Kommission für Lärmforschung unter dem Vorsitz von Prof. Dr. G. Lehmann und seit 1967 von Prof. Dr. W.D. Keidel, stand dem Fluglärmteam beratend zur Seite; wir haben ihr für viele Anregungen zu danken. Prof. Lehmann hat in der Planungsphase des Fluglärmprojekts fast alle Koordinationsbesprechungen geleitet; seine großen praktischen Erfahrungen und seine Übersicht hatten wesentlichen Anteil am Zustandekommen der Untersuchung. Ganz besonderer Dank gebührt schließlich den Sachbearbeitern der DFG, Assessor W. Bretschneider und seit 1968 Dr. U. de Haar, die unser Projekt betreut haben: ohne ihren Einsatz, ihren Einfallreichtum, ihren unbürokratischen Arbeitsstil und ihr Geschick im Umgang mit einer so heterogenen Gruppe von Wissenschaftlern wäre unser Projekt sicher nie zum Abschluß gelangt.

## 1.2 Was ist Lärm?

Lärmforschung begann – vor rund 40 Jahren – als Zweig der Akustik. Die Frage, was eigentlich der Unterschied zwischen Lärm einerseits und Schall oder Geräusch andererseits sei, wurde deshalb durch eine physikalische Analyse des als Lärm empfundenen Reizes, also des betreffenden Schallereignisses, zu beantworten versucht. Man hoffte, aus einer Kombination der Intensitäts- und der zeitlichen Kennzeichen und des Frequenzspektrums des Schallereignisses und evtl. der differentiellen Empfindlichkeit des Ohres einen Meßwert zu entwickeln, der mit dem Ausmaß oder der „Schwere“ der Lärmempfindung korrelierte und diese so vorauszusagen gestattete. Der zunächst interessierende Aspekt des Lärms war also sein subjektives Empfindenwerden; die Größe dieser Empfindung sollte nach den von FECHNER bis STEVENS bewährten Grundgedanken der Psychophysik meßbar gemacht werden. Diese Konzentration auf Lärm als Empfindung ist auch in der heutigen Lärmforschung noch von spürbarem Einfluß.

Die damit angesprochene Denklinie geht von der (wenn nicht expliziten, so doch impliziten) Annahme aus, ein bestimmter Reiz löse konstant die gleiche Empfindung aus: ein bestimmtes, d.h. nach seiner Intensität, seiner spektralen Zusammensetzung, seiner Dauer etc. präzise gekennzeichnetes Geräusch sollte demnach immer eine Lärmempfindung von bestimmtem gleichen Ausmaß nach sich ziehen. Eine derartige Konstanzannahme lag ja letzten Endes auch den Erfolgen zugrunde, welche andere Bereiche der Physik seit der Mitte des 19. Jahrhunderts zu verzeichnen hatten; in der Lärmforschung hat sich diese Annahme einer konstanten Beziehung zwischen Reizgröße und Empfindungsgröße (der man auf die Spur käme, wenn es nur gelänge, das richtige Meßverfahren für den Reiz zu entwickeln) nur teilweise bewährt. Es zeigte sich bald und immer wieder, daß ein- und dasselbe Schallereignis von manchen Personen als heftiger Lärm, von anderen als vernachlässigenswertes Geräusch empfunden wird, und daß ein- und dieselbe Person ein bestimmtes Geräusch unter gewissen Umständen kaum beachtet, unter anderen Umständen als störenden Lärm beklagt (vgl. dazu SADER, 1966). Daß dies auch für den Fluglärm zutreffen kann, wird durch folgendes belegt: Der weiter unten ausführlicher besprochene Bericht des britischen Committee zur Untersuchung des Lärmproblems weist darauf hin, daß während des zweiten Weltkrieges der Fluglärm über Großbritannien so anstieg, daß nur wenige Gegenden dadurch nicht betroffen wurden. „Für die meisten Menschen war der Lärm willkommen, weil er ein Zeichen der Stärke der alliierten Luftstreitkräfte war“ (COMMITTEE ON THE PROBLEM OF NOISE, 1963, S. 61). Und während der Berliner Luftbrücke hat sich kaum ein Flughafenanwohner über den Lärm der in Minutenabständen startenden und landenden 'Rosinen'- und 'Kohlen-Bomber' beschwert.

Offenbar reicht eine noch so komplexe physikalische Kennzeichnung eines Geräuschs nicht aus, um das zu erfassen, was dieses Geräusch als Lärm empfunden, als Lärm wirksam werden läßt.

Diesen Erfahrungen entsprechend wurde in die heute allgemein übliche Definition von Lärm ein Sammelbegriff für jene nichtphysikalischen Faktoren eingeführt, die mit berücksichtigt werden müssen: Lärm ist unerwünschter (oder störender) Schall.

Damit ist prinzipiell ein subjektives Moment als für Lärm konstitutiv anerkannt. Streng genommen ist also aus dem Kennzeichen des Geräuschs allein zunächst nicht abzuleiten, ob ein Mensch dieses Geräusch als Lärm empfindet oder nicht. Die Psychologie und die Sozialwissenschaften sind aufgefordert, mit der Akustik zusammen – und nach Möglichkeit nicht weniger präzise als sie – an der Erkenntnis dessen zu arbeiten, was Lärm ist, welche Komponenten und Aspekte des Geräuschs, der Situation und der Person zusammen diese Empfindung zustandekommen lassen.

Die Einbeziehung der Komponente Unerwünschtheit oder Störendheit ist einer jener in der Wissenschaft häufigen Erkenntnisfortschritte die deutlich machen, daß man vom angestrebten Ziel viel weiter entfernt ist, als man bisher geglaubt hat. Wenn in der Lärmforschung derart schwer greifbare, von Individuum zu Individuum, von Situation zu Situation variierende Faktoren berücksichtigt werden müssen, dann ist in der Tat das Bedingungsgefüge der Empfindung Lärm von erschreckender Komplexität.

Diese Erkenntnis hat weitreichende Konsequenzen. Wenn schon für die Genese der Empfindung Lärm subjektive, soziologisch-psychologische Faktoren mit entscheidend sind, so ist zu vermuten, daß diese Faktoren auch berücksichtigt werden müssen, wenn man sich in den Problembereich begibt, der durch die Stichworte Lärmbelastung – Lärmbeeinträchtigung – Lärmschäden umrissen wird, jenen Problembereich also, der Lärm unter dem Aspekt des Umweltschutzes sieht. Die Diskussion um die Zumutbarkeit von Lärm und um die Ziehung „kritischer Grenzen der Lärmbelastung“ wird damit rechnen müssen, daß solche Grenzen nicht immer durch die Natur, d. h. hier durch die anatomisch-physiologische Ausstattung des Menschen festgelegt sind und bloß entdeckt zu werden brauchen.

### 1.3 Zur Problematik „kritischer Grenzen der Lärmbelastung“ und der „Zumutbarkeit“

Die Lärmforschung insgesamt, die Fluglärmforschung insbesondere, hat viele ihrer stärksten Impulse aus der Praxis erhalten. Verwaltung und Gerichte müssen sich mit Klagen und Schadensersatzansprüchen auseinandersetzen, mit denen sich gestört oder geschädigt fühlende Menschen sich gegen Lärm und gegen Lärmverursacher wenden. Es besteht also ein öffentliches Interesse daran, solche Klagen und Beschwerden spezifizieren zu können, denn nur dann ist die in einer komplexen Gesellschaft nötige Güterabwägung – grob gesagt zwischen dem Bedürfnis nach Ruhe, Ungestörtheit, Gesundheit einerseits und z.B. dem Bedürfnis nach schnellen Verkehrsmöglichkeiten oder einer florierenden Wirtschaft u.ä. andererseits – wenigstens prinzipiell möglich. Wenn es gelingt, das Ausmaß der durch Lärm hervorgerufenen Beschwerden und sonstigen negativen Folgeerscheinungen in Abhängigkeit vom Grad der Belärmung vorauszusagen, so sind die Grundlagen gegeben, um bei der Neuplanung von Flughäfen durch geeignete Bebauungsvorschriften eine Reduzierung des Umweltproblems Lärms an zustreben. (Das vom 6. Deutschen Bundestag verabschiedete „Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm“ in der Umgebung von Flughäfen operiert bekanntlich mit derartigen Lärmschutzzonen.) Daß damit eine sehr schwierige Problematik angeschnitten wird, wird am besten durch ein Beispiel aus der Ingenieur-Wissenschaft deutlich.

Spricht man bei einem Werkstück, etwa einem Brückenträger, von einer kritischen Grenze der Belastbarkeit, so ist klar, was man unter „Belastung“, unter „Grenze“ und unter „kritisch“ versteht: „Belastung“ ist das, auf das Werkstück unter genau definierten Bedingungen (Länge, Querschnitt etc.) einwirkende Gewicht; die „Grenze“ ist der Punkt auf der Gewichtsskala, bei dessen Erreichen der bisherige Zustand des Werkstücks in einen anderen, zweifellos „kritischen“ übergeht: es bricht. Es ist genau bekannt, was sozusagen auf der Wirkungsseite steht (nämlich das Zerbrechen des Werkstücks); folglich kann präzise untersucht werden, wie diese Wirkung von ihrer Ursache, der Belastung, abhängt und welche Form diese Abhängigkeit unter verschiedenen Umständen (Querschnittsform, Temperatur, Alter des Werkstücks) aufweist.

415

1.3

Versucht man in Analogie zu dem eben dargelegten Beispiel den Begriff einer „kritischen Grenze der Lärmbelastung“ zu analysieren, so werden eine Reihe von Schwierigkeiten deutlich: Was ist hier „Belastung“ – der physikalisch leicht zu bestimmende Schalldruck oder aber der empfundene Lärm, der durch die ihn konstituierende subjektive Komponente so schwer faßbar wird? Was ändert sich unter dem Einfluß dieser Belastung – doch wohl nicht nur die Empfindung Lärm? Vielleicht gibt es Lärm- (oder Beschallungs-?) Wirkungen, die vom Betroffenen gar nicht bewußt oder jedenfalls nicht mit dem entsprechenden Grad der Unerwünschtheit registriert werden, und die dennoch für Wohlbefinden oder Funktionstüchtigkeit relevant sind?

Was heißt hier „kritische Grenze“ – gibt es Lärmwirkungen, die an einer bestimmten Stelle einer wie immer gearteten Lärmskala sich so abrupt zum Kritischen ändern, wie das Werkstück, das zerbricht? Das setzt erstens eine Nicht-Linearität der Abhängigkeit der Lärmwirkung von der Lärmbelastung voraus und zweitens einen Konsensus darüber, was als „kritisch“ anzusehen ist.

Hier wird spätestens deutlich, daß das Werkstück-Beispiel nicht vollständig auf den Menschen übertragbar ist. Was dort relativ eindeutig als „kritisch“ zu definieren ist, erscheint hier als das Kriterium der Zumutbarkeit. Eine kritische Grenze des Lärms ist erreicht, wenn er nicht mehr zumutbar ist. Allein was heißt das?

Der Begriff der Zumutbarkeit gehört zu jenen normativen Mechanismen, mit denen eine Gesellschaft ihren Bestand und ihr Funktionieren regelt. Dieser Begriff muß also immer mit einem historisch-soziologischen Index versehen werden: was etwa 1920 noch zumutbar erschien (Ofenheizung in der Neubauwohnung, eine mittl. Lebenserwartung von etwa 62 Jahren. . . ) ist es heute vielfach nicht mehr. Und umgekehrt: was damals noch unzumutbar erschien (z.B. ein hohes Risiko bei der Teilnahme am Straßenverkehr oder die Tatsache, sich nicht jederzeit mit dem Mitmenschen sprachlich verständigen zu können, ohne dabei durch Lärm gestört zu werden), wird heute in vielen Fällen als zumutbar angesehen. Die Normen der Zumutbarkeit unterliegen einer komplexen historischen Entwicklung, die durch soziologische und politische Faktoren bestimmt wird, aber auch durch das, was zu einem bestimmten Zeitpunkt von bestimmten Personen, evtl. der Öffentlichkeit für möglich gehalten wird. In das Urteil über die Zumutbarkeit von Fluglärm geht sicher auch ein, welche Fluglärmwirkungen derzeit für möglich gehalten werden und welche Fluglärminderungen derzeit für möglich gehalten werden.

Aus all dem folgt, daß der Wissenschaftler, der die Wirkung von Fluglärm auf die Bevölkerung untersucht, keine Aussagen wird darüber machen können, welche dieser Wirkungen als noch zumutbar, welche als unzumutbar anzusehen sind; die Wissenschaft, welche bestenfalls Zusammenhänge deutlich machen kann, sagt nichts über Zumutbarkeit. Wenn die Lärmforschung etwa feststellen würde, ein bestimmter Grad von Fluglärm würde bei 30 % der Flughafenanwohner Schlaflosigkeit hervorrufen – wäre er damit unzumutbar? Oder wäre er schon unzumutbar, wenn er bei 3 % der Anwohner so wirkt, oder erst dann, wenn mehr als 50 % so betroffen sind? Wäre er zumutbar, wenn er nur bei ängstlichen, nicht aber bei nichtängstlichen Personen zu einer Erhöhung der Gespanntheit führen würde? Oder aber – und damit wird eine ganz andere Dimension angeschnitten – wäre er unzumutbar schon dann, wenn 30 % oder 60 % der Betroffenen ihn für unzumutbar halten – bei aller historisch-soziologischen Relativität eines solchen Urteils?

Solche Fragen lassen erkennen, daß eine Festlegung von Zumutbarkeitsnormen und -grenzen nicht der Lärmforschung allein überlassen werden kann, sondern in die Verantwortung jener fällt, welche für die normative Ordnung des öffentlichen Lebens in der Gesellschaft zu sorgen haben: der vom Volk gewählten Legislative.

Daß nur auf diese Weise und nicht etwa durch Lärmexperten eine Festlegung von Zumutbarkeitsgrenzen vorgenommen werden darf, wird durch die Überlegung noch unterstrichen, daß eine derartige Festlegung ja immer auch als Restriktion auf anderen Gebieten wirkt. Werden Lärmschutzzonen etwa im Sinne des in der BRD erlassenen Gesetzes festgelegt, so ergeben sich Restriktionen in bezug auf Wert und Verfügbarkeit von Grundbesitz; werden der Luftfahrtindustrie Auflagen zur Entwicklung leiserer Triebwerke gemacht, so wird damit die Ausgabe riesiger Finanzmengen festgeschrieben; werden Vorschriften für leisere Startverfahren erlassen, so bedeutet das u.U. eine gewisse Einschränkung der Flugsicherheit.

Die Festlegung von Zumutbarkeitsgrenzen erfordert also bereits eine Güterabwägung und kann deshalb nur von Gremien vorgenommen werden, die durch Zusammensetzung und Legitimation dazu in der Lage sind. Dadurch wird freilich die Aufgabe der Fluglärmforschung nicht eigentlich verkleinert, sondern spezifiziert. Sie muß darin bestehen, für die öffentliche Diskussion jene Tatsachen bereitzustellen, welche über die Wirkung von Fluglärm auf den Menschen eruiert sind, und auf die noch offenen Fragen und Probleme hinzuweisen, die nach der Kenntnis der Experten bei dieser Diskussion berücksichtigt werden müssen. Gerade hier, an dieser Grenze zwischen Grundlagen- und Angewandter Forschung, kann die Aufgabe des Wissenschaftlers nicht nur darin bestehen, verlässliche Befunde zu liefern, er muß auch auf die Fragen hinweisen, für die er noch keine Antwort hat.

In dem Dilemma zwischen dem Anspruch der Wissenschaft auf Exaktheit und Belegbarkeit ihrer Aussagen und dem Anspruch der Gesellschaft, gewarnt und vor Schaden bewahrt zu werden, steht gerade der Lärmforscher vor der Notwendigkeit, handeln zu müssen, weil er als Forscher *und* als Staatsbürger immer Mitglied dieser Gesellschaft ist.

In diesem Sinn hat unser Fluglärm-Team seine Aufgabe verstanden.

#### 1.4 Die Auswertung bisher zur Fluglärmproblematik vorliegender wissenschaftlicher Untersuchungen

Als wir uns Anfang der sechziger Jahre von den eben diskutierten, grundsätzlichen Überlegungen und praktischen Erfordernissen ausgehend einen Überblick über die zum Lärm- und insbesondere zum Fluglärm-Projekt vorliegende wissenschaftliche Literatur zu verschaffen suchten, wurden bald zwei große Gruppen von Untersuchungen erkennbar.

Eine Forschungsrichtung akzeptierte die Definition von Lärm als unerwünschter Schall (mit all der dadurch unvermeidbar gewordenen Unschärfe), und versuchte, den Erfordernissen der Lärm-Schutz-Praxis entsprechend, durch z.T. sehr komplizierte Berechnungsverfahren ein adäquates Maß für störenden Lärm zu entwickeln, wobei die Adäquatheit vor allem in der Korrelation zu öffentlich oder auf Befragen geäußertem Ärger und Klagen gesehen wird.

Eine andere Forschungsrichtung, eher nach der empirischen Psychologie und der Physiologie als nach der Akustik oder der angewandten Lärmforschung orientiert und stark durch die Wissenschaftstheorie des Behaviorismus beeinflusst, klammerte sozusagen die subjektive – und deshalb in ihrer Regelhaftigkeit so schwer zu erfassende – Empfindungsgröße Lärm aus und versuchte, mehr oder minder direkte Beziehungen zwischen einem rein nach akustischen Kennzeichen definierten „Lärm“ und den dadurch hervorgerufenen Verhaltens- und Leistungsänderungen aufzuzeigen.

Beide Forschungsrichtungen mußten, das konnte damals und kann heute mit Sicherheit gesagt werden, notwendig unvollständig bleiben. Ebenso sicher war, daß in unser Fluglärm-

Projekt die Denkweisen, die Methoden und die bisherigen Resultate beider Richtungen eingehen mußten.

Zu welchen Überlegungen dies in den einzelnen Sektionen konkret geführt hat, wird in deren Berichten deutlich werden. Im folgenden soll eine Skizze dessen gegeben werden, was uns zu Beginn unseres Projekts über Lärm- und Fluglärmwirkungen im Allgemeinen bekannt war.

#### 1.4.1 „Störendheit“ als Empfindungskomponente und „Verärgerung“ als Fluglärm-Wirkung

Das Unerwünschte oder Störende am Schallereignis wird, wie ausgeführt, als für das Phänomen d.h. für die Empfindung Lärm konstitutiv angesehen. Um eine Skala der Lärmigkeit von Schallereignissen zu erhalten, sind eine große Reihe von z.T. komplizierten Berechnungsverfahren entwickelt worden. Über sie wird teilweise im Bericht der Akustischen Sektion referiert werden; KRYTER hat sie 1970 ausführlich besprochen. Im Prinzip laufen sie alle auf einen Schalldruckwert hinaus, der sich evtl. nach den verschiedenen Frequenzanteilen aus verschiedenen gewichteten Teilwerten zusammensetzt, weil ja die verschiedenen Frequenzen als in verschiedenem Maße störend beurteilt werden. Vielfach wird versucht, der Unerwünschtheitskomponente des Lärms noch weiter dadurch Rechnung zu tragen, daß man die Häufigkeit oder Tageszeit der Schalleinwirkung (etwa als globale Intensitätszuschläge) berücksichtigt. Z.B. entspricht beim britischen „Noise Number Index“, der ebenso wie der im deutschen Fluglärm-Gesetz zur Abgrenzung der Lärm-Schutz-Zonen verwendete „äquivalente Dauerschall-Pegel“  $\bar{Q}$  zu derartigen Lärmmeßverfahren gehört, einer Verdoppelung der Anzahl der Überflüge ein Zuschlag von 4,5 PNdB.

In der Genese aller dieser Meß- bzw. Berechnungsverfahren steht natürlich an entscheidender Stelle ein Beurteilungsakt: Ein Normalbeobachter hat im Labor eine Reihe von akustisch präzise definierten Schallereignissen auf ihre Unerwünschtheit, ihre Störendheit oder ihre Ärgerlichkeit zu vergleichen. Bei einem international sehr verbreiteten Verfahren, der sog. „perceived noisiness“ von KRYTER, erhält der Beurteiler folgende Instruktion:

„Sie werden jetzt ein Geräusch und unmittelbar darauffolgend ein zweites Geräusch hören. Sie sollen beurteilen, welches der beiden Geräusche das am meisten störende oder das am wenigsten annehmbare wäre, wenn es regelmäßig, „as a matter of course“, 20–30 Mal in ihrer Wohnung zu hören wäre“ (KRYTER, 1970, S. 272).

Das ist eine präzise Anweisung. Sie lokalisiert das zu beurteilende Geräusch in einem von allen Beurteilern anweisungsgemäß *gleich* zu entwerfenden Bezugssystem („regularly, as a matter of course, twenty or thirty times per day, in your home . . .“) und reduziert auf diese Weise natürlich die interindividuelle Variation. KRYTER kann deshalb auch feststellen:

„psychologische Beurteilungsexperimente haben gezeigt, daß Menschen recht konsistent die Unerwünschtheit, die Unannehmbarkeit oder Lärmigkeit von Geräuschen beurteilen, die in ihren spektralen und zeitlichen Aspekten variieren –, vorausgesetzt, daß die Geräusche sich nicht in ihrer emotionalen Bedeutung unterscheiden und daß alle in gleicher Weise erwartet werden“ (1970, S. 270).

Unter diesen Voraussetzungen stellt diese Methode ein Standardverfahren zur Beurteilung teilstandardisierter Geräusche dar: Alle Geräusche sind sich ja darin gleich, daß sie als regelmäßig 20 bis 30 Mal zu Hause sich ereignend vorgestellt werden müssen. Für die Beurteilung der Störendheit echten Fluglärm in Alltagssituationen wird dieses und werden ähnliche Verfahren wahrscheinlich soweit tauglich sein, als die standardisierenden Voraussetzungen



realistisch sind. Fluglärm jedenfalls ist nicht zuletzt dadurch gekennzeichnet, daß er für die verschiedenen von ihm betroffenen Menschen sehr *verschiedene* emotionale Bedeutung hat und daß die einzelnen Überflüge *nicht* in gleicher Weise erwartet werden.

Macht man sich diese prinzipiellen Schwierigkeiten klar, Meßverfahren der subjektiv empfundenen Unangenehmheit für Fluglärm zu entwickeln, so wird man einerseits nicht erwarten, sehr hohe Korrelationen zwischen derartigen Skalenwerten und irgendwelchen Reaktionen auf Fluglärm empirisch feststellen zu können – und zweitens wird man Korrelationen in der empirisch tatsächlich gefundenen Höhe zu würdigen wissen.

Versucht dieser Ansatz das Unerwünschte, das Unangenehme, das Störende am Schallereignis eindrucksmäßig zu beurteilen und somit eine Skala der wahrgenommenen oder empfundenen Lärmigkeit zu konstruieren, so kann man natürlich auch etwas anders vorgehen, indem man nämlich das Sich-gestört-fühlen, das Sich-ärgern als auffälligste *Wirkung* von Lärm auffaßt. Im ersten Fall ist das Ärgerliche also Bestandteil des Lärms, im zweiten Fall ist die Verärgerung Wirkung des Lärms.

Diese beiden Sichtweisen lassen sich wissenschaftstheoretisch zweifellos nicht ohne weiteres miteinander vereinbaren. Die semantisch-theoretischen Schwierigkeiten, die bei einer genaueren Analyse sehr rasch sehr deutlich werden würden, haben aber nicht verhindert, daß gerade in der Fluglärmforschung ein Inbeziehungsetzen dieser beiden Sichtweisen immer wieder und mit großem Aufwand versucht wird. Daß man Verärgerung als *Lärmwirkung* betrachtet und in ihrem Entstehungsgefüge zu analysieren versucht, wird natürlich schon durch die Praxis des Umweltschutzes nahegelegt: Die erwähnten Beschwerden und Klagen, die den Fluglärm ja überhaupt zum Problem für staatliche Verwaltung und Gesetzgebung gemacht haben, sind als Manifestationen dieser Verärgerung anzusehen. So konvergieren die nächstliegenden Überlegungen der Lärmforscher, was denn eine exakt faßbare Lärmwirkung sei, mit den nächstliegenden Wünschen des Staates an die Lärmforscher: das Ausmaß solcher Lärmwirkungen in Abhängigkeit vom Ausmaß der subjektiv empfundenen Belärmung vorauszusagen und damit gegebenenfalls in Grenzen halten zu können. Die "community reaction", d.h. die in der Anzahl der spontanen Beschwerden und Klagen sich ausdrückende Verärgerung der Flughafenbewohner, wird für lange Zeit zu der vor allem interessierenden Wirkung von Fluglärm. (Darüber hinaus führt dann die in 1.4.4 besprochene Entwicklung.)

Hier seien nun die wichtigsten jener Fluglärm-Untersuchungen erwähnt, die in diese Kategorie fallen, weil sie in gewisser Hinsicht die unmittelbaren Vorläufer unseres eigenen Fluglärm-Projekts waren und weil die Entwicklungsrichtung dieser Art von Lärmforschung zur Beurteilung unserer eigenen bekannt sein muß.

Im Auftrag der Port of New York Authority begann die Firma BOLT, BERANEK and NEWMAN 1957 in der Umgebung von New York eine Untersuchung mit folgender Zielsetzung:

- a) Anzahl, Zeit und Oktavbandspektren der einzelnen Überflüge sollten am Boden an verschiedenen weit vom Flughafen entfernten Orten gemessen werden;
- b) die so erhaltenen Daten sollten durch geeignete, evtl. noch zu entwickelnde Berechnungsverfahren so aufgearbeitet werden, daß sie mit den community reaction in Relation gebracht werden können;
- c) diese Berechnungsmethoden sollten dann auch zur Voraussage der verbalen 'Verärgerungs'-Reaktion auf den bei späterem Ausbau der Flughafen zu erwartenden Düsenfluglärm verwendet werden.

Die spontanen Beschwerden, die hier analysiert wurden, bezogen sich in erster Linie auf die Störung von Sprechen und Hören durch den Fluglärm, in zweiter Linie auf die Störung von

Schlaf und Erholung, in dritter auf die Furcht, bei Flugzeugunfällen selbst zu Schaden zu kommen.

Festzuhalten sind aus dieser Untersuchung vielleicht auch noch die folgenden Befunde: die Anzahl der spontanen Beschwerden variiert mit der Jahreszeit; sie ist am höchsten im Sommer – vermutlich, weil dann Fenster und Türen häufiger geöffnet sind (vgl. dazu aber die weiter unten dargestellten Befunde!), Beschwerden werden erst dann in nennenswerter Zahl erhoben, wenn mehrere Tage ähnlicher Beschallungsintensität aufeinander folgen. Offenbar gibt es also für die „community reaction“ eine Art Schwelle, die nur überschritten wird, wenn eine gewisse Kumulation des Ärgers pro Zeiteinheit erfolgt. Diese Schwelle, die überschritten werden muß, bevor der Lärm zu einer als „community reaction“ zählende Beschwerde führt, stellt in sich ein sozialpsychologisches und soziologisches Problem dar, welches insbesondere dann ins Gewicht fällt, wenn man die in einem Land gewonnenen Ergebnisse auf ein anderes übertragen will. In welchem Ausmaß hängt die Stärke der „community reaction“ tatsächlich vom Lärm ab – und in welchem Maße hängt sie von den landes- und schichtüblichen Gepflogenheiten im Umgang mit den Autoritäten ab, die als für die Lärmverursachung verantwortlich angesehen werden? Für unsere eigene Untersuchung folgt aus dieser Überlegung, daß wir uns nicht auf Fluglärmfolgen beschränken sollten, die erstens subjektiv wahrnehmbar sind und zweitens zu selbst initiierten Protestaktionen führen – so wie die Ergebnisse unserer Untersuchung sich letztlich nicht nur in der Voraussage und der dadurch evtl. möglichen Reduzierung spontaner Beschwerden niederschlagen sollten. Dieselbe Folgerung hat auch bereits die wohl bekannteste unter den neuen Fluglärmuntersuchungen gezogen, der wir uns jetzt zuwenden.

Im April 1960 wurde im Auftrag des britischen Parlaments ein „Committee on the Problems of Noise“ (‘Wilson-Committee’) berufen, das im Jahre 1963 einen umfassenden Report über seine Überlegungen und Untersuchungen vorlegte. Teil dieses sich mit verschiedenen Lärmarten befassenden Berichts ist die sogen. Heathrow-Studie, die in der Nähe des Londoner Flughafens Heathrow durchgeführt worden ist. Sie erschien dem Gremium nötig, weil es den Eindruck hatte, daß die gegenwärtige Situation ein höchst „unsicheres Gleichgewicht darstellte zwischen den Interessen der Anwohner und denen der Fluggesellschaften und ihrer Passagiere. Wir hielten es deshalb für wichtig, mehr und genauere Informationen über die Stärke des Fluglärms, der für die Öffentlichkeit akzeptabel ist, zu erhalten und über das Ausmaß, die Intensität und die Verteilung der Einstellung der Öffentlichkeit in der Umgebung von Heathrow“ (COMMITTEE ON THE PROBLEM OF NOISE, 1963, S. 72).

Diese Untersuchung hatte zwar auch die Form eines Social Survey, d.h. sie befaßte sich mit verbal formulierten Urteilen über und Einstellungen zum Fluglärm, aber sie beschränkte sich nicht mehr wie frühere auf Beschwerden, sondern nahm systematische Befragungen vor (insgesamt wurden 2000 Interviews durchgeführt).

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen und die darauf aufbauenden Überlegungen haben unser eigenes Projekt weitgehend beeinflußt.

Ein wichtiger Befund ist zweifellos darin zu sehen, daß Verärgerung mit der Anzahl der gehörten Flugbewegungen und mit dem durchschnittlichen Spitzenpegel steigt. Auf diesem Befund aufbauend wird deshalb der schon erwähnte Noise-Number-Index NNI entwickelt, der die „total noise exposure which causes annoyance“ definieren soll (COMMITTEE ON THE PROBLEM OF NOISE, 1963, S. 74).

Zwischen der in NNI ausgedrückten Lärmbelästigung einerseits und der Verärgerung andererseits besteht eine Lineare Korrelation, aber sie ist keinesfalls vollständig.

Es gibt „in allen in dieser Erhebung untersuchten Lärmzonen viele intensiv verärgerten Menschen . . . und es gibt auch viele (etwa 30 % der Erwachsenenpopulation aller Zonen), die sich vom Lärm nicht beeinträchtigt fühlen, ganz gleich wie stark er ist.“ (S. 74).

Hierin drückt sich natürlich die von uns schon eingangs diskutierte Tatsache aus, daß die akustischen und zeitlichen Charakteristika von Schallereignissen nicht allein für das verantwortlich sind, was man als Lärm empfindet, und daß eine sozusagen im Labor geeichte Skala der Störendheit die Störendheit tatsächlicher Ereignisse des Alltags nicht vollständig zu erfassen vermag.

Für die Aufklärung des Bedingungsgefüges der durch Fluglärm hervorgerufenen Verärgerung ist also die Einbeziehung zusätzlicher Faktoren erforderlich.

Einige Hinweise zur Klärung dieser soziologisch-sozialpsychologischen Faktoren haben auch amerikanische und schwedische Untersuchungen erbracht. So berichtet BORSKY (1961), die Klagen der Anwohner von Militärflugplätzen würden durch 3 Komponenten mit determiniert: a) die Furcht vor Abstürzen, b) die Meinung der Befragten, wie rücksichtsvoll die Kommandantur und die Piloten des Flugplatzes gegenüber dem Wohlbefinden und der Sicherheit der Bürger handelten, und c) die Ansicht über die Wichtigkeit des Flugplatzes.

In Schweden beispielsweise fanden CEDERLOF und Mitarbeiter (1967), daß von einer Bevölkerungsstichprobe, die eine positiv formulierte Information über die Königlich-Schwedische Luftwaffe und über den Luftverkehr erhalten hatte, 54 % sich durch Fluglärm gestört fühlten. Von einer Kontrollgruppe aus dem gleichen Wohngebiet, die diese Information nicht erhalten hatte, fühlten sich dagegen 79 % belästigt.

Auch die erst 1970 erschienene sogen. TRACOR-Studie, (TRACOR Inc., 1970), die im Auftrag der NASA in den USA Untersuchungen an 7 Großflughäfen durchführte, zielte darauf ab, Verärgerung dadurch besser verstehen zu lernen, daß man ihre Komponenten erkennt. Die sehr sorgfältige Analyse von Interview- und Fragebogendaten zeigte, daß man den Verärgerungsgrad tatsächlich sehr viel besser voraussagen kann, wenn man zu dem Belärmtheitsindikator CNR (der hier etwa dem in der Heathrow-Studie verwendeten NNI entspricht), noch andere Variablen in Rechnung stellt. In diesem Sinne "bewähren" sich z.B. folgende Variablen

- Furcht vor Abstürzen in der Nachbarschaft,
- Empfindlichkeit gegenüber Lärm,
- Entfernung vom Flughafen,
- Einschätzung der Wichtigkeit des Flugverkehrs.

Nimmt man diese Variablen als Prädiktoren zu dem CNR-Wert hinzu, so steigt die Korrelation mit der Verärgerung von 0.37 auf 0.67 bzw. 0.78. Das ist ein praktisch wichtiges Ergebnis; die Heterogenität der hier zusammengezogenen Prädiktorvariablen, die wiederum eine zwingende Folge des verwendeten statistischen Regressionsmodells ist, läßt unser Verständnis der Fluglärmwirkung allerdings nicht im gleichen Maße steigen.

Ein weiteres Ergebnis der Heathrow-Studie war, daß zwischen den spontanen Beschwerden, die schon früher analysiert wurden, und dem Grad der durch Befragung festgestellten Verärgerung (annoyance) eine erhebliche Korrelation besteht. Die sich beschwerenden Menschen können nach Aussage dieser Studie also recht gut als in gewissem Grade charakteristisch für jene stark verärgerten Menschen gelten, die es, wie übrigens auch die sich beschwerenden, auf allen Fluglärmstufen gibt. Der hauptsächliche Unterschied zwischen jenen, die sich beschweren und solchen, die ebenso verärgert sind, sich aber nicht beschweren, liegt nach der Heathrow-Studie darin, daß die sich beschwerenden aus solchen Teilen der Bevölkerung kommen, die wahrscheinlich sich besser ausdrücken können als der Durchschnitt.

Damit wird einerseits den früheren Untersuchungen, die ja die Beschwerde als Index der Lärmwirkung verwendet haben, eine gewisse Validität bescheinigt. Andererseits wird die soziologische Komponente betont, welche aus der Verärgerung eine Beschwerde entstehen läßt.

#### 1.4.1

Die schon erwähnte TRACOR-Untersuchung findet im Gegensatz zur Heathrow-Studie allerdings einen durchgehenden Unterschied zwischen Menschen, die sich beklagen, und solchen, die es nicht tun. Wer sich beschwert, wohnt im allgemeinen näher am Flughafen, weist einen stärkeren Belärmtheitsindex auf, ist älter, hat eine bessere Schulbildung und ein höheres Einkommen. Der Versuch, die Korrelation zwischen CNR und Beschwerdehäufigkeit durch Beziehung weiterer Prädiktoren zu erhöhen (analog dem, was, wie bereits referiert, oben für die Korrelation zwischen CNR und Verärgerung getan wurde), weist allerdings ganz andere Variablen als gute Prädiktoren auf: Mobilität, Größe des Haushalts, Höhe der Miete, das Bewußtsein einer bestimmten Minderheitengruppe anzugehören usw. Es hat sich also gezeigt, daß das Bedingungsgefüge sowohl der erlebten Vorgänge als auch der Bereitschaft zu Klagen und Beschwerden zu differenzieren ist, und daß dabei neben einem Belärmungsindex Faktoren beteiligt sind für welche die moderne Sozialpsychologie und die Soziologie eine Reihe von Begriffen und Untersuchungsverfahren bereitgestellt haben.

Ein weiterer Befund der Heathrow- und der TRACOR-Studie sei schließlich noch genannt, weil sich an ihm besonders deutlich aufweisen läßt, wie problematisch es wäre, wenn man Verärgerung bzw. Beschwerde als den hauptsächlichsten oder gar den einzigen Index der Fluglärnwirkung auffassen würde.

Wenn man die Schalldämmung in Rechnung stellt, die ein Haus gegenüber Fluglärm bietet, d.h. wenn man von dem innen tatsächlich vorhandenen Lärm ausgeht, so sollte die Korrelation zwischen dem Belärmtheitsmaß und der Verärgerung steigen. Sowohl nach britischen als auch nach amerikanischen Befunden sinkt sie aber ab. Das heißt, die Menschen reagieren auf Fluglärm so, als ob er immer im Freien auf sie einwirken würde. Schalldämmende Maßnahmen an Häusern werden demnach mit großer Wahrscheinlichkeit nicht zu einer Reduktion der Verärgerung führen. Es wäre aber sicher kurzsichtig, daraus den Schluß zu ziehen, man könne auf schalldämmende Baumaßnahmen völlig verzichten – vielleicht hat die Dämmung positive Wirkungen auf andere Fluglärmfolgen als auf die Verärgerung bzw. die Beschwerden.

#### 1.4.2 Die Konzeption der Moderator-Variablen

Im vorigen Abschnitt wurde dargelegt, wie sozialpsychologische und soziologische Faktoren bei gleicher Beschallung den Grad der Verärgerung mitbestimmen – das ist ja im Grunde in der Definition von Lärm schon impliziert – bzw. bei einem bestimmten Verärgerungsgrad evtl. mit bestimmen, ob daraus eine Beschwerde wird oder nicht. Diese Sichtweise kann zweifellos verallgemeinert werden: Die Auswirkung von Fluglärm wird von Variablen mitbestimmt, die selbst nicht durch Fluglärm beeinflußt werden. Derartige Variablen wurden in unserer Untersuchung, dem Sprachgebrauch der modernen Psychologie folgend, Moderator-Variable genannt. In der Planung unseres Projekts hat diese Konzeption eine wichtige Rolle gespielt; sie soll deshalb hier skizziert werden.

In der Psychologie stand vor allem die Persönlichkeitsforschung und die Psychologische Diagnostik vor dem Problem, daß zwischen einem Testergebnis und dem, was dieses über ein Person aussagen bzw. voraussagen sollte, meist keine allzugroße Korrelation besteht. Das Testverhalten, das als Index für die vorauszusagenden Eigenschaften oder Verhaltensweisen dient, wird auch durch andere Faktoren oder Eigenschaften noch mitbestimmt, die 'eigentlich' gar nicht gefragt sind. Die Leistung in einem Intelligenztest wird beispielsweise durch die Ängstlichkeit des Probanden mit beeinflußt, so daß ein bestimmter Intelligenzwert bei einem ängstlichen Probanden anders zu interpretieren wäre, als bei einem nichtängstlichen. Kennt man die Stellung des Probanden auf der durch die Moderatorvariable repräsentierten

1/1/62

Dimension (in diesem Fall seine Ängstlichkeit), so kann man aus der Leistung im Intelligenztest eine präzisere Voraussage auf die tatsächliche Intelligenz des Probanden treffen, als wenn man die Stellung auf der Moderatorvariablen nicht kennt. Derartige Beziehungen gelten natürlich nicht nur für psychologische Variablen; man kann sich ohne weiteres auch vorstellen, daß z.B. das Ergebnis einer Blutdruckmessung von der Angst mit abhängt, die der Patient empfindet.

Was wir bisher am Beispiel der Test-Interpretation dargelegt haben, kann auch etwas anders so formuliert werden: eine Moderatorvariable greift moderierend, d.h. verändernd in den Zusammenhang zwischen Reiz (oder Ursache) und Reaktion (oder Wirkung) ein. Da sie bei verschiedenen Menschen verschieden ausgeprägt ist, kann ein allgemeiner, regelhafter Zusammenhang zwischen Reiz und Reaktion nur dann gefunden bzw. formuliert werden, wenn diese Moderatorvariable bekannt ist und berücksichtigt wird. Ein regelhafter Zusammenhang zwischen Belärmungsintensität und Beschwerdeshäufigkeit wird beispielsweise bei BORSKY erst dann deutlich, wenn man die Einstellung der Befragten zur Wichtigkeit des Militärflughafens kennt; in der Heathrow-Studie erst, wenn man die verbale Ausdrucksfähigkeit mit berücksichtigt.

Die 'Einstellung zur Wichtigkeit des Flugplatzes', ganz gewiß aber die 'verbale Ausdrucksfähigkeit', sind Variablen, die selbst nicht oder jedenfalls nicht unmittelbar als Wirkungen den Fluglärms angesehen werden können, Variablen, die sozusagen aus anderen Bereichen herkommend in das Bedingungsgefüge der Fluglärmwirkung eingreifen.

Die Vermutung liegt nahe, daß die bisher gefundenen Korrelationen zwischen Reizgröße und Wirkungsausmaß beim Fluglärm deshalb so gering sind, weil sie durch bisher unbekannte Moderatorvariablen sozusagen verwässert werden. So wäre beispielsweise durchaus denkbar, daß Fluglärm einer bestimmten Stärke auf ängstliche Menschen leistungsverschlechternd, auf nicht ängstliche jedoch entweder gar nicht oder aber (durch Erhöhung der Aktivierung) eher leistungsverbessernd wirken könnte – würde die Moderatorvariable „Ängstlichkeit“ in der entsprechenden Untersuchung nicht berücksichtigt, so müßte man zu dem tatsächlich falschen Schluß kommen, Fluglärm wirke sich auf die betreffende Leistung überhaupt nicht aus. (Neben dieser Vorstellung von der Wirkung eines Moderators werden in den folgenden Kapiteln auch noch etwas andere näher erörtert werden.)

Das Konzept der Moderatorvariablen dient also generell zur Systematisierung dessen, was in manchen Publikationen zum Lärmproblem unter der Bezeichnung „individuelle Erfahrung“ oder „individuelle Bedeutung“ des Geräusches (KRYTER) als unsystematischer Fehler sozusagen aus dem Bereich der exakten Naturwissenschaften hinaus in den der Psychologie geschoben wird, die vermutlich für alles Individuelle zuständig ist. Um aber *mehr* zu sein als ein Sammelbegriff, um also höheren Erklärungswert zu haben als ein bloßes Etikett, sollte jede Moderatorvariable in einem auch theoretisch plausiblen Zusammenhang mit jenen Variablen stehen, deren Beziehung sie moderiert. Oben wurde bereits versucht, einige soziologische und psychologische Faktoren als Moderatorvariable zu konzipieren. Es ist grundsätzlich natürlich denkbar, daß solche Moderatorvariablen auch aus anderen Bereichen als der Psychologie bzw. Soziologie her wirken.

Eine Untersuchung, die derartige Überlegungen berücksichtigt, muß also darauf abzielen, mögliche Moderatorvariablen in ihrem Ausprägungsgrad bei den verschiedenen Probanden präzise zu erfassen und die so gewonnenen Werte in die Analyse der Fluglärmwirkungen eingehen zu lassen. Für uns waren diese Überlegungen einer der hauptsächlichen Gründe, Sozialwissenschaftler, Mediziner, Arbeitsphysiologen und Psychologen zur Untersuchung der gleichen Bevölkerungsstichprobe heranzuziehen. Wir hofften, die von einer Sektion untersuchten Variablen als Moderatorvariable auch in anderen Sektionen heranziehen zu können: vielleicht ließe sich z.B. ein Zusammenhang zwischen Fluglärm und Verärgerung exakter

3272

#### 1.4.2

formulieren, wenn man Daten aus der medizinischen Anamnese des einzelnen Probanden in Rechnung stellt.

Welche medizinisch-physiologischen, soziologischen oder psychologischen Dimensionen als mögliche Moderatorvariable in Frage kommen, kann eigentlich nur aus einer umfassenden Theorie der Lärmwirkung abgeleitet werden. Daß eine solche Theorie auch nicht ansatzweise existiert, mußten wir immer wieder mit Bedauern registrieren. Vielleicht ist das Fehlen einer solchen, die Soziologie oder die Medizin oder die Psychologie übergreifenden Theorie der Lärmwirkung teilweise dafür verantwortlich, daß das Konzept der Moderatorvariablen in unserer Untersuchung nicht immer so gezielt eingesetzt werden konnte, wie wir es wünschten.

#### 1.4.3 Korrelation und Äquivalenz von durchschnittlichem Spitzenpegel und Überflughäufigkeit

In der Heathrow-Studie wird, wie berichtet, der „Noise Number Index“ eingeführt. Die Problematik dieses Meßwerts wird auch in diesem Bericht bereits angeschnitten, sie liegt nicht zuletzt darin, daß durchschnittlicher Spitzenpegel und Zahl der Flugbewegungen stark korreliert sind. Es fanden sich bei der Erhebung keine Personen, die nur selten, aber sehr laut überflogen wurden.

Insgesamt ist freilich in der Lärmforschung das damit angeschnittene Problem zu wenig diskutiert worden. Fast alle von der Akustik herkommenden Lärmforscher ziehen aus der empirisch vorfindbaren Korreliertheit von durchschnittlichem Spitzenpegel und Überflughäufigkeit den Schluß, daß man in einem Lärmbewertungsverfahren dieser Korrelation durch eine Konvertierbarkeit von Häufigkeit und Pegel Rechnung tragen kann und soll. Zu wenig gesehen wird jedoch, daß man sich damit, wenn auch unausgesprochen, ganz einseitig auf eine bestimmte Theorie der Lärmwirkung festlegt; man geht nämlich davon aus, daß es sozusagen die *Lärmmenge* ist, welche über die Zeit sich summierend diese Wirkungen hervorruft. Häufige, aber wenig intensive Beschallung sei, so wird angenommen, einer selteneren aber intensiveren Beschallung wirkungsäquivalent. Es ist aber durchaus denk möglich, daß diese Äquivalenzbeziehung nur scheinbar gilt, eben weil Häufigkeit und Pegel empirisch meist korrelieren und weil die verwendeten Berechnungsverfahren davon *ausgehen*, daß die Äquivalenzbeziehung gilt. Es könnte durchaus die Häufigkeit des Überflogenwerdens sein (vorausgesetzt, daß dabei jeweils ein bestimmter Mindestpegel überschritten wird), welche die „eigentlich entscheidende“ Variable ist. . .

Will man eine Theorie der Lärmwirkung entwickeln – und eine solche Theorie ist für die Systematisierung der Forschung wie der Prophylaxe wichtig – so wird man auch die andere, hier nur eben genannte Möglichkeit durchdenken müssen. Hingegen ein Teil der Auswirkung von Fluglärm auf den Menschen etwa davon ab, wie oft ein bestimmter kritischer Mindestpegel überschritten und dadurch eine entsprechende Reaktion des Organismus ausgelöst wird, so hätte die Praxis des Umweltschutzes ernsthaft zu diskutieren, ob durch eine Konzentration des Luftverkehrs auf wenige Großflugzeuge oder durch einen häufigen Wechsel der Startrichtung eine Reduktion der negativen Auswirkungen des Fluglärms möglich wäre.

#### 1.4.4 Die Notwendigkeit, auch andere Fluglärmfolgen als „Verärgerung“ und „Beschwerden“ zu untersuchen

Die systematische Erforschung von Fluglärmwirkungen auf den Menschen hat sich fast ausschließlich auf die bewußte, entweder spontan als Beschwerde oder jedenfalls auf Be-

fragung geäußerte Verärgerung konzentriert. Das lag, historisch gesehen, nahe, denn derartige Klagen waren ja vielfach der Anlaß, Fluglärmwirkungen in Form von Social Surveys zu untersuchen. Aber auch von der Methodik her sind Meinungsumfragen und Interviews leichter durchzuführen und leichter zu interpretieren, als Untersuchungen, die nicht so sehr das bewußte Wissen und Meinen, sondern Aspekte des Verhaltens, des Gesundheitszustandes, des psychischen Funktionierens analysieren wollen, Variablen also, die vielfach erst durch komplizierte Verfahren zur Manifestation gebracht werden müssen.

Der Lärmkommission war in ihren Diskussionen schon früh deutlich geworden, daß eine Beschränkung der geplanten Untersuchung auf die den Betroffenen bewußten und deshalb durch Befragung zu eruiierenden Fluglärmfolgen den Erfordernissen nicht gerecht werden könnte, auch wenn sich bei der Untersuchung der anderen Variablen der Fluglärmwirkung voraussichtlich große methodische Schwierigkeiten eröffnen würden. Für diese Entscheidung war eine Reihe von Gründen maßgebend: schon eine oberflächliche Analyse der Klagen und der Verärgerung über Fluglärm läßt erkennen, daß viele der betroffenen Menschen dem Fluglärm sehr viel weitergehende Wirkung zuschreiben, oder diese doch als Möglichkeit befürchten, nämlich Störungen der Gesundheit, der Leistungsfähigkeit, des Wohlbefindens in einem ganz umfassenden Sinne.

Diesen von den Betroffenen selbst geäußerten Verdachtsmomenten hat die Wissenschaft andere zur Seite zu stellen. Sowohl die medizinisch-physiologische als auch die psychologische Forschung hat in jüngerer Zeit, ganz unabhängig vom Problembereich des Fluglärms, Reaktionsmechanismen und Funktionszusammenhänge deutlich gemacht (hingewiesen sei als Beispiel auf das physiologische und das psychologische Stress-Syndrom), von denen angenommen werden kann und muß, daß sie *auch* durch Fluglärm angesprochen werden und deshalb bei einer Analyse der Fluglärmwirkungen berücksichtigt werden müssen. Eben weil unsere Untersuchung nicht nur den Erkenntniszuwachs der Wissenschaft, sondern ebenso sehr die Belange des Umweltschutzes als Ziel im Auge hatte, *mußte* hier sozusagen auf Verdacht untersucht werden. Es entspricht zwar dem Kanon der Wissenschaft, einen Geschehensfaktor solange nicht als wirksam anzuerkennen, als diese Wirksamkeit nicht nach den geltenden Regeln bewiesen worden ist. In der Praxis des Umweltschutzes muß dem aber ein anderer Grundsatz vorgeordnet werden: hier muß die Unwirksamkeit eines hinreichend verdächtigen Faktors mindestens wahrscheinlich gemacht werden, bevor man ihn vernachlässigen darf.\*

Es war also zu überlegen, welche allgemeinen, empirischen und theoretischen Befunde aus Medizin, Arbeitsphysiologie und Psychologie an das Fluglärmproblem herangetragen werden konnten und mußten.

Daß wir bei der Koordination der auf diese Weise nun sehr heterogen werdenden Ansatzpunkte auf große Schwierigkeiten stoßen würden, war uns durchaus bewußt. Die Lage im Problemgebiet der Fluglärmforschung entsprach damals recht genau der Kennzeichnung, die TEICHNER etliche Jahre später zur Charakterisierung der Stress-Problematik im allgemeinen verwendet hat

„Stress-induzierende Situationen umfassen ungewöhnliche Bedingungen der physischen Umgebung, Bedingungen, welche emotionale Reaktionen hervorrufen, und Überlastungen

\* Dies hängt natürlich mit dem zusammen, was in der Logik der Forschung als Alpha- und Beta-Fehler bezeichnet wird. Ein Alpha-Fehler liegt vor, wenn eine tatsächlich richtige Hypothese abgelehnt wird, ein Beta-Fehler, wenn eine tatsächlich falsche Hypothese angenommen wird. Man sollte aber klar sehen, daß die vorliegende Problematik nicht durch simples Abwägen der beiden Fehler-Wahrscheinlichkeiten gegeneinander zu lösen ist, denn die aus den beiden Fehlertypen folgenden Konsequenzen sind streng genommen nicht vergleichbar.

3567

1.4.4

des Informationsflusses. Da alle drei etwas mit Stress zu tun haben, kommt man leicht zu der Ansicht, daß sie irgendwie zusammenhängen müßten. Aber sie in einer Art und Weise in Zusammenhang zu bringen, die die Ableitung spezifischer Voraussagen erlaubt, ist weniger einfach. Die wissenschaftliche Literatur, die sich mit dem Einfluß der physikalischen Umwelt befaßt, wird bestimmt durch physiologische Untersuchungen der Auswirkungen von Umgebungseinflüssen; die Literatur über Emotion und Affekt ist am Aktivationsbegriff orientiert und das Problem der Überlastung des Informationsflusses wird vor allem als ein Problem behandelt, das die Modelle des Kurzzeitgedächtnisses und der Aufmerksamkeit angeht. Alle Versuche, Auswirkungen auf das Verhalten vorauszusagen, sind auf die eine oder auf die andere dieser drei getrennten Gruppen unabhängiger Variabler beschränkt; scheinbar handelt es sich um unabhängige theoretische Bereiche.“ (1968, S. 271).

1.4.5 **Medizinisch-physiologische Befunde und Überlegungen bei der Planung unserer Untersuchung**

Im Bereich der Medizin gibt es eine relativ klare Wirkung exzessiver Beschallung, nämlich die sogen. Lärmschwerhörigkeit. Sie ist beispielsweise als typische Berufskrankheit bei Gensckschmieden und Kesselarbeitern nach jahre- oder jahrzehntelanger Tätigkeit festzustellen. Die Ätiologie dieser Schädigung ist zwar keineswegs völlig geklärt (vgl. dazu etwa KRYTER, 1970, und die Untersuchungen von WARD); es scheint aber doch festzustehen, daß permanente Hörschwellenverschiebungen dieser Art eine so langdauernde und so intensive Beschallung voraussetzen, wie sie im Fall des Fluglärms für die Flughafenbewohner bisher nicht gegeben ist. Trotz der also geringen Wahrscheinlichkeit, echte Hörverluste als Fluglärmfolgen aufzuspüren, wurde eine audiometrische Untersuchung aller Probanden des Fluglärmprojekts für erforderlich gehalten, denn wenn solche Hörverluste nachzuweisen wären, würde dies natürlich eine der gravierendsten Wirkungen von Fluglärm darstellen. Der Verdacht, daß die Lärmigkeit der modernen Umwelt zu derartigen Empfindlichkeitsverlusten des Hörorgans führen kann, läßt sich nach der Untersuchung von ROBINSON und DADSON (1957) nicht von der Hand weisen; die erneute Bestimmung der Kurven gleicher Lautstärke von FLETCHER-MUNSON ergab, daß zwischen 1932 und 1956 die durchschnittliche Ruhe-Hörschwelle für einen Ton von 1000 Hz von 0 dB auf + 4 dB angestiegen ist. Auch lärmbedingte vegetative Reaktionen sind natürlich stark von der Intaktheit des Hörvorgangs abhängig.

Lärm wirkt aber zweifellos nicht nur auf das Gehörorgan. Es war also auch die Frage zu prüfen, ob Fluglärm dadurch zu mittelbaren negativen Wirkungen führt, daß der in elektrische Signale umgewandelte akustische Reiz – evtl. in Verbindung mit besonderen durch nichtakustische Moderatorvariable repräsentierten Konstellationen – zu Erregungsmustern im Gehirn führt, die abnorme Reaktionen nach sich ziehen. Derartige Abläufe könnten dann das sogen. autonome Nervensystem involvieren, aber natürlich auch die verschiedenen Abschnitte des Hirnstammes und der subkortikalen und kortikalen Regionen. In Deutschland haben beispielsweise LEHMANN und JANSEN, in anderen Ländern, um nur einige Namen zu nennen, DAVIS und GRANDJEAN bestimmte somatische Reaktionen auf Beschallung festgestellt. So zeigt sich unter Lärm etwa eine Vasokonstriktion peripherer Blutgefäße, eine Veränderung der Atemfrequenz und evtl. der elektrischen Leitfähigkeit der Haut. Sehr häufig und sehr intensiv belärmte Menschen (Arbeiter in sogen. Lärmbetrieben) weisen einigen Untersuchungen zufolge gegenüber weniger belärmten eine Häufung von Herz- und Kreislaufbeschwerden auf.

Hier wird uns eine Unterscheidung deutlich, die uns in Abschnitt 1.4.6 noch einmal beschäftigen wird: man muß differenzieren zwischen (physiologischen) Reaktionen bei



3867

aktueller Beschallung und den (physiologischen und/oder pathologischen) *Nachwirkungen* häufigen und intensiven Belärmtwordenseins – und man muß die Möglichkeit diskutieren, daß der zweite Symptomtyp aus dem ersten entsteht, daß aber auch das Vorhandensein des zweiten Verlauf und Qualität des ersten beeinflussen kann.

v. EIFF hat über das Elektromyogramm als Indikator eine gesteigerte Muskelspannung in bestimmten Lärmsituationen festgestellt. Erhöhte Gespanntheit kann als Faktor in der Ätiologie der essentiellen Hypertension aufgefaßt werden; unter diesem Aspekt war also eine ganz bestimmte pathogene Wirkung des Fluglärms möglich und daher zu untersuchen. Unter neurophysiologischem und psychologischem Aspekt kann dieselbe Gespanntheit als Indikator jenes allgemeinen Aktivitätsniveaus interpretiert werden, das ein wichtiger Faktor für eine Reihe psychischer Leistungen ist. Hier liegt einer der Berührungspunkte zwischen den Überlegungen und methodischen Vorgehensweisen der Medizinischen und der Psychologischen Sektion dieses Projektes.

Während zur Klärung dieses Komplexes auch experimental-physiologische Verfahren einzusetzen waren, mußte das Schwergewicht natürlich auf einer gründlichen klinisch-anamnestischen Untersuchung liegen. Diese sollte feststellen, ob direkte symptomatische oder gar pathologisch-anatomische Befunde oder auch solche Störungen, wie sie von der experimentellen Lärmforschung aufgezeigt worden sind, bei Flughafenanwohnern gehäuft auftreten. Auf diese Weise müßten auch jene Beeinträchtigungen präzise belegbar sein, welche von den Lärmbetroffenen selbst als Folge z.B. der häufigen Unterbrechung von Ruhe, Erholung und Schlaf angesehen werden, also „Nervosität“, „Unkonzentriertheit“, etc.

Bei derartigen Überlegungen wird bald klar, daß man sich bei der Planung einer solchen Untersuchung nicht an eine zu enge Fassung des Krankheitsbegriffs halten durfte. Was als krank zu definieren ist, wird bekanntlich in der Medizin heute sehr kontrovers diskutiert. Wir beziehen uns daher auf den von der World Health Organization definierten Gesundheitsbegriff:

„Unter Gesundheit wird nicht nur das Freisein von Krankheiten, sondern ein Zustand optimalen physischen, psychischen und sozialen Wohlbefindens verstanden“

#### 1.4.6 Über die Unterscheidung zwischen „Wirkung aktueller Beschallung“ und „Wirkung alltäglichen Fluglärms“; das Problem der Anpassung an Lärm

Die meisten der medizinisch-physiologischen und fast alle psychologischen Untersuchungen im Rahmen der Lärmforschung stellen Veränderungen der Funktionen des Verhaltens, der Leistung heraus, die sich unter aktuellem, also zur Zeit der Untersuchung auf den Probanden einwirkenden Lärm ergeben und aufweisen lassen. Setzt der Lärm wieder aus, so klingen auch diese durch ihn hervorgerufenen Veränderungen mehr oder minder rasch wieder ab. Fluglärm ist nun dadurch gekennzeichnet, daß einzelne relativ kurz dauernde, aber recht intensive Schallereignisse zu unregelmäßigen Zeitpunkten aus einem Schallpegel sich herausheben, der grundsätzlich auch für Nichtflughafenanwohner in ähnlicher Höhe anzunehmen ist. Man wird gerade bei der Diskussion von Fluglärmwirkungen also unterscheiden müssen zwischen Lärmwirkungen, die nur während (oder kurze Zeit nach) einer akuten Belärmung (einem Überflug) auftreten, und Lärmwirkungen überdauernder Art, die bei häufig und stark belärmten Personen (vermutlich also den Flughafenanwohnern) auch dann feststellbar sind, wenn gerade keine Belärmung erfolgt. Als Beispiel von Lärmwirkungen der ersten Art sei die Störung der sprachlichen Kommunikation während eines lärmigen Überflugs genannt, als Beispiel für Lärmwirkungen der zweiten Art etwa die Verärgerung, die ja auch vorhanden ist und auch geäußert wird, wenn gerade kein Flugzeug zu hören ist.

4.2.16<sup>2</sup>

1.4.6

Fluglärmwirkungen der erstgenannten Art sind natürlich weitaus leichter als solche zu erkennen als die der zweiten Art, da die Folgen eines aktuellen Überflogenwerdens (bzw. einer aktuellen Beschallung) aus dem Vergleich mit den vorausgehenden bzw. nachfolgenden Zeiträumen des Nicht-Überflogenwerdens deutlich werden. Hier liegt jene Bedingungsvariation vor, welche die experimentellen Wissenschaften zu ihren Erfolgen geführt hat. Fluglärmwirkungen der zweiten Art dagegen sind sehr viel schwerer zu erfassen. Selbst wenn man durch die Klagen der Flughafenbewohner davon überzeugt ist, daß Fluglärm auch Auswirkungen hat, die den Zeitraum aktueller Beschallung weit überdauern, ist man noch lange nicht im Besitz einer *Theorie* dieser Fluglärmwirkung, die in Form von Hypothesen Hinweise gäbe, wo man nach Manifestationen solcher Wirkungen zu suchen hätte. Fluglärmwirkungen dieser zweiten Art werden nicht dadurch sichtbar, daß man Fluglärm gibt bzw. nicht gibt, wie man dies bei der Wirkungsanalyse von Medikamenten tun kann. Gerade weil wir für unsere Untersuchung Fluglärm nicht so sehr als standardisierbaren und reproduzierbaren Reiz auffassen konnten, sondern in seiner echten Gebundenheit an situative und personale Faktoren, war eine Analyse nach dem Ursache-Wirkung-Schema so schwierig. Finden sich beispielsweise in irgend einer Variablen keine Differenzen zwischen Flughafenanwohnern und anderen Großstädtern – heißt das wirklich, daß Fluglärm auf diese Variable sich nicht auswirkt? Oder sollte man eher annehmen, daß andere Stressoren der Großstadt (Verkehrslärm . . .) sich ebenso auswirken wie Fluglärm? Oder hätten wir zwar die richtige Variable ausgewählt, sie aber mit einem untauglichen Instrument zu messen versucht? Oder war das Instrument brauchbar, aber die betroffenen Menschen haben sich schon an den Lärm gewöhnt, so daß jetzt keine Wirkung mehr festzustellen ist, früher aber einmal festzustellen gewesen wäre?

8b  
87  
8b

Wenn wir so zwischen der Wirkung aktueller Beschallung und der Wirkung des Alltäglichen-Fluglärm-Ausgesetztseins unterscheiden, so wird man sich freilich vor der vorschnellen Annahme hüten müssen, nur diese permanenten Wirkungen häufigen und intensiven Belärmtwerdens seien eigentlich interessant. Man wird sich – wie dies bereits in 1.4.5 angedeutet wurde – zu fragen haben, ob eine aktuelle Beschallung bei Menschen, die auch üblicherweise starkem Fluglärm ausgesetzt sind, andere oder etwa länger andauernde Reaktionen auslöst, als bei Personen, die in ihrem alltäglichen Leben nicht unter Fluglärm zu leiden haben. Werden durch häufige und starke Flugbelärmung vielleicht Reaktionen sozusagen habituell, die bei nicht flugbelärmten Menschen nur während intensiver Beschallung festzustellen sind?

Damit wird ein Problem angeschnitten, welches in der Lärmforschung ganz generell eine sehr große Rolle spielt, das Problem der Anpassung an Lärm.

„Anpassung“ kann dabei zunächst sehr einfach konzipiert werden: Die biologischen Sinnesrezeptoren haben bekanntlich die Eigenschaft, auf einen wiederholt oder sehr lange einwirkenden Reiz immer schwächer zu reagieren; man spricht von Adaptation. Fluglärm ist sicher ein Reiz der sich (in unregelmäßigen Abständen) wiederholt. Nimmt man zu diesem Phänomen der Adaptation das ebenfalls als gesichert geltende Prinzip hinzu, daß ein Sinnesrezeptor durch überstarke Energieeinwirkung zwar selbst geschädigt, aber nicht zur Aussendung eines die nachgeschalteten Organe schädigenden neutralen Impulses veranlaßt werden kann, so wird man leicht zu der Ansicht gelangen, die KRYTER noch 1970 zuversichtlich so formuliert:

„Mit Ausnahme von Beschädigungen des Ohres und von Maskierung auditiver Information hat Lärm keine Auswirkungen, die den Organismus schädigen oder sein psychisches oder motorisches Funktionieren stören.“ (S. 597)

Wenn einer der derzeit bedeutendsten Vertreter der Lärmforschung am Schluß einer viele hunderte von Einzeluntersuchungen verarbeitenden Monographie zu diesem Fazit kommt,

so zeigt sich darin ein nahezu grenzenloses Zutrauen in die Effektivität eines allgemeinen Adaptationsmechanismus, der den Organismus sozusagen wie eine elastisch schützende Zwischenschicht vor potentiell gefährlicher Stimulation abschirmt.

Wir teilen aus einer Reihe von Gründen diesen Optimismus nicht:

KRYTER faßt Lärm als biologischen Reiz auf, demgegenüber der Receptor (und damit nachgeschaltet auch der Organismus) sich so verhält, wie gegenüber anderen biologischen Reizen auch. Hier liegt sicher eine unzulässige Vereinfachung vor. Was ein Schallereignis zu einem Lärmereignis macht, nämlich daß es eine „Bedeutung“ besitzt und dadurch als störend empfunden wird, spielt sich nicht im Ohr, sondern zentral ab. Faßt man *Lärm* als Reiz auf, so nimmt man damit notwendig einen anderen Reizbegriff an als ihn KRYTER hier verwendet: „Reiz“ ist dann nicht mehr nur die Energie, die als Input auf den Receptor Ohr trifft, sondern „Reiz“ ist dann das Gesamt-Geschehen, welches den Input und die erste Bearbeitung der durch den Input ausgelösten neutralen Signale umfaßt. Will man im Sinne KRYTERs die Adaptationsmechanismen der biologischen Receptororgane zur Theoriebildung heranziehen, so wird man demnach auf eine Theorie der *Schallverarbeitung* hinauskommen. Strebt man aber andererseits eine Theorie der *Lärmverarbeitung* an, wie es KRYTER ja tut, so kann man nicht mehr diesen einfachen Adaptationsmechanismus voraussetzen.

Was hier aus der Semantik und damit aus den theoretischen Implikationen der verwendeten Begriffe deduziert wurde, kann durch eine Reihe empirischer Befunde und darauf aufbauender Überlegungen gestützt werden: Der Begriff der Anpassung muß differenziert werden.

Schon 1961 hatte LEHMANN darauf hingewiesen, daß bestimmte vegetative Reaktionen auf Beschallung trotz subjektiver Gewöhnung an Lärm (Probanden waren Arbeiter aus der sog. Lärmindustrie) unvermindert feststellbar sind. Bei anderen Indikatoren (Veränderung des elektrischen Hautwiderstandes) fanden STERN et al. 1970 beim Vergleich verschiedener Stressoren folgendes: bei elektrischem Schock gibt es eine subjektive, aber keine Hautwiderstandsadaptation, bei Lärm gibt es eine Hautwiderstands-, aber keine subjektive Adaptation.

Kann man also demnach schon hier nicht mehr von einem einheitlichen Adaptationsvorgang sprechen, so dürfte die Beziehung zwischen Stressor und Stressreaktion (bzw. Stressindikator) in vielen Fällen sehr viel komplexer als eine bloße Amplitudenveränderung sein. TEICHNER (1968) hat darauf hingewiesen, daß diese Beziehung durch eine Hierarchie ‚kontrollierender‘ und ‚kontrollierter‘ Ereignisse gekennzeichnet ist: wenn sich z.B. die Körpertemperatur (als das letztlich ‚kontrollierte‘ Ereignis) unter Temperaturstress nicht nennenswert verändert, dann nur deshalb, weil eine Reihe zwischengeschalteter ‚kontrollierender‘ Ereignisse ungewöhnlich hohe kompensatorische Reaktionen zeigen (Schwitzen, erhöhter peripherer Kreislauf, etc.).

Auch wenn also jene Funktion, die der Untersucher als Indikator wählt, gegenüber Lärmstress eine Adaptation zeigen sollte, ist damit die Harmlosigkeit des Lärms keineswegs erwiesen: es könnte durchaus sein, daß diese Anpassung unentdeckt funktionale Kosten fordert, die auf die Dauer teuer zu stehen kommen. Was in diesem Zusammenhang allenfalls als Adaptation diskutiert werden kann, ist ganz sicher nicht die bloße Amplituden- oder Frequenzverringerung des biologischen Signals, das ein schon häufig dagewesener Reiz auslöst; Anpassung ist immer eine aktive Leistung des Organismus, in die eine Hierarchie von Funktionen eingeht.

Daraus folgt einmal, daß es nicht angeht, aus dem Vorliegen bestimmter, umschriebener Adaptationsphänomene den beruhigenden Schluß zu ziehen, der Mensch passe sich insgesamt an den Lärm an. Darüberhinaus muß gesehen werden: was unter einem bestimmten

3570

#### 1.4.6

Aspekt als sinnvolle Anpassung erscheint, kann unter einem anderen eine Gefahrenquelle darstellen. Wenn beispielsweise die Befunde der Psychologischen Sektion bei Flughafenwohnern das Vorliegen einer defensiven Blockierung gegenüber Lärm wahrscheinlich gemacht haben, so blendet diese Reaktionsform zwar den störenden Fluglärm in gewissem Grade aus (was als „positive“ Anpassung aufgefaßt werden könnte), aber gleichzeitig auch evtl. wichtige Informationen anderer Art (was eher negativ zu bewerten wäre). „Anpassung“ ist also ein Konzept, das in der Lärmforschung nicht diskutiert werden kann, ohne die Kosten in Rechnung zu stellen, die der Organismus für diese Leistung aufbringen muß. (Vgl. dazu auch GLASS et al., 1971; WYON, 1970).

#### 1.4.7

#### Wirkung von Fluglärm auf Verhalten und psychische Funktionen

Aus den referierten Überlegungen war der Lärmforschungskommission der DFG deutlich geworden, daß eine Untersuchung der Wirkung von Fluglärm auf die Bevölkerung unvollständig bleiben muß, wenn nicht auch solche Variablen einbezogen würden, die nicht direkt bewußtseinsfähig und deshalb auch nicht durch Befragung zugänglich sind. Experimentalpsychologische Untersuchungen und Erhebungen sollten

- Beeinträchtigungen und Veränderungen von Verhalten, Funktionen, Leistungen suchen, die, ohne im strengen Sinne das Etikett „krankhaft“ zu verdienen, das Wohlbefinden und das psychische Funktionieren als durch Fluglärm gestört erkennen lassen;
- Moderatorvariablen bereitstellen, welche den Wirkungszusammenhang zwischen Fluglärmreiz und Reizfolgen in dieser und anderen Sektionen zu analysieren helfen.

Sieht man von den bereits erwähnten soziologisch-sozialpsychologischen Erhebungen ab, so lagen experimental-psychologische Untersuchungen zum *Fluglärm*problem mit diesen oder ähnlichen Fragestellungen nicht vor, als unser Projekt geplant wurde. Wohl aber gab es eine Reihe von Befunden aus der Persönlichkeitspsychologie, die für die Suche nach relevanten Moderatorvariablen berücksichtigt werden mußten. Aus der Allgemeinen und aus der Angewandten Psychologie lagen Untersuchungen vor, welche die Auswirkung aktuellen Lärms auf bestimmte Funktionen (z.B. die Reaktionsgeschwindigkeit) und Leistungen (z. B. die Vigilanzleistung) aufwiesen; es lag nahe, diese Untersuchungen für die Fluglärmproblematik auszuwerten.

Als Schlüsselbegriffe ergaben sich dabei „Aktivation“ (arousal) und „Ablenkung“ (distraction).

Aktivation war (man muß hinzufügen Anfang der 60er Jahre, also etwa den Vorstellungen von LINDSLEY oder MALMO entsprechend) konzipiert als eine vom Tiefschlaf bis zur Erregung reichende Dimension, die über das retikuläre Aktivierungssystem unter anderem durch die von außen auf den Organismus einströmende Stimulation determiniert wird. Lärm, vor allem diskontinuierlicher Lärm (und Fluglärm ist ein derartiger Lärm) könnte in diesem Sinn eine aktivierende Wirkung haben.

Das jeweilige Aktivationsniveau wirkt sich direkt in Form einiger physiologischer Indikatoren (z.B. EMG), indirekt über seine kurvilineare Beziehung zur Leistung aus: ein mittlerer Grad von Aktivation sollte, je nach Art und Schwierigkeit der Aufgabe etwas verschieden, ein Optimum an Leistung ermöglichen. Aus derartigen Überlegungen waren bei bestimmten psychischen Funktionen, etwa einer Reaktionsaufgabe, unterschiedliche Leistungen von Flughafenwohnern und weniger belärmten Menschen zu erwarten. Das andere Schlüsselkonzept Ablenkung ist relativ eng an das BROADBENTSche Modell (1958) der Informationsverarbeitung gebunden. Demnach kann der menschliche Organismus pro Zeiteinheit immer nur ein begrenztes Ausmaß der ihm aus der Umwelt angebo-

tenen Informationen verarbeiten. Dem aufnehmenden System stehen zur Verbindung mit der Umwelt eine Reihe (in ihrer Verarbeitungskapazität begrenzter) „Kanäle“ zur Verfügung, z.B. der visuelle oder der auditive, von denen normalerweise immer nur einer durchgeschaltet ist, während die anderen ausgefiltert werden. Ein Wechsel von einem Kanal zum anderen kann nach diesem Modell je nach Art der Aufgabe als adäquates Sich-Anpassen an die Erfordernisse der Situation oder als störende Ablenkung sich auswirken, durch welche wichtige Information verloren geht. Fluglärm könnte diesem Modell entsprechend etwa zu einer Erhöhung der Häufigkeit des spontanen Umspringens führen, aber auch zu einer Bevorzugung (oder einer gesteigerten Ablenkung) des auditiven Kanals.

Im Laufe der Zeit und unter dem Einfluß sowohl der Hamburger Voruntersuchung als auch der Auswertung inzwischen erschienener ausländischer Untersuchungen hat sich eine gewisse Änderung des theoretischen Ansatzes der Psychologischen Sektion dieses Projektes ergeben. Das Abtasten vieler einzelner Verhaltensbereiche auf mögliche Fluglärmwirkungen wurde aufgegeben. Aktivierung wurde nicht mehr so sehr als Niveau, sondern als ein in sich noch zu differenzierendes Geschehen aufgefaßt, das selbst wieder mit einer Grunddimension der Informationsverarbeitung zusammenhängt: Hinwendung und Abschirmung. Der vor allem von SOKOLOV (z.B. 1960) vorgeschlagenen Unterscheidung von Orientierungsreflex und Defensivreflex wurde besondere Aufmerksamkeit geschenkt: Zeigen die Flughafenbewohner insofern eher eine „Adaptive Bewältigung des Fluglärms“, als sie auf akustische Reize, die eine bestimmte Intensität übersteigen, mit einem leicht sich adaptierenden Orientierungsreflex reagieren, – oder zeigen sie eine „defensive Blockierung“, weil sie es (hier können Überlegungen fruchtbar gemacht werden, die GERMANA 1969 in ganz anderem Zusammenhang angestellt hat) sozusagen als fruchtlos aufgegeben haben, mit diesem unvorhersehbaren und durch kein adäquates Verhalten zu bewältigenden Reiz fertig zu werden?

## 1.5 Probleme und Schwierigkeiten einer interdisziplinären Fluglärm-Untersuchung

Aus den referierten Überlegungen ergab sich in Umrissen ein sozusagen ideales Untersuchungsprojekt.

Es kann – vereinfacht und kurz zusammengefaßt – durch folgende Fragen charakterisiert werden:

- Welche soziologischen  
psychologischen  
physiologischen  
medizinischen Auswirkungen von Fluglärm auf den Menschen kann man aufzeigen? Welche Veränderungen im menschlichen Verhalten und Erleben werden durch ihn hervorgerufen?
- Bei welchen Lärmstufen treten derartige Fluglärmfolgen auf? Wie eng ist der Zusammenhang zwischen der (durch akustische Meßwerte gekennzeichneten) Fluglärmbelastung und der Stärke der genannten Reaktionen?
- Wie und in welchem Grade werden die Auswirkungen von Fluglärm durch Faktoren der sozialen Umwelt und des betroffenen Menschen selbst mit bestimmt?

4/21/62

1.5

Schon bei der Planung der Untersuchung, erst recht bei der Auswertung und Interpretation der Befunde, versprochen wir uns Hinweise und neue Sichtmöglichkeiten durch die Heranziehung *verschiedener* Wissenschaften: Angefangen von den scheinbar banalen Ratschlägen, die z.B. ein Psychologe über die optimale Abfolge einer länger dauernden Untersuchung oder ein Arbeitsphysiologe über die Gestaltung eines Untersuchungsplatzes zu geben vermag – über die Bereitstellung von Moderatorvariablen aus *einem* Bereich, welche die in einem *anderen* anfallenden Daten deutlicher zu interpretieren gestatten, – bis hin zu Beiträgen aus verschiedenen Wissenschaften zu den ersten Konturen einer hier hoffentlich sichtbar werdenden einheitlichen, die Grenzen einer Einzelwissenschaft übergreifenden Theorie der Wirkung von Fluglärm.

Unter dem Aspekt des Umweltschutzes sollte durch konzertierte Anstrengung *verschiedener* Wissenschaften der Legislative und der Administration Unterlagen geliefert werden, welche sozusagen auf verschiedenen Ebenen liegen:

Einstellungen, medizinisch-epidemiologische Befunde, psychologische Konstrukte . . . Unterlagen also, die wegen ihrer Heterogenität eher ein Einkreisen des Problemgebiets Fluglärm erlauben, als Befunde, die alle auf *einem* Sektor durch *eine* Methode erhoben worden sind.

Diese Überlegungen sprachen ebenso wir eine 1963 vom OECD-Komitee für wissenschaftliche Forschung herausgegebene Empfehlung für eine interdisziplinäre Untersuchung der Fluglärmwirkung:

Flughafenanwohner, die in verschiedenem, durch Messungen der Akustischen Sektion zu spezifizierenden Ausmaß Fluglärm ausgesetzt sind, sollten

- durch die Sozialwissenschaftliche Sektion mit den Methoden der Feldforschung befragt,
- durch die Medizinische Sektion klinisch-anamnestisch und physiologisch geprüft,
- durch die Psychologische und Arbeitsphysiologische Sektion mit experimentalphysiologischen und -psychologischen Verfahren untersucht werden.

Entscheidend dabei ist, daß diese verschiedenen Wissenschaften zum ersten Mal in der Fluglärmforschung Untersuchungen zum gleichen Zeitpunkt, am gleichen Ort, an denselben Personen durchführen.

Die Verwirklichung dieses idealen Projekts mußte natürlich auf Hindernisse stoßen, die zu Einschränkungen zwangen und zu vielen letztlich nicht überwindbaren Schwierigkeiten und damit zu Enttäuschung führten.

Die vielleicht gravierendste Schwierigkeit war, daß alle Leiter der wissenschaftlichen Sektionen und eine Reihe von Mitarbeitern dem Fluglärmprojekt nur einen begrenzten Teil ihrer Arbeitszeit widmen konnten. Die Lärmforschung, jedenfalls in der von uns für nötig gehaltenen Verbindung zwischen verschiedenen Wissenschaften und in der ebenso erforderlichen Verbindung von Grundlagen – und angewandter Forschung, hatte und hat in der BRD keine institutionelle Basis, die ein derartiges Projekt so tragen könnte, daß ein jahrelang und ausschließlich daran arbeitender Wissenschaftler nach Beendigung des Projekts nicht mit gewissen beruflichen Schwierigkeiten rechnen mußte. Mit der großzügigen Bereitstellung von Finanzmitteln durch die DFG war also nur *eine* Voraussetzung geschaffen; es blieb immer noch und immer wieder die Schwierigkeit, sachkundige Mitarbeiter für das Projekt zu gewinnen, und sie wenigstens für eine Zeitdauer zu halten, die ein erfolgreiches Arbeiten ermöglichte. Daß sich solche Mitarbeiter dennoch fanden, danken wir nicht zuletzt ihrer Bereitschaft, im Interesse der Sache ein berufliches Risiko auf sich zu nehmen.

Aus der Tatsache, daß Lärmforschung in Deutschland nur in isolierten Disziplinen betrieben wird, ergab sich für unser Projekt eine Gebundenheit an verschiedene Einzelinstitute mit den daraus sich ableitenden räumlichen Entfernungen und methodologischen und

terminologischen Divergenzen zwischen den Beteiligten. Das alles hat sich auf die Dauer ausgewirkt, welche das ganze Unternehmen in Anspruch nahm. Darüberhinaus bleibt aber auch festzustellen, daß darin jedenfalls eine der Ursachen dafür liegt, daß die Vertreter der verschiedenen Wissenschaften in unserem Fluglärm-Team am Ende des Projekts doch immer noch weiter von einander entfernt waren, als wir dies am Anfang erhofft hatten.

Im Verlauf der Planung und der vorbereitenden Studien wurde deutlich, daß bei der vorgesehenen Größenordnung des Projekts nicht nur das Methodenarsenal, sondern auch die Organisation der praktischen und theoretischen Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Sektionen zu erproben waren. Dabei stellten sich alle jene Aufgaben als besonders schwierig heraus, welche die methodische, die zeitliche und die inhaltliche Koordination von Vorbereitung, Durchführung und statistischer Auswertung der Untersuchung betrafen. Die eben genannten Schwierigkeiten wie auch solche des äußeren Aufbaus einer Untersuchungsstation, der Gewinnung von mehreren hundert Probanden, der Organisation ihres Kommens und Gehens usw., erwiesen sich in einer Voruntersuchung als so gewichtig, daß für die Hauptuntersuchung eine eigene Sektion „Organisation“ geschaffen wurde, die anschließend auch für die Koordination der Auswertung in den Sektionen und für die interdisziplinäre Auswertung federführend war.

Die Erfahrungen, die wir bei der Planung und in der ersten Phase der Durchführung machen konnten und mußten, führten während der Hauptuntersuchung und der anschließenden Analysen zu einer intensivierten Kooperation der beteiligten Sektionen (von der wir hoffen, daß sie für manche von uns noch nicht beendet ist).

## 1.6 Hinweise zum Aufbau dieses Berichts

Nach dieser Einführung in Fragen, Ziele und Probleme des Fluglärmprojektes und der Beschreibung des gemeinschaftlichen Untersuchungsplans durch die Organisatorische Sektion (Kap. 2) berichten Akustische (Kap. 3), Sozialwissenschaftliche (Kap. 4), Psychologische (Kap. 5), Arbeitsphysiologische (Kap. 6) und Medizinische Sektion (Kap. 7) einzeln über ihren Untersuchungsteil. Nach der Darstellung der interdisziplinären Auswertung durch die Organisatorische Sektion (Kap. 8) wird im letzten Kapitel die Anwendbarkeit der Befunde über die Auswirkungen des Fluglärms auf den Menschen diskutiert.

Die so aufgeteilte Darstellung ermöglicht den einzelnen Sektionen des Fluglärm-Teams eine zusammenhängende und jeweils in sich geschlossene Schilderung ihres Untersuchungsteils; daß dabei in späteren Kapiteln manches wiederholt wird, was in früheren – in anderem Kontext – schon gesagt wurde, ist wohl unvermeidlich. (Auf die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Untersuchungsteilen wird durch Querverweise aufmerksam gemacht.)

Aus Gründen des Umfangs können in diesem Bericht nur die wichtigsten Resultate (häufig nur in verkürzter Form) gebracht werden.

Ein nachfolgender Annexband wird jedoch eine ergänzende Dokumentation von Methoden und Resultaten bringen. (Er erscheint ebenfalls 1974 und entspricht in seiner Gliederung dem Hauptbericht; bei Hinweisen auf den Annexband ist den Abschnittsnummern ein „A“ vorangestellt). Zusätzlich zum Hauptbericht ist ferner ein zusammenfassender Kurzbericht (in Deutsch und Englisch) vorgesehen.

In diesem Zusammenhang sei noch darauf hingewiesen, daß die Abbildungen und die Tabellen des Berichts kapitelweise durchnummeriert sind und am Anfang jedes Kapitels deren Verzeichnis zu finden ist.

Auf die Fachterminologie konnte nicht ganz verzichtet werden. Einige Fachworterklärungen am Ende dieses Bandes (einschließlich der wichtigsten Abkürzungen) sollen das Textverständnis erleichtern.

Das abschließende Literaturverzeichnis gilt für alle 9 Kapitel.

Fremdsprachlichen Lesern soll als Hilfe dienen, daß die Inhaltsverzeichnisse und die Zusammenfassungen der Kapitel jeweils zusätzlich in Englisch gegeben werden.

Dieser Bericht ist redaktionell im Herbst 1972 abgeschlossen worden.

## 1.7 Zusammenfassung

Eine Diskussion der Frage, wie Lärm zu definieren sei, zeigt bereits, wie problematisch die Festlegung allgemein gültiger „kritischer Grenzen der Lärmbelastung“ oder der „Zumutbarkeit“ ist. Die bisher über die Auswirkung von Fluglärm auf die Bevölkerung publizierten wissenschaftlichen Untersuchungen haben fast ausschließlich die „Störendheit“ bzw. die „Verärgerung“ als Index solcher Wirkungen verwendet. Neben diesen Feldstudien über Fluglärmwirkung gibt es jedoch auch eine große Zahl von psychologischen und physiologischen Labor-Untersuchungen über die Wirkung aktueller Beschallung, die berücksichtigt werden müssen, wenn man das Problem der Fluglärmwirkung umfassend angehen will.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat daher einem Team, das sich aus Akustikern, Arbeitsphysiologen, Medizinern, Psychologen und Sozialwissenschaftlern zusammensetzte, die Durchführung einer interdisziplinären Untersuchung ermöglicht.

Im vorliegenden Einleitungskapitel werden Probleme diskutiert, die sich dabei, die Einzelwissenschaften übergreifend, ergaben. Dazu gehört die Frage, ob und wie man die Wirkung aktueller Beschallung von der Auswirkung unterscheiden kann, welche alltägliche häufige Fluglärmbelastung längerfristig haben kann. Kann man von einer „Anpassung“ an den Lärm sprechen – und unter welchen Voraussetzungen kann man das?

Das Projekt sollte im wesentlichen folgende Fragen beantworten:

- Welche soziologischen, psychologischen und physiologischen Auswirkungen, welche Veränderungen im menschlichen Verhalten und Erleben ruft Fluglärm hervor?
- Bei welchen Lärmstufen treten derartige Fluglärmfolgen auf, und wie eng ist der Zusammenhang zwischen akustischer Fluglärmbelastung und der Stärke der genannten Reaktionen?
- Wie und in welchem Grade werden die Auswirkungen von Fluglärm durch Faktoren der sozialen Umwelt und durch Eigenschaften der betroffenen Menschen mitbestimmt?

Abschließend werden die Schwierigkeiten angedeutet, die sich unter organisatorischen und unter wissenschaftstheoretischen Aspekten einer derartigen interdisziplinären Untersuchung entgegenstellten.



## 1.7 Summary

When discussing the question of how to define noise, it becomes apparent that many problems are involved in the determination of generally valid "critical limits of tolerable noise" or of "tolerance". Scientific studies of the effect of aircraft noise on the population, so far published, have been taking almost exclusively disturbance and annoyance as indicators of such effects. Apart from those field studies on the effect of aircraft noise there exists a large number of psychological and physiological experimental studies of the effect of actual noise exposure, which have to be regarded when trying to get a comprehensive view of the effects of aircraft noise.

Following these considerations, the Deutsche Forschungsgemeinschaft made it possible for a team consisting of members of various disciplines — acoustics, work-physiology, medicine, psychology, and social sciences — to conduct an interdisciplinary research study on the problem.

The introductory chapter discusses general problems overlapping the more specific ones of the individual disciplines participating. Among them the question is being discussed of whether it is possible to discriminate between the effect of actual noise exposure and the effect frequent exposure to everyday aircraft noise may cause in the long run. Is it possible to speak of "adaptation" to noise?

The project was to answer above all the following questions:

- Which are the sociological, psychological, and physiological effects of, which are the alterations in human behavior and sensation due to aircraft noise?
- On which noise levels do such effects of aircraft noise appear and how close is the relationship between the exposure to aircraft noise and the strength of the mentioned reactions?
- How and to what extent are the effects of aircraft noise codetermined by factors of the social environment and by personal characteristics of the individuals affected?

Finally the difficulties with respect of organization and scientific approach are pointed out, with which an interdisciplinary study of this kind is confronted.

**Page Intentionally Left Blank**

## **FLUGLÄRMWIRKUNGEN**

**eine interdisziplinäre Untersuchung über die  
Auswirkungen des Fluglärms auf den Menschen**

### **KAPITEL 2**

#### **DER GEMEINSCHAFTLICHE UNTERSUCHUNGSPLAN**

**Bernd Rohrmann**

(2.5.3: Bernd Rohrmann, Anke Schümer-Kohrs u. Rudolf Schümer)

2.0

## 2.0 Inhalts-, Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

2.0.1	Inhaltsverzeichnis/Contents . . . . .	31
2.0.2	Tabellenverzeichnis . . . . .	32
2.0.3	Abbildungsverzeichnis . . . . .	32
2.1	<i>Interdisziplinäre Organisation der Untersuchung</i>	
2.1.1	Ablauf des Gesamtprojekts . . . . .	33
2.1.2	Konsequenzen der gemeinsamen Voruntersuchung . . . . .	35
2.1.3	Aufgaben der Organisatorischen Sektion . . . . .	36
2.2	<i>Untersuchungsorte und Untersuchungsgebiete</i>	
2.2.1	Auswahl der Untersuchungsorte . . . . .	36
2.2.2	Gruppen-Konzept (Lärmstufen) der Voruntersuchung . . . . .	37
2.2.3	Erläuterungen zur Voruntersuchung . . . . .	38
2.2.4	Gruppen-Konzept (Lärmstufen) der Hauptuntersuchung . . . . .	39
2.2.5	Abgrenzung des Untersuchungsgebietes . . . . .	39
2.2.6	Beschreibung des Untersuchungsgebietes . . . . .	40
2.3	<i>Prozedur der Stichprobenziehung</i>	
2.3.1	Cluster-Konzeption . . . . .	42
2.3.2	Auswahl von 32 Cluster-Punkten . . . . .	42
2.3.2.1	Kriterien der Cluster-Auswahl . . . . .	42
2.3.2.2	Die Verteilung von 32 Punkten nach dem Fluglärm-Grad . . . . .	43
2.3.2.3	Berücksichtigung der Besiedlungsdichte . . . . .	44
2.3.3	Definition und Kalkulation der Stichproben . . . . .	46
2.3.4	Stichprobenziehung . . . . .	49
2.3.5	Diskussion des Stichproben-Konzepts . . . . .	52
2.3.5.1	Schwierigkeiten bei der Realisierung . . . . .	52
2.3.5.2	Vergleich mit angloamerikanischen Untersuchungen . . . . .	53
2.3.5.2	Zum Fehlen einer Gruppe ohne Fluglärm . . . . .	54
2.4	<i>Organisation des Erhebungsablaufs</i>	
2.4.1	Abfolge der Untersuchungsprogramme . . . . .	55
2.4.2	Inhaltliche Koordination . . . . .	56
2.4.3	Probandenwerbung . . . . .	56
2.4.4	Probandenadministration . . . . .	57
2.4.5	Zeitliche Koordination . . . . .	59
2.4.6	Kontrolle von Abfolgeeffekten . . . . .	59
2.4.7	Vorplanungen zur Auswertung . . . . .	60
2.5	<i>Statistik der untersuchten Probandengruppen</i>	
2.5.1	Reduktion der Ausgangsliste . . . . .	61
2.5.2	Probandenstatistik aller Erhebungsschritte . . . . .	62
2.5.3	Demografische Beschreibung der Stichproben . . . . .	67
2.6	<i>Zusammenfassung/Summary</i> . . . . .	71

## 2.0.1 Contents

2.0.2	List of tables . . . . .	32
2.0.3	List of illustrations . . . . .	32
2.1	<i>Interdisciplinary organization of the project</i>	
2.1.1	Phases of the entire project . . . . .	33
2.1.2	Consequences of the preliminary study . . . . .	35
2.1.3	Tasks of the Organizational Section . . . . .	36
2.2	<i>Cities and areas of investigation</i>	
2.2.1	Selection of the cities . . . . .	36
2.2.2	Noise exposure groups in the preliminary study . . . . .	37
2.2.3	Remarks to the preliminary study . . . . .	38
2.2.4	Noise exposure groups in the main study . . . . .	39
2.2.5	Definition of the survey area . . . . .	39
2.2.6	Description of the survey area . . . . .	40
2.3	<i>Sampling procedure</i>	
2.3.1	Concept of clusters . . . . .	42
2.3.2	Selection of 32 clusters . . . . .	42
2.3.2.1	Criteria for the selection of clusters . . . . .	42
2.3.2.2	Allocation of 32 clusters according to noise level . . . . .	43
2.3.2.3	Consideration of density of population . . . . .	44
2.3.3	Definition and calculation of samples . . . . .	46
2.3.4	Drawing of the samples . . . . .	49
2.3.5	Discussion of the sample concept . . . . .	52
2.3.5.1	Problems of realization . . . . .	52
2.3.5.2	Comparison with Anglo-American studies . . . . .	53
2.3.5.3	Lack of a non-exposed sample . . . . .	54
2.4	<i>Organization of the execution of the study</i>	
2.4.1	Succession of programs . . . . .	55
2.4.2	Coordination of topics . . . . .	56
2.4.3	Contacting the respondents . . . . .	56
2.4.4	Administration of respondents . . . . .	57
2.4.5	Timing . . . . .	59
2.4.6	Control of serial effects . . . . .	59
2.4.7	Preparations for the data analysis . . . . .	60
2.5	<i>Statistical characterization of the samples</i>	
2.5.1	Reduction of the primary sample . . . . .	61
2.5.2	Number of respondents in the various programs . . . . .	62
2.5.3	Demographic description of the samples . . . . .	67
2.6	<i>Summary</i>	

## 2.0.2

### 2.0.2 Tabellenverzeichnis

Tab.		S.	Abschnitt
2-1	Stichprobenkalkulation für die Hauptuntersuchung	47	2.3.3
2-2	Einwohnerdichtepunkte und akustische Zuordnung	49	2.3.4
2-3	Ablauf der Organisations- und Erhebungsschritte	58	2.4.4
2-4	Organisatorische Einteilung der Cluster	60	2.4.6
2-5	Reduktion der Basis-Stichprobe zum I-Sample	62	2.5.1
2-6	Liste der Ausfallgründe bei der Hauptuntersuchung	63	2.5.2
2-7	Komplette Probandenstatistik der Hauptuntersuchung	64	2.5.2
2-8	Demografische Daten von Stichproben und Bevölkerung	67	2.5.3
2-9	Bauart der Häuser in den Clustern 1 - 32	68	2.5.3
2-10	Verteilung der Haushalts-Netto-Einkommen (S-Stichprobe)	70	2.5.3

### 2.0.3 Abbildungsverzeichnis

Abb.		S.	Abschnitt
2-0	Übersicht zum Gesamtablauf des Fluglärmprojekts	34	2.1.1
2-1	Teamstruktur des Fluglärmprojekts	35	2.1.2
2-2	Untersuchungsgebiet Fluglärmprojekt	41	2.2.4
2-3	Konzepte zur Verteilung von 32 Clustern im Untersuchungsgebiet	43	2.3.2.1
2-4	Bevölkerungsverteilung in München	45	2.3.2.3
2-5	Planung der Stichproben	48	2.3.3
2-6	32 Untersuchungs-Cluster	51	2.3.4
2-7	Cluster- und Stichprobenziehung (Schema)	52	2.3.4
2-8	Karten von vier typischen Clustern	69	2.5.3

3570 2.1

## 2.1 Interdisziplinäre Organisation der Untersuchung

Im Kapitel 2 soll der für alle Sektionen gemeinsame methodische Rahmen der Untersuchung dargestellt werden (in den folgenden Kapiteln 3 bis 7 berichtet dann jede Sektion einzeln).

### 2.1.1 Ablauf des Gesamtprojekts

Die interdisziplinäre Zielsetzung des Fluglärmprojekts und die Aufgliederung in die verschiedenen Sektionen sind in Kap. 1 genannt worden; dort wurden die Überlegungen dargestellt, die zur Konzeption der Untersuchung führten, und zugleich die Schwierigkeiten angedeutet, die bei der Durchführung dieser ersten Gemeinschaftsuntersuchung von Akustikern, Sozialwissenschaftlern, Psychologen, Physiologen und Medizinern über Fluglärmwirkungen zu überwinden waren.

Wegen der Größenordnung des Projekts, und weil Erfahrungswerte für einen derartigen Untersuchungsansatz weitgehend fehlten, ist der Hauptuntersuchung – 1969 in München – eine Voruntersuchung – 1966 in Hamburg – als 'pilot study' vorausgeschickt worden. Vor- wie Hauptuntersuchung sind relativ aufwendig (und darum zeitraubend) vorbereitet worden; zu den Vorarbeiten gehörten auch eine Reihe von empirischen Vor- und Zwischenstudien, z.B. Skalierungsexperimente, explorative Befragungen, Modellversuche im Labor, Retests, u.a.

Der Gesamttablauf – bis hin zur mehrjährigen Auswertung der ganz erheblichen Datenmengen und zum Abschluß der Analysen 1972 – zeigt Abb. 2-0, getrennt nach den verschiedenen Untersuchungsebenen.

Entscheidend für die Konzeption der Hauptuntersuchung waren Ansatz und Resultate der Voruntersuchung. Diese sollte eine empirisch begründete Selektion der Vielfalt möglicher Fragestellungen herbeiführen und die Brauchbarkeit der vorgesehenen Befragungs- und Untersuchungsmethodik prüfen, um mit reformulierten Hypothesen, verbesserten Meßinstrumenten und erprobten Zeitplänen eine effiziente Hauptuntersuchung zu ermöglichen.

Der hier vorliegende Bericht gilt Ablauf und Resultaten der Hauptuntersuchung (untere Hälfte von Abb. 2-0). Deshalb werden Einzelheiten zur Voruntersuchung nur soweit genannt, wie es zur Begründung des Vorgehens der einzelnen Sektionen notwendig schien (auch über die verschiedenen Vor- und Zwischenstudien wird nur im jeweiligen inhaltlichen Zusammenhang berichtet).

Im Rahmen von Kap. 2 interessieren besonders die organisatorischen und methodischen Erfahrungen; auf sie soll deshalb etwas näher eingegangen werden.

Vor- wie Hauptuntersuchung bestanden in einer Gemeinschaftsuntersuchung am selben Ort, zur selben Zeit und an denselben Personen: diese Personen mußten also mehrfach zur Teilnahme an den Untersuchungsprogrammen der verschiedenen Sektionen bereit sein.

In beiden Untersuchungen war es notwendig, eine Untersuchungsstation (an fremden Orten) mit psychologischen und medizinischen Laboren, der Erhebungsorganisation, usw., einzurichten. Die Organisation der Untersuchungsplanung und Erhebung wurde dabei zunächst von der Sozialwissenschaftlichen Sektion wahrgenommen.

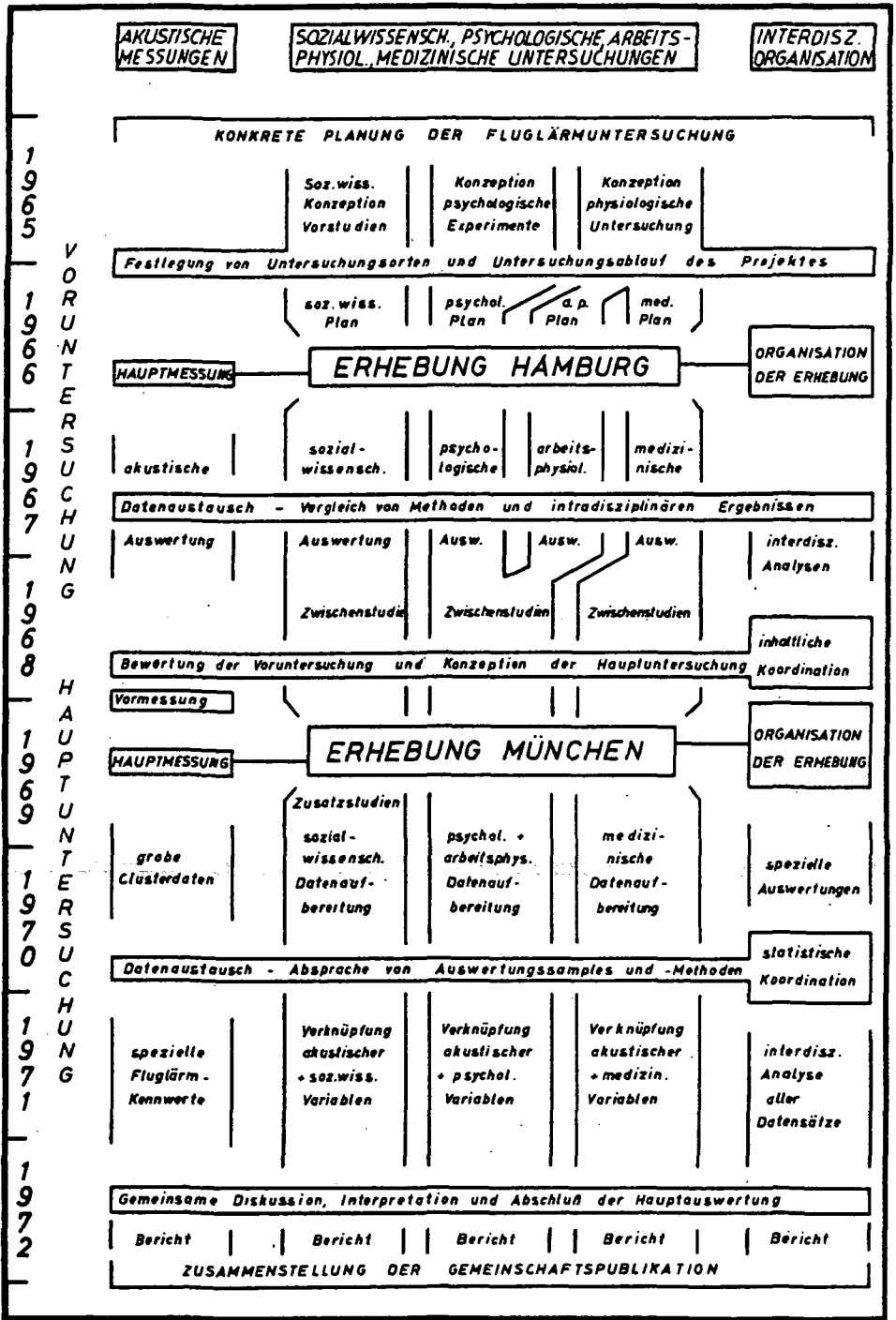


Abb. 2-0: Übersicht zum Gesamtablauf des Fluglärmprojekts



2380

### 2.1.2 Konsequenzen der gemeinsamen Voruntersuchung

Die Erfahrungen der Voruntersuchung verdeutlichten, daß ein von der experimentellen Laborforschung geprägtes Vorgehen – die Abwicklung systematischer Experimentalprogramme mit entsprechender Bedingungsvariation und die Ausrichtung auf homogene bzw. nur in einer Dimension kontrastierende Versuchspersonengruppen – um so eher seine Grenzen findet, je mehr die 'tatsächliche' Bevölkerung und die 'konkrete' Fluglärmbelastung, d.h. das 'vorgegebene' Untersuchungsfeld in der Untersuchung abgebildet werden sollen.

Gerade bei einem Projekt der Umweltforschung konnte es nicht darum gehen, einen Gewinn an theoretischer Systematik mit einem Verlust an praktischer Generalisierbarkeit zu erkaufen.

Auch solche Überlegungen spielten bei der Modifikation des Untersuchungsplans und der Untersuchungsvariablen für die Hauptuntersuchung eine Rolle (vgl. 2.2.2 – 2.2.4). Zugleich zeigte die Voruntersuchung die praktischen und theoretischen Probleme bei der Organisation der interdisziplinären Zusammenarbeit auf.

Die (in 1.5 schon angesprochenen) kritischen Punkte sollen noch einmal verdeutlicht werden; sie betrafen:

- die methodische Koordination des Untersuchungskonzepts als Ganzes, um einen Untersuchungsplan zu finden, der den Zielsetzungen aller Sektionen gerecht wird;
- die zeitliche Koordination von Erhebungs- und Experimentalplänen, um Überforderungen von Untersuchten und Untersuchern und damit Wartezeiten und Datenverluste zu vermeiden;
- die inhaltliche Koordination der Untersuchungsteile, mit dem Ziel, ein ökonomisches Programm ohne redundante Erhebungen zu erreichen;
- die statistische Koordination, um die Vergleichbarkeit aller Ergebnisse und die Möglichkeiten interdisziplinärer Analysen und Interpretationen sicherzustellen; dies war wichtig, weil die Auswertung nicht in einer Hand lag, sondern von jeder Sektion selbst realisiert wurde.

Daraus wurde die Konsequenz gezogen, für die Organisation der interdisziplinären Zusammenarbeit ein gesondertes Team als 6. Sektion zu schaffen; ein Schema für das Gesamtteam gibt Abb. 2 - 1.

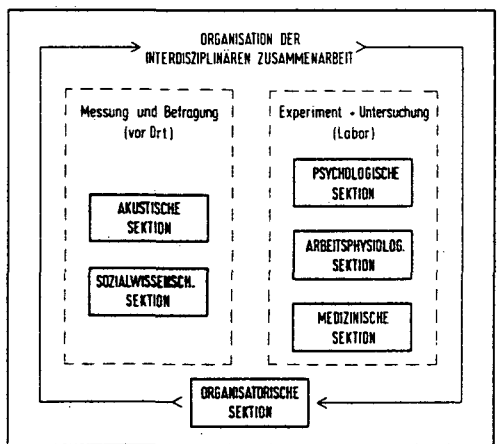


Abb. 2-1: Team-Struktur des Fluglärmprojekts

### 2.1.3 Aufgaben der Organisatorischen Sektion

Mit „Organisation der interdisziplinären Zusammenarbeit“ als Zielsetzung der Organisatorischen Sektion ist gemeint: erstens

- Ausarbeitung des gemeinschaftlichen Untersuchungsplans für die Hauptuntersuchung;
- Vorschläge zu den Untersuchungsinhalten und deren Koordination;
- Planung und Ziehung der Stichproben, Betreuung der Personen;
- Steuerung des Untersuchungsablaufs und Administration der Untersuchungsstation;

und zweitens

- Vorschläge zu den Auswertungsansätzen der Sektionen und deren Koordination;
- interdisziplinäre Verknüpfung aller Datensätze und statistische Gesamtanalysen;
- Versuch einer Integration der verschiedenen intradisziplinären Resultate.

Über den ersten Aufgabenbereich – Konzeption und Realisation des gemeinschaftlichen Untersuchungsplans – wird in diesem Kapitel berichtet, über den zweiten Bereich – Organisation der Auswertung und interdisziplinäre Daten-Analysen – in Kapitel 8. Dort (in Abschnitt 8.1.2) wird auch die (allerdings mehr auf Erkundung und Bestandsaufnahme gerichtete als durch gezielte Hypothesen begründete) theoretische Konzeption erläutert. Die Gesamtfragestellung, auf die Untersuchungsplan und Datenanalysen ausgerichtet waren, ist in 1.5 genannt worden.

(Eine Vorbemerkung: Grundsätzlich werden in diesem Kapitel methodische Probleme, auch des äußeren Untersuchungsablaufs, im Vergleich zu den inhaltlichen Fragen relativ sehr breiten Raum einnehmen, um die Bedingungen des Fluglärmprojekts – der Untersuchung selbst, doch ebenso dieses Team-Berichts – deutlich zu machen; aus dem gleichen Grund wird auch gelegentlich auf Diskussionen und Beschlüsse zwischen den Sektionen eingegangen).

## 2.2 Untersuchungsorte und Untersuchungsgebiete

Zunächst war zu entscheiden, für welche Art von Fluglärm in welchen Ausprägungsgraden an welchen Orten die Auswirkungen auf die Bevölkerung untersucht werden sollten.

### 2.2.1 Auswahl der Untersuchungsorte

Als mögliche Untersuchungsorte waren von vornherein nur große Verkehrsflughäfen in unmittelbarer Nachbarschaft dichtbesiedelter Wohngebiete geeignet, da nur dort relativ viele Menschen einem relativ intensiven Fluglärm über relativ lange Zeit ausgesetzt sind. In der BRD ist dies am ehesten in Düsseldorf, Hamburg, München, ferner in Berlin gegeben. Frankfurt weist zwar den weitaus stärksten Flugbetrieb auf, doch liegt der Flughafen nicht innerhalb des Stadtgebietes. Dies gilt auch für Köln/Bonn, Hannover und Stuttgart. In Bremen und Nürnberg ist der Luftverkehr sehr viel geringer. Nach einem Vergleich früherer Fluglärmstatistiken (bis 1964) für die verschiedenen Flughäfen (vgl. auch BÜRCK et al., 1965) und Ortsbesichtigungen wurde entschieden, die Voruntersuchung in Hamburg und die Hauptuntersuchung in München durchzuführen.\*

\* An der Diskussion über die Auswahl der Untersuchungsorte und die Abgrenzung der Untersuchungsgebiete war auch Prof. Dr. E.-A. Müller beteiligt, der ferner die Q-Kurven für Hamburg (vgl. 2.2.3) zur Verfügung stellte.

Gegen Berlin sprach, daß der Luftverkehr hier einen besonderen Stellenwert hat (er stellt den einzigen nichtkontrollierten Zugang zu der insular gelegenen Stadt dar, d.h. keine andere Stadt ist so abhängig von ihm); es war nicht sicher abzusehen, welche Auswirkungen das auf die Untersuchung und deren Generalisierbarkeit gehabt hätte. Düsseldorf wurde zurückgestellt, weil dort schon eine Reihe von Lärmuntersuchungen bzw. -messungen stattgefunden hatten (die Untersuchungspersonen also möglicherweise unterschiedlich vor-beeinflußt gewesen wären), diente jedoch als Ort von Zwischenstudien der Sozialwissenschaftlichen Sektion.

Die Abfolge Hamburg–München ergab sich, weil in Hamburg – das zwei sich kreuzende Startbahnen hat – eine stärkere Verlagerung des Flugbetriebs auf die neuere Bahn in Aussicht stand, deren Auswirkungen zuvorgekommen werden sollte. An mehreren Flughäfen zugleich zu untersuchen, wie es z.B. in den USA geschah (u.a. TRACOR Inc., 1970, 1972), war für ein Forschungsprogramm dieses Umfangs technisch und finanziell kaum möglich. Zudem wurden keine größeren regionalen Unterschiede in der BRD erwartet, und die Gesamtuntersuchung ist von der Untersuchungsmethodik und Stichprobenziehung her so angelegt, daß sie generelle Aussagen über die Auswirkungen des Fluglärms auf die Anwohner von großstädtischen (BRD-)Flughäfen ermöglicht:

Ursprünglich ist allerdings diskutiert worden, ob zusätzlich an einem Militärflughafen untersucht werden sollte. Dort ist sowohl die akustische Lärmsituation sehr viel anders wie auch der sozialpsychologische Stellenwert der Lärmursache. Die Vielfalt der zu lösenden Probleme, wie auch die Beschränktheit der personellen, zeitlichen und vor allem finanziellen Mittel legte jedoch eine gezielte Ausrichtung auf die relativ gut definierbare Situation an einem typischen Verkehrsflughafen nahe.

## 2.2.2 Gruppenkonzept (Lärmstufen) der Voruntersuchung

Untersuchungsziel der Voruntersuchung war die Testung, Revision und Selektion einerseits von Fragestellungen und Hypothesen, andererseits von Methoden und Untersuchungsverfahren. Dies sollte durch einen Kontrastgruppenplan erreicht werden. Das Kontinuum der unabhängigen Variablen Fluglärm wurde auf zwei Stufen begrenzt, nämlich

- starke Belärmung = Experimentalgruppe und
- keine Belärmung = Kontrollgruppe.

Zeigen sich Unterschiede zwischen den Personen von Experimental- und Kontrollgruppe, so lassen sich diese – sofern beide Gruppen äquivalent definiert und zusammengesetzt sind – auf Fluglärmeinfluß zurückführen.

Ein solches 'Extremgruppenkonzept' ist dann besonders geeignet, wenn wenig Erfahrung vorliegt, und man zunächst feststellen will, *ob* eine Variable überhaupt Einfluß hat oder nicht, ehe man den Zusammenhang zwischen dem Ausmaß des Einflusses und dem Ausmaß der Wirkung im einzelnen untersucht.

Diese Frage mußten sich besonders die Medizinische und die Psychologische Sektion stellen, deren Untersuchungsansätze in der Feldforschung bislang nicht versucht worden waren: (Lärmuntersuchungen in diesen Disziplinen galten üblicherweise unmittelbaren Lärmwirkungen, nicht Nachwirkungen). Für die Sozialwissenschaftliche Sektion war die Situation etwas anders, vor allem, weil schon Erfahrungen und Resultate aus ähnlichen Untersuchungen (z.B. McKENNEL, 1963) vorlagen. Aus ihrer Sicht (vgl. IRLE & ROHRMANN, 1968) hatte das Zwei-Gruppen-Konzept folgende Schwächen (die teils alle Sektionen betreffen):

3570

## 2.2.2

- bei verbalen Reaktionsvariablen (insbesondere den direkten Fragen nach Fluglärm) haben Unterschiede zwischen Experimental- und Kontrollgruppe (für welche Fluglärm ja keine Rolle spielt) nur eingeschränkten Aussagewert;
- da wesentliche Teile des Fragebogens für die vom Untersuchungsgegenstand gar nicht betroffene Kontrollgruppe keine Relevanz besitzen, ist es etwas schwierig, für beide Zielgruppen das gleiche Variablen-Programm zu realisieren (was methodisch notwendig wäre); viele Reaktionsvariablen lassen sich nicht adäquat erfassen bzw. zeigen (logischerweise) wenig oder keine Variabilität;
- es bleibt offen, wie die beobachteten Beeinträchtigungen mit dem Grad der Belärmung zunehmen bzw. ab wann sie überhaupt einsetzen;
- wenn Personen in der Kontrblgruppe das, was sie beurteilen sollen, gar nicht kennen, besteht die Gefahr, daß sie nicht ihr eigenes Erleben von Fluglärm und dessen Wirkung verbalisieren, sondern nur ihre Vorstellungen davon;
- eine Interdependenz-Analyse von Stimulus-, Reaktions- und (die Auswirkungen des Fluglärms mitbestimmenden) 'Moderator'-Variablen (vgl. Abb. 8 - 1) ist wenig fruchtbar, wenn die Variable Fluglärm nur in einer Stufe vorliegt; für die Interdependenz-Analyse von Moderatoren und Reaktionen (innerhalb einer Lärmstufe) ist die Kontrollgruppe methodisch wertlos (zum Moderator-Konzept später 4.1.3 und 8.5.5);
- es bleibt offen, ob in der Experimentalgruppe beobachtete Moderator-Reaktions-Interaktionen auch für andere (z.B. mittlere) Fluglärmstufen generalisiert werden können.

Obwohl das Extremgruppen-Konzept der Voruntersuchung noch am ehesten den Bedingungen aller Sektionen gerecht wurde, legten diese Einwände doch ein anderes Konzept für die Hauptuntersuchung nahe (dazu 2.2.4).

## 2.2.3 Erläuterungen zur Voruntersuchung

Soweit es zum Verständnis späterer Hinweise auf die Voruntersuchung (vgl. 3.2.1, 4.2.1, 5.2.1, 6.3.1, 7.1.3) notwendig erscheint, soll die Erhebung von Hamburg (dazu IRLE & ROHRMANN, 1968) kurz erläutert werden.

Eine stark Fluglärm-exponierte Gruppe („EG“) und eine Kontrollgruppe („KG“) wurden dreifach (sozialwissenschaftlich/psychologisch/medizinisch) untersucht und miteinander verglichen. Gegenübergestellt wurden einerseits 2 Spezialstichproben von 25- bis 55jährigen, mehr als 5 Jahre ansässigen, nicht berufstätigen Frauen, andererseits 2 Zufallsstichproben (21- bis 70jährige Personen), die jedoch nur zur Befragung herangezogen wurden; jede der 4 Gruppen umfaßte etwa 100 Personen.

Die EG-Stichproben wurden aus einem Areal mit einem äquivalenten Dauerschallpegel ( $\bar{Q}$ ) von 70 dB(A) oder mehr gezogen (etwa 2 500 Einwohner; mittlere Spitzenpegel der Überflüge zwischen 90 und 100 dB(A)).

Für die KG-Stichproben wurde ein annähernd Fluglärm-freies Gebiet definiert, das hinsichtlich sozialer Schichtung, Verkehrslärmbelastung usw. äquivalent war.

(Im Annexband, A.2.2.3, findet sich eine Karte der Hamburger Untersuchungsgebiete).

Das Erhebungsprogramm bestand aus 2 Untersuchungsteilen im Haus (Interview, vegetative Messungen; je 3/4 bis 1 1/4 Std.) und 2 Untersuchungsteilen im Labor (psychologische und arbeitsphysiologische sowie medizinische Experimente und Untersuchungen; je 2 1/4 Std.); Koordination und Organisation übernahm die Sozialwissenschaftliche Sektion.\*

\* Zuständig waren Dipl.-Psych. Bernd Rohrmann und Dipl.-Psych. Anke Schümer-Kohrs.

2975

Nach Befragungsabschluß fanden an ausgewählten Punkten akustische Geräuschmessungen statt, um die tatsächliche Lärmbelastung der Untersuchungsgebiete festzustellen. (Einige Einzelheiten zur Erhebungsstatistik der Voruntersuchung finden sich im Annexband, A.2.2.3).

**2.2.4 Gruppen-Konzept (Lärmstufen) der Hauptuntersuchung**

Bei der Analyse der Fluglärmwirkung werden die Kennwerte der Lärmsituation mit den Verhaltensvariablen verknüpft, am einfachsten durch den Vergleich von verschiedenen stark belärmten Personen.

Die Reiz-Reaktion-Relation kann nun umso genauer beschrieben werden, je exakter die Fluglärmkennwerte die tatsächliche Belärmung der untersuchten Personen charakterisieren; je größer allerdings ein Stichproben-Areal ist, desto größer wird auch die nichterfaßte Stimulus-Varianz. (Innerhalb des Gebiets der Hamburger Experimentalgruppe waren die durchschnittlichen Überflugpegel um 5 bis 10 dB verschieden).

Ideal wäre es, wenn jeder Untersuchungsperson ein individueller akustischer Wert der für sie gegebenen Fluglärmbelastung zugeordnet werden könnte – so wie die Befragungs- und Untersuchungsdaten ja auch individuell festgestellt werden. Natürlich ist eine derartige Stimulus-Quantifizierung in einer Felduntersuchung praktisch nicht möglich. Um jedoch einen Schritt in dieser Richtung zu gehen, wurde für die Hauptuntersuchung beschlossen, im Sinne eines 'quasi-kontinuierlichen' Ansatzes möglichst viele Stufen von geringem bis starkem Fluglärm in Stichproben und zugeordneten Lärmmessungen zu erfassen.

Durch dieses Konzept wurden korrelative Analysen zwischen dem Grad des Fluglärms und dem Ausmaß der Betroffenheit ermöglicht. Gegenüber dem Hamburger Kontrastgruppenplan sollte die Reaktion auf Fluglärm auch bei mittlerer und niedriger Intensität und der Einfluß der intervenierenden Variablen in Abhängigkeit vom Fluglärmgrad untersuchbar werden. Besonders für einen multivariaten regressionsstatistischen Auswertungs-Ansatz (vgl. 4.5.1, 5.1.2, 8.3.2) war die Differenzierung der unabhängigen Variablen wesentliche Voraussetzung. Zugleich sollte die Untersuchungsgruppe so definiert werden, daß Unterschiede in der Fluglärmhäufigkeit wie in der Fluglärmintensität zum Ausdruck kommen.

Das Konzept der Organisatorischen Sektion für die Münchner Hauptuntersuchung hatte für die Planung von Stichprobenziehung und Auswertungsmethoden naturgemäß weitreichende Konsequenzen.

**2.2.5 Abgrenzung des Untersuchungsgebiets**

Untersuchungsgebiet sollte das Areal werden, in dem Fluglärm gegenüber allen anderen Lärmquellen das dominante Lärmereignis darstellt. Es wurde von der Akustischen Sektion (vgl. 3.2.2) durch eine Lärmkurve definiert, die den Flughafen München-Riem gänzlich umschließt; das gesamte Gebiet innerhalb dieser Grenzlinie wurde Basis der Stichprobenziehung. Der Flughafen hat nur eine Start- und Landebahn, doch sind mehrere Abflugrichtungen üblich.

Als Lärmkurven boten sich Fluglärmpegelmaße oder summarische Fluglärmbewertungsmaße an.

3272

Nach den Voraus-Messungen der Akustischen Sektion (vgl. 3.2.2) wurde eine Linie mittleren Überflug-Spitzenpegels von 75 dB(A) als Grenze bestimmt. Die Abgrenzung erfolgte nach Spitzenpegel, weil dabei die Variation der Überflug-Häufigkeit für das resultierende Areal weniger eingeschränkt wird als bei einer Grenzlinie aufgrund eines kombinativen Beurteilungsverfahrens. (Da solche globalen Kennwerte bei etwa gleichem Anteil der einzelnen Flugzeugtypen in verschiedenen überflogenen Gebieten im wesentlichen durch die Einwirkzeiten, also vor allem die Häufigkeiten, bestimmt sind, erhält ein Areal mit weniger, jedoch ebenso lauten Überflügen einen relativ geringeren Kennwert als bei der Klassifizierung nur nach Spitzenpegel). Dies erschien als beste Lösung, denn eine systematische Variation der verschiedenen Fluglärmparameter ist an einem konkreten Flughafen mit üblichem Flugbetrieb natürlich unmöglich.

Ein Grenzwert von 75 dB(A) wurde gewählt, weil unterhalb dieser Schranke die Fluglärm-messungen technisch problematisch werden; der Wert repräsentiert ja eine Pegelverteilung, die etwa zwischen 65 und 85 dB(A) liegt und damit bereits in den Bereich des Umgebungs- und Verkehrslärms hinabreicht.

Das resultierende Untersuchungsgebiet zeigt Abb. 2-2.

Die Grenzkurve mit West-, Nord- und Ost-Ast beruht darauf, daß der Flugverkehr (München hat nur 1 Startbahn) auf dem westlichen Flugpfad zu etwa 2/3 aus Starts und 1/3 aus Landungen besteht, auf dem östlichen zu 1/3 Starts und 2/3 Landungen, und daß von den nach Westen startenden Maschinen etwa 2/3 bis 3/4 geradeaus fliegen, der Rest jedoch über Trudering nach Norden abbiegt. Entsprechend ist der West-Ast relativ schlanker als der Nord-Ast, der ja keine Landungen enthält (vgl. 3.2.2.2).

## 2.2.6 Beschreibung des Untersuchungsgebiets

Das Untersuchungsgebiet umfaßt eine Fläche von ungefähr 32 km<sup>2</sup>. Es besteht aus folgenden Münchener Stadtteilen (Nummern laut: Statistisches Amt München, 1964; s. Lit.-Verz.):

- Alt-Trudering/Riem (32a) sowie größere Anteile von Trudering-Gartenstadt (32b), Neu-Trudering (32c), Berg am Laim (31) im Mittelbereich;
- Anteile von Daglfing/Denning (29c) und Oberföhring (29b) im nördlichen Ast;
- Anteile von Neu-Perlach (30b), Ramersdorf (30a), Obergiesing (17), Harlaching (18b) im westlichen Ast;
- der östliche Ast liegt außerhalb des Stadtgebiets von München; in ihn fallen hauptsächlich das südliche Feldkirchen sowie die kleinen Gemeinden Salmdorf und Grons-dorf.

Der westliche Ast ist ab Flughafenrand etwa 11 km, der nördliche etwa 7 km lang. Insgesamt wohnen im Untersuchungsgebiet etwa 100-110 000 Menschen (1968). Dichte ältere Besiedlung zeigen besonders der mittlere Bereich des Areals und die nördliche Hälfte des westlichen Asts. Neubauten nach 1961 haben in der östlichen Hälfte des Nord-Asts einen erheblichen Anteil, ebenso im West-Ast, besonders durch die völlig neue, 1969 im Wesentlichen im Bau befindliche Trabantenstadt Neu-Perlach, die zu großen Teilen innerhalb der 75-dB(A)-Kurve liegt. Zonen sehr geringer Bebauung liegen



1km

Karte: Bayerisches Landesvermessungsamt

— 75 dB(A) mittl. Überflügegel

2-2: Untersuchungsgebiet München des DFG-Fluglärmprojekts

2.2.6

zwischen Mittelbereich und West-Ast und vor allem zwischen Mitte und Nord-Ast. Direkt am Flughafenrand ist die Besiedlung nicht ganz so eng wie etwa in Berlin oder Düsseldorf. Durch das Untersuchungsgebiet verlaufen vier Bahnlinien, die Bundesstraßen 12 und 304, das Ende der Salzburger Autobahn und ein Teil des Stadtrings, so daß in zahlreichen Stadtvierteln auch erwähnenswerter Verkehrslärm gegeben ist.

2.3 **Prozedur der Stichprobenziehung**

Die Stichprobenziehung unterlag zwei Kriterien: Repräsentativität hinsichtlich der Bevölkerung und hinsichtlich der Fluglärmsituation.

2.3.1 **Cluster-Konzeption**

Das wichtigste Ziel der Stichprobenziehung war, eine möglichst enge Zuordnung zwischen Fluglärmkennwerten und Personen zu ermöglichen (vgl. 2.2.4). Dies sollte durch das 'Cluster'-Konzept der Organisatorischen Sektion erreicht werden: es beruht darauf, Gruppen von Untersuchungspersonen örtlich gebündelt auszuwählen und in jedem solcher Stichproben-Cluster eine akustische Meßstation zur Erfassung der örtlichen Lärm-situation zu errichten.

Diese Absicht war umso besser zu erreichen, je kleiner das Cluster definiert wurde. Die Stichprobenplanung (vgl. 2.3.3) zeigte, daß 900-1 000 Ausgangsadressen notwendig schienen, um hinreichend viele Untersuchungen sicherzustellen. Akustische Überlegungen ergaben, daß ein Cluster nicht mehr als 30-35 Häuser umfassen sollte, wenn die Lärm-messungen im Cluster einigermaßen repräsentativ sein sollten.

Daraus folgte die Notwendigkeit von mindestens 30 Clustern, um das Stichprobenziel zu erreichen; festgelegt wurden 32.

2.3.2 **Auswahl von 32 Cluster-Punkten**

Wie diese 32 Cluster über das Untersuchungsgebiet zu verteilen seien, erwies sich als schwieriges und strittiges Problem.

2.3.2.1 **Kriterien der Cluster-Auswahl**

Zwei Gesichtspunkte waren zu berücksichtigen, ein demographischer und ein akustischer:

- die resultierenden Untersuchungspersonen sollen für die tatsächliche Bevölkerung des Münchener Untersuchungsgebiets (deren Dichte beträchtlich streut), zumindest aber für definierte Teilgruppen, repräsentativ sein;
- die erfaßten Fluglärm-Grade sollen angemessen über der Lärm-Skala verteilt sein und/oder die Bildung vergleichbarer Gruppen für verschiedene Stufen der unabhängigen Variablen ermöglichen, also 'Problem-repräsentativ' sein.



208/2

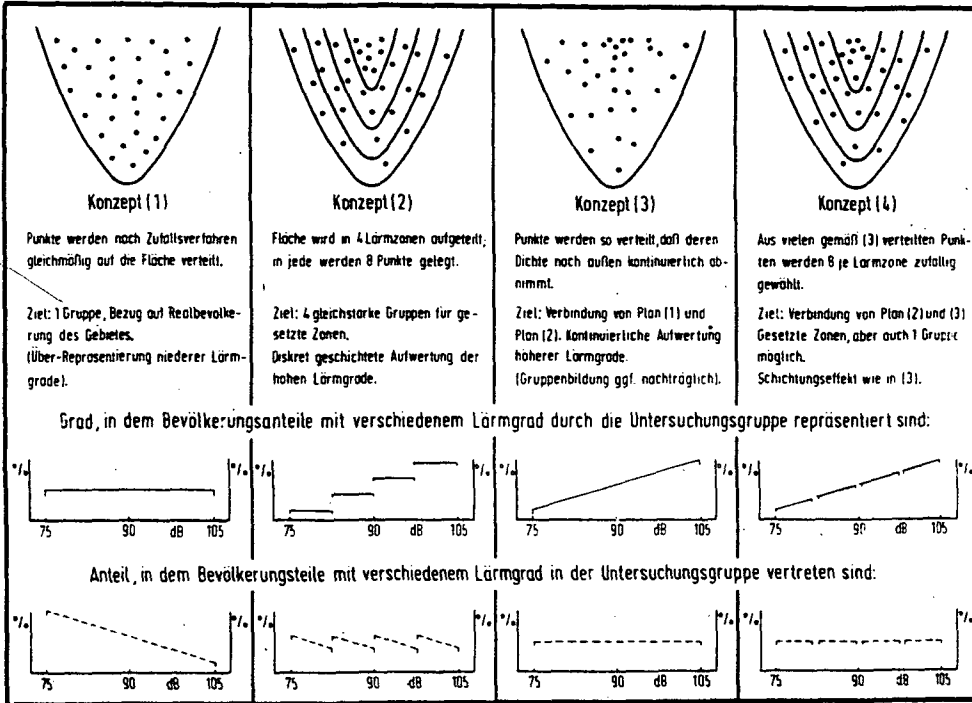


Abb. 2-3: Konzepte zur Verteilung von 32 Clustern im Untersuchungs-Gebiet

Um den Sachverhalt zu verdeutlichen, sollen – in Abb. 2-3 – die zunächst diskutierten vier Konzepte und ihre Auswirkungen auf Bevölkerungs- und Lärmgrad-Repräsentation gezeigt werden. Sie unterscheiden sich in zwei entscheidenden Punkten:

- Plan (2) und (4) zielen von vornherein auf präjudizierte Gruppen, Plan (1) und (3) sehen dies nicht vor oder nur in Abhängigkeit von späteren Lärmmessungen.
- Plan (1) (ebenso Plan (2) innerhalb der Zonen) sieht keine Aufwertung der hohen Lärmgrade vor, wie dies Plan (3) und (4) bewirken (etwa, indem die Hilfspunkte proportional zum Flächenwachstum der niedrigeren Lärmkurven abnehmen bzw. von leise nach laut zunehmen).

Der untere Teil des Schemas (Abb. 2-3) macht deutlich, daß z.B. nach Konzept (1), d.h. einem Bevölkerungs-repräsentativen Ansatz, ungleich mehr Personen mit geringer als mit hoher Fluglärmbelastung in die Stichprobe gerieten; andererseits würden bei einem Fluglärm-repräsentativen Ansatz wie z.B. (3) anteilig weit mehr Personen aus gering als aus stark belärmten Arealen gezogen. Tatsächlich realisiert wurde dann ein fünftes Konzept. Dieser Plan verknüpft die Pläne (2), (3) und (4), ist vor allem aber direkter an der Bevölkerungsdichte orientiert. Er sieht folgendes vor:

### 2.3.2.2 Die Verteilung von 32 Punkten nach dem Fluglärm-Grad

Um eine von innen nach außen abnehmende Punktedichte und zugleich eine Gleichverteilung der Punkte über der zugrunde gelegten Lärmskala zu erreichen, d.h. alle Fluglärm-Grade mit ungefähr gleich vielen Personen in der Untersuchungsgruppe zu repräsentieren, gibt es eine relativ einfache Lösung:

Das Untersuchungsgebiet wird in soviel akustisch gleichabständige Kurvenareale aufgeteilt, wie Cluster zu verteilen sind, und in jeden der entstehenden 'Streifen' wird ein Cluster hineingelegt. Zu diesem Zweck sind in die äußere 75-dB(A)-Linie (anhand der 80-, 90-, 100-dB(A)-Linien der akustischen Vormessungen, vgl. 3.2.2 und Abb. 3-7) 31 weitere Kurven im 1-dB-Abstand hinein-interpoliert worden, die innerste also für einen angenommenen mittleren Spitzenpegel von 107 dB(A).

(Anmerkung: Natürlich wird nicht behauptet, daß diese Linien tatsächlich den ihnen zugeordneten theoretischen Pegelwert darstellen, denn der Meßfehler bei derartigen Lärmmessungen ist weit größer als 1 dB (eine Demonstration gibt BÜRCK, 1969, S. 131); es handelt sich vielmehr um Hilfsgrößen, die für die späteren Cluster-spezifischen Lärm-messungen ohne Bedeutung sind. Sofern die Vormessungen nicht prinzipielle Fehler enthielten, konnte auch für die späteren tatsächlichen Cluster-Werte die angestrebte Gleichverteilung über der Fluglärm-Skala erwartet werden; vgl. 3.4.1.5).

Wahlweise ließen sich diese Streifen auch zu größeren Zonen zusammenfassen, etwa 4 Gebiete zu 8 Meßpunkten, wenn Gruppenvergleiche angestrebt werden, doch erschien es von vornherein sinnvoller, solche Klassifikationen erst im Nachhinein nach den effektiven Fluglärmkennwerten der Hauptmessungen vorzunehmen. Die beschriebene Prozedur bewirkt, daß der 'Ausnutzungsgrad', d.h. die Relation Stichprobe/Bevölkerung, mit steigender Fluglärmstufe quasi-kontinuierlich (32 diskrete Schritte) und im Prinzip linear wächst (von etwa 2.5‰ bis etwa 25%), während der Anteil der Fluglärmstufen in der Stichprobe gleich ist (nämlich 100/32 %); vgl. Abb. 2-3 (der durchgeführte Plan entspricht einem auf 32 Zonen verfeinertem Konzept (4)).

### 2.3.2.3 Berücksichtigung der Besiedlungsdichte

Aus zwei Gründen mußte die Besiedlungsverteilung bei der Stichprobenziehung berücksichtigt werden:

- trotz starker Streuung der Besiedlungsdichte im Untersuchungsgebiet soll die Stichprobe repräsentativ werden;
- bei einer zufälligen Verteilung der 32 Cluster könnten leere Areale getroffen werden.

Da es wegen der erheblichen Größe des Gebiets kaum möglich war, von einem Gesamt-Einwohnerverzeichnis auszugehen, wurde eine relativ grobe Information über die Besiedlungsdichte als Basis genommen: Eine Karte mit Punkten für je 200 bzw. 100 Einwohner, wie sie das Amt für Kommunale Grundlagenforschung und Statistik in München ausgearbeitet hat. (Abb. 2-4 zeigt zur Demonstration die Version von 1961).

Diese Dichte-Punkte dienten zugleich als Hilfspunkte für die Auswahl der Cluster: Die Bevölkerungspunkte wurden den akustischen Lärmkurven zugeordnet, und aus jedem Streifen sollte ein zufällig ausgewählter Punkt Zielpunkt für ein Cluster werden (dazu 2.3.4).

Durch diese Prozedur ergeben sich 32 Untersuchungspunkte, die primär dem Prinzip einer Gleichverteilung der Lärmgrade gehorchen, sekundär aber (nämlich innerhalb der Streifen) dem Prinzip gleicher Chancen für jeden Einwohner(-Block), in die Stichprobe zu gelangen; die Gewichtungprozedur ist also hierarchisch.

Die an diesen Punkten zu gewinnenden akustischen Kennwerte sollten dann für alle Untersuchungspersonen des Clusters gelten. Das Verfahren ist ein Kompromiß zwischen verschiedenen (akustischen und demografischen) Repräsentativitätsansprüchen; es wird in 2.3.5 noch einmal diskutiert.



Abb. 2-4: Bevölkerungverteilung München (1961)

4165

### 2.3.3

### 2.3.3 Definition und Kalkulation der Stichproben

Als Hauptgruppe für alle Sektionen wurde eine clusterweise gezogene, unrestringierte, nur im Alter beschränkte Zufallsstichprobe aus den Bewohnern der 32 Cluster vereinbart.

Folgende Gründe sprachen für eine Zufallsstichprobe:

- Die Untersuchung soll Aussagen über Fluglärmwirkungen auf Menschen ermöglichen, die de facto unter bestimmten Lärm- und Sozialbedingungen leben; dies müßte das Sample repräsentieren.
- Ein 'Wirkungsnachweis' für eine spezielle Teilgruppe besagt nicht, was für ein anderes Sample gilt, ob das Resultat generalisierbar oder Artefakt der Stichprobendefinition ist.
- Für verschiedene Subgruppen (z.B. Männer/Frauen, Alleinwohner/Zugezogene usw.) bestanden unterschiedliche Annahmen über die Fluglärmwirkung.
- In einer 'eingeschnürten' Stichprobe kann (teststatistisch gesehen) die Variation in den untersuchten Variablen reduziert sein, was Variableninterkorrelationen wie auch Variablenrennschärfen mindert und damit die Aussagekraft der Untersuchungen.
- Je mehr aus den verfügbaren Einwohnern eines Untersuchungsareals ausgelesen wird, desto größer muß ein Cluster werden, um den Stichprobenumfang rekrutieren zu können - dies lief dem Cluster-Konzept zuwider.

Stichprobenziele waren:

- maximal 400 Untersuchungspersonen für die Untersuchungsstation (mehr waren aus Zeit- und Kapazitätsgründen nicht möglich);
- minimal 300 komplett (sozialwissenschaftlich und psychologisch und medizinisch) befragte und untersuchte Personen mit vollständigem Datensatz als Endgruppe für die interdisziplinäre Auswertung.

Das Problem dabei ist, daß das Prinzip gleicher Untersuchungspersonen für alle Sektionen und die Sukzessivität des Erhebungsablaufs einen permanenten Reduktionsprozeß bedeuten. Anders gesagt: da jeder folgende Erhebungsschritt immer nur an den Absolventen des vorangegangenen Schritts realisiert werden kann, ist eine hinreichend große Ausgangsbasis notwendig, und die beginnende Sektion muß relativ mehr Personen untersuchen, als eventuell aus ihren eigenen Zielen heraus zwingend erscheint.

Für die Stichprobenplanung (d.h. Kalkulation) mußten zunächst einige Sektions-spezifische Bedingungen berücksichtigt werden:

- Die Sozialwissenschaftliche Sektion strebte ein möglichst breites Altersspektrum an und wollte deshalb außer der Hauptgruppe „Erwachsene“ = 21 - 59 Jahre auch „Jugendliche“ - ab 15 Jahren - und „Alte“ - 60-70 Jahre - untersuchen (diese Teilgruppen sollten (anteilig) annähernd 100 Personen stark werden); die übrigen Sektionen zielten nur auf die Hauptgruppe.
- Die Psychologische Sektion plante, Personen mit zu geringer Hörtüchtigkeit sowie Farbenblinde auszuschneiden.
- Die Medizinische Sektion mußte auf Personen verzichten, für die die experimentellen Untersuchungen (insbesondere Blutentnahme und Lärmbelastung im Experiment, vgl. 7.2.2, 7.2.3) eine zu große Belastung waren.

Die Stichprobenkalkulation ging davon aus, daß die Bevölkerungsstruktur im Untersuchungsgebiet ähnlich der Gesamt-Münchens ist (wesentliche demographische Informationen waren nur für die Stadt oder größere Stadtbezirke verfügbar), und daß die Ausfallraten bei der Erhebung etwa wie bei der Hamburger Voruntersuchung sein würden (dort konn-

2677

ten bei 535 ausgegebenen Adressen 356 Interviews und 225 komplette Untersuchungen realisiert werden).

Unter diesen Prämissen ergab eine 'hochrechnende' Kalkulation die Notwendigkeit von mindestens 875 Ausgangsadressen in der gewünschten Altersgruppe. Die (vereinfachte) Tab. 2 - 1 demonstriert dies.

(Anmerkung: Die Ausfallgründe verknüpfen sich streng genommen nicht additiv, weil sie auch kombiniert auftreten können; die entsprechenden Produktwahrscheinlichkeiten waren in der Originalkalkulation berücksichtigt, ebenso die spezifischen Sukzessions-effekte. - Zu den in Tab. 2 - 1 genannten Altersgruppenanteilen vgl. Münchener Statistik, 1968.)

Tab. 2 - 1: Stichprobenkalkulation für die Hauptuntersuchung		
N <sub>0</sub>	Gewünschte Endgruppe = Personen mit dreifachem und komplettem Datensatz	300
N <sub>1</sub>	Notwendig bei je 10 % Datenverlusten bei psychol. und mediz. Untersuchten	370
N <sub>2</sub>	Wegen Zurückweisung 'ungeeigneter' Personen (3 %, 5 %)	400
N <sub>3</sub>	Falls 1/4 nach Befragung weitere Untersuchung verweigert	533
N <sub>4</sub>	Bei 77 % von 21 - 59jährigen unter den 15 - 70jährigen Befragten	700
N <sub>5</sub>	Mehrbedarf bei 20 % Ausfällen bei der Befragung	875
N <sub>6</sub>	Bei 76 % 15-70jährigen in der Gesamtbevölkerung	1150

Modifikationen ergaben sich u.a. dadurch, daß die Medizinische Sektion auch Personen akzeptierte, die zwar sozialwissenschaftlich, aber nicht psychologisch/arbeitsphysiologisch untersucht worden waren; außerdem wurden Nachziehungen notwendig (z.B., wenn in einem Cluster keine 10 Untersuchungen realisiert werden konnten; zum Stichprobenergebnis s. 2.5.2).

Insgesamt waren deshalb 30 Adressen je Cluster notwendig.

Außer der Hauptgruppe mit den Ergänzungs-Samples der 'Jugendlichen' und 'Alten' waren für die Sozialwissenschaftliche Sektion drei weitere Stichproben vorgesehen:

- (1) Für etwa 1/5 der untersuchten Personen der Hauptstichprobe sollte ein Retest, d.h. eine komplette Wiederholung der Erstbefragung, realisiert werden, und zwar möglichst 100 komplett untersuchte und 50 nur befragte Personen; kalkuliert wurden dafür 125 + 100 = 225 Ausgangsadressen (d.h., etwa 1/3 der mutmaßlichen Erstbefragungen).
- (2) Aus allen Personen, die im Jahre vor der Untersuchung aus dem Areal der Cluster in andere Münchener Stadtteile umgezogen waren, sollte eine Gruppe von etwa 100 Personen befragt werden; für diese „Umwzügler“ wurde eine Adressenbasis von 150 (Verlustschätzung hier also 1/3) kalkuliert.
- (3) Aus dem gleichen Personenkreis sollten die in auswärtige Orte weggezogenen ehemaligen Einwohner bestimmt und davon 50 befragt werden; für die „Wegzügler“ erschien eine doppelt so große Ausgangsliste notwendig, weil die Erfolgchancen hier schon aus erhebungstechnischen Gründen geringer waren.

Die ausführliche Begründung und Darstellung für (1), (2) und (3) findet sich in 4.3.2 und 4.3.3.

Aus mehreren Gründen ist demgegenüber keine besondere Stichprobe von Personen, die an entsprechender Stelle eine Beschwerde gegen Fluglärm vorgebracht haben, definiert worden, wie es in den angloamerikanischen Untersuchungen geschah („Complainants“; vgl. McKENNEL 1963; TRACOR Inc., 1970 und 1972).

Tatsächlich ergaben diese Untersuchungen, daß eine derartige Personengruppe weder von ihrer demografischen/soziologischen Charakteristik her noch in ihrer psychologischen Reaktion auf Fluglärm einer 'normalen' (z.B. zufälligen) Stichprobe von Fluglärm-exponierten Personen entspricht (darauf wurde in 1.4.1 schon eingegangen).

Eine Beschränkung auf solche Personen kam deshalb nicht in Betracht.

Eine möglichst Bevölkerungs-repräsentative Stichprobe schien auch darum wichtig, weil im Untersuchungskonzept die Analyse von soziologischen und psychologischen Einflußgrößen auf die Fluglärmwirkung eine wesentliche Rolle spielt. Entsprechende Aussagen aufgrund einer Stichprobe von Personen, die zu Beschwerden neigen, wären vor allem deshalb kaum zu generalisieren, weil diese sich gerade im genannten Variablenbereich (der Moderatoren) von der übrigen Bevölkerung unterscheiden.

Eine derartige Sondergruppe hätte zudem nur eine relativ kleine Basis: Kaum mehr als 5 % der Befragten geben telefonische oder schriftliche Beschwerden an (vgl. 4.6.2.2 und Tab. 4-16).

Es kommt hinzu, daß – im Gegensatz zu manchen früheren Fluglärmuntersuchungen – der Untersuchungszweck keineswegs die Vorhersage der Beschwerdeshäufigkeit durch Fluglärmparameter ist. Die negativen Auswirkungen des Fluglärms sind ja nicht die Beschwerden, sondern die diesen zugrundeliegenden Beeinträchtigungen des psychischen und physischen Wohlbefindens).

Eine Übersicht über die insgesamt geplanten Stichproben gibt Abb. 2-5.

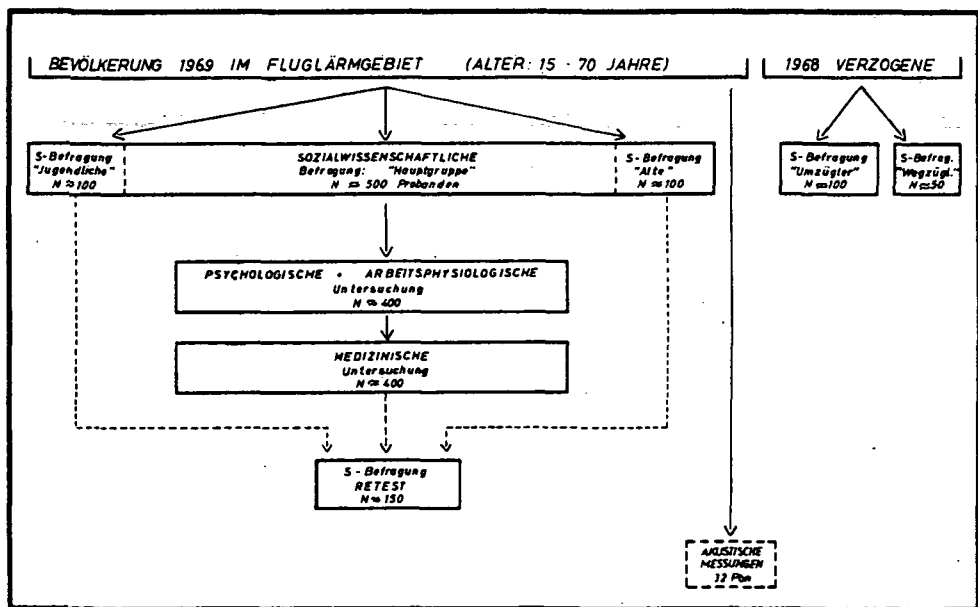


Abb. 2-5: Übersicht zur Stichprobenplanung (Hauptuntersuchung München)

1190

2.3.4 Stichprobenziehung

Nachdem festgelegt war, daß 32 Cluster durch Zufallsauswahl je eines Bevölkerungsdichtepunktes pro 1-dB-Streifen zu bestimmen und je Cluster 30 Ausgangsadressen notwendig waren, konnte die eigentliche Stichprobenziehung\* beginnen.

Dazu waren folgende Schritte notwendig:

- (1) Die Lärmkurvenschar (vgl. 2.3.2) wurde auf einen Maßstab von 1 : 15 000 projiziert, die (sehr engen) innersten 16 Kurven außerdem auf 1 : 5 000, um sie den Stadtkarten zuordnen zu können.
- (2) Die Einwohnerdichtekarte Münchens von 1961 (vgl. Abb. 2-4 als Veranschaulichung) wurde nach den Informationen des Amtes für kommunale Grundlagenforschung sowie des Stadtplanungsamts und des Vermessungsamts (sowie Luftaufnahmen) korrigiert und aktualisiert, insbesondere durch Auswertung der Einwohnerfortschreibung bis Mitte 1968. Es resultierten 1051 100-Einwohner-Punkte, davon 155 im mittleren, 554 im westlichen, 320 im nördlichen und 220 im östlichen Untersuchungsgebiet; vgl. dazu Tab. 2-2.

Tab. 2-2: Einwohnerdichtepunkte und akustische Zuordnung

dB-Streifen	Zahl d. Punkte total	Punkte im Bereich				Münchener Punkte vor 1961 ab 1961	
		M	W	N	O		
01	2	2	0	0	0	2	0
02	1	1	0	0	0	1	0
03	1	1	0	0	0	1	0
04	1	1	0	0	0	1	0
05	3	3	0	0	0	3	0
06	3	3	0	0	0	3	0
07	4	4	0	0	0	4	0
08	4	4	0	0	0	2	2
09	4	4	0	0	0	4	0
10	3	3	0	0	0	3	0
11	7	6	0	1	0	7	0
12	6	5	0	1	0	6	0
13	7	7	0	0	0	7	0
14	9	8	0	1	0	9	0
15	17	12	4	1	0	17	0
16	10	7	2	0	1	9	0
17	17	13	3	0	1	16	0
18	15	2	11	2	0	15	0
19	24	9	13	2	0	22	2
20	25	6	9	10	0	22	3
21	46	5	17	23	1	37	8
22	48	8	20	19	1	37	10
23	63	4	39	19	1	45	17
24	59	4	39	14	2	40	17
25	54	0	22	31	1	40	13
26	63	8	39	15	1	49	13
27	81	0	61	20	0	68	13
28	99	7	68	23	1	87	11
29	65	3	44	17	1	58	6
30	100	6	69	20	5	86	9
31	93	5	65	20	3	69	21
32	117	4	29	81	3	80	34
Summe	1051	155	554	320	22	850	179

Der Punkt in Streifen 02 mußte aus 01, der Punkt in 03 aus 04 entnommen werden. - Die östlichen Punkte (Gronsdorf, Salmsdorf, Feldkirchen) gehören nicht zu München.

\* in Kooperation mit Dipl.-Ing. H.O. Finke (Akustische Sektion)

4462

- (3) Nach der Zuordnung von Lärmkurvenkarte (1) und Einwohnerdichtekarte (2) wurde in jedem Streifen die Punktezahl ermittelt und ein Haupt- sowie ein Ersatzpunkt ausgelost. Eine Nord/West/Ost/Mitte-Schichtung (d.h. Vermehrung der 'Urnen' über 32 hinaus) fand nicht statt. Von den 32 Cluster-Punkten fielen 13 in den Mittelebereich, 8 in den westlichen, 5 in den nördlichen, je 3 in den Mitte/West- oder den Mitte/Nord-Bereich, nach Osten keiner. Die Cluster sind von innen nach außen durchnummeriert (die niedrigste Nummer bezeichnet den höchsten Fluglärmgrad).
- (4) Benötigt wurden 30 Adressen je Cluster. Bei einer durchschnittlichen Haushaltsgröße von 2.5 Personen und einem 76 %-Anteil der 15-70jährigen Einwohner hätte das engstmögliche Cluster 16 Wohnungen umfassen müssen. Andererseits sollte die Wahrscheinlichkeit, zwei Personen aus demselben Haushalt in die Stichprobe zu bekommen, möglichst reduziert werden. Deshalb wurde der Mindestwert verdoppelt, Ziel waren also 30-35 Einfamilienhäuser oder entsprechend weniger Häuser mit mehreren Wohnungen.
- (5) Die ausgelosten Zielpunkte wurden aufgesucht (gemeinsame Ortsbesichtigung durch Akustische und Organisatorische Sektion), um ein Cluster von Häusern äquivalenter Bauart und Lärmsituation (hinsichtlich Flug- und Umgebungslärm) zu definieren. Wenn dies nicht direkt am Zielpunkt (des Erst- oder Zweit-Loses) möglich schien (etwa wegen uneinheitlicher Besiedlungsstruktur) und Verschiebungen notwendig waren, erfolgten diese innerhalb der dB-Streifen. Die resultierenden 32 Cluster zeigt Abb. 2-6.

Die Häuser eines Clusters wurden nicht kreisförmig, sondern längs der Lärmkurven in etwa ovaler Anordnung (um den vorgesehenen Meßpunkt herum) gewählt, weil die Intensität des Fluglärms längs einer Lärmkurve (innerhalb eines Streifens) gleich bleibt, quer zu den Kurven aber rasch zu- bzw. abnimmt.

Etwa 4/5 der Cluster überdecken zwei oder drei Streifen, die Majorität der Häuser und der spätere Meßpunkt sollten jedoch im selben Streifen lokalisiert sein.

- (6) Für jedes Cluster wurden die ausgewählten Häuser in Grundkarten (1 : 5 000) lokalisiert (in 2.5.3 zeigt Abb. 2-8 entsprechende Cluster-Karten) und ein Straßen-/Hausnummernverzeichnis erstellt. Anhand dieses Verzeichnisses wurde (durch den Computer des Einwohnermeldeamts) eine komplette Liste aller Einwohner dieser Cluster zwischen 15 und 70 Jahren erstellt. Ferner wurde von Hand eine Liste der im vorangegangenen Jahr festgestellten Um- und Wegzügler ermittelt, zusammen 366 Adressen. Für die Hauptgruppe resultierten 2231 Adressen als Basis-Liste, im Mittel 70 je Cluster.
- (7) Aus der Personenliste wurden als Zufallsstichprobe zunächst 28 Personen je Cluster (zusammen 896, durchschnittlich jede 2.5te Person) gezogen. Mit einer später notwendig werdenden Cluster-spezifischen Nachziehung von 56 Adressen ergaben sich 952 Personen als Basis-Stichprobe (jeder 2.33ste der Basisliste). Vgl. dazu erste Spalte der Tabelle 2-7 in 2.5.2. Ferner wurden 251 Verzogenen-Adressen ausgewählt; je nach Zahl pro Cluster wurden alle verfügbaren Adressen benötigt oder nur eine Teilmenge (vgl. 4.3.3). Diese Adressen sind bei der Erhebung ausgegeben worden.
- (8) Der akustische Meßpunkt wurde vorgewählt; die endgültige Entscheidung fiel jedoch erst bei Beginn der Messungen, um die verbliebenen Personen möglichst



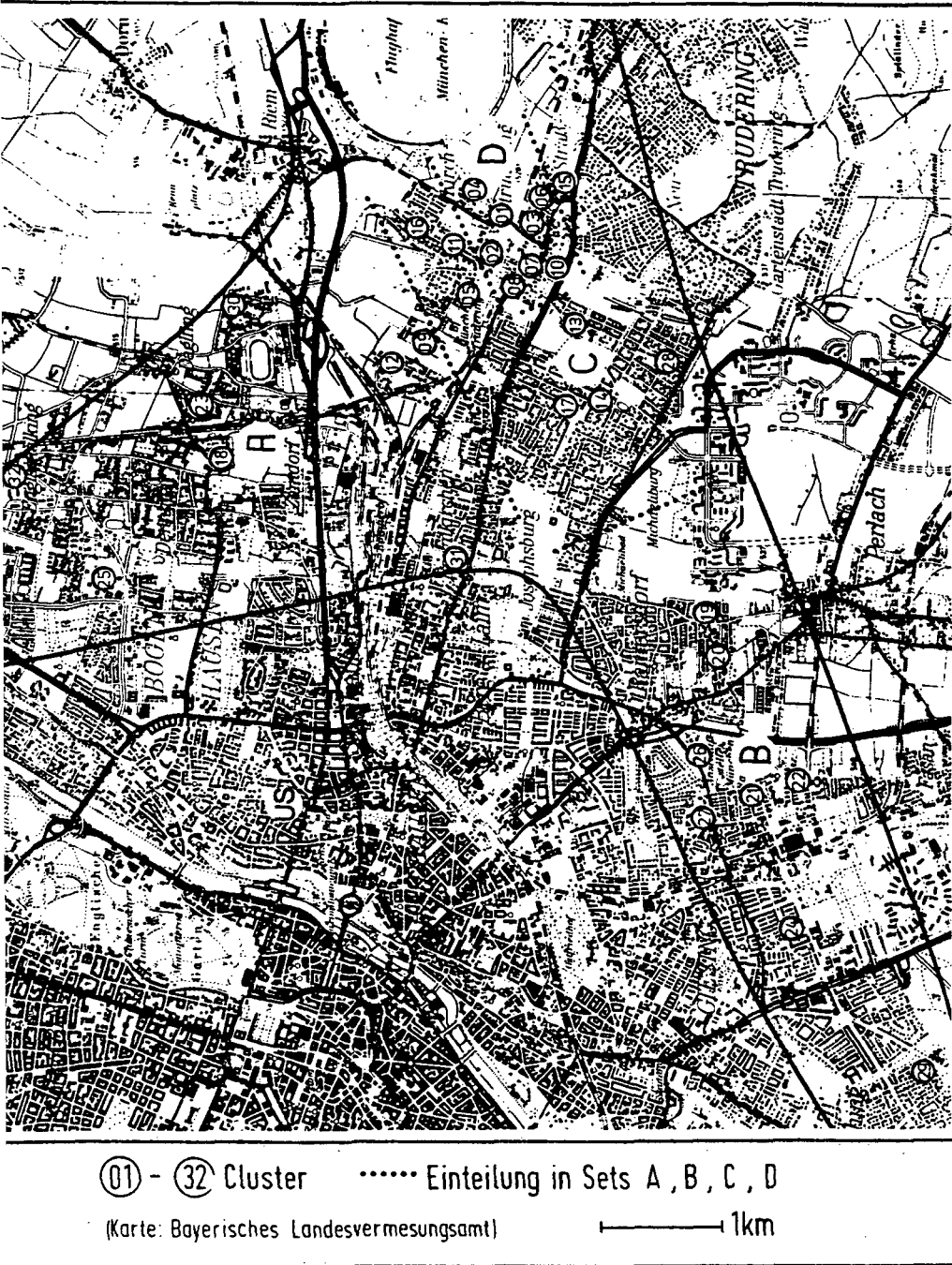


Abb. 2-6: 32 Untersuchungs-Cluster

1785

gut repräsentieren zu können. Die später resultierenden Fluglärmmeßwerte eines Clusters sollten dann allen dessen Untersuchungspersonen zugeordnet werden.

Damit war die Prozedur der Stichprobenziehung abgeschlossen und die Menge der zu untersuchenden Personen – im folgenden Probanden oder kurz Pbn genannt – definiert. Ein schematisiertes Beispiel gibt Abb. 2-7. (Im Annex-Band, A.2.3.4., werden alle 32 Cluster in Grundkarten-Ausschnitten dargestellt).

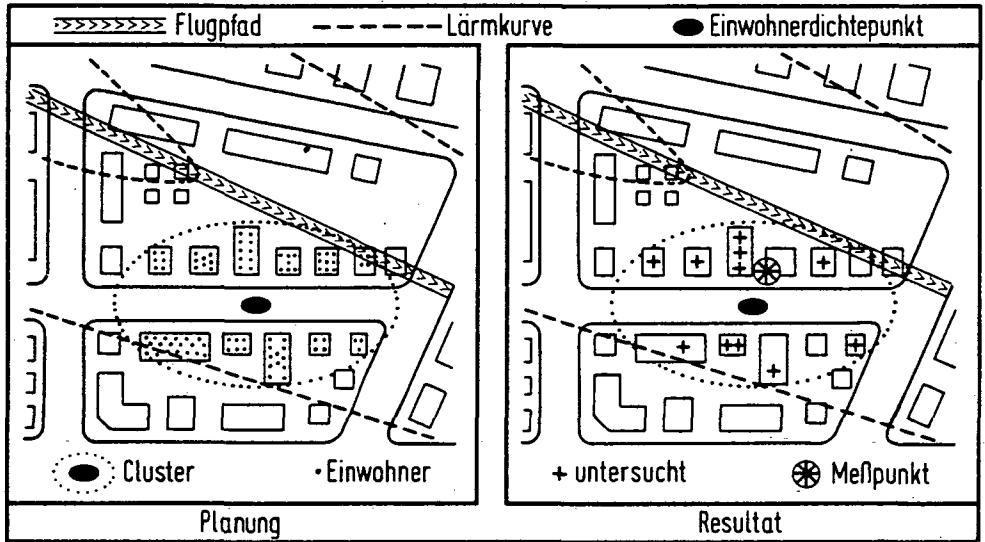


Abb. 2-7: Cluster und Stichprobenziehung (Schema)

Die Stichprobenziehung für die Retest-Befragung konnte erst später erfolgen, weil sie nur die bereits befragten Personen betraf; sie ergab 206 Ausgangsadressen; (siehe dazu 4.6.1.2).

### 2.3.5 Diskussion des Stichprobenkonzepts

Ehe auf den weiteren Untersuchungsablauf eingegangen wird (2.4), sollen einige methodische Konsequenzen des dargestellten Stichprobenkonzepts diskutiert werden.

#### 2.3.5.1 Schwierigkeiten bei der Realisierung

Zunächst sind einige kritische Punkte hinsichtlich der Durchführung der Stichprobenziehung anzumerken:

- Im Bereich des Knicks zwischen West- und Nord-Ast ließen sich die Lärmkurven nicht hinreichend valide definieren, was u.a. Rückwirkungen auf deren Flächenproportionen hat.
- Ob die Einwohnerdichtepunkte (vom Stadtplanungsamt) einigermaßen repräsentativ gesetzt waren, ließ sich nicht überprüfen; immerhin ergab sich einige Male, daß an den ausgewählten Punkten nur lockere Besiedlung gegeben war (dies ist allerdings

eher ein praktischer als ein prinzipieller Mangel, denn die angestrebte Repräsentativität wird dadurch nicht in Frage gestellt).

- In keinem der 10 inneren Streifen standen mehr als vier 100-Mann-Punkte zur Verfügung, von denen einige kein Cluster ermöglichten: Hier mußte nach Ortsbesichtigung das bestmögliche Häuserareal als Cluster definiert werden, eine Zufallsauswahl konnte gar nicht stattfinden.

Andererseits war dies gar nicht zu verhindern, wenn die gegebene Fluglärm-Variationsbreite voll und gleichmäßig repräsentiert werden sollte.

Das Ziel einer Gleichverteilung auch der tatsächlichen Cluster-Pegelmittelwerte ist durch diese Umstände nicht optimal, aber doch hinreichend realisiert worden (vgl. 3.4.1.5 und 8.5.1).

### 2.3.5.2 Vergleich mit angloamerikanischen Untersuchungen

Da das in München angewendete Stichprobenkonzept von dem Ansatz früherer Fluglärmuntersuchungen durchaus abweicht, soll hier ein kurzer Vergleich zu den wichtigsten internationalen Untersuchungen angestellt werden.

- In der Heathrow-Untersuchung wurde ein Areal mit 10 Meilen Radius um den Flughafen (unabhängig von den Flugpfaden) ausgewählt (McKENNELL, 1963). Sodann wurde eine Sample-Gewichtung vorgenommen, allerdings in relativ grober Form: das Gesamtuntersuchungsgebiet wurde – ohne akustische Vorausmessungen, jedoch auf Grund von Experten-Urteilen – in 6 nach Fluglärm gestaffelte Regionen eingeteilt. Von der dortigen Bevölkerung (insgesamt 1,36 Millionen) wurde – von der lautesten bis zur leisesten Region – 83/20/13/13/17/17 Promille nach Zufall gezogen; die resultierenden Sample-Anteile (insgesamt 2204 Adressen) bewegten sich (unsystematisch) zwischen 249 und 714. Im Sinne des Schemas von Abb. 2-3. (Abschnitt 2.3.1) handelt es sich also um ein Stichprobenkonzept ähnlichen Typ (2), jedoch mit sehr viel unsystematischerem Schichtungseffekt. McKENNELL selbst konstatierte später (McKENNELL, 1969), daß der Konflikt zwischen Repräsentativitätsanspruch im Sinne der Bevölkerung und bezogen auf Lärmstufen erst nach der Erhebung ganz deutlich wurde, und führte in der Auswertung teils statistische Rückgewichtungen durch.
- In der zweiten Heathrow-Untersuchung von 1967 (MIL Research Ltd., 1971; KNOWLER, 1971) ist ein Rechteck-Areal von 30 mal 20 Meilen Ausdehnung als Untersuchungsgebiet definiert worden. Bei der Stichprobenverteilung wurde angestrebt, eine bessere Verteilung der Befragten hinsichtlich der Stimulusvariablen Überflugpegel und Überflughäufigkeit zu erreichen; die Flugpfade über dem Untersuchungsgebiet wurden gezielt festgestellt. In der resultierenden Stichprobe sind deshalb bestimmte Zellen einer Pegel/Häufigkeitsmatrix („selten/laut“ und „oft/leise“) überrepräsentiert worden, ferner die Areale mit besonders großer Fluglärmbelastung. Das Vorgehen kann als eine Art 2dimensionales Konzept (2) lt. Abb. 2-3., allerdings mit nichtlinearem Gewichtungseffekt, verstanden werden.
- In der amerikanischen Untersuchung der TRACOR Inc. (1970) an sieben Flughäfen wurde so vorgegangen, daß an den zuerst untersuchten Flughäfen ein Sektor von zwölf Meilen Länge um die Startbahn(en) und von 20° Breite am Anfang des Flugpfads bis 80° Breite am Ende des Sektors als Areal für eine Zufallsstichprobe definiert wurde; an den später untersuchten Flughäfen handelte es sich um einen einheitlichen 10-Meilen-/20°-Sektor. Bei den erstuntersuchten vier Flughäfen wurden die Proportionen einiger

demographischer Merkmale kontrolliert, jedoch keinerlei Fluglärm-abhängige Sample-Gewichtungen vorgenommen.

Die Verteilung der befragten Personen (durchschnittlich weit über 1000 je Flughafen) über das Untersuchungsgebiet entspricht im Typ dem Konzept (1) von Abb. 2-3.

Bei den letztuntersuchten Flughäfen wurden (quer zur Startbahn) zwei Grenzen gezogen, so daß drei Areale für eine geschichtete Stichprobe entstanden; diese Schichtung ist freilich im akustischen Sinne nicht allzu präzise.

- In einer Zusatzuntersuchung der TRACOR Inc. an zwei kleineren USA-Flughäfen (1972) wurden 3 Lärmbereiche mit 80 bis 90 / 90 bis 100 / über 100 PNdB durchschnittlicher Lautstärke definiert und in diesen gleichanteilig Zufallsstichproben gezogen. Diese Prozedur entspricht genau dem Typ (2) von Abb. 2-3.

Alle genannten Untersuchungen bestimmten die tatsächlichen Fluglärmverhältnisse unabhängig von der Stichprobenziehung durch differenzierte Messungen und Berechnungen während der Erhebungszeit (wie bereits dargestellt, wurde in gleicher Weise auch in München vorgegangen, doch gab es zusätzlich noch Messungen vor der eigentlichen Untersuchung zu Planungszwecken; im einzelnen vgl. 3.1.1).

Der wesentliche Unterschied des Vorgehens in München zu den englischen und amerikanischen Stichprobenkonzepten liegt in der quasi-kontinuierlichen (32 stufigen) Aufgewichtung der höheren Lärmgrade, außerdem natürlich in der durch den Clusteransatz bedingten „Bündelung“ der Probanden; es resultierte eine systematischere Bindung der Stichprobe an die Dimension Fluglärm.

Dies schien freilich nicht zuletzt deswegen notwendig, weil ein Stichprobenumfang wie in London oder in den USA angesichts des überaus umfangreichen interdisziplinären Erhebungsprogramms völlig ausgeschlossen war, also besonders genau überlegt werden mußte, was und wen die 300 angestrebten End-Probanden repräsentieren sollen.

Allen angloamerikanischen Untersuchungen ist gemeinsam, daß ein beträchtlich größeres Areal von Fluglärmgraden untersucht werden konnte. darauf wird in 8.5.2 noch eingegangen.

### 2.3.5.3 Zum Fehlen einer Gruppe ohne Fluglärm

Bei dem Sample der Münchner Hauptuntersuchung ist defacto auf eine echte Kontrollgruppe (nämlich ohne jeden Fluglärm) verzichtet worden.

Dies resultiert keineswegs zwingend aus dem Stichprobenkonzept: theoretisch hätten die 32 Cluster in geringere Lärmstufen als 75 dB (A) mittleren Spitzenpegels herabreichen können. Dem standen jedoch erhebliche meßtechnische Schwierigkeiten – nämlich die Differenzierung von Flug- und Straßelärm, vgl. 3.2.2 – entgegen.

Außerdem scheint etwas fraglich, ob die Untersuchung von Personen, die gleichstarkem oder stärkerem Straßelärm als Fluglärm ausgesetzt sind (d.h. aus Arealen, wo der Fluglärm in den Umgebungs- und Grundlärm einer Gegend ‚eintaucht‘), zur Analyse von Fluglärmwirkungen Wesentliches (und Eindeutiges) beitragen kann.

(Nur unter der Voraussetzung, daß Fluglärmwirkungen erstens bereits bei geringerem Fluglärm als dem des Untersuchungsgebiets einsetzen und zweitens diese Wirkungen in den erfaßten Abstufungen von geringem bis starkem Fluglärm gleich häufig bzw. gleich intensiv auftreten, führt das Stichprobenkonzept der Hauptuntersuchung zu Fehlinterpretationen).

Die Probleme des Extremgruppen-Plans von Hamburg sind bereits in 2.2.3 diskutiert worden. In 8.5.2 soll anhand der Ergebnisse der Hauptuntersuchung noch einmal erörtert werden, wie weit das Stichprobenkonzept von München das Spektrum der Fluglärm-betroffenheit erfaßt hat, und ein Bezug zu Ergebnissen der Voruntersuchung versucht werden.

2975

## 2.4 Organisation des Erhebungsablaufs

Die Untersuchungsprogramme der Sozialwissenschaftlichen, Psychologischen Sektion mußten innerhalb von fünf Monaten realisiert werden (Februar bis Juni 1969). Die gesamte Erhebung wurde durch die Organisatorische Sektion von einer zentralen Untersuchungsstation aus gesteuert, wo auch die Untersuchungsräume und Labors installiert wurden.\*

Die Untersuchungsstation („US“) lag außerhalb des Untersuchungsgebiets im Winkel zwischen W- und N-Ast (vgl. Karte in Abb. 2-6); sie mußte völlig neu hergerichtet und insbesondere mit zahlreichen technischen Installationen versehen werden (vgl. 7.2.3.1 und Annexband, A.5.3.3), um einen für Untersucher wie Untersuchte akzeptablen Untersuchungsbetrieb zu ermöglichen.

### 2.4.1 Abfolge der Untersuchungsprogramme

Die Erhebung bestand – abgesehen von den Sonder-Stichproben – aus vier Teilen:

- Befragung durch die Sozialwissenschaftliche Sektion, Dauer 1 bis 1 1/2 Stunden, in der Wohnung der Person; vgl. 4.4.1.
- Experimente und Tests, gemeinschaftlich durch Psychologische und Arbeitsphysiologische Sektion durchgeführt, Dauer 2 Stunden, in der Untersuchungsstation; vgl. 5.3 und 6.3.2.
- Anamnese, Untersuchung und Experimente der Medizinischen Sektion, Dauer 2 Stunden, in der Untersuchungsstation; vgl. 7.2.1.
- Fluglärmmessungen durch Akustische Sektion, auf dem Grundstück einer Person je Cluster; vgl. 3.3.3.

Die Abfolge wurde so, wie hier genannt, festgelegt.

Die Befragung sollte vorangehen, weil für die sozialpsychologischen Variablen (wegen ihres verbalen Charakters) unbeeinflusste (hinsichtlich des Untersuchungsgegenstandes möglichst 'naive') Personen besonders wichtig schienen und außerdem ein Interview weniger leicht verweigert wird als eine mehrstündige Untersuchung; zugleich sollte das weniger belastende Interview als 'Eisbrecher' für die Gesamtuntersuchung wirken.

Der medizinische Untersuchungsteil wurde ans Ende gestellt, weil er die stärksten Anforderungen stellte (Blutentnahme, Lärmbelastung im Experiment); andererseits sollte das Argument einer kostenlosen ärztlichen Untersuchung manchen Probanden dazu bewegen, bis zum Schluß dabeizubleiben.

Die akustischen Messungen – als offenkundigster Teil – sollten erst dann beginnen, wenn zumindest die Befragungen, möglichst auch alle Untersuchungen, innerhalb des Clusters abgeschlossen waren.

Die psychologischen/arbeitsphysiologischen Untersuchungen begannen eine Woche nach Befragungsstart, die medizinischen zwei Wochen später, so daß jeweils ein Abstand von mindestens einer Woche, oder mehr, zwischen den drei Teilen eingehalten wurde.

(Zum Erhebungsablauf im einzelnen vgl. 2.4.4).

\* Organisationsteam: Dipl.-Psych. Hans-Georg Balzer, Dr. Elsabea Rohrmann, Dipl.-Psych. Bernd Rohrmann.

3570

## 2.4.2

### 2.4.2 Inhaltliche Koordination

Schon die frühen Empfehlungen des OECD-Committee for Scientific Research für Fluglärmprojekte (1963) legten einen interdisziplinären und inhaltlich integrierten Forschungsansatz nahe. In diesem Sinne sind die Untersuchungsinhalte der einzelnen Sektionen und die gemeinsamen Fragestellungen zunächst im Rahmen der Ergebnisinterpretation zur Voruntersuchung und dann bei der Konzeption der Hauptuntersuchung wiederholt gemeinschaftlich diskutiert worden.

Nicht zuletzt die Resultate der interdisziplinären Auswertung von Hamburg legten nahe, die verschiedenen Erhebungsteile inhaltlich so zu koordinieren, daß das Gesamtprogramm thematisch vielfältig, aber ökonomisch und ohne Redundanzen ist und außerdem jede Sektion spezielle Interessen der übrigen Sektionen zu berücksichtigen sucht, die sich in deren Erhebungsteil nicht unterbringen lassen.

Um dieses Ziel zu erreichen, entschlossen sich Psychologische und Arbeitsphysiologische Sektion zu einem weitreichenden Schritt: sie legten ihr Erhebungsprogramm für die Hauptuntersuchung zusammen; dazu vgl. 5.3 und 6.2.

Die Entscheidung der Akustischen Sektion, außer den Fluglärm- auch Grund- und Umgebungslärm-messungen durchzuführen, beruhte auf einer Absprache mit der Psychologischen und der Organisatorischen Sektion (deren Cluster-Konzept ohnehin nur durch engste Kooperation mit der Akustischen Sektion realisiert werden konnte).

Ausführliche Diskussionen galten u.a. auch der Erfassung der psychischen/physischen Labilität versus Stabilität, weil für diesen Variablenbereich (dazu GUILFORD, 1959; FAHRENBURG, 1967) wesentlicher Einfluß auf die Verarbeitung des Fluglärms hypostasiert wurde. Es schien wichtig, entsprechende Teste einzusetzen, und zwar möglichst im Rahmen der experimentellen Erhebungsteile, weil deren Situation standardisierter ist als die eines Interviews.

Die Anwendung eines kompletten Persönlichkeitstests (z.B. des ALNEV-Inventars bzw. FPI, vgl. FAHRENBURG & SELG, 1970) war jedoch wegen dessen Zeitbedarf nicht möglich.

Sozialwissenschaftliche und Psychologische Sektion vereinbarten deshalb, daß eine kurze Hypochondrieskala und eine weitere für vegetative Labilität (vgl. 4.2.2 und 4.2.3) während der Interviews erhoben wurden und ein Satz von 15 Items zum Aspekt emotionale Labilität/affektive Störbarkeit/Neurotizismus ins psychologische Untersuchungsprogramm übernommen wurde (vgl. 5.2.2.5); dieser Satz wurde von der Organisatorischen Sektion nach Ergebnissen psychosomatischer Untersuchungen in der Hamburger Universitätsklinik zusammengestellt.

Die Medizinische Sektion realisierte demgegenüber einen eigenen Ansatz („vegetative Anamnese“, vgl. 7.2.2).

Insgesamt ist allerdings zu sagen, daß Ansätzen der Organisatorischen Sektion zur inhaltlichen Koordination teilweise entgegenstand, daß die Untersuchungsprogramme der einzelnen Teams relativ stark von den intradisziplinären Fragestellungen definiert waren (die methodischen, aber auch räumlichen und zeitlichen Hindernisse sind schon in 1.5 angesprochen worden).

### 2.4.3 Probanden-Werbung

Für die Probanden bedeutete das Untersuchungsprogramm ohne Frage eine starke Anforderung (mit An- und Abreise usw. etwa 8 Stunden). Andererseits war es erstens wegen des Prinzips der gleichen Untersuchungsperson für alle Sektionen und zweitens wegen der

Notwendigkeit räumlich enger Cluster von größter Wichtigkeit, möglichst geringe Stichprobenverluste zu haben. Für die Probandenwerbung wurde deshalb eine relativ aufwendige Prozedur entwickelt und dabei auf den Erfahrungen der Hamburger Voruntersuchung aufgebaut:

- (1) Es wurden sechs persönliche Anschreiben konzipiert: Bitte um Interview (Hauptgruppe) / dito für Verzogene / Bitte um Teilnahme an Untersuchung / um Retest-Interview / Schreiben an Interviewverweigerer / an Untersuchungsverweigerer.  
Alle Schreiben hatten den gleichen Kopf. „Lebensbedingungen in der Großstadt – eine wissenschaftliche Untersuchung im Rahmen der Deutschen Forschungsgemeinschaft“ und verzeichneten die beteiligten Forschungsinstitute.  
Als Untersuchungsziel wurden Bedingungen des Großstadtlebens und Probleme von Großstadtbewohnern, nicht hingegen der Fluglärm genannt. (Die Schreiben finden sich im Annex-Band, A.2.4.3).
- (2) Um von den bereits befragten Probanden möglichst viele zur weiteren Mitarbeit zu bewegen, wurde ein entsprechend instruierter Kontakter ausgesandt, der die Untersuchungen im persönlichen Gespräch erläutern und einen individuellen Termin vereinbaren konnte.
- (3) Personen, die Befragung oder Untersuchung verweigert hatten, wurden von einem (besonders routinierten) zweiten Interviewer oder einem Zweit-Kontakter aufgesucht, um – wenn möglich – die Bedenken oder Schwierigkeiten (Kinder, Zeitmangel, etc.) auszuräumen.
- (4) Ein Fahrdienst und das Angebot der Betreuung von Kindern sollten die Teilnahme ebenfalls erleichtern.
- (5) Nach der Befragung wurde für die Teilnahme an der Gesamtuntersuchung ein Honorar von DM 40,- in Aussicht gestellt und am Ende der Erhebung ausgezahlt. Auch die Personen, bei denen die Fluglärmmessungen stattfanden, erhielten ein kleines Honorar (DM 10,-).

In allen Kontakten mit Probanden wurde versucht, den Fluglärm nur als Teilaspekt der Lebensbedingungen von Großstadtbewohnern zu sehen und damit das eigentliche Untersuchungsziel etwas zu kaschieren.

Die Stichprobenstatistik und Statistik der ausgefallenen Untersuchungspersonen wird in 2.5 dargestellt.

Zum – in etwa analogen – Vorgehen bei der Um-/Wegzügler-Befragung vgl. 4.4.3.

#### 2.4.4 Probanden-Administration

Aus der Abfolge der Untersuchungsteile (2.4.1) und den verschiedenen Maßnahmen zur Probandenwerbung (2.4.3) resultierte der Plan für die Erhebungsschritte, den Tab. 2-3 zeigt.

Nur relativ wenige Personen haben das totale Programm durchlaufen, da die Mehrzahl der Retest-Befragungen Personen ohne Untersuchung erfaßte und außerdem die meisten Meßstellen bei Personen standen, die entweder nicht alle Untersuchungsschritte mitgemacht hatten oder gar nicht zur Probanden-Stichprobe gehörten.

Die Steuerung des Erhebungsablaufs erfolgte zentral anhand einer speziell konzipierten Probanden- und Terminkartei, d.h. auch alle Anschreiben und die Zuweisungen der Probanden an die jeweiligen Sektionen.

Dabei war ein Zweitblatt im Umlauf, so daß der jeweilige Bearbeiter (Interviewer, Kontakter, Versuchsleiter usw.) stets über den bisherigen Erhebungsablauf informiert war und den gerade stattfindenden Schritt sogleich dokumentieren konnte, während das Erst-

2.4.4

Tab. 2-3 ABLAUF DER ORGANISATIONS- UND ERHEBUNGSSCHRITTE	
(1)	Brief (I1) an Ausgangssample (952 Probanden)
(2)	Interviewer 1: sozialwissenschaftliche Befragung
* (3)	Brief (I2) an Verweigerer
* (4)	Interviewer 2: Befragung
	ENDE
(5)	Interview-Abschluß = Werbegespräch für Untersuchung
(6)	Selektion von Personen unter 21, über 59 Jahre
	ENDE oder (19)
(7)	Brief (U1) an Zielgruppe (530 Probanden)
(8)	Kontakter 1: Werbung, Vereinbarung Untersuchungstermin
* (9)	Brief (U2) an Verweigerer
* (10)	Kontakter 2: Zweitwerbung
	ENDE
(11)	Untersuchung I (psychologischer/arbeitsphysiol. Teil)
* (12)	Kontrollkontakt
	ENDE
(13)	Kontaktgespräch für 2. Untersuchung (400mal)
(14)	Untersuchung II (medizinischer Teil)
* (15)	Kontrollkontakt
	ENDE
(16)	Auszahlung Honorar 1 für Gesamtuntersuchung
	NUR FÜR TEILGRUPPEN
* (17)	Lärm-Messungen (1 Person je Cluster)
* (18)	Auszahlung Honorar 2
* (19)	Brief (I3) an Retest-Sample
* (20)	Interviewer 3: Retestbefragung
- Schritt erfolglos + Schritt realisiert * fakultativ	



3867

#### 2.4.4

Blatt immer in der Zentrale verblieb und nach dem Rücklauf der 'bearbeiteten' Personen aktualisiert und neu terminiert wurde.

Die aufwendige Erhebungsprozedur (vgl. Tab. 2-3) macht deutlich, daß ein beträchtlicher Verwaltungsaufwand notwendig war (besonders, da sich oft mehrere Schritte überlagerten). Außerdem kamen der Einsatz der Termin-Kontakter und die Organisation des Fahrbetriebs hinzu.

Schon die Voruntersuchung hatte gezeigt, daß der Ablauf der Untersuchungen in der Untersuchungsstation verbessert wird, wenn die Probanden sorgfältig 'terminiert' und von eigenen Fahrern geholt und zurückgebracht werden.

In München war dies wegen der erheblichen Entfernungen (vgl. die Karte = Abb. 2-6) besonders notwendig (Beschäftigung von 2 ständigen Fahrern, Ergänzung durch Taxis). Zugleich konnten durch den Fahrdienst spezielle Probleme (z.B. die Beschaffung des „Nüchtern-Urins“, vgl. 7.2.2; usw.) gelöst oder rasche Terminänderungen ermöglicht werden.

Es ist noch anzumerken, daß Müttern das Kommen erleichtert wurde, weil sie ihre Kinder mitbringen und der Betreuung durch eine Kindergärtnerin überlassen konnten.

#### 2.4.5 Zeitliche Koordination

Die zeitliche Abfolge der Sektionen bei der Erhebung ist schon dargestellt worden (2.4.1), ebenso die Sequenz der einzelnen Erhebungs- und Organisationsschritte (Tab. 2-3).

Von besonderer Wichtigkeit war ein Zeitplan für die Untersuchungen in der Untersuchungsstation, weil die experimentellen Anordnungen nur einmal aufgebaut werden konnten, viele parallele Untersuchungen – wie bei einer Befragung – also unmöglich waren. Sowohl das psychologische/arbeitsphysiologische wie das medizinische Untersuchungsprogramm wurden deshalb zeitlich so strukturiert und so auf die jeweiligen Räume verteilt, daß jeweils drei Probanden zugleich (allerdings mit unterschiedlicher Programmsequenz) getestet bzw. untersucht werden konnten (vgl. 5.3.1, 7.2.1, Tab. 7-1). Der Tagesplan sah fünf Untersuchungsintervalle vor, die bis in den späten Abend reichten, um auch den Berufstätigen (der Mehrheit der Probanden) hinreichend viele Termine anbieten zu können.

Damit ergab sich als maximale Untersuchungskapazität 15 Probanden je Sektion und Tag; mithin konnten pro Woche bei fünf Arbeitstagen und üblicherweise 4 genutzten Tageterminen 60 Probanden bewältigt werden.

Auf diese Zeitplanung mußten die Briefaktion, der Einsatz des Kontaktlers eingerichtet werden und ebenso der Fahrbetrieb (die Probanden wurden möglichst 'örtlich gebündelt' terminiert), um eine möglichst gute Auslastung zu erreichen und damit die Gesamterhebung zu beschleunigen.

#### 2.4.6 Kontrolle von Abfolge-Effekten

Die Erhebung mußte möglichst gleichmäßig über das Untersuchungsgebiet hinweg realisiert und die Abfolge von lauten und leisen Clustern ausbalanciert werden, um Konfundierungen mit zeitabhängigen Störeinflüssen (etwa Wetterwechsel, Änderungen im Flugbetrieb, Effekte der Untersuchungspublizität) zu vermeiden.

Als organisatorisches Hilfsmittel für die Erhebung wurden deshalb die Cluster in Blocks und Serien eingeteilt:

2975

2.4.6

Tab. 2-4 Organisatorische Einteilung der Cluster								
Cluster-Serie	M			Blocks			N	
	M1	M2	M3	W1	W2	W3	N1	N2
I	01	02	07	17	22	26	31	23
II	03	05	08	28	21	24	30	18
III	04	11	10	13	20	29	12	32
IV	06	16	15	14	19	27	09	25

Die Blocks faßten vier Cluster zusammen, die hinsichtlich Überflughäufigkeit und -lärmstärke sowie räumlicher Nähe zu einander vergleichbar waren (vgl. Karte in Abb. 2-6). Sie dienten als Basis für die Serienbildung; außerdem wurde an den Blocks kontrolliert, ob die Erhebungsraten bzw. die Stichprobenverluste einigermaßen gleichmäßig waren (oder mit dem Lärmgrad konfundiert). Die Serien erfaßten ein Cluster jeden Blocks, und zwar so, daß Mittel und Streuung der Cluster-Nummern und damit des Fluglärms im Cluster (laut Vormessung) für jede Serie möglichst gleich wurden. Da nicht alle Cluster zugleich bearbeitet werden konnten, wurde für die Erhebung jeweils nur eine Serie ausgegeben. Durch deren Zusammensetzung war dennoch zu jeder Zeit das ganze Untersuchungsgebiet gleichmäßig in der Erhebung repräsentiert. Die Serien wurden also von allen Sektionen sukzessive in Arbeit genommen, und zwar in der Abfolge II III IV I.

Für die sozialwissenschaftliche Befragung wurde durch diese Konzentration auf jeweils eine Serie auch angestrebt, daß die Interviews in einem Cluster schneller beendet werden konnten und die Möglichkeiten gegenseitiger Beeinflussung etwas reduziert wurden (vgl. hierzu auch 4.4.1.2).

Die Psychologische/Arbeitsphysiologische und die Medizinische Sektion haben außerdem die interne Abfolge ihrer Untersuchungsteile wie auch die Sukzession der Versuchsleiter systematisch ausbalanciert (vgl. 5.3.1 und 7.2.1).

Für die akustischen Messungen wurde ähnlich verfahren; deren zeitliche Abfolge und der Rotationsplan für die Meßgeräte sind in 3.3.1 dargestellt.

2.4.7 Vorplanungen zur Auswertung

Schon vor der Münchener Hauptuntersuchung wurde eine Reihe von Absprachen getroffen, um insbesondere die interdisziplinäre Auswertung (dargestellt in Kap. 8) zu erleichtern:

- Die Versuchspläne wurden so angelegt, daß an allen Probanden dasselbe Untersuchungsprogramm realisiert wurde (und bei wechselnder Abfolge einzelner Programmteile dies über die Stichprobe hinweg ausbalanciert wurde). Dies war von großer Wichtigkeit, weil die Anzahl der Teilgruppierungen sich über die Sektionen hinweg 'aufmultipliziert' und dann - wie es bei der Hamburger Voruntersuchung der Fall war - zu kleine Gruppen vergleichbarer Probanden übrigbleiben.
- Durch Diskussion und ausführliche Erprobung von Untersuchungspunkten, die für Datenausfälle anfällig sind, sollten Daten- und damit Probandenverluste möglichst reduziert werden (die interdisziplinäre Auswertung der Voruntersuchung war durch Datenausfälle in den verschiedenen Sektionen (die sich vor allem bei korrelativen Betrachtungen stark kumulieren) erheblich beeinträchtigt).
- Für die Leitinformationen aller Lochkarten aller Sektionen wurde ein gemeinsamer Code ausgearbeitet, um den späteren Datenaustausch zu erleichtern.

2975

- Ansatzweise wurde versucht, für nicht physikalische Meßwerte, d.h. besonders für die Befragungsteile, den verschiedenen Sektionen gleichartige Meßskalen nahezulegen (besonders im Blick auf multivariate Analysen), doch blieben hier zumeist die intradisziplinären Überlegungen und Bedürfnisse entscheidend (dazu 8.3.1).

Auch die Probanden-Kalkulationen und Schätzungen der Ausfallraten (2.3.3) dienten dem Zweck, auf jeden Fall auch ein interdisziplinär hinreichendes Auswertungs-Sample zu sichern. - Um mögliche Störeinflüsse auf den Untersuchungsablauf in der späteren Auswertung statistisch kontrollieren zu können, haben Akustische und Organisatorische Sektion gemeinsam einige potentielle Stör-Variablen erhoben, die von den anderen Sektionen nicht erfaßt werden konnten: Erstens Informationen zu Bauart und Lage der Probandenwohnungen, zweitens metereologische Daten; genaueres dazu in 8.2.3.

Die grundsätzliche Auswertungsstrategie sah (wie schon bei der Voruntersuchung) vor, daß jede Sektion ihre Daten selbst auswertet und sektionsintern mit den Fluglärmdaten verknüpft. Die Verknüpfung aller Datensätze hingegen war Aufgabe der Organisatorischen Sektion.

## 2.5 Statistik der untersuchten Probandengruppen

In diesem Abschnitt wird die nach dem Abschluß der Hauptuntersuchung resultierende Erhebungstatistik für alle betroffenen Sektionen dargestellt.

### 2.5.1 Reduktion der Ausgangs-Liste

Zunächst zeigt Tab. 2-5 den Reduktionsprozeß in einer zusammenfassenden Übersicht für die interdisziplinäre (d.h. komplett untersuchte) Zielgruppe (subtraktive Reduktionsstatistik).

Unter (7) findet sich das für die interdisziplinären statistischen Analysen (Kap. 8) definierte Kollektiv mit komplett (und auswertbar) absolviertem Untersuchungsprogramm; es wird im folgenden kurz „I-Sample“ genannt.

Die Statistik zeigt, in welchem Grad die resultierenden Stichproben repräsentativ sein können (vgl. die Prozentuierungen der Tabelle).

Zunächst sind die prinzipiellen Reduktionsschritte zu bedenken:

- Von den 1051 ursprünglichen Einwohnerdichtepunkten liegen in dem innersten Streifen meist nur einer, in den äußersten um hundert oder mehr; jeweils einer wurde gewählt (der ‚Ausnutzungsgrad‘ schwankt zwischen ca. 2.5 ‰ und ca. 25 %).
- Nur etwa 3/4 aller Personen fällt in die Altersklassen 15 bis 70 und von diesen - sofern sie befragt werden konnten - waren etwa 4/5 zwischen 21 und 59 Jahre. Repräsentiert von der gesamten Altersverteilung sind also etwa 3/5.

Von dieser Restgruppe verbleiben etwas mehr als die Hälfte zur interdisziplinären Auswertung. Die nichterfaßte andere Hälfte stellt gewiß nicht nur einen quantitativen, sondern auch einen qualitativen Verlust dar, besonders weil Ausfallgründe wie „verreist“ oder „verweigert“ nicht nur zufälligen Charakter haben, sondern z.B. schichtspezifisch sein können.

2082

Tab. 2-5 Reduktion der Basis-Stichprobe zum I-Sample (N=357)					
Erhebungsstufe	Pbn je Cluster	Total	%	%	%
(0) Cluster-Einwohner zw.15 u. 17 J.	70,0	2231			
(1) Gezogene Stichprobe der Bewohner	29,8	<u>952</u>	100		
- Pb entfällt (Gründe S,Z,Y,A,F)	-2,8	-89	-9		
(2) Befragbare Pbn (Sozialwiss. Sektion)	27,0	<u>863</u>	91		
- Selektion der „Jugendlichen“ u. „Alten“	-5,4	-171	-19		
(3) Interdisziplinäre Basis	21,6	<u>692</u>	72	100	
- Ausfall bei Befragung (N,R,W,U,H,E)	-5,1	-163	-17	-24	
(4) Basis für Station-Untersuchungen I/II	16,5	<u>529</u>	55	76	
- Ausfall bei Psychol. u. Med. Sektion	-4,0	-126	-13	-18	
- Ausfall nur b. P. oder nur M. Sektion	-0,7	-24	-3	-3	
(5) Dreifach befragte/untersuchte Gruppe	11,8	<u>379</u>	39	55	100
- Datenlücken bei P. und M. Untersuch.	-0,4	-13	-1	-2	-3
- Datenlücken nur b. P. oder M. Unters.	-3,1	-100	-10	-15	-27
(6) Dreifach datenkomplette Gruppe	8,3	<u>266</u>	28	38	70
+ Lückenauffüllung (durch Schätzwerte)	+2,8	+91	+9	+14	+24
(7) Interdisziplinäres Auswertungskollektiv	11,1	357	37	52	94
(S) Sozialwissenschaftliches Auswertungs-Kollektiv	77 % von (2) 20,6	660	69		
(P) Psychologisches Auswertungs-Kollektiv	71 % von (4) 11,7	375	39		
(M) Medizinisches Auswertungs-Kollektiv	74 % von (4) 12,3	392	41		

Die Ausfallgründe (S, Z, Y, . . .) werden in 2.5.2 (Tab. 2-6) erläutert;  
I = psychologische (+ arbeitsphysiologische), II = medizinische Untersuchung.

Von den prinzipiell geeigneten Personen (ohne Ausländer, Verzogene etc.) konnten 77 % befragt, von den zur Untersuchung gebetenen Befragten 72 % vollständig untersucht werden: Dies ist etwas weniger als angenommen wurde (80 % bzw. 75 % laut Tab. 2-1). Andererseits läßt sich – angesichts des enormen Aufwands zur Probandenwerbung und -betreuung (2.4.3) – kaum vorstellen, wie die Erfolgsrate in München hätte durchgreifend verbessert werden sollen; die Anforderungen an die (im allgemeinen überaus bereitwilligen und geduldigen) Münchener Bürger waren mit 3 Terminen und 8 Stunden Zeitaufwand immerhin ganz erheblich.

(Zum Vergleich: Bei den englischen Heathrow-Untersuchungen – McKENNEL, 1963; MIL Research Ltd., 1971 – konnten 79 % der ausgewählten Personen befragt werden, wobei nur halbsoviel Verweigerungen wie in München (6 % bzw. 8 % statt 13 %) vorkamen. In der amerikanischen Untersuchung der TRACOR Inc. 1970 wurden 70 % Interviews erzielt; die Ausfallraten sind nicht genauer spezifiziert; doch ist zu bedenken, daß die Interviewer keine vorgegebenen Adressen hatten, sondern nach einem Flächenstichprobenverfahren eingesetzt wurden, einzelne Zurückweisungen also durch andere Personen kompensieren konnten).

### 2.5.2 Probanden-Statistik aller Erhebungsschritte

Es folgt eine komplette Statistik zu allen Erhebungsschritten und Probanden-Ausfällen, wobei jedoch die 32 Cluster zu vier Cluster-Sets zusammengefaßt wurden, die sehr starken/starken/mittleren/geringen Fluglärm repräsentieren, bezeichnet mit D/C/B/A, jeweils

mit 8 Clustern (diese Einteilung wurde für statistische Analysen der Fluglärmwirkung vorgenommen; siehe Abb. 2-6; Näheres in 3.4.1.5 und 8.2.4). Die folgende Tabelle erläutert zunächst die Ausfallgründe bei den Probanden-Untersuchungen.

Tab. 2-6 Lister der Ausfallgründe bei der Hauptuntersuchung

S	verstorben
Z	verzogen
Y	Ausländer (bzw. keine deutschen Sprachkenntnisse)
A	Altersselektion
F	nicht gefunden (falsche Adresse)
N	niemals angetroffen (trotz wiederholter Besuche)
R	verreist
W	verweigert
U	unfähig (physisch oder psychisch)
H	anderes Haushaltsmitglied bereits befragt
E	Ende Untersuchungszeitraum
K	nicht gekommen (trotz Termin)
P	Programmteile der Erhebung nicht vollständig realisiert
D	Datenlücken (bei komplettem Programm)
L	Labordaten lückenhaft (nur medizinische Untersuchungen)
O	ohne Angaben (u.a. wegen verlorengangener Postsendung)
<p>&amp; bezeichnet (in Tab.2-7) Probanden, bei denen Datenlücken durch Schätzwerte aufgefüllt werden konnten.</p> <p>D = Datenlücken ist bei den Sektionen verschieden definiert (vgl. dazu 4.5.2, 5.4.1.4, 7.3, 8.2.2).</p>	

Art und Ursache dieser Ausfallgründe und die spezifischen Arbeitsbedingungen bei der Erhebung werden in den Kapiteln der jeweiligen Sektion diskutiert. Hier sollen nur die resultierenden Probandenmengen genannt und aufgeschlüsselt werden.

Die Um- und Wegzüglergruppe (90 bzw. 62 auswertbare Interviews) resultiert aus einer anderen Ausgangsbasis und ist deshalb hier nicht dargestellt (siehe jedoch 4.6.1.3).

Tab. 2-7 zeigt:

- Immerhin 10 % der vom Einwohnermeldeamt gelieferten Adressen waren falsch oder überholt, obwohl die Einwohnerkartei auf Lochkarten vorliegt und ständig aktualisiert wird (diese Reduktion liegt also nicht in der Untersuchung selbst begründet).
- Hauptausfallgrund war bei allen Sektionen die generelle Weigerung, an einer Untersuchung teilzunehmen, die im allgemeinen stark irrational schien und auch durch den größten Einsatz von Argumenten nicht wettgemacht werden konnte.
- Bei den experimentellen Untersuchungsteilen (besonders dem medizinischen Untersuchungsprogramm) resultierten beträchtliche Datenlücken, die nur zum Teil ausgeglichen werden konnten (vgl. 7.3 und 8.2.2).
- Für die akustischen Cluster-Sets sind die in den Clustern teils sehr unterschiedlichen Ausfallraten nicht systematisch verschieden.

Die Stichprobenziele der Sektionen wurden jedoch erreicht und mit durchschnittlich elf Probanden pro Cluster im interdisziplinären Auswertungs-Sample (N = 357) sogar übertroffen.

Tab. 2-7 Komplette Probanden-Statistik der Hauptuntersuchung (Teile S, P)

		Sozialwissenschaftliche Befragung															
O.	O/	S.				S-				S*				S!			
		S	Z	Y	A	F	N	R	W	U	H	E	D	U	&	S+	S!
A	235	2	13	2	0	1	4	2	39	3	2	1	166	2	0	164	2
B	246	0	22	1	0	4	14	6	221	6	2	0	168	2	1	165	1
C	233	0	20	0	0	4	9	0	209	4	3	0	167	4	0	163	4
D	236	0	15	0	2	3	6	10	216	4	4	0	162	0	1	161	0
Total	952	2	70	3	2	12	33	18	863	17	11	1	663	8	2	653	7
M <sub>C</sub>	29.8	0.1	2.2	0.1	0.1	0.4	1.1	0.6	27.0	3.7	0.5	0.3	20.7	0.2	0.1	20.4	0.2
%	100.0								90.7				76.9			75.8	
%									100.0				100.0			98.9	
%																	

		Psychologische Untersuchung															
S*	O/	P.				P*				P+				P!			
		A	Z	Y	N	U	E	K	P	D	U	&	D	U	&	P!	
A	166	27	2	137	0	2	20	2	5	2	106	7	1	2	96	5	101
B	168	33	1	134	5	2	19	1	8	1	98	4	3	2	89	2	91
C	167	41	1	125	1	0	20	2	3	1	98	3	6	2	87	5	92
D	162	33	1	128	0	2	24	1	5	0	96	4	3	3	86	5	91
Total	663	134	5	524	6	6	83	6	21	4	398	18	13	9	358	17	375
M <sub>C</sub>	20.7	4.1	0.2	16.4	0.2	0.2	2.6	0.2	0.7	0.1	12.4	0.5	0.4	0.3	11.2	0.5	11.7
%	100.0																
%																	71.7
%																	89.9
%																	94.2

*Medizinische Untersuchung*

S*	O/		M.		M-										M*		M'		M+	&	M!
	A	Z	N	R	W	U	E	K	P	D	L	U	P	D	L	U					
A	166	22	2	142	3	3	29	3	3	2	99	5	21	9	0	64	35	99			
B	168	31	1	136	4	3	24	1	6	0	98	2	10	10	0	76	22	98			
C	167	37	1	129	1	0	21	3	3	2	99	1	19	7	1	71	28	99			
D	162	28	1	133	0	2	27	2	5	0	97	3	16	15	0	63	33	96			
Total	663	118	5	540	8	8	101	9	17	4	393	11	66	41	1	274	118	392			
M <sub>C</sub>	20.7	3.7	0.1	16.9	0.3	0.3	3.1	0.3	0.5	0.1	12.3	0.3	2.1	1.2	0.1	8.6	3.7	12.3			
%				81.4							72.8					50.7		72.6			
%				100.0							100.0					69.8		99.8			

*Interdisziplinärer Kern*

S.	I.		S*		P.		P*		P-		P'		P'		P+		I+		I!
	A	S-	Z	S-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	M-	
A	217	37	180	41	139	2	30	11	1	95	4	9	21	61	30	91			
B	221	39	182	47	135	1	34	2	3	95	2	11	10	72	16	88			
C	209	45	164	38	126	1	26	2	1	96	4	10	17	65	25	90			
D	216	50	166	37	129	1	31	3	1	93	3	7	15	68	20	88			
Total	863	171	692	163	529	5	121	18	6	379	13	37	63	266	91	357			
M <sub>C</sub>	27.0	5.4	21.6	5.1	16.5	0.2	3.8	0.5	0.2	11.8	0.4	1.1	2.0	8.3	2.8	11.1			
%				80.2												36.7		51.6	
%				100.0												69.7		94.2	

1190

Fortsetzung Tab. 2-7 (Teil R)

Sozialwissenschaftlicher Retest													
	S*		R-						R*			R!	
	R.	N	R	U	W	E	O	D.	R!	II			
A	166	54	1	1	6	0	6	34	0	34	20		
B	168	50	3	0	7	0	12	17	0	17	12		
C	167	51	4	0	6	0	3	34	0	34	23		
D	162	51	2	1	8	2	6	31	1	30	22		
Total	663	206	22	10	27	2	27	116	1	115	77		
MC	20.7	6.5	0.7	0.3	0.1	0.8	0.1	0.9	3.6	0.1	3.6		
%	100.0	32.1						56.3			2.4		
%		100.0						100.0			99.9		
%													

Die Daten stellen eine subtraktive Statistik dar: Jede Gruppenhäufigkeit, vermindert um die anschließende Ausfallhäufigkeit (bezeichnet in der zweiten Kopfzeile), gibt die nächste (reduzierte) Gruppenhäufigkeit. Für die Gruppen (Spalten) gilt folgender Schlüssel:

- O = Adressenmenge der Organisatorischen Sektion
- S = Sozialwissenschaftliche Probandengruppe
- P = Psychologisch/arbeitsphysiol. Probandengruppe
- M = Medizinische Probandengruppe
- I = Interdisziplinärer Kern ("I-Sample" der Organ. Sektion)
- R = Retest-Sample der Sozialwissenschaftl. Sektion

Die Ausfallgründe (2. Kopfzeile) sind in Tab. 2-6 erläutert.

Spezifiziert (in den Zeilen) werden diese Angaben für die Cluster-Steues, außerdem als Cluster-Mittelwerte (MC) angegeben und auf verschiedene Basen prozentuiert. Die Clusterweise aufgeschlüsselte Pbn-Statistik findet sich im Annex band, A.2.5.2. - Verzogenen-Gruppen: siehe 4.6.1.

Die untersuchten Probanden zerfallen in:

- + kompletter Datensatz
- + unvollständiger Datensatz
- ! tatsächlich ausgewertet

Die angehängten Zeichen bedeuten:

- \* jeweilige Basis
- \* befragte/untersuchte Pbn
- / entfallende, aussortierte Pbn
- negativer Kontakt bzw. nicht untersucht



Vor den Berichten der einzelnen Sektionen sollen kurz einige demografische Charakteristika der gemeinsamen Stichprobe dargestellt und – soweit möglich – mit Münchener Daten (dazu DHEUSS, 1968; Statistisches Handbuch der Landeshauptstadt München, 1964; Münchner Statistik, 1968) verglichen werden.

Einige wesentliche Variable sind in Tab. 2-8 zusammengestellt. Dort werden die Daten der interdisziplinären („I-“; N=357) und der sozialwissenschaftlichen („S-“) Stichprobe

Tab. 2-8 Demografische Daten von Stichproben und Bevölkerung								
Bezugsgruppe	I-	S-Stichprobe					Bevölkerung MÜNCHEN	Jahr
		TOT	TOT	A	B	C		
Frauen	%	52.7	53.9	51.8	51.2	57.5	55.3	52.3
Männer	%	47.3	46.1	48.2	48.8	42.5	44.7	47.7
Alter								
Mittel		37.6	39.6	39.5	39.4	40.6	38.7	38.3
Männer		37.4	38.9					36.3
Frauen		37.8	40.1					39.9
Verheiratet	%		69	74	64	68	70	58
Led./verw./gesch.	%		31	26	36	32	30	42
Personen je Haushalt		2.8	2.9	2.8	2.8	2.9	3.2	2.4
Erwerbstätige (in % der 15-70jährigen)			72	73	76	69	70	66
Arbeiter	%		32/33					43
Angestellte	%		50/43					39
Beamte	%		6/10					8
Selbständige	%		12/14					10
Beruf. Position (Sozialprest.: z-Wert)			.00	.11	.17	-.29	.02	*
Haushaltsnettoeinkommen (pro Kopf; z-Wert)			.00	.04	.16	-.21	.00	*
Schuljahre (Mittel)			9.6	9.7	10.0	9.2	9.5	*
Hausbesitzer	%	29.0	35.3	38.0	18.7	55.1	29.2	13.3
Wohnungseigentümer	%	7.0	5.8	1.8	9.0	4.2	8.1	1.1
Mieter	%	58.7	52.7	55.1	67.5	36.5	51.6	72.9
Untermieter	%	5.3	6.2	5.1	4.8	4.2	11.2	12.7
Wohnjahre im Haus im Ortsteil in München		9.1 11.3 21.4	10.7 13.0	9.4 11.2	9.7 11.2	11.9 14.9	11.6 14.8	* * *
Religion: kathol.	%		75					72
evangelisch	%		21					23
sonstige	%		4					5
Parteieneigung								(61)
SPD	%		50					49
CSU	%		37					37
FDP	%		8					7
Sonstige	%		5					7

I-Stichprobe = 357 Pbn; S-Stichprobe = 660 Pbn; Cluster-Sets ABCD definiert in 8.2.4; TOT = Gesamtstichprobe. Münchner Daten: teils zu Vergleichszwecken umgerechnet; \* = vergleichbare Daten fehlen. (Zu Beruf und Partei vgl. Text).

3570

### 2.5.3

(Hauptgruppe, N=660) Münchner Angaben gegenübergestellt und außerdem die genannten 4 Cluster-Sets A/B/C/DC geringer/mittlerer/starker/sehr starker Fluglärm; vgl. Abb. 2-6) miteinander verglichen. Bevölkerungsstatistische Angaben über speziell dem Stichprobenareal entsprechende Teilgebiete Münchens (vgl. 2.2.6) waren nicht verfügbar.

(Anmerkung: auf die Durchführung statistischer Signifikanztests wurde verzichtet, insbesondere, weil die meisten Daten zu München nicht unmittelbar vergleichbar (d.h., veraltet, anders erhoben und/oder auf München als Ganzes bezogen) sind; auf Set-Unterschiede wird in den späteren Kapiteln noch näher eingegangen).

Sowohl in der Altersverteilung wie in der Geschlechterproportion entsprechen die Stichproben recht gut den Münchner Verhältnissen. Der Anteil der Frauen liegt in der sozialwissenschaftlichen Stichprobe um 1.6 % über dem Gesamt-Münchens; er ist in den stärker belärmten Cluster-Sets C, D etwas höher als in den Sets A, B (durchschnittliche Abweichung: 2,4 %). In der interdisziplinären Stichprobe ist der Anteil der Frauen und zugleich das Durchschnittsalter etwas geringer; hier sei daran erinnert, daß die Altersspanne dieser Stichprobe auf 21–60 Jahre, die der sozialwissenschaftlichen Stichprobe auf 15–70 Jahre festgelegt war (d.h. 5 „junge“ und 10 „alte“ Jahrgänge zusätzlich).

Beide Stichproben weisen einen höheren Anteil der verheirateten Personen, und damit wohl zusammenhängend, eine etwas größere Haushaltsgröße auf; beides dürfte wesentlich durch die Vorstadtcharakteristik des Stichprobenareals bedingt sein.

Die Siedlungsform der Cluster ist durchweg für Vorstädte und nicht so sehr für die City typisch. Dies zeigt sich auch in dem gegenüber Gesamt-München größeren Anteil von Haus- und Wohnungseigentümern (36 statt 24 %, doch ist zu bedenken, daß seit 1961 bis zur Erhebung 1969 deren Zahl deutlich zugenommen hat).

69 % der Probanden leben in Einzelhäusern. (In München waren 1961 41 % der Wohnhäuser Etagenmietfhäuser mit 83 % der Wohnungen und 59 % Ein- und Zweifamilienhäuser mit 17 % der Wohnungen).

Zur Charakteristik der 32 Cluster vgl. Tab. 2-9.

Tab. 2-9 Bauart der Häuser in den Clustern 1–32

überwiegend Einzelhäuser (1-/2-Fam.)	03–06, 09–18, 22, 23, 28, 30
überwiegend Reihenhäuser	19, 20, 29
mittlere Wohn- u. Geschäftshäuser	01, 07, 08
überwiegend Etagen-Miethäuser	21, 24, 27
Hochhäuser (Neubauten)	25, 26, 31, 32

In Abb. 2-8 sind 4 typische Cluster in Grundkartenausschnitten dargestellt. Dabei umschreibt die äußere Linie das für die Stichprobenziehung vorgesehene Areal; der Stern bezeichnet den späteren Meßpunkt; markiert sind ferner jene Häuser, in denen die komplett untersuchten Probanden wohnen. (Im Annex-Band, A.2.5.3, finden sich entsprechende Karten für die übrigen Cluster). Die Verteilung der Haustypen ist in den stärker oder schwächer Fluglärm-exponierten Teilen des Untersuchungsgebietes ungleichmäßig; dies entspricht allerdings durchaus der Wirklichkeit, denn insbesondere Hochhäuser kommen im Bereich der inneren Cluster so gut wie gar nicht vor (dies verbietet schon der Flugbetrieb), dagegen häufig in den äußeren Streifen. (Eine Ausbalancierung dieser Variable war also mit einer Zufallwahl der Cluster und damit dem Repräsentativanspruch unvereinbar). Daß die durchschnittliche Wohndauer in den „lauteren“ Cluster-Sets C, D höher als in Set A und B liegt, beruht auf dieser Besiedlungsstruktur (in der sozialwissenschaftlichen Stich-

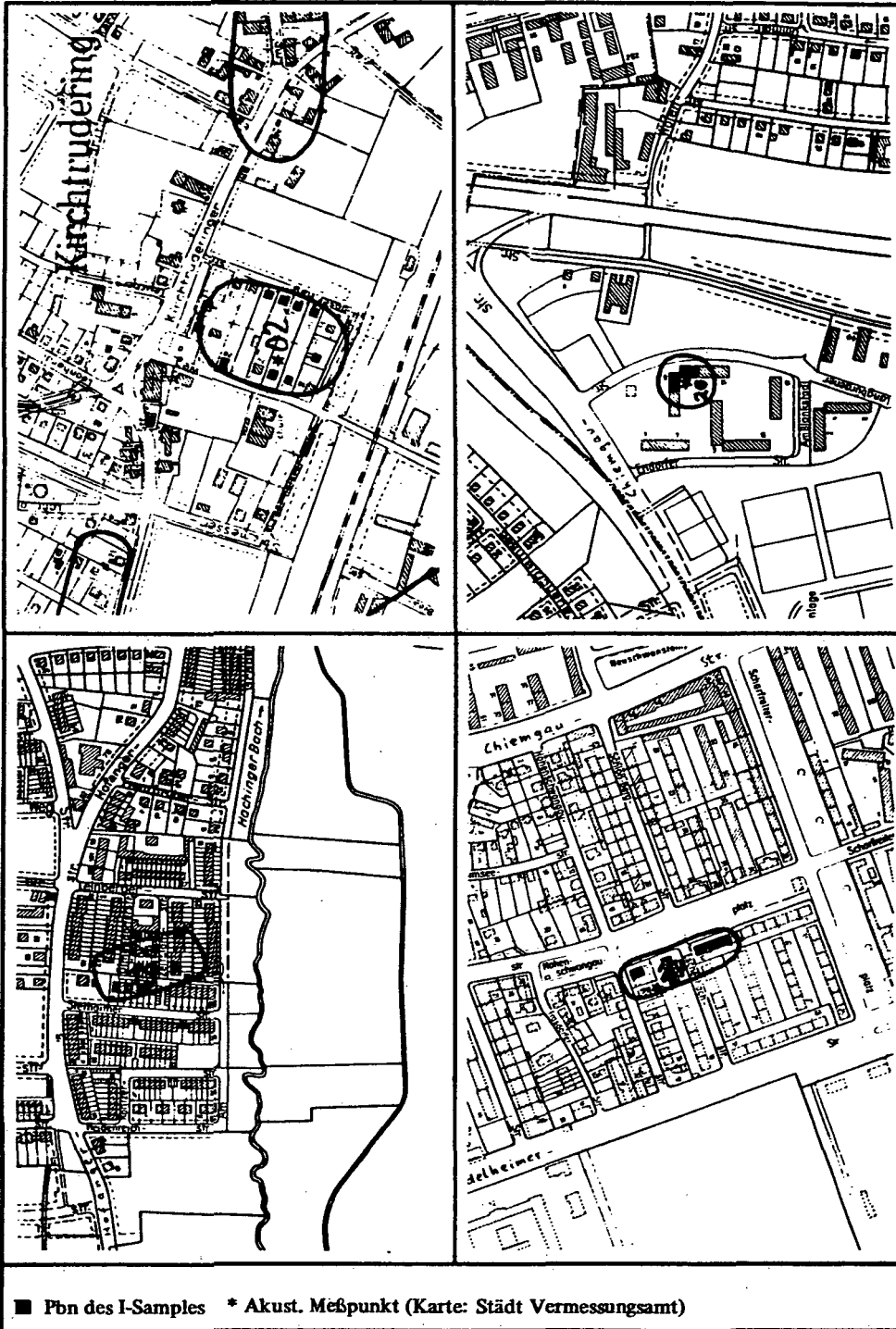


Abb. 2-8: Karten von 4 Typischen Clustern

3570

2.5.3

probe liegt die mittlere Wohndauer wohl vor allem wegen des größeren Durchschnittsalters höher).

Die untersuchten Stichproben zeigen mehr Erwerbstätige und unter diesen einen relativ größeren Anteil von Angestellten, als die Bevölkerungsstatistik – von 1961 – angibt; man kann annehmen, daß dies in der Zunahme der Berufstätigkeit und in dem Trend zur Auswertung der Beschäftigungsverhältnisse begründet liegt. ( In der Tabelle sind für die sozialwissenschaftliche Stichprobe genannt: Berufsgruppe des Befragten/des Haupternährers der Familie).

Der berufliche Rang (Bewertung des Sozialprestiges der beruflichen Position), Schulbindung und Einkommensverhältnisse weisen darauf hin, daß in Cluster-Set C der sozioökonomische Status etwas geringer und in Cluster-Set B etwas höher als im Durchschnitt ist.

Damit korrespondiert, daß in Set B der Erwerbstätigen-Anteil (ferner die Zahl der Ledigen) am höchsten ist, in Set C hingegen am niedrigsten (der Anteil der Frauen hier hingegen den höchsten Wert aufweist).

(Andererseits finden sich in Set C – der fast nur Einzelhäuser aufweist – die meisten Haus- und Wohnungseigentümer; doch ist hier Hausbesitz nicht unbedingt mit höherem Status gleichzusetzen, weil es sich überwiegend um einfache Eigenheime älterer Bauart handelt).

Für die Status-Variablen Einkommen, Bildung und Position lassen sich keine analogen Daten aus der Münchner Bevölkerungsstatistik gewinnen.

Zu den Einkommensverhältnissen gibt Tab. 2-10 die Stichprobendaten.

(Der Mittelwert beträgt (S-Stichprobe) etwa 1300 DM. Eine Vergleichszahl: 1967 betrug der monatliche Durchschnittsverdienst von Angestellten (häufigste Berufsgruppe) in München 1026 DM, doch ist dies ein Bruttowert je Einzelperson; die Stichprobenangabe ist ein Nettowert und betrifft den ganzen Haushalt).

Tab. 2-10 Verteilung der Haushalts-Netto-Einkommen (S-Stichprobe)									
über DM	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250
Prozent	5.3	9.2	20.5	18.0	15.3	10.9	7.4	6.1	7.3
Gilt für alle Verdiener des Haushalts; feste Abzüge abgerechnet.									

Die Angaben zu Religion und Parteineigung am Ende von Tab. 2-8 zeigen eine befriedigende Übereinstimmung von Stichproben und Bevölkerung (die Parteienfrage betraf die Bundestagswahlen; die Prozentuierung in der Tabelle beruht auf dem Anteil der Wahlfähigen, die geantwortet haben bzw. zur Wahl gegangen sind).

Abschließend ist noch darauf hinzuweisen, daß der Erhebungsverlust (23 %, bezogen auf die Ausgangsliste; vgl. 2.5.1) durch Verweigerer, Verreiste usw. prinzipiell eine Verzerrung der Stichprobe gegenüber der Grundgesamtheit darstellt; aufgeschlossene und kooperationsbereite, aber auch ‚häusliche‘ und ihrer sozialen Umwelt verbundene Personen dürften etwas überrepräsentiert sein.

Insgesamt kann gesagt werden, daß die untersuchte Stichprobe in demografischer Hinsicht trotz dieses Sachverhalts und trotz der progressiven Aufgewichtung der hohen Fluglärmmgrade (vgl. 2.3.2) von der Bevölkerungsstruktur Münchens nicht schwerwiegend abweicht. (In dem Maße, wie München typisch für Großstädte der BRD ist, erscheint darum auch eine Generalisierung der Untersuchungsergebnisse möglich).

Hiermit soll die Darstellung von Untersuchungsplan und Erhebungsplan – soweit es alle Sektionen betraf – abgeschlossen werden. Die Darstellung der Organisation, Realisation und Interpretation der interdisziplinären Auswertung folgt in Kapitel 8.

## 2.6 Zusammenfassung

- (1) Das Team des Projekts „Fluglärmwirkungen“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft bestand aus Akustischer, Sozialwissenschaftlicher, Psychologischer, Arbeitsphysiologischer und Medizinischer Sektion; die Organisation der interdisziplinären Zusammenarbeit wurde von der „Organisatorischen Sektion“ wahrgenommen.
- (2) Die Aufgabenstellung der Organisatorischen Sektion bestand in der methodischen, inhaltlichen, zeitlichen und statistischen Koordination der Untersuchung; dies betraf insbesondere die Konzeption und Realisation des gemeinschaftlichen Untersuchungsplans (Kap. 2) und die Durchführung von interdisziplinären statistischen Analysen (Kap. 8).
- (3) Als Untersuchungsorte wurden große Verkehrsflughäfen in unmittelbarer Nachbarschaft dichtbesiedelter Wohngebiete (d.h.: Großstädte) vorgesehen. Nach zahlreichen methodischen Vorarbeiten und einer gemeinschaftlichen Voruntersuchung (1966 in Hamburg) fand die Hauptuntersuchung 1969 in München statt; alle Sektionen haben ihre Erhebungen an denselben Personen (am selben Ort und im selben Zeitraum) durchgeführt.
- (4) In der Voruntersuchung wurde eine Fluglärm-exponierte Gruppe einer Kontrollgruppe ohne Fluglärm gegenübergestellt („Kontrastgruppen“-Plan). Für die Hauptuntersuchung wurde als Untersuchungsgebiet das Areal bestimmt, in dem Fluglärm gegenüber allen anderen Geräuschquellen das dominante Lärmereignis darstellt, definiert (nach akustischen Vormessungen) durch eine Lärmkurve um den Flughafen München-Riem. Die Fluglärmbelastung in diesem Areal wurde in 32 Stufen eingeteilt; jede Stufe wurde in gleichem Ausmaß in die Stichprobe einbezogen („quasi-kontinuierlicher“ Ansatz).
- (5) Um eine möglichst enge Zuordnung zwischen Fluglärm-Kennwerten und Personen zu ermöglichen, wurde je definierter Fluglärmstufe eine Gruppe von Untersuchungspersonen örtlich „gebündelt“ ausgewählt und in jedem dieser Stichproben-„Cluster“ ein akustischer Meßpunkt bestimmt. Die 32 Cluster wurden so über das Areal verteilt, daß sie primär dem Prinzip einer Gleichverteilung der Fluglärmgrade, sekundär dem Ziel demografischer Repräsentativität entsprechen (hierarchische Stichprobendefinition). Die Ziehung eines Clusters je Fluglärmstufe und der Personen innerhalb eines Clusters geschah nach Zufall. Für die Erhebung wurden feste Adressen ausgegeben (etwa 30 je Cluster; zusammen 952).
- (6) Die gemeinsame Hauptgruppe war eine Zufallsstichprobe aus den 21–60jährigen Bewohnern. Die Befragung wurde darüberhinaus auf 15–70jährige Personen ausgedehnt sowie auf frühere Bewohner der 32 Cluster, die im Jahr vor der Untersuchung innerhalb Münchens um- oder nach außerhalb weggezogen waren (Zusatzstichproben „Jugendliche“,

2380

2.6

„Alte“, „Umzügler“, „Wegzügler“). Ein Teil der Befragten wurde zu einer Retest-Befragung herangezogen.

- (7) Das Untersuchungsprogramm bestand aus folgenden Schritten: Sozialwissenschaftliche Befragung anhand eines standardisierten Fragebogens (zu Hause); psychologische und arbeitsphysiologische Experimente und Tests (Untersuchungsstation); medizinische Anamnese, Untersuchungen und Experimente (Untersuchungsstation); akustische Geräuschemessungen (1 Meßpunkt je Cluster). Die Cluster wurden in gezielter Abfolge in die Erhebung einbezogen, um Konfundierungen mit zeitabhängigen Störeinflüssen zu vermeiden.
- (8) Aus der Erhebung resultierten 660 auswertbare sozialwissenschaftliche Befragungen (in der Hauptgruppe mit Jugendlichen und Alten; ferner 152 Verzogenen-Interviews und 115 Retests), 375 psychologische/arbeitsphysiologische und 392 medizinische Untersuchungen; 357 Personen absolvierten das gesamte Untersuchungsprogramm mit interdisziplinär vollständigem Datensatz („I-Sample“). Von den prinzipiell geeigneten Personen konnten 77 % befragt, von den in die Untersuchungsstation gebetenen Befragten 72 % zur Teilnahme am Gesamtprogramm gewonnen werden; das I-Sample entspricht 52 % der zugehörigen Ausgangsliste.
- (9) Innerhalb des Untersuchungsgebiets resultieren einige Unterschiede (etwa hinsichtlich der Wohndauer) aus der Tatsache, daß Neubauviertel und insbesondere Hochhäuser im Flughafen-nahen Bereich naturgemäß selten, in den äußeren Clustern dagegen relativ häufig vorkommen. Insgesamt entsprachen die untersuchten Stichproben demografisch weitgehend der Bevölkerungsstruktur Münchens (etwa hinsichtlich Geschlechtsproportion, Alter, Berufsgruppe, Religionszugehörigkeit, Parteineigung); in dem Maße, wie München typisch für Großstädte der BRD ist, erscheint darum auch eine Generalisierung der Untersuchungsergebnisse möglich.

2.6

Summary

- (1) The team of the project 'effects of aircraft noise' by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (German Research Society) was composed of various sections: acoustical, social-scientific, psychological, work-physiological, and medical; an 'Organizational Section' was to ensure cooperation between the various disciplines.
- (2) The task of the Organizational Section was to coordinate methods and topics, timing, and the statistical analyses. This task comprised, in particular, planning and realization of the jointly worked out design (Chapter 2) as well as the conduction of interdisciplinary statistical analyses (Chapter 8).
- (3) It was agreed to survey highly populated communities (i.e. large cities) situated in close neighborhood to a large international airport. After considerable methodological preparation and a jointly conducted preliminary study (in Hamburg 1966), the main study was performed in München (1969); each section executed its investigations to the same respondents (at the same place and during the same period).
- (4) In the preliminary study a sample of noise-exposed respondents was contrasted with a control group not exposed to aircraft noise (contrast group design). For the main

study, there was selected that area in which aircraft noise was dominating over all other noise sources, defined (after previous acoustical measurements) by a noise curve around the airport München-Riem. Aircraft noise in this area was divided into 32 levels; each level was equally considered in the sample (quasi-continuous approach).

- (5) In order to enable a close association between respondents and noise data, a group of respondents, clustered at one place, was selected for each of the 32 defined noise levels. At each cluster sound measurements were executed. The allocation of the 32 clusters complied with two (hierarchical) principles: firstly, to represent the aircraft noise levels equally, secondly, to represent the demographic structure (stratified sample).  
Drawing of clusters and persons was randomized. The survey was based on preselected addresses (30 per cluster, 952 altogether).
- (6) The general sample was drawn at random from inhabitants ranging from 21 to 60 years of age. But the interviews were extended to persons of 15 to 70 years, as well as to former inhabitants of the 32 clusters, who had moved within München or left it (additional samples „youths“ and „old people“, „migrators within München“, „migrations out of München“). Part of the respondents took part in a retest.
- (7) The research program consisted of the following steps: Social scientific interview based upon standardized questionnaires (at the respondents' homes); psychological and work-physiological experiments and tests (at the test station); medical case history, examination, and experiments (at the test station); acoustical measurements (1 control point per cluster). In order to avoid confounding due to time-dependent interferences, time of surveying the clusters was counterbalanced.
- (8) The survey yielded a total of 660 usable social-scientific interviews (general sample plus „youths“ and „old people“); further, 152 interviews with migrators and 115 retests; 375 psychological/physiological and 392 medical tests. 357 individuals went through the entire program with the complete interdisciplinary data set (I-sample).  
77 % of the eligible individuals could be interviewed. 72 % of the individuals invited to the test station could be induced to take part in the entire program. The I-sample corresponds to 52 % of the primary sample.
- (9) Some differences (such as duration of stay) in the survey area resulted from the fact that newly built communities and in particular large apartment buildings are naturally less frequent in the close neighborhood of the airport, whereas they are relatively frequent in the outer clusters. The demographic pattern of the samples corresponds largely to the population structure of München (e.g., as to proportion of sex, age, occupational status, confession, political party preference). As far as München can be considered a typical Western German city, a generalization of the findings seems to be possible as well.

**Page Intentionally Left Blank**



# **FLUGLÄRMWIRKUNGEN**

**eine interdisziplinäre Untersuchung über die  
Auswirkungen des Fluglärms auf den Menschen**

## **KAPITEL 3**

**DER AKUSTISCHE UNTERSUCHUNGSTEIL**

**Hans-O. Finke & Rudolf Martin**

3.0

3.0 **Inhalts-, Tabellen- und Abbildungsverzeichnis**

3.0.1	Inhaltsverzeichnis/Contents . . . . .	77
3.0.2	Tabellenverzeichnis . . . . .	79
3.0.3.	Abbildungsverzeichnis . . . . .	79
3.1	<i>Aufgabenstellung</i>	
3.1.1	Fragestellung und Zielsetzung . . . . .	81
3.1.2	Vorangegangene Untersuchungen . . . . .	81
3.1.3	Konzept für die Kennzeichnung der Geräuscheinwirkung . . . . .	82
3.2	<i>Vorbereitende Untersuchungen und Auswahl der Meßpunkte</i>	
3.2.1	Voruntersuchung Hamburg . . . . .	84
3.2.2	Vormessungen am Ort der Hauptuntersuchung . . . . .	86
3.2.2.1	Meßgeräte . . . . .	86
3.2.2.2	Abgrenzung und Unterteilung des Untersuchungsgebietes . . . . .	89
3.2.3	Auswahl der Cluster und Meßpunkte . . . . .	93
3.2.3.1	Cluster . . . . .	93
3.2.3.2	Meßpunkte . . . . .	94
3.3	<i>Ablauf der Messungen</i>	
3.3.1	Technisches Konzept und Zeitplan . . . . .	94
3.3.2	Aufbau und Arbeitsweise der Meßstationen . . . . .	97
3.3.3	Verlauf der Messungen . . . . .	98
3.4	<i>Auswertung und Clusterkennwerte</i>	
3.4.1	Datengewinnung . . . . .	102
3.4.1.1	Materialübersicht, Auswertung der Magnetbänder . . . . .	106
3.4.1.2	Erster Datensatz und Richthäufigkeit . . . . .	106
3.4.1.3	Zusätzliche Auswahlkriterien für die endgültigen Daten . . . . .	109
3.4.1.4	Einzeldaten in Matrizenform . . . . .	110
3.4.1.5	Mittelwerte, Sets . . . . .	110
3.4.2	Korrelationen . . . . .	116
3.4.2.1	Intradisziplinäre Korrelationen . . . . .	116
3.4.2.2	Korrelationen mit der Betroffenheit . . . . .	119
3.4.3	Zusatzauswertungen . . . . .	119
3.4.3.1	Verschiedenes Zeitverhalten der Anzeige . . . . .	120
3.4.3.2	Überflugdauer D <sub>30</sub> . . . . .	120
3.4.4	Grundgeräusche . . . . .	121
3.4.4.1	Daten . . . . .	121
3.4.4.2	Verknüpfungen von Grund- und Fluggeräuschdaten . . . . .	122
3.4.5	Fehlereinflüsse . . . . .	124
3.5	<i>Vergleich verschiedener Beurteilungsverfahren</i>	
3.5.1	Mittelung . . . . .	125
3.5.2	Beurteilungsverfahren verschiedener Länder . . . . .	126
3.5.2.1	Australien . . . . .	127
3.5.2.2	Deutschland . . . . .	127
3.5.2.3	England . . . . .	128
3.5.2.4	Frankreich . . . . .	128
3.5.2.5	Holland . . . . .	128

3.5.2.6	Schweden . . . . .	128
3.5.2.7	Südafrika . . . . .	129
3.5.2.8	USA . . . . .	129
3.5.3	Beurteilung der Sprachverständlichkeit . . . . .	130
3.6	<i>Optimierung eines Fluglärm-Bewertungsmaßes</i>	
3.6.1	Korrelationen . . . . .	132
3.6.2	Systematischer Vergleich der verschiedenen Verfahren . . . . .	135
3.6.3	Fluglärm-Bewertungsmaß FB1 . . . . .	136
3.6.4	Geltungsbereich . . . . .	137
3.7	<i>Gesamtbeurteilung</i>	
3.7.1	Grenzen für akustische Kennwerte . . . . .	138
3.7.2	Entwicklung des Flugverkehrs . . . . .	140
3.7.3	Vergleich der Ergebnisse mit errechneten Werten . . . . .	141
3.7.4	Konzept künftiger Meßaufgaben . . . . .	142
3.8	<i>Zusammenfassung/Summary</i>	

### 3.0.1 Contents

3.0.2	List of tables . . . . .	79
3.0.3	List of illustrations . . . . .	79
3.1	<i>Scope</i>	
3.1.1	Questioning and purpose . . . . .	81
3.1.2	Preceding studies . . . . .	81
3.1.3	Concept for the characterization of noise effects . . . . .	82
3.2	<i>Preparing studies and choice of measuring points</i>	
3.2.1	Preliminary study Hamburg . . . . .	84
3.2.2	Preliminary measurements at the place of the main study . . . . .	86
3.2.2.1	Measuring instruments . . . . .	86
3.2.2.2	Delimitation and subdivision of the survey area . . . . .	89
3.2.3	Choice of clusters and measuring points . . . . .	93
3.2.3.1	Clusters . . . . .	93
3.2.3.2	Measuring points . . . . .	94
3.3	<i>Course of measurements</i>	
3.3.1	Technical concept and schedule . . . . .	94
3.3.2	Installation and working of the measuring stations . . . . .	97
3.3.3	Process of measurements . . . . .	98
3.4	<i>Evaluation and cluster characterization</i>	
3.4.1	Data acquisition . . . . .	102
3.4.1.1	Survey on material, evaluation of the magnetic tapes . . . . .	106
3.4.1.2	First data set and normalized frequency . . . . .	106
3.4.1.3	Additional choice criterions for the definitive data . . . . .	109
3.4.1.4	Individual data in form of matrices . . . . .	110
3.4.1.5	Mean values, sets . . . . .	110
3.4.2	Correlations . . . . .	116

### 3.0.1

3.4.2.1	Intradisciplinary correlations . . . . .	116
3.4.2.2	Correlations with the annoyance . . . . .	119
3.4.3	Additional evaluations . . . . .	119
3.4.3.1	Different temporal behaviour of the indication . . . . .	120
3.4.3.2	Flyover durations $D_{80}$ . . . . .	120
3.4.4	Background noise . . . . .	121
3.4.4.1	Data . . . . .	121
3.4.4.2	Combinations of background and aircraft noise data . . . . .	122
3.4.5	Error influences . . . . .	124
3.5	<i>Comparison of different rating methods</i>	
3.5.1	Averaging . . . . .	125
3.5.2	Rating methods of various countries . . . . .	126
3.5.2.1	Australia . . . . .	127
3.5.2.2	Germany . . . . .	127
3.5.2.3	England . . . . .	128
3.5.2.4	France . . . . .	128
3.5.2.5	Netherlands . . . . .	128
3.5.2.6	Sweden . . . . .	128
3.5.2.7	South Africa . . . . .	129
3.5.2.8	USA . . . . .	129
3.5.3	Rating of the speech interference . . . . .	130
3.6	<i>Optimization of an aircraft noise rating quantity</i>	
3.6.1	Correlations . . . . .	132
3.6.2	Systematic comparison of the different methods . . . . .	135
3.6.3	Aircraft noise rating criterion FB1 . . . . .	136
3.6.4	Region of validity . . . . .	137
3.7	<i>Additional considerations</i>	
3.7.1	Limits for acoustical characteristics . . . . .	138
3.7.2	Development of the air traffic . . . . .	140
3.7.3	Comparison of the results with calculated values . . . . .	141
3.7.4	Concept for future measuring methods . . . . .	142
3.8	<i>Summary</i>	

### 3.0.2 Tabellenverzeichnis

- Tab. 3-1: Erster Datensatz: Einteilung der Cluster in Klassen nach Überflugpegel und Überflughäufigkeit
- Tab. 3-2: Akustische Merkmale der Cluster-Sets und Zuordnung der Cluster
- Tab. 3-3: Pegel/Dauer-Matrizen für alle Meßpunkte (gewichtete Häufigkeiten)
- Tab. 3-4: Mittelwerte der Überflugpegel, Überflugdauern und Häufigkeiten
- Tab. 3-5: Mittelwerte für Überflugpegel  $L_A$ , Dauer  $D_{10}$  und Dauer  $D_{80}$  sowie für Richthäufigkeit  $H_R$  in den Cluster-Sets
- Tab. 3-6: Korrelationskoeffizienten zwischen akustischen Kennwerten und der „Globalreaktion-S“
- Tab. 3-7: Differenzen der Überflugpegel bei Registrierung mit den dynamischen Eigenschaften der Anzeige FAST, IMPULSE und SLOW
- Tab. 3-8: Grundgeräuschwerte für alle Meßpunkte
- Tab. 3-9: Beurteilungsmaße für alle Meßpunkte
- Tab. 3-10: Einfluß des Halbierungsparameters  $q$  im Äquivalenten Dauerschallpegel auf die Korrelation mit den Betroffenheitsmaßen „Globalreaktion-S“ und „-S“
- Tab. 3-11: Vergleich der Definitionen verschiedener Fluglärmbewertungsmaße und deren Korrelationen mit den Betroffenheitsmaßen „Globalreaktion-S“ und „Globalreaktion-S“

### 3.0.3 Abbildungsverzeichnis

- Abb. 3-1:  $\bar{Q}$ -Verlauf für Überflug- und Grundgeräusch über 24 Stunden (4 verschiedene Äquivalenzparameter  $q$ )
- Abb. 3-2: Frequenzanalysen und Schallspektrogramme für gleichzeitige Aufnahmen eines Überfluges in drei verschiedenen Mikrofonhöhen
- Abb. 3-3: Ansicht der großen Meßapparatur
- Abb. 3-4: Blockschaltbild der großen Meßapparatur
- Abb. 3-5: Beispiele für Registrierungen des A-Schallpegels
- Abb. 3-6: Ausschnitt aus den Registrierungen der großen Meßapparatur
- Abb. 3-7: Karte des Untersuchungsgebietes mit Meßpunkten
- Abb. 3-8: Ansichten einiger Meßpunkte
- Abb. 3-9: Blockschaltbild der Meßstation
- Abb. 3-10: Terzpegeldiagramme von Überflügen (Starts und Landungen) in 1 km Abstand vom Flughafen
- Abb. 3-11: Terzpegeldiagramme von Überflügen (Starts und Landungen) in 7 km Abstand vom Flughafen
- Abb. 3-12: Ausschnitte aus den Registrierungen der Meßstation für Meßpunkt 08 und 27
- Abb. 3-13: Überflugpegel in Abhängigkeit von der Überflugdauer  
Beispiel für je 4 Tage an Meßpunkt 06 und 28
- Abb. 3-14: Häufigkeitsverteilungen von Überflugpegeln im gesamten Untersuchungsgebiet (oben) und an Meßpunkt 03 und 29 (unten)
- Abb. 3-15: Häufigkeitsverteilungen von Überflugdauern im gesamten Untersuchungsgebiet (oben) und an Meßpunkt 03 und 29 (unten)
- Abb. 3-16: Pegel und Häufigkeit der Überflüge für jeden Meßpunkt, Anordnung der Clustersets

### 3.0.3

**Abb. 3-17: Sprachverständlichkeit in Abhängigkeit vom A-Schallpegel und vom Speech Interference Level**

**Abb. 3-18: Verlauf einiger Beurteilungsmaße für alle Meßpunkte**

**Abb. 3-19: Anteil der Gruppe der stärker Betroffenen in Abhängigkeit von FB1 – Werte und Grenzen verschiedener Beurteilungsverfahren**

**Abb. 3-20: Entwicklung des Flugverkehrs am Flughafen München-Riem (nur Verkehrsflugzeuge)**

nach: Verkehrsabteilung Flughafen München

## 3.1 Aufgabenstellung

3867

### 3.1.1 Fragestellung und Zielsetzung

Die Sektion Akustik hatte innerhalb des Gesamtprojektes die Aufgabe, die Geräuschsituationen in der Umgebung des Flughafens München mit geeigneten Meßverfahren zu erfassen und mit Zahlenangaben zu beschreiben. Dabei war vor allem der durch den Flugverkehr verursachte Anteil zu berücksichtigen, zusätzlich waren jedoch auch Aussagen über das Grundgeräusch anzustreben.

Die Angaben sollten dazu dienen, Bevölkerungsgruppen mit unterschiedlicher Geräuschumgebung gegeneinander abzugrenzen und diesen bestimmte Geräuschkennwerte zuzuordnen als Voraussetzung für Korrelationen mit den Ergebnissen der anderen Sektionen.

Diese Zielsetzung führte zu den Teilaufgaben

1. Abgrenzung des Gebietes der durch Flugverkehr bestimmten Geräuscheinwirkung und Unterteilung in Zonen gleichen maximalen Überflugpegels.
2. Kennzeichnung der Geräuscheinwirkung im Wohnbereich der Probanden für 32 Cluster.  
Kennzeichnende Größen sollten sein:
  - Überflugpegel, als größter während des Überfluges beobachteter Wert des A-bewerteten Schalldruckpegels.
  - Überflugdauer, als Dauer, in der die Pegelwerte nicht mehr als 10 dB unter dem Überflugpegel liegen, oder als Dauer, in der der Pegel  $L_A = 80$  dB überschritten wird.
  - Überflughäufigkeit, als Anzahl der Überflüge mit einem Überflugpegel größer als  $L_A = 80$  dB.
  - Grundgeräuschpegel, als mittlerer A-bewerteter Schalldruckpegel, getrennt für Tage und Nächte.

Eine weitere Aufgabe bestand schließlich darin, bisher bekannte Beurteilungsmaße auf die Meßwerte anzuwenden und ihren Aussagewert durch Korrelation mit den von den anderen Sektionen ermittelten Daten, die die Betroffenheit der Untersuchungspersonen beschreiben, festzustellen. Im Anschluß daran war vorgesehen, aus Korrelationsrechnungen für die gewonnenen Daten ein optimales Fluglärm-Bewertungsmaß zu entwickeln.

### 3.1.2 Vorangegangene Untersuchungen

Bei Beginn der Arbeiten lagen bereits Berichte über ähnliche Fluglärm-Untersuchungen in anderen Ländern vor. Die dabei eingesetzten Verfahren zur zahlenmäßigen Beschreibung der Geräuschsituationen werden in den Berichten oft nur sehr kurz beschrieben. Im Folgenden wird versucht, eine Übersicht über die akustischen Meßmethoden dieser vorangegangenen Untersuchungen zu geben.

In der Heathrow-Studie von 1961 (McKENNELL, 1963) wurden fast 9 000 Überflüge auf Magnetband aufgenommen und in die Auswertungen einbezogen.

Die Untersuchungen von BITTER (1970) am Flughafen Schiphol in den Niederlanden legten den Korrelationen zu Befragungsergebnissen Geräuschwerte zugrunde, die aus der Belegung der Startbahnen, gemessenen Flugbahnen und aus Literaturangaben oder aus Einzelmessungen der Überflugpegel errechnet wurden.

4165

### 3.1.2

Wesentlich eingehendere Geräuschemessungen enthält die in den USA von der TRACOR INC. (1970) durchgeführte Studie. An jedem untersuchten Flughafen erstreckten sich 24-stündige Messungen mit beweglichen Meßstationen über Zeiträume von 2 bis 4 Wochen in möglichst zahlreichen Befragungsbereichen und ermöglichten so eine Mittelung über Flugbewegungen und Wetterbedingungen.

Die von JOSSE (1969) beschriebene Untersuchung an 4 Flughäfen in Frankreich erfaßte 20 Befragungsgebiete mit angenähert einheitlichen Geräuschverhältnissen. Zwei Meßstationen registrierten in jedem Befragungsgebiet 1 bis 2 Wochen lang die Überflugpegel und die Anzahl der erkennbaren Flugbewegungen. „Erkennbar“ bedeutete in diesem Fall das Überschreiten eines Überflugpegels  $L_A = 80$  dB. Auch die so gewonnenen Ergebnisse erforderten noch einige Korrekturen, um das Jahresmittel zutreffend zu kennzeichnen.

### 3.1.3 Konzept für die Kennzeichnung der Geräuscheinwirkung

Im Idealfall sollten die Meßwerte angeben, welchen Geräuscheinwirkungen jede einzelne Untersuchungsperson im Mittel über einen längeren Zeitraum ausgesetzt ist und welcher Anteil dabei von den Geräuschen des Flugverkehrs herrührt. Aussagen über Ursache, Stärke, Häufigkeit und Dauer der nicht vom Flugverkehr verursachten Geräusche waren ebenfalls erwünscht, dies umso mehr, da zahlreiche Personen einen erheblichen Teil des Tages außerhalb des Wohnbereiches, z.B. an einer Arbeitsstelle oder in Geschäftshäusern verbringen. Eine derartige Messung wäre am besten mit kleinen, tragbaren Meßgeräten zu bewerkstelligen, die an der Versuchsperson befestigt sind. Um verschiedene Geräuschursachen unterscheiden zu können, kämen beispielsweise kleine Magnettongeräte und nachträgliche Auswertung im Laboratorium in Betracht. Das bedeutet, daß für das Abhören der Aufnahmen noch einmal das 2- bis 3fache der Aufnahmedauer aufzuwenden ist. Abgesehen von diesem Zeitaufwand scheiden Tonbandaufzeichnungen als Unterscheidungshilfe für die Schallquellensortierung aus Diskretionsgründen aus, da z.B. der Inhalt aller Gespräche in den Aufzeichnungen ebenfalls festgehalten wäre. Integrierende Schallpegelmessung, die nur einen mittleren bewerteten Schallpegel liefern, sind für diese Aufgabe ungeeignet, da der Anteil des Flugverkehrs in den Ergebnissen nicht zu erkennen ist.

Ähnliche Überlegungen gelten auch, wenn die Geräusche in den Wohnungen gemessen werden sollen.

Die Messungen mußten sich daher auf die Geräuschsituation außerhalb der Häuser in den Wohnbereichen der Versuchspersonen beschränken. Wenn die so gewonnenen Meßwerte als kennzeichnend für die Geräuscheinwirkung des Flugverkehrs angesehen werden, sind von vornherein Fehleinschätzungen durch eine Reihe von schwer abschätzbaren Einflüssen, z.B. Abwesenheit vom Wohnbereich, Schallpegelunterschied zwischen Meßort und Aufenthaltsort der Versuchspersonen usw., in Rechnung zu stellen.

Um den Unterschied zwischen Meßort und Aufenthaltsort möglichst klein zu halten, wurden im Untersuchungsgebiet 32 Cluster ausgewählt und in jedem Cluster ein Meßort so festgelegt, daß der Abstand der Wohnungen der Versuchspersonen zum Meßort im allgemeinen kleiner war als 200 m (vgl. 2.2.4).

Die Bedenken gegen eine Beschränkung auf Kennzeichnung der Geräuschsituation außerhalb der Wohnhäuser werden dadurch gemildert, daß nach den Untersuchungen von Bowsher et al. (1961) innerhalb der Gebäude die betroffenen Personen bei der Beurteilung der Geräuscheinwirkungen strengere Maßstäbe anlegen als außerhalb, so daß die



Schalldämmung von außen nach innen hinsichtlich der erlebten Lärmwirkung etwa ausgeglichen scheint.

Abschnitt 3.1.1 nennt für die Geräuschmessung zwei Teilaufgaben: Gebietsabgrenzung und Kennzeichnung der Geräuscheinwirkung in den Clustern. Das Konzept für die Messung war daher entsprechend zu unterteilen:

Für die Gebietsabgrenzung wurde vorgesehen, in mehrwöchigen Messungen an verschiedenen Orten des geplanten Untersuchungsgebietes den Überflugpegel und die nach Starts und Landungen aufgeteilte Häufigkeit der Überflüge zu bestimmen und daraus die Zonen gleicher Überflugpegel (Konturen) als Unterlage für die Probandenauswahl zu berechnen. Die dabei eingesetzten Meßgeräte sollten möglichst ausführliche Daten liefern. Der Einsatz eines Meßwagens mit Netzanschluß und Magnetbandaufzeichnung über einen großen Frequenzbereich war daher vorzusehen. Kleine, tragbare Magnetbandgeräte sollten die Meßwerte der großen Meßstationen durch Stichproben in der näheren Umgebung des Meßwagens ergänzen.

Die Kennzeichnung der Geräuscheinwirkung in den 32 Clustern, in denen die Versuchspersonen wohnten, sollte in Parallelmessungen mit einer größeren Anzahl von Geräten erfolgen. Der Einsatz von Meßwagen erschien dafür zu aufwendig. Es wurde daher vorgesehen, für diese Aufgabe 11 tragbare, selbsttätig arbeitende Meßstationen zu entwickeln, mit denen die Geräusche so auf Magnetband gespeichert werden konnten, daß die spätere Auswertung im Laboratorium die in Abschnitt 3.1.1 geforderten Kennwerte lieferte. Die Geräte sollten netzunabhängig arbeiten und über mindestens 24 Stunden ohne Wartung auskommen.

Ein Meßtrupp sollte die Meßstationen jeden Tag in andere Cluster bringen, so daß jedes Cluster nur jeden dritten Tag besetzt war. Das erschien im Sinne einer Mittelung über verschiedene Flug- und Wetterbedingungen ausreichend und im Hinblick auf die begrenzte Zahl der verfügbaren Geräte vorteilhaft, da der in der Mittelung für jedes Cluster erfaßte Zeitraum annähernd der gleiche und möglichst groß war. Bei der Auswertung später zeigte sich jedoch, daß auf diese Weise die Möglichkeit beeinträchtigt wurde, bei Störungen an den Geräten Korrekturen aus dem Vergleich benachbarter Meßpunkte abzuleiten.

Als gesamte Meßdauer waren 6 Wochen vorgesehen, um wechselnde Flug- und Wetterverhältnisse angemessen zu erfassen.

Der wesentliche Vorteil der Messung in jedem Cluster (statt rechnerischen Anschlusses an einige wenige ortsfeste Meßstationen) wurde darin gesehen, daß die Meßdaten nicht auf Annahmen über die Schallausbreitungsverhältnisse – besonders für die seitlich vom Hauptflugpfad gelegenen Cluster – begründet werden mußten.

Im Anschluß an die Messungen in den Clustern war die Auswertung der auf Magnetband aufgenommenen akustischen Signale mit Registriergeräten im Laboratorium vorgesehen. Die Meßwerte sollten zur weiteren Verarbeitung, z.B. Ausgleich von Stichprobenfehlern, Ausgabe in Tabellen und Diagrammen, in Lochkarten übertragen und so für vergleichende Auswertungen mit den Ergebnissen der anderen Sektionen zugänglich gemacht werden. Als Nebenbedingung war zu beachten, daß orientierende Messungen vor dem Abschluß der Erhebungen der Sozialwissenschaftlichen Sektion möglichst unauffällig ablaufen sollten, um Beeinflussungen der Befragungsergebnisse gering zu halten. Die Messung in den Clustern war bis zur Beendigung der Befragungen zurückzustellen.

2380

3.2

3.2 Vorbereitende Untersuchungen und Auswahl der Meßpunkte

3.2.1 Voruntersuchung Hamburg

Aus früheren Jahren lagen in der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt zwar umfangreiche Erfahrungen mit Geräuschemessungen vor, auf die nun zurückgegriffen werden konnte, da jedoch bei der gleichzeitigen Kennzeichnung eines größeren Gebietes neue Schwierigkeiten und besondere Bedingungen zu erwarten waren, wurde es von der Sektion Akustik sehr begrüßt, daß eine Voruntersuchung, die 1966 in Hamburg durchgeführt wurde, Gelegenheit zur Erprobung der Maßverfahren gab.

Die bei der Voruntersuchung gestellte akustische Meßaufgabe war dadurch vereinfacht, daß nur zwei relativ kleine Untersuchungsgebiete zu kennzeichnen waren. Dabei hoben sich in dem vom Fluglärm betroffenen Gebiet die Überflugpegel sehr deutlich aus dem Grundgeräusch ab, während in dem Vergleichsgebiet praktisch kein Fluglärm, sondern nur Grundgeräusch, das überwiegend von dem Kraftfahrzeugverkehr auf den benachbarten Straßen herrührte, vorhanden war.

Wegen der relativ geringen Ausdehnung der Untersuchungsgebiete genügte es, die Messungen nacheinander an 6 Meßpunkten je etwa 1 Woche lang auszuführen. Weitere 6 Meßpunkte wurden für stundenweise Kontrollmessungen vorgesehen. Da neben den Überflugeräuschen auch das Grundgeräusch erfaßt werden sollte, war eine Aufteilung des Pegelbereiches auf zwei Registriergeräte und zwei Spuren eines Magnetbandgerätes erforderlich. Die Meßapparatur für die Hauptmeßpunkte war in einem Meßwagen untergebracht und entsprach in ihrer Funktion der in Abschnitt 3.2.2.1 beschriebenen Anordnung. Für die Kontrollmessungen wurden tragbare, batteriegespeiste Magnetbandgeräte eingesetzt.

Die Ergebnisse (FINKE, 1967) zeigen den sehr großen Streubereich der Überflugpegel, der auch an Meßpunkten nahe am Flughafen 20 dB übersteigt. Die Darstellung des Tagesverlaufes für das Fluglärm-Bewertungsmaß  $\bar{Q}$  (vgl. Abschnitt 3.5.2.2) zeigt den Einfluß des Äquivalenzparameters  $q$  auf die Zahlenwerte. Während der Wert für das Grundgeräusch nur wenig von  $q$  abhängt, ergeben sich für die Fluggeräusch-Werte Unterschiede bis zu 15 dB, wenn  $q$  Werte zwischen 2,5 und 4,5 annimmt (Abbildung 3-1).

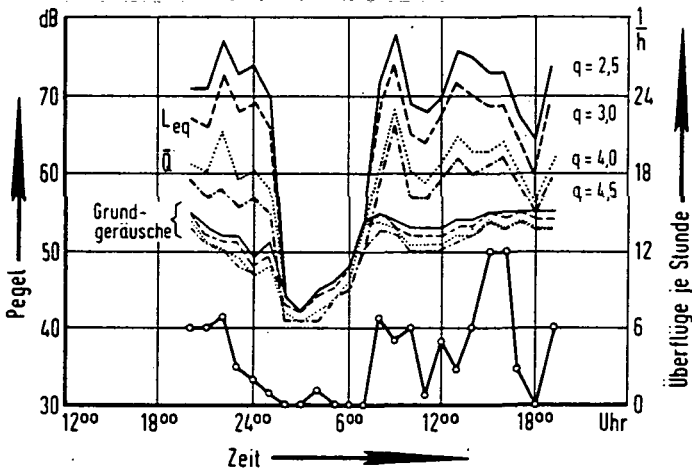


Abb. 3-1  $\bar{Q}$ -Verlauf für Überflug- und Grundgeräusch über 24 Stunden (4 verschiedene Äquivalenzparameter  $q$ )

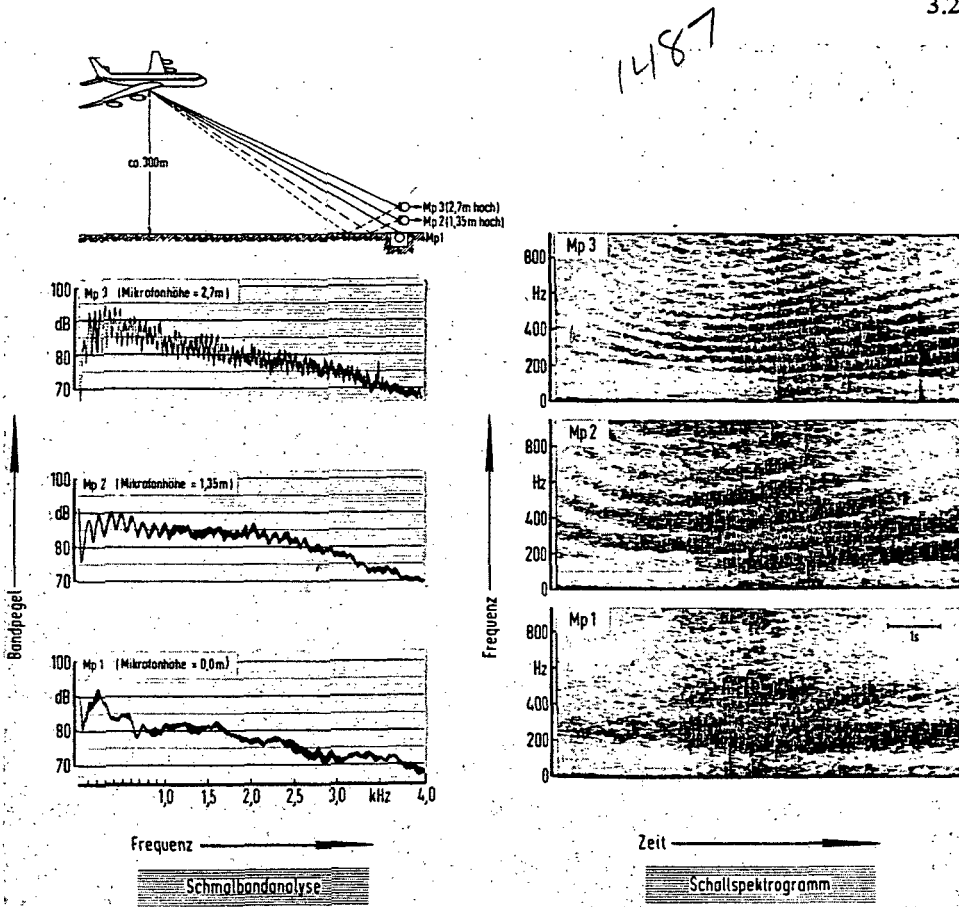


Abb. 3-2 Frequenzanalysen und Schallspektrogramme für gleichzeitige Aufnahmen eines Überfluges in drei verschiedenen Mikrofonhöhen

Die Berechnung von  $\bar{Q}$  geht von dem mittleren Überflugpegel und der mittleren Überflugdauer (Pegel nicht mehr als 10 dB unter dem Überflugpegel) an jedem Meßpunkt aus. In der Berechnungsformel wird für die gesamte Überflugdauer der Überflugpegel eingesetzt. Den Zeiten außerhalb der Überflugdauer wird der Pegel Null zugeordnet. Der  $\bar{Q}$ -Wert kann aber auch aus Pegelverteilungen bestimmt werden, die aus Pegelstichproben im Abstand von z.B. 1 Sekunde mit anschließender Klassierung gewonnen werden. Bei dem Vergleich beider Werte zeigte sich, daß der aus Pegelverteilungen berechnete Wert etwa 5 dB niedriger ausfällt als der Wert, bei dem der Überflugpegel für die volle Überflugdauer eingesetzt wird.

Bei den Messungen war auch die Frage über eine zweckmäßige Mikrophonaufstellung zu beantworten. Bei der Hauptstation befand sich das Mikrophon an einer Stange auf dem Dach des Meßwagens, etwa 5 m über dem Erdboden, während bei den Kontrollmessungen mit den tragbaren Geräten die Mikrophonhöhe nur etwa 1,5 m betrug. Für einen Vergleich verschiedener Mikrophonhöhen wurde der Start-Überflug eines Flugzeuges mit Strahltrieb gleichzeitig mit je einem Mikrophon in den Höhen 2,7 m und 1,35 m

3809

### 3.2.1

sowie unmittelbar am Erdboden, in einer kleinen Vertiefung einer Betonfläche aufgenommen. Das Ergebnis der Frequenzanalysen zeigt Abbildung 3-2. Die Schmalbandanalyse erfaßt einen kleinen Ausschnitt zur Zeit des größten Pegels beim Überflug und zeigt für die Mikrophonaufstellungen über dem Boden unterschiedliche Ton-Komponenten, deren zeitliche Änderung in den einen größeren Zeitausschnitt darstellenden *Schallspekrogrammen* an dem gekrümmten Verlauf der dunkleren Streifen deutlich zum Ausdruck kommt. Der Vergleich mit dem am Boden aufgestellten Mikrophon beweist, daß diese Tonkomponenten nur von der Mikrophonhöhe abhängen und auf Interferenzerscheinungen zwischen dem direkten und dem am Boden reflektierten Schallanteil zurückzuführen sind. Bei der Berechnung des Fluglärmmaßes  $L_{PN}$  (vgl. Abschnitt 3.5.2.8) kann die Tonkorrektur von diesem Effekt beeinflusst werden, während der Gesamtschallpegel  $L_A$  davon unberührt bleibt, solange nicht die Absorptionseigenschaften des Bodens den reflektierten Anteil stark beeinträchtigen.

Insgesamt ergab die Voruntersuchung, daß die Meßapparatur zur umfassenden Beschreibung der Geräuschsituation an bestimmten Punkten geeignet ist und der große Bereich zwischen Überflugpegel und Grundgeräusch zufriedenstellend verarbeitet wird.

### 3.2.2 Vormessungen am Ort der Hauptuntersuchung

Die Voruntersuchung in Hamburg erstreckte sich nur auf ein Gebiet mit starker Fluggeräuscheinwirkung und auf ein Vergleichsgebiet ohne Fluggeräuscheinwirkung. Beide Gebiete waren relativ eng begrenzt, und akustische Bedingungen innerhalb der Gebiete waren verhältnismäßig einheitlich. Im Gegensatz dazu sollte die Hauptuntersuchung in München ein Gebiet mit möglichst unterschiedlichen Fluglärmbelastungen umfassen, um Aussagen über die Abhängigkeit der Stärke der Wirkungen von der Stärke der Geräuscheinwirkung gewinnen zu können.

#### 3.2.2.1 Meßgeräte

Für die Vormessungen wurde eine Apparatur verwendet, wie sie in einfacherer Form schon während der vorangegangenen Untersuchung in der Umgebung des Flughafens Hamburg verwendet worden war. Die Meßeinrichtung arbeitete weitgehend automatisch, sie war in einen Meßwagen eingebaut, auf dessen Dach sich das Meßmikrophon an einer Stange in etwa 5 Metern Höhe befand. Abb. 3-3 zeigt eine Ansicht der in ein Meßgestell eingebauten Apparatur. Die Arbeitsweise geht aus dem Blockschaltbild (Abb. 3-4) hervor. In Vormessungen war das Gebiet, in dem eine deutlich nachweisbare Fluggeräuscheinwirkung vorhanden war, abzugrenzen und der Variations-Bereich der Geräuschkennwerte (z.B. Überflugpegel und Flughäufigkeit) abzuschätzen. Die untere Grenze dieses Bereiches war dabei durch die Unterscheidbarkeit der Fluggeräusche von dem Grundgeräusch und die obere Grenze durch die Überflugpegel in Flughafennähe und durch die Flughäufigkeit gegeben. Die Unterscheidbarkeit bezog sich dabei nicht auf einen kritischen Beobachter, sondern auf die Meßmöglichkeit mit selbsttätig arbeitenden Geräten. Die untere Grenze der zu erfassenden Überflugpegel mußte den Umgebungsbedingungen an den einzelnen Meßstellen angepaßt werden.

Eine tiefere Pegelgrenze als  $L_A = 70$  dB ließ sich nicht überall einhalten, da unterhalb dieser Grenze der Bereich der Verkehrs- und Wohngeräusche begann und eine sichere Trennung der verschiedenen Geräuschanteile mit den selbsttätig arbeitenden Geräten nicht mit Sicherheit möglich war.

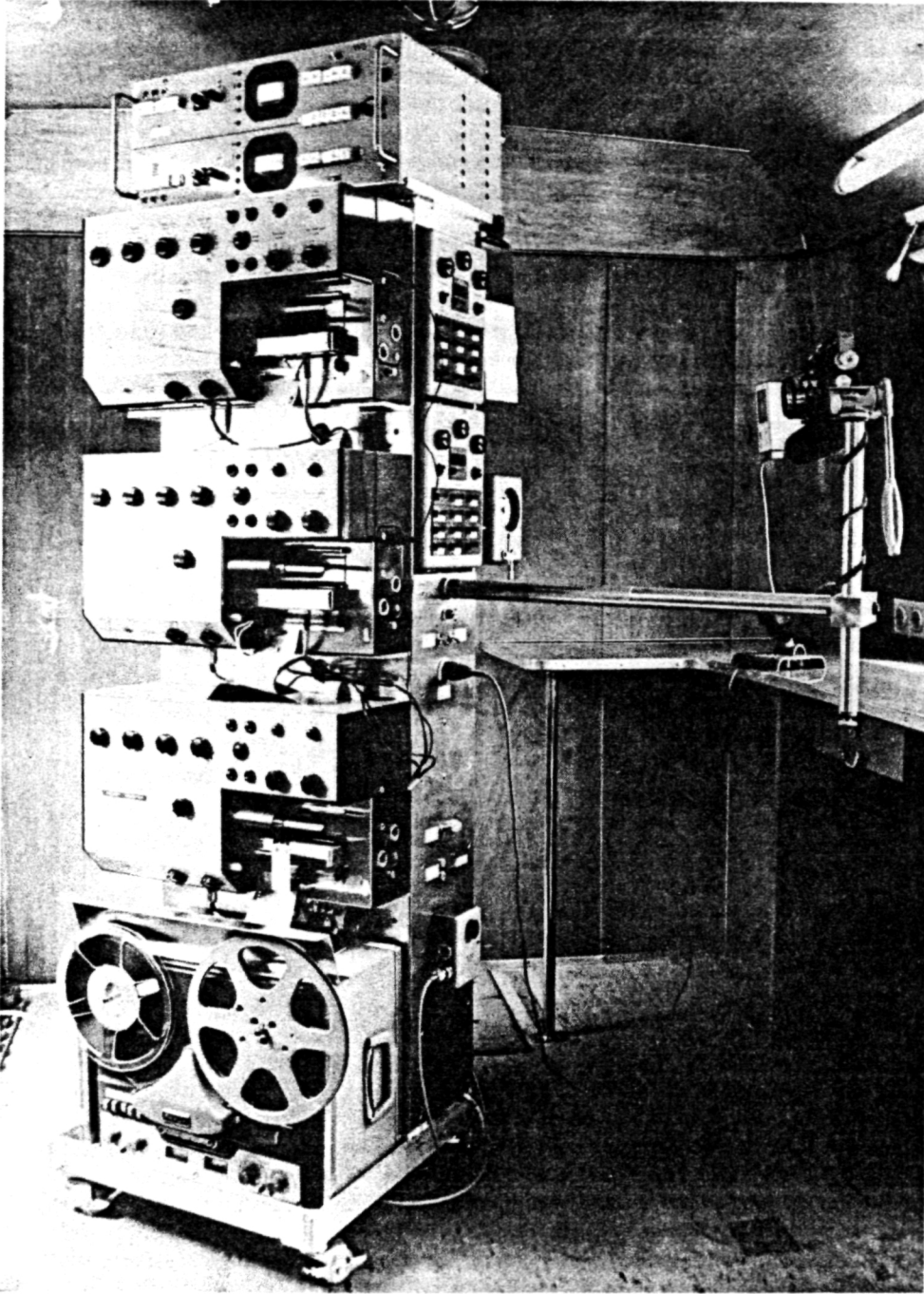


Abb. 3-3 Ansicht der großen Meßapparatur

Der Flughafen München-Riem liegt im Osten der Stadt. Flugzeugan- und abflüge erfolgen in Ost-West-Richtung. Der Flughafen hat nur eine Startbahn; bei Westwindlage erfolgen Landeanflüge von Osten und nur die Starts nach Westen über das künftige Untersuchungsgebiet. Von den nach Westen startenden Maschinen biegen etwa 30 % bald nach dem Überfliegen der Flughafengrenze nach Norden ab. Das Untersuchungsgebiet bekommt dadurch einen Nordzipfel, in dem laute Überflüge – wegen der Nachbarschaft des Flughafens und der noch niedrigen Flughöhe – stattfinden, die aber in ihrer Häufigkeit deutlich geringer als im Westteil sind. Landeanflüge können nicht über den Nordteil stattfinden, die Maschinen landen bei Ostwindlage direkt aus der Westrichtung. Zusätzlich zur Erfassung der Schallpegel im künftigen Untersuchungsgebiet mußten die Vormessungen, also das Verhältnis von Starts und Landungen im Westteil und den Anteil der abbiegenden Starts im Nordteil kennzeichnen. Für das Verhältnis Starts zu Landungen im Westteil lagen Statistiken der Verkehrsabteilung des Flughafens vor, die zur Kontrolle herangezogen wurden; für den Anteil der Nordabbieger standen keine auswertbaren Unterlagen zur Verfügung.

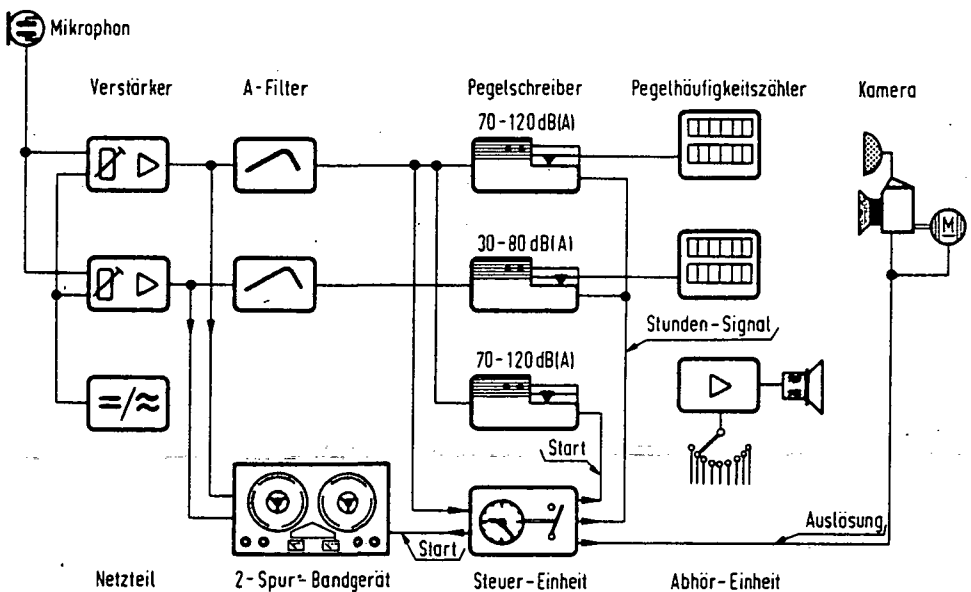


Abb. 3-4 Blocksaltbild der großen Meßapparatur

Die elektrischen Ausgangssignale des Mikrophons wurden gleichzeitig zwei Verstärkern zugeführt, deren Verstärkung sich um 40 dB unterschied. Diese Aufteilung ermöglichte es, einen Pegelbereich von 120 dB (maximaler Überflugpegel) bis herunter zu 30 dB (Grundgeräusche nachts) in zwei Stufen zu erfassen. Die Verstärker speisten über ein Bewertungsfiler zwei Pegelschreiber, die fortlaufend den A-Schallpegel registrierten. Der obere Schreiber registrierte den Bereich 70–120 dB, d.h. nur die Überflüge, und der untere den Bereich der Verkehrs- und Grundgeräusche von 30–80 dB. Die mit den Pegelschreibern verbundenen Pegelhäufigkeitszähler klassierten den Pegelverlauf im 1-s-Takt in Pegelklassen von 5 dB Breite. Der Stand der den Pegelklassen zugeordneten Zählwerke wurde mit einer automatischen Kamera stündlich fotografiert. Zur Auslö-

3867

sung der Kamera diente ein Steuergerät, das zusätzlich noch folgende Aufgaben erfüllte: bei jedem Überflug, dessen Pegel einen bestimmten Wert (z.B. 70 dB) überschritt, wurde ein dritter Pegelschreiber gestartet, der den Pegelverlauf des Überfluges mit einer erhöhten Schreibgeschwindigkeit registrierte; durch diese erhöhte zeitliche Auflösung ließ sich die Dauer der Überflüge sehr gut bestimmen. Gleichzeitig wurde ein Magnetband eingeschaltet, das für spätere Auswertungen (Frequenzanalysen u.ä.) den Überflug und im Anschluß daran zusätzlich für einige Minuten das zu der Zeit herrschende Grundgeräusch auf Magnetband aufnahm. Das Steuergerät setzte zu jeder vollen Stunde – zu dem Zeitpunkt also, in dem der Zählerstand der Klassiergeräte fotografiert wurde – eine Zeitmarkierung auf das Magnetband und auf die Pegelregistrierungen, um später jedes Ereignis auf dem Band und auf den Registrierungen zeitlich einordnen und die Zahl der Ereignisse für jede Stunde angeben zu können. Im oberen Teil von Abbildung 3-5 ist als Beispiel ein Ausschnitt von etwa 10 Stunden Dauer aus den Registrierungen der drei Pegelschreiber dargestellt. Die Zeitmarkierungen und die Marken für die Rückmeldung vom Bandgerät für die Zeit der Bandaufnahme befinden sich am oberen Rand der Registrierstreifen. Einen vergrößerten Ausschnitt für etwa eine Stunde zeigt Abb. 3-6. Die zueinander gehörenden Pegelverläufe der Überflüge auf der Überflugregistrierung und in der zeitgedehnten Darstellung im oberen Teil sind durch Linien verbunden. Im unteren Teil des Diagrammes ist der Verlauf des Grundgeräusches zu erkennen. Diese Apparatur stand während zweier Meßreihen im Frühjahr und Sommer 1968 jeweils für mehrere Tage an 5 Meßorten im Untersuchungsgebiet. Mit ihr konnten der tageszeitliche Verlauf der Häufigkeit der Überflüge, das Verhältnis von Start und Landungen und der Anteil der Nordabbieger ermittelt werden. Um ein großes Gebiet pegelmäßig zu kennzeichnen, d.h. Gebiete durch Linien gleichen Schallpegels abzugrenzen, ist sie aber zu schwerfällig. Zu Zeiten größter Flughäufigkeit wurden deshalb mit zwei bis drei kleinen tragbaren Präzisionsschallpegelmessern und Magnetbandgeräten Parallelmessungen an 19 rasterartig über das künftige Untersuchungsgebiet und den Teil östlich des Flughafens verteilten Meßpunkten vorgenommen. Die Geräte waren batteriebetrieben und erlaubten eine kontinuierliche Aufnahme von Schalleignissen für etwa eine Stunde.  
(Meßorte: siehe Annexband, A.3.2.1).

### 3.2.2.2 Abgrenzung und Unterteilung des Untersuchungsgebietes

Die Vormessungen bestätigten die Statistiken des Flughafens, nach denen die Überflugereignisse westlich des Flughafens zu 2/3 aus Starts und zu 1/3 aus Landungen bestehen; von den Starts wiederum sind max. 1/3 Nordabbieger. Entsprechendes – mit Ausnahme der Abbieger – gilt für die östliche Seite des Flughafens, auf der sich ebenfalls mehrere Meßpunkte befanden. Unter Berücksichtigung dieser Häufigkeiten wurden die Start- und Landeüberflugpegel für jeden Meßpunkt gemittelt. Einfache grafische Verfahren lieferten dann die Pegelverläufe quer und längs zu den Flugschneisen und schließlich die Linien gleichen mittleren Überflugpegels (Konturen). Abb. 3-7 zeigt die Linien für die mittleren Überflugpegel 75; 85 und 95 dB (A) mit den eingezeichneten Meßpunkten der späteren Hauptmessung. Das künftige Untersuchungsgebiet sollte innerhalb der Kontur 75 liegen, also ein Gebiet umfassen, in dem der mittlere Überflugpegel höher als  $L_A = 75$  dB ist. Das Gebiet mit dem höchsten Überflugpegel, das noch besiedelt ist, liegt fast unmittelbar an der Flughafengrenze; als mittlerer Überflugpegel ergab sich aus der Vormessung 107 dB (A).

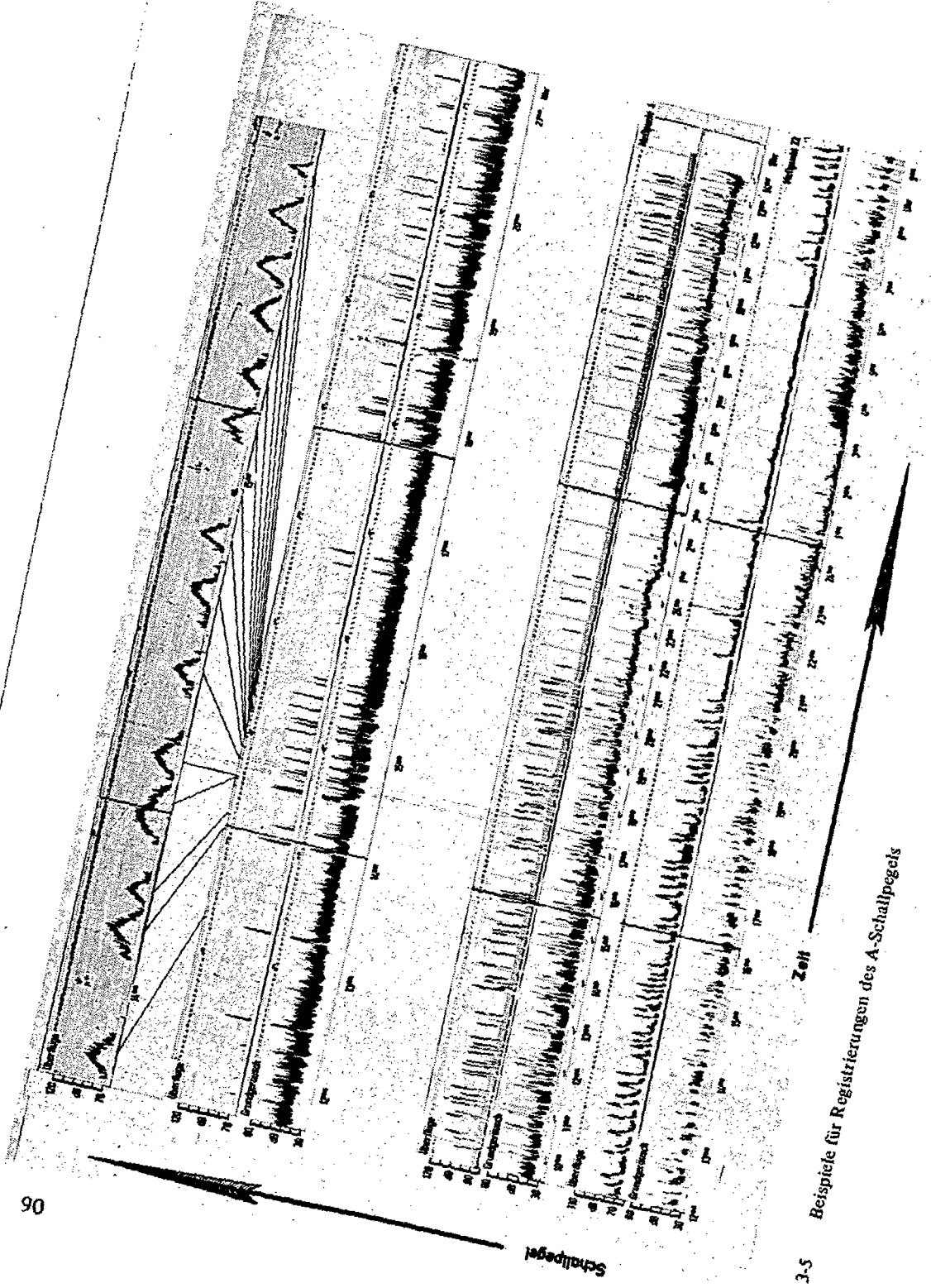


Abb. 3-5 Beispiele für Registrierungen des A-Schallpegels



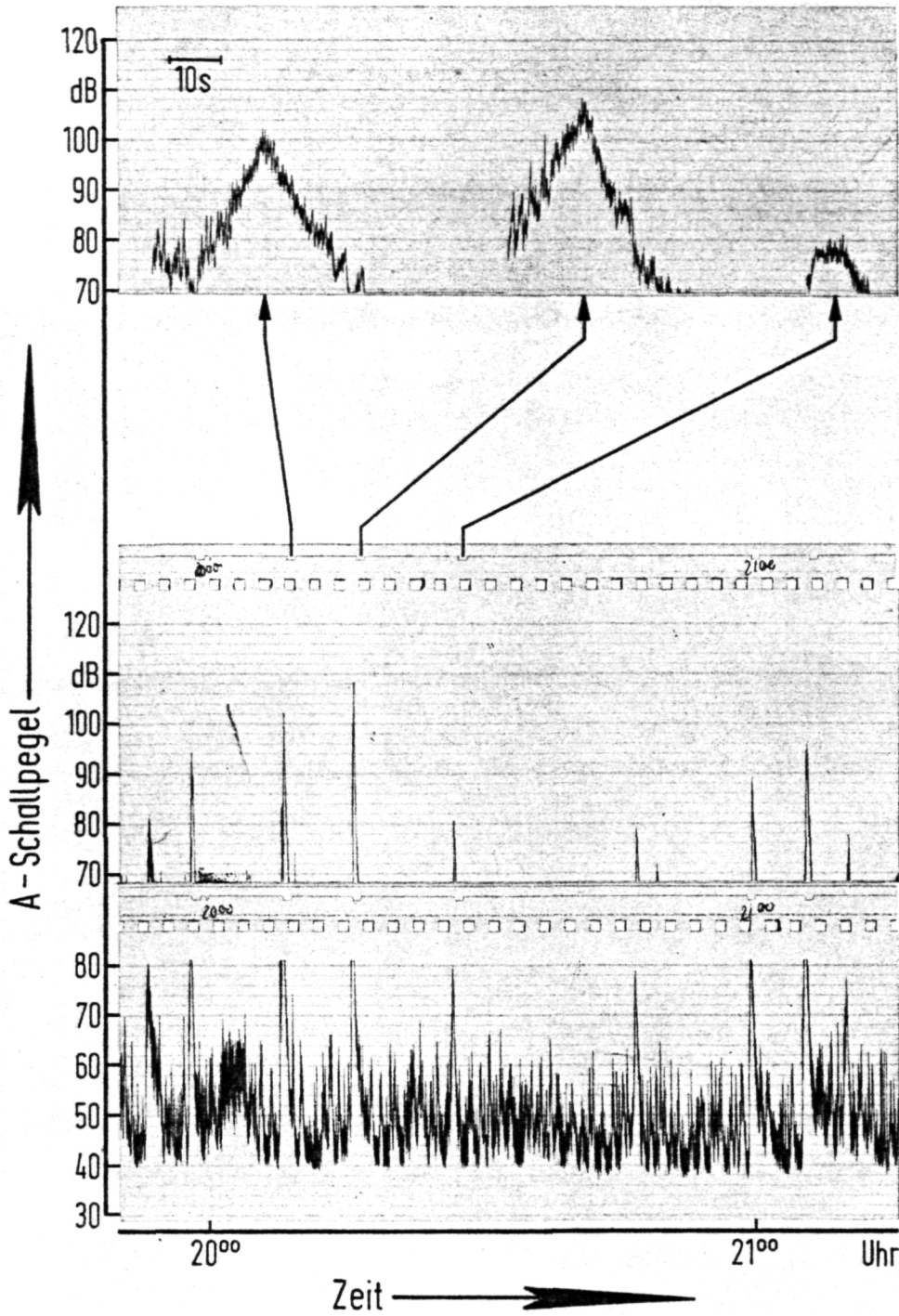


Abb. 3-6 Ausschnitt aus den Registrierungen der großen Meßapparatur

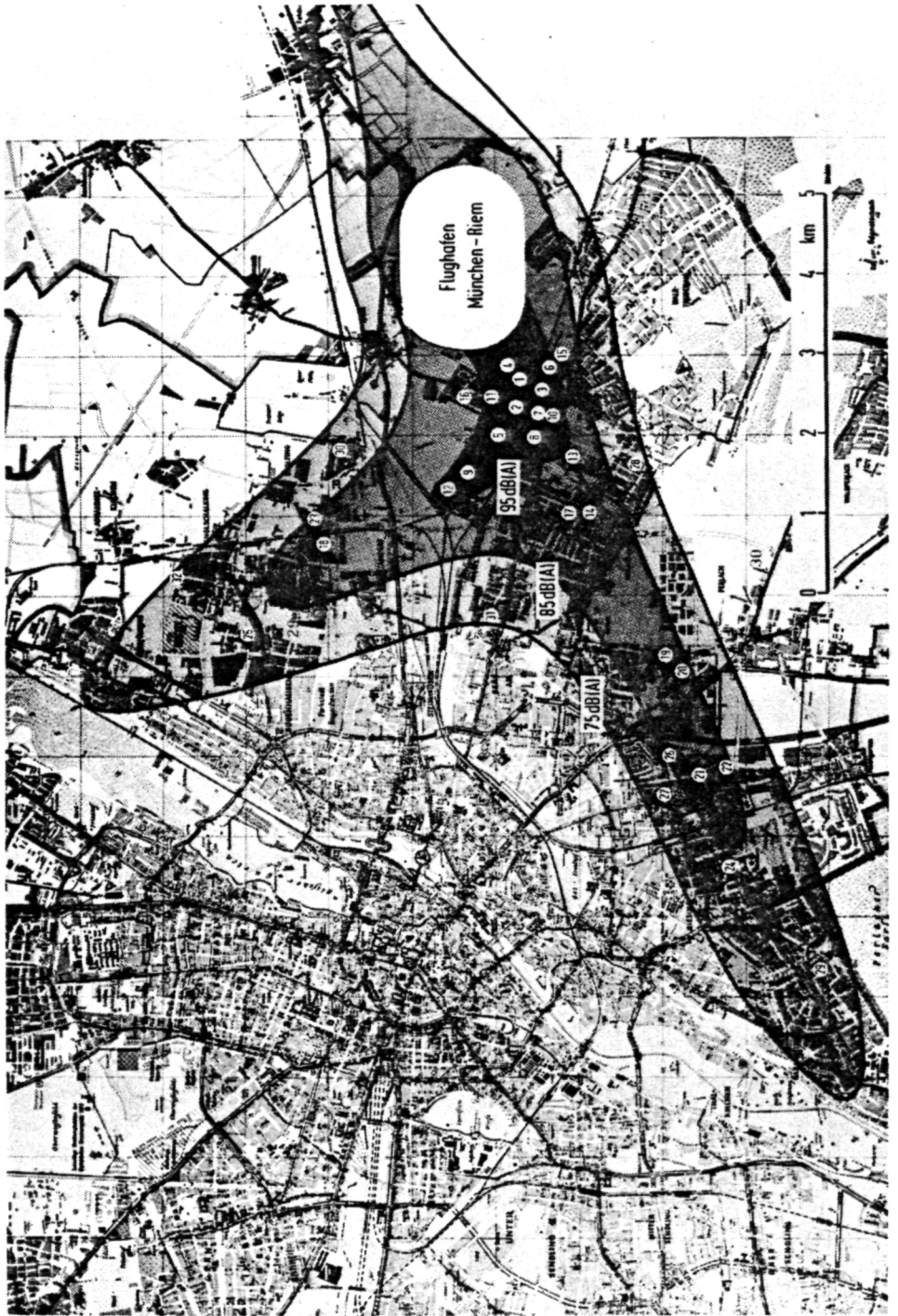


Abb. 3-7 Karte des Untersuchungsgebietes mit Meßpunkten

3867

Da sich die mittleren Überflugpegel aus Meßwerten mit einem Schwankungsbereich von etwa 20 dB berechnen, war für die Konturen eine tiefere Grenze als  $L_A = 75$  dB nicht sinnvoll angebar, denn die Einzelwerte, die diese Grenze bestimmten, lagen am unteren Ende des Schwankungsbereiches bereits im Bereich der Verkehrsgeräusche und waren daher mit den selbsttätig arbeitenden Meßgeräten nicht immer sicher zu erfassen. Das Untersuchungsgebiet innerhalb der 75-dB Kontur hatte eine West-Ost-Längsausdehnung von 11 Kilometern; der Nordteil war etwa 7 Kilometer lang. Da der Nordteil ausschließlich Startüberflüge enthält, ist er deutlich breiter als der Westteil, wo die Linien gleichen mittleren Überflugpegels eine rechnerische Zusammenfassung von Starts und Landungen im Verhältnis 2 : 1 darstellen.

Zur Kennzeichnung des Gebietes wurden nur die Überflugpegel als vermutlich stärkste Einflußgrößen verwendet, ohne Berücksichtigung weiterer Parameter wie Überflugdauer oder Häufigkeit und ohne Verwendung zusammenfassender Beurteilungsmaße wie Q oder NNI (Vgl. Abschnitt 3.5). Es sollten – ebenso wie in den ersten Stufen der interdisziplinären Auswertungen – nur grundlegende akustische Meßwerte verwendet werden, ohne Vorwegnahme von Kombinationen und Gewichtungen einzelner Parameter.

### 3.2.3 Auswahl der Cluster und Meßpunkte

#### 3.2.3.1 Cluster

Durch die stichprobenartigen Vormessungen wurde das Untersuchungsgebiet zwischen der Kontur 107 und der Kontur 75 abgegrenzt. In diesem etwa 32 km<sup>2</sup> großen Gebiet wohnen mehr als 100 000 Einwohner. Der Plan für die Hauptmessung sah vor, das Untersuchungsgebiet mit einer größeren Zahl von Meßpunkten kurz nach Beendigung der Untersuchungsprogramme der anderen Sektionen akustisch über einen längeren Zeitraum zu kontrollieren, um bestimmten Gebietsteilen akustische Kennwerte zuordnen zu können. Der mittlere Überflugpegel umfaßte bei den Vormessungen zwischen der Kontur 75 und der Kontur 107 einen Pegelbereich von 32 dB. Das Gebiet zwischen diesen Konturen wurde durch Interpolation in 32 je 1 dB breite Streifen eingeteilt. Diese Einteilung sollte natürlich nicht eine akustische Kennzeichnung des Gebietes mit einer Meßunsicherheit von 1 dB darstellen, sondern war lediglich als Hilfe bei der Auswahl der künftigen Meßpunkte gedacht. Die akustische Kennzeichnung des Gebietes erfolgte später unabhängig von den berechneten Konturen allein aus den Ergebnissen der Hauptmessung.

Die Schar der 32 Linien gleichen mittleren Überflugpegels wurde über eine Einwohnerdichtekarte gelegt. Mit einer durch Gesichtspunkte der statistischen Stichprobennahme bestimmten Auswahlprozedur wurde in jedem der 1 dB breiten Streifen ein 100 Einwohner repräsentierender Bereich ausgelost (vgl. Abschnitt 2.3.4). In jedem der so ausgewählten Bereiche sollten die dort wohnenden Personen – natürlich selektiert nach weiteren statistischen Auswahlprinzipien – in das Untersuchungsprogramm aufgenommen werden. Für diese Bereiche und die dort wohnende Personengruppe, wurde die englische Bezeichnung Cluster gewählt.

Bei der Stichprobenziehung fiel kein Cluster auf die Ostseite des Flughafens. Die Cluster wurden nummeriert; das nach den Vormessungen lauteste Cluster (zwischen den Konturen 106 und 107) bekam Nummer 1, das leiseste (zwischen den Konturen 75 und 76) entsprechend Nummer 32.

### 3.2.3.2

3570

#### 3.2.3.2 Meßpunkte

Die ausgelosten Clustergebiete wurden bei einer Ortsbesichtigung zusammen mit der Organisatorischen Sektion endgültig festgelegt durch Auswahl einer Gruppe von Häusern möglichst gleicher Art und in möglichst ähnlicher Orientierung zum Flugpfad sowie zu den vorbeiführenden Hauptstraßen. Damit sollte eine weitgehend gleichartige akustische Situation innerhalb eines Clusters sichergestellt werden. Bei der Auswahl wurde weiter darauf geachtet, daß die Cluster die Konturen des zugehörigen Pegelbereiches von 1 dB Breite möglichst wenig überschreiten. Dies hatte zur Folge, daß besonders die seitlich des Flugplatzes liegenden Cluster eine mehr längliche, den Konturen parallel liegende Form bekamen, da der mittlere Überflugpegel in Richtung der Konturen konstant ist, sich senkrecht zu ihnen aber stark ändert. Dies gilt besonders für den flughafennahen Teil, in dem die Konturen sehr eng liegen.

Etwa in die Mitte der so endgültig bestimmten Cluster wurde der Meßpunkt für die akustischen Messungen gelegt. Der genaue Aufstellungsort der akustischen Meßstation wurde erst nach Abschluß der Interviews der Sozialwissenschaftlichen Sektion festgelegt, damit die Probanden nicht vorher mit Art und Thematik der Untersuchung bekannt wurden. Die Meßstation wurde dann möglichst auf dem Grundstück einer Person aufgestellt, die an der Untersuchung teilgenommen hatte. Die Aufstellungsorte waren in der Regel Gärten, oft Garagen- und Schuppendächer und bei Clustern, die aus einem oder mehreren Hochhäusern bestanden, die Hochhausdächer. Abschirmungen in Richtung Flugpfad und Reflexionsflächen wurden nach Möglichkeit vermieden.

Verkehrsgerausche von den umliegenden Straßen sollten in einer für alle Anwohner repräsentativen Weise erfaßt werden. Dieser Gesichtspunkt hatte jedoch gegenüber dem Fluglärm die geringere Priorität, und es gelang nicht bei allen Clustern (die oft von verschiedenen Straßen durchzogen waren), Verkehrslärmwerte zu ermitteln, die für alle Probanden dieser Cluster gültig sein konnten (vgl. Abschnitt 4.3.2). Abb. 3-8 zeigt als Beispiel Aufstellungsorte der Meßstationen an verschiedenen Meßpunkten.

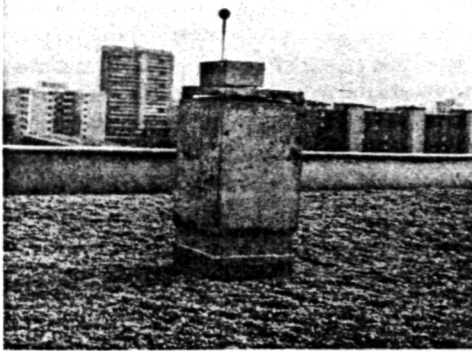
### 3.3 Ablauf der Messungen

Die Hauptuntersuchung in München begann im Frühjahr 1969 mit den Interviews der Sozialwissenschaftlichen Sektion und den Laboruntersuchungen der Psychologischen, der Arbeitsphysiologischen und der Medizinischen Sektion. Etwa am Ende dieser Untersuchungen, Mitte Mai, begannen die akustischen Messungen, die sich kontinuierlich mit nur kleinen Pausen an den Pfingsttagen und an Tagen mit wolkenbruchartigen Regenfällen über 7 Wochen bis Ende Juni 1969 erstreckten.

#### 3.3.1 Technisches Konzept und Zeitplan

Für die gleichzeitige Messung an allen 32 Meßpunkten der Cluster wären 32 Meßstationen mit selbsttätiger Aufzeichnung der Geräuscheignisse erforderlich gewesen. Um den technischen und den bedienungsmäßigen Aufwand einzugrenzen, wurde ein Konzept entwickelt, das es erlaubte, mit 11 Meßstationen, die täglich zyklisch getauscht wurden, die Geräuschverhältnisse in allen Clustern hinreichend gut zu erfassen. Auf diese Weise waren

MP 26



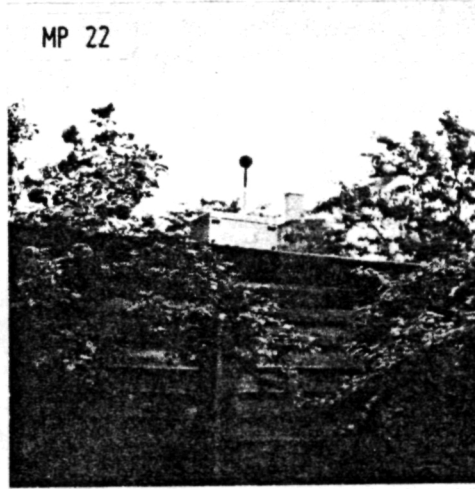
MP 25



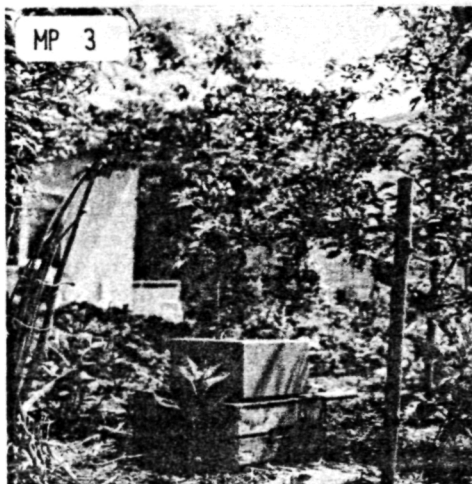
MP 24



MP 22



MP 3



MP 12

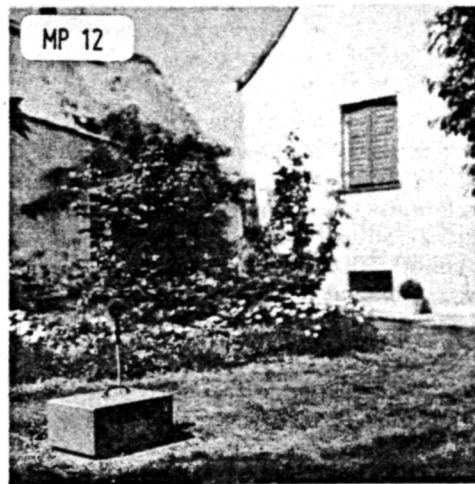


Abb. 3-8 Ansichten einiger Meßpunkte

3867

### 3.3.1

täglich 11 (am jeweils dritten Tag nur 10) Cluster mit Meßstationen versehen – und jedes Cluster kam an jedem dritten Tag an die Reihe.

Die 32 Cluster wurden für den täglichen Wechsel in drei Gruppen geteilt. Jede Gruppe enthielt Cluster aus allen Teilen des Untersuchungsgebietes, um an jedem Tag ein möglichst großes Gebiet zu erfassen. Benachbarte Cluster wurden also nicht gleichzeitig, sondern an verschiedenen Tagen mit Meßstationen besetzt (Wechselplan s. Annexband, A.3.3.1). Jede einzelne Meßstation wurde außerdem so eingesetzt, daß sie möglichst selten am gleichen Meßpunkt stand. Dadurch wurden etwa mögliche systematische Fehler einer Apparatur über ein größeres Gebiet verteilt und bekamen bei der Mittelung innerhalb eines Clusters nur geringes Gewicht, so daß die Werte einzelner Cluster kaum systematische Gerätefehler enthielten.

Es wurde angestrebt, jeden Wochentag zweimal bei der Messung zu erfassen. Daraus errechnete sich eine Gesamtmeßzeit von 42 Tagen. Diese lange Meßzeit – im Vergleich zu 32 gleichzeitig gemessenen Clustern über 14 Tage – hatte den Vorteil, daß sich die Wettereinflüsse besser ausglich: das Start-Landeverhältnis hängt bekanntlich direkt von der Windrichtung ab, die sich aber meist nur in mehrtägigen Zyklen ändert. Der Mittelwert des Start-Landeverhältnisses während der sechswöchigen Meßzeit entsprach dem der Vorjahresstatistik des Flughafens. Damit waren die Wirkungen von Wetter und wechselndem Flugbetrieb weitgehend ausbalanciert.

An die Geräte der Meßstationen wurden folgende Anforderungen gestellt:

1. Die Aufzeichnungen der Meßstationen sollten Angaben liefern über  
Überflugpegel  
Überflugdauer  
Flughäufigkeit  
Tageszeit der Überflüge  
Grundgeräusch
2. Als Meßgröße für den Schallpegel war von dem A-bewerteten Schalldruckpegel  $L_A$  auszugehen, um den Meßaufwand gering zu halten.
3. Die Geräte sollten leicht beweglich sein, um sie auch an schwer zugänglichen Orten aufstellen zu können.
4. Für die Stromversorgung waren Batterien vorzusehen.
5. Die Geräte sollten mindestens 24 Stunden ohne Wartung arbeiten können.
6. Die Geräte waren mit einem Gehäuse gegen Wettereinflüsse und gegen unbefugte Eingriffe zu schützen.

Da die Unterbringung von Registriergeräten in den Meßstationen aus Gründen des Gewichtes, der Größe sowie der elektrischen Leistungsaufnahme unzweckmäßig erschien, sah das Meßkonzept vor, die Geräusche zunächst auf Magnetband zu speichern und die spätere Auswertung in das Laboratorium zu verlagern. Der zusätzliche Zeitaufwand erschien tragbar, da voraussehbar war, daß auch die Auswertungsarbeiten der anderen Sektionen längere Zeit benötigen würden, bevor deren Daten zu den akustischen Daten in Beziehung gesetzt werden konnten.

Zur Aufnahme eines vollen Meßtages mit 24 Stunden standen Magnetbandgeräte mit einer maximalen Aufzeichnungsdauer von nur 3 Stunden zur Verfügung. Diese Einschränkung der Aufzeichnungsdauer erforderte folgendes Aufnahmeverfahren:

1. mit Hilfe eines akustischen Schalters mit einstellbarer Schaltschwelle wurden nur Ereignisse mit bestimmten Mindestpegeln (Überflüge) aufgenommen,
2. vom Grundgeräusch, dessen Mittelwert sich nur sehr langsam ändert, wurden nur Stichprobenwerte auf das Band aufgenommen,

2082

3. eine Zeituhr startete das Bandgerät zu jeder vollen Stunde und setzte eine Zeitmarke auf das Band, da sonst nur die Reihenfolge, aber nicht der Zeitpunkt der Überflüge wegen des diskontinuierlichen Bandlaufes auswertbar ist.

Damit standen für die erwarteten maximal 120 Überflüge pro Tag mit je 40 Sekunden Aufnahmedauer etwa 1,3 Stunden Bandlaufzeit und für die Stichproben des Grundgeräusches 1,7 Stunden Laufzeit zur Verfügung. Bei minütlicher Stichprobennahme konnten dann je 4 Sekunden Grundgeräusch aufgenommen werden; somit ergab sich ein Zeitraffungsverhältnis von 1 : 15, d.h. 4 Sekunden Aufnahme und danach 56 Sekunden Pause.

### 3.3.2 Aufbau und Arbeitsweise der Meßstationen

Für das Untersuchungsprogramm wurden 12 Meßstationen gebaut, von denen 11 (10) täglich im Einsatz waren und die zwölfte, die in den Wechselzyklus einbezogen war, als Reserve diente und für Wartung und Überprüfung zur Verfügung stand. Die Meßstationen waren leicht transportabel und netzunabhängig. Sie waren in ein Blechgehäuse eingebaut, das Schutz vor unbefugter Öffnung und vor Witterungseinflüssen bot. Das Meßmikrofon befand sich an einem Schwanenhals außerhalb des Gehäuses und war durch eine imprägnierte Schaumstoff-Windhaube geschützt. Einige Meßstationen an verschiedenen Meßpunkten zeigt Abb. 3-8.

Den Aufbau der Meßstationen erläutert das in Abb. 3-9 gezeigte Blockschaltbild. Ähnlich wie bei der für die Vormessungen eingesetzten Apparatur (vgl. Abschnitt 3.2.2.1) wurde der Verstärkungsweg in zwei Kanäle mit unterschiedlicher Verstärkung aufgeteilt, um den großen Pegelbereich zwischen Grundgeräusch und Überfliegergeräusch verarbeiten zu können.

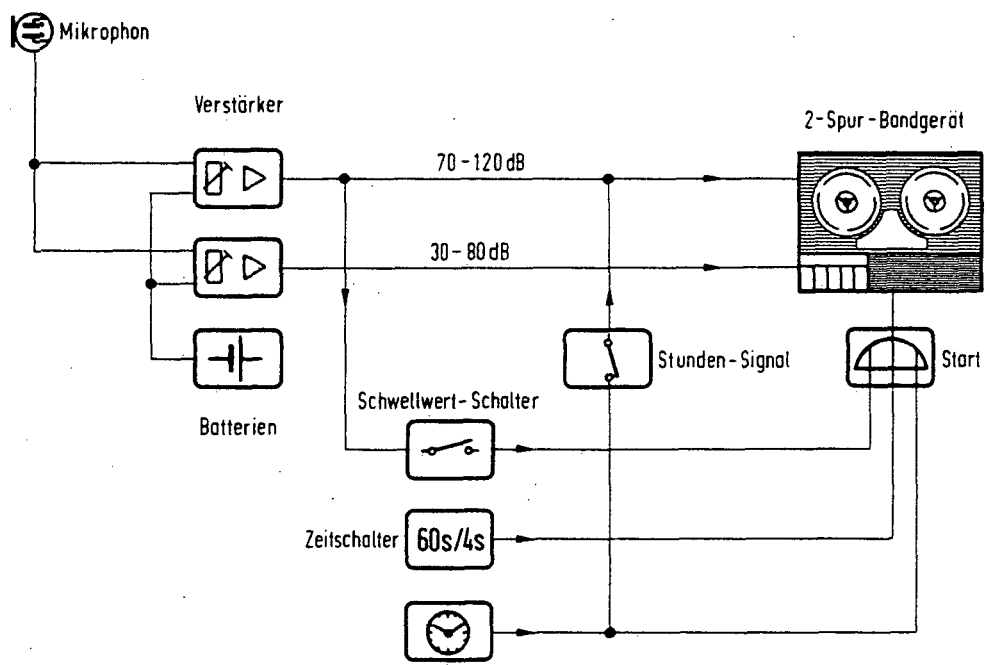


Abb. 3-9 Blockschaltbild der Meßstation

3867

### 3.3.2

Für die Aufnahme der akustischen Signale fiel die Entscheidung zugunsten eines Hochfrequenz-Kondensatormikrophons (Typ MKH 110 der Fa. Sennheiser). Dieses Mikrophon bot als Vorteile sehr gute Übertragungseigenschaften, keine Polarisierungsspannung an der Mikrophonmembran und damit Vermeidung der Isolationsschwierigkeiten bei feuchtem Wetter, kleinen Innenwiderstand und vor allem sehr geringe elektrische Leistungsaufnahme. Gerade die letztgenannte Eigenschaft war besonders wichtig, da das Mikrophon immer eingeschaltet sein mußte, und erst die danach folgenden Geräte nach Bedarf an- und abgeschaltet werden konnten.

Die Mikrophonausgangsspannung gelangte über zwei in ihrer Verstärkung um 40 dB unterschiedlich eingestellte Verstärker auf ein 2-Spur-(Stereo-)Bandgerät. Der vom Signal des Überflugkanals (Pegelbereich 70-120 dB) gesteuerte Schwellwertschalter startete das Bandgerät bei Überschreiten einer Pegelschwelle zwischen 65 und 80 dB. Während der Aufnahme des Schallereignisses wurde gleichzeitig der dem Grundgeräusch zugeordnete Kanal (Pegelbereich 30-80 dB) kurzgeschlossen, um Rückwirkungen auf den Überflugkanal zu verhindern, die anderenfalls durch die starke Übersteuerung der Grundgeräuschspur auf dem Magnetband auftreten würden. Das Abschalten der Aufnahme erfolgte etwas verzögert nach Unterschreiten des eingestellten Schwellwertpegels. In Zeiten, in denen kein Überflug stattfand, startete der Zeitschalter alle 60 Sekunden für 4 Sekunden eine Bandaufnahme des Grundgeräusches. Zu jeder vollen Stunde schaltete eine Zeituhreine Markierungsfrequenz für einige Sekunden mit hohem Pegel zur Aufnahme auf beide Spuren des Bandes. Als Magnetbandgeräte wurden wegen geringen Gewichtes, kleiner Abmessungen und niedriger elektrischer Leistungsaufnahme Geräte vom Typ UHER 4200 Report Stereo verwendet. Die Bandgeschwindigkeit von 4,75 cm/s lieferte einen ausreichend ebenen Frequenzgang bis etwa 6 kHz. Da als Meßgröße nur der A-bewertete Schalldruckpegel  $L_A$  benötigt wurde, reichte dieser Frequenzbereich aus, denn aus Abb. 3-10 und 3-11 geht hervor, daß die Spektren der strahlgetriebenen Verkehrsflugzeuge oberhalb 5 kHz keine Geräuschanteile mehr enthielten, die den Meßwert von  $L_A$  wesentlich beeinflussen konnten. (Die Spektren wurden aus Messungen mit der großen Apparatur (Abschnitt 3.2.2.1) gewonnen.)

Als Beispiel für die Ergebnisse zweier 24-Stunden-Messungen zeigt Abb. 3-5 im unteren Teil die Registrierungen der Überflug- und Grundgeräuschaufnahmen für Meßpunkt 4 und 22. Die einzelnen Überflüge sind gut einzeln auswertbar, getrennt durch die Stundenmarkierungen der Zeituhr. Der Verlauf des Grundgeräusches mit den Tiefstwerten in den Nachtstunden ist deutlich erkennbar. Überflüge in den Nachtstunden traten nur selten auf. Ein Tag- und ein Nachtausschnitt aus diesen Registrierungen ist auf der Abbildung 3-12 dargestellt. Die kurzen Spitzen am unteren Rand der Überflugregistrierungen sind Schaltimpulse beim Einschalten der minutlichen Grundgeräuschstichproben; sie würden, falls erforderlich, eine minutengenaue zeitliche Einordnung der Überflüge ermöglichen. Die Meßstationen arbeiteten sehr zuverlässig. Es traten nur vereinzelt Ausfälle durch technische Defekte oder eingedrungene Regenwasser auf. Eine Station wurde durch Kinder gewaltsam aufgebrochen.

### 3.3.3 Verlauf der Messungen

Nach Abschluß der Untersuchungsreihen der anderen Sektionen wurde in jedem Cluster bei einer Versuchsperson über die Aufstellung einer Meßstation auf einem umzäunten Grundstück, Garagendach oder Schuppen verhandelt. Die Genehmigung zur Aufstellung



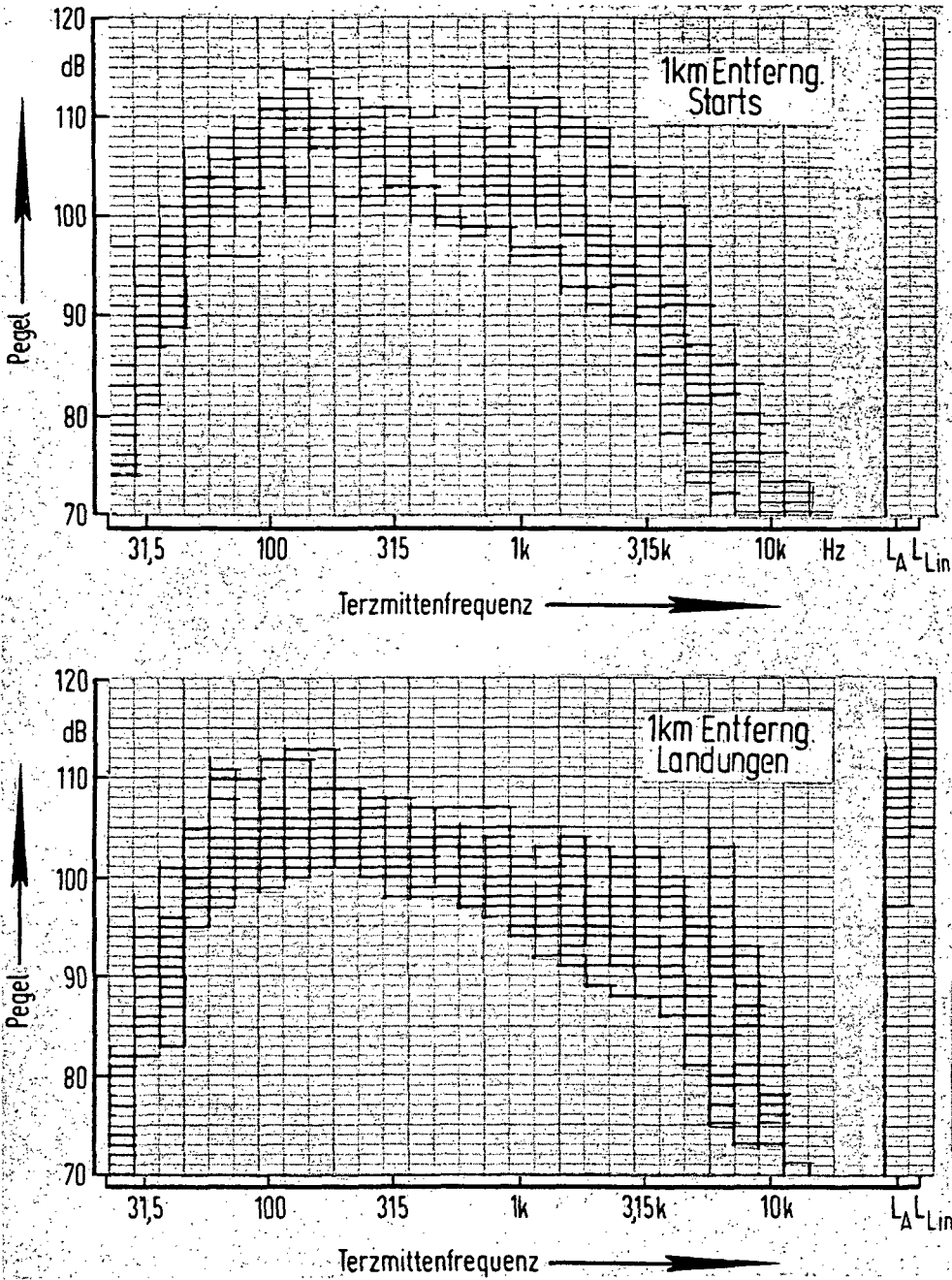


Abb. 3-10 Terzpegeldiagramme von Überflügen (Starts und Landungen) in 1 km Abstand vom Flughafen

3.3.3

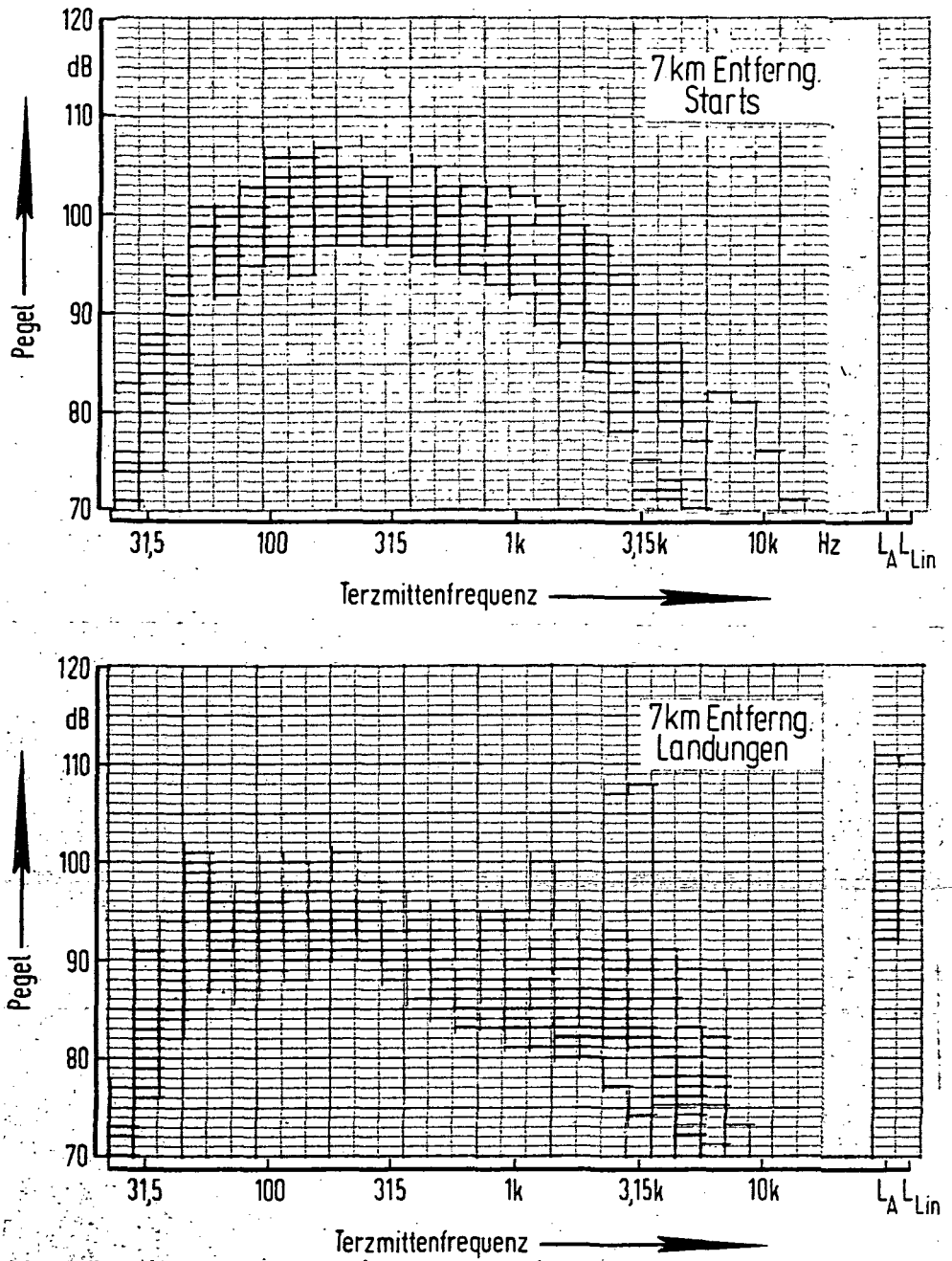


Abb. 3-11 Terzpegeldiagramme von Überflügen (Starts und Landungen) in 7 km Abstand vom Flughafen

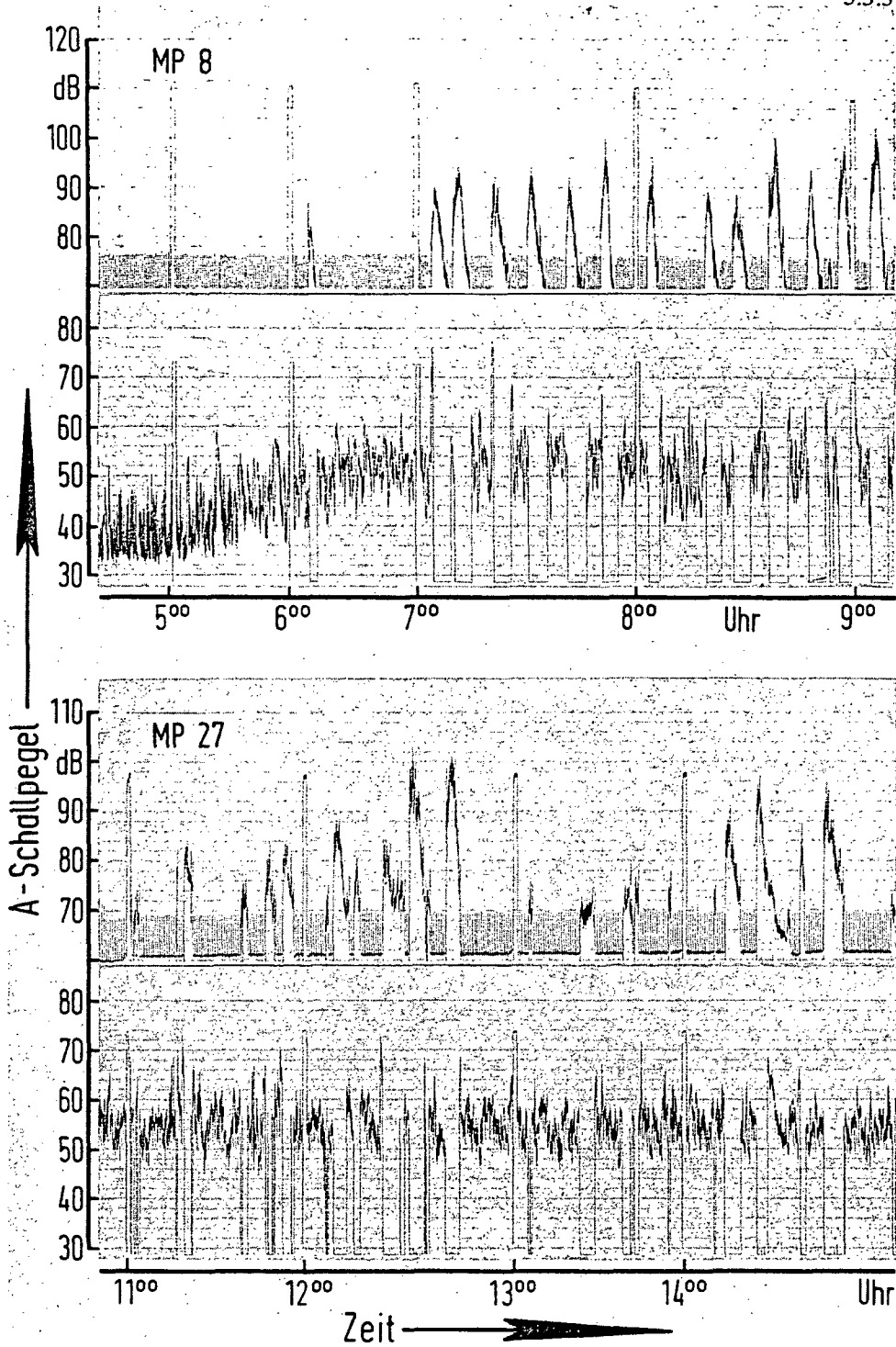


Abb. 3-12 Ausschnitte aus den Registrierungen der Meßstation für Meßpunkt 8 und 27

3867

### 3.3.3

der Apparaturen wurden in der Regel gern erteilt, dabei war vorteilhaft, daß für Duldung der Aufstellung am Ende der Untersuchung eine kleine Geldprämie ausgezahlt werden konnte.

Die Stationen wurden jeweils vormittags gewechselt, d.h. an die neuen Meßpunkte gebracht. Dabei mußten 11 Stationen abgeholt und dann auf neue Meßpunkte nach festgelegtem Schema verteilt werden. Dies ergab für den Mietwagen täglich eine Fahrstrecke bis zu 100 Kilometern. Bei jedem Wechsel wurden neue Magnetbänder aufgelegt und die notwendigen Ansagen und Pegeltöne aufgenommen. Der Tausch der Batterien und Akkus folgte vorher festgelegten Plänen.

Zusätzlich zu den akustischen Messungen wurden, z.T. in Zusammenarbeit mit der Organisatorischen Sektion \* eine Reihe von Kontrollvariablen erhoben. Es waren dies flugstatistische Werte der Verkehrsabteilung des Flughafens über das Verhältnis der Start- und Landerichtungen, über den Anteil der verschiedenen Flugzeugmuster und über die täglichen Häufigkeiten für die Zeit vor und während der Untersuchung. Für den Zeitraum der Untersuchung wurden die wichtigsten Wetterdaten von der meteorologischen Station des Flughafens übernommen. Ferner wurde eine vollständige Liste aller Probandenwohnungen erstellt, die alle Haus- und Wohnungseigenschaften (Richtung der Wohnräume zur Flugschneise, Größe und Art der Fenster, Geschoßzahl, Terrassen und Gärten u.ä.) enthielt und durch Fotos fast aller Wohnungen vervollständigt wurde. Die zusätzlichen Daten sind teils zu Kontrollzwecken herangezogen worden (vergl. 8.3.5).

## 3.4 Auswertung und Clusterkennwerte

### 3.4.1 Datengewinnung

Von den während der Untersuchung mit den Meßstationen aufgenommenen Magnetbändern zeichneten Registriergeräte (Pegelschreiber) im Labor den A-bewerteten Schalldruckpegel auf. Die Schreibgeschwindigkeit der Registriergeräte war so eingestellt, daß sie etwa der Anzeigedynamik eines Schallpegelmessers in Stellung „FAST“ entspricht (vgl. DIN 45633, Bl. 1). Der Papiervorschub – als Zeitachse – war so gewählt, daß einer Bandlaufzeit von rund drei Stunden, d.h. dem auf diese Zeit komprimierten Verlauf eines 24-Stunden-Tages mit allen Überflügen, eine Registrierstreifenlänge von 1 Meter entsprach. Die einzelnen Überflüge waren auf den Registrierstreifen gut getrennt und einzeln auswertbar (Abb. 3–5). Der gleichzeitige Betrieb von vier Auswertkanälen verkürzte die Auswertezeit beträchtlich. Um die Reduzierbarkeit zu steigern und zusätzliche Fehlerquellen zu vermeiden, wurde jedes Magnetband nur auf dem Magnetbandgerät abgespielt, auf dem es auch aufgenommen worden war.

In der ersten Stufe der Auswertung wurden nur die aus den Registrierstreifen unmittelbar ablesbaren akustischen Größen wie Überflugpegel, Dauer und Häufigkeit verwendet. Damit sollte das vorzeitige Einbringen von Hypothesen in zusammenfassenden Beurteilungsmaßen vermieden und der Weg zum Erkennen neuer Zusammenhänge offengehalten werden.

Der Überflugpegel wurde als A-bewerteter Gesamtschallpegel angegeben, da der begrenzte Frequenzbereich der Magnetbandaufnahmen das Berechnen des Beurteilungsmaßes  $L_{PN}$  (s. 3.5.2.8) nicht erlaubte und der Aufwand für das Bestimmen des Überflugpegels in Oktav- oder Terzbereichen zu groß erschien. Die A-Bewertung wird außerdem in zahlreichen Untersuchungen zur Kennzeichnung der Geräuschsituation verwendet; auf diese Weise sind die Voraussetzungen gegeben, die hier angegebenen Werte mit den Angaben anderer Untersuchungen vergleichen zu können.

\* Dipl.-Psych. B. Rohrmann

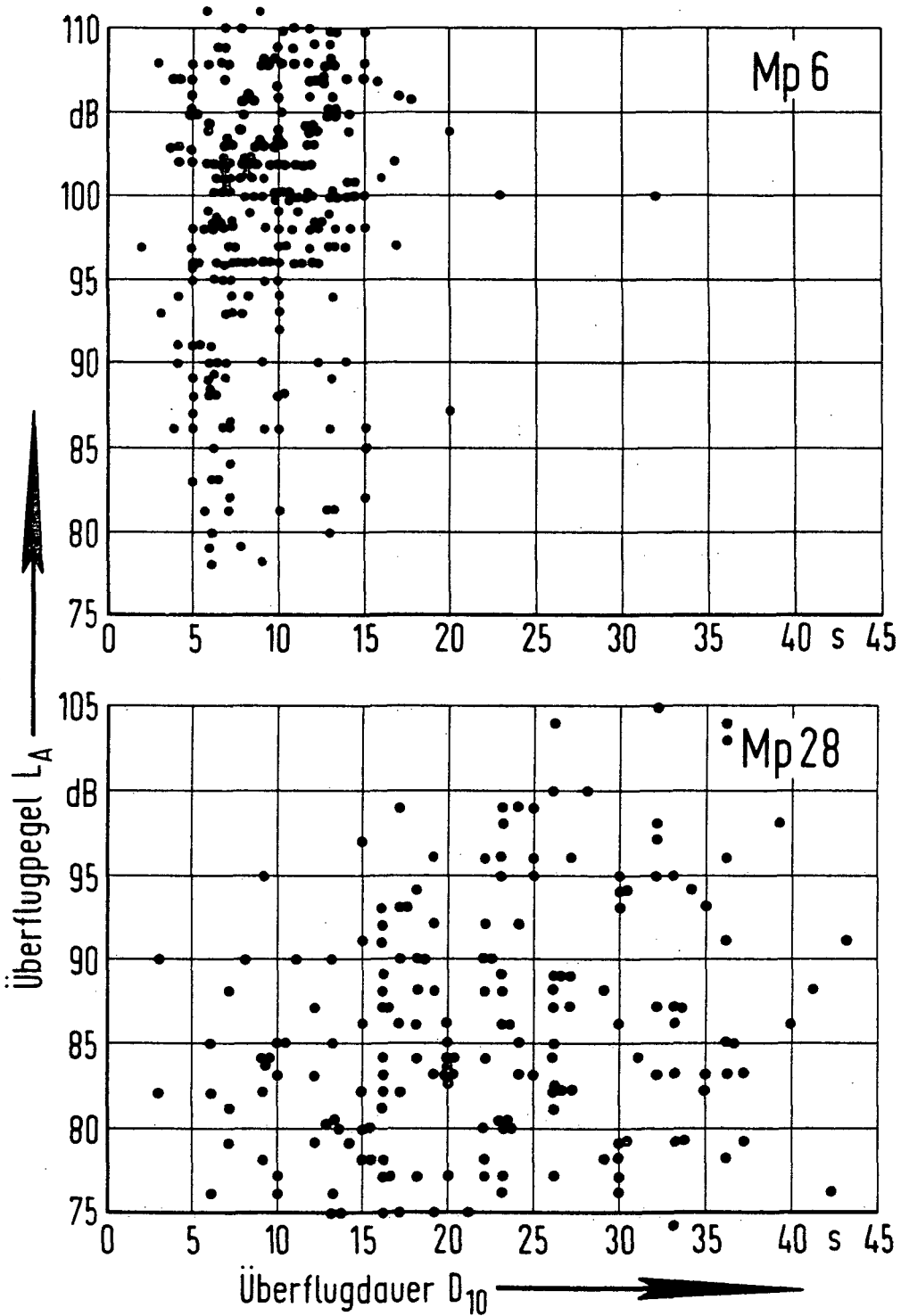


Abb. 3-13 Überflugpegel in Abhängigkeit von der Überflugdauer Beispiel für je 4 Tage an Meßpunkt 06 und 28

3.4.1

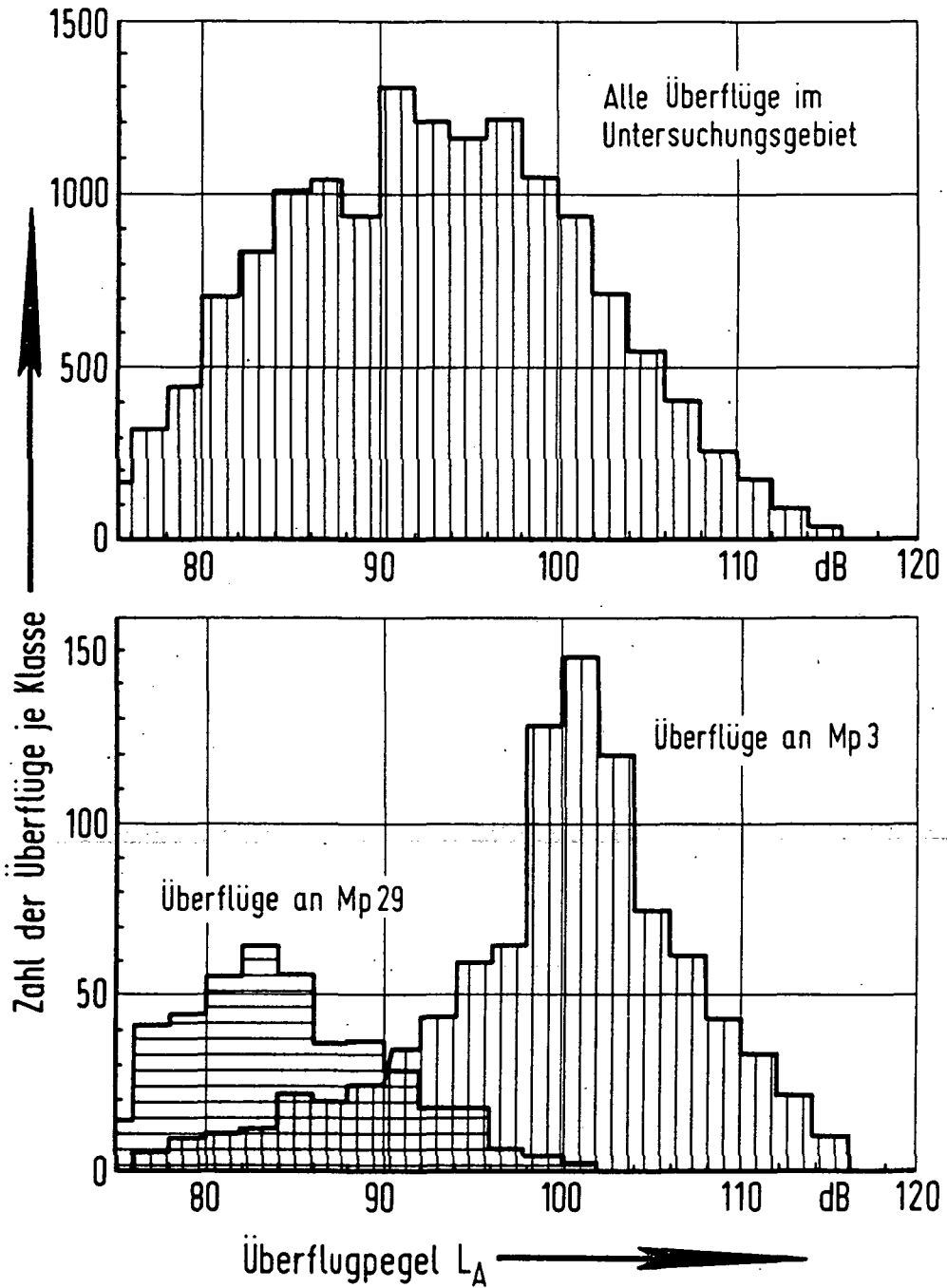


Abb. 3-14 Häufigkeitsverteilungen von Überflugpegeln im gesamten Untersuchungsgebiet (oben) und an Meßpunkt 03 und 29 (unten)

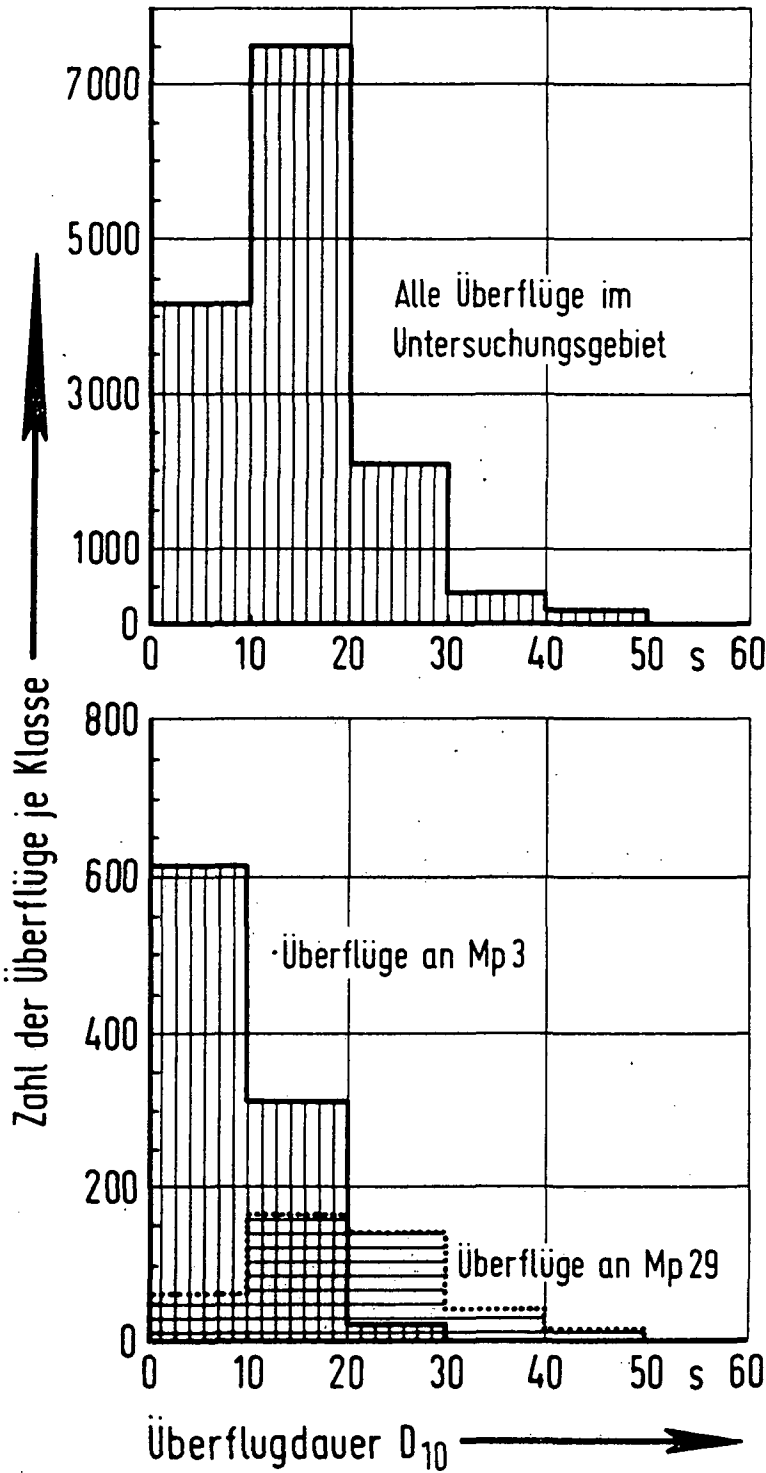


Abb. 3-15 Häufigkeitsverteilungen von Überflugsdauern im gesamten Untersuchungsgebiet (oben) und an Meßpunkt 03 und 29 (unten)

3570

### 3.4.1.1

#### 3.4.1.1 Materialübersicht, Auswertung der Magnetbänder

Die Messungen dauerten, mit kurzen Unterbrechungen an Tagen mit wolkenbruchartigen Regenfällen und an den Pfingsttagen, 7 Wochen. Die Meßstationen lieferten insgesamt fast 400 bespielte und auswertbare Magnetbänder, von denen nach der Auswahlprozedur (vgl. Abschn. 3.4.1.3) 264 Bänder in die Endauswertung genommen wurden. Je Meßpunkt und Cluster wurden damit im Mittel die Meßwerte von 8 Tagen ausgewertet. Das Grundgeräusch (auf der zweiten Spur des Magnetbandes) wurde für jeweils 4 Tage je Meßpunkt und Cluster ausgewertet.

Die erste Stufe der Auswertung bildete das Ablesen und Tabellieren der Maximalpegel  $L_A$  der Überflüge (im Folgenden Überflugpegel genannt) zusammen mit der Tageszeit des Überfluges und die Überflugdauer  $D_{10}$ , die angibt, wie lange der A-Schallpegel nicht mehr als 10 dB unter dem Überflugpegel liegt.

In zwei Serien von Diagrammen wurden die Ergebnisse für jeden Meßpunkt getrennt dargestellt:

1. Überflugpegel in Abhängigkeit von der Überflugdauer (Beispiel für 2 Meßpunkte in den Abbildungen 3-13)
2. Pegelhäufigkeitsverteilung der Überflugpegel und Dauern (Beispiel für zwei Meßpunkte in den Abbildungen 3-14 und 3-15)\*

Diese Darstellungen ließen die Streubereiche und Häufungspunkte der Meßwerte erkennen und erleichterten das Festlegen der Klassengrenzen für weitergehende Auswertungen mit klassierten Werten.

Bei der kritischen Betrachtung der Meßwerte zeigte sich, daß die Meßunsicherheit bei Überflugpegeln unter  $L_A = 75$  dB so ansteigt, daß die Verwendung dieser Werte für weitere Auswertungen unzweckmäßig erschien. Die Meßunsicherheit der niedrigen Pegel rührte daher, daß die Ansprechschwelle der Meßapparatur mehr als 15 dB unter dem erwarteten Überflugpegel liegen mußte, um auch die Auswertung der Überflugdauer zu ermöglichen. Das erforderte Schwellwerte in der Nähe von  $L_A = 50$  dB. Diese Pegel wurden aber oft auch von Verkehrs- und Wohngeräuschen überschritten, so daß eine zuverlässige Messung und Trennung der Geräuschanteile nicht mehr gewährleistet war. In Flughafennähe machten sich bei Pegeln unter  $L_A = 75$  dB auch die Geräusche der Flugzeugbewegungen am Boden störend bemerkbar. Der Entschluß, die Meßwerte mit Überflugpegeln unter  $L_A = 75$  dB auszuscheiden, hatte nur geringe Auswirkungen auf die Mittelwerte je Cluster, da die Zahl dieser Werte nicht sehr groß war (vgl. Abbildung 3-14).

#### 3.4.1.2 Erster Datensatz und Richthäufigkeit

Die Mittelwerte von Überflugpegel, Dauer und Häufigkeit, die als Auswertungen der Registrierstreifen vorlagen, erforderten noch Korrekturen, da die Stichprobenmessungen in den einzelnen Clustern nicht in allen Fällen das aus dem Jahresflugplan zu erwartende Verhältnis von Starts und Landungen ausreichend erfaßten.

In mehreren Zusammenkünften mit anderen Sektionen<sup>#</sup> wurde daher verabredet, für erste vergleichende Auswertungen einen groben Datensatz zur Verfügung zu stellen. Dieser Daten-

\* Die Diagramme zeigen die Werte des endgültigen Datensatzes (vgl. 3.4.1.5)

# Team: R. Guski, B. Rohrmann, H.-O. Finke



2082

satz sollte Übersichtswerte für den Überflugpegel und die Überflughäufigkeit als voraussichtlich wichtigste physikalische Daten enthalten. Außerdem sollte ein 4-stufiges zusammenfassendes Maß der Gesamtbelärmungsstufe die Sichtung der Ergebnisse insbesondere der Medizinischen Sektion erleichtern.

Die Übersichtswerte stellten eine Zusammenfassung der mittleren Überflugpegel der einzelnen Cluster in 7 Klassen von je 3 dB Breite dar. Die Klassen trugen die Bezeichnung P7 bis P1 (Tabelle 3-1), P7 entsprach einem Überflugpegel von  $L_A = 100$  dB, P1 entsprach  $L_A = 82$  dB.

Zur Kennzeichnung der Dichte des Flugbetriebes wurde für jedes Cluster die mittlere Überflughäufigkeit je Stunde errechnet. Diese Werte schwankten im Untersuchungsgebiet zwischen 1 bis fast 6 Überflügen je Stunde, wenn für die Auswertung nur die 16 Tagesstunden von 6.00 bis 22.00 Uhr herangezogen werden. Die Überflughäufigkeiten je Stunde wurden ebenfalls in Klassen zusammengefaßt; die Klassen H1 bis H4 entsprachen näherungsweise 1,5 – 3 – 4,5 und 6 Überflügen je Stunde.

Tabelle 3-1 zeigt die Zuordnung der Cluster zu den Pegel- und Häufigkeitsklassen.

Tab. 3-1 Erster Datensatz: Einteilung der Cluster in Klassen nach Überflugpegel und Überflughäufigkeit		
Pegelklasse	mittl. Überflugpegel	Cluster
P1	82 dB (A)	23-25-30-32
P2	85	09-12-18-27-29-31
P3	88	15-22-24-26-28
P4	91	11-16-17-20-21
P5	94	05-14-19
P6	97	07-08-10-13
P7	100	01-02-03-04-06
Häufigkeitsklasse	mittl. Häufigkeit	Cluster
H1	1,5/h	18-23-25-30-32
H2	3	09-12-31
H3	4,5	24-26-27-29
H4	< 6	01-02-03-04-05-06-07-08-10-11-13-14-15-16-17-19-20-21-22-28

Als einfaches zusammenfassendes Maß der „Gesamtbelärmungsstärke“ erschien die Zusammenfassung der Cluster in 4 Gruppen (Sets) ausreichend. Die Sets waren unter dem Gesichtspunkt einer von Set A bis Set D steigenden Gesamtbelärmung durch ihre Lage im Untersuchungsgebiet festgelegt und trugen folgende akustische Merkmale (vgl. Abschnitt 2.6 und 8.2.4):

Tab. 3-2 Akustische Merkmale der Cluster-Sets und Zuordnung der Cluster	
Set A	(Nordteil auf der Abbiegeroute) geringerer Pegel, sehr wenig Überflüge, Cluster 09, 12, 18, 23, 25, 30, 31, 32
Set B	(Westteil) geringerer Pegel, viele Überflüge, Cluster 19, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 29
Set C	(Mittelteil) höherer Pegel, viele Überflüge, Cluster 05, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 28
Set D	(flughafennaher Teil) hoher Pegel, alle Überflüge, Cluster 01, 02, 03, 04, 06, 07, 08, 10

1190

3.4.1.2

Die Zuordnung der Sets zu Werten von Überflugpegel, Dauer und Häufigkeit gibt Tab. 3-5; Abb. 3-16 zeigt in einem Pegel-Häufigkeitsdiagramm die Lage der Cluster und Sets.

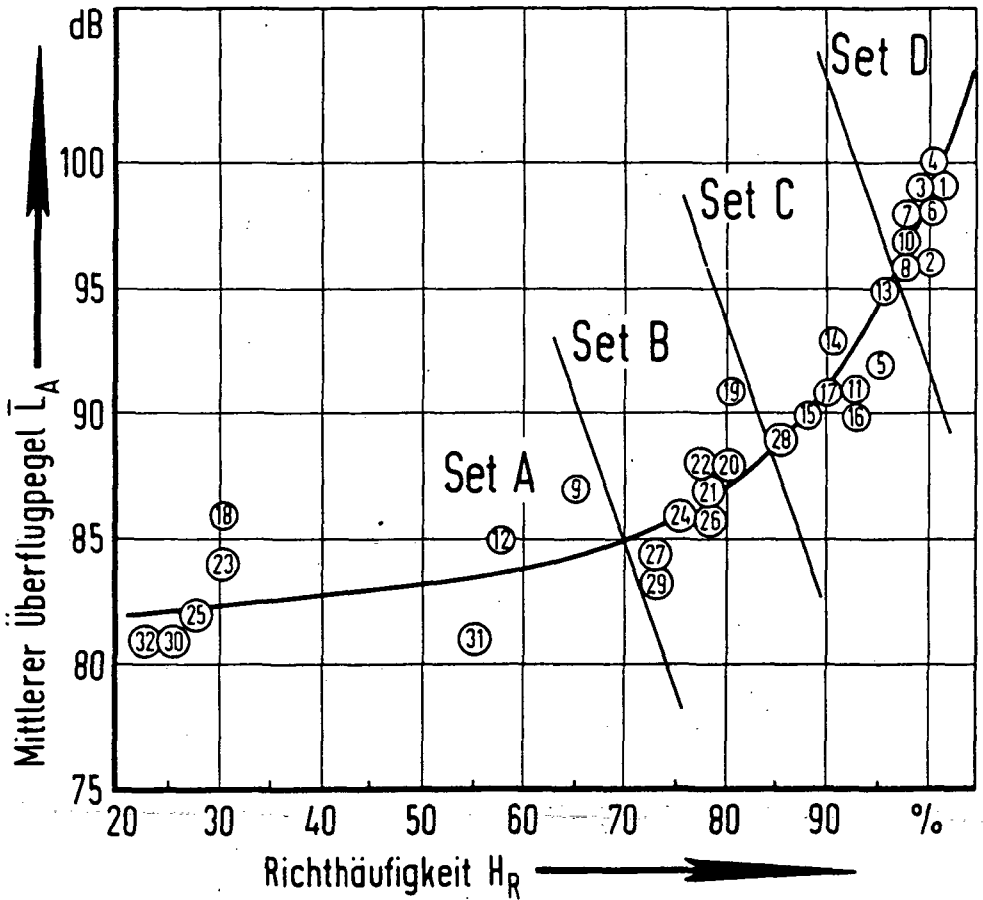


Abb. 3-16 Pegel und Häufigkeit der Überflüge für jeden Meßpunkt, Anordnung der Clustersets

In ersten Korrelationsrechnungen dieser Werte mit Verärgerungs- und Belästigungsvariablen der Psychologischen und der Sozialwissenschaftlichen Sektion wurde gefunden, daß die Überflughäufigkeit etwas höhere Korrelationen ergab als der mittlere Überflugpegel. Es erschien deshalb sinnvoll, die 4-stufige Häufigkeitsklassifikation der Tab. 3-1 durch feinere Abstufungen zu ersetzen und Korrekturen zur Beseitigung von offensichtlichen Widersprüchen anzubringen. Diese Korrekturen führten zu Werten, die als „Richthäufigkeiten“ bezeichnet wurden, da die Zahlen nicht mehr die Anzahl der täglichen Überflüge bedeuten. Die Richthäufigkeiten wurden in Prozent angegeben und durch folgendes Verfahren aus den gemessenen Häufigkeiten gewonnen:

1. Den flughafennahen Clustern wurde die Richthäufigkeit  $H_R = 100\%$  zugeordnet, da dort alle Flüge zur Wirkung kommen.
2. Die stetige Häufigkeitsabnahme mit der Entfernung vom Flughafen, die durch die Nordabbieger und durch das Unterschreiten der Auswertungsgrenze von  $L_A = 75$  dB

4462

bedingt war, wurde aus den Meßwerten entnommen, wobei Widersprüche zwischen den Meßwerten benachbarter Meßpunkte durch gleitende Mittelwertbildung, Interpolation oder Plausibilitätsannahmen bereinigt wurden. Dabei war auch das Start-Lande-Verhältnis zu beachten.

- 3. Die nach Abschnitt 2 ermittelten Häufigkeiten der einzelnen Cluster wurden durch Bezug auf die Häufigkeit in Flughafennähe in prozentuale Richthäufigkeiten umgewandelt. Dabei wurde  $H_R = 100\%$  einer Häufigkeit von 5 Überflügen je Stunde am Tag zwischen 6 Uhr und 22 Uhr entsprechend 80 Überflügen je Tag zugeordnet.
- 4. Die Richthäufigkeiten wurden so auf- bzw. abgerundet, daß die Werte in Stufen von 2,5 % vorlagen. (Die Werte wurden durch eine Transformation in zweistellige Zahlen umgewandelt, um bei der Übernahme in Lochkarten nur zwei Spalten zu belegen.)

Die mittlere Häufigkeit in Flughafennähe von 80 Flügen je Tag ergibt sich auch aus der Flughafenstatistik über Flugbewegungen der Verkehrsflugzeuge im Jahre 1969. Insgesamt fast 60 000 Flugbewegungen im Jahr (Abb. 3-20) entsprechen etwa 160 Bewegungen je Tag. Da Starts und Landungen bei gegebener Windrichtung stets in gleicher Richtung erfolgten, wurde das Untersuchungsgebiet von der Hälfte der Flugbewegungen, also 80 Überflügen je Tag betroffen.

### 3.4.1.3 Zusätzliche Auswahlkriterien für die endgültigen Daten

Die aus den Registrierstreifen entnommenen Werte für die Überflugpegel und Häufigkeiten waren trotz des in Abschnitt 3.3.1 beschriebenen Meßkonzeptes nicht logisch konsistent, da z.B. zwischen benachbarten Meßpunkten zum Teil Unterschiede auftraten, die durch Stichprobenfehler bedingt waren und nicht aus der Lage der Meßpunkte, dem Flugverkehr und den Schallausbreitungsbedingungen erklärt werden konnten. Außerdem entsprach das in den Messungen enthaltene Start-Landungs-Verhältnis nicht immer dem Jahresmittel. Auch die Wochentage und Tageszeiten konnten bei dem begrenzten Stichprobenumfang (im Mittel 8 Tage) in den Meßergebnissen der einzelnen Cluster nicht immer gleichmäßig vertreten sein. Die Meßwerte waren daher nach folgenden Gesichtspunkten zu korrigieren:

- 1.) Das Start-Lande-Verhältnis jedes Meßtages sollte aus Aufzeichnungen des Flughafens entnommen und den entsprechenden Registrierstreifen als Kennzahl zugeordnet werden. Für jedes Cluster sollten nur die Ergebnisse solcher Registrierstreifen berücksichtigt werden, deren gemittelte Kennzahl einem Flugbetrieb mit Start-Lande-Verhältnis 2 : 1 etwa entsprach. Dieses Verhältnis ergab sich aus Flugplan und Vormessungen für das Jahresmittel des Flugverkehrs im Untersuchungsgebiet.
- 2.) Die Überflughäufigkeit sollte möglichst gut der für jedes Cluster nach Abschnitt 3.4.1.2 ermittelten Richthäufigkeit entsprechen.
- 3.) Wochentage und Tageszeiten sollten in allen Clustern gleichmäßig enthalten sein.

Die Bedingungen 1 und 2 wurden dadurch erfüllt, daß von den tatsächlich vorhandenen Meßtagen in jedem Cluster nur eine geeignete Auswahl (also eine Stichprobe der Stichproben von Meßzeiten) bei der Mittelwertbildung berücksichtigt wurde. Auf diese Weise konnten insgesamt 264 Meßtage in der Endauswertung berücksichtigt werden, je Cluster-Meßpunkt im Mittel 8 Meßtage\*.

Die unter 3 genannte Bedingung konnte nicht erfüllt werden, da die Anwendung des Kriteriums auf die vorhandenen Meßergebnisse einen zu großen Datenverlust zur Folge gehabt hätte. Das Nichteinhalten dieser Bedingung bedeutete keine Einschränkung der Aussagen,

\* Von den etwa 21 000 registrierten Überflügen blieben dabei 15 000 Überflüge in der End-Auswertung.

0125

### 3.4.1.3

da aus dem Flugplan und den Meßergebnissen hervorging, daß die mittlere Überflughäufigkeit an allen Tagen der Woche (einschließlich Sonntagen) annähernd gleich groß war. Die Registrierstreifen hatten gezeigt, daß in der Nachtzeit zwischen 22 Uhr und 6 Uhr nur sehr selten Flüge stattfinden. (Inzwischen sind Nachtflüge in München gänzlich eingestellt worden.) Die Auswertung konnte sich daher auf die 16 Tagesstunden zwischen 6 Uhr und 22 Uhr beschränken.

### 3.4.1.4 Einzeldaten in Matrizenform

Die Wertepaare Überflugpegel/Dauer aller Überflüge wurden für jeden Meßpunkt klassiert. Die Häufigkeiten wurden in einer zweidimensionalen 5 x 5 Matrix zusammengestellt, deren Spalten die klassierten Dauern (von links nach rechts steigend) und deren Zeilen die klassierten Pegel (von oben nach unten steigend) zugeordnet sind. Die Klassen für die Dauern sind 10 s breit (mit einer nach oben offenen Randklasse für Dauern über 40 s) und haben die Klassenmitten 5-15-25-35 s. Die Pegelklassen sind 7 dB breit; die Pegel der Klassenmitten sind: 78-85-92-99 dB; die obere Randklasse für Überflüge über 103 dB ist offen.

In den einzelnen Matrixzellen waren zunächst die tatsächlichen Ereignishäufigkeiten für die Meßzeit je Meßpunkt vorhanden. Der Inhalt der Zellen wurde dann mit der Richthäufigkeit normiert und mit einem Maßstabsfaktor multipliziert. Damit wurde erreicht, daß sich die Summen der Überflüge in den Matrizen für verschiedene Meßpunkte genau so verhalten wie die Richthäufigkeiten der Meßpunkte. So wird es möglich, echte Häufigkeitsvergleiche für alle Meßpunkte für die Überschreitung bestimmter Pegel oder Dauergrenzen zu erhalten. Um diese oder ähnliche Auswertungen zu erleichtern, wurden die fünf Spaltensummen und die Zeilensummen zusätzlich ausgedruckt.

Der Anschluß an die Richthäufigkeiten der Cluster nach Abschnitt 3.4.1.2 ergibt sich durch Division der Matrix-Summen durch 100. Die zugehörigen mittleren täglichen Überflugzahlen  $N$  erhält man aus den Richthäufigkeiten durch Multiplikation mit dem Faktor 0,8.

Tab. 3-3 enthält die Matrizen für die 32 Cluster. Feiner klassierte Werte (Matrizen 22 x 5) enthält der Annex A.3.4.1.4.

### 3.4.1.5 Mittelwerte, Sets

In der Tab. 3-4 sind die endgültigen arithmetischen Mittelwerte für Pegel und Dauer (gerundet auf volle dB und Sekunden) und die Richthäufigkeit für jeden Meßpunkt zusammengestellt\*. Der Bereich des mittleren Überflugpegels  $L_A$  liegt zwischen 81 dB (Meßpunkte 30 - 32) und 100 dB (Meßpunkt 4), er ist damit etwas kleiner als erwartet. Dies liegt vor allem daran, daß im unteren Pegelbereich (leisere Cluster) durch die Beschränkung der Auswertung auf Werte über 75 dB (A) verhältnismäßig mehr Werte unberücksichtigt blieben als in den lauterem Clustern. Der Pegelmittelwert wird dadurch bei den Clustern mit kleinen Pegeln erhöht. Der Abfall der Pegelmittelwerte bei Clustern mit höheren Nummern zeigt etwa den erwarteten Verlauf, nur seitlich liegende Cluster im nördlichen Verzweigungsteil (Nr. 5, 9, 12) haben wegen der dort schwer vorhersagbaren Flugbedingungen (Abbieger, Flugpfad) geringere Pegel als erwartet.

Die mittleren Überflugdauern (Mittelwert der Zeitabschnitte, in denen die Pegel der Überflüge weniger als 10 dB unter dem Maximalwert liegen) stehen in der zweiten Spalte der Tabelle. Die Dauern zeigen erwartungsgemäß ein Anwachsen mit höherer Nummer der Cluster, also mit abnehmenden mittleren Überflugpegeln. Die größte mittlere Überflugdauer  $D_{10}$  hat das für alle Flugrouten stets stark seitlich liegende Cluster 31.

\* Auf die Dauer  $D_{80}$  wird erst später (3.4.3.3) eingegangen.

595

Die Meßpunkte können in ein Diagramm eingetragen werden, dessen Koordinaten Überflugpegel  $L_A$  und Richthäufigkeit  $H_R$  sind (Abb. 3-16). Die Meßpunkte sind durch eine Trendlinie verbunden. Das angestrebte Konzept – im Nordteil (Cluster 9–12–18–23–25–30–31–32) Pegel mittlerer Höhe bei geringer Häufigkeit zu bekommen – konnte nicht voll verwirklicht werden. Die Nordcluster haben zwar geringe Häufigkeiten, die Pegel der Punkte 12–18 sind aber gegenüber den erwarteten Werten zu gering (s.o.).

Tab. 3-3 Pegel/Dauer-Matrizen für alle Meßpunkte (gewichtete Häufigkeiten)

Mp 1							Mp 5						
Dauer							Dauer						
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	5	
Pegel							Pegel						
1	117	195	195	39	0	13	364	85	213	64	0	0	362
2	520	221	26	0	0	0	767	234	980	703	149	21	2087
3	1612	247	52	0	0	0	1911	320	2343	1150	213	0	4026
4	1730	1274	26	0	0	0	3030	277	1853	511	21	0	2662
5	1860	1951	117	0	0	0	3928	43	256	64	0	0	363
	5839	3888	260	0	13			959	5645	2492	383	21	
Mp 2							Mp 6						
Dauer							Dauer						
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		
Pegel							Pegel						
1	197	239	70	0	0	0	506	106	167	46	0	0	319
2	1028	310	70	14	0	0	1422	228	243	30	0	0	501
3	845	761	155	14	0	0	1775	470	592	30	0	0	1092
4	1169	2746	239	0	0	0	4154	1730	2716	76	15	0	4537
5	465	1606	56	0	14	0	2141	941	2564	15	15	0	3535
	3704	5662	590	28	14			3475	6282	197	30	0	
Mp 3							Mp 7						
Dauer							Dauer						
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		
Pegel							Pegel						
1	147	95	11	0	0	0	253	19	112	19	19	0	169
2	537	126	21	0	0	0	684	410	205	112	0	0	727
3	1232	295	63	0	0	0	1590	1417	541	19	0	0	1977
4	2789	1453	105	0	0	0	4347	1939	1696	168	0	0	3803
5	1800	1263	53	0	0	0	3116	1305	1659	112	0	0	3076
	6505	3232	253	0	0			5090	4213	430	19	0	
Mp 4							Mp 8						
Dauer							Dauer						
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		
Pegel							Pegel						
1	145	91	36	0	0	0	272	32	174	158	47	16	427
2	364	364	145	18	0	0	891	568	1215	252	47	16	2098
3	1182	564	36	0	18	0	1800	316	1530	189	63	0	2098
4	1964	1364	55	0	0	0	3383	316	2998	316	63	0	3593
5	1836	1764	36	0	0	0	3636	63	1246	95	32	0	1436
	5491	4147	308	18	18			1295	7163	1010	252	32	

## 3.4.1.5

Tab. 3-3 Forts.

Mp 9							Mp 13						
Dauer							Dauer						
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		
Pegel							Pegel	87	58	0	0	0	
1	20	334	275	59	59	747	1	895	549	58	14	0	
2	471	1080	1237	295	471	3554	2	1299	1314	260	0	0	
3	137	727	609	196	79	1748	3	1790	1704	101	0	0	
4	39	295	79	20	0	433	4	404	938	29	0	0	
5	0	20	0	0	0	20	5	4475	4563	448	14	0	
	667	2456	2200	570	609								
Mp 10							Mp 14						
Dauer							Dauer						
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		
Pegel							Pegel						
1		14	128	71	14	0	227	1	228	152	61	0	15
2		300	471	57	14	0	842	2	804	713	106	15	0
3		1656	814	86	14	0	2570	3	1138	2049	212	30	0
4		1899	1842	171	14	0	3926	4	789	2019	121	0	0
5		528	1642	14	0	0	2184	5	167	349	30	0	0
		4397	4897	399	56	0			3126	5282	530	45	15
Mp 11							Mp 15						
Dauer							Dauer						
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		
Pegel							Pegel						
1		37	366	238	128	37	806	1	35	439	387	158	0
2		201	1465	531	128	0	2325	2	404	1810	439	176	35
3		183	2601	714	73	0	3571	3	1089	2091	105	0	0
4		92	1795	385	0	0	2272	4	404	843	18	0	0
5		0	201	55	0	0	256	5	228	88	0	0	0
		513	6428	1923	329	37			2160	5271	949	334	35
Mp 12							Mp 16						
Dauer							Dauer						
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		
Pegel							Pegel						
1		33	361	493	526	197	1610	1	230	230	206	48	0
2		197	657	1051	559	164	2628	2	461	1443	630	255	61
3		131	854	230	0	0	1215	3	182	2582	1030	85	48
4		131	164	0	0	0	295	4	73	958	485	97	12
5		0	0	0	0	0	0	5	0	85	48	0	0
		492	2036	1774	1085	361			946	5298	2399	485	121

b. 3-3 Forts.

p 17						Mp 21							
Dauer						Dauer							
1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
Pegel						Pegel							
1	164	328	131	0	0	623	1	756	598	123	0	0	1477
2	525	1443	492	82	16	2558	2	1459	1529	211	53	0	3252
3	393	1869	770	115	16	3163	3	685	1283	545	18	0	2531
4	131	1607	377	49	16	2180	4	141	246	53	0	0	440
5	33	426	16	0	0	475	5	18	0	0	0	0	18
	1246	5673	1786	246	48			3059	3656	932	71	0	
p 18						Mp 22							
Dauer						Dauer							
1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
Pegel						Pegel							
1	0	125	83	42	42	292	1	404	791	145	48	16	1404
2	208	417	583	333	167	1708	2	710	1389	581	129	32	2841
3	83	500	417	0	0	1000	3	161	1356	775	210	16	2518
4	0	0	0	0	0	0	4	65	597	258	48	0	968
5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	16	0	0	16
	291	1042	1083	375	209			1340	4133	1775	435	64	
p 19						Mp 23							
Dauer						Dauer							
1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
Pegel						Pegel							
1	27	239	66	13	0	345	1	329	402	183	18	55	987
2	186	1209	412	213	13	2033	2	274	530	274	37	146	1261
3	399	2551	718	120	27	3815	3	55	256	110	91	0	512
4	173	1103	346	53	0	1675	4	0	55	37	0	18	110
5	40	93	0	0	0	133	5	0	37	0	0	0	37
	825	5195	1542	399	40			658	1280	604	146	219	
p 20						Mp 24							
Dauer						Dauer							
1	2	3	4	5		1	2	3	4	5			
Pegel						Pegel							
1	354	753	310	30	0	1447	1	378	1250	87	44	15	1774
2	635	1520	384	44	15	2598	2	640	1860	552	203	58	3313
3	221	1801	472	44	0	2538	3	276	1279	378	160	58	2151
4	148	989	221	0	0	1358	4	29	174	0	15	0	218
5	15	0	0	0	0	15	5	0	0	0	0	0	0
	1373	5063	1387	118	15			1323	4563	1017	422	131	

3.4.1.5

Tab. 3-3 Forts.												
Mp 25						Mp 29						
	Dauer						Dauer					
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
Pegel						Pegel						
1	359	502	263	167	72	1363	1	581	1163	650	205	51
2	72	215	287	120	24	718	2	445	1214	1197	256	120
3	0	335	239	24	0	598	3	154	359	462	137	51
4	0	0	0	48	0	48	4	0	68	103	34	0
5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
	431	1052	789	359	96			1180	2804	2412	632	222
Mp 26						Mp 30						
	Dauer						Dauer					
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
Pegel						Pegel						
1	488	702	458	61	31	1740	1	0	1313	303	101	0
2	427	1465	488	275	153	2808	2	0	202	202	0	0
3	214	1251	702	305	31	2503	3	0	227	0	0	0
4	0	366	244	61	0	671	4	0	126	25	0	0
5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
	1129	3784	1892	702	215			0	1868	530	101	0
Mp 27						Mp 31						
	Dauer						Dauer					
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
Pegel						Pegel						
1	1277	1089	301	150	75	2892	1	383	598	526	383	1052
2	526	1240	864	150	75	2855	2	191	430	407	383	861
3	225	488	376	75	0	1164	3	48	72	96	24	0
4	0	150	150	38	0	338	4	0	0	24	24	0
5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
	2028	2967	1691	413	150			622	1100	1053	814	1913
Mp 28						Mp 32						
	Dauer						Dauer					
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
Pegel						Pegel						
1	205	654	336	0	19	1214	1	0	388	388	194	78
2	280	878	990	205	56	2409	2	0	349	466	155	39
3	224	1588	1457	299	37	3605	3	0	155	39	0	0
4	37	766	355	75	0	1233	4	0	0	0	0	0
5	0	19	19	0	0	38	5	0	0	0	0	0
	746	3905	3157	579	112			0	892	893	349	117



Tab. 3-4 Mittelwerte der Überflugpegel, Überflugdauern und Häufigkeiten

Meßpunkt	Mittlerer Überflug- pegel $L_A$	Mittlere Überflug- dauer $D_{10}$	Mittlere Überflug- dauer $D_{80}$	Richt- häufig- keit $H_R$	Überflughäufig- keit f. Ereigns. ab 81 dB
1	99	10	15	100,0	964
2	96	12	17	100,0	949
3	99	9	15	100,0	974
4	100	10	15	100,0	971
5	92	17	21	95,0	914
6	99	12	31	100,0	967
7	98	10	19	97,5	958
8	96	15	20	97,5	933
9	87	22	20	65,0	576
10	97	11	22	97,5	952
11	91	17	21	92,5	842
12	85	20	16	57,5	414
13	95	11	16	95,0	936
14	93	12	14	90,0	854
15	90	15	10	87,5	773
16	90	18	17	92,5	854
17	91	16	20	90,0	840
18	86	22	17	30,0	271
19	91	17	20	80,0	766
20	88	15	14	80,0	651
21	87	13	8	77,5	624
22	88	17	18	77,5	634
23	84	18	16	30,0	192
24	86	16	13	75,0	568
25	82	20	19	27,5	136
26	86	19	15	77,5	598
27	84	16	13	72,5	436
28	89	20	20	85,0	729
29	84	19	11	72,5	460
30	81	18	12	25,0	78
31	81	29	14	55,0	256
32	81	23	12	22,5	120
Mittelwert	89,9	16,2	16,6	76,4	662,2
Standard- abweichung	5,9	4,5	4,4	24,9	291,5

Tab. 3-5: Mittelwerte für Überflugpegel  $L_A$ , Dauer  $D_{10}$  und Dauer  $D_{80}$ \* sowie für Richthäufigkeit  $H_R$  in den Cluster-Sets.

	Set D	Set C	Set B	Set A	Gesamtgebiet	
$L_A$ (Set)	98,0	91,4	86,8	83,4	89,9	dB(A)
$D_{10}$ (Set)	11,1	15,8	16,5	21,5	16,2	s
$D_{80}$ (Set)	19,0	17,0	12,9	15,3	16,1	s
$H_R$ (Set)	99,1	90,9	76,6	39,1	76,4	%

\* vgl. Abschnitt 3.4.3.2

3867

### 3.4.1.5

Der sehr enge Zusammenhang zwischen Pegel und Häufigkeit (hohe Pegel – große Häufigkeit, niedrige Pegel – geringe Häufigkeit) wird bestimmt durch den für jede Flughafenumgebung festliegenden Flugbetrieb. Änderungen dieses Verhältnisses wären nur durch spezielle Flugprogramme möglich, die aber, falls überhaupt realisierbar, für Untersuchungen der vorliegenden Art irrelevante Ergebnisse auf der Seite der Betroffenen ergäben. Die Linien quer zur Trendkurve trennen die vier Cluster-Sets voneinander, die schon in der Vorauswertung durch Gewichtung der Pegel und Häufigkeit gebildet wurden (vgl. Abschnitt 3.4.1.2 und Tabelle 3-2).

### 3.4.2 Korrelationen

Als akustische Kennwerte der Cluster waren Überflugpegel, Dauer und Häufigkeit ermittelt worden. Interkorrelationsrechnungen sollten Aufschluß darüber geben, welche Abhängigkeiten zwischen diesen Größen bestehen.

Schon bald nach Vorliegen der ersten Ergebnisse in den einzelnen Sektionen wurde jedoch auch nach Korrelationen zwischen der Betroffenheit (Reaktionsvariablen) und den akustischen Kennwerten der Cluster (Stimulusvariablen) gesucht. Die vergleichenden Auswertungsrechnungen entwickelten sich mit dem Fortschreiten der Auswertung der Versuchsergebnisse und führten zu ergänzenden Auswertungen, zur Datenreduktion und zur Bildung von zusammenfassenden (Global-) Maßen.

Besonders intensiv und erfolgreich gestaltete sich die Zusammenarbeit der Sektionen Organisation, Psychologie und Akustik, mit gleichzeitig engem Kontakt zur Sektion Sozialwissenschaft.

Die besten Korrelationen mit akustischen Kennwerten erreichte das ‚Globalmaß‘ der Sozialwissenschaftlichen Sektion, ein Satz von Betroffenheitsgrößen (Faktorenscore), der als erster unrotierter Faktor aus einer Faktorenanalyse von 11 mit akustischen Werten korrelierenden Reaktionsvariablen (s. Abschnitt 4.8.4.3) hervorgegangen war.

Die 11 in die Rechnung eingebrachten Betroffenheitsgrößen sind bereits Sekundärvariablen, d.h. sie fassen jeweils mehrere Einzelreaktionen zusammen. Die wichtigsten Sekundärvariablen des Satzes sind:

- „Kommunikationsstörungen infolge Fluglärms“
- „Störungen von Ruhe/Entspannung infolge Fluglärms“
- „Störbarkeit durch Fluglärm“

Der aus der Faktorenanalyse dieses Sekundärdatensatzes hervorgegangene Hauptfaktor – die „Globalreaktion-S“ – diente später dazu, im akustischen Untersuchungsteil akustische Beurteilungsmaße zu optimieren (s. Abschnitt 3.6).

Die „Globalreaktion-S“ ist negativ gepolt, so daß eine stärker negative Einstellung zum Fluglärm (d.h. größere Betroffenheit) stärker negativen Werten auf der Reaktionsskala entspricht.

Alle im akustischen Untersuchungsteil verwendeten Korrelationskoeffizienten sind Ergebnisse von Produkt-Momentkorrelationen über jeweils 32 Datenpaare (Clustermittelwerte auf der Seite der Reaktionsvariablen) bzw. 357 Datenpaare mit den Daten der in die interdisziplinäre Auswertung genommenen Probanden.

#### 3.4.2.1 Intradisziplinäre Korrelation

In Tabelle 3-6 sind die Interkorrelationen der wichtigsten akustischen Variablen zusammengestellt. Deutlich zeigt sich die hohe Korrelation der akustischen Kennwerte miteinander: der mittlere Überflugpegel korreliert sehr hoch mit der mittleren Dauer  $D_{10}$  und ebenfalls

Tab. 3-6: Korrelationskoeffizienten zwischen akustischen Kennwerten und der „Globalreaktion-S“

	LA	D10	D80	HR	H81	10logN	10logD10	10logD80	Set	L10T	L10N	L90T	L90N
Überflughöhe	1.000	-0.827	0.444	0.837	0.921	0.754	-0.854	0.420	0.932	0.427	0.226	0.027	-0.240
Überflugdauer	-0.827	1.000	-0.106	-0.695	-0.747	-0.614	0.940	-0.083	-0.798	-0.378	-0.093	0.011	0.300
Überflughöhe	0.444	-0.106	1.000	0.304	0.395	0.262	-0.023	0.979	0.360	0.164	0.177	0.117	0.097
Richtflügel	0.837	-0.695	0.304	1.000	0.969	0.984	-0.729	0.291	0.888	0.400	0.293	0.163	-0.164
Überflughöhe	0.921	-0.747	0.395	0.969	1.000	0.926	-0.774	0.381	0.920	0.375	0.259	0.072	-0.198
Log. Überflughöhe	0.754	-0.614	0.262	0.964	0.926	1.000	-0.654	0.255	0.802	0.339	0.287	0.183	-0.129
Log. Dauer D10	-0.854	0.940	-0.023	-0.729	-0.774	-0.654	1.000	-0.001	-0.817	-0.379	-0.192	-0.021	0.221
Log. Dauer D80	0.420	-0.083	0.360	0.888	0.920	0.802	-0.817	0.331	0.331	0.183	0.201	0.151	0.131
Set	0.932	-0.793	0.360	0.888	0.920	0.802	-0.817	0.331	1.000	0.498	0.268	0.114	-0.254
Grundlärm	0.427	-0.378	0.164	0.400	0.375	0.339	-0.379	0.183	0.498	1.000	0.762	0.764	0.367
Grundlärm	0.226	-0.093	0.177	0.293	0.259	0.287	-0.192	0.201	0.268	0.762	1.000	0.777	0.689
Grundlärm	0.027	0.011	0.117	0.163	0.072	0.183	-0.021	0.151	0.114	0.764	0.777	1.000	0.728
Grundlärm	-0.240	0.300	0.097	-0.164	-0.198	-0.129	0.221	0.131	-0.254	0.367	0.689	0.911	0.873
Grundlärm	0.377	-0.283	0.186	0.383	0.357	0.340	-0.328	0.211	0.441	0.958	0.708	0.813	0.524
Grundlärm	-0.038	0.114	0.174	0.076	0.020	0.112	0.060	0.208	-0.031	0.559	0.140	-0.390	-0.611
Überflug-Grundl.	0.881	-0.767	0.300	0.686	0.786	0.598	-0.766	0.264	0.819	0.104	-0.140	-0.390	-0.611
Energet. Pegelmittelw.	0.991	-0.823	0.441	0.849	0.925	0.770	-0.851	0.425	0.936	0.436	0.252	0.061	-0.203
Energet. Pegelsumme	0.982	-0.819	0.437	0.909	0.960	0.845	-0.842	0.420	0.946	0.429	0.260	0.082	-0.203
Äquiv. Dauerschallp.	0.981	-0.817	0.434	0.897	0.948	0.830	-0.845	0.420	0.951	0.461	0.290	0.121	-0.175
Äquiv. Dauerschallp.	0.972	-0.774	0.486	0.918	0.964	0.858	-0.801	0.473	0.947	0.441	0.286	0.123	-0.169
Äquiv. Dauerschallp.	0.955	-0.737	0.482	0.935	0.973	0.882	-0.775	0.473	0.935	0.422	0.290	0.119	-0.157
Äquiv. Dauerschallp.	0.839	-0.566	0.474	0.962	0.955	0.951	-0.623	0.469	0.850	0.361	0.317	0.160	-0.102
Beurteilungsm. (GB)	0.972	-0.805	0.416	0.933	0.973	0.876	-0.835	0.401	0.949	0.424	0.268	0.092	-0.203
FL-Bewertungsmaß	0.960	-0.793	0.409	0.950	0.980	0.900	-0.826	0.392	0.945	0.426	0.281	0.111	-0.187
Globalreaktion-S(Mittel)	-0.823	0.709	-0.389	-0.826	-0.854	-0.791	0.686	-0.342	-0.795	-0.314	-0.195	-0.031	0.161

	$L_{10}$	$L_{90}$	$\bar{L}_A$ - $L_{90}$	$L_m$	$L_A$	$L_{eq}(1)$	$L_{eq}$	$\bar{Q}$	$L_{eq}(10)$	NNI	FBI	$\bar{S}$	S
Überflugepegel	0.377	-0.038	0.881	0.991	0.982	0.981	0.972	0.955	0.839	0.972	0.960	-0.823	-0.550
Überflugdauer	-0.283	0.114	-0.767	-0.823	-0.819	-0.817	-0.774	-0.737	-0.566	-0.805	-0.793	0.709	0.493
Überflughöhe	0.186	0.174	0.300	0.441	0.437	0.434	0.486	0.482	0.474	0.416	0.409	-0.389	-0.257
Richtflughöhe	0.383	0.076	0.686	0.849	0.909	0.897	0.918	0.935	0.962	0.933	0.950	-0.826	-0.551
Überflughöhe	0.357	0.020	0.786	0.925	0.960	0.948	0.964	0.973	0.955	0.973	0.980	-0.854	-0.569
Log. Dauer $D_{10}$	0.340	0.112	0.598	0.770	0.845	0.830	0.858	0.882	0.951	0.876	0.900	-0.791	-0.525
10logN	-0.328	0.060	-0.766	-0.851	-0.842	-0.845	-0.801	-0.775	-0.623	-0.835	-0.826	0.686	0.473
10log $D_{80}$	0.211	0.208	0.264	0.425	0.420	0.420	0.473	0.473	0.469	0.401	0.392	-0.342	-0.232
Set	0.441	-0.031	0.819	0.936	0.946	0.951	0.947	0.935	0.850	0.949	0.945	-0.795	-0.541
Grundlärm	0.958	0.559	0.104	0.436	0.429	0.461	0.441	0.422	0.361	0.424	0.426	-0.314	-0.227
Grundlärm	0.911	0.708	-0.140	0.252	0.260	0.290	0.286	0.290	0.317	0.268	0.281	-0.195	-0.144
Grundlärm	0.813	0.873	-0.390	0.061	0.082	0.121	0.123	0.119	0.160	0.092	0.111	-0.031	-0.056
Grundlärm	0.524	0.853	-0.611	-0.203	-0.203	-0.175	-0.169	-0.157	-0.102	-0.203	-0.187	0.161	0.088
Grundlärm	1.000	0.648	-0.019	0.397	0.394	0.429	0.413	0.402	0.371	0.393	0.400	-0.290	-0.212
Grundlärm	0.648	1.000	-0.506	-0.010	0.007	0.040	0.047	0.056	0.114	0.019	0.034	0.030	-0.012
Überflugg.-Grundl.	0.019	-0.506	1.000	0.861	0.845	0.828	0.816	0.798	0.671	0.830	0.813	-0.725	-0.472
Energet. Pegelmittelw.	0.397	-0.010	0.861	1.000	0.990	0.990	0.981	0.967	0.853	0.980	0.969	-0.835	-0.558
Energet. Pegelsumme	0.394	0.007	0.845	0.990	1.000	0.996	0.995	0.987	0.904	0.997	0.993	-0.863	-0.576
Äquiv. Dauerschallp.	0.429	0.040	0.828	0.990	0.996	1.000	0.994	0.983	0.892	0.994	0.987	-0.838	-0.563
Äquiv. Dauerschallp.	0.413	0.047	0.816	0.981	0.995	0.994	1.000	0.996	0.929	0.995	0.992	-0.848	-0.567
Äquiv. Dauerschallp.	0.402	0.056	0.798	0.967	0.987	0.983	0.996	1.000	0.953	0.991	0.991	-0.845	-0.562
Äquiv. Dauerschallp.	0.371	0.114	0.671	0.853	0.904	0.892	0.929	0.953	1.000	0.924	0.940	-0.808	-0.534
Beurteilungsm. (GB)	0.393	0.019	0.830	0.980	0.997	0.994	0.995	0.991	0.924	1.000	0.998	-0.859	-0.574
FL-Bewertungsmaß	0.400	0.034	0.813	0.969	0.993	0.987	0.992	0.991	0.940	0.998	1.000	-0.868	-0.579
Globalreaktion-S(Mittel)	-0.290	0.030	-0.725	-0.835	-0.863	-0.838	-0.848	-0.845	-0.808	-0.859	-0.868	1.000	-

Tab. 3-6 (Fortsetzung)

3570

sehr hoch mit der Richthäufigkeit  $H_R$ . Die hohen Korrelationen erklären sich aus der Abhängigkeit dieser Größen vom Abstand des Beobachters zur Flugbahn. Die Dauer  $D_{10}$  kann angenähert beschrieben werden durch  $t \approx \frac{s}{v}$ , ( $s$  Abstand zur Flugbahn,  $v$  Fluggeschwindigkeit). Die Änderungen von  $v$  sind kleiner als die von  $s$ , daher nimmt im allgemeinen  $t$  mit  $s$  zu. Der Überflugpegel nimmt dagegen mit wachsendem  $s$  ab:

$$L_A(s_2) = L_A(s_1) - 20 \lg(s_2/s_1)$$

Die Richthäufigkeit  $H_R$  berücksichtigt nur Überflugpegel  $L_A \geq 75$  dB und nimmt daher mit wachsendem  $s$  ab; da  $H_R$  durch Abbieger ebenfalls vermindert wird, ist in erster Näherung  $H_R \approx \frac{1}{s}$ . Noch höher als  $H_R$  korreliert die Häufigkeit  $H_{81}$  mit dem Überflugpegel; Noch höher als  $H_R$  korreliert die Häufigkeit  $H_{81}$  mit dem Überflugpegel; diese Häufigkeit enthält für jeden Meßpunkt nur die Ereignisse mit einem Überflugpegel von mindestens 81 dB, d.h. den Inhalt der vier unteren Zeilen der Pegel/Dauermatrix (vgl. 3.4.1.4). Diese Häufigkeit zeigte bessere Korrelationen mit Reaktionsvariablen, da hier die Unsicherheiten im unteren Pegelbereich (unterschiedlich hohe Ansprechschwelle, Störungen durch Verkehrsgerausche) verringert sind.

Erwartungsgemäß korreliert die Reihe der Sets hoch mit Pegel und Häufigkeiten (sie ist aus Gewichtung dieser Variablen entstanden), während die Grundgeräuschwerte wenig oder nicht mit Fluglärmwerten korrelieren. Die in Abschnitt 3.5 und 3.6 behandelten Beurteilungsmaße interkorrelieren sehr hoch, da sie alle aus Pegel und Häufigkeit (evtl. Dauer) durch verschiedene Gewichtung hervorgehen.

### 3.4.2.2. Korrelationen mit der Betroffenheit

Die Korrelationen der akustischen Variablen mit der Betroffenheit insbesondere mit der „Globalreaktion-S“ der Sozialwissenschaftlichen Sektion ist ebenfalls aus Tabelle 3-6 zu ersehen. Im rechten Teil der Tabelle sind zwei Reihen von Korrelationskoeffizienten aufgeführt: die Reihe unter  $\bar{S}$  enthält die Korrelationen, die sich ergeben, wenn die Werte der „Globalreaktion-S“ aller Probanden eines Clusters gemittelt werden und diese 32-Mittelwerte mit den Werten der 32 entsprechenden akustischen Meßpunkte korreliert werden. In der zweiten Reihe sind die Korrelationen aufgeführt, die sich einstellen, wenn die individuellen Werte der „Globalreaktion-S“ aller Probanden jedes Clusters jeweils einzeln mit den zum Cluster gehörenden akustischen Kennwerten korreliert werden. Im ersten Fall werden die Korrelationen mit 32, im zweiten mit 357 Paaren von Daten gerechnet.

Von den akustischen Kennwerten korreliert  $H_{81}$  (Häufigkeit der Überflüge ab 81 dB) mit  $r = -0,85$  am besten mit der Betroffenheit, gefolgt von der Richthäufigkeit mit  $r = -0,83$ . Die Korrelation mit dem mittleren Pegel ist mit  $r = -0,82$  geringer, aber größer als mit der Dauer  $D_{10}$  ( $r = 0,71$ ) oder  $D_{80}$  ( $r = -0,39$ ). Auf die anderen Korrelationen wird in den Abschnitten 3.4.4 und 3.6 eingegangen.

### 3.4.3 Zusatzauswertungen

Im Laufe der Untersuchungen wurden eine Reihe von Zusatzauswertungen des Datenmaterials vorgenommen, deren Ergebnisse nur zum Teil in die interdisziplinäre Auswertung eingebracht wurden. Einige Zusatzuntersuchungen hatten nur den Sinn, etwaige Korrekturfaktoren zum Vergleich der eigenen Daten mit Ergebnissen anderer Messungen zu ermitteln

2975

### 3.4.3

(z.B. Vergleich verschiedenen Zeitverhaltens der Anzeige), andere dienten allgemeinen Kontrollzwecken (z.B. Überflugspektren). Die nach einem neuen Konzept ermittelten Überflugdauern wurden in den interdisziplinären Auswertungen berücksichtigt.

#### 3.4.3.1 Verschiedenes Zeitverhalten der Anzeige

Zum Registrieren der Schallpegelwerte von den Magnetbandaufnahmen dienten Pegelschreiber, deren Zeitverhalten (dynamische Eigenschaft) der Anzeige so eingestellt war, daß sie angenähert der eines Schallpegelmessers mit dem genormten Zeitverhalten „FAST“ nach DIN 45633 entsprach.

Bei Geräuschmessungen zur Kennzeichnung von Einwirkungen auf Personen wird auch (z.B. in der VDI-Richtlinie 2058 Blatt 1, Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft) das Zeitverhalten „IMPULSE“ vorgeschlagen, andererseits wird bei Fluglärmmessungen in anderen Ländern die Anzeigedynamik „SLOW“ verwendet (z.B. ISO R 507, ISO R 1761). Es wurden deshalb für jeden Meßpunkt an einer Reihe stichprobenartig ausgewählter Überflüge nacheinander Registrierungen mit allen drei dynamischen Eigenschaften vorgenommen. Dabei war ein schnelles Registriergerät an den Gleichspannungsausgang eines Präzisions-schallpegelmessers mit umschaltbarem Zeitverhalten angeschlossen.

Die Differenzen der drei Registrierungsarten wurden für jeden Meßpunkt sowie innerhalb der Sets (vgl. Abschn. 3.4.1.5) und über alle Meßpunkte gemittelt. Die Ergebnisse enthält Tabelle 3-7:

Tab. 3-7: Differenzen der Überflugpegel bei Registrierung mit den dynamischen Eigenschaften der Anzeige FAST, IMPULSE und SLOW						
	Set D	Set C	Set B	Set A	alle Meßpunkte	
L <sub>AF</sub> - L <sub>AS</sub>	2,2	1,9	2,0	1,5	1,9	dB
L <sub>AF</sub> - L <sub>AI</sub>	-1,8	-1,3	-1,3	-1,4	-1,5	dB
L <sub>AI</sub>	A-bewerteter Schalldruckpegel mit Zeitverhalten IMPULSE					
L <sub>AF</sub>	A-bewerteter Schalldruckpegel mit Zeitverhalten FAST					
L <sub>AS</sub>	A-bewerteter Schalldruckpegel mit Zeitverhalten SLOW					

Die Differenzen können den Pegelwerten dieser Untersuchung (z.B.  $\bar{L}_A$  in Tabelle 3-4) additiv hinzugefügt werden, um mit hinreichender Genauigkeit „SLOW“- oder „IMPULSE“-Werte für Vergleichszwecke zu bekommen. Dies gilt in gleicher Weise für die aus den A-Schallpegeln der Tabelle 3-9 gebildeten Beurteilungsmaße (s. Abschnitt 3.5).

#### 3.4.3.2 Überflugdauer $D_{30}$

Aus der Korrelationstabelle Tab. 3-6 ist zu entnehmen, daß die Überflugdauer  $D_{10}$  mit  $r = -0,83$  mit dem mittleren Überflugpegel  $\bar{L}_A$  und mit  $r = +0,71$  mit den Cluster-Mittelwerten der „Globalreaktion- $\bar{S}$ “ korreliert.

Die hohe negative Korrelation mit dem Überflugpegel ergibt sich aus der Definition der Dauer  $D_{10}$  als Dauer, in der die Pegelwerte nicht mehr als 10 dB unter dem Überflugpegel liegen. Diese Dauer nimmt mit wachsendem Abstand zwischen Flugzeug und Meßort zu, während der Pegel dabei abnimmt (vgl. Abschnitt 3.4.2.1).

Die Definition des Betroffenheitsmaßes „Globalreaktion-S“ war so gewählt, daß die Betroffenheit in negativer Richtung wächst (vgl. Abschnitt 4.8.4.3). Die positive Korrelation von  $D_{10}$  mit der „Globalreaktion-S“ bedeutet daher, daß die Betroffenheit mit wachsender Dauer  $D_{10}$  abnimmt. Eine solche Aussage erscheint nicht sehr sinnvoll, zumal auch in Diskussionen mit anderen Sektionen kein befriedigendes oder auch nur plausibles Modell für die Rolle der Dauer  $D_{10}$  bei dem Erleben von Fluglärm als Betroffenheit gefunden werden konnte.

Zu diesen Schwierigkeiten bei der Verwendung der Dauer  $D_{10}$  kommt hinzu, daß das Messen der Überflugdauer besonders bei Flugzeugen, die Triebwerke mit hohem Bypass-Verhältnis besitzen, durch die starken Pegelschwankungen während des Überfluges erschwert ist. Dadurch treten sowohl Unsicherheiten in der Bestimmung des Überflugpegels als auch besonders in der Bestimmung des Punktes, von dem an die Pegel mehr als 10 dB unter dem Überflugpegel liegen, auf.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Dauer  $D_{10}$  keine Verbesserung für die Beschreibung des Zusammenhanges von Fluggeräuscheinwirkung und Betroffenheit der Personen brachte.

Der Versuch, eine neue Überflugdauer zu definieren, ging davon aus, daß insbesondere die Sprachverständigung beeinträchtigt wird, wenn das Störgeräusch einen bestimmten Pegel überschreitet (vgl. Abschnitt 3.5.3), daß aber auch andere Störungen erst oberhalb einer bestimmten Schwelle wesentlich werden könnten. Das Meßverfahren ermöglichte nur die Auswertung der Überschreitungsdauern von Pegeln über 80 dB. Bei Berücksichtigung der Schalldämmung von etwa 20 dB von dem außen vor dem Haus gemessenen Pegel zu dem in den Wohnräumen vorhandenen Schallpegeln, ergibt ein Außenpegel von 80 dB im Innern etwa 60 dB. Bei  $L_A = 60$  dB ist aber nach Abschnitt 3.5.3 bereits mit dem Einsetzen von Störungen bei der Sprachverständigung zu rechnen. Als Dauer  $D_{80}$  wurde daher die Dauer definiert, während der beim Überflug der Pegel größer ist als  $L_A = 80$  dB. Die Mittelwerte von  $D_{80}$  für alle Meßpunkte sind in Tabelle 3-4 zusammengestellt.

Die Korrelationsrechnungen ergaben (vgl. Tabelle 3-6) für  $D_{80}$

mit dem Überflugpegel:  $r = 0,43$ , d.h. im allgemeinen nimmt die Dauer  $D_{80}$  mit abnehmendem Überflugpegel ab, diese gegenseitige Bedingtheit ist jedoch nicht sehr stark,

mit der Dauer  $D_{10}$ :  $r = -0,11$ , d.h. die Dauern  $D_{10}$  und  $D_{80}$  sind praktisch voneinander unabhängig,

mit der Betroffenheit „Globalreaktion-S“:  $r = -0,39$ , d.h. das Vorzeichen entspricht der Erwartung, daß lange Einwirkungsdauern eine stärkere (negative) Betroffenheit hervorrufen. Der Betrag der Korrelation ist allerdings nicht sehr groß.

Die Dauer  $D_{80}$  wurde in Auswertungsversuchen mit Zusammenfassungen verschiedener Fluggeräusch-Meßgrößen anstelle von  $D_{10}$  eingesetzt. Die Korrelationen, die sich dabei mit der „Globalreaktion-S“ ergaben, trugen zwar stets das erwartete Vorzeichen, sie fielen jedoch im Betrag deutlich geringer aus als bei Verwendung von  $D_{10}$ .

### 3.4.4 Grundgeräusche

#### 3.4.4.1 Daten

Die Grund- und Verkehrsgeräusche waren – entsprechend dem in Kap. 3.3 geschilderten Konzept – stichprobenartig in jeder Minute für jeweils 4s auf die den Pegelbereich von

4765

### 3.4.4.1

30–80 dB umfassende zweite Spur des Magnetbandes aufgezeichnet worden. Da das Magnetbandgerät zwischen den Stichproben nicht lief, folgen die Stichprobenaufnahmen auf dem Band zeitlich unmittelbar aufeinander. Die Abb. 3-12 zeigt im unteren Teil für die Meßpunkte 8 und 27 Beispiele der Grundgeräuschregistrierungen unmittelbar unter der dazugehörigen Registrierung der Überflugspur. Deutlich ist der Schwankungsbereich der Grundgeräusche durch den wechselnden Fahrzeugverkehr und die langzeitliche Tag-Nacht-Pegeländerung zu erkennen. Wenn Überflüge stattfanden, wurde die Grundgeräuschspur kurzgeschlossen, um Übersteuerungen und Rückwirkungen auf die Überflugspur zu vermeiden. Nur die Pegeländerungen beim An- und Abflug vor und nach dem Ansprechen des Schwellwertschalters sind auf der Grundgeräuschregistrierung erkennbar. Die Uhrimpulse für die Stundenmarkierung sind auf beiden Kanälen synchron vorhanden.

Zur Auswertung der Grundgeräusche wurden je Meßpunkt die Aufnahmen von vier Meßtagen, die sich auch in der endgültigen Hauptauswertung befanden, als A-Schallpegel registriert. Es erschien ausreichend, als Orientierungswerte aus den Registrierstreifen den mittleren Spitzenpegel ( $L_{10T,N}$ ) und den mittleren Ruhepegel ( $L_{90T,N}$ ) getrennt für Tag (6–22 Uhr) und Nacht (22–6 Uhr) auszuwerten. Der  $L_{10}$ -Wert ist aufzufassen als 10 % Pegel einer Pegel-Summenhäufigkeitsverteilung, d.h. als ein Pegel, der in nur 10 % des beurteilten Zeitraumes überschritten wird; dies ist der Bereich der mittleren Geräuschspitzen, die überwiegend von Kraftfahrzeugen herrühren. Entsprechend ist der  $L_{90}$ -Wert der Pegel, der in 90 % der Zeit überschritten wird; dies ist etwa der Ruhepegel oder Hintergrundgeräuschpegel, der sich dann einstellt, wenn keine identifizierbaren Schallereignisse vorhanden sind. Die Werte sind in Tabelle 3-8 zusammengestellt. Aus den 90 %-Pegeln ( $L_{90T}$  für Tag,  $L_{90N}$  für Nacht) wurden zeitlich gewichtete Mittelwerte  $L_{90}$  und entsprechend aus den 10 %-Pegeln Mittelwerte  $L_{10}$  gebildet. Zusätzlich wurde der TRAFFIC NOISE INDEX (GRIFFITHS, LANGDON, 1968) aus diesen Meßwerten nach der Beziehung gebildet:

$$TNI = 4 \cdot (L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30$$

### 3.4.4.2 Verknüpfungen von Grund- und Fluggeräuschdaten

Bei den Ergebnisdiskussionen tauchte oft die Frage auf, ob die Wirkung des Fluglärms nicht auch durch die Lärmsituation der Umgebung (Grund- und Verkehrslärm) determiniert sei. Diese Überlegungen waren teilweise schon im Planungsstadium mitbestimmend für ein Meßkonzept, das den Grundlärm zusätzlich erfaßt. Bei der Auswertung ergaben Korrelationen der einzelnen Grundgeräusch-Variablen mit der „Globalreaktion-S“ naturgemäß geringe Werte. Es wurden deshalb kombinierte Variablen aus Grund- und Fluglärm gebildet. Dazu gab es zwei Modelle (vgl. Abschnitt 8.5.1):

- a) die Wirkung des Fluglärms auf die Betroffenen ist umso größer, je höher der Überflugpegel über den Umgebungs-, Grund- und Verkehrsgerauschen liegt.
- b) bei gleicher Fluglärmbelastung sind die Personen stärker betroffen, die zusätzlich ständig stärkeren Umgebungs- und Verkehrsgerauschen ausgesetzt sind.

Das erste Modell bedeutet eine subtraktive, das zweite eine additive Zusammenfassung von Fluglärm- und Grundlärmwerten.

Um diesen Zusammenhang zu prüfen, wurden in mehreren Abschnitten zusammen mit den Sektionen Organisation und Psychologie Verknüpfungen von Überflugpegeln und Grundgeräuschwerten mit Lärmwirkungsvariablen korreliert. Als Fluglärmmaß wurde der mittlere Überflugpegel ( $L_A$ ) verwendet, der in einigen Kombinationen mit der täglichen Einwirkungsdauer (Zahl der Überflüge multipliziert mit der Dauer  $D_{10}$  oder  $D_{80}$ ) gewichtet wurde. Für



die Grundgeräuschkennzeichnung wurde beim subtraktiven Modell vom 90 %-Wert des Umgebungslärms ( $L_{90}$  als eine Art „Schwellenwert“), beim additiven Modell hingegen vom 10 %-Wert des Umgebungslärms, der im wesentlichen durch die mittleren Spitzen des Straßenverkehrs bestimmt wird, ausgegangen. Die Werte wurden, soweit möglich, direkt verknüpft (z.B.  $\bar{L}_A - L_{90}$  als Pegeldifferenz, Korrelationen in Tabelle 3-6) oder über eine z-Normierung. Alle Versuche erfolgten mit und ohne zeitliche Gewichtung der Lärmvariablen.

Die Korrelationen dieser neuen Stimulusvariablen mit der Betroffenheit („Globalreaktion-S“) ergaben aber geringere Werte als mit dem einfachen Pegelmaß.

Die Betroffenheit korreliert  $r = -0,55$  mit dem mittleren Überflugpegel  $\bar{L}_A$ ,  $r = -0,13$  mit dem Grundlärm  $L_{10}$  und  $r = -0,01$  mit dem Grundlärm  $L_{90}$ . Die Korrelationen subtraktiv kombinierter Werte liegen zwischen  $r = -0,47$  und  $r = -0,50$ , die aller erprobten additiven Kombinationen zwischen  $r = -0,40$  und  $r = -0,53$ , sie sind also geringer als die des direkten Überflugpegels mit der Betroffenheit.

Tab. 3-8: Grundgeräuschwerte für alle Meßpunkte

Meßpunkt	Tag		Nacht		24 Stunden	
	$L_{90T}$	$L_{10T}$	$L_{90N}$	$L_{10N}$	$L_{90}$	$L_{10}$
1	40	55	33	52	37	54
2	44	57	35	52	40	55
3	38	53	32	42	35	49
4	42	59	31	44	37	54
5	43	57	32	49	38	54
6	40	53	33	45	37	50
7	42	54	33	44	38	51
8	45	58	33	48	39	55
9	40	48	36	48	38	48
10	46	58	34	48	40	55
11	40	53	34	45	37	50
12	36	48	32	39	34	45
13	39	52	32	42	36	49
14	37	47	32	38	35	44
15	38	49	31	45	35	48
16	40	53	35	47	38	51
17	37	49	33	45	35	48
18	38	50	34	44	36	48
19	38	48	34	40	37	45
20	39	50	34	40	37	47
21	40	51	34	43	37	48
22	45	52	34	41	40	48
23	39	48	32	39	36	45
24	40	51	32	42	36	48
25	44	52	38	45	41	50
26	52	56	42	54	47	55
27	51	61	37	56	44	59
28	37	46	30	36	34	43
29	36	47	27	33	32	42
30	36	49	32	38	34	45
31	46	52	38	49	42	51
32	37	51	33	39	35	47
Mittelwert	40,8	52,1	33,5	44,1	37,4	49,4
Standardabweichung	4,1	3,9	2,7	5,3	3,1	4,1

#### 3.4.4.2

Die relativ niedrigen Korrelationen und besonders auch der schlechte Zusammenhang der Verkehrslärmvariablen einschließlich des Traffic Noise Index mit speziellen Reaktionsvariablen der Sozialwissenschaftlichen Sektion über Verkehrslärm, lassen den Schluß zu, daß die ermittelten Grundgeräuschpegel nicht geeignet sind, die Verkehrslärmsituation für die Probanden zuverlässig zu beschreiben. Tatsächlich wurden die Meßpunkte, die akustische Kennwerte – gültig für alle Probanden eines Clusters – liefern sollten, nach dem Gesichtspunkt der gleichen Fluglärm-Beschallung ausgesucht. Die Verkehrslärmwerte, die von einer oder mehreren Straßen im Cluster herrühren, werden sich schon auf kurze Entfernungen und durch Abschattungen, unter Umständen sogar von Probandenwohnung zu Probandenwohnung stark ändern. Sie können also nur gültig sein für die Personen eines Clusters, deren Wohnbereich die gleiche Beschallung erhält wie der Meßpunkt. Bei flughafennahen Clustern sind im Grundgeräusch möglicherweise Anteile des Bodenverkehrs vom Flughafen enthalten.

Die Korrelationen würden voraussichtlich höher ausfallen, wenn Cluster und Probanden einer besonderen auf Verkehrslärm abgestellten Auswahlprozedur unterworfen würden. Dies war aber im Rahmen dieser Untersuchung nicht vorgesehen.

#### 3.4.5 Fehlereinflüsse

Wiederholt stellte sich die Frage, welchen Einfluß Meß- oder Rechenfehler bei einzelnen Cluster-Variablen auf die Ergebnisse der Korrelationsrechnungen haben könnten. Die Meß- und Auswertungsprozeduren waren, wie beschrieben, soweit wie möglich ausbalanciert, um Diskontinuitäten, d.h. akustisch nicht erklärbare Abweichungen zwischen Einzelpunkten zu vermeiden.

Um den Fehlereinfluß zu untersuchen, wurden drei Fehler-Pegelreihen für die 32 Cluster aufgestellt, in denen der mittlere Überflugschallpegel  $\bar{L}_A$  mit Hilfe einer Zufallsprozedur mit je 6 Fehlern (+ 3 dB oder - 3 dB) versehen wurden. Die drei Fehlerreihen wurden in die Korrelationsrechnungen eingebracht. Die Interkorrelation der drei Fehlerreihen mit anderen akustischen Grundvariablen war im Mittel etwa gleich wie mit dem echten mittleren Pegel  $\bar{L}_A$ . Die Korrelation mit der „Globalreaktion-S“ verringerte sich um 0,01 bis 0,03 Einheiten. Einzelne Fehler der angegebenen Größe würden also die Korrelationen nur sehr unbedeutend beeinflussen.

Für den Mittleren Überflugpegel  $\bar{L}_A$  wurde weiterhin der Vertrauensbereich für alle Meßpunkte errechnet. Dieser Vertrauensbereich gibt an, in welchem Bereich um den Mittelwert  $\bar{L}_A$  als Ergebnis der stichprobenartigen Messungen der wahre Mittelwert der Gesamtheit aller Überflüge mit 95 % Wahrscheinlichkeit für jeden Meßpunkt liegt. Für 27 von 32 Meßpunkten ist der Vertrauensbereich kleiner als  $\pm 0,8$  dB, das bedeutet, der wahre mittlere Überflugpegel der Gesamtheit der Überflüge liegt für diese Meßpunkte mit 95 % Wahrscheinlichkeit in einem Bereich von  $\pm 0,8$  dB um den durch die Stichprobenmessung der Untersuchung ermittelten Wert. Für 5 der 32 Meßpunkte (Punkte im Nordteil) liegt der Vertrauensbereich zwischen den Werten  $\pm 0,9$  und  $\pm 1,3$  dB; größere Werte kommen nicht vor. Es war also nicht notwendig, durch längere Meßzeit die Zahl der auszuwertenden Überflüge zu erhöhen.

Gewisse systematische Fehlereinflüsse wurden schon in Kap. 3.4.1.5 erwähnt: an Meßpunkten mit niedrigem mittleren Überflugpegel kann dieser Mittelwert durch Abschneiden des unteren Endes der Verteilung der Einzelüberflüge (ausgewertet wurden nur Überflugereignisse mit A-Schallpegeln ab 75 dB) geringfügig erhöht sein. Die Darstellung der Verteilung der Überflüge in der Abbildung 3-14 zeigt aber, daß an diesen Meßpunkten – extrapoliert

2080

man die Verteilungskurven zu kleineren Pegelwerten – nur ein verhältnismäßig kleiner Anteil unberücksichtigt sein kann. Die Verteilungskurven aller Meßpunkte finden sich im Annexband, A. 3.4).

Über Fehlereinflüsse bei Messung und Auswertung von Fluglärmmessungen und über die Reproduzierbarkeit verschiedener Meßserien wurde schon früher berichtet (FINKE & MARTIN, 1970).

### 3.5 Vergleich verschiedener Beurteilungsverfahren

#### 3.5.1 Mittelung

Das bevorzugte Maß zur Kennzeichnung der Stärke von Schallereignissen, insbesondere von Geräuschen, ist der A-bewertete Schalldruckpegel  $L_A$ . Unter A-Bewertung wird dabei ein bestimmtes, genormtes frequenzabhängiges Übertragungsmaß des Meßgerätes verstanden, bei dem die tiefen und hohen Frequenzen gegenüber dem mittleren um 1000 Hz gelegenen Frequenzbereich gedämpft werden. Wenn Mißverständnisse mit anderen Pegelangaben, z.B. Schalleistungspegel, nicht zu befürchten sind, wird für  $L_A$  auch nur die Bezeichnung A-Schallpegel verwendet.

Die Meßwerte von  $L_A$  werden mit Dezibel (dB) bezeichnet.

Der A-bewertete Schalldruckpegel ist definiert als

$$L_A = 10 \log \frac{p_A^2}{p_0^2} \text{ dB} \tag{3.5-1}$$

$p_A$  A-bewerteter Schalldruck  
 $p_0$  Bezugsdruck  $20 \mu\text{Pa} = 2 \cdot 10^{-4} \mu\text{bar}$

Bei der Auswertung der Meßergebnisse wurde als Maß für die Stärke des mittleren Einzelereignisses zunächst das arithmetische Mittel der Überflugpegel gebildet (Werte in Tabelle 3.4):

$$\bar{L}_A = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L_{Ai} \tag{3.5-2}$$

$N$  Zahl der Überflüge  
 $L_{Ai}$  A-Schallpegel des Überfluges  $i$ .

Wegen der Definition des A-Schallpegels als Logarithmus der zur Energie proportionalen Größe  $p^2$  ist es jedoch vorzuziehen, die Mittelung unter dem Logarithmus auszuführen. Man erhält so den Mittelungspegel  $L_m$  (Zahlenwerte in Tabelle 3-9):

$$L_m = 10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{Ai}}{10}} \text{ dB} \tag{3.5-3}$$

Dieser auf die Energie bezogene Mittelwert wird – z.T. in abgeänderter Form – in mehreren Beurteilungsverfahren für Fluggeräusche verwendet.

Die Formel 3.5-3 kann auch aufgespalten werden:

### 3.5.1

$$L_m = 10 \log \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{Ai}}{10}} - 10 \log N \text{ dB} \quad (3.5-4)$$

Der erste Term entspricht der Summe der Schalldruckquadrate und ist in weiteren Auswertungen als Einzelvariable  $L_S$  sowie als Ausgangsgröße für eine einheitliche Darstellung anderer Beurteilungsmaße verwendet worden (vgl. Abschnitt 3.6.2).

Die Energiesumme aller Einzelereignisse erhält man – abgesehen von Konstanten – wenn im ersten Glied von Formel 3.5-4 die Dauern der Einzelereignisse als Faktoren zu den Gliedern der Summe hinzugefügt werden. Bezieht man die Mittelung nicht auf die Zahl der Ereignisse sondern auf einen Bezugs- oder Beurteilungszeitraum  $T$ , indem man im zweiten Glied von Formel (3.5-4)  $N$  durch  $T$  ersetzt, dann erhält man den „energieäquivalenten Dauerschallpegel“, d.h. den Pegel des gleichbleibenden Geräusches, das in der Bezugszeit  $T$  dem Beobachtungsort die gleiche Schallenergie zuführt wie  $N$  Einzelereignisse innerhalb der Dauer  $T$ .

In allgemeinerer Form läßt sich ein „äquivalenter Dauerschallpegel“  $L_{eq}$  definieren (DIN 45641), der den Pegel eines zeitlich konstanten Geräusches entspricht, das im Beurteilungszeitraum  $T$  in seiner Wirkung auf Menschen den  $N$  innerhalb  $T$  auftretenden Einzelereignissen der Dauer  $t_i$  gleichwertig (äquivalent) sein soll:

$$L_{eq} = \frac{q}{\log 2} \log \left( \frac{1}{T} \sum_{i=1}^N t_i \cdot 10^{\frac{L_{Ai} \cdot \log 2}{q}} \right) \text{ dB} \quad 3.5-5$$

Der Parameter  $q$  wird Äquivalenz- oder Halbierungsparameter genannt und gibt an, welche Pegeländerung einer Verdopplung oder Halbierung der Dauern  $t_i$  oder der Zahl  $N$  der Einzelereignisse eines konstanten Pegels gleichwertig – äquivalent – ist. Für  $q = 3$  erhält man die Energieäquivalenz,  $q = 4$  wird in Deutschland in der Größe  $\bar{Q}$  zur Beurteilung von Fluggeräuschen verwendet (vgl. Abschnitt 3.5.2.2). Bei den Versuchen zur Optimierung eines Fluglärmbewertungsmaßes wurde  $q$  zwischen 1 und 10 variiert (vgl. Abschnitt 3.6.1 und Tabelle 3-10).

### 3.5.2 Beurteilungsverfahren verschiedener Länder

Zur Beurteilung der Wirkung des Fluglärms sind in mehreren Ländern Meß- und Beurteilungsverfahren entwickelt worden. In allen Verfahren werden Einzelereignisse gemittelt, mit Formeln, die den unter (3.5-3 und 3.5-5) beschriebenen ähnlich sind. Die einzelnen Verfahren unterscheiden sich in einigen Parametern, verschiedenen Gewichtungen der Tag- und Nachtereignisse und in – für Korrelationen mit Betroffenheits- und Belästigungsvariablen unerheblichen – additiven Konstanten.

Viele Verfahren gehen nicht von der Zusammenfassung von A-bewerteten Schalldruckpegeln aus, sondern benutzen den Perceived Noise Level  $L_{PN}$  jedes Ereignisses (KRYTER, 1959). Dieser Pegel wird mit einem Rechenverfahren aus Frequenzanalysen des Schalleignisses, Umwandlung der Bandpegel in Noy-Werte (die etwa Teillautheiten entsprechen), Addition der Noy-Werte nach bestimmter Vorschrift und Rückwandlung in einen Pegelwert bestimmt. Das Verfahren ist aufwendig. Viele Untersuchungen zeigen aber, daß ein additiver Zuschlag zum A-Schallpegel von 12–14 dB (je nach Flugzeugtyp und Flugmanöver) den  $L_{PN}$ -Wert sehr gut annähert (YOUNG & PETERSON, 1969; KLIMUHIN & OSSIPOV, 1968 u.a.).

2082

Für die vorliegende Untersuchung wurde ein Zuschlag von 12,4 dB zum A-Schallpegel benutzt, um den  $L_{PN}$ -Wert zu gewinnen. Dieser Wert wurde von YOUNG und PETERSON, (1969) übernommen, nachdem die eigene Auswertung einer Reihe von Überflügen an verschiedenen Meßpunkten einen ähnlichen Wert ergeben hatte. Aus den mit Echtzeit-Terzfiltern als Maximalwerte je Terz während eines Überfluges aufgenommenen Spektren wurde der  $L_{PN}$ -Wert nach den Verfahren von Kryter errechnet. Zusätzlich lieferte eine Schallmeßanlage, wie sie zur Fluglärmüberwachung verwendet wird, nach dem neuen Konzept der ISO-Empfehlung ISO R 507 (1970) in Abständen von 0,5 s die  $L_{PN}$ -Werte mehrerer Überflüge.

Die Differenzen zum A-Schallpegel lagen im ersten Fall zwischen 10 und 12 dB, im zweiten zwischen 12 und 15 dB.

Die Ergebnisse einiger Verfahren sind in Tabelle 3-9 zusammengestellt.

### 3.5.2.1 Australien

Das australische Beurteilungsmaß ist der Australian Annoyance Index (NOISE, 1963). Die Formel lautet:

$$AI = 10 \log \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{Pni}}{10}} \quad (3.5-6)$$

Die Summation der Überflugpegel erfolgt stundenweise; als kritische Grenze gilt  $AI = 120$  PNdB entsprechend  $L_A = 107,6$  dB tagsüber und  $AI = 105$  PNdB (entsprechend  $L_A = 92,6$  dB) nachts. Der AI-Wert entspricht angenähert der Summe der Schalldruckquadrate aller Ereignisse je Stunde.

### 3.5.2.2 Deutschland

In Deutschland ist der Störindex  $\bar{Q}$  (BÜRCK et al., 1965) zur Beurteilung von Fluglärm in das GESETZ ZUM SCHUTZ GEGEN FLUGLÄRM (1971) aufgenommen worden. Dort wird für  $\bar{Q}$  die Bezeichnung  $L_{eq}$  verwendet. Zur Berechnung von  $\bar{Q}$  dienen der Überflugpegel, die Dauer  $D_{10}$  und ein Bezugszeitraum T:

$$\bar{Q} = 13,3 \log \left( \frac{1}{T} \sum 10^{\frac{L_{Ai}}{13,3} \cdot t_i} \right) \text{ dB} \quad (3.5-7)$$

$t_i$  Dauer  $D_{10}$   
T Bezugszeitraum

Nach der im Fluglärngesetz angegebenen Rechenvorschrift werden zwei Rechengänge vorgenommen: Im ersten werden die Dauern der Tagflüge mit 1,5 multipliziert, die der Nachtflüge mit 0, d.h. Nachtflüge fallen in der Rechnung fort – im zweiten Rechengang werden die Dauern der Tagflüge einfach gerechnet und die der Nachtflüge mit 5 multipliziert. Von beiden Ergebnissen wird der größere Wert benutzt. Der Bezugszeitraum T umfaßt 24 Stunden, für die Flugbewegungen sind Mittelwerte über die sechs verkehrsreichsten Monate des Jahres zugrunde zu legen.

1190

### 3.5.2.3

#### 3.5.2.3 England

In England wurde als Ergebnis einer umfassenden Untersuchung über die Wirkungen von Fluglärm (McKENNELL, 1963) der Noise and Number Index NNI erarbeitet:

$$NNI = 10 \log \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{PNI}}{10}} \right) + 15 \log N - 80 \quad (3.5-8)$$

N Zahl der Überflüge in 16 Stunden.

Durch Einführung des Terms  $15 \log N$  wurde eine gute Korrelation mit der Störwirkung (annoyance) erreicht.

#### 3.5.2.4 Frankreich

Eine französische Fluglärmkommission (Commission du Bruit du Ministère des Affaires Sociales, JOSSE, 1969) hat das folgende Kriterium vorgeschlagen.

$$R = 10 \log \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{PNI}}{10}} \right) + 10 \log(N/2500) \quad (3.5-9)$$

N Zahl der Überflüge in 24 Stunden.

Das französische Transportministerium hat den ähnlich aufgebauten „Isopsophic Index“ vorgeschlagen:

$$N = 10 \log \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{PNI}}{10}} \right) + 10 \log N - 30 \quad (3.5-10)$$

N-Zahl der Überflüge in 16 Stunden.

Abend- und Nachtflüge werden dabei durch besondere Gewichtung gesondert berücksichtigt.

#### 3.5.2.5 Holland

In den Niederlanden wurde im Gebiet um den Flughafen Amsterdam eine Untersuchung über die Wirkungen von Fluglärm durchgeführt (BITTER, 1970). Die Reaktionen wurden zunächst mit NNI korreliert, es wurde dann aber angestrebt, ein Beurteilungsmaß auf der Basis des A-Schallpegels zu haben. Die Formel für dieses Maß B (Total Noise Load) lautet

$$B = 20 \log \sum n \cdot 10^{L_{Ai}/15} - 157 \quad (3.5-11)$$

n Gewichtungsfaktor für Zeitpunkt der Überflüge

#### 3.5.2.6 Schweden

In Schweden bestehen zwei Verfahren, die nur die Häufigkeit der Überflüge und die A-bewerteten Überflugpegel berücksichtigen. Im ersten Verfahren wird eine EDD-Zahl gebildet

2380

(Equivalent Daytime Disturbance Number) für deren Jahres-Mittelwert eine kritische Grenze festgelegt wurde.

Im zweiten Verfahren wird die Häufigkeit einzelner Pegelklassen gewichtet addiert; der Wert heißt „Equivalent Number“:

$$N_e = N_{75} + 3,3N_{80} + 10N_{85} + 33N_{90} + 100N_{95} \quad (3.5-12)$$

$N_{75}$  Anzahl der Überflugpegel bis 75 dB(A).

### 3.5.2.7 Südafrika

Der südafrikanische Noisiness Index NI (MULLER & NIEKERK, 1968) ist in seiner Grundform ein energieäquivalenter Pegel, er entspricht dem  $L_{eq}$ :

$$NI = 10 \log \left( \frac{1}{T} \sum_{i=1}^N t_i 10^{\frac{L_{Ai}}{10}} \right) \quad (3.5-13)$$

$t_i$  Überflugdauer  $D_{10}$   
T Bezugsdauer 24 Stunden.

Zuschläge für Tages- und Jahreszeit können angebracht werden. In seiner Grundform wird der NI-Wert aus A-Schallpegeln ermittelt, die aus Terzanalysen gerechnet wurden; Pegel und Dauern werden aus Emissionswerten in einem aufwendigen Rechengang (41 Parameter) bestimmt.

### 3.5.2.8 USA

Zur Kennzeichnung der Geräuscheinwirkung in der Umgebung von Verkehrsflughäfen werden vor allem die Größen CNR (Composite Noise Rating) und NEF (Noise Exposure Forecast) verwendet (GALLOWAY, 1970). Die Berechnung beider Größen geht aus von der Kennzeichnung des Überflugpegels durch die Größe  $L_{PN}$  (Perceived Noise Level), die aus Laboratoriumsuntersuchungen über die subjektive Empfindung von Fluggeräuschen abgeleitet worden ist (KRYTER, 1968, 1972). Die Größe  $L_{PN}$  kann nicht in einfacher Weise gemessen werden, sondern wird aus Terzspektren berechnet. Von dem A-bewerteten Schallpegel unterscheidet sich der Perceived Noise Level im Mittel um etwa 12,4 dB mit einer Standardabweichung von 1,2 dB (YOUNG und PETERSON, 1969). Diese Differenz hängt vom Frequenzspektrum der Geräusche und damit vom Flugzeugtyp und dem Abstand zwischen Flugzeug und Beobachter ab, für Verkehrsflugzeuge mit Strahlantrieb kann die Differenz Werte zwischen etwa 10 und 15 dB annehmen. Ein wesentlicher Unterschied zum A-Schallpegel besteht darin, daß im Perceived Noise Level die Geräuschanteile im Frequenzbereich von etwa 2000 bis 5000 Hz um rund 10 dB stärker berücksichtigt werden. Für die Berechnung von NEF wird die Größe  $L_{EPN}$  (Effective Perceived Noise Level) benutzt, die zusätzlich zu  $L_{PN}$  die Überflugdauer  $D_{10}$  und eine Korrektur F für das Auftreten von hervortretenden Tönen enthält. Aus Gründen der Vereinfachung wurde in der vorliegenden Auswertung NEF nur mit Hilfe von  $L_{PN}$  (also ohne Dauer- und Tonkorrektur) berechnet. Außerdem wurden entsprechend dem Flugbetrieb in München nur Flüge in der Zeit von 6.00 bis 22.00 Uhr berücksichtigt, wobei dieser ganze Zeitraum als Tag ohne

### 3.5.2.8

Unterscheidung der Abend- und Morgenstunden behandelt wurde.  
Mit diesen Einschränkungen ergeben sich für CNR und NEF folgende Darstellungen:

$$\text{CNR} = 10 \lg \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{P_{Ni}}}{10}} + \log N - 12 \quad (3.5-14)$$

$$\text{NEF} \approx 10 \lg \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{P_{Ni}}}{10}} + \log N - 88 \quad (3.5-15)$$

N Zahl der täglichen Überflüge zwischen 6.00 und 22.00 Uhr.

### 3.5.3 Beurteilung der Sprachverständlichkeit

Die Erhebungen der Sozialwissenschaftlichen Sektion – ebenso wie die Ergebnisse ähnlicher vorangegangenen Untersuchungen – zeigen, daß Beeinträchtigungen der Sprachverständlichkeit durch Geräusche als besonders belästigend und störend empfunden werden. Hierzu gehören in erster Linie die Störungen beim Radiohören und Fernsehen, da die verlorene Information nicht durch eine Rückfrage nachgeholt oder die Störung durch eine Anhebung des Sprachpegels kompensiert werden kann.

In der Akustik werden verschiedene Verfahren benutzt, um Kennwerte für die Sprachverständlichkeit bei Anwesenheit von Störgeräuschen zu erhalten. Die Verfahren wurden entwickelt, um die Verständigung auf störanfälligen Übertragungswegen in lärmgefüllter Umgebung (in Büroräumen oder in Kommandoanlagen auf Schiffen, in Fahrzeugen und Industrieanlagen) zahlenmäßig zu erfassen und um eine hinreichende Verständigung sicherzustellen. Zwei Verfahren haben zur Beurteilung der Sprachverständlichkeit besondere Bedeutung erlangt: der Articulation Index (AI) und der Speech Interference Level (SIL).

Beim Konzept des Articulation Index (FRENCH & STEINBERG, 1947) wird angenommen, daß die Sprachverständlichkeit proportional der mittleren Differenz der jeweils in schmalen Frequenzbereichen gemessenen Pegel des Störgeräusches und dem um 12 dB erhöhten über längere Zeit bestimmten Mittelwert der Sprachpegel in den gleichen Frequenzbereichen ist. Es werden 20 Frequenzbereiche von der Breite einer Dritteloktave verwendet. Für die ermittelten Werte des Articulation Index gibt es Diagramme, die die jeweils möglichen Werte für Silben-, Wort- und Satzverständlichkeit angeben. Verschiedene Modifikationen (anderer Frequenzbandbreiten, weniger Frequenzbereiche) wurden vorgeschlagen (KRYTER, 1970).

Eine vereinfachte Version zur Vorhersage der Sprach-Kommunikationsmöglichkeit von Person zu Person ist der Speech Interference Level. Bei diesem Verfahren werden die drei Oktavpegel des Störgeräusches im Bereich 600–4800 Hz gemittelt und damit für normale, erhobene und laute Sprechstimme der zulässige Abstand zwischen Sprecher und Hörer ermittelt. Auch hier sind Varianten durch Wahl anderer Frequenzbereiche (vorzugsweise die Oktaven mit den Mittenfrequenzen 500, 1000, 2000 Hz) und durch Mittelung von vier statt drei Oktaven gebräuchlich (KRYTER, 1970). Für gleichartige Geräuschtypen ist eine Umrechnung der Verfahren ineinander möglich.

Da beim Verfahren des Speech Interference Level nur die mittleren Oktaven berücksichtigt werden, die auch beim A-Schallpegel den pegelbestimmenden Anteil liefern, besteht eine feste Beziehung zwischen beiden Werten. In einer zusammenfassenden Untersuchung



(WEBSTER, 1970) läßt sich für verschiedene Geräuschtypen (einschließlich Überflugeräuschen von Flugzeugen) folgende Beziehung gewinnen:

$$L_A = SIL + 9 \text{ dB.} \quad (3.5-16)$$

Diese Beziehung gilt für einen Pegelbereich von etwa 50 bis über 100 dB. Die Abbildung 3-17 zeigt den Zusammenhang zwischen den A-Schallpegeln und SIL-Werten des Störgeräusches von dem möglichen Abstand zwischen Sprecher und Hörer. Das Diagramm der Abbildung 3-17 zeigt, daß die Sprachverständigung bei 1 m Abstand von Sprecher und Hörer bereits gestört wird, wenn das Umgebungsgeräusch über  $L_A = 70$  dB ansteigt, bei 2 m Abstand beginnen die Störungen bereits bei  $L_A = 60$  dB. Das ist aber etwa die Situation, die dem Hören beim Rundfunk- und Fernsehempfang entspricht. Bei Berücksichtigung

Tab. 3-9: Beurteilungsmaße für alle Meßpunkte

Mp	LPN	NNI	Lm	Ls	Leq	Q	FB1
1	112	64	103	122	84	77	91
2	109	63	102	121	84	78	90
3	112	65	104	123	84	77	92
4	111	65	104	123	85	78	92
5	104	56	95	114	78	72	83
6	112	64	103	123	86	79	92
7	111	64	103	122	84	77	91
8	107	61	100	119	83	76	88
9	100	48	90	107	72	66	74
10	109	63	102	121	84	76	90
11	103	55	95	114	78	72	83
12	98	46	89	106	70	63	72
13	108	60	100	119	81	75	87
14	105	57	97	115	79	72	84
15	102	54	94	112	75	68	81
16	103	54	94	112	77	71	81
17	105	57	96	115	79	73	84
18	99	41	88	102	67	60	66
19	104	54	94	112	76	70	80
20	101	51	92	110	74	68	78
21	99	49	90	108	71	64	76
22	100	50	91	109	74	67	77
23	96	41	88	102	67	59	65
24	98	48	89	106	71	64	74
25	95	39	86	100	66	58	63
26	99	49	90	108	73	67	76
27	96	46	88	105	70	63	73
28	102	53	93	111	76	70	80
29	96	46	87	105	70	64	72
30	93	35	81	96	61	53	59
31	94	41	84	100	67	61	67
32	94	35	84	96	62	55	59
Mittelwert	102,3	52,3	93,7	111,2	75,3	68,5	78,7
Standardabweichung	5,9	9,0	6,5	8,2	7,1	7,2	9,9

### 3.5.3

einer Schalldämmung von außen nach innen von etwa 20 dB ergibt sich, daß Außenpegel über  $L_A = 80$  dB die Sprachverständigung im Innern der Räume beeinträchtigen können. Da bei der Auswertung der Fluggeräuschemessungen alle Ereignisse mit Überflugpegeln über  $L_A = 75$  dB berücksichtigt wurden, sind auf alle Fälle die Ereignisse erfaßt, die für Störungen der Sprachverständigung in Betracht kommen.

Der Articulation Index und der Speech Interference Level wurden für gleichförmige, im Pegel wenig schwankende Geräusche entwickelt. Es ist fraglich, ob die Verfahren zur Beurteilung der Kommunikationsstörungen durch seltene und im Pegelverlauf sehr stark veränderliche Geräusche – wie sie Flugzeugüberflüge darstellen – geeignet sind. Die Störungen durch Überflüge sind wegen des hohen Pegels sehr stark aber nur von jeweils kurzer Dauer. In einer neueren Untersuchung (WILLIAMS & PEARSONS & HECKER, 1971) wird tatsächlich auch festgestellt, daß für einen gegebenen Wert des Articulation Index (und damit auch des Speech Interference Level) bei zeitlich veränderlichen Schallvorgängen weniger Störung der Sprachverständlichkeit als bei gleichförmigen Geräuschen auftritt. In der gleichen Untersuchung wird festgestellt, daß beide Maße zur Beurteilung der Sprachverständlichkeit und der A-Schallpegel in nahezu gleicher Weise geeignet sind, die Störwirkung zusammenhängender Sprache bei Flugzeugüberflügen zu kennzeichnen. Ein scharfer Abfall der Sprachverständigung (Satzverständlichkeit) tritt ein, wenn der Überflugpegel  $L_A = 76$  dB überschreitet. Das gilt für Sprache mit gewöhnlicher Stärke (Stimme nicht angehoben). Ein Überflugpegel von  $L_A = 76$  dB im Wohnraum entspricht etwa  $L_A = 95$  dB außerhalb des Hauses. Nach Tabelle 3-4 und 3-9 sowie Abbildung 3-18 erreicht oder überschreitet der arithmetisch gemittelte Überflugpegel  $\bar{L}_A$  den Wert 95 dB an den Meßpunkten, an denen FB1 über 85 dB ansteigt. (vergl. Kap. 9.6.2 und Tab. 9-2).

Wegen des engen Zusammenhanges der beiden Verfahren mit dem A-Schallpegel schien es im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht notwendig, den Articulation Index und den Speech Interference Level aus den Spektren zu errechnen; der mittlere Überflugschallpegel  $\bar{L}_A$  ist hinreichend gut geeignet, um auch als Variable zur Kennzeichnung der Beeinträchtigung der Sprachverständlichkeit dienen zu können.

## 3.6 Optimierung eines Fluglärm-Bewertungsmaßes

Die zahlenmäßigen Werte einiger Beurteilungsverfahren sind in Abbildung 3-18 zusammengestellt. Dort sind die Cluster auf der Abszisse so angeordnet, daß sich für das zusammenfassende Bewertungsmaß FB1 (vgl. Abschnitt 3.6.3) ein monotoner Anstieg ergibt. Cluster mit gleichem Wert von FB1 sind nach dem Mittelungspegel  $L_m$  oder nach dem arithmetischen Mittel  $\bar{L}_A$  der Überflugpegel geordnet. Die Werte für nicht eingezeichnete Verfahren (AI, NI usw.) lassen sich größtenteils mit Hilfe der Tabelle 3.11 in Abschnitt 3.6.2 durch Berücksichtigen eines additiven Zuschlags ermitteln. Um den Trend der Verfahren zu verdeutlichen, sind die errechneten Regressionsgeraden eingezeichnet. Additive Zuschläge bei der Ermittlung nicht eingezeichneter Größen bewirken nur eine Parallelverschiebung der Regressionsgeraden der Größe, zu der der Zuschlag addiert wurde.

### 3.6.1 Korrelationen

Für eine Reihe von Beurteilungsmaßen wurden die Korrelationen mit der „Globalreaktion-S“ und  $\bar{S}$  und die Interkorrelationen mit den anderen akustischen Variablen errechnet. Aus-

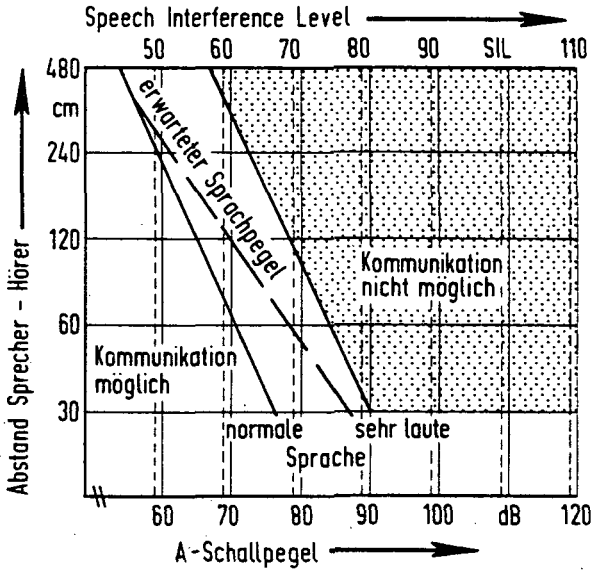


Abb. 3-17 Sprachverständlichkeit in Abhängigkeit vom A-Schallpegel und vom Speech Interference Level

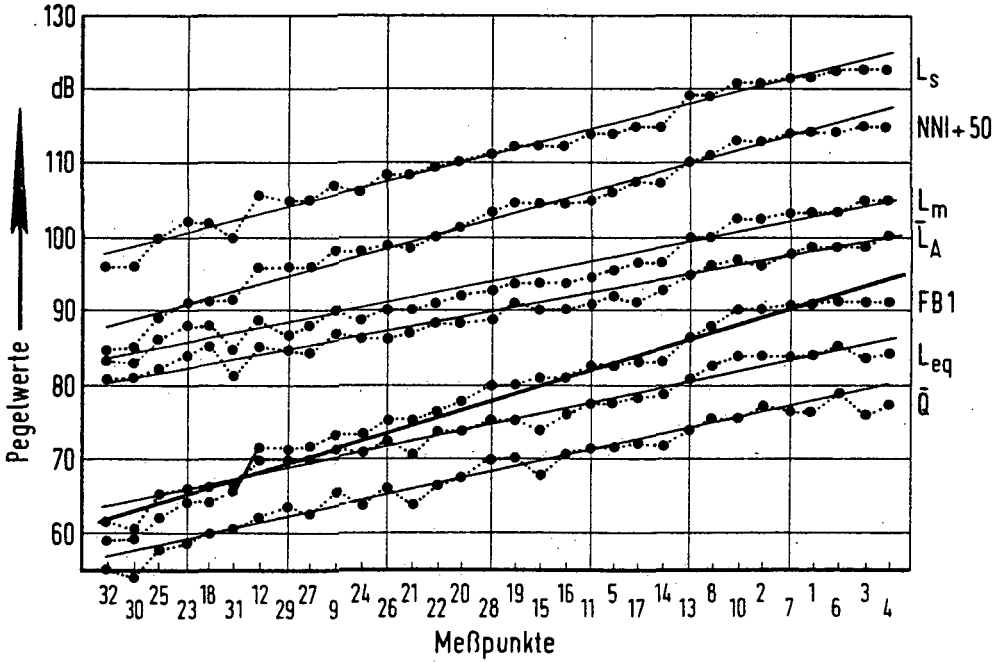


Abb. 3-18 Verlauf einiger Beurteilungsmaße für alle Meßpunkte

2975

gangspunkt der Berechnungen bildeten die für jeden Überflug vorhandenen Meßwerte für den mittleren Überflugpegel  $L_A$  und die mittlere Überflugdauer  $D_{10}$ . Die Werte wurden tagweise für je 16 Stunden errechnet und die Tages-Beurteilungswerte (max. 11, im Mittel 8 je Cluster) für jeden Meßpunkt arithmetisch gemittelt. Für die Berechnung der Tageswerte der Beurteilungsmaße wurden die Überflugpegel und Dauern  $D_{10}$  aller Flüge herangezogen, die nach den in Abschnitt 3.4.1.2 und 3.4.1.3 beschriebenen Auswahlverfahren in die Endauswertung gekommen waren. Aus diesem Wertevorrat wurden Gruppen von je N Werten gebildet, wobei sich die mittleren täglichen Überflugzahlen N je Cluster aus den Richthäufigkeiten durch Multiplikation mit 0,8 ergaben (Richthäufigkeit 100 % entspricht 80 Überflügen täglich). Jede Wertegruppe wurde wie 1 Tag behandelt, auf diese Weise sollten Stichprobenfehler reduziert werden.

Die im unteren Teil der Tabelle 3-6 für diese Beurteilungsmaße angegebenen Korrelationen sind nur geringfügig besser als die der Einzelvariablen Pegel und Richthäufigkeit. Kombinierte Maße, die mehrere Einzelvariable enthalten, sollten aber trotzdem zur Beurteilung von Fluggeräuscheinwirkungen vorgezogen werden, da das Verhältnis von Überflugpegel und Häufigkeit (evtl. Dauer) von der Lage und den Flugbedingungen eines Flughafens abhängig ist und sich die vorliegende Untersuchung auf eine bestimmte gegebene Situation beschränken mußte. Kombinationen mehrerer Variablen lassen eine bessere Verallgemeinerung der Aussage erwarten.

Die Interkorrelationen der Beurteilungsmaße und die der Beurteilungsmaße mit den Einzelvariablen Pegel und Häufigkeit sind sehr hoch, sie erreichen in der Regel Werte über 0,96. Die höchsten Korrelationen mit der „Globalreaktion-S“ bzw. „ $\bar{S}$ “ erreicht der englische Noise and Number Index ( $r = 0,86/0,57$ ). Der Mittelungspegel  $L_m$  (Formel 3.5-3) erreicht bereits eine Korrelation von  $r = -0,84/-0,56$ ; der Energiesummenpegel  $L_S$  (erster Term in Formel 3.5-3) Werte von  $r = -0,86/-0,58$ .

Für die äquivalenten Dauerschallpegel (Formel 3.5-5) entsteht für verschiedene Halbierungsparameter q folgender Zusammenhang:

Tab. 3-10: Einfluß des Halbierungsparameters q im Äquivalenten Dauerschallpegel auf die Korrelation mit den Betroffenheitsmaßen „Globalreaktion-S“ und „ $\bar{S}$ “

	Global-Reaktion	$\bar{S}$	S
$L_{eq}(1)$	(q=1)	$r = -0,84$	$r = -0,56$
$L_{eq}$	(q=3) Energieäquivalenz	$r = -0,85$	$r = -0,57$
$\bar{Q}$	(q=4) Störindex	$r = -0,85$	$r = -0,56$
$L_{eq}(10)$	(q=10)	$r = -0,81$	$r = -0,53$

Die Versuchsweise eingeführten Halbierungsparameter q=1 und q=10 sollten erkennen lassen, wo das Optimum der Korrelation liegt, das mit dem Äquivalenzkonzept erreicht werden kann. Für das vorliegende Untersuchungsmaterial liegt die maximale Korrelation bei Rechnungen mit dem Halbierungsparameter q=3. Der energieäquivalente Dauerschallpegel hat also von allen äquivalenten Verfahren die beste Korrelation mit der Betroffenheit durch Fluglärm.

2382

3.6.2 Systematischer Vergleich der verschiedenen Verfahren

Beim Vergleich der Berechnungsformeln der Beurteilungsverfahren lassen sich deutlich drei Gruppen unterscheiden:

- a) Verfahren mit Mittelungspegel  $L_m$ , einem additiven Term für die Häufigkeit und einer Konstanten,
- b) Verfahren mit einer zu  $L_m$  ähnlichen Mittelung aber anderen Exponenten im Exponentialausdruck unter dem Summenzeichen, evtl. mit additivem Term für die Häufigkeit und einer Konstanten,
- c) Äquivalenzverfahren unter Einbeziehung der Dauer der Einzelereignisse (z.B.  $\bar{Q}$ ). Ähnlichkeiten und Unterschiede der Verfahren lassen sich besser vergleichen, wenn man die in Formel 3.5-4 vorgeschlagene Aufspaltung der Mittelungsformeln vornimmt; die additiven Terme verschiedener Verfahren für die Häufigkeit können dann mit dem Ausdruck  $-10 \log N$  zusammengefaßt werden. Die Formeln bekommen dann folgende allgemeine Form

$$L = \underbrace{10 \log \sum 10^{L_i/10}}_{L_S} - 10 \log N + K \cdot \log N + C \quad (3.6-1)$$

$L_m$                       K, C Konstanten

Der erste Ausdruck auf der rechten Seite der Formel ist dann die Summe der Schalldruckquadrate aller Pegel und damit der Gesamt-Schallenergie verwandt. (Zur Schallenergie fehlen noch Angaben über die Dauer der Schallereignisse und die Größe der durchstrahlten Fläche.) Der erste und zweite Ausdruck zusammen sind der Mittelungspegel und die beiden letzten Summanden Bestandteil des jeweiligen Beurteilungsverfahrens. Die beiden mittleren Ausdrücke für die Häufigkeit können, wie erwähnt, stets zusammengefaßt werden. Der allgemeinste Ausdruck zur zusammenfassenden Kennzeichnung der Schallbelastung ist dann

$$L = L_S + k \cdot \log N + C \quad (3.6-2)$$

Die Konstante k bekommt hier folgende Bedeutung:

- k = - 10            L ergibt den Mittelungspegel ( $L_m$ )
- k = 0              L ergibt die Summe der Schalldruckquadrate ( $L_S$ )
- k = + 5 ... + 10    L erhält einen zusätzlichen Häufigkeitsanteil  
(wie z.B. bei NNI, FB1)

Im folgenden sollen nun die in Abschnitt 3.5.2 genannten Verfahren mit der Formel 3.6-2 dargestellt und miteinander verglichen werden. Dazu wurden alle sich ergebenden Konstanten in C zusammengefaßt und alle Pegelwerte als A-Schallpegel eingeführt; die Differenz zum (bei einigen Verfahren erforderlichen)  $L_{PN}$ -Wert wird zu 12 dB festgelegt und in die Konstante eingerechnet.

Die Verfahren werden für 16 Tagesstunden angewendet.

In die vergleichenden Rechnungen wurden die Daten von fast 15000 Überflugereignissen eingebracht.

1487

Tabelle 3-11 Vergleich der Definitionen verschiedener Fluglärmbewertungsmaße und deren Korrelationen mit den Betroffenheitsmaßen „Globalreaktion-S“ und „Globalreaktion-S“ (Mittelwert über alle Personen eines Clusters)				
Land	Formel	entspricht:	Korrelationen mit	
			$\bar{S}$	S
	$L_m = L_S^*) - 10 \log N$	Mittelungspegel	-0,84	-0,56
(PTB)	$L_F = L_S - 5 \log N$	(Versuchsmaß)	-0,85	-0,56
Australien	$AI = L_S + 12$	( $L_S$ )		
Frankreich	$R = L_S - 22$	( $L_S$ )		
Frankreich	$N = L_S - 18$	( $L_S$ )	-0,86	-0,58
USA	$CNR = L_S$	( $L_S$ )		
	$NEF \approx L_S - 76$	( $L_S$ )		
England	$NNI = L_S + 5 \log N - 68$	-	-0,86	-0,57
(PTB)	$FB1 = L_S + 10 \log N - 50$	-	-0,87	-0,58
	$L_{eq} = 10 \log (\sum_{t_i} 10^{L_{Ai}/10}) - 48$	-		
Südafrika	$\bar{NI} = 10 \log (\sum_{t_i} 10^{L_{Ai}/10}) - 48$	( $L_{eq}$ )	-0,85	-0,57
Deutschland	$Q = 13,3 \log (\sum_{t_i} 10^{L_{Ai}/13,3}) - 63$		-0,85	-0,56

\*)  $L_S = 10 \log \sum 10^{L_{Ai}/10}$ ; vgl. 3.6.2

### 3.6.3 Fluglärm-Bewertungsmaß FB1

In der Aufstellung der Tabelle 3-11 sind zwei neue Maße verwendet worden:  $L_F$  und  $FB1$  (2. und 9. Reihe). Diese Maße sind in umfangreichen Versuchsreihen entstanden, mit dem Ziel, durch verschiedene Gewichtungen der Einzelglieder ( $\log N$ ) der allgemeinen Formel 3.6-2 die Korrelationen anhand einer Reihe von Reaktionsvariablen der Sozialwissenschaftlichen Sektion zu optimieren. Das Maximum der Korrelation mit der „Globalreaktion-S“ trat bei dem als  $FB1$  (Fluglärmbewertungsmaß 1) bezeichneten Maß auf, in dem der Logarithmus der mittleren täglichen Überflugzahl mit dem Faktor 10 gewichtet wird. Die in der Aufstellung enthaltene Reihe der Faktoren für den Logarithmus der Überflugzahl (-10 bei  $L_m$ ; -5 bei  $L_F$ ; 0 bei  $L_S$ ; 5 bei  $NNI$  und 10 bei  $FB1$ ) wurde versuchsweise in kleinen Schritten bis 30 fortgesetzt; die bei  $FB1$  gefundene Korrelation konnte aber nicht mehr verbessert werden, sondern verringerte sich wieder (sehr) langsam bei höherem Einfluß der Überflugzahl. Die gleiche Tendenz fand sich schon bei den Äquivalenzverfahren bei hohem Halbierungsparameter  $q$  (Tabelle 3-10), d.h. bei starkem Häufigkeitseinfluß. Auch andere Kombinationen (zusammengefaßte z-Scores von Pegel und Überflugzahl, von Pegel und Logarithmus der Überflugzahl u.ä.) und das Hinzufügen eines Terms für die Überflugdauer ( $D_{10}$  oder  $D_{80}$ ), bzw. für deren logarithmierte Werte konnten die Korrelationswerte von  $FB1$  bisher nicht übertreffen.

Eine Kombination akustischer Einzelvariablen sollte allerdings nicht allein mit dem Ziel vorgenommen werden, die Korrelationen zur Betroffenheit geringfügig zu erhöhen – sondern der *Gesamtausdruck sollte sinnvoll kombinierte Größen* enthalten, die *Zusammenhänge mit der Betroffenheit* der Personen erkennen lassen. Die geringfügigen Unterschiede der Korrelationen der bekannten Beurteilungsmaße sind für die Praxis ohne Bedeutung; da die Maße ohnehin sehr hoch interkorrelieren (Tabelle 3-6) sind sie als gleichwertig zu betrachten – für weitere Untersuchungen sollten deshalb Maße mit einfachem Aufbau verwendet werden.

Das Maß FB1 erfüllt die genannten Anforderungen: es erreicht die höchsten Korrelationen zur „Globalreaktion-S“, es ist übersichtlich und einfach im Aufbau. FB1 besteht – von der Konstanten abgesehen – aus zwei Gliedern:

$$FB1 = 10 \log \Sigma 10^{L_{Ai}/10} + 10 \log N - 50 \quad (3.6-3)$$

das erste Glied entspricht  $L_S$ , der Summe der Schalldruckquadrate der einzelnen Überflugpegel, das zweite Glied berücksichtigt zusätzlich die Häufigkeit, d.h. die tägliche Anzahl der Überflüge.

### 3.6.4 Geltungsbereich

In allen Untersuchungen, in denen akustische Beurteilungsmaße, die durch Gewichtung und Kombination aus akustischen Meßwerten (Überflugpegel, Häufigkeit, Dauer) hervorgehen, mit Werten für die Betroffenheit der Bevölkerung korreliert oder verglichen werden, stellt sich die Frage der Übertragbarkeit auf andere Situationen. Mit anderen Worten: Läßt sich mit dem amerikanischen Beurteilungsmaß Composite Noise Rating nur die Betroffenheit amerikanischer Bevölkerung an dortigen Flughäfen kennzeichnen, mit dem englischen Noise and Number Index nur die Situation um Heathrow? Gilt das in dieser Untersuchung vorgeschlagene Fluglärm-Bewertungsmaß FB1 nur für die Flugverhältnisse und das Untersuchungsgebiet München?

Aus der Tabelle 3-6 ist zu entnehmen, daß alle akustischen Beurteilungsmaße sehr hoch – alle über  $r = 0,98$  – interkorrelieren. In dieser Tabelle steht die „Summe der Schalldruckquadrate  $L_S$ “ für eine Reihe anderer Beurteilungsverfahren, die sich von der Energiesumme nur durch eine additive Konstante unterscheiden (vgl. Tabelle 3-11). Diese Konstante hat keinen Einfluß auf den Korrelationskoeffizienten. Ähnliche Werte für einzelne Vergleiche finden sich auch in anderen Untersuchungen (TRACOR, 1970). Die Maße sind also als fast gleichwertig zu betrachten und können die Geräuschsituation in der Umgebung normaler Verkehrsflughäfen mit Werten kennzeichnen, die praktisch gleich gut mit der Betroffenheit korrelieren. Ein Einfluß des Überflugpegels (andere Flugzeugmuster, andere geografische Lage zum Flugpfad) geht in die Berechnung *aller* Beurteilungsmaße in gleicher Weise (Summe der Schalldruckquadrate) ein; erhöht sich dagegen die Häufigkeit der Überflüge, so zeigen die Verfahren unterschiedliches Verhalten: z.B. steigt bei Verdopplung der Überflugzahl bei gleichbleibendem Pegel der Einzelüberflüge der Wert der energieäquivalenten und der Energiesummen-Verfahren um 3 Einheiten, der Wert des  $\bar{Q}$ -Verfahrens um 4, der des Noise and Number Index um 4,5 und der des Fluglärm-Bewertungsmaßes FB1 um 6 Einheiten an. Das Maß FB1 mit dem starken Häufigkeitseinfluß ist aus der Situation der Münchner Untersuchung hervorgegangen. Die Berechtigung des Ansatzes von FB1 wird unterstützt durch die hohe Korrelation der Häufigkeit mit der Betroffenheit, sie erreicht

3867

von allen akustischen Einzelvariablen die höchsten Werte (s. Tabelle 3-6). In neuesten Untersuchungen (TRACOR, 1972) wird ebenfalls ein höherer Häufigkeitseinfluß vermutet als er im Composite Noise Rating Verfahren (3 Einheiten je Verdopplung) berücksichtigt wird.

Auch in einer schwedischen (RYLANDER et al., 1972) und in einer englischen (MIL Research Ltd., 1971) Untersuchung wird die Notwendigkeit einer stärkeren Bevorzugung der Häufigkeit festgestellt. In der schwedischen Studie wird gefunden, daß für weniger als 70 Starts pro Tag die Betroffenheit sehr zurückgeht – die englische Untersuchung stellt fest, daß bei der Korrelation mit der Betroffenheit für die Zahl der Überflüge eher eine lineare als eine logarithmische Skale die höheren Werte ergibt. Damit bekäme die Häufigkeit einen weit höheren Stellenwert als in den bisherigen Beurteilungsverfahren. Der bei der Konzeption des Fluglärm-Bewertungsmaßes FB1 angestrebte höhere Einfluß der Überflugzahl scheint somit auch durch die genannten neueren Untersuchungen bestätigt zu werden. Damit wird es wahrscheinlich, daß auch bei der Anwendung dieses Maßes auf Situationen anderer Verkehrsflughäfen sinnvolle Aussagen erwartet werden können. Mit Sicherheit wird bei Flughäfen mit einer größeren Zahl von täglichen Flugbewegungen im Hinblick auf die Betroffenheit der Anwohner keine Unterbewertung der Situation eintreten. Im übrigen sei noch einmal an den sehr engen korrelativen Zusammenhang aller Beurteilungsmaße erinnert: da FB1 mit NNI, CNR usw. hoch korreliert, ist es zumindest etwa ebenso valide wie diese eingebürgerten Beurteilungsmaße. Ungeklärt ist die Gültigkeit aller Beurteilungsmaße bei stark abweichenden Flugverhältnissen, z.B. an Militärflughäfen und bei starkem Hubschrauber- und Senkrechtstarter-Anteil. Hier müßten Anteile einer – noch zu definierenden – Geräuschdauer in die Rechenverfahren eingebracht werden, da der in der Nachbarschaft aller Verkehrsflughäfen vorhandene enge und überall ähnliche Zusammenhang zwischen Überflugpegel und Überflugdauern hier nicht mehr gegeben ist.

### 3.7 Ergänzende Betrachtungen

#### 3.7.1 Grenzen für akustische Kennwerte

Untersuchungen der vorliegenden Art sollen in der Regel dazu dienen, aus den ermittelten Zusammenhängen zwischen akustischen Kennwerten und Betroffenheitsvariablen Bereiche in der Umgebung des Flughafens abzugrenzen, in denen die Fluggeräuscheinwirkungen das Leben und Arbeiten erheblich beeinträchtigen. Diese Bereiche, denen nach Möglichkeit Kennzeichnungen wie „zumutbar“ oder „Wohnbauung unzulässig“ zugeordnet werden sollen, sind für Planungsaufgaben von großer Bedeutung. Die Festlegung derartiger Bereiche hat erhebliche finanzielle Folgen, wenn Nutzungsbeschränkungen oder Bauauflagen, z.B. erhöhte Schallschutzmaßnahmen, damit verbunden werden.

Grenzwerte aus Reiz-Reaktionsbeziehungen lassen sich einfach festlegen, wenn diese Beziehungen Unstetigkeiten aufweisen, die eine plötzliche, auf den Skalen der Variablen eindeutig festzulegende Zu- oder Abnahme der Reaktionswerte bedeuten. Derartige Unstetigkeiten („Knicke“ in den graphischen Darstellungen) lassen sich in den bisherigen Untersuchungen jedoch nicht mit hinreichender statistischer Sicherheit belegen. In den graphischen Darstellungen (vgl. Kap. 9) verlaufen die Regressionsgeraden der Abhängigkeiten zwischen akustischen Kennwerten und Betroffenheitsvariablen monoton steigend oder fallend, offensichtliche Abgrenzungen zwischen unterschiedlichen Bereichen fehlen in diesen Darstellungen (vergl. 1.3 und 8.6.2).



1190

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden aus den Meßwerten aller Cluster eine Reihe von Beurteilungsmaßen errechnet (vgl. Abschnitt 3.5 und 3.6). Für einen Teil dieser Beurteilungsmaße liegen im Schrifttum Grenzwerte für Zumutbarkeit oder für Beschränkungen der Bautätigkeit vor, die von den Behörden der entsprechenden Länder eingeführt wurden. In der Abbildung 3-19 sind im unteren Teil die Grenzen und Beschränkungen für einige Beurteilungsverfahren zusammengestellt (z.T. nach GALLOWAY, 1970). Darüber befinden sich die NNI- und  $\bar{Q}$ -Werte für alle Meßpunkte und die dazugehörige Skala mit den Werten des Fluglärmbewertungsmaßes FB1. Im oberen Teil des Diagramms wurde die Verteilung der Werte der „Global-Reaktions-S“ aller Probanden (I-Sample) am Median (50 %-Wert der Summenhäufigkeitsverteilung) geteilt in je eine Gruppe stärkerer und eine Gruppe schwächerer Betroffenheit. Der Prozentsatz der stärker Betroffenen je Cluster (die ungeteilte Gruppe je Cluster entspricht 100 %) ist als Funktion von FB1 in das Diagramm eingetragen.

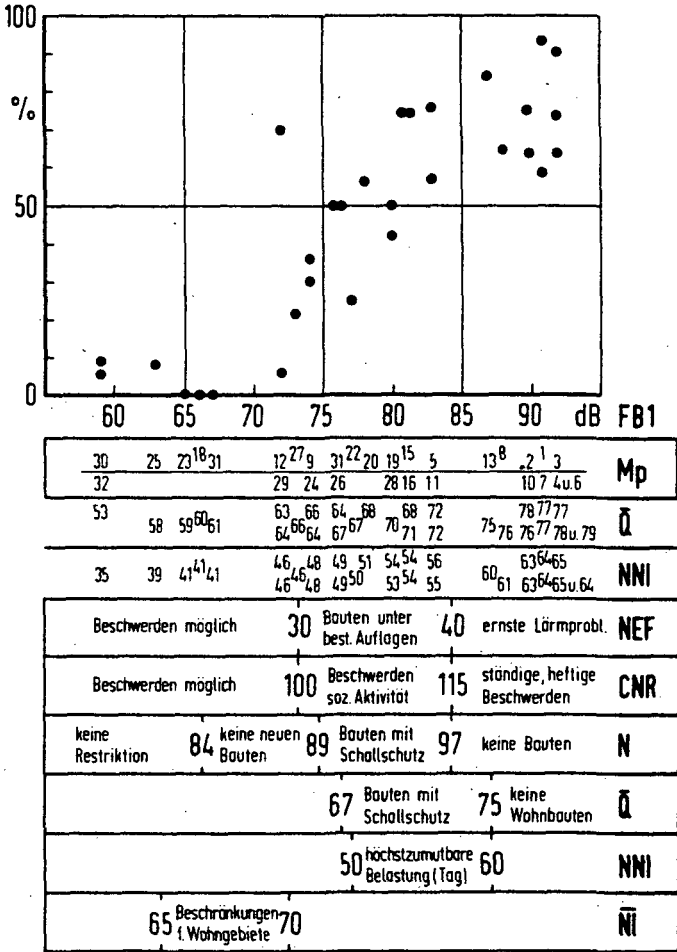


Abb. 3-19 Anteil der Gruppe der stärker Betroffenen in Abhängigkeit von FB1 – Werte und Grenzen verschiedener Beurteilungsverfahren

3867

### 3.7.1

Der Verlauf dieser Werte zeigt nun eine gewisse Unstetigkeit: bis  $FB1=70$  dB ist der Anteil der stärker Betroffenen an der Gesamtgruppe sehr klein (0-20 %), steigt dann aber bis zum Wert  $FB1 \approx 80$  dB schnell auf etwa 50 % an, darüber flacht der Anstieg wieder etwas ab.

Bei den Grenzen der Beurteilungsverfahren (im unteren Teil der Abbildung) zeichnen sich deutlich zwei Gebiete ab: die regelmäßig tieferen Grenzen liegen in der Nähe von  $FB1 = 75$  dB, bei dem – wie beschrieben – der Medianwert der Global-Reaktion liegt; dieser Wert grenzt auch ungefähr die beiden höher belärmten Cluster-Sets C und D von den beiden anderen ab. Die Grenzen der Verfahren für den jeweils engeren Schutzbereich liegen bei  $FB1 = 85$  dB, entsprechend etwa  $\bar{Q} = 75$  und  $NNI = 60$ . Oberhalb dieses Wertes liegen nur noch Cluster des Set D (Ausnahme das unmittelbar anschließende Cluster 13), also die am stärksten belärmten Cluster in einer Entfernung bis etwa 2 km von der Flughafengrenze. Die Grenze  $FB1 = 85$  dB erscheint auch bei den Betrachtungen der Beeinträchtigung der Sprachverständigung in den Wohnräumen. Oberhalb dieser Grenze fällt die Satzverständlichkeit stark ab (vgl. Abschnitt 3.5.3).

### 3.7.2 Künftige Entwicklung des Flugverkehrs

Für eine Anwendung der aus dieser Untersuchung hervorgegangenen Ergebnisse auf den Flugbetrieb der Zukunft ist ein Ausblick auf die Verkehrsentwicklung notwendig. Hierbei sind zwei Aspekte zu unterscheiden:

1. die Änderung des Schallpegels einzelner Überflüge zukünftiger Flugzeugmuster mit weiterentwickelten oder neuen Triebwerken,
2. die allgemeine Zunahme des Flugverkehrs und die damit verbundene Zunahme der Überflughäufigkeit.

Zu 1: Die noch in jüngster Zeit befürchtete Zunahme des Schallpegels beim Überflug neuerer und größerer Flugzeugmuster ist nicht eingetreten. Moderne Triebwerkkonstruktionen mit sehr hohem Bypass-Verhältnis sind trotz erheblich gesteigerter Leistung nicht lauter als ältere Triebwerke, das zeigt sich zum Beispiel auch bei den neuen Großflugzeugen. Diese erfreuliche Entwicklung ist vor allem auf ein Zulassungsverfahren der ICAO zurückzuführen, nach dem die Maschinen unter vereinbarten Prüfbedingungen mit ihren Geräuschen bestimmte Grenzwerte einhalten müssen.

Eine Schallpegelerhöhung durch den einzelnen Überflug ist deshalb zumindest in näherer Zukunft nicht zu erwarten. (Dabei ist vorausgesetzt, daß die Überflüge nicht mit Überschallgeschwindigkeit erfolgen, was in Flugplatznähe auch ohnehin nicht zu erwarten ist.)

Zu 2: Die Zunahme der Flugbewegungen (und damit der Häufigkeit der Überflüge) scheint in der Vergangenheit überschätzt worden zu sein. Insbesondere haben auch die Zuwachsraten im Frachtverkehr nicht den erwarteten Wert erreicht. Durch den Bau sehr großer Flugzeuge (Jumbo, Air-Bus) steigt auch bei wachsendem Passagieraufkommen (die höchsten Zuwachsraten sind im Ferienreise-Charterverkehr) die Zahl der Bewegungen nicht in gleicher Weise. Für geplante Großflughäfen (z.B. Hamburg-Kaltenkirchen) rechnet man in der Mitte der achtziger Jahre mit etwa doppelt soviel Bewegungen, wie sie zur Zeit (z.B. in Hamburg-Fuhlsbüttel) auftreten. Die Abb. 3-20 zeigt die Entwicklung des Flugverkehrs am Flughafen München-Riem. Eine Verdopplung der Bewegungen – gegenüber 1969, dem Jahr der vorliegenden Untersuchung – wird für das Jahr 1982 erwartet. Daß eine solche Verdopplung immerhin bemerkenswerte Konsequenzen auf die Zahl der gestörten und beeinträchtigten Personen haben wird, ist u.a. im Kap. 9.6 erläutert.

2082

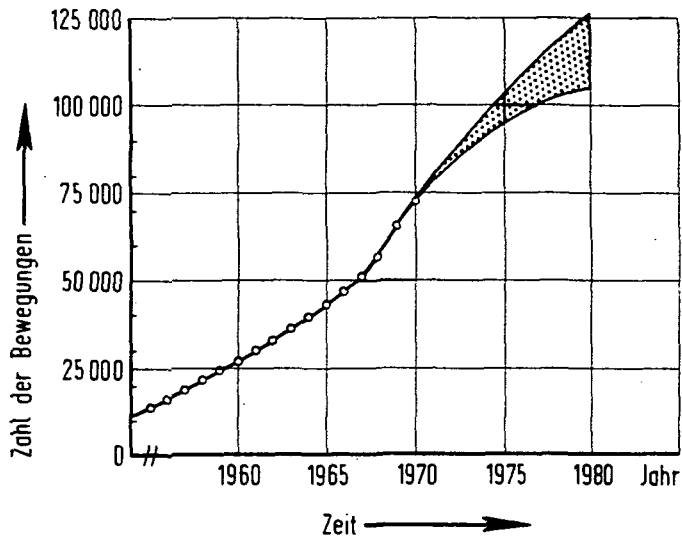


Abb. 3-20 Entwicklung des Flugverkehrs am Flughafen München-Riem (nur Verkehrsflugzeuge) nach: Verkehrsabteilung Flughafen München

### 3.7.3 Vergleich der Ergebnisse mit errechneten Werten

Bei der Planung von neuen Flughäfen und der Abschätzung der zu erwartenden Fluggeräuscheinwirkung müssen die in Abschnitt 3.5.2 beschriebenen Verfahren auf Vor- ausberechnungen oder Typmessungen des Verhaltens von Triebwerken sowie auf Annahmen über Flugwege und Flughäufigkeiten angewendet werden. Die vorliegende Untersuchung hat die Möglichkeit, die Q-Berechnung nach Abschnitt 3.5.2.2 einmal auf die aus den Messungen gewonnenen Werte von Überflugpegel, Dauer und Häufigkeit und zum anderen auf Typwerte und Annahmen über Flugwege, wie sie bei Gutachtertätigkeiten üblich sind, anzuwenden\*. Dabei war in beiden Rechengängen die Richthäufigkeit nach Abschnitt 3.4.1.2 und das Start-Lande-Verhältnis 2 : 1 einzusetzen.

Die Ergebnisse zeigen bei 19 Meßpunkten des Untersuchungsgebietes eine Übereinstimmung von ± 1 dB, die mittlere Abweichung für alle Punkte beträgt + 1,3 dB; Abweichungen von +8 bis -4 gegen den Meßwert kommen vor. Die größeren Abweichungen treten im Nordteil wegen starker Streuungen der Flugpfade auf und bei seitlich liegenden flughafennahen Punkten, an denen die Maschinen sehr tief fliegen, und der Meßwert im Cluster durch Bodenabsorption und Abschattung gegenüber dem Rechenwert verringert wird. Bei zukünftigen Untersuchungen ähnlicher Art kann demnach die Kennzeichnung der Geräuscheinwirkung weitgehend auf rechnerische Abschätzungen aufgebaut werden. Es erscheint jedoch ratsam, die Werte für die Überflughäufigkeit und das Start-Lande-Verhältnis aus Beobachtungen zu entnehmen oder zumindest aus der Ermittlung der tatsächlichen Flugbahnen und nicht allein nach dem Flugplan. In jedem Fall sollte aber an Beobachtungs-

\* Die Rechnungen wurden von Dipl.-Phys. Thomas J. Meyer, Hamburg, durchgeführt, der zu Beginn der Untersuchungen bei der Akustischen Sektion mitarbeitete.

3867

### 3.7.3

orten, die stark seitlich der Flugbahnen liegen und vor allem dort, wo der Schalleinfallswinkel zum Erdboden klein ist, Kontrollmessungen ausgeführt werden, um die Einflüsse von Bodenabsorption und Abschattung zu erfassen.

### 3.7.4 Konzept künftiger Meßaufgaben

Während der Auswertungen der akustischen Meßergebnisse und später bei dem Vergleich akustischer Kennwerte und Beurteilungsmaße mit Untersuchungsdaten der anderen Sektionen tauchte häufig die Frage auf, ob das realisierte Meßkonzept Variablen geliefert hat, die repräsentativ und reproduzierbar das Untersuchungsgebiet gekennzeichnet haben. Aus der Diskussion dieser Fragen können sich Folgerungen für Meßkonzepte künftiger Untersuchungen ergeben.

In vorangegangenen Abschnitten (3.4.5. u.a) wurde abgeschätzt, welchen Einfluß Einzelfehler haben können, und es wurde erläutert, daß während der Messungen durch zyklisches Vertauschen der 11 Meßstationen über 32 Meßpunkte etwaige systematische (apparatbedingte) Abweichungen in ihren Auswirkungen verringert werden konnten. Saisonale Einflüsse (Flugverkehr, Wetter) wurden durch die lange Meßzeit von 7 Wochen mit einem guten Mittelwert erfaßt.

Beide Maßnahmen, zyklisches Vertauschen, d.h. ein Gerät möglichst selten am gleichen Meßpunkt und lange Meßzeit sollten auch bei künftigen Meßaufgaben berücksichtigt werden. Schwierigkeiten in der Bestimmung der Überflughäufigkeit (Unterschiede zwischen benachbarten Punkten) traten durch die zu geringe Zahl der Meßapparaturen auf und durch die dadurch bedingte jeweils 2tägige Unterbrechung der Messung an jedem Meßpunkt. Durch das nicht-gleichzeitige Messen an jedem der 32 Meßpunkte wurde auch eine Auswertung bestimmter Tagesstunden und Wochentage erschwert oder bedeutete einen untragbar hohen Datenverlust.

Akustische Messungen sollten deshalb bei künftigen Untersuchungen *gleichzeitig* an allen Meßpunkten stattfinden.

Das von den Meßstationen gelieferte Datenmaterial war ausreichend. Auch bei künftigen Untersuchungen werden kaum mehr Kennwerte benötigt werden, als die Meßstationen dieser Untersuchung liefern konnten.

Meßstationen, wie sie für die Münchner Untersuchung verwendet wurden, können auch für künftige Untersuchungen sinnvoll eingesetzt werden. Sie arbeiten automatisch, sind batteriebetrieben und liefern folgende akustische Kennwerte: Pegel, Dauer und Zeit des Auftretens für jeden einzelnen Überflug – damit verbunden die Zahl der Überflugereignisse für Tag- oder Nachtzeit (oder jeden anderen Zeitraum), außerdem steht der Verlauf des Grundgeräuschpegels für den ganzen Meßzeitraum von mehr als 24 Stunden zur Verfügung. Frequenzanalysen der Überflüge und des Grundgeräusches sind möglich.

In der Zwischenzeit sind durch Fortschritte in der Entwicklung elektronischer Bauteile und Geräte Modifikationen und Verbesserungen der Meßapparatur – ohne Änderung des Meßkonzepts – möglich. Da bei künftigen Messungen auch weiterhin A-Schallpegel (oder entsprechend anders bewertete, z.B. D-Schallpegel) verwendet werden werden, kann die Bildung dieses A-Schallpegels, d.h. die Bewertung mit einem elektrischen Netzwerk, die Gleichrichtung, Integration und Logarithmierung (zur Bildung des Pegels) bereits am Meßort erfolgen. Das nur langsam veränderliche Ausgangssignal dieser Anordnung (eine Gleichspannung, die dem A-Schallpegel entspricht) kann dann über eine frequenzmodulierte

Aufzeichnung von einem Bandgerät mit niedriger Bandgeschwindigkeit aufgezeichnet werden. Bei dieser Technik würden weder Abweichungen im Frequenzgang noch Gleichlaufschwankungen die Genauigkeit des Pegelsignals nach Wiedergabe und Demodulation beeinträchtigen. Das wiedergegebene Signal wird dann mit einem Gleichspannungsschreiber registriert oder nach Analog-digital-Wandlung mit Rechner verarbeitet. Zur gehörmäßigen Identifikation einzelner Schallereignisse kann das Originalgeräusch auf einer zweiten Spur zusätzlich für Kontrollzwecke auch mit geringer Qualität aufgezeichnet werden. Auswertungen der Überflugdauer und Häufigkeit sind in gleicher Weise wie vorher möglich.

Als Gerät kann zum Beispiel ein 2-Spur-(Stereo-)Kassettenrekorder üblicher Bauart verwendet werden; die Meßunsicherheit beim Bestimmen des A-Schallpegels mit dieser Technik ist nur unwesentlich größer als bei unmittelbarer Ablesung der Anzeige von Präzisionsschallpegelmessern. Für die Aufnahme des Grundgeräuschs steht bei der vorgeschlagenen Technik keine Spur mehr zur Verfügung. Da das Grundgeräusch aber ohnehin nur in der Zeit zwischen den Überflügen aufgezeichnet wird, kann durch entsprechende automatische Pegelbereichumschaltung, die gleiche Spur wie für die Überflüge verwendet werden. Gleichzeitig aufgenommene Kontrollsignale lassen beim späteren Auswerten der Bandaufnahmen die Grundgeräusche von den Überflügen unterscheiden.

Eine Abwandlung dieses Verfahrens könnte darin bestehen, die Meßwerte des A-bewerteten Schallpegels in Sekundenabstand abzufragen, zu digitalisieren und als Digital-Zeichen auf Magnetband aufzunehmen. Der Vorteil liegt dabei in dem sehr großen bei der Aufzeichnung erfaßbaren Dynamikbereich.

Wenn die Signale bereits als digitalisierte A-Schallpegel in der Meßstation vorliegen, ist es ohne großen Aufwand möglich, den Mittelungspegel über vorgegebene Zeiten, z.B. Stunden, entweder mit auf Magnetband aufzuzeichnen oder auszudrucken. Auf diese Weise sind bei Beendigung der Messung bereits erste Ergebnisse für Überschlagsrechnungen verfügbar. Selbsttätige Meßeinrichtungen, die nur eine sehr enge Auswahl von Daten erfassen, bereiten vor allem dann Schwierigkeiten, wenn die zu beurteilenden Ereignisse nicht deutlich von den übrigen Geräuschen der Umgebung unterschiedbar sind. Diese Schwierigkeiten könnten umgangen werden, wenn an den Meßorten nur Mikrophone aufgestellt und die aufgenommenen Signale über Funk- oder Kabelverbindungen zu einer zentralen Auswertestelle übertragen werden. Das parallele Aufzeichnen der Daten aller Meßstationen ließe dann den Verlauf der Flugbewegung und das Auftreten der Fluggeräusche erkennen. Eine solche zentrale Auswertung könnte auch dauernd besetzt sein, durch Abhören die Funktion der Meßstationen überprüfen und die Verbindung mit der Flugsicherung bzw. Flugleitung herstellen. Ansätze zu dieser Form der Fluggeräuscherfassung sind in Fluglärm-Meßeinrichtungen zu finden, wie sie auf Grund des GESETZES ZUM SCHUTZ GEGEN FLUGLÄRM (1971) in der Umgebung von Flughäfen aufgebaut werden.

Das Interesse an solchen selbsttätig arbeitenden Meßstationen zur Erfassung oder Überwachung von Geräuschmissionen ist nicht auf Fluglärm beschränkt. Ähnliche Aufgaben treten auch in der Nachbarschaft von Industrieanlagen und an Arbeitsplätzen auf. Die guten Erfahrungen mit dieser Meßtechnik lassen sich auch in diesen Bereichen mit Vorteil ausnutzen.

### 3.8 Zusammenfassung

Die Akustische Sektion hatte die Aufgabe, in der Umgebung des Flughafens München die Geräuschsituation in einem etwa 32 km<sup>2</sup> großen Gebiet, das von mehr als 100 000 Menschen

4468

bewohnt wird, durch geeignete akustische Kennwerte zu beschreiben. Zur Erprobung der Meßverfahren wurde eine Voruntersuchung am Flughafen Hamburg durchgeführt. Dort gab es nur ein Gebiet mit starker Fluggeräuscheinwirkung und ein Kontrollgebiet ohne Fluggeräusche. Beide Gebiete waren verhältnismäßig klein und akustisch sehr einheitlich. Sie konnten deshalb mit mehrtägigen Messungen an nur wenigen Punkten akustisch gekennzeichnet werden. Hierzu wurde ein Meßwagen mit einer weitgehend automatisch arbeitenden Apparatur eingesetzt. Die Geräte waren netzabhängig und entsprachen Präzisions-Anforderungen. Der größte Teil der Auswertung (Registrierung und Klassierung der Überflugpegel und des Grundgeräusches) erfolgte unmittelbar während der Messung automatisch.

Das Hamburger Konzept wurde nur für den vorbereitenden Teil der Münchner Hauptuntersuchung übernommen, während für die Hauptmessung eine größere Zahl von kleinen Meßstationen eingesetzt wurde, um die Geräuscheinwirkung im Wohnbereich der Versuchspersonen so gut wie möglich zu beschreiben. Damit sollte das Herausarbeiten des Zusammenhanges zwischen Stärke des Reizes (Fluglärm) und Stärke der Wirkung (z.B. Gestörtheit) erleichtert werden.

Durch Vormessungen mit der für die Untersuchung in Hamburg entwickelten großen Meßapparatur wurde zunächst das Untersuchungsgebiet abgegrenzt. Die Fluggeräuscheinwirkung wurde in erster Näherung durch Konturen gleichen mittleren Überflugpegels gekennzeichnet. Das Untersuchungsgebiet sollte innerhalb der Kontur 75 liegen, also ein Gebiet umfassen, in dem der mittlere Überflugpegel die Grenze  $L_A = 75$  dB überschreitet. Der höchste mittlere Pegel, der noch in Wohngebieten auftrat, lag bei 107 dB. Für die Untersuchung wurde als Meßwert für den Pegel nur der A-bewertete Schallpegel verwendet. Zur Auswahl der Untersuchungsbereiche wurden die Konturen in einer Stufung von 1 dB und auf eine Bevölkerungsdichte-Karte übertragen. Mit einer Zufallsstichprobe wurde in jeder der 32 je 1 dB breiten Zonen ein Untersuchungscluster festgelegt. Damit ergaben sich für die Hauptuntersuchung 32 Meßpunkte, an denen die akustische Situation gekennzeichnet werden mußte. Die Messungen sollten auf etwa 14 Tage je Meßpunkt verteilt über 6 Wochen ausgedehnt werden, außerdem sollten alle, zumindest aber möglichst viele Meßpunkte gleichzeitig meßtechnisch erfaßt werden. Hierdurch wurde die Entwicklung neuer Meßapparaturen erforderlich.

Das neue Konzept sah vor, an jeweils 11 über das Untersuchungsgebiet gut verteilten Meßpunkten gleichzeitig zu messen; bei diesem Vorgehen wurde jeder Meßpunkt an jedem dritten Tag erfaßt. Es wurden deshalb 11 neue Meßapparaturen entwickelt, die automatisch und netzunabhängig für jeden Meßpunkt die Geräuscheignisse über 24 Stunden erfassen und auf Magnetband aufzeichnen konnten. Zusätzlich wurden von diesen Geräten Stichproben des Grundgeräusches aufgenommen. Alle Schallereignisse konnten nach der Auswertung mit Hilfe aufgezeichneter Signale einer Schaltuhr zeitlich eingeordnet werden. Die Messungen erstreckten sich über 7 Wochen und ergaben fast 400 auswertbare Magnetbänder mit Aufzeichnungen von etwa 21 000 Überflügen. Die Einzelüberflüge wurden nach Überflugpegel, Überflugdauer und Tageszeit des Überfluges ausgewertet, zusätzlich wurden die Werte des Grundgeräusches ermittelt.

Erste interdisziplinäre Rechnungen mit den Ergebnissen der anderen Sektionen zeigten einige Unstimmigkeiten. Für weitere Auswertungen wurde es erforderlich, mit geeigneten Auswahlmethoden einen Teil der Werte auszuschneiden, da durch die nicht-gleichzeitige Messung an allen Punkten Diskrepanzen zwischen den Überflughäufigkeiten benachbarter Meßpunkte auftraten. Außerdem wurde für einzelne Meßpunkte das aus Verkehrsstatistiken der Vorjahre ermittelte mittlere Verhältnis von Zahl der Starts zu Zahl der Landungen nicht genau erreicht; dieses Verhältnis war schon in den Vormessungen kon-

trolliert und bestätigt worden. Der endgültige Datensatz wurde aus dem Gesamtmaterial so ausgewählt, daß die Überflughäufigkeiten für alle 32 Meßpunkte logisch konsistent und das Start-Landeverhältnis in allen Datensätzen in gleicher Weise repräsentiert wurde; im Enddatensatz waren noch etwa 2/3 der Ausgangsdaten enthalten.

Die anderen Sektionen erhielten für Korrelations- und Vergleichsrechnungen für jedes Cluster den mittleren Überflugpegel, mittlere Überflugdauern und Überflughäufigkeiten. Die Einzeldaten wurden klassiert in einer Pegel/Dauer-Matrix für jeden Meßpunkt zusammengefaßt. Als Kennzeichen für das Grundgeräusch dienten die 10%- und 90%-Werte der Summenhäufigkeitsverteilung des A-bewerteten Schallpegels – getrennt für Tag und Nacht.

Eine Reihe von Beurteilungsmaßen, wie sie in verschiedenen Ländern zur Beurteilung von Fluglärm vorgeschlagen werden ( $\bar{Q}$ , NNI, CNR, NEF, R u.a.) wurden mit den vorliegenden Daten errechnet und ihre Korrelationen mit Variablen der anderen Sektionen über Störung und Betroffenheit durch Fluglärm bestimmt. Verfahren, die die Häufigkeit der Überflüge stärker berücksichtigen, zeigen höhere Korrelationen mit der Reaktion der Betroffenen. Durch systematischen Vergleich und Optimierung der Gewichtung der Einzelanteile für Pegel und Häufigkeit in den Berechnungsformeln konnte aus den Daten der Untersuchung ein neues Beurteilungsmaß vorgeschlagen werden. Es wurde Fluglärm-Bewertungsmaß FB1 genannt. FB1 erreicht die höchste Korrelation mit der Reaktionsvariablen, und in den abschließenden Auswertungen verwendeten die anderen Sektionen die Größe FB1 für ihre statistischen Analysen der Auswirkungen von Fluglärm. Der formelmäßige Ausdruck für FB1 lautet:

$$FB1 = 10 \log \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{Ai}}{10}} + 10 \log N - 50$$

N Zahl der täglichen Überflüge  
 $L_A$  Überflugpegel  
 50 Konstante

Die Gültigkeit und Übertragbarkeit der Beurteilungsmaße auf andere Flughäfen mit anderem Flugbetrieb wird abgeschätzt. Ein Vergleich der in verschiedenen Ländern für die dort gebräuchlichen Verfahren zur Beurteilung von Fluglärm vorgeschlagenen Grenzen mit den Ergebnissen der hier beschriebenen Untersuchung bestätigt, daß diese Grenzwerte fast ausnahmslos in dem Bereich des deutlich erkennbaren Anstieges der Störung und Betroffenheit liegen.

### 3.8 Summary

The "acoustical section" had been charged with the task to describe, by suited acoustical characteristics, the noise situation in an area of about 32 km<sup>2</sup> near the airport of Munich where more than 100 000 people are living. In order to test the measuring methods, preliminary studies were carried out at the airport of Hamburg. In that study one area with heavy aircraft noise and one area without aircraft noise were used. Both areas were rather small and acoustically very uniform. Therefore they could be acoustically characterized by few points with measurements made on several days. For this purpose, a measuring van with utmost automatically working instruments was used. The instruments were network dependent and complied with precision requirements. The main part of the evaluation (registration and classification of the flyover level and the background noise) was done automatically during the measurement.

The Hamburg concept was used only for the preparatory part of the main study. At Munich several small measuring stations were used to describe the noise climate in the living region of the test persons as well as possible. Thus, the elaboration of the coherence of stimulus (aircraft noise) and reaction (e.g. annoyance) should be facilitated. At first, the test area had been delimited by pre-measurements with the measuring apparatus developed for the test at Hamburg. The aircraft noise situation was characterized in first approximation by outlines of equal medium flyover level. The test area was to lie within the outline 75, that means it should comprise an area where the mean flyover level exceeded the limit  $L_A = 75$  dB. The maximum mean level occurring in living quarters was 107 dB.

For the choice of the test area, the outlines were plotted in steps of 1 dB on a map of population density. By means of a random procedure, a test cluster was fixed in each of the 32.1-dB-zones. Thus 32 measuring points yielded for the main study where the acoustical situation had to be characterized. The measurements should be extended over about a fortnight, spread over 6 weeks for each measuring point, and additionally all – or at least as many as possible – measuring points should be operated at the same time.

The new concept provided to measure simultaneously at 11 measuring points well spread over the test area. By this procedure, every measuring point was operated at every third day. For this purpose, 11 new measuring instruments were developed which automatically and battery operated could indicate the noise events at each measuring point for 24 hours. Additionally, these instruments recorded the background noise by random controls. After evaluation by means of registered signals of a clock switch, the sound events could be classified in relation to time.

The measurements were carried out over a period of 7 weeks and resulted in nearly 400 evaluable magnetic tapes with records of about 21 000 flyovers. The individual flyovers were evaluated according to flyover level, flyover duration and to the time of day of the background noise was evaluated.

First interdisciplinary calculations, with test results of the other sections showed some discrepancies. For farther evaluations it became necessary to eliminate part of the values by means of suited methods, since measurements carried out not absolutely at the same time in all points caused discrepancies between the flyover frequencies of adjacent measuring points. Besides, the mean ratio of the number of starts to the number of landings, taken from traffic statistics for the year before, could not exactly be reached at some measuring points; this ratio had already been checked and confirmed by the pre-measurements. The definite data set was chosen from the total material in such a way that flyover frequencies became logically consistent for all 32 measuring points and the start-landing ratio was equally represented in all data sets; about 2/3 of the initial data were still existing in the final data set.

For correlation and comparison calculations the other sections were supplied with the mean flyover level, the mean flyover durations and frequencies. The individual data were classified and comprised in a level/duration matrix for each measuring point. The 10 % – and 90 % values of the cumulative frequency distribution of the A-weighted sound level – separated for day and night – served as characterization for the background noise. A series of rating quantities as they are proposed in various countries for the rating of aircraft noise (Q, NNI, CNR, NEF, R, a.o.) were calculated with the present data and their correlation with variables of other sections on disturbance and annoyance by aircraft noise was determined. Methods more considering the frequency of the flyovers, showed higher correlations with annoyance. By systematic comparison and optimization of the weighting of the different shares for level and frequency in the calculation formulas, a new rating quantity could be proposed from the data of the test. It was called aircraft noise

So eliminate  
the measuring level  
for the removal  
of movement



rating criterion FB1. FB1 reaches the highest correlation with the reaction variable, and the other sections used – at the concluding evaluations – the quantity FB1 for their statistical analysis of the effects of aircraft noise. The formula expression for FB1 is:

$$FB1 = 10 \log \sum_{i=1}^N \frac{L_{Ai}}{10} + 10 \log N - 50$$

N = number of daily flyover events  
 $L_A$  = flyover level  
 50 = constant

The validity and the transmissibility of the rating quantities upon airports with other aircraft traffic is estimated.

A comparison of the limits proposed for the usual methods in various countries to estimate the aircraft noise with the results of this investigation confirms that these limits lie – almost without exception – in the region of the distinctly noticeable increase of disturbance and annoyance.

**Page Intentionally Left Blank**

# **FLUGLÄRMWIRKUNGEN**

**eine interdisziplinäre Untersuchung über die  
Auswirkungen des Fluglärms auf den Menschen**

## **KAPITEL 4**

**DER SOZIALWISSENSCHAFTLICHE UNTERSUCHUNGSTEIL**

**Anke Schümer-Kohrs & Rudolf Schümer**

4.0

## 4.0 Inhalts-, Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

4.0.1	Inhaltsverzeichnis/Contents. . . . .	152
4.0.2	Tabellenverzeichnis. . . . .	154
4.0.3	Abbildungsverzeichnis. . . . .	156
4.1	<i>Konzeption des sozialwissenschaftlichen Untersuchungsteiles</i>	
4.1.1	Vorbemerkungen zur Zielsetzung des sozialwissenschaftlichen Untersuchungsteiles. . . . .	157
4.1.2	Einführung in die Fragestellung. . . . .	157
4.1.3	Exkurs: Einige Begriffsdefinitionen. . . . .	159
4.1.3.1	Zur Verwendung der Begriffe ‚Moderator‘ und ‚Reaktion‘. . . . .	159
4.1.3.2	Zur Verwendung der Begriffe ‚subjektiv‘ und ‚objektiv‘. . . . .	160
4.2	<i>Entwicklung des Fragebogens</i>	
4.2.1	Einige im Hinblick auf die Auswahl der Variablen für die Hauptuntersuchung relevante Ergebnisse der Hamburger Voruntersuchung. . . . .	160
4.2.1.1	Zur Entwicklung des Fragebogens für die Voruntersuchung in Hamburg. . . . .	160
4.2.1.2	Einige Ergebnisse der Voruntersuchung in Hamburg. . . . .	161
4.2.2	Die Funktion der Voruntersuchung in Düsseldorf für die Konstruktion des Fragebogens der Hauptuntersuchung. . . . .	162
4.2.3	Variablen im Fragebogen der Hauptuntersuchung. . . . .	163
4.3	<i>Untersuchungsplan</i>	
4.3.1	Bemerkungen zur Hauptstichprobe . . . . .	167
4.3.2	Stichprobe der Retestbefragung. . . . .	167
4.3.3	Stichprobe von Um- und Wegzählern. . . . .	167
4.4	<i>Durchführung der Erhebung</i>	
4.4.1	Erhebung bei der Hauptuntersuchung. . . . .	168
4.4.1.1	Interviewerauswahl und -einweisung. . . . .	168
4.4.1.2	Plan zum Einsatz der Interviewer. . . . .	168
4.4.1.3	Bezahlung der Interviewer. . . . .	169
4.4.1.4	Laufende Kontrolle der Interviewer während der Erhebung. . . . .	170
4.4.2	Durchführung der Retestbefragungen. . . . .	170
4.4.3	Durchführung der Umzähler- und Wegzählerbefragung. . . . .	170
4.5	<i>Auswertung</i>	
4.5.1	Bemerkungen zur allgemeinen Auswertungskonzeption. . . . .	171
4.5.2	Bemerkungen zur Datenaufbereitung. . . . .	172
4.5.3	Bildung zusammenfassender Maße. . . . .	173
4.6	<i>Ergebnisse und Diskussion</i>	
4.6.1	Anzahl der durchgeführten Interviews. . . . .	174
4.6.1.1	Hauptuntersuchung. . . . .	174
4.6.1.2	Retestbefragung. . . . .	174
4.6.1.3	Um- und Wegzählerbefragung. . . . .	174
4.6.2	Beschreibung der Stichprobe. . . . .	175
4.6.3	Angaben zu einigen Variablen nach der ersten Datenreduktion. . . . .	175
4.6.3.1	Messinstrumente zur Erfassung von Persönlichkeitsmerkmalen bzw. Attitüden. . . . .	175

		4.0
4.6.3.2	Die Konstruktion verschiedener Indices. . . . .	175
4.6.3.3	Einige Variablen zur sozialen Schichtzugehörigkeit. . . . .	177
4.6.4	Die Bildung von Tertiärvariablen. . . . .	180
4.6.4.1	Vorbemerkungen. . . . .	180
4.6.4.2	Faktorenanalyse von 23 Moderatorvariablen. . . . .	181
4.6.4.3	Faktorenanalyse von 11 Reaktionsvariablen . . . . .	182
4.6.5	Analyse der Beziehungen zwischen Stimulus-Moderator-Reaktions- Variablen. . . . .	184
4.6.5.1	Einige Daten bezüglich der Beschreibungsgenauigkeit des benutzten Regressionsmodells. . . . .	184
4.6.5.2	Beziehungen zwischen Stimulus- und Reaktionsvariablen (S-R- Beziehungen). . . . .	185
4.6.5.2.1	Beschreibung einfacher Stimulus-Reaktionsbeziehungen. . . . .	185
4.6.5.2.1.1	Zum relativen Stellenwert des Fluglärms. . . . .	185
4.6.5.2.1.2	Einfache Beziehungen verschied. Variablen zu den Stimulusvariablen	191
4.6.5.2.1.3	Bemerkungen zur Ziehung von kritischen Grenzen. . . . .	200
4.6.5.2.2	Komplexe Beziehungen zwischen Stimulus- und Reaktionsvariablen.	204
4.6.5.3	Beziehungen zwischen Moderator- und Reaktionsvariablen (M-R- Beziehungen). . . . .	207
4.6.5.3.1	Einfache Beziehungen zwischen Moderator- und Reaktionsvariablen.	207
4.6.5.3.2	Komplexe Beziehungen zwischen Moderator- und Reaktionsvariablen.	211
4.6.5.4	Beziehungen zwischen Stimulus-Moderator- und Reaktionsvariablen (S-M-R-Beziehungen). . . . .	212
4.6.5.5	Faktormodell zur ‚Erklärung‘ der Reaktionen aus Moderatoren und Stimulusvariablen. . . . .	217
4.6.5.6	Zusammenfassung zur Analyse der Beziehungen zwischen Stimulus-, Moderator- und Reaktionsvariablen. . . . .	221
4.6.6	Subgruppenanalysen. . . . .	221
4.6.6.1	Vorbemerkung. . . . .	221
4.6.6.2	Zum Einfluß der Kontrollvariablen „Stunden außer Haus“ und „Lärm am Arbeitsplatz“. . . . .	222
4.6.6.3	Zum Einfluß der Wohnungseigentumsverhältnisse. . . . .	223
4.6.6.4	Unterteilung nach Stimulusvariablen. . . . .	224
4.6.6.4.1	Moderator-Reaktions-Beziehungen für verschiedene Grade des Stimulus. . . . .	225
4.6.6.4.2	Ein einfaches multiplikatives Modell zur Beschreibung der interaktiven Wirkung von Stimulus und Moderator auf die Reaktion . . . . .	228
4.6.6.5	Unterteilung nach dem „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ . . . . .	229
4.6.6.6	Unterteilung nach der „Globalreaktion R1U“. . . . .	230
4.6.7	Einige Ergebnisse der Um- und Wegzüglerbefragung. . . . .	233
4.7	<i>Abschließende Bemerkungen</i>	
4.8	<i>Zusammenfassung/Summary</i>	
	Liste der wichtigsten Variablen . . . . .	245

4.0.1

4.0.1 Contents

4.0.2	List of tables. . . . .	154
4.0.3	List of illustrations. . . . .	156
4.1	<i>Conception of the social-scientific part of the study</i>	
4.1.1	Preliminary note on the goals of this part of the study. . . . .	157
4.1.2	Introduction to the problem. . . . .	157
4.1.3	Excursion: Some definitions of concepts. . . . .	159
4.1.3.1	To the usage of the concepts 'moderator' and 'reaction'. . . . .	159
4.1.3.2	To the usage of the concepts 'subjective' and 'objective'. . . . .	160
4.2	<i>Construction of the questionnaire</i>	
4.2.1	The preliminary study conducted in Hamburg: Relevant results that guided selection of the variables considered in the main study. . . . .	160
4.2.1.1	The Hamburg study: Construction of the questionnaire. . . . .	160
4.2.1.2	The Hamburg study: Some results. . . . .	161
4.2.2	The Düsseldorf pretest: How it guided the construction of the questionnaire used in the main study. . . . .	162
4.2.3	The variables considered in the questionnaire of the main study. . . . .	163
4.3	<i>Sampling plan</i>	
4.3.1	Some comments on the sample of the main study. . . . .	167
4.3.2	Sample of the retest survey. . . . .	167
4.3.3	Sample of the migrators. . . . .	167
4.4	<i>Conduction of the social survey</i>	
4.4.1	Survey of the main study. . . . .	168
4.4.1.1	Hiring and training of interviewers. . . . .	168
4.4.1.2	Schedules for interviewing. . . . .	168
4.4.1.3	Payment of interviewers. . . . .	169
4.4.1.4	Interviewer control during the survey. . . . .	170
4.4.2	The retest survey. . . . .	170
4.4.3	The migrators survey. . . . .	170
4.5	<i>Analysis of data</i>	
4.5.1	Some comments on the general framework guiding the analysis. . . . .	171
4.5.2	Some comments on the handling of data. . . . .	172
4.5.3	Construction of composite measures. . . . .	173
4.6	<i>Results and discussion</i>	
4.6.1	Number of interviews obtained. . . . .	174
4.6.1.1	Main study. . . . .	174
4.6.1.2	Retest survey. . . . .	174
4.6.1.3	Migrators survey. . . . .	174
4.6.2	Description of the sample. . . . .	175
4.6.3	Characterization of some of the variables after the first reduction of data. . . . .	175
4.6.3.1	Construction of attitude and personality scales. . . . .	175
4.6.3.2	Construction of various indices. . . . .	175
4.6.3.3	Some variables concerning socioeconomic status. . . . .	177
4.6.4	Definitions of factor score variables. . . . .	180

4.6.4.1	Preliminary note. . . . .	180
4.6.4.2	Factor analysis of 23 moderator variables. . . . .	181
4.6.4.3	Factor analysis of 11 reaction variables. . . . .	182
4.6.5	Analysis of the relationships between stimulus-moderator-reaction variables. . . . .	184
4.6.5.1	Some data concerning the descriptive accuracy of the utilized regression models. . . . .	184
4.6.5.2	Relationships between stimulus and reaction variables (S-R relationships). . . . .	185
4.6.5.2.1	Description of simple stimulus-reaction relationships. . . . .	185
4.6.5.2.1.1	Relative weight of aircraft noise. . . . .	185
4.6.5.2.1.2	Simple relationships between various variables and the stimulus variables . . . . .	191
4.6.5.2.1.3	Some comments on the definition of critical limits. . . . .	200
4.6.5.2.2	Complex relationships between stimulus and reaction variables. . . . .	204
4.6.5.3	Relationships between moderator and reaction variables (M-R relationships). . . . .	207
4.6.5.3.1	Simple relationships between moderator and reaction variables. . . . .	207
4.6.5.3.2	Complex relationships between moderator and reaction variables. . . . .	211
4.6.5.4	Relationships between stimulus, moderator, and reaction variables (S-M-R relationships). . . . .	212
4.6.5.5	Factor model using moderator and stimulus variables to 'explain' reactions. . . . .	217
4.6.5.6	Summary of the analyzed relationships between stimulus, moderator, and reaction variables. . . . .	221
4.6.6	Analyses of subgroups. . . . .	221
4.6.6.1	Preliminary note. . . . .	221
4.6.6.2	Influence of the control variables "number of hours away from home" and "noise at the working place". . . . .	222
4.6.6.3	Influence of the "home property status" . . . . .	223
4.6.6.4	Grouping according to stimulus variables. . . . .	224
4.6.6.4.1	Moderator-reaction-relationships for different levels of the stimulus. . . . .	224
4.6.6.4.2	A simple model describing the Stimulus x Moderator-interaction effect on the reaction. . . . .	228
4.6.6.5	Grouping according to the "noise adaptability factor M2". . . . .	229
4.6.6.6	Grouping according to the "global reaction R1U". . . . .	230
4.6.7	Some results of the migrator survey. . . . .	233
4.7	<i>Conclusion</i>	
4.8	<i>Summary</i>	
	List of the most important variables . . . . .	245

## 4.0.2

### 4.0.2 Tabellenverzeichnis

- Tab. 4-1: Variablen im Fragebogen der Hauptuntersuchung.
- Tab. 4-2: Verteilung der Herkunftsadressen der Umzügler und Wegzügler über die 8 Cluster-Blocks.
- Tab. 4-3: Mittelwerte, Streuungen und Retestkoeffizienten für einige Variablen.
- Tab. 4-4: Itembeispiele für einige Variablen.
- Tab. 4-5: Mittelwerte, Streuungen und Retestkoeffizienten für einige Indices.
- Tab. 4-6: Faktorenanalyse von 23 Moderatorvariablen des Sekundärdatensatzes. Varimaxlösung für 5 Faktoren.
- Tab. 4-7: Faktorenanalyse von 11 Reaktionsvariablen des Sekundärsatzes: erster unrotierter Hauptfaktor und Varimaxlösung für 4 Faktoren, ferner die Interkorrelationen der Reaktionsvariablen mit dem „Überflugpegel  $\bar{L}_A$ “ und der „Überflughäufigkeit  $H_{81}$ “.
- Tab. 4-8: Prozentsatz der Nennungen an erster Stelle bei einer Rangreihe von „Dingen, über die man immer wieder Klagen hört“ (Frage Nr. 34).
- Tab. 4-9: Prozentsatz der Nennungen an erster und zweiter Stelle bei einer Rangreihe verschiedener Lärmarten nach dem Zutreffen für die Wohngegend (Frage Nr. 39).
- Tab. 4-10: Prozentsatz der Nennungen an erster und zweiter Stelle bei einer Rangreihe verschiedener Ärgernisse (Frage Nr. 65).
- Tab. 4-11: Zahl der Umzügler- und Wegzügler-Herkunftsadressen (geordnet nach Sets).
- Tab. 4-12: Prozentsatz der Nennungen verschiedener Umzugsgründe für Um- und Wegzügler sowie die Wichtigkeit der Gründe – Fragen Nr. 71 bis 73 –.
- Tab. 4-13: Mittelwerte und Streuungen verschiedener Reaktionsvariablen pro Set sowie F-Tests für univariate Varianzanalysen.
- Tab. 4-14: Korrelationen verschiedener Reaktionsvariablen mit den Stimulusvariablen.
- Tab. 4-15: Prozentsatz von Pbn, die bestimmte Maßnahmen gegen den Fluglärm unternehmen haben.
- Tab. 4-16: Multiple Korrelationen zwischen den Stimulusvariablen Überflugpegel  $\bar{L}_A$ , Überflugdauer  $D_{10}$ , Überflughäufigkeit  $H_{81}$  einerseits und je einem der Reaktions-Faktorscores andererseits.
- Tab. 4-17: Kanonische Korrelation zwischen den Stimulusvariablen Überflugpegel  $\bar{L}_A$ , Überflugdauer  $D_{10}$  und Richthäufigkeit  $H_R$  einerseits und den vier Reaktions-Faktorscores andererseits sowie den Kanonischen Ladungen der Variablen.
- Tab. 4-18: Kanonische Korrelation zwischen den drei Stimulusvariablen Überflugpegel  $\bar{L}_A$ , Überflugdauer  $D_{10}$  und Richthäufigkeit  $H_R$  einerseits und 11 Sekundär-Reaktionsvariablen andererseits sowie die Kanonischen Ladungen der Variablen.
- Tab. 4-19: Mittelwerte einiger Sekundärvariablen für vier Klassen der „Globalreaktion RIU“.
- Tab. 4-20: Mittelwerte verschiedener Variablen für sechs Altersgruppen sowie die Interkorrelationen dieser Variablen mit dem Alter.
- Tab. 4-21: Multiple Korrelationen zwischen den 5 Moderator-Faktorscores einerseits und je einem der Reaktions-Faktorscores andererseits.
- Tab. 4-22: Kanonische Korrelation zwischen den 5 Moderator-Faktorscores einerseits und den 4 Reaktions-Faktorscores andererseits sowie die Kanonischen Ladungen der Variablen.
- Tab. 4-23: Kanonische Korrelation zwischen 23 Moderator- und 11 Reaktionsvariablen auf Sekundärdatenniveau sowie den Ladungen der Variablen.



- Tab. 4-24: Multiple Korrelationen zwischen je einer der Stimulusvariablen und den 5 Moderator-Faktorenscores einerseits und je einem der Reaktions-Faktorenscores andererseits.
- Tab. 4-25: Regressionskoeffizienten, Partialkorrelationen und Prädiktor-Kriteriums-Korrelationen für die multiple Regression mit der „Globalreaktion R1U“ als Kriterium und dem „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ und den 5 Moderator-Faktorenscores als Prädiktorvariablen.
- Tab. 4-26: Kanonische Korrelation zwischen dem „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ und den 5 Moderator-Faktorenscores einerseits und den 4 Reaktions-Faktorenscores andererseits sowie den Kanonischen Ladungen der Variablen.
- Tab. 4-27: Kanonische Korrelation zwischen drei Stimulusvariablen und 23 Moderatorvariablen einerseits und 11 Reaktionsvariablen andererseits sowie den Kanonischen Ladungen der Variablen.
- Tab. 4-28: Kanonische Korrelationen für verschiedene Beziehungstypen – berechnet anhand von Sekundärvariablen.
- Tab. 4-29: Kanonische Korrelationen für verschiedene Beziehungstypen – berechnet anhand von Tertiärvariablen.
- Tab. 4-30: Faktorenanalyse von 5 Stimulus-, 12 Reaktions-, 10 Moderator- und 3 weiteren Variablen.
- Tab. 4-31: Faktorenlösung für die drei Variablen: Fluglärm-Bewertungsmaß FB1, Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2, Globalreaktion R1U.
- Tab. 4-32: Multiple Korrelationen zwischen je einer Stimulusvariablen und den 5 Moderator-Faktorenscores einerseits und je einem der Reaktions-Faktorenscores andererseits.
- Tab. 4-33: Multiple Korrelationen zwischen den 5 Moderator-Faktorenscores einerseits und je einem der Reaktions-Faktorenscores andererseits.
- Tab. 4-34: Multiple Korrelationen zwischen Überflugpegel  $\bar{L}_A$ , Überflugdauer  $D_{10}$  und Richthäufigkeit  $H_R$  als Prädiktorvariablen und je einem der Reaktions-Faktorenscores als Kriterium.
- Tab. 4-35: Korrelationen verschiedener Reaktionsvariablen mit der „Globalreaktion R1U“ und dem „Fluglärmmaß FB1“ für Lärm-„Empfindliche“ und -„Unempfindliche“.
- Tab. 4-36: Multiple Korrelationen zwischen dem „Fluglärmmaß FB1“ und dem „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ einerseits und der „Globalreaktion R1U“ andererseits sowie den Prädiktor-Kriteriums-Korrelationen für „Gestörte“ und „Nicht-Gestörte“.
- Tab. 4-37: Korrelationen verschiedener Reaktionsvariablen mit der „Globalreaktion R1U“ und dem „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ für „Gestörte“ und „Nicht-Gestörte“.
- Tab. 4-38: Mittelwerte und Streuungen einiger Variablen für die Pbn. der Hauptstichprobe sowie für Um- und Wegzügler.
- Tab. 4-39: Mittelwerte einiger Variablen pro Set sowie die F-Werte aus Varianzanalysen mit den 4 Sets als Stufen eines Faktors – getrennt durchgeführt für die Hauptstichprobe, die Umzügler und die Wegzügler.

4.0.3	Abbildungsverzeichnis	Seite
Abb. 4-1:	Prozentsatz der Nennungen von Fluglärm bzw. Verkehr pro Set auf die Frage nach „Gesundheit und Leben gefährdenden Lebensbedingungen“ (Abb. 4-1a) sowie auf die Frage nach „störenden Lebensbedingungen“ (Abb. 4-1b)	186
Abb. 4-2:	Die Beziehung zwischen dem „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ und dem Prozentsatz der Pbn, die den Fluglärm insgesamt noch erträglich finden	190
Abb. 4-3:	Beziehung verschiedener Reaktionsvariablen zu dem „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“	195
Abb. 4-3a:	„Wahrgenommene Häufigkeit des Fluglärms“ gegen das „Fluglärmmaß FB1“	195
Abb. 4-3b:	„Bindung an die Gegend“ gegen das „Fluglärmmaß FB1“	196
Abb. 4-3c:	„Physikalische Folgen von Fluglärm“ gegen das „Fluglärmmaß FB1“	196
Abb. 4-3d:	„Schmerzen infolge Fluglärms“ gegen das „Fluglärmmaß FB1“	197
Abb. 4-3e:	„Kommunikationsstörungen infolge Fluglärms“ gegen das „Fluglärmmaß FB1“	197
Abb. 4-3f:	„Störungen von Ruhe und Entspannung infolge Fluglärms“ gegen das „Fluglärmmaß FB1“	198
Abb. 4-3g:	„Störbarkeit durch Fluglärm“ gegen das „Fluglärmmaß FB1“	198
Abb. 4-3h:	„Globalreaktion R1U“ gegen das „Fluglärmmaß FB1“	199
Abb. 4-4:	Prozentsatz der Pbn, die Reaktionen eines bestimmten Ausmaßes zeigen, für die Stufen des „Fluglärm-Bewertungsmaßes FB1“	201
Abb. 4-4a:	Prozentsatz der Pbn, die sich – gemäß ihren Werten in der „Globalreaktion R1U“ – durch Fluglärm beeinträchtigt bzw. stark beeinträchtigt fühlen, für die Stufen des „Fluglärmmaßes FB1“	201
Abb. 4-4b:	Prozentsatz der Pbn, die sich – gemäß ihren Werten in der „Störbarkeit durch Fluglärm“ – gestört bzw. stark gestört fühlen, für die Stufen des „Fluglärmmaßes FB1“	201
Abb. 4-4c:	Prozentsatz der Pbn, die sich in ihrer Kommunikation infolge Fluglärms gestört bzw. stark gestört fühlen, für die Stufen des „Fluglärmmaßes FB1“	202
Abb. 4-4d:	Prozentsatz der Pbn, die sich in ihrer Ruhe und Entspannung infolge Fluglärms gestört bzw. stark gestört fühlen, für die Stufen des „Fluglärmmaßes FB1“	202
Abb. 4-4e:	Prozentsatz der Pbn, die angeben, daß bei ihnen physikalische Folgen von Fluglärm in ziemlich oder sehr starkem Maße auftreten, für die Stufen des „Fluglärmmaßes FB1“	203
Abb. 4-4f:	Prozentsatz der Pbn, die angeben, daß bei ihnen Schmerzen infolge Fluglärms in ziemlich oder sehr starkem Maße auftreten, für die Stufen des „Fluglärmmaßes FB1“	203
Abb. 4-5:	Zwei-Faktorlösung für Stimulus-, Moderator- und Reaktionsvariablen	220
Abb. 4-6:	Die Höhe der multiplen Korrelation zwischen den 5 Moderator-Tertiärvariablen und der „Globalreaktion R1U“ sowie die Höhe der einfachen Korrelation zwischen dem „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ und der „Globalreaktion R1U“ für die Stufen des „Fluglärm-Bewertungsmaßes FB1“	227

2975

#### 4.1 Konzeption des sozialwissenschaftlichen Untersuchungsteiles<sup>1)</sup>

##### 4.1.1 Vorbemerkungen zur Zielsetzung des sozialwissenschaftlichen Untersuchungsteiles

Vorliegender Bericht beabsichtigt *nicht*, eine theoretisch geschlossene sozialwissenschaftliche Analyse zum Problem der Wirkung von Fluglärm auf den Menschen zu geben. Die Zielsetzung der sozialwissenschaftlichen Sektion war – ähnlich wie auch in den meisten ausländischen Untersuchungen vergleichbarer Art – vielmehr eine Bestandsaufnahme zu folgenden Fragen:

Welche subjektiv<sup>2)</sup> wahrgenommenen Folgen hat der Fluglärm auf davon betroffene Menschen, und welches Ausmaß von subjektiver Beeinträchtigung des Wohlbefindens ist mit mehr oder minder starkem Fluglärm verbunden?

Man mag eine solche Vorgehensweise zu Recht als vorwissenschaftlich bezeichnen; dennoch erscheint es legitim, eine solche empirische Bestandsaufnahme in der Hoffnung vorzunehmen, auf diese Weise Hinweise darauf zu erhalten, welche Relevanz und Dringlichkeit das Problem 'Fluglärm' für tagtäglich davon betroffene Menschen hat, und welche praktischen Maßnahmen zur Minderung der Auswirkungen des Fluglärms auf den Menschen möglicherweise sinnvoll erscheinen. (Damit soll nicht der Anspruch einer aus einer allgemeinen Theorie abgeleiteten Technologie bzw. Sozialtechnik erhoben werden.)

Es soll auch in keiner Weise geleugnet werden, daß das weitgehende Fehlen von (auf das zu untersuchende Problem anwendbaren) allgemeinen Theorien Schwierigkeiten bei der Auffindung relevanter Variablen sowie der Analyse und Interpretation der Befunde mit sich bringt. Das Fehlen eines umfassenderen theoretischen Rahmens hatte natürlich bereits Konsequenzen bei der Untersuchungsplanung: d.h. es wurde mehr oder weniger 'blind' versucht, möglichst viele solcher Variablen zu erfassen, denen aufgrund isolierter 'small-range'-Theorien oder auch nur aufgrund von Plausibilitätsannahmen eine mögliche Relevanz für das bessere Verständnis der Auswirkungen von Fluglärm auf das subjektive Wohlbefinden zugemessen werden konnte.

Bei der Planung der Untersuchung wurde versucht, die 1963 von der OECD für Untersuchungen zum Thema 'Fluglärm' formulierten Empfehlungen sowie die Erfahrungen aus thematisch ähnlichen ausländischen Untersuchungen – insbesondere aus der Heathrow-Studie von McKENNEL (1963) – zu berücksichtigen.

##### 4.1.2 Einführung in die Fragestellung

Aufgabe der sozialwissenschaftlichen Sektion war es, sozialwissenschaftlich erfaßbare (verbale) Reaktionen auf den Fluglärm – also z.B. wahrgenommene Folgen des Fluglärms, Gefühle des Gestörtseins und der Verärgerung – mithilfe von Methoden der Feldforschung (d.h. Befragung von Probanden durch Interviewer) zu erfassen. Solche Reaktionen auf Fluglärm sollten sodann zu physikalischen Messungen des Lärms, dem die Probanden (Pbn) in ihrer Umwelt ausgesetzt sind, in Beziehung gesetzt werden.

1) Das Sozialwissenschaftliche Team besteht aus: Prof. Dr. Martin Irlé, Dipl. Psych. Anke Schümer-Kohrs und Dr. Rudolf Schümer; frühere Mitglieder des Teams sind ferner: Dr. Waldemar Lilli und Dipl. Psych. Bernd Rohrmann (s. Teamverzeichnis, S. XII).

2) Zur Verwendung der Begriffe 'subjektiv' und 'objektiv' in vorliegendem Bericht: s. 4.1.3.2

4165

#### 4.1.2

Die Untersuchung knüpft also an eine Reihe von sozialwissenschaftlichen Umfrageuntersuchungen ('social surveys') – insbesondere aus dem angelsächsischen Bereich – an (vgl. BORSKY, 1954, 1961, 1965; CARLSON & RONGE, 1962; McKENNEL, 1963. Aus neuerer Zeit liegen analoge Untersuchungen vor von TRACOR, Inc., 1970, 1972; MIL Research LTD, 1971; vgl. ferner die japanische Untersuchung von KODAMA, 1971, in der neben 'social survey'-Daten und -Methoden auch andere Verfahren benutzt wurden). Aus diesen Untersuchungen, wie auch aus dem sozialwissenschaftlichen Teil der Hamburger Voruntersuchung (IRLE & ROHRMANN, 1968) war bekannt, daß – wie zu erwarten – mit zunehmender Belärmung ein entsprechender Anstieg in den Reaktionen auf Fluglärm – insbesondere der Verärgerung ('annoyance') – zu verzeichnen ist; jedoch belegen diese Untersuchungen übereinstimmend, daß der Stimulus (Fluglärm) die Reaktion auf Fluglärm keineswegs vollständig determiniert: d.h. bei konstanter Belärmung findet sich eine sehr große interindividuelle Varianz in den Reaktionen; selbst bei objektiv<sup>1)</sup> sehr niedriger Belärmung findet sich ein nicht unbeträchtlicher Prozentsatz von Pbn, die ein erhebliches Ausmaß an Verärgerung zeigen, und umgekehrt findet sich in sehr stark belärmten Gebieten ein nicht geringer Prozentsatz von Pbn, die keine oder nur geringe Verärgerung zeigen.

Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, Variablen zu finden, die, ohne selbst mit dem Stimulus (S) in Beziehung zu stehen bzw. von ihm unmittelbar beeinflußt zu sein, die Reaktion (R) auf Fluglärm beeinflussen: Offensichtlich ist ein einfaches S-R-Schema zur Erklärung der Reaktion auf Fluglärm unzulänglich; stattdessen erscheint es notwendig, die Reaktion im Rahmen eines S-O-R-Schemas zu interpretieren: Der Stimulus (Fluglärm) ruft je nach Ausgangslage des Individuums bzw. des Organismus (O) unterschiedliche Reaktionen hervor. Es gilt, solche Variablen zu finden, die die Ausgangslage des Individuums charakterisieren.

Aus den vorliegenden Untersuchungen ist ferner bekannt, daß einfache demographische bzw. soziologische Charakterisierungen der Pbn relativ wenig zur Erklärung der unterschiedlichen Reaktionen bei gleicher Betroffenheit durch Fluglärm beitragen. Stattdessen liefern anscheinend Persönlichkeitsmerkmale i.S. von 'traits' (GUILFORD 1959) – insbesondere solche aus dem Attitüdenbereich – einen wichtigen Beitrag zur Vorhersage bzw. Erklärung der unterschiedlichen Reaktionen bei konstanter Fluglärmbelastung – so z.B. solche Variablen wie Lärmempfindlichkeit oder die Einschätzung der Wertigkeit des Luftverkehrs.

Dementsprechend war es ein wichtiges Ziel der Voruntersuchungen in Hamburg und Düsseldorf, Meßinstrumente für solche Variablen zu finden, von denen aufgrund von Plausibilitätserwägungen und/oder aufgrund theoretischer Erwägung angenommen werden konnte, daß sie einen moderierenden Effekt auf die S-R-Beziehung haben bzw. einen Beitrag zur Erklärung unterschiedlicher Reaktionen bei konstantem Lärm leisten (zur Definition von 'Moderator' siehe unten: 4.1.3.1).

Kurz zusammengefaßt läßt sich die Fragestellung des sozialwissenschaftlichen Untersuchungsteiles folgendermaßen umreißen:

- 1.) Welche der untersuchten Variablen weisen einen Zusammenhang zu physikalisch-akustischen Fluglärmmaßen auf und können als Reaktionen auf den Stimulus 'Fluglärm' interpretiert werden?
- 2.) In welcher Beziehung stehen physikalisch-akustische Maße für Fluglärm zu Reaktionen auf Fluglärm? Wie eng ist der Zusammenhang zwischen Fluglärmmaßen und Reaktionsvariablen?

<sup>1)</sup> Zur Verwendung der Begriffe 'subjektiv' und 'objektiv' siehe unten: 4.1.3.2

3570

- 3.) Welche (Moderator-) Variablen können zur Erklärung unterschiedlicher Reaktionen bei ein und demselben Grad an Fluglärm herangezogen werden? Oder: Welche Variablen liefern einen Beitrag zur Erklärung des Tatbestandes, daß eine Person bereits bei relativ geringem Fluglärm ebenso stark wie eine andere Person erst bei sehr viel stärkerem Fluglärm reagiert?

Ferner sollte überprüft werden, ob der Einfluß solcher moderierender Variablen i.o.S. für verschiedene Stufen der Belärmung gleich ist oder sich verändert. (Es erscheint denkbar, daß der Einfluß der moderierenden Variablen bei extrem hoher oder niedriger Belärmung vergleichsweise niedriger als bei mittleren Belärmungsstufen ist; nähere Erläuterungen zu dieser Hypothese erfolgen in 4.6.6.4.)

Zusätzlich sollte durch eine Befragung von Personen, die aus dem Untersuchungsgebiet der Hauptuntersuchung fortgezogen waren, geklärt werden, welches die Gründe für das Fortziehen waren, welche Rolle der Fluglärm dabei spielte, und ob sich diese Personengruppe von jener unterscheidet, die im Untersuchungsgebiet verblieben ist (es ist denkbar, daß die im Untersuchungsgebiet Verbliebenen insofern eine bestimmte einseitige Auswahl darstellen, als besonders lärmempfindliche Personen aus dem Untersuchungsgebiet der Hauptuntersuchung verzogen sind).

#### 4.1.3 Exkurs: Einige Begriffsdefinitionen

##### 4.1.3.1 Zur Verwendung der Begriffe 'Moderator' und 'Reaktion'

Im vorigen Abschnitt wurden ohne nähere Erläuterungen die Bezeichnungen 'moderierende Variable' und 'Reaktion' eingeführt. Die Verwendung dieser Bezeichnungen (oder Nomenklatur) in dem vorliegenden Bericht bedarf der Kommentierung.<sup>1)</sup>

Im folgenden gelten folgende Definitionen, sofern im Einzelfall nicht ausdrücklich etwas anderes gesagt wird: Jede Variable, die in einem bedeutsamen Maße in Beziehung zu einem der akustischen Maße für den Stimulus 'Fluglärm' steht, wird zunächst als potentielle 'Reaktion' auf Fluglärm interpretiert.

Jede Variable, die keine bedeutsame Beziehung zum Stimulus aufweist, wird als potentiell 'moderierende' Variable der Reaktion auf Fluglärm bzw. als die S-R-Beziehung potentiell 'moderierend' aufgefaßt.

Als 'moderierend' im obigen Sinne soll eine Variable dann gelten, 1.) wenn sie – ohne selbst bedeutsam mit dem Stimulus in Beziehung zu stehen – mit der Reaktion auf den Stimulus korreliert; d.h. wenn sie einen vom Stimulus unabhängigen Beitrag zur Vorhersage der Reaktion leistet; oder 2.) wenn gezeigt werden kann, daß diese Variable die S-R-Beziehung in dem Sinne beeinflusst, daß auf verschiedenen Ausprägungsstufen dieser Variablen die Beziehung zwischen Stimulus und Reaktion unterschiedlich ist, bzw. daß sich in verschiedenen im Hinblick auf diese Variable definierten Subgruppen eine unterschiedliche Beziehung zwischen Stimulus und Reaktion findet.

Diese Definitionen ermöglichen zwar eine Klassifikation untersuchter Variablen; dennoch ist offensichtlich, daß diese Begriffsbestimmungen in vielerlei Hinsicht unbefriedigend sind:

- 1.) Die Wahl eines Kriteriums für die 'Bedeutsamkeit' einer Beziehung ist relativ willkürlich; je nach Wahl des Kriteriums kann also eine Variable als 'Moderator' oder

<sup>1)</sup> vg. dazu Kapitel 1; zum Moderatorkonzept insbesondere Abschnitt 1.4.2

2677

#### 4.1.3.1

als 'Reaktion' interpretiert werden. (Bezüglich des in vorliegendem Kapitel verwendeten Kriteriums s. 4.6.4.1).

- 2.) Der Erklärungswert des hier benutzten Moderator- bzw. Reaktionsbegriffes ist – wenn man 'Erklärung' nicht nur im Sinne von statistischer Determination versteht – äußerst gering, solange der theoretische Kontext nicht näher spezifiziert ist. Auch der Rückgriff auf ein allgemeines S-O-R-Schema trägt – ohne nähere theoretische und inhaltliche Spezifizierung – wenig zur Klärung bei. Die Verwendung dieser Nomenklatur ist also insofern heuristisch unfruchtbar, als sie bestenfalls 'post hoc'-Interpretationen von Variablen oder Variablen-Beziehungen ermöglicht, jedoch keinerlei Hinweise für die Auffindung relevanter Variablen beinhaltet.

#### 4.1.3.2 Zur Verwendung der Begriffe 'subjektiv' und 'objektiv'

Im vorliegenden Kapitel wird aus Gründen der Einfachheit der Darstellung zuweilen das Begriffspaar 'objektiv'/'subjektiv' verwendet; so wird der 'objektiven' Fluglärmbelastung die 'subjektive' Beeinträchtigung durch Fluglärm gegenübergestellt. 'Subjektiv' bezieht sich hier auf die Befindlichkeit des Individuums – wie sie etwa durch eine Befragung erfaßt werden kann –, 'objektiv' auf Gegebenheiten in der Außenwelt des Individuums, also hier auf den Fluglärm.

Keineswegs sollte die Verwendung dieser Begriffe in vorliegendem Kapitel so verstanden werden, daß mit 'objektiv' gegenüber 'subjektiv' ein höherer Wahrheits- bzw. Wirklichkeitsgehalt oder auch nur eine größere Meßgenauigkeit impliziert wäre.

### 4.2 Entwicklung des Fragebogens

Bei der Festlegung der in der Hauptuntersuchung zu untersuchenden Variablen und bei der Konstruktion von Meßinstrumenten zu ihrer Erfassung wurde im wesentlichen auf die Ergebnisse und Erfahrungen in der Voruntersuchung in Hamburg und der Vorstudie in Düsseldorf zurückgegriffen.

Das Hauptziel dieser Voruntersuchungen bestand in der Konstruktion geeigneter Meßinstrumente zur Erfassung der Reaktion auf Fluglärm sowie in der Auffindung und Erfassung moderierender Variablen.

Im folgenden sollen zunächst kurz die Ergebnisse der Voruntersuchungen zusammenfassend referiert werden, soweit sie zur Bestimmung der Variablen für die Hauptuntersuchung relevant sind. Im Anschluß daran soll ein Überblick über die in der Hauptuntersuchung berücksichtigten Variablen gegeben werden.

#### 4.2.1 Einige im Hinblick auf die Auswahl der Variablen für die Hauptuntersuchung relevante Ergebnisse der Hamburger Voruntersuchung

##### 4.2.1.1 Zur Entwicklung des Fragebogens für die Voruntersuchung in Hamburg

Da der Fragebogen für die Hauptuntersuchung im wesentlichen auf dem in der Hamburger Voruntersuchung verwendeten basierte, soll hier zunächst kurz auf die Entwicklung des Fragebogens für die Voruntersuchung eingegangen werden:

3570

Der Fragebogen für die Hamburger Voruntersuchung wurde nach den Ergebnissen mehrerer empirischer Vorstudien zur Methodik der Einstellungsmessung und zur Konstruktion von Antwortungsskalen aus 'Statement'-Listen, standardisierten Fragen und Antwortskalen zusammengesetzt. Unter den konstruierten Antwortskalen war neben Skalen zur Einschätzung der Intensität und Häufigkeit von Ereignissen auch eine Zustimmungsskala entwickelt worden, die den Pbn für ihre Stellungnahmen zu den 'Statements' der Attitudenmeßinstrumente im Fragebogen vorgelegt wurde. Das Konstruktionsprinzip dieser Antwortskalen besteht darin, daß für verschiedene Grade der Zustimmung (bzw. der Intensität bzw. der Häufigkeit) verbale Umschreibungen gefunden werden, die

- 1.) von verschiedenen Personen möglichst ähnlich interpretiert werden und die
- 2.) auf einer Skala der Empfindung so angeordnet sind, daß benachbarte Kategorien jeweils gleich weit voneinander entfernt sind.

(Zur Veranschaulichung der Antwortskalen möge hier die 5-stufige Zustimmungsskala dienen:

stimmt NICHT	stimmt WENIG	stimmt MITTELMÄSSIG	stimmt ZIEMLICH	stimmt SEHR
1	2	3	4	5

Je nach dem Grad, in dem ein Pbn einem 'Statement' zustimmte, nannte er eine der den 5 Antwortstufen entsprechende Kategorie.)

Inhaltlich basierte die Variablenauswahl zu einem großen Teil auf der Heathrow-Studie (McKENNELL, 1963); ferner wurde ein Katalog von weiteren Variablen aufgestellt, von denen angenommen wurde, daß sie die Reaktion auf Fluglärm beeinflussen; außerdem wurde versucht, den Bereich der Reaktionsvariablen gegenüber McKENNEL (1963) zu erweitern.

Besonderer Wert wurde auf die Konstruktion verschiedener Attitudenskalen gelegt: so wurden Attitudenskalen für die Bereiche „Störbarkeit durch Fluglärm“, „Wertigkeit des Luftverkehrs“, „Furcht vor Flugzeugen“, „Glaube, daß Fluglärm gesundheitsschädlich ist“ sowie für die „Lärmempfindlichkeit“ konstruiert. Außerdem wurden eine Reihe von Assoziationsvariablen entwickelt: In einer der Vorstudien hatten die Pbn die Aufgabe, zu einem Flugzeugbild Eigenschaftsbegriffe zu assoziieren; aus den Antworten der Pbn wurde eine Adjektivliste konstruiert. Den Pbn der Voruntersuchung wurden das Flugzeugbild und diese Adjektivliste vorgelegt; ihre Aufgabe war es dann, bei jedem der Adjektive in der Liste auf einer Skala anzugeben, inwieweit das jeweilige Adjektiv zu dem Bild passe.

Alle bisher genannten Meßinstrumente waren in Vorstudien erprobt worden. Zusätzlich wurde eine Reihe weiterer Variablen aus bereits vorhandenen Tests bzw. Persönlichkeitsfragebögen zusammengestellt. Dazu gehören: „Hypochondrie“, „Stadt-Land-Bezogenheit“, „Konservatismus“, „Soziale Aktivität“ und „Zivilcourage (Selbstbehauptung)“. Die Erprobung der letztgenannten fünf Maße erfolgte anhand der Daten der Hamburger Voruntersuchung. (In der noch zu schildernden weiteren Vorstudie in Düsseldorf – siehe 4.2.2 – wurde vor allem Wert auf die Verbesserung und Erweiterung dieser Maße gelegt.)

#### 4.2.1.2 Einige Ergebnisse der Voruntersuchung in Hamburg

In der Hamburger Voruntersuchung wurden mithilfe eines Extremgruppen-Untersuchungsplanes Pbn aus einem Untersuchungsgebiet, das sehr starkem Lärm ausgesetzt war ('Experimentalgebiet'), mit Pbn aus einem in soziologischer und auch (bis auf den Fluglärm) in ökologischer Hinsicht vergleichbarem Untersuchungsgebiet verglichen, das praktisch keinem Fluglärm ausgesetzt war ('Kontrollgebiet').

Innerhalb jeder dieser Untersuchungsgebiete wurden 2 Stichproben gezogen, und zwar jeweils ca. 100 mindestens 5 Jahre ansässige und nicht-berufstätige Frauen zwischen 25 und 55 Jahren. Diese „Spezialstichproben“ wurden von allen Untersuchungssektionen (also auch von den Psychologen, Arbeitsphysiologen und Medizinern) untersucht. Die sozialwissenschaftliche Sektion untersuchte zusätzlich 2 Zufallsstichproben von jeweils ca. 100 Pbn aus den beiden Untersuchungsgebieten, um eine größere Generalisierbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen.

3272

#### 4.2.1.2

Die Ergebnisse dieser Voruntersuchung sollen hier nicht im einzelnen referiert werden (siehe dazu IRLE & ROHRMANN, 1968).

Zusammenfassend lassen sich folgende Feststellungen treffen: Die Experimental- und Kontrollgruppen unterscheiden sich in ihren Reaktionen auf Fluglärm; die Experimentalgruppe fühlt sich in stärkerem Maße als die Kontrollgruppe in ihrer Ruhe und Entspannung beeinträchtigt, zeigt ein höheres Maß an Verärgerung, neigt in stärkerem Maße zu Furchtsamkeitsassoziationen und zeigt eine geringere Bindung an die Wohngegend; jedoch ist nur ein Drittel der Variabilität in den Reaktionen durch den Stimulus determiniert bzw. vorhersagbar.

Trotz der relativ gleichförmig starken objektiven Fluglärmbelastung im Experimentalgebiet variiert die Reaktion interindividuell von positiver bis negativer Einstellung gegenüber Fluglärm.

Es gibt jedoch eine Reihe von Variablen, hinsichtlich derer sich zwar nicht die beiden Untersuchungsgruppen 'Experimental'- und 'Kontrollgruppe', wohl aber „Gestörte“ von „Nicht-Gestörten“ bei gleicher Belärmung unterscheiden.

Zu diesen ‚moderierenden‘ Variablen gehören der Glaube an die Gesundheitsschädlichkeit von Fluglärm, die allgemeine Lärmempfindlichkeit, die negative Bewertung des Luftverkehrs sowie Hypochondrie und Wohndauer am Ort.

Je stärker die Ausprägung der genannten Variablen bei einem Pb ist, desto negativer ist seine Einstellung zum Fluglärm und desto eher fühlt er sich gestört.

Mithilfe dieser Variablen ist es möglich, ca. 3/4 der Reaktionsvariabilität (bei konstanter Belärmung) zu 'erklären'<sup>1)</sup>. Die genannten Variablen wurden – z. T. in modifizierter Form – in der Hauptuntersuchung in München ebenfalls untersucht.

#### 4.2.2 Die Funktion der Vorstudie in Düsseldorf für die Konstruktion des Fragebogens der Hauptuntersuchung

In einer weiteren Vorstudie in Düsseldorf nach Abschluß der Voruntersuchung in Hamburg wurde versucht, die moderierenden Variablen gegenüber der Hamburger Voruntersuchung

- 1.) inhaltlich zu erweitern und
- 2.) hinsichtlich der Meßtechnik zu verbessern.

Zu diesem Zweck wurden nach den Angaben der Akustischen Sektion drei Untersuchungsgebiete in der Nähe des Düsseldorfer Flughafens mit mittleren Spitzenpegeln von 80 bzw. 90 bzw. 100 dB(A) bestimmt.

Es wurden insgesamt 51 männliche und 53 weibliche Pbn aus allen Altersgruppen befragt. Innerhalb jeder der drei Lärmzonen wurden annähernd gleichviele Befragungen durchgeführt. Der Fragebogen enthielt neben den üblichen demographischen Variablen einige explorative Fragen zu den Themen Umzug, Ärgernisse und Stellungswechsel sowie eine Liste von Items bzw. 'Statements' zur Erfassung folgender Persönlichkeitsmerkmale bzw. Attitüden:

- (1) Konservatismus (20 items)
- (2) Mobilität (21 items)
- (3) Einstellung zu Zivilisation und Technik (15 items)
- (4) Kritikbereitschaft (24 items)
- (5) Hypochondrie (16 items)
- (6) Labilität (11 items aus dem MMQ)
- (7) Lärmgewöhnbarkeit (10 items)

<sup>1)</sup> Der Terminus 'erklären' wird hier wie im folgenden in erster Linie im Sinne von statistischer Determination verwendet.



2082

- (8) Lärmempfindlichkeit (10 items)
- (9) Störbarkeit durch Fluglärm (10 items)

Die Statementblocks 1, 3, 5, 4, 8, 9 sind Erweiterungen der entsprechenden Fragenkomplexe der Hamburger Untersuchung.

Die Variable "Labilität" (6) wurde zusätzlich aufgenommen, da es plausibel erschien, daß vegetativ labile bzw. neurotische Pbn auf Umweltstress in stärkerem Maße reagieren als stabilere Pbn. Die Variable „Lärmgewöhnbarkeit“ (7) wurde aus Plausibilitätsbetrachtungen berücksichtigt und sollte eine Erweiterung des durch die Variable „Lärmempfindlichkeit“ (8) repräsentierten Aspektes darstellen.

Die Variable „Mobilität“ (2), die Aspekte sowohl der horizontalen als auch der vertikalen Mobilität erfassen sollte, wurde aufgenommen, da man vermuten könnte, daß die Erwartung von Statusverbesserung bzw. die Bereitschaft, anderswo neu zu beginnen, u. U. kompensatorische Effekte bei der Reaktion auf Fluglärm haben könnte. Umgekehrt könnte man aber auch annehmen, daß man gerade dann, wenn man keine Möglichkeiten sieht, aus einer starkem Lärm ausgesetzten Umgebung wegzuziehen, den Lärm 'herunterspielt' und dementsprechend geringere Verärgerung zeigt.

Die genannten Meßinstrumente wurden mithilfe korrelationsstatistischer und faktorenanalytischer Techniken auf ihre Homogenität überprüft; z. T. führte erst eine drastische Item-Selektion zu einem hinsichtlich der Skalenhomogenität befriedigenden Ergebnis.

Es wurde versucht, ein geeignetes Schema zur Klassifikation der Antworten auf die offenen Fragen in den Explorationen zu finden. Dieses Klassifikationsschema sollte Hinweise für die Formulierung entsprechender geschlossener Fragen für die Hauptuntersuchung in München geben.

### 4.2.3 Variablen im Fragebogen der Hauptuntersuchung

Der Fragebogen für die Hauptuntersuchung (vollständig wiedergegeben im Annexband A 4.2.3) umfaßt eine Reihe von Variablen, die – inhaltlich grob klassifiziert (wobei sich die Variablengruppen teilweise überschneiden) – in der Tabelle 4-1 aufgeführt sind:

Tab. 4-1: Variablen im Fragebogen der Hauptuntersuchung

I Demographische Merkmale	
Nr. in Frageb.	Variable
1	Geschlecht
7	Schulbildung des Pb
8	Berufstätigkeit des Pb
9	wer ist Haupternährer?
10	berufliche Stellung des Pb
12	frühere Berufstätigkeit des Pb (falls nicht mehr berufstätig)
13	Berufstätigkeit des Haupternährers
14	berufliche Stellung des Haupternährers
15	frühere berufliche Stellung des Haupternährers (falls nicht mehr berufstätig)
16	Schulbildung des Haupternährers
78	Alter des Pb
79	Familienstand
80	Religion
81	Anzahl der Personen im Haushalt
82	Anzahl der Personen im Haushalt unter 16 Jahren
87.1-87.6	Besitz von Konsumgütern
88	Nettoeinkommen des Haushalts

Tab. 4-1 (Fortsetzung)

II <i>Allgemeine Persönlichkeitsmerkmale bzw. Attitüden</i>	
Nr. in Frageb.	Variable
77	Intelligenz (WBT)
89	Parteineigung
38.1-38.7	Konservatismus
32.1-32.8	Mobilität
17.1-17.8	Abneigung gegen Zivilisation und Technik
19.1-19.7	Kritikbereitschaft
21	Zufriedenheit mit Gesundheitszustand
22.1-22.5	Hypochondrie
29.1-29.11	Labilität
III <i>Auf Lärm allgemein bezogene Attitüden</i>	
Nr. in Frageb.	Variable
36.1-36.6	Lärmempfindlichkeit
41.1-41.7	Lärmgewöhnbarkeit
IV <i>Einschätzung von Art, Stärke und Häufigkeit des Auftretens von Lärm verschiedener Herkunft, seine wahrgenommenen Folgen sowie Maßnahmen zur Lärminderung</i>	
Nr. in Frageb.	Variable
37,45,46	wahrgenommene Lautheit des Arbeitsplatzes sowie des Auto- und Fluglärms
43,44	wahrgenommene Häufigkeit von Auto- bzw. Fluglärm
47,48	wahrgenommene Folgen von Auto- und Fluglärm
49,50,52	Meinung über Minderungsmöglichkeiten des Auto- bzw. Fluglärms
53,54	Maßnahmen gegen Fluglärm
55	Zufriedenheit mit den Maßnahmen
57-59	Vertrautheit mit dem Fliegen und dem Flughafen
61	Informiertheit über Fluglärm
66/67	Allgemeine Erträglichkeit von Auto- bzw. Fluglärm
34	Rangordnung verschiedener störender Umweltbedingungen
39	Rangordnung verschiedener Lärmarten nach dem Zutreffen für Wohnungsumgebung
40	Rangordnung verschiedener Lärmarten nach der Bedeutung für die Wohnungswahl
65	Vergleich verschiedener Ärgernisse mit dem Fluglärm (Rangordnung)
V <i>Auf Fluglärm bzw. Flugverkehr bezogene Attitüden und Gefühle</i>	
Nr. in Frageb.	Variable
42	Assoziationen zu einem Flugzeugbild (Profil)
51	Furcht vor Flugzeugen
56	Glaube, daß Fluglärm gesundheitsschädlich ist
60	Wertigkeit des Luftverkehrs
62	Störbarkeit durch Fluglärm

2380

Tab. 4-1 (Fortsetzung)

<b>VI</b>	<i>Fragen zur Wohnsituation und Umzugsthematik</i>	
a)	objektive Wohnsituation	
	2,3	Wohndauer im Ort bzw. Haus
	4	Wohnungsbesitzverhältnisse
	5	Anzahl der Räume
b)	subjektive Aspekte der Wohnsituation	
	18	Zufriedenheit mit der Wohnung und Wohnungsumgebung
	20	Gesundheit und Leben gefährdende Bedingungen (offene Frage)
	33	Störende Lebensbedingungen (offene Frage)
c)	Umzug bzw. Umzugstendenzen	
	30	konkrete Schritte zum Wechsel der Wohnung bzw. Wohngegend
	31/69	Tendenz, die Wohnung bzw. Wohngegend zu wechseln
	70-73	Häufigkeit und Gründe für bisherigen Wohnungswechsel
<b>VII</b>	<i>Lebensgewohnheiten und Genußmittelkonsum</i>	
	11	Stunden außer Haus infolge von Berufstätigkeit
	23/24	Schlaf- und Wachzeiten
	25-28	Genuß von Alkohol, Kaffee und Nikotin
<b>VIII</b>	<i>Meinungen über die Befragung</i>	
	90	Meinung dazu, wie sinnvoll solche Befragungen sind
	91	Einschätzung der Angemessenheit der Dauer der Befragung

Die Gruppe I der demographischen Merkmale wurde im wesentlichen zu Kontrollzwecken berücksichtigt – so z.B. zur Überprüfung, inwieweit die Stichprobe eine Generalisierung auf andere Großstadtbewohner ermöglicht, oder auch zur Überprüfung, inwieweit die in verschiedenen Lärmzonen untersuchten Gruppen in soziologischer bzw. demographischer Hinsicht vergleichbar sind.

Darüber hinaus kann von einigen dieser Variablen – so z.B. vom Alter – angenommen werden, daß sie einen moderierenden Effekt auf die Reaktion auf Fluglärm haben.

Die Gruppe II der allgemeinen Persönlichkeitsmerkmale bzw. Attitüden enthält z.T. Variablen, von denen – ähnlich wie bei den Variablen der Gruppe III – ein moderierender Effekt zu erwarten ist – so bei der Hypochondrie, Labilität, Kritikbereitschaft, oder auch bei der Mobilität. Ähnliches kann man auch bezüglich der beiden Variablen Abneigung gegenüber Zivilisation und Technik sowie Konservatismus erwarten: Es ist denkbar, daß Pbn mit positiver Einstellung gegenüber Zivilisation und Technik sowie geringem Verhaftetsein am Althergebrachten (Konservativismus) auch weniger verärgert auf Fluglärm (als eine Folge der zunehmenden Zivilisierung und Technisierung) reagieren.

Von den beiden Variablen Intelligenz<sup>1)</sup> und Parteineigung ist kaum ein moderierender Effekt zu erwarten, sie dienen vorwiegend zur Klärung der Validität von einigen der übrigen Variablen, so etwa bezüglich der Konservatismusskala.

Die erwartete Wirkung der moderierenden Variablen ist in der folgenden zusammenfassenden Hypothese kurz gekennzeichnet:

Bei konstanter objektiver Fluglärmbelastung reagieren Individuen auf Fluglärm – also einen Lärm, den man nicht selbst erzeugt, den man nicht steuern kann und dessen Auftreten man nicht vorhersagen kann – umso stärker,

1) Zur Messung wurde eine Vorform des Wort-Bild-Tests (WBT) benutzt. Wir danken Herrn Prof. Dr. Hans Anger (Institut für Sozialpsychologie der Universität zu Köln) für die Erlaubnis, diesen Test in einer Vorform benutzen zu dürfen.

2975

#### 4.2.3

- a) je älter sie sind
- b) je labiler bzw. hypochondrischer sie sind
- c) je eher sie Bereitschaft zur Kritik aufweisen
- d) je negativer ihre Einstellung zu Zivilisation und Technik ist
- e) je weniger mobil und je konservativer sie sind
- f) je geringer ihre Fähigkeit ist, sich an Lärm i.a. zu gewöhnen, und je lärmempfindlicher sie sind.

In der Gruppe IV ist eine Reihe von verschiedenen Fragen zur subjektiven Verarbeitung und Bewertung von Lärm unterschiedlicher Herkunft enthalten – so etwa Angaben über die wahrgenommene Lautheit und Häufigkeit von Auto- und Fluglärm, oder auch Fragen zur Erträglichkeit von Auto- bzw. Fluglärm. Diese Variablen umfassen also im wesentlichen Reaktionen auf den Fluglärm und im Vergleich dazu Reaktionen auf andere Lärmarten.

Die in der Gruppe V zusammengefaßten Variablen umfassen eine Reihe auf Fluglärm bzw. Flugverkehr bezogene Attitüden und Gefühle.

Von den dort genannten Variablen dürfte nur die „Störbarkeit durch Fluglärm“ eindeutig in dem Sinne als Reaktion auf Fluglärm interpretierbar sein, als eine enge Beziehung zwischen der Ausprägung dieser Variable und dem Grad bzw. Ausmaß des Fluglärms zu erwarten ist.

Nach den Ergebnissen der Hamburger Voruntersuchung sind hingegen die Variablen „Glaube, daß Fluglärm gesundheitsschädlich ist“, „Wertigkeit des Luftverkehrs“ und die aus den Assoziationen zum Flugzeugbild abzuleitenden Variablen eher in dem Sinne als moderierend aufzufassen, als sie zwar mit dem Ausmaß der subjektiven Beeinträchtigung durch Fluglärm in Beziehung stehen, nicht hingegen mit dem Grad der objektiven Fluglärmbelastung.

Die Gruppe VI enthält verschiedene Fragen zur Wohnsituation und Umzugsthematik. Ein Teil der dort aufgeführten Variablen dürfte als moderierende Variablen zu interpretieren sein – so. z.B. die Wohnungsbesitzverhältnisse:

Es wäre denkbar, daß Wohnungseigentümer in stark belärmten Gebieten auf Fluglärm anders reagieren als Mieter, die nicht durch Wohnungs-Eigentum an eine bestimmte Wohngegend gebunden sind (Näheres hierzu siehe unten: 4.6.6.3).

Bei einigen der Variablen ist es 'a priori' sehr schwer zu entscheiden, ob sie als moderierende Variablen oder als Reaktionen aufzufassen sind. Z.B. ist es durchaus denkbar, daß sich „Furcht vor Flugzeugen“ als Reaktion auf häufige und laute Überflüge herausbildet; genauso ist jedoch vorstellbar, daß diese Variable Ausdruck einer generellen Ängstlichkeit ist, die unabhängig von äußeren Gegebenheiten wie dem Fluglärm, in der Persönlichkeit des Individuums begründet ist.

In den Gruppen VII und VIII befinden sich in der Hauptsache Variablen, die zu Kontrollzwecken erhoben und/oder auf den Wunsch der anderen Sektionen in den Fragebogen aufgenommen wurden.

2975

### 4.3 Untersuchungsplan

#### 4.3.1 Bemerkungen zur Hauptstichprobe

Über das Prinzip der Stichprobenziehung und des Untersuchungsplanes ist an anderer Stelle (Kapitel 2, insbesondere 2.2.4 und 2.3.1) ausführlich berichtet worden. Das dort beschriebene Verfahren besteht in einem Kompromiß zwischen dem Anspruch auf möglichst generelle Aussagen (Repräsentativität) und der quasi-experimentellen Untersuchungsmethodik.

Die sozialwissenschaftliche Sektion sah keinen Grund, den Altersbereich der zu untersuchenden Personen ähnlich eng wie bei den übrigen Sektionen einzugrenzen. Die untere Grenze wurde auf 15 Jahre festgesetzt. Eine weitere Herabsetzung der Altersgrenze erschien unter anderem deswegen problematisch, weil es schwierig sein dürfte, die Fragen sprachlich so zu formulieren, daß sie für jüngere und ältere Pbn gleichermaßen verständlich sind. Die obere Altersgrenze wurde bei 70 Jahren festgesetzt, da bei einer weiteren Erhöhung die Wahrscheinlichkeit steigt, bzw. es nicht mehr auszuschließen ist, daß der Pbn der Befragung nicht mehr folgen kann bzw. diese für ihn zu anstrengend ist. Diese Ausweitung des Altersbereiches erschien u.a. deshalb sinnvoll, da angenommen wurde, daß das Alter einen moderierenden Effekt für die Stimulus-Reaktionsbeziehung hat und deshalb so breit wie möglich erfaßt werden sollte.

Wie in Kapitel 2 (2.3.2 bis 2.3.4) ausgeführt, wurde die Stichprobe durch Ziehung aus einer Adressenkartei bestimmt. Auf diese Weise wurden 952 Adressen von möglichen Pbn bestimmt (zu den Überlegungen, die zur Festsetzung dieser Anzahl von Pbn-Adressen führten, siehe 2.3.3).

#### 4.3.2 Stichprobe der Retestbefragung

Um die Zuverlässigkeit ('stability' i.S. von CRONBACH, 1960) der Ergebnisse bestimmen zu können, war geplant worden, bei einem Teil der Befragten eine Zweitbefragung (Retest) nach einem Abstand von drei Monaten durchzuführen.

Um sicherzustellen, daß eine hinreichende Zahl von Zweitbefragungen durchgeführt werden konnte, wurden ca. ein Drittel der befragten Pbn für die Zweitbefragung zufällig aus der Kartei aller befragten Pbn ausgewählt (Näheres siehe 2.3.3).

Gleichzeitig ergibt die Zweitbefragung die Möglichkeit einer Interviewerkontrolle, da das Zweitinterview in jedem Fall von einem anderen Interviewer als dem bei der ersten Befragung durchgeführt werden sollte.

#### 4.3.3 Stichprobe von Um- und Wegzählern

Zur Klärung der Frage, welche Rolle der Fluglärm als eine mögliche Ursache für das Wegziehen von Personen aus dem Untersuchungsgebiet spielte, wurden zusätzlich nach Angaben der Münchener Einwohnermeldekartei Adressen von Personen bestimmt, die entweder innerhalb des Großraumes München umgezogen waren (Umzügler), oder ganz aus München nach beliebigen Orten innerhalb der BRD verzogen waren (Wegzügler). Bei der Ziehung der Adressen wurde darauf geachtet, daß innerhalb jeder der Um- bzw. Wegzüglergruppen annähernd gleich viele Adressen vor dem Um- bzw. Wegzug auf acht Teilareale des Unter-

2975

### 4.3.3

suchungsgebietes (die 8 Blocks – siehe dazu 2.4.6 und Tab. 2-4) fielen. Wegen der sehr geringen Anzahl der zur Verfügung stehenden Adressen, nämlich nur 128 Wegzügler und 242 Umzügler, war eine reine Zufallsauswahl nicht möglich.

Je nach Zahl der zur Verfügung stehenden Adressen wurde pro Cluster entweder jede Adresse gezogen oder nach Zufall solange reduziert, bis die gewünschte Personenzahl resultierte. Auch dadurch war es jedoch nicht möglich, die gewünschte Gleichverteilung über die Blocks zu erzielen. (Eine zusätzliche Einschränkung ergab sich daraus, daß – vor allem bei den Wegzählern – die neuen Adressen bei den zuständigen Ortsämtern bzw. Gemeindeverwaltungen häufig nicht zu ermitteln waren.)

Die Verteilung der Herkunftsadressen jener Pbn, deren neue Anschrift (nach dem Um- bzw. Wegzug) zu ermitteln war, bezüglich der 8 Cluster-Blocks ist aus Tabelle 4-2 zu ersehen.

Tab. 4-2: Verteilung der Herkunftsadressen der Umzügler und Wegzügler über die 8 Cluster-Blocks									
	Cluster-Block:								insgesamt
	M1	M2	M3	W1	W2	W3	N1	N2	
Umzügler	21	19	19	20	19	24	19	19	160
Wegzügler	17	9	15	11	9	9	10	12	91

## 4.4 Durchführung der Erhebung

Die allgemeinen Durchführungsbedingungen bei der Erhebung für die Hauptuntersuchung in München sind in Kapitel 2 erörtert worden (s. insbesondere 2.4.3, 2.4.4 und 2.4.6). Im folgenden sollen – getrennt für die Erhebung bei der Hauptuntersuchung, bei den Retests und den Um- bzw. Wegzählern – einige spezielle Details der sozialwissenschaftlichen Erhebung erläutert werden.

### 4.4.1 Erhebung bei der Hauptuntersuchung

#### 4.4.1.1 Interviewerauswahl und -einweisung

Als Interviewer wurden Studenten an der Universität München geworben. Diese sollten möglichst eine sozialwissenschaftliche Ausbildung und/oder Interviewererfahrung nachweisen können. Alle Bewerber wurden ausführlich in die Befragung und den Fragebogen eingewiesen. Nach der Einweisung führte jeder der Bewerber ein Probeinterview mit einem 'Strohmann' durch (gemeint ist eine Person, die dem Interviewer als 'naiver' Pn gegenübertrat, jedoch in Wirklichkeit über Untersuchungsmethodik und -ziel informiert war). Der Strohmann war zuvor vom Untersuchungsleiter instruiert worden, Fehler und Nachlässigkeiten des Interviewers (also z.B. Abweichung vom genauen Wortlaut der Fragen oder Interviewerfehler bei Verzweigungen im Fragebogen) zu beachten.

Im Anschluß an dieses Probeinterview wurde dieses (und insbesondere die dabei aufgetretenen Mängel) mit dem Bewerber ausführlich durchgesprochen. Je nach Leistung bei dem ersten Probeinterview wurden dem Bewerber zusätzliche Probeinterviews aberlangt; bei offensichtlichen Mängeln wurde der Bewerber z.T. schon nach dem ersten Probeinterview abgelehnt.

#### 4.4.1.2 Plan zum Einsatz der Interviewer

Nach dem ursprünglichen Untersuchungsplan war es vorgesehen, daß 24 Interviewer während der gesamten Erhebungszeit beschäftigt wurden, um eine angemessene Rotation der Interviewer über die verschiedenen Untersuchungsgebiete zu ermöglichen; um Konfundierungen bestimmter Interviewer mit bestimmten

Graden der Betroffenheit von Fluglärm zu vermeiden, sollte jeder Interviewer möglichst annähernd gleichviele Befragungen nach einem zuvor festgelegten Rotationsplan in den verschiedenen Teilen des Untersuchungsgebietes durchführen.

Dieses Ziel konnte nicht realisiert werden: denn

- 1.) traten im Laufe der Erhebung, die erheblich länger als ursprünglich angenommen dauerte, Ausfälle von Interviewern auf und/oder
- 2.) ergaben sich aus dem Umstand Verzerrungen, daß die Interviewer hinsichtlich der Anzahl der tatsächlich von ihnen durchgeführten Interviews stark variierten.

Im Rahmen des ursprünglichen Planes wurde trotz der genannten Einschränkungen versucht, zumindest sicherzustellen, daß jeder Interviewer Adressen aus jedem der 8 Cluster-Blocks bzw. Untersuchungsteilgebiete zu bearbeiten hatte.

Um eine möglichst gute Ausnutzung sowie einen möglichst guten Überblick über die Zahl der tatsächlich von einem Interviewer bearbeiteten Adressen zu gewährleisten, waren die Interviewer instruiert worden, sich möglichst täglich in der Untersuchungszentrale mit den von ihnen durchgeführten Interviews einzufinden. Hier wurde verglichen, welche der zuvor dem Interviewer ausgehändigten Pbn-Adressen als bearbeitet zu registrieren waren; die Registrierung erfolgte durch eine entsprechende Eintragung in der Pbn-Adressen-Kartei. Nach der Kontrolle der jeweils vom Interviewer abgelieferten Fragebögen (s. unten) erhielt der Interviewer jeweils bis zu Maximal 10 neue Pbn-Adressenkarten zur Bearbeitung. Die Interviewer hatten besondere Instruktionen darüber, ab wann eine Adresse trotz Nicht-Durchführung eines Interviews als bearbeitet zu gelten hatte: Dazu gehörte u.a. die Instruktion, bei Nichtantreffen eines potentiellen Pbn die Adresse erneut zu einer anderen Tageszeit anzugehen, bzw. sich z.B. von Nachbarn Informationen über mögliche Gründe für das Nichtantreffen des Pbn (z.B. Krankheit, Reisen usw.) zu beschaffen, und diese Gründe auf der jeweiligen Pbn-Karte zu vermerken.

Ein entsprechender Vermerk sollte auch in solchen Fällen gemacht werden, in denen eine Pbn-Adresse nicht auffindbar war (Adressenfehler), oder in denen der Pbn zwar angetroffen wurde, aber eine Befragung verweigerte oder offensichtlich unfähig war, der Befragung zu folgen.

Der Untersuchungsleiter der Sozialwissenschaftlichen Sektion entschied in Zweifelsfällen, ob eine nochmalige Bearbeitung der Adresse sowie u.U. ein zusätzlicher Werbebrief sinnvoll erschien (Zum Ablauf der Bearbeitung einer Adresse s. 2.4.4, Tab. 2-3; bezüglich der Art und Anzahl der Ausfallgründe s. 2.5.2, Tab. 2-6 und 2-7.).

#### 4.4.1.3 Bezahlung der Interviewer

In den ersten Erhebungswochen wurde versucht, die Interviewer nach einem festen Wochenhonorar – unabhängig von der durchgeführten Interviewzahl – zu bezahlen. Damit war beabsichtigt, die Interviewer zu veranlassen, nicht so sehr auf Mengenproduktion abzielen, sondern die Befragungen möglichst sorgfältig durchzuführen, und die ausgegebenen Adressen solange zu bearbeiten, bis es hoffnungslos erschien, doch noch eine erfolgreiche Befragung durchzuführen. Letzteres hatte zwei Gründe:

- 1.) Die Zahl der verfügbaren Adressen war wegen des nach Clustern geschichteten Stichprobenverfahrens relativ begrenzt.
- 2.) Es war zu befürchten, daß gerade bei dieser Untersuchungsthematik (trotz des das eigentliche Untersuchungsziel kaschierenden Pbn-Werbebriefes – s. 2.4.3) eine nach dem Grad der Lärmbetroffenheit selektive Verweigerungsquote nicht auszuschließen war: So wäre denkbar, daß Verweigerungen umso häufiger auftraten, je weniger die Pbn von Fluglärm betroffen waren bzw. je weniger sie sich gestört fühlten. Es war also in dieser Untersuchung ganz besonders wichtig, die Zahl der Verweigerungen so gering wie möglich zu halten.

Es war nicht möglich, eine solche Art der Bezahlung, die unabhängig von der Anzahl der tatsächlich von einem Interviewer durchgeführten Befragung ist, für die Dauer der gesamten weiteren Erhebungsbeizubehalten – u.a. deswegen, weil die Zahl der von einem Interviewer während dieser Probeweche durchgeführten Interviews stark variierte. Es wurde daher ein anderes Bezahlungssystem eingeführt, das grundsätzlich an der Anzahl der durchgeführten Befragungen orientiert war und zusätzlich 2 Arten von Prämien enthielt. Letztere bestanden darin, daß

- 1.) ein Vollständigkeitsbonus gegeben wurde bzw. bei Nichtvollständigkeit Abzüge oder auch in krassen Fällen Nichtanrechnung des Interviews erfolgte, und
- 2.) darin, daß ab einer bestimmten Anzahl der Interviews pro Woche jedes weitere Interview gesondert honoriert wurde. Als Orientierungsdatum wurde den Interviewern gesagt, daß sie pro Woche 10 Interviews durchführen sollten.

#### 4.4.1.3

Zu einem späteren Erhebungszeitpunkt wurde eine weitere Prämie für die erfolgreiche Befragung solcher Personen vergeben, die bisher eine Teilnahme an der Befragung verweigert hatten. Diese Maßnahme erschien sinnvoll, um die Zahl der Verweigerer (s.o.) möglichst gering zu halten.

#### 4.4.1.4 Laufende Kontrolle der Interviewer während der Erhebung

Die Interviewer bzw. die Befragungen wurden während der gesamten Erhebungszeit kontinuierlich kontrolliert. Dies geschah auf drei verschiedene Weisen:

- a) durch laufende Kontrolle und inhaltliche Überprüfung der von den Interviewern abgegebenen Fragebögen;
- b) da ein großer Teil der befragten Personen von einem 'Kontakter' aufgesucht wurde, der für die weiteren Untersuchungsschritte werben und Termine vereinbaren sollte, konnte kontrolliert werden, ob Fälle von kompletten Befragungsfälschungen vorlagen;
- c) da bei einem Teil der Befragten Zweitbefragungen (Retests) durchgeführt wurden, konnte zusätzlich kontrolliert werden, ob Befragungen teilweise oder gänzlich inhaltlich gefälscht waren.

#### 4.4.2 Durchführung der Retestbefragungen

Drei Monate nach der Erstbefragung wurden zur Überprüfung der Zuverlässigkeit der Variablen bei einem Teil Pbn Zweitbefragungen durchgeführt. Die angegebene Zeitspanne von drei Monaten konnte dadurch zeitlich um eine Woche (nach vorne oder hinten) verschoben sein, daß für die Bearbeitung einer Retestadresse den Interviewern jeweils eine Zeitspanne von einer Woche zur Verfügung stand. Die ausgewählten Retestprobanden wurden vor der Zweitbefragung erneut mit einem Werbebrief angeschrieben (s. Annexband, A. 2.4.3). Bei der Ausgabe der Adressen wurde darauf geachtet, daß die zweite Befragung eines Pbn von einem anderen Interviewer als die erste vorgenommen wurde. Diese Maßnahme wurde getroffen,

- 1.) um zu überprüfen, ob die Erstbefragung überhaupt stattgefunden hatte (und nicht nur vom Erstinterviewer vorgetäuscht worden war) sowie
- 2.) um zu möglichst realistischen Stabilitätsschätzungen zu gelangen; d. h. die durch unterschiedliche Interviewer bei einem Pbn auftretenden Veränderungen in den Befragungsergebnissen sollten als mögliche Fehlerquelle in die Stabilitätsschätzung mit eingehen.

Da die Haupterhebung von Mitte Februar bis Mitte Mai dauerte, zog sich die Retestbefragung entsprechend bis Mitte August hin. (Bezüglich der Art und Anzahl von Ausfallsgründen bei der Retestbefragung s. 2.5.2, Tab. 2-7.)

#### 4.4.3 Durchführung der Umzügler- und Wegzüglerbefragung

Wie unter 4.3.3 ausgeführt, waren 160 Adressen von Pbn, die innerhalb von München umgezogen waren (Umzügler), sowie 91 Adressen von Pbn, die aus München fortgezogen waren (Wegzügler), bestimmt worden.

Die Durchführung der Befragung der in München umgezogenen Pbn erfolgte analog der Durchführung der Erhebung bei der Hauptuntersuchung.

Die Organisation der Befragung der Wegzügler erforderte hingegen etwas mehr Aufwand: Zunächst wurden aus der Münchener Kartei die neuen Wohnorte der Fortgezogenen ermittelt und dann bei den zuständigen Ortsämtern bzw. Gemeindeverwaltungen die neuen Adressen der Fortgezogenen ermittelt. Dabei ergaben sich einige Ausfälle, da ein Teil der aus München Fortgezogenen bereits wieder fortgezogen war bzw. die Angaben in der Münchener Kartei sich als fehlerhaft erwiesen.

Die Wegzügler-Pbn erhielten ebenfalls einen Werbebrief, der für die Zwecke der Wegzüglerbefragungen gegenüber dem sonst verwendeten etwas unformuliert war (s. Annexband, A. 2.4.3). In diesem Brief war ein Terminvorschlag enthalten; außerdem war eine Antwortkarte beigelegt, mit deren Hilfe die Pbn eigene Terminwünsche anmelden bzw. den vorgeschlagenen Termin bestätigen konnten.

Nach Klärung der Adressen und Terminfragen wurden Reiserouten für die Interviewer festgelegt. Die Interviewer erhielten (neben Reisespesen) für die Befragung das gleiche Honorar wie für die Befragung bei der Haupterhebung.

Die Befragung der Um- und Wegzügler erfolgte in den Monaten von April bis Juni 1969.

Der Fragebogen für die Befragung der Um- und Wegzügler war weitgehend mit dem für die Befragung der Hauptuntersuchung identisch; jedoch wurden einige Fragen sowohl für die jetzige als auch für die frühere Wohnung gestellt.



3067

## 4.5 Auswertung<sup>1)</sup>

Im folgenden sollen zunächst einige allgemeine Bemerkungen zur Auswertungskonzeption gemacht werden. Im Anschluß daran wird auf einige speziellere Punkte der Auswertung eingegangen.

### 4.5.1 Bemerkung zur allgemeinen Auswertungskonzeption

Aus dem in den Anfangsabschnitten geschilderten Umstand, daß dem Untersuchungsteil der sozialwissenschaftlichen Sektion relativ wenige Hypothesen zugrundelagen, ergibt sich für die allgemeine Auswertungskonzeption die Konsequenz, daß die Auswertung vorwiegend mithilfe deskriptiv statistischer und weniger mithilfe von inferenzstatistischen Verfahren durchgeführt wird.

Einmal abgesehen von der Grundauswertung – d. h. u. a. Bestimmung der Verteilungen der Variablen und üblicher statistischer Kennwerte – bestand die Auswertung dementsprechend vorwiegend aus der Bestimmung von Interkorrelationsmatrizen der Variablen und daraus abgeleiteten Verfahren wie z. B. der Faktorenanalyse oder multipler und kanonischer Korrelationen. (Wegen der Vielzahl der verwendeten Variablen erschien es außerdem wünschenswert – soweit möglich –, multivariate Verfahren zu benutzen, um zu globaleren Aussagen zu kommen.)

Die Hauptauswertung bzw. der wichtigste Teil der Auswertung bestand in der Analyse zweier Typen von Beziehungen:

1.)  $R = f(S)$

Dieser Beziehungstyp ist als Äquivalent zur 'klassischen' psychophysischen Funktion zu interpretieren. Es wird also eine Funktion gesucht, die die Beziehung zwischen den Stimulusparametern und den Reaktionsvariablen optimal beschreibt.

2.)  $R = f(S, M)$

Die Reaktion soll hier also als Funktion des Stimulus *und* der Moderatoren betrachtet werden. Bei diesem Typ der Beziehung steht jene Frage im Vordergrund des Interesses, wie die Vorhersage der Reaktion aus dem Stimulus dadurch verbessert werden kann, daß man die Werte einer Person in den verschiedenen moderierenden Variablen kennt; anders gesagt: Welchen zusätzlichen Beitrag liefert die Kenntnis der Werte eines Pbn in verschiedenen moderierenden Variablen bei der Vorhersage der Reaktion aus dem Stimulus.

Diese Frage könnte insofern auch von praktischem Interesse sein, als aus dem Nachweis eines moderierenden Einflusses für bestimmte Variablen möglicherweise praktische Konsequenzen für die Minderung der Fluglärmfolgen gezogen werden könnten.

3.) Neben diesen beiden Hauptbeziehungstypen sollten verschiedene weitere Beziehungen bestimmt werden, die teilweise als Paraphrasierungen der oben genannten aufgefaßt werden können. Zu diesen gehören:

$R = f(M)$

Hier soll also die Beziehung zwischen den Reaktionen und den Moderatoren untersucht werden. Dabei soll bestimmt werden, inwieweit die Reaktion aus den Moderatorvariablen – ohne Berücksichtigung der Stimulusvariablen – vorhergesagt werden kann.

Eine interessierende Fragestellung, die mit der Analyse der Beziehungen dieses Types untersucht werden kann, wäre etwa, ob die Vorhersage der Reaktion aus den moderie-

1) Eine Liste der benützten Rechenprogramme findet sich im Annexband, A.4.5.

Bei der Durchführung der Auswertung haben Dipl. Psych. Michael R. Busz, Dipl. Psych. Uli Poser und Dipl. Soz. Siegfried Röck wesentlich mitgearbeitet.

m570

renden Variablen im Vergleich zu der Vorhersage der Reaktion aus den Stimulusparametern besser oder schlechter ist.

Ferner sollen verschiedene zu den oben beschriebenen analoge Beziehungen bestimmt werden, wobei jedoch jeweils eine Reihe von Variablen vor der Berechnung entsprechender Korrelationen aus den übrigen herauspartielliert werden sollen. So sollen z. B. aus den Reaktionsvariablen die moderierenden Variablen herauspartielliert werden und anschließend die so 'bereinigten' Reaktionsvariablen zu den Stimulusparametern in Beziehung gesetzt werden. Man mag diese Art der Beziehung als eine herauspartiellieren und danach letztere zu den Moderatorvariablen in Beziehung setzen. Diese Art der Analyse beschreibt also die Beziehung zwischen den Moderator- und den Reaktionsvariablen unter Konstanthaltung der Stimulusvariablen; auf diese Weise läßt sich angeben, wie stark die interindividuelle Variation der Reaktion bei konstanter Stimulusituation von moderierenden Variablen abhängig ist.

Zusätzlich soll versucht werden, ein Faktormodell zu finden, das es gestattet, die Reaktion als Resultante aus Stimulus- und Moderatorvariablen darzustellen.

#### 4.5.2. Bemerkungen zur Datenaufbereitung

Da die Auswertung wegen der Vielzahl der Variablen nur mithilfe elektronischer Datenverarbeitung möglich war, mußten die Antworten nach einem vorher festgelegten Schlüssel kodiert werden und dann auf einen Datenträger übertragen werden. Bei den sehr wenigen offenen Fragen im Interview war es zunächst notwendig, für die empirischen Antworten ein geeignetes Klassifikationsschema zu finden und die Antworten anhand dieses Schemas zu kodieren.

Nach Übertragung der Daten auf Lochkarten wurden die Daten mithilfe eines Prüfprogramms analysiert. Dabei wurden neben Bereichsprüfungen (Prüfung auf unzulässige Werte) auch logische Prüfungen (z. B. bei Verzweigungen) vorgenommen.

Nach der Datenprüfung wurde versucht, fehlende Angaben in den Interviews durch Schätzwerte zu ersetzen: Wie bei Feldforschung nicht anders zu erwarten, lagen bei einem großen Teil der Pbn Datenlücken vor, die durch die Verweigerung der Antworten zu einzelnen Fragen zustande gekommen waren.

Trotz der relativ großen Zahl von Pbn mit Datenlücken erwies sich das Ersetzen von fehlenden Werten durch Schätzwerte insofern als unproblematisch, als die Ausfälle – bis auf wenige Ausnahmen – unsystematisch, d. h. nicht variablen-spezifisch waren.

Die Ausnahmen sind:

1. Die Frage nach dem Haushaltsnettoeinkommen,
2. Die Frage nach dem Lärm am Arbeitsplatz und
3. die Zufriedenheit mit dem Weg zur Arbeit.

Die Ausfälle in den beiden letztgenannten Fragen dürften auf Interviewfehler bzw. ungeschickte Formulierung der Fragen zurückzuführen sein.

Die Ausfallquote (2.5 %) bei der Frage nach dem Haushaltsnettoeinkommen dürfte die bei sozialwissenschaftlichen Untersuchungen übliche Verweigerungsrate bei Fragen nach dem Einkommen wohl kaum übersteigen.

Da die Zahl der Pbn mit Datenlücken auch bei diesen 3 Variablen maximal 22 betrug (also weniger als 5 % ausmachten), dürfte die Ersetzung der fehlenden Angaben durch Schätzwerte kaum zu wesentlichen Verzerrungen führen.

Angesichts dieser Datenlage wurde auf die Anwendung komplizierterer Schätztechniken – etwa mithilfe von Regressionsanalysen – verzichtet; dennoch wurde versucht – wenn auch mit sehr groben Mitteln –, individual- oder gruppenspezifische Schätzwerte für die Datenlücken einzusetzen:

Wenn z.B. bei einem Pbn eine einzelne Antwort auf eine Frage innerhalb eines Fragenkomplexes fehlte, so wurde diese fehlende Antwort aus den vorhandenen Antworten dieses Pbn zu diesem Fragenkomplex geschätzt. Fehlte z.B. die Angabe des Haushaltsnetto-

3570

einkommens, so wurde versucht, die fehlende Angabe aus dem durchschnittlichen Haushaltsnettoeinkommen aller Pbn mit gleicher beruflicher Stellung des Haupternährers zu bestimmen. Bei einigen Einzelvariablen, die keinen Bezug zu anderen Variablen hatten, war eine solche individual- bzw. gruppenspezifische Schätzung nicht möglich oder sinnvoll; hier wurden Gesamtmittelwerte oder Modalwerte eingesetzt. Nach erfolgter Einsetzung von Schätzwerten für die fehlenden Angaben, wurde mit der Bildung zusammenfassender Indizes begonnen<sup>1)</sup>.

#### 4.5.3 Bildung zusammenfassender Maße

Wegen der großen Vielzahl von Einzelfragen erschien es wünschenswert, so viele Einzelfragen wie möglich zu zusammenfassenden Maßen zu verarbeiten. Um nicht von vornherein ein allzu hohes Abstraktionsniveau an die Daten heranzutragen, erfolgte die Bildung solcher zusammenfassenden Maße in zwei Schritten: Zunächst wurde versucht, die Einzelfragen – soweit möglich – in jeweils inhaltlich in sich zusammenhängende Teilkomplexe aufzuteilen. Anschließend wurden diese Teilberichte – jeweils für sich getrennt – hinsichtlich ihrer Homogenität bzw. Konsistenz überprüft; bei sich herausstellender Heterogenität wurde entweder eine Unterteilung des zuvor definierten Teilbereiches vorgenommen, oder es wurden auch einzelne Fragen bei der weiteren Auswertung nicht mehr berücksichtigt.

Bei der Itemselektion wurden hauptsächlich korrelationsstatistische Methoden bzw. auch faktorenanalytische Kennwerte benutzt; zusätzlich wurden die Trennschärfen der Variablen, ihre Differenzierungsfähigkeit (Variabilität der Antworten), ihre Reteststabilität und – soweit vorhanden – entsprechende relevante Informationen aus den Voruntersuchungen in Hamburg und Düsseldorf herangezogen.

Die Skalenbildung in diesem ersten Reduktionsschritt erfolgte im wesentlichen durch Summierung der Werte jener Einzelvariablen, die untereinander hohe Interkorrelationen aufweisen bzw. auf einem gemeinsamen Faktor hohe Ladungen hatten.

Bei den verschiedenen Attitudenskalen in dem Fragebogen entspricht diese Analysetechnik und Skalentildung weitgehend der „summed rating“-Methode von LIKERT (1932).

Diese Methode hatte sich in den umfangreichen methodischen Vorstudien in Hamburg als recht effizient erwiesen: Mit dieser Methode wurden bessere oder gleichgute Ergebnisse erzielt (z.B. bezüglich der Stabilität) als mit anderen aufwendigeren Verfahren wie z.B. der Technik von EDWARDS & KILPATRICK (1948), die eine Kombination aus den Verfahren von LIKERT (1932) und THURSTONE (u.a. 1931) darstellt.

Die bei diesem ersten Reduktionsschritt entstandenen zusammenfassenden Maße werden im folgenden *Sekundärvariablen* genannt.

Da die Teilbereiche bei diesem ersten Reduktionsschritt inhaltlich relativ eng umgrenzt waren, interkorrelierten die dabei entstandenen Sekundärvariablen z.T. beträchtlich, so daß eine weitere Datenreduktion wünschenswert erschien. Ein solcher zweiter Reduktionsschritt erschien nicht nur aus Gründen der Ökonomie bzw. Beschreibungssparsamkeit, sondern auch aus methodischen Gründen wünschenswert. Dies wird etwa bei der Interpretation von multiplen Korrelationen bzw. Betagewichten in multiplen Regressionsgleichungen deutlich: Bei

1) Bei 7 Pbn lagen größere Datenlücken vor; d.h. bei diesen Pbn fehlten teilweise oder gänzlich die Antworten zu einem oder mehreren Frageblöcken. Diese 7 Pbn wurden bei den Analysen, die zur Bildung der Sekundärvariablen (s.u.) durchgeführt wurden, nicht berücksichtigt. Nach Konstruktion der Sekundärvariablen wurden bei diesen Pbn Schätzwerte (Gesamtmittelwert) in den fehlenden Sekundärvariablen bestimmt.

2975

#### 4.5.3

hohen Interkorrelationen der 'Prädiktoren' untereinander sind die Betagewichte nur schwer interpretierbar bzw. in extremen Fällen gar nicht bestimmbar (Problem der Multikollinearität). Der zweite Reduktionsschritt erfolgte im wesentlichen mithilfe faktorenanalytischer Methoden d.h. genauer gesagt durch die Berechnung von Faktorenscores. Aus Gründen der Interpretierbarkeit erschien es jedoch wünschenswert, die Berechnung der Faktorenscores für Moderator- und Reaktionsvariablen (i.S. von 4.1.3.1) getrennt vorzunehmen. (Da in den später zu schildernden Regressionsanalysen die Reaktionsvariablen als Kriterien aus den Stimulus- und Moderatorvariablen vorhergesagt werden sollten, wäre es problematisch gewesen, für die Bestimmung der Faktorenscore-Variablen von einer gemeinsamen Faktorenanalyse der Moderator- und Reaktionsvariablen auszugehen. Bei einem solchen Vorgehen wäre nicht auszuschließen, daß Faktoren resultieren, auf denen sowohl Moderator- als auch Reaktionsvariablen bedeutsame Ladungen aufweisen. Es wäre dann außerordentlich schwierig zu entscheiden gewesen, ob solche Faktorenscore-Variablen als Prädiktoren oder als Kriterien in die Regressionsanalysen eingeführt werden sollten.)

Die Faktorenscore-Variablen werden im folgenden auch *Tertiärvariablen* genannt.

### 4.6 Ergebnisse und Diskussion

#### 4.6.1 Anzahl der durchgeführten Interviews

##### 4.6.1.1 Hauptuntersuchung

Insgesamt standen der sozialwissenschaftlichen Sektion 952 Adressen zur Verfügung. Nach Abzug der fehlerhaften bzw. der unbrauchbaren Adressen (Umgezogene, Ausländer, Verstorbene, fehlerhafte Altersangabe) verblieben 863 Adressen zur weiteren Bearbeitung (s. auch 2.5.2, Tab. 2-7). Diese Zahl reduzierte sich – insbesondere durch 120 Fälle von Interviewverweigerung – auf 663. Eine genaue Aufstellung über die übrigen Gründe für Nichtbefragung (w. z.B. niemals angetroffen, verweist u.ä.m.) findet sich im Annexband, A.2.5.2.

In 2.5.2 (Tab. 2-7) sind, getrennt nach den 4 Sets (zur Definition der Sets s. 3.4.1.2), die Zahl der prinzipiell brauchbaren Adressen, sämtliche Ausfälle, sowie die Anzahl der tatsächlich durchgeführten Interviews aufgeführt. Von den 663 ausgefüllten Fragebogen ging einer verloren; die Fragebogen von 2 weiteren Pbn konnten nicht in die Auswertung mit einbezogen werden, da diese Pbn nach den Ergebnissen des Intelligenztestes (WBT) mit hoher Wahrscheinlichkeit als „schwachsinnig“<sup>1)</sup> einzustufen waren.

Also verbleiben 660 Befragungen für die weitere Auswertung.

##### 4.6.1.2 Retestuntersuchung

Von den 663 Pbn aus der Hauptuntersuchung wurden 206 für die Retestbefragung vorgesehen. Bei 116 von diesen Pbn kam eine termingerechte Retestbefragung zustande; die Gründe für die (relativ hohe) Ausfallrate sind in 2.5.2, Tab. 2-7 im einzelnen aufgeführt. Bei einem der 116 Pbn wies der Fragebogen so viele Datenlücken auf, daß eine Berücksichtigung dieses Pbn nicht zu rechtfertigen war. Es verbleiben also die Fragebogen von 115 Pbn für die Bestimmung der Retestkorrelationen. Von diesen 115 Pbn kommen 34 aus Set A, 17 aus Set B, 34 aus Set C und 30 aus Set D. (Die angestrebte Gleichverteilung konnte also nicht realisiert werden – s. dazu 2.5.2, Tab. 2-7.)

##### 4.6.1.3 Um- und Wegzüglerbefragung

Nach den Angaben der Einwohnermeldekartei waren 160 Personen bestimmt worden, die innerhalb des Großraumes München umgezogen waren (Umzügler) und 91, die aus München weggezogen waren (Wegzügler).

1) WBT-Rohwert = 0; äquivalent zu IQ < 55

Für beide Gruppen gilt, daß der Um- bzw. Wegzug gemäß den Angaben der Kartei im Jahr vor der Untersuchung bzw. im Jahr der Untersuchung erfolgt war. Bei einigen der Pbn ergab die Befragung, daß die Informationen in der Einwohnermeldekartei bezüglich des Zeitpunktes des Umzugs unrichtig waren. Ein Teil der Pbn war auch bereits wieder um- bzw. weggezogen. Aus den 160 Umzügleradressen resultierten 90 auswertbare Interviews, die sich über die Herkunfts-Sets folgendermaßen verteilen: aus den Sets A, B und C stammten jeweils 22 Pbn und aus Set D 24 Pbn. Aus den 91 Wegzügleradressen resultierten 62 auswertbare Interviews; die befragten Pbn verteilten sich über die Sets wie folgt: aus Set A 15 Pbn, aus Set B 14 Pbn, aus Set C 16 Pbn und aus Set D 17 Pbn. Über die jeweiligen Ausfallsgründe finden sich entsprechende Angaben im Annexband, A.4.6.1.3.

#### 4.6.2 Beschreibung der Stichprobe für die Hauptuntersuchung

Einige demographische Angaben über die Stichprobe finden sich in Kap. 2, Abschnitt 2.5.3.

#### 4.6.3 Angaben zu einigen Variablen nach der ersten Datenreduktion

Im folgenden soll ein kurzer Überblick über die bei dem ersten Datenreduktionsschritt gebildeten Variablen sowie ihre Meßeigenschaften gegeben werden.

Im ersten Unterabschnitt finden sich Angaben zu einigen Meßinstrumenten, die zur Erfassung allgemeinerer Persönlichkeitsmerkmale und Attitüden konstruiert wurden; alle dort aufgeführten Variablen sind – mit Ausnahme des Wortbildtests – vom 'Likertskalentyp'.

Im zweiten Unterabschnitt wird ein Überblick über eine Reihe weiterer Indizes gegeben, die sehr unterschiedliche inhaltliche Bereiche betreffen.

Im letzten Unterabschnitt finden sich einige Angaben zu Variablen, die üblicherweise zur Bildung eines Statusindex herangezogen werden.

##### 4.6.3.1 Meßinstrumente zur Erfassung von Persönlichkeitsmerkmalen bzw. Attitüden

In der Tab. 4-3 sind die erfaßten Persönlichkeitsmerkmale bzw. Attitüden zusammenfassend dargestellt. Bei jeder Variable ist angegeben, welche Fragen im Fragebogen in die jeweilige Variable eingegangen sind. Ferner finden sich Angaben über den Mittelwert<sup>1)</sup> und die Streuung<sup>1</sup> der Variablen sowie über die Retestzuverlässigkeiten. Tabelle 4-4 enthält Itembeispiele zur Illustration des Inhalts der Variablen.<sup>1)</sup>

Nähere Angaben über die Itemanalysen (Ergebnisse der Faktorenanalysen der Items pro Variable, Trennschärfen usw.) finden sich im Annexband, A. 4.6.3.1; die Trennschärfen – berechnet als Produktmomentkorrelation zwischen der Itemreaktion und dem jeweiligen Summenwert – betragen in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle  $r_{it} \geq .70$ ; für alle Items gilt:  $r_{it} \geq .50$ .

##### 4.6.3.2 Die Konstruktion verschiedener Indizes

Neben den im vorigen Abschnitt geschilderten Meßinstrumenten zur Erfassung von Attitüden bzw. Persönlichkeitsmerkmalen wurden eine Reihe weiterer Indizes gebildet. Die Konstruktion dieser Indizes erfolgte weitgehend analog zu dem Vorgehen bei der Konstruktion der zuvor geschilderten Meßinstrumente; da jedoch einige der Itemblöcke, aus

1) Die Mittelwerte und Streuungen aller dort aufgeführten Variablen – mit Ausnahme des WBT – sind so umgerechnet, daß sie im Rahmen der bei jedem Einzelitem vorgegebenen 5-stufigen Zustimmungsskala (s. 4.2.1.1) interpretierbar sind.

2677

denen Indizes zu bilden waren, aus 0/1-Variablen bestanden, wurden bei diesen Variablen weniger faktorenanalytische Kriterien als korrelationsstatistische verwandt. Inhaltlich erfassen diese Indizes recht heterogene Bereiche.

Tab. 4-3: Mittelwert (M), Streuungen (S) und Retestkoeffizienten ( $r_{tt}$ ) für einige Variablen

Fragebogen-Nr. der Items	Bezeichnung	Anz. der Items	M	S	$r_{tt}$
77.	Wortbildtest (WBT)	45	29.15	9.55	76 <sup>a</sup>
38.2/3/5/6	Konservatismus	4	3.45	0.90	44
32.1/4/5/6/7/8	Mobilität	6	2.64	1.06	77
17.1/2/5/6	Abneigung gegen Zivilisation und Technik	4	2.30	1.00	67
19.1/2/3/4/6/7	Kritikbereitschaft	6	3.35	0.73	56
21. u. 22.2/3/4/5	Hypochondrie	5	1.98	1.04	67
29.1/2/4/5/6/8/9/10/11	Labilität	9	1.97	0.86	69
36.1/2/3/5	Lärmempfindlichkeit	4	2.87	1.12	66
41.1/2/3/4/6	Lärmgewöhnbarkeit	5	3.22	0.96	62
56.1/2/3/4/5	Glaube, daß Fluglärm gesundheitsschädlich ist	5	3.80	0.94	49
51.1/2/3/4/5	Furcht vor Flugzeugen	5	2.54	1.04	54
60.1/3/4/5/6	Wertigkeit des Flugverkehrs	5	4.06	0.88	61
62.1/2/3/4/6/7/9/10	Störbarkeit durch Fluglärm	8	3.26	1.12	73

a Hier wie in allen folgenden Tabellen wurden bei Korrelationen die führende Null sowie der Dezimalpunkt fortgelassen; die angegebenen Werte sind also durch 100 zu dividieren.

Tab. 4-4: Itembeispiele für einige Variablen

Variable	Beispiele für Items in Schlüsselrichtung
Konservatismus:	Die heutige Generation sollte mehr auf die Lehren ihrer Eltern und Großeltern hören (38.5)
Mobilität:	Wenn ich die Gelegenheit dazu hätte, würde ich gerne einige Zeit im Ausland verbringen (32.1)
Abneigung gegen Zivilisation und Technik:	Der ständige technische Fortschritt führt zur Vernichtung der Menschheit (17.1)
Kritikbereitschaft:	Der Staat tut im Grunde viel zu wenig für seine Bürger (19.6)
Hypochondrie:	Ich glaube, daß ich gegen Krankheiten anfälliger bin als die meisten meiner Bekannten (22.2)
Labilität:	Es tut mir manchmal überall weh (29.1)
Lärmempfindlichkeit:	Ich kann nur einschlafen, wenn es wirklich still ist (36.2)
Lärmgewöhnbarkeit:	Mit der Zeit gewöhnt man sich an alles, auch an den lautesten Lärm (41.6)
Glaube, daß Fluglärm gesundheitsschädlich ist:	Lauter Fluglärm ist nicht gut für das Herz und den Kreislauf (56.1)
Furcht vor Flugzeugen:	Ich finde, irgendwie haben Flugzeuge etwas Furchterregendes an sich (51.2)
Wertigkeit des Flugverkehrs:	Es wäre wirtschaftlich sinnvoll, den Flugverkehr noch auszuweiten (60.5)
Störbarkeit durch Fluglärm:	Mir war schon oft danach, mich über den Flugzeuglärm zu beschweren (62.2)

Die entsprechenden Indizes sind in der Tabelle 4-5 zusammengefaßt; diese enthält neben einem Itembeispiel Mittelwerte, Streuungen und Retestkoeffizienten (Angaben zu den Trennschärfekoeffizienten der Items pro Variable finden sich im Annexband, A.4.6.3.2.) Die ersten drei der dort aufgeführten Variablen beziehen sich auf die Zufriedenheit mit verschiedenen Aspekten der Wohnsituation; die Pbn hatten jeden der Aspekte auf einer 5-stufigen Zufriedenheitsskala, die von 1 „nicht zufrieden“ bis 5 „sehr zufrieden“ reicht, einzustufen.<sup>1)</sup>

Die Variable „konkrete Umzugsschritte“ ist eine Summe der Ja-Antworten auf die Fragen danach, ob der Pb in letzter Zeit irgendwelche konkreten Schritte zum Wechsel der Wohnung bzw. Wohngegend unternommen habe.

Die nächste Gruppe der Assoziationsvariablen wurden aus den Zuordnungen verschiedener Eigenschaftsbegriffe zu einem Flugzeugbild konstruiert: Den Pbn wurde ein Flugzeugbild sowie eine Reihe von Eigenschaftsbegriffen vorgelegt; sie sollten sodann bei jedem der Begriffe auf einer 5-stufigen Skala angeben, wie gut dieser Begriff zu dem Bild passe (die Skala reicht von 1 „paßt nicht“ bis 5 „paßt sehr“).<sup>1)</sup>

Die dann folgende Variablengruppe soll der Erfassung der wahrgenommenen Folgen von Fluglärm bzw. Autolärm dienen: Die Pbn sollten auf einer 5-stufigen Intensitätsskala angeben, in welcher Stärke bestimmte Folgen des Flug- bzw. Autoverkehrs (wie z.B. Zittern der Hauswände, Störungen im Radioempfang, Behinderungen beim Einschlafen) bei ihnen auftraten. (Die entsprechende Antwortskala reicht von 1 „nicht“ bis 5 „sehr stark“).<sup>1)</sup>

Die beiden Variablen „physikalische“ bzw. „soziale Maßnahmen gegen Fluglärm“ entsprechen der Anzahl verschiedener Maßnahmen, die die Pbn durchgeführt zu haben angeben.

Die Variable „Informiertheit über Fluglärm durch Massenmedien“ entspricht der Anzahl der Quellen (Zeitung, Radio etc.), aus denen der Pb im letzten Monat etwas über die Auswirkungen von Fluglärm erfahren zu haben angibt.

#### 4.6.3.3 Einige Variablen zur sozialen Schichtzugehörigkeit

Der Fragebogen enthält eine Reihe von Fragen bzw. Variablen, die üblicherweise (vgl. u.a. SCHEUCH & DAHEIM 1961) zur Bildung eines Indexes zur Erfassung der Schichtzugehörigkeit bzw. des Sozialstatus herangezogen werden.

Zu diesen Variablen gehören:

Die gegenwärtige bzw. frühere berufliche Stellung des Haupternährers (Frage 14 bzw. 15), die schulische Ausbildung des Befragten in Jahren (Frage 7), das Haushaltsnettoeinkommen pro Kopf (Frage 88), Haus- bzw. Wohnungsbesitzverhältnisse (Frage 4), Zahl der Wohnräume (Frage 5), Besitz verschiedener Konsumgüter (Frage 87).

Der beruflichen Stellung des Haupternährers wurde ein Skalenwert zugeordnet, der der Einschätzung des Sozialprestiges durch verschiedene 'Expertenrater' entsprach.

Das Haushaltsnettoeinkommen war in 9 Kategorien erfaßt worden; es wurde auf die Anzahl der im Haushalt lebenden Personen relativiert, wobei Personen unter 16 Jahren mit einem Gewicht von 0.7 berücksichtigt wurden.

Ähnlich wurden die Zahl der zur Verfügung stehenden Wohnräume auf die Anzahl der Personen relativiert.

1) Bei diesen Variablen wurden die Mittelwerte und Streuungen in Tabelle 4-5 so umgerechnet, daß sie im Rahmen der jeweilig bei einem Einzelitem vorgegebenen Antwortskala interpretierbar sind.

Tab. 4-5: Mittelwert (M), Streuungen (S), und Retestkoeffizienten ( $r_{tt}$ ) für einige Indizes.

Fragebogen-Nr. der Items	Bezeichnung	Iteminhalte	Anz. der Antw. kat. pro Item	Anz. der Items	M	S	$r_{tt}$
18.1/2	Bindung an die Wohnung	Zufriedenheit mit Haus/Wohnung	5	2	3.95	1.15	57 <sup>a</sup>
18.4/6/7/8	Bindung an die Gegend	Zufriedenheit mit Wohn- egend / gesundheitlichen Bedingungen, Ruheigkeit und Erholungsmöglich- keiten	5	4	3.12	1.10	69
18.10/11	Zufriedenheit mit Ver- kehrs- und Einkaufs- möglichkeiten	Zufriedenheit mit Ver- kehrsverbindungen und Einkaufsmöglichkeiten	5	2	3.40	1.25	71
30.1/2	konkrete Umzugs- schritte	zum Wechsel der Woh- nung/ Wohngegend	2	2	0.27	0.60	52
42. Assoziationen zu einem Flugzeugbild: Aspekte des Bedrohlichen							
42.10/13/15/17		gefährlich, bedrohend unsicher, beängstigend	5	4	3.05	1.32	62
42.2/4/8/18	Schönen	interessant, großartig, überlegen, schön	5	4	2.72	1.12	61
42.9/12	Harmlosen	harmlos, langweilig	5	2	1.65	0.80	22
42.1/3/7/11/14	Störenden	unangenehm, ärgerlich, schlecht, belästigend, störend	5	5	3.20	1.18	58
48. Folgen von Fluglärm x1/x2	physikalische Folgen	Wände zittern, Fensterscheiben klirren	5	2	2.78	1.41	64
y4/y9	Schmerzen	Kopf- und Ohrenschmer- zen	5	2	1.42	0.86	42

<sup>a</sup> die führende Null und der Dezimalpunkt wurden fortgelassen



Tab. 4-5: Fortsetzung

Fragebogen-Nr. der Items	Bezeichnung	Iteminhalt	Anz. der Antw. kat. pro Item	Anz. der Items	M	S	r <sub>tt</sub>
x4/x5/y1/y6	Kommunikations- störungen	Störung bei Radio- und Fernsempfang, lauter sprechen	5	4	3.35	1.27	61
y2/y3/y5/y7/y8	Störungen von Ruhe/ Entspannung	Fluglärm hindert Ent- spannung, Einschlafen, Nachdenken; erschreckt	5	5	2.54	1.26	65
47. Folgen von Autoiärm							
x1/x2	physikalische Folgen	s.o.	5	2	1.15	0.50	42
y4/y9	Schmerzen	s.o.	5	2	1.05	0.25	24
x4/x5/y1/y6	Kommunikations- störungen	s.o.	5	4	1.35	0.70	54
y2/y3/y5/y7/y8	Störungen von Ruhe/ Entspannung	s.o.	5	5	1.28	0.62	62
53.1/2/3/4	physikalische Maßnahmen gegen Fluglärm	Doppelfenster, Schall- dämpfung an Türen und Wänden; Ventilatoren, Ohren zustopfen	2	4	0.27	0.61	37
53.6/7/8/10/11	soziale Maßnahmen gegen Fluglärm	Beschwerdebrief, Telefo- nate, mit Nachbarn reden, Antifluglärmverein	2	5	0.36	0.81	83
61.1/2/3	Informiertheit über Fluglärm durch Massen- medien	Zeitung, Radio, Fernsehen	2	3	0.70	1.00	41

695

4165

### 4.6.3.3

Die Zahl der im Haushalt vorhandenen Güter wurde als Lebensstandardindex verwendet. Die Interkorrelationen zwischen den genannten Variablen erwiesen sich jedoch als zu niedrig, als daß eine Zusammenfassung in einen Statusindex bei diesem ersten Reduktionsschritt gerechtfertigt erschien. Die höchste Interkorrelation beträgt  $r = .43$  (zwischen dem Sozialprestige der beruflichen Position des Hauptnährers und dem Lebensstandardindex); die durchschnittliche Korrelation (berechnet über  $z'$ ) beträgt nur  $r = .195$ .<sup>1)</sup>

### 4.6.4 Die Bildung von Tertiärvariablen

#### 4.6.4.1 Vorbemerkung

Nach Bildung der Summenvariablen wurden jene Variablen zusammengestellt, die bei den Regressionsanalysen der Hauptauswertung berücksichtigt werden sollten. Die Liste dieser Variablen beinhaltet neben den Summenvariablen auch einige interessierende Einzelfragen; alle ausgewählten 37 Variablen haben – mit Ausnahme der Variable „Erträglichkeit Fluglärm“ – Intervallskalenniveau.

Um eine Klassifikation der Variablen i.S. von Abschnitt 4.1.3.1 in Reaktions- und Moderatorvariablen herbeizuführen, wurden zunächst für jede Variable die Interkorrelationen zu den Stimulusvariablen „Mittlerer Überflugpegel  $\bar{L}_A$ “ und „Richthäufigkeit  $H_R$ “ bestimmt.

Da bei der großen Zahl von Freiheitsgraden ( $df = 658$ ) eine Korrelation von  $r = .121$  bei einseitiger Testung bereits auf dem 1-Promille-Niveau signifikant von Null verschieden ist, erschien es angebracht, bei der Festsetzung des Kriteriums dafür, ob eine Variable als Reaktions- oder als Moderatorvariable zu klassifizieren war, nicht nur eine Signifikanzschranke, sondern auch die Determination ( $r^2$ ) der Variabilität einer Variable durch eine der Stimulusvariablen zu berücksichtigen:

Eine Variable sollte dann als Reaktion klassifiziert werden, wenn ihre Korrelation mit einer der Stimulusvariablen auf dem 1-Promille-Niveau signifikant von Null verschieden war und ihre Determinationskoeffizienten (bezüglich der Stimulusvariablen) die Bedingung  $r^2 \geq .075$  erfüllte (wenigstens 7.5 % der Varianz einer als Reaktion zu klassifizierenden Variable sollte also stimulusdeterminiert sein).

Als potentielle Moderatorvariablen sollten hingegen solche Variablen aufgefaßt werden, deren Interkorrelationen zu den Stimulusvariablen nicht signifikant oder aber so niedrig waren, daß die Bedingung  $r^2 < .030$  erfüllt war.

Gemäß diesen Kriterien<sup>2)</sup> waren 9 Variablen als Reaktionsvariablen zu klassifizieren; diese 9 Variablen hatten auch in der Voruntersuchung in Hamburg bedeutsame Unterschiede zwischen der (starkem Fluglärm ausgesetzten) Experimentalgruppe und der (nur sehr geringem Fluglärm ausgesetzten) Kontrollgruppe aufgewiesen.

Unter den verbleibenden 28 Variablen waren zwei – nämlich die Variablen „physikalische Maßnahmen gegen Fluglärm“ und „soziale Maßnahmen gegen Fluglärm“ –, die zwar das Determinationskriterium  $r \geq .075$  nicht erfüllten – die Korrelationen mit der „Richthäufigkeit  $H_R$ “ betragen  $r = .15$  bzw.  $.21$  –, jedoch aus inhaltlichen Gründen dennoch als Reaktionsvariablen zu interpretieren sind (beide Variablen wurden aus den Antworten zu Frage Nr. 53 konstruiert, in der die Pbn aufgefordert wurden, aus einer Liste von Maßnahmen

1) Einige weitere Angaben zu den Variablen „Sozialprestige der beruflichen Position“, „Haushaltsnettoeinkommen“ und „Lebensstandard“ finden sich im Annexband, A.4.6.3.3  
2) Die vollständige Interkorrelationsmatrix der Variablen befindet sich im Annexband, A.4.6.4.1; ebenso finden sich dort Angaben bezüglich der Linearität der Beziehungen: Bei einigen Beziehungen erwiesen sich zwar die nicht-linearen Komponenten als statistisch signifikant, jedoch als numerisch recht unbedeutend, da nicht-lineare Bestimmtheitsmaße gewöhnlich nur in der zweiten Dezimalstelle von den linearen Bestimmtheitsmaßen abwichen.

gegen Fluglärm – wie z.B. Einbauen von Doppelfenstern, Besuch einer Protestveranstaltung etc. – jene herauszusuchen, die sie selbst ergriffen hatten).

Drei weitere Variablen – die beiden Assoziationsvariablen „Aspekt des Störenden/Flugzeugbild“, „Aspekt des Bedrohlichen/Flugzeugbild“ und „Furcht vor Flugzeugen“ – weisen Korrelationen mit den Stimulusvariablen auf, die weder das Kriterium  $r^2 < .03$  noch das Kriterium  $r^2 \geq .075$  erfüllen; auch inhaltlich ist es schwer zu entscheiden, ob diese Variablen als Reaktions- oder als Moderatorvariablen zu interpretieren sind: z.B. ist es genauso gut vorstellbar, daß jemand, der häufig lautem Fluglärm ausgesetzt ist, als Reaktion darauf Furcht vor Flugzeugen entwickelt, wie, daß die Reaktion auf Fluglärm von dem Grad der Furcht vor Flugzeugen mit beeinflußt wird, wobei diese Furcht ihrerseits nicht so sehr stimulus-bedingt, sondern in der Persönlichkeit der Individuen – also etwa in einer generellen Ängstlichkeit – begründet sein mag.

Diese drei Variablen wurden wegen ihrer nicht-eindeutigen Klassifizierbarkeit nicht in umfassendere Regressionsanalysen mit einbezogen, so daß 23 Variablen verbleiben, die als potentielle Moderatoren interpretiert werden können.

Nach Durchführung der Klassifikation der Variablen in (potentielle) Moderator- bzw. Reaktionsvariablen wurden für jede der Variablengruppen getrennt Faktorenanalysen durchgeführt. In beiden Fällen wurde zunächst eine Hauptachsenlösung (ausgehend von der Interkorrelationsmatrix der Variablen mit Einsen in der Hauptdiagonale) bestimmt, die anschließend nach dem Varimaxkriterium rotiert wurde. Für die Varimaxlösungen wurden sodann die Faktorenscores der Pbn bestimmt, so daß danach für jeden Pbn einige wenige Variablen auf relativ hohem Abstraktionsniveau verbleiben.

Bei den weiter unten darzustellenden Regressionsanalysen wird im wesentlichen auf diese in den beiden folgenden Unterabschnitten näher zu beschreibenden Faktoren bzw. auf die ihnen entsprechenden Faktorenscores zurückgegriffen werden.

Die Faktorenscore-Variablen werden im folgenden auch Tertiärvariablen genannt.

#### 4.6.4.2 Faktorenanalyse von 23 Moderatorvariablen

Bei dieser Analyse von 23 Variablen ergab sich eine Struktur von 5 Faktoren, die insgesamt 48 % der Gesamtvarianz 'erklären'. Diese 5 Faktoren erwiesen sich bei verschiedenen Rotationen mit jeweils unterschiedlicher Anzahl von Faktoren als relativ stabil und als einfach interpretierbar.

Die Varimaxlösung für 5 Faktoren ist in Tabelle 4-6 zusammengefaßt.

Auf *Faktor M 1* laden folgende Variablen relativ hoch: 20. „Sozialprestige der beruflichen Stellung des Haupternährers“ (-.74), 4. „Intelligenz: Wortbild-Test WBT“ (-.66), 22. „Ausbildung“ (-.60), 23. „Lebensstandard-Index“ (-.59) und 21. „Haushaltsnettoeinkommen pro Kopf“ (-.55). Dieser Faktor mißt also anscheinend so etwas wie Ausbildungsniveau und sozioökonomischen Status. (*Statusfaktor M 1*)

Auf *Faktor M2* haben folgende Variablen hohe Ladungen: 17. „Glaube, daß Fluglärm gesundheitsschädlich ist“ (-.69), 14. „Lärmgewöhnbarkeit“ (.67) und 12. „Lärmempfindlichkeit“ (-.53); relativ hoch laden die Variablen 15. „Aspekt des Schönen/Flugzeugbild“ (.46) und 18. „Wertigkeit des Flugverkehrs“ (.39). Dieser Faktor mißt also anscheinend neben allgemeiner Lärmgewöhnbarkeit bzw. Lärmempfindlichkeit Gefühle bzw. Einstellungen, die direkt auf den Flugverkehr bezogen sind. (Erwartungsgemäß hat dieser Faktor den größten Einfluß von den Moderatoren auf die Reaktion – Näheres dazu s. unten). (*Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2*)

Auf *Faktor M3* laden die beiden Wohndauervariablen 1. „Wohndauer-Ortsteil“ (.91) und 2. „Wohndauer Haus“ (.89). (*Wohndauerfaktor M3*)

2380

4.6.4.2

Auf *Faktor M4* haben folgende Variablen hohe Ladungen: 11. „Mobilität“ (.70), 3. „Alter“ (-.67), 13. „Konservativismus“ (-.65) und 6. „Bindung an die Wohnung“ (-.54). Man mag diesen Faktor als „jung-mobil“ vs. „alt-immobil“ bezeichnen. (*Mobilitätsfaktor M4*) Auf dem *Faktor M5* weisen die Variablen 9. „Hypochondrie“ (.82) und 10. „Labilität“ (.77) hohe Ladungen auf. (*Hypochondriefaktor M5*).

Tab. 4-6: Faktorenanalyse von 23 Moderatorvariablen des Sekundärsatzes; Varimaxlösung für 5 Faktoren (M1-M5)

Variable (Kurzname) <sup>a</sup>	M1	M2	M3	M4	M5	h <sup>2b</sup>
1. Wohndauer Ortsteil	11 <sup>c</sup>	-.08	91	-.09	04	86
2. Wohndauer Haus	09	-.10	89	-.11	06	83
3. Alter	02	-.19	32	-.67	33	70
4. WBT-Intelligenz	-.66	-.01	-.04	38	-.02	58
5. Abneig. g. Zivilisat.	33	-.37	00	-.30	19	38
6. Bindung Wohnung	-.19	05	-.17	-.54	-.19	39
7. Zufr. Verk. Einkaufsm.	29	25	17	-.23	-.16	25
8. Kritikbereitschaft	16	-.37	-.25	10	16	26
9. Hypochondrie	08	-.15	07	-.12	82	72
10. Labilität	21	-.21	02	-.11	77	70
11. Mobilität	-.15	13	-.25	70	-.27	66
12. Lärmempfindlichkeit	02	-.53	-.00	-.08	23	34
13. Konservativismus	32	-.11	07	-.65	08	55
14. Lärmgewöhnbarkeit	14	67	03	-.00	-.00	48
15. Asp. d. Schön./Bild	-.05	46	-.14	09	27	31
16. Asp. d. Harmlos./Bild	08	36	-.19	04	-.01	17
17. Glaube, daß FL schäd.	-.16	-.69	10	-.06	11	53
18. Wertigk. Flugverkehr	-.46	39	-.13	36	05	51
19. Informierth. über FL	02	-.25	00	-.03	08	07
20. berufl. Position	-.74	-.11	-.02	-.08	-.08	57
21. Einkommen	-.55	-.02	-.15	-.08	-.06	33
22. Ausbildung	-.60	02	-.11	27	-.05	45
23. Lebensstandard	-.59	-.06	19	-.02	-.13	40

<sup>a</sup> Die entsprechenden Langnamen der Variablen sind der Variablenliste am Schluß dieses Kapitels zu entnehmen.  
<sup>b</sup> h<sup>2</sup> bedeutet hier wie in den folgenden Tabellen: Summe der Ladungsquadrate.  
<sup>c</sup> Die führende Null und der Dezimalpunkt wurden foregelassen; 11 ist also zu lesen als 0.11.

4.6.4.3 Faktorenanalyse von 11 Reaktionsvariablen<sup>1)</sup>

11 Variablen weisen deutliche Korrelationen mit wenigstens einer der Stimulusvariablen auf: Mit zunehmender Belärmung steigt die wahrgenommene Häufigkeit und Lautheit des Fluglärms, wird der Fluglärm insgesamt als weniger erträglich bezeichnet, sinkt die Bindung an die Gegend, nimmt das Ausmaß der wahrgenommenen physikalischen Folgen, der Schmerz

- 1) Zur Vermeidung von möglicherweise auftretenden Mißverständnissen sei auf folgendes hingewiesen: Einige der hier beschriebenen Variablen und Daten (u.a. die mittleren Skalenwerte der Pbn-Gruppen pro Cluster in den Reaktionsvariablen) wurden nach Fertigstellung der vorliegenden Untersuchungen, jedoch vor ihrer Publikation den Herren Dr. K. Matschat, Prof. Dr. E.-A. Müller und Dr. G. Zimmermann am Max-Planck-Institut für Strömungsforschung in Göttingen zur Verfügung gestellt. Diese Daten wurden dort für eine Publikation benutzt, die vor dem vorliegenden Bericht erschienen ist (K. Matschat, E.-A. Müller & G. Zimmermann: Zur Weiterentwicklung von Lärmindizes unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Fluglärmuntersuchung der Deutschen Forschungsgemeinschaft in München. Bericht 3/1973 des Max-Planck-Institutes für Strömungsforschung. Göttingen: März 1973). Da die Autoren den genannten Berichtes die Operationalisierungen der (teils etwas anders als hier bezeichneten) Variablen nicht näher beschrieben haben, erscheint der Hinweis zur Klarstellung notwendig, daß die dort (S. 4 des Berichtes 3/1973) mit den Ziffern 1 bis 7 aufgeführten Variablen mit den folgenden Variablen des vorliegenden Berichtes identisch sind: „Wahrgenommene Häufigkeit des Fluglärms“, wahrgenommene Lautheit des Fluglärms“, „Erträglichkeit des Fluglärms“, „Bindung an die Gegend“, „Kommunikationsstörungen infolge Fluglärms“, „Störungen der Ruhe und Entspannung infolge Fluglärms“ und „Störbarkeit durch Fluglärm“.

2082

empfindungen und der Störungen von Kommunikation sowie von Ruhe und Entspannung infolge des Fluglärms zu; ebenso steigt die Häufigkeit ergriffener Maßnahmen physikalischer und sozialer Art gegen den Fluglärm sowie die Störbarkeit durch Fluglärm.

Bei der Faktorenanalyse dieser 11 Variablen<sup>1)</sup> wurden zwei Lösungen bestimmt – die unrotierte Hauptachsenlösung und eine Varimaxlösung für 4 Faktoren. Beide Lösungen sind aus Tabelle 4-7 ersichtlich, in der zusätzlich auch die Interkorrelationen mit dem „Mittleren Überflugpegel  $\bar{L}_A$ “ und der „Richthäufigkeit  $H_R$ “ angegeben sind.

Der erste Faktor der unrotierten Lösung (R1U), der 45 % der Gesamtvarianz 'erklärt', kann als Globalreaktion angesehen werden; auf ihm haben alle Variablen (mit Ausnahme von 2. „Wahrgenommene Lautheit Fluglärm“ und 9. „Physikalische Folgen von Fluglärm“) Ladungen mit einem Betrag größer .5 (s. Tab. 4-7). Der diesem ersten unrotierten Faktor entsprechende Faktorscore wird im folgenden „Globalreaktion R1U“ genannt.

Tab. 4-7: Faktorenanalyse von 11 Reaktionsvariablen des Sekundärdatensatzes: erster unrotierter Hauptfaktor (R1U) und Varimaxlösung für 4 Faktoren (R1–R4), ferner die Interkorrelationen der Reaktionsvariablen mit dem „Überflugpegel  $\bar{L}_A$ “ und der „Richthäufigkeit  $H_R$ “.

Variable (Kurzname) <sup>a</sup>	R1U	R1	R2	R3	R4	$h^2$	Korr. d. Reakt. mit	
							$\bar{L}_A$	$H_R$
1. wahrg. Häufigk. FL	-.66 <sup>b</sup>	-.54	.02	-.51	.22	.60 <sup>c</sup>	.43	.47
2. wahrg. Lauth. FL	-.44	-.06	.09	-.90	.10	.83	.28	.28
3. Erträglichkeit FL	.70	.75	-.25	.03	-.23	.68	-.38	-.35
4. Bindung Gegend	.66	.77	-.11	.08	-.17	.65	-.49	-.48
5. Physik. Folgen FL	-.70	-.23	.09	-.37	.67	.64	.40	.37
6. Schmerzen infolge FL	-.63	-.16	.21	.10	.82	.76	.28	.26
7. Kommunik. stör. FL	-.75	-.40	.07	-.39	.56	.63	.51	.56
8. Stör. Ruhe FL	-.86	-.50	.18	-.20	.68	.78	.36	.38
9. Physik. Maßnahm. geg. FL	-.41	-.10	.85	-.06	.10	.74	.16	.15
10. Soz. Maßnahm. geg. FL	-.50	-.21	.76	-.06	.18	.65	.24	.21
11. Störbarkeit FL	-.85	-.69	.16	-.26	.46	.77	.39	.41

- a die entsprechenden Langnamen der Variablen sind der Variablenliste am Schluß dieses Kapitels zu entnehmen.
- b die führende Null und der Dezimalpunkt wurden fortgelassen.
- c  $h^2$  bezieht sich auf R1 bis R4

Die zusätzlich bestimmte Varimaxlösung für 4 Faktoren ermöglicht eine etwas differenziertere Betrachtungsweise (durch die 4 Faktoren werden 70 % der Gesamtvarianz 'erklärt').

Diese Lösung läßt sich folgendermaßen beschreiben: Auf *Faktor R1* laden die Variablen 4. „Bindung an die Gegend“ (.77), 3. „Erträglichkeit Fluglärm“ (.70) und 11. „Störbarkeit durch Fluglärm“ (–.69). (*Verärgerungsfaktor R1*)

Auf *Faktor R2* laden die beiden Variablen 9. „Physikalische Maßnahmen gegen Fluglärm“ (.85) und 10. „Soziale Maßnahmen gegen Fluglärm“ (.76). (*Maßnahmenfaktor R2*)

1) Die Variable „Erträglichkeit Fluglärm“ wurde trotz ihres dichotomen Charakters aus inhaltlichen Gründen – sie repräsentiert eine summarische Bewertung des Fluglärms – sowohl bei der Faktorenanalyse der Reaktionsvariablen als auch bei den später zu schildernden komplexeren Regressionsanalysen berücksichtigt.

#### 4.6.4.3

Auf *Faktor R3* laden die beiden Variablen 2. „Wahrgenommene Lautheit Fluglärm“ (-.90) und 1. „Wahrgenommene Häufigkeit Fluglärm“ (-.51). (*Wahrnehmungsfaktor R3*) Auf *Faktor R4* laden die Variablen 6. „Schmerzen infolge Fluglärms“ (.82), 8. „Störungen von Ruhe und Entspannung infolge Fluglärms“ (.68), 5. „Physikalische Folgen von Fluglärm“ (.67) und 7. „Kommunikationsstörungen infolge Fluglärms“ (.56). (*Folgenfaktor R4*) Die diesen 4 Faktoren entsprechenden Faktorenscores werden im folgenden auch Tertiär-Reaktionsvariablen genannt.

#### 4.6.5 Analyse der Beziehungen zwischen Stimulus-, Moderator- und Reaktionsvariablen

##### 4.6.5.1 Einige Daten bezüglich der Beschreibungsgenauigkeit des benutzten Regressionsmodells

Die in den folgenden Abschnitten zu beschreibenden Regressionsanalysen beruhen auf den Annahmen eines linearen Regressionsmodells im allgemeineren Sinne. Die Beschreibungsgenauigkeit eines solchen Modells hängt u.a. ab von der Linearität der Variablenbeziehungen sowie von dem Ausmaß ihrer Invarianz bei Unterteilung der Gesamtstichprobe in Untergruppen.

Bezüglich der *Linearität der Variablenbeziehung* war bereits oben darauf hingewiesen worden, daß in einigen Fällen bei Berücksichtigung nicht-linearer Komponenten eine signifikante Erhöhung der Bestimmtheitsmaße gegenüber linearen Bestimmtheitsmaßen zu verzeichnen ist; jedoch sind diese Unterschiede i.a. numerisch so gering, daß sie vernachlässigbar sind.

*Zur Invarianz der Variablenbeziehungen:* Teilt man die Pbn der Gesamtstichprobe nach der Ausprägung in einer bestimmten Variablen in verschiedene Subgruppen auf und bestimmt getrennt für jede dieser Gruppen die Variablenbeziehungen, so läßt sich die Stabilität bzw. Invarianz der Beziehungen untersuchen. Von den Ergebnissen aus diesen Subgruppenanalysen, über die in einem späteren Abschnitt (s. 4.6.6) inhaltlich mehr zu berichten sein wird, sollen hier nur einige angeführt werden, die die Invarianz der Variablenbeziehungen über die 4 Sets betreffen. Der Vergleich der Beziehungen zwischen den 4 Sets erfolgte

- 1.) durch pro Set getrennt berechnete Faktorenanalysen und Vergleich dieser Analysen mit der aus den Daten der Gesamtstichprobe berechneten Analyse;
- 2.) durch Tests auf Gleichheit der Kovarianzmatrizen der Variablen zwischen den 4 Sets;
- 3.) durch getrennt pro Set berechnete Regressionen und durch den Vergleich dieser Regressionen mit der entsprechenden Regression – berechnet aus den Daten der Gesamtstichprobe.

zu 1.) (*Faktorenanalysen*): Getrennt für jeden der 4 Sets und für die Gesamtstichprobe wurden Faktorenanalysen der 49 wichtigsten Variablen berechnet. Anschließend wurden die resultierenden Faktormatrizen paarweise auf maximale Ähnlichkeit rotiert und standardisierte Ähnlichkeitskoeffizienten bestimmt (zur Methode s. GEBHARDT, 1968 und TAYLOR, 1967).

Die Ähnlichkeitskoeffizienten sind in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle sehr hoch ( $\geq .90$ ), was auf relativ hohe Übereinstimmung der Variablenstruktur in den verschiedenen Sets und der Gesamtstichprobe schließen läßt. Allerdings ist die Interpretierbarkeit dieser Koeffizienten insofern eingeschränkt, als sie inferenzstatistische Schlüsse nicht zulassen.

zu 2.) (*Vergleich der Kovarianzmatrizen*): Eine exaktere Überprüfung auf Übereinstimmung der Variablenbeziehungen ermöglicht der BOX-Test, mit dessen Hilfe Kovarianzmatrizen auf signifikante Abweichung voneinander getestet werden können (s. dazu WINER, 1962, pp 369–392).

Gleichgültig, ob man die Kovarianzmatrizen der 23 potentiellen Moderatorvariablen oder der 11 Reaktionsvariablen (Sekundärdatenniveau) oder die daraus abgeleiteten Faktoren-

skores (Tertiärdateniveau) betrachtet, zeigen die Vergleiche signifikante Unterschiede zwischen den Kovarianzmatrizen von je zwei Sets: Diese Unterschiede erreichen in fast allen Fällen das 1 %-Signifikanz-Niveau (nähere Angaben finden sich im Annexband s. A 4.6.5.1). Allerdings ist dazu anzumerken, daß der BOX-Test – insbesondere bei größerer Variablenanzahl – und bei der Größe der Stichprobe sehr sensitiv ist, so daß es sehr schwierig ist, das Ausmaß der Auswirkungen dieser unterschiedlichen Kovarianzmatrizen in den 4 Sets auf die Beschreibungsgenauigkeit eines Regressionsmodells für die Gesamtstichprobe genauer abzuschätzen.

Dennoch sollte darauf hingewiesen werden, daß die Anwendung linearer Regressionstechniken auf die Daten der Gesamtstichprobe unter diesen Umständen möglicherweise zu verzerrten Schätzungen führt und somit nur eine vergrößernde Deskription erlaubt; ferner ist hervorzuheben, daß bereits die oben beschriebene Reduktion der Sekundärvariablen auf Faktorenscores u.U. bereits eine solche vergrößerte Deskription der Daten darstellt.

zu 3.) (*Vergleich von pro Set berechneten Regressionen mit Regressionen aufgrund des Gesamtdatensatzes*): Anhand der Tertiärdaten wurden verschiedene multiple Regressionen für S-M-R, M-R und S-R-Beziehungen<sup>1)</sup> – getrennt für jeden der 4 Sets und für die Gesamtstichprobe – bestimmt. Anschließend wurden F-Tests zur Überprüfung durchgeführt, ob die Fehlerquadratsumme der gemeinsamen Regression signifikant größer als jene für die getrennten Regressionen ist. Die Ergebnisse zeigen z.T. beträchtliche Unterschiede in der Höhe der multiplen Korrelationen für die verschiedenen Sets und die Gesamtstichprobe (auf diese Unterschiede wird in einem späteren Abschnitt – s. 4.6.6.4 – inhaltlich näher einzugehen sein); die Ergebnisse der F-Tests zeigen überdies, daß die Fehlerquadratsumme durch getrennte Regression pro Set gegenüber der gemeinsamen Regression aufgrund der Gesamtstichprobe verringert werden kann (s. dazu die Tab. 4-32 bis 4-34 in Abschnitt 4.6.6.4).

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Anwendung eines allgemeinen linearen Regressionsmodells auf die Daten der Gesamtstichprobe zumindest nicht unproblematisch ist; dieses gilt insbesondere dann, wenn inferenzstatistische Aussagen gemacht werden sollen.

Wenn dennoch in den folgenden Abschnitten (4.6.5.2 – 4.6.5.5) über Regressionen (bzw. multiple und kanonische Korrelationen) – berechnet anhand der Daten der Gesamtstichprobe – berichtet wird, so geschieht dies in der Absicht, zunächst einen groben Überblick über die Variablenbeziehungen zu geben; in einem späteren Abschnitt (s. 4.6.6: Subgruppenanalysen) werden einige der für die Gesamtstichprobe geschilderten Beziehungen genauer zu spezifizieren sein<sup>2)</sup>.

#### 4.6.5.2 Beziehungen zwischen Stimulus- und Reaktionsvariablen (*S-R-Beziehungen*)

##### 4.6.5.2.1 Beschreibung einfacher Beziehungen zwischen Stimulus- und Reaktionsvariablen

###### 4.6.5.2.1.1 Zum relativen Stellenwert des Fluglärms

Bevor über die Beziehungen zwischen den Stimulusvariablen und den bereits geschilderten 11 Sekundär-Reaktionsvariablen sowie den daraus abgeleiteten Tertiär-Reaktionsvariablen berichtet wird, sollen zunächst die Ergebnisse bzgl. einiger Einzelfragen im Fragebogen bzw. bezüglich einiger Rangreihen, in denen Fluglärm oder Lärm allgemein mit anderen Vergleichsobjekten verglichen werden sollte, berichtet werden. (Die hier zu betrachtenden

1) S: Stimulus; M: Moderator; R: Reaktion

2) Die Daten des Sozialwissenschaftlichen Untersuchungsteiles wurden zusätzlich auch unter Zugrundelegung eines nicht – linearen Regressionsmodelles analysiert – s. dazu den Ergänzungsbericht: R. SCHÜMER: Ergänzende Analysen zum Sozialwissenschaftlichen Untersuchungsteil des Fluglärm-Projektes der Deutschen Forschungsgemeinschaft; Bonn-Bad Godesberg 1974.

4.6.5.2.1.1

2975

Variablen konnten – aus meßtechnischen Gründen – in den multiplen Regressionsanalysen nicht berücksichtigt werden.) Zu diesen Variablen gehören auch Fragen, die den Pbn Gelegenheit zur spontanen Äußerung von Gefühlen der Beeinträchtigung durch den Fluglärm geben (und dies an Stellen im Fragebogen, bis zu denen der Fluglärm im Fragebogen noch nicht angesprochen war): so die Frage nach „Gesundheit und Leben gefährdenden Bedingungen“ (Frage Nr. 20) sowie die Frage nach „störenden Lebensbedingungen“ (Frage Nr. 33):

Ein nicht unbeträchtlicher Prozentsatz der Pbn nennt hier spontan den Fluglärm: selbst im wenigst belärmten Set A führen 15 % bzw. 27 % den Fluglärm an; im belärmtesten Set D steigen diese Werte auf 54 % bzw. 64 % (s. die Abb. 4-1a, b, in der der Prozentsatz der Pbn, die den Fluglärm genannt haben, über die Sets abgetragen ist: Bei beiden Fragen zeigt sich der größte Anstieg zwischen den beiden mittleren Sets B und C. Zu Vergleichszwecken wurden die Nennungen des Straßenverkehrs in die Abbildung mit aufgenommen); die Korrelation zwischen dem „Fluglärm-Bewertungsmaß FB 1“ und der Fluglärm-Nennung beträgt  $r = .34$  die Frage Nr. 20 bzw.  $r = .35$  bei Frage Nr. 33.

Fluglärm als Gefahren- bzw. Störungsquelle scheint also einem großen Teil der Pbn bewußt zu sein.

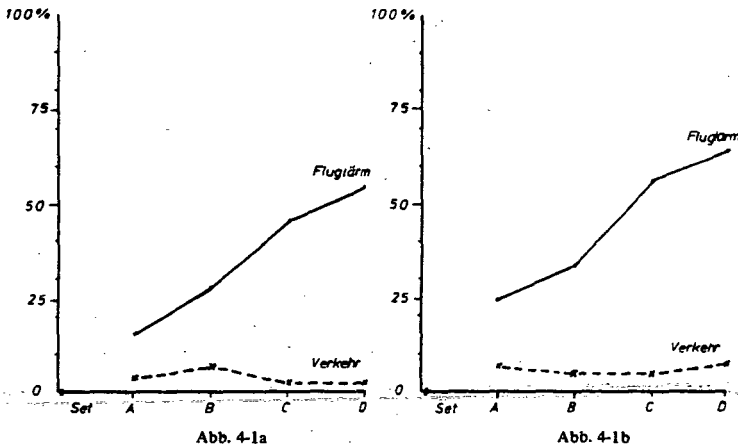


Abb. 4-1: Prozentsatz der Nennungen von Fluglärm bzw. Verkehr pro Set auf die Frage (Nr. 20) nach „Gesundheit und Leben gefährdenden Lebensbedingungen“ (Abb. 4-1a) sowie auf die Frage (Nr. 33) nach „störenden Lebensbedingungen“ (Abb. 4-1b)

Der relativ hohe Stellenwert von Fluglärm zeigt sich auch bei einigen Fragen, bei denen die Pbn Lärm im allgemeinen oder Fluglärm mit anderen Objekten in Rangordnungen zu vergleichen hatten:

In Frage Nr. 34 hatten die Pbn verschiedene, zu Klagen Anlaß gebende Umweltfaktoren danach in eine Rangordnung zu bringen, in welchem Ausmaß diese Faktoren für ihre Wohngegend zuträfen. In allen 4 Sets wird „zuviel Lärm“ am häufigsten an erster Stelle genannt, wobei der Prozentsatz der Nennung von „zuviel Lärm“ an erster Stelle von 30,1 % in Set A auf 85,1 % in Set D ansteigt. (s. Tab. 4-8, in der die Prozentsätze der Fälle, in denen das jeweilig einzustufende Objekt an die erste Stelle gesetzt wurde, aufgeführt sind; auch hier findet sich der stärkste Anstieg zwischen den Sets B und C.) Läßt man verschiedene Lärmarten von den Pbn hinsichtlich des Zutreffens für die Wohngegend einordnen (Frage Nr. 39), so rangiert Fluglärm in allen Sets (also auch im am wenigsten belärmten Set A) an erster Stelle, während der Autolärm in allen Sets am häufigsten an zweiter Stelle genannt wird –



2082

4.6.5.2.1.1

s. Tab. 4-9; (Frage 39 ist die erste Stelle im Fragebogen, in der Fluglärm erwähnt wird). Ähnliches gilt, wenn man die Pbn fragt (Frage Nr. 40), in welche Wohnung sie am wenigsten gern einziehen würden, wenn diese durch Lärm verschiedener Art betroffen ist: Die Wohnung, die durch Fluglärm betroffen ist, wird von den Pbn in allen Sets am häufigsten an erster Stelle genannt; die entsprechenden Prozentsätze betragen 39.2 % in Set A, 33.1 % in Set B, 39.5 % in Set C und 62.1 % in Set D.

Tab. 4-8: Prozentsatz<sup>1)</sup> der Nennungen an erster Stelle (pro Set und für die Gesamtstichprobe) bei einer Rangreihe von „Dingen, über die man immer wieder Klagen hört“ (Frage Nr. 34)

	Set:				ges.
	A	B	C	D	
Zuwenig Grünanlagen	21.7	8.4	3.6	9.3	10.8
Unfreundliche Nachbarn	1.2	5.4	0.6	1.2	2.1
Unangenehme Gerüche	3.0	1.8	0.0	0.6	1.4
Zuviel Lärm	30.1	52.4	82.6	85.1	62.4
Schlechte Verkehrsverbindungen	21.1	16.9	7.2	1.2	11.7
Fehlende Einkaufsmöglichkeiten	21.7	12.7	6.0	1.9	10.6

1) die Prozentsätze der Nennungen ergänzen sich spaltenweise nicht immer zu 100 %, da in Fällen, in denen ein Pb nicht alle Objekte in eine komplette Rangordnung brachte, für die nicht vergebenen Rangplätze mittlere Rangplätze eingesetzt wurden

Tab. 4-9: Prozentsatz der Nennungen an erster und zweiter Stelle (pro Set<sup>1)</sup> und für die Gesamtstichprobe<sup>1)</sup>) bei einer Rangreihe verschiedener Lärmarten nach dem Zutreffen für die Wohngegend (Frage Nr. 39)

Lärmart	Set:				ges.
	A	B	C	D	
Baulärm	6.0 <sup>a</sup>	3.0	0.6	2.5	3.0
	7.2 <sup>b</sup>	8.4	10.2	7.5	8.3
Autolärm	11.4	12.0	0.0	2.5	6.5
	57.8	54.2	74.9	70.8	64.4
Radiolärm	1.2	2.4	0.0	0.6	1.1
	11.4	15.7	12.0	2.5	10.5
Fluglärm	81.3	82.5	99.4	94.4	89.4
	11.4	14.4	0.0	4.3	7.6
Fabriklärm	0.0	0.0	0.0	0.6	0.2
	3.0	0.6	1.8	4.3	2.4

1) In Fällen, in denen ein Pb nicht alle Objekte in eine komplette Rangordnung brachte, wurden für die nicht vergebenen Rangplätze mittlere Rangplätze eingesetzt; daher müssen sich die Prozentsätze der Nennungen an erster oder an zweiter Stelle nicht zu 100 % ergänzen

- a Prozentsatz der Nennungen an erster Stelle  
b Prozentsatz der Nennungen an zweiter Stelle

Ein anderes Bild ergibt sich, wenn man den Fluglärm mit anderen Ärgernissen bzw. Problemsituationen vergleichen läßt, welche 'person-näher' sind bzw. eine stärkere persönliche Involvierung implizieren (Frage Nr. 65): In allen 4 Sets wird hier „Streit in der Familie“ am häufigsten an erster Stelle genannt (s. Tab. 4-10). In Set C und D wird Fluglärm am zweithäufigsten an erster Stelle genannt, während in Set A und B Pfscharbeit von Handwerkern am zweithäufigsten an erster Stelle genannt wird; addiert man die Prozentsätze

2088

4.6.5.2.1.1

der Fluglärmnennungen an erster und zweiter Stelle, so zeigt sich ein deutlicher Anstieg von 13.8 % in Set A auf 43.5 % in Set D; aber selbst in Set D übersteigt der Prozentsatz der Nennungen von „Streit in der Familie“ an erster und zweiter Stelle mit 65.2 % deutlich die Zahl der Fluglärmnennungen.

Tab. 4-10: Prozentsatz der Nennungen an erster und zweiter Stelle pro Set<sup>1)</sup> und für die Gesamtstichprobe<sup>1)</sup> bei einer Rangreihe verschiedener Ärgernisse (Frage Nr. 65)

Ärgernisse	Set:				Gesamtstichprobe
	A	B	C	D	
Streit in der Familie	53.6 <sup>a</sup>	45.8	46.1	47.8	48.3
	14.5 <sup>b</sup>	13.9	16.2	17.4	15.5
Schlechte Bedienung beim Einkauf	4.8	7.2	4.8	1.2	4.5
	19.3	13.3	12.0	12.4	14.2
Lärm von Flugzeugen	6.0	12.7	23.4	23.6	16.4
	7.8	14.5	17.4	19.9	14.8
Schwierigkeiten bei der Arbeit	13.3	14.5	10.2	9.9	12.0
	34.3	33.1	26.9	28.0	30.6
Pfuscharbeit von Handwerkern	22.3	19.3	15.6	16.8	18.5
	24.1	23.5	26.9	19.9	23.6

1) In Fällen, in denen ein Pbn nicht alle Objekte in eine komplette Rangordnung brachte, wurden für die nicht vergebenen Rangplätze mittlere Rangplätze eingesetzt; daher brauchen sich die Prozentsätze der Nennungen an erster oder zweiter Stelle nicht zu 100 % zu ergänzen  
a Prozentsatz der Nennungen an erster Stelle  
b Prozentsatz der Nennungen an zweiter Stelle

Ähnlich wenig bedeutsam wie bei dem Vergleich von Fluglärm mit anderen Ärgernissen erweist sich der Fluglärm als Umzugsgrund im Vergleich zu anderen Umzugsgründen: Die Auszählung der gemäß der Einwohnermeldekartei innerhalb bzw. nach außerhalb von München vorgenommenen Umzüge (Um- bzw. Wegzügler) über die Sets zeigt nur geringfügige und kaum als systematisch zu betrachtende Unterschiede zwischen den Sets, wenn auch die Zahl der Umzüge innerhalb Münchens bezüglich des unbelärmtesten Sets A am geringsten ist (vgl. Tab. 4-11).

Tab. 4-11: Zahl der Umzügler- und Wegzügler-Herkunftsadressen (geordnet nach Sets)

	Set:				insges.
	A	B	C	D	
Umzügler	47	67	64	64	242
Wegzügler	32	36	27	33	128

Allerdings ist dabei zu berücksichtigen,

- 1) daß in Set A im Vergleich zu den anderen Sets die meisten Neubauten vorhanden sind,
- 2) daß nur die Zahl der im Jahr der Untersuchung bzw. im Vorjahr vorgenommenen Umzüge erfaßt wurde und
- 3) daß die Angaben in der Einwohnermeldekartei z. T. veraltet bzw. nicht auf den neuesten Stand gebracht und teilweise unrichtig waren.

595

Tab. 4-12: Prozentsatz der Nennungen verschiedener Umzugsgründe für Um- und Wegzügler (geordnet nach Herkunfts-Sets) sowie die Wichtigkeit der Gründe (Prozentsatz der Nennungen eines Grundes als wichtigsten). - Fragen Nr. 71 bis 73 - . (Die Prozentuierung erfolgte jeweils so, daß N<sub>pro Set</sub> = 100 %. Mehrfachnennungen waren möglich)

Umzugsgründe:	Umzügler-Herkunfts-Set:				ges.	Wegzügler-Herkunfts-Set:				ges.
	A	B	C	D		A	B	C	D	
Prozentsatz der Spontanennungen von FL	0.0	0.0	9.1	20.8	7.8	6.7	0.0	6.3	29.4	11.3
alte Wohnung war zu klein	59.1 <sup>a</sup>	72.7	20.3	58.3	54.4	86.7	50.0	43.8	41.2	54.8
berufliche Gründe	50.0 <sup>b</sup>	63.6	18.2	54.2	46.7	66.7	42.9	25.0	29.4	40.3
Bau eines eigenen Hauses	27.3	13.6	18.2	20.8	20.0	26.7	42.9	37.5	23.5	32.3
alte Wohnung war zu teuer	9.1	13.6	9.1	16.7	12.2	20.0	21.4	31.3	23.5	24.2
Umzug wegen Heirat	0.0	9.1	18.2	0.0	6.7	33.3	7.1	6.3	11.8	14.5
in alter Gegend zuviel Fluglärm	0.0	0.0	18.2	0.0	4.4	6.7	7.1	6.3	11.8	8.1
alte Wohnung war nicht komfortabel	9.1	18.2	18.2	20.8	16.7	40.0	21.4	6.3	17.6	21.0
genug	0.0	0.0	0.0	18.3	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
in der alten Gegend war zuviel Verkehr	18.2	9.1	4.5	12.5	11.1	6.7	7.1	12.5	5.9	8.1
die alte Wohnung lag in einer unschönen Gegend	18.2	0.0	4.5	8.3	7.8	0.0	7.1	12.5	5.9	6.5
sonstige Gründe	18.2	18.2	50.0	33.3	30.0	40.0	14.3	37.5	47.1	35.5
	4.5	0.0	18.2	8.3	7.8	0.0	0.0	18.8	17.6	9.7
	22.7	36.4	45.5	8.3	27.8	46.7	42.9	43.8	17.6	37.1
	0.0	9.1	22.7	0.0	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	9.1	9.1	4.2	5.6	20.0	21.4	6.3	0.0	11.3
	0.0	4.5	0.0	0.0	1.1	0.0	7.1	0.0	0.0	1.6
	4.5	22.7	0.0	4.2	7.8	40.0	21.4	12.5	0.0	17.7
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	7.1	0.0	0.0	3.2
	31.8	36.4	22.7	25.0	28.9	6.7	7.1	12.5	41.2	17.7
	18.2	9.1	9.1	4.2	10.0	0.0	7.1	6.3	11.8	6.5
	N	22	22	24	90	15	14	16	17	62

a die obere Zahlenreihe gibt jeweils den Prozentsatz der Nennungen des jeweiligen Grundes an  
 b die untere Zahlenreihe gibt jeweils den Prozentsatz der Nennungen des jeweiligen Grundes als wichtigsten an

2380

4.6.5.2.1.1

Zieht man die Anzahl und insbesondere die Wichtigkeit der angeführten Gründe für den Umzug der untersuchten Um- und Wegzügler heran, so ist offensichtlich, daß Fluglärm eine relativ unbedeutende Rolle im Vergleich zu solchen Faktoren wie „alte Wohnung war zu klein“ und „berufliche Gründe“ spielt (s. Tab. 4-12, in der einige relevante Daten zusammengefaßt sind):

Der Grund „die alte Wohnung war zu klein“ wird insgesamt am häufigsten genannt und liegt auch in Hinblick auf die Wichtigkeit der Gründe deutlich vor allen anderen.

Fluglärm wird zwar als Umzugsgrund am zweithäufigsten (vor „berufliche Gründe“) genannt; die Einstufung der Wichtigkeit der Gründe zeigt jedoch, daß „berufliche Gründe“ offenbar für den Umzug eher ausschlaggebend als der Fluglärm in der früheren Wohngegend waren.

Relevant in Hinblick auf die Rolle von Fluglärm als Umzugsgrund sind auch einige Ergebnisse aus der Hauptuntersuchung: Im Fragebogen wird sowohl danach gefragt, wie sympathisch den Pbn ein Wechsel der Wohngegend sei (Frage Nr. 31.2), als auch danach, ob die Pbn konkrete Schritte zum Wechsel der Wohnung bzw. Wohngegend unternommen hätten (Frage Nr. 30). Während sich bei der allgemeiner gehaltenen Frage danach, wie sympathisch ein Wechsel der Wohngegend sei, ein Zusammenhang zum Fluglärm zeigt – die Mittelwerte steigen von 1.94 in Set A auf 3.25 in Set D (bei einer Skala, die von 1 „sehr dagegen“ bis 5 „sehr dafür“ reicht) –, stehen die Antworten auf die Frage nach konkreten Umzugsschritten in keinerlei Zusammenhang zu den Stimulusvariablen.

Aufschluß über den Stellenwert bzw. die Bedeutung des Fluglärms als Umweltstressor gibt auch die Frage, ob der Fluglärm insgesamt noch als erträglich empfunden wird. (Diese Variable repräsentiert gewissermaßen eine Art summarischer Bewertung des Fluglärms durch die Pbn.) Der Prozentsatz der Pbn, die den Fluglärm insgesamt noch erträglich finden, sinkt von 90 % im unbelärmtesten Set A auf 47 % im belärmtesten Set D, wobei zwischen den beiden mittleren Sets B und C der größte Abfall (von 82 % auf 60 %) zu verzeichnen ist.

Die Beziehung dieser Variable zu dem „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ ist in Abb. 4-2 dargestellt.

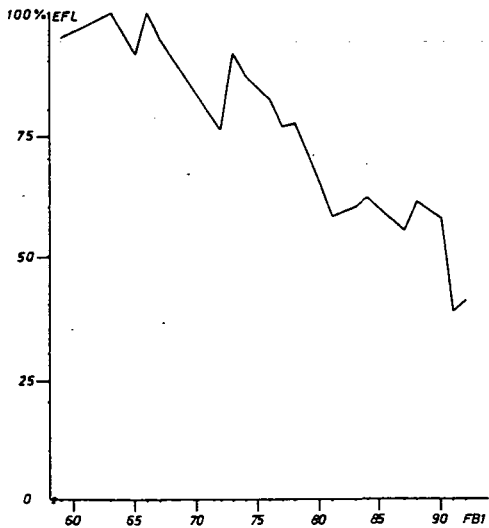


Abb. 4-2: Die Beziehung zwischen dem „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ und dem Prozentsatz der Pbn, die den Fluglärm insgesamt noch erträglich finden (EFL)

1487

**4.6.5.2.1.2 Einfache Beziehungen verschiedener Variablen zu den Stimulusvariablen**

Im folgenden sollen die Beziehungen der 11 in 4.6.4.3 aufgeführten Reaktionsvariablen sowie einiger weiterer Variablen zu den Stimulusvariablen betrachtet werden. Dabei zeigt sich, daß im allgemeinen das „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ die höchsten Interkorrelationen mit den Reaktionsvariablen erbringt<sup>1)</sup>, wenn auch der Unterschied zu den Interkorrelationen der Reaktionsvariablen mit den übrigen Stimulusvariablen im allgemeinen geringfügig ist; ferner läßt sich feststellen, daß die S-R-Korrelationen für die Überflughäufigkeitsmaße („Richthäufigkeit  $H_R$ “ und „Überflughäufigkeit  $H_{B1}$ “ 2) etwas höher als für den „Mittleren Überflugpegel  $L_A$ “ ausfallen.

Die „Mittlere Überflugdauer  $D_{10}$ “ erbringt im allgemeinen die niedrigsten S-R-Korrelationen. Daß es für die Höhe der S-R-Korrelationen nur einen geringen Effekt hat, welche der Stimulusvariablen – mit Ausnahme von  $D_{10}$  – zu den Reaktionen in Beziehung gesetzt wird, ist insofern nicht überraschend, als diese Maße empirisch sehr hoch untereinander korrelieren (vgl. 3.4.2.1 Tab. 3-6)<sup>3)</sup>.

Zu den Stimulus-Reaktionsbeziehungen im einzelnen (s. Tab. 4-13 und 4-14, in denen die Mittelwerte der 11 Reaktionsvariablen auf sekundärem Datenniveau und der entsprechenden Faktorenscorevariablen auf tertiärem Datenniveau sowie die Interkorrelationen der Reaktionsvariablen mit den Stimulusvariablen zusammengefaßt sind):

Tab. 4-13: Mittelwerte (M) und Streuungen (s) verschiedener Reaktionsvariablen pro Set sowie F-Tests für univariante Varianzanalysen (mit den 4 Stes als Stufen eines Faktors)

Variable (Kurzname)	Set:				Gesamtstichprobe	F <sup>a</sup>
	A	B	C	D		
wahrg. Häufigk. FL	2.77 <sup>b</sup>	3.58	4.13	4.25	3.68	56.90
	1.26 <sup>c</sup>	1.19	1.04	1.11	1.29	
wahrg. Lauth. FL	4.24	4.61	4.68	4.82	4.59	16.69
	0.99	0.64	0.65	0.46	0.74	
Erträglichkeit FL	0.90	0.82	0.60	0.47	0.70	35.30
	0.30	0.39	0.49	0.50	0.46	
Bindung Gegend	3.78	3.40	2.91	2.34	3.12	66.97
	0.91	1.02	0.99	0.95	1.11	
Physik. Folgen FL	2.11	2.37	3.15	3.51	2.78	42.39
	1.30	1.21	1.30	1.37	1.41	
Schmerzen infolge FL	1.13	1.19	1.69	1.70	1.42	23.80
	0.52	0.55	0.96	1.09	0.86	
Kommunik. stör. FL	2.32	3.19	3.82	4.12	3.35	91.09
	1.21	1.14	1.02	0.85	1.27	
Störung Ruhe FL	1.85	2.34	2.86	3.09	2.54	36.50
	1.05	1.17	1.34	1.29	1.26	

Fortsetzung der Tab. 4-13: siehe nächste Seite

- 1) Dies ist insofern trivial, als FB1 so konstruiert wurde, daß es einen maximalen Zusammenhang mit der „Globalreaktion RIU“ ergibt (vgl. 3.6.3)
- 2) In dieses Maß gehen nur die Überflüge mit dB(A)>80 ein – vgl. dazu 3.4.2.1
- 3) Auch die Untersuchung der TRACOR, Inc. (1970) kommt zu dem Schluß, daß “. . . the choice of noise exposure measure is not particularly critical if exposure in a community as a whole is being determined as an estimate of annoyance.“ (Pp. 43–44)

545

4.6.5.2.1.2

Tab. 4-13 Forts.

Physik. Maßnahm. geg. FL	0.16	0.18	0.36	0.39	0.27	6.84
	0.52	0.49	0.63	0.73	0.61	
Soz. Maßnahm. geg. FL	0.13	0.22	0.51	0.59	0.36	12.88
	0.59	0.74	0.88	0.90	0.81	
Störbarkeit FL	2.61	3.09	3.57	3.76	3.26	40.60
	1.00	0.99	1.06	1.10	1.12	
Globalreaktion RIU	0.70	0.23	-0.34	-0.61	0.00	86.42
	0.78	0.69	0.85	0.88	0.95	
Verärgerungsfaktor R1	0.49	0.15	-0.17	-0.48	0.00	52.18
	0.69	0.68	0.74	0.83	0.82	
Maßnahmenfaktor R2	-0.09	-0.13	0.10	0.13	-0.00	4.45
	0.73	0.72	0.83	0.91	0.81	
Wahrnehmungsfaktor R3	0.43	-0.07	-0.11	-0.26	-0.00	21.41
	1.14	0.76	0.73	0.57	0.87	
Folgenfaktor R4	-0.34	-0.20	0.26	0.28	-0.00	27.15
	0.59	0.66	0.87	0.93	0.82	

a df = (3; 656); für alle F-Werte gilt: P < .005  
 b die jeweilig obere Zeile pro Variable enthält die Mittelwerte  
 c die jeweilig untere Zeile pro Variable enthält die Streuungen

Tab. 4-14: Korrelationen verschiedener Reaktionsvariablen mit den Stimulusvariablen: Mittlerer Überflugpegel  $\bar{L}_A$ , mittlere Überflugdauer  $D_{10}$ , Richthäufigkeit  $H_R$ , Überflughäufigkeit  $H_{81}$  und Fluglärm-Bewertungsmaß  $FB1$

Variable (Kurzname)	Stimulusvariable:				
	$\bar{L}_A$	$D_{10}$	$H_R$	$H_{81}$	$FB1$
wahrg. Häufigkeit FL	43 <sup>a</sup>	-36	47	48	47
wahrg. Lautheit FL	28	-23	28	30	30
Erträglichkeit FL	-38	30	-35	-38	-39
Bindung an die Gegend	-49	40	-48	-49	-51
Physikal. Folgen FL	40	-35	37	40	40
Schmerzen infolge FL	28	-25	26	28	28
Kommunik.störung. FL	51	-45	56	56	56
Störung. Ruhe FL	36	-32	38	39	39
Physik. Maßnahm. geg. FL	16	-13	15	16	16
Soz. Maßnahmen geg. FL	24	-20	21	23	23
Störbarkeit FL	39	-32	41	42	42
Globalreaktion RIU	-53	44	-53	-55	-56
Verärgerungsfaktor R1	-45	36	-46	-47	-47
Maßnahmenfaktor R2	13	-10	10	11	12
Wahrnehmungsfaktor R3	-28	23	-30	-31	-30
Folgenfaktor R4	30	-28	30	31	31

a die führende Null und der Dezimalpunkt wurden fortgelassen

Mit zunehmendem Fluglärm nehmen zu

- 1.) die „wahrgenommene Lautheit des Fluglärms“
- 2.) die „wahrgenommene Häufigkeit des Fluglärms“; in Set A beträgt der Mittelwert 2.8, was der Kategorie „einige Stunden“ am nächsten kommt; im belärmtesten Set D beträgt der Mittelwert 4.3, was zwischen den Kategorien „Fluglärm am ganzen Tag“ und „Fluglärm tags und nachts“ liegt

3272

- 3.) die *wahrgenommenen Folgen des Fluglärms*: die Pbn geben in verstärktem Maße an,
  - + daß die Haus- und Zimmerwände zittern und/oder Fensterscheiben klirren („*physikalische Folgen des Fluglärms*“)
  - + daß sie häufiger Kopf- oder Ohrenscherzen empfinden („*Schmerzen infolge Fluglärms*“)
  - + daß sie in der Kommunikation beeinträchtigt sind – sei es, daß ihr Radio- oder Fernsehempfang gestört ist, oder daß sie die Geräte lauter stellen müssen, oder sei es, daß sie bei einer Unterhaltung lauter als sonst sprechen müssen („*Kommunikationsstörungen infolge Fluglärms*“), und
  - + daß sie unter Durch- und Einschlafstörungen leiden und sich sowohl in ihrer Konzentrationsfähigkeit als auch in ihrer Freizeitentspannung beeinträchtigt fühlen; zusätzlich wird ein erhöhtes Ausmaß an Erschrecken angegeben („*Störungen der Ruhe und Entspannung infolge Fluglärms*“)
- 4.) die „*Störbarkeit durch Fluglärm*“; Items wie „ich bin schon oft wütend auf den Lärm der Flugzeuge gewesen“ werden mit erhöhter Wahrscheinlichkeit bejaht
- 5.) die Tendenz, „*soziale Maßnahmen gegen Fluglärm*“ (wie z. B. „Besuch einer Protestveranstaltung“, „Beitritt zu einem Antifluglärmverein“) zu ergreifen, und
- 6.) die Tendenz, „*physikalische Maßnahmen gegen Fluglärm*“ (wie z. B. das „Einbauen von Doppelfenstern“ oder „Schalldämpfung an Türen und Wänden“) vorzunehmen.

Allerdings ist anzumerken, daß zwar die Zahl der Pbn, die Maßnahmen der genannten Art gegen Fluglärm vornehmen, mit zunehmender Belärmung zunimmt, insgesamt jedoch recht niedrig ist (s. Tab. 4-15, in der pro Set und für die Gesamtstichprobe die Prozentsätze der Pbn, die bestimmte Maßnahmen ergriffen haben, aufgeführt sind.); dieses geringe Ausmaß durchgeführter Schallschutzmaßnahmen mag – einmal abgesehen von den Kosten – u.a. darauf zurückzuführen sein, daß die Reaktion auf bzw. die Verärgerung über Fluglärm sich in stärkerem Maße nach dem Erleben des Fluglärms außerhalb des Hauses als nach dem Erleben des Fluglärms innerhalb der Wohnung richtet (vgl. den Bericht der TRACOR, Inc., 1970).

Ebenso steigt mit zunehmendem Fluglärm

- 7.) die Neigung, zu einem Flugzeugbild Begriffe wie „unangenehm“, „ärgerlich“, „belästigend“ und „störend“ zuzuordnen („*Aspekt des Störenden/Flugzeugbild*“; die Korrelation dieser Variable mit dem „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ beträgt  $r = .24$ ).
- 8.) die Neigung, zu dem Bild die Begriffe „bedrohlich“, „beängstigend“ und „gefährlich“ zuzuordnen („*Aspekt des Bedrohlichen/Flugzeugbild*“;  $r_{FB1} = .19$ );
- 9.) die „*Furcht vor Flugzeugen*“ ( $r_{FB1} = .19$ )<sup>1)</sup>

Mit zunehmendem Fluglärm sinkt

- 10.) die „*Bindung an die Gegend*“ – insbesondere die Zufriedenheit mit den gesundheitlichen Bedingungen der Wohngegend, ihrer Ruhe und ihren Erholungsmöglichkeiten – und
- 11.) die „*Erträglichkeit des Fluglärms*“ : die Zahl der Pbn, die den Fluglärm alles in allem noch erträglich finden, sinkt von 90 % im unbelärmtesten Set A auf 47 % im belärmtesten Set D.

1) die unter 7.) bis 9.) aufgeführten Variablen wurden wegen unklarer Klassifizierung (s. oben: 4.6.4.1) in umfassenden Regressionsanalysen nicht berücksichtigt

Tab. 4-15: Prozentsatz<sup>1)</sup> von Pbn (pro Set und für die Gesamtstichprobe), die bestimmte Maßnahmen gegen den Fluglärm unternommen haben

Nr. im Fragebogen	Maßnahme	Set:				Gesamtstichprobe
		A	B	C	D	
53.1	Doppelfenster einbauen	9.0	9.6	18.0	22.4	14.7
53.2	Schalldämpfung an Türen und Wänden	1.8	1.2	6.0	6.8	3.9
53.3	Lüftung durch Ventilatoren	1.2	0.6	1.2	0.0	0.8
53.4	Ohren verstopfen	3.6	6.0	10.8	9.9	7.6
53.5	Tabletten einnehmen	1.2	3.6	5.4	6.8	4.2
53.6	einen Beschwerdebrief schreiben	2.4	3.6	7.2	7.5	5.2
53.7	mit zuständigen Stellen telefonieren	1.8	3.0	3.0	8.7	4.1
53.8	einen Beschwerdebuch machen	0.6	1.8	5.4	1.9	2.4
53.9	die Sache mit den Nachbarn besprechen	18.7	36.1	57.5	60.9	43.2
53.10	eine Protestveranstaltung besuchen	7.2	10.8	30.5	36.6	21.2
53.11	einem Antifluglärmverein beitreten	1.2	3.0	4.8	4.3	3.3
		N 166	166	167	161	660

1) auf das N pro Spalte relativierte Häufigkeit

Zu den gerade geschilderten analoge S-R-Beziehungen finden sich auch bezüglich der daraus abgeleiteten Tertiärreaktionsvariablen: also der „Globalreaktion R1U“, des „Verärgerungsfaktors R1“, des „Maßnahmenfaktors R2“, des „Wahrnehmungsfaktors R3“ und des „Folgefaktors R4“.<sup>1)</sup>

Bisher ist dargelegt worden, welche Wirkungen der Fluglärm auf davon Betroffene hat; einige der geschilderten Beziehungen mögen trivial erscheinen – so etwa der Zusammenhang zwischen Stimulusparametern und der wahrgenommenen Häufigkeit und Lautheit des Fluglärms –, dennoch ist kaum zu übersehen, daß zunehmender Fluglärm offenbar zu zunehmender Beeinträchtigung des Wohlbefindens der untersuchten Pbn führt (eine ausführlichere Wertung erfolgt in Kap. 9).

Bei allen dargestellten Beziehungen sollte allerdings nicht übersehen werden, daß der objektive Grad der Fluglärmbelastung keineswegs die Reaktion auf Fluglärm völlig determiniert: Selbst bei den engsten Beziehungen – nämlich den Korrelationen zwischen dem „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ und der „Globalreaktion R1U“ oder zwischen der „Überflughäufigkeit H<sub>81</sub>“ und den „Kommunikationsstörungen infolge Fluglärms“ – beträgt die Korrelation nur  $r = .56$ , d. h., nur knapp 31 % der Reaktionsvarianz ist aus einer der Stimulusvariablen vorhersagbar. Anders gesagt: Bei konstanter Stimulusituation verbleibt eine erhebliche interindividuelle Reaktionsvariabilität; ähnlich wie bei sehr geringer Belästigung die

1) Bei den Werten in Tab. 4-13 und 4-14 ist die Polung der Variablen R1U, R1 und R3 zu beachten: Je kleiner die Werte in diesen Variablen sind, desto größer ist die subjektive Beeinträchtigung (R1U) bzw. die Verärgerung (R1) bzw. die wahrgenommene Lautheit und Häufigkeit des Fluglärms (R3)



1192

Reaktionen interindividuell von sehr geringer bis zu sehr hoher subjektiver Beeinträchtigung variieren, liegt eine gleiche Variationsbreite bei sehr hoher Belärmung vor. Dieser Tatbestand läßt sich an jeder beliebigen der oben genannten Reaktionsvariablen demonstrieren – s. Abbildung 4-3, in der die Mittelwerte verschiedener Reaktionsvariablen sowie ihre Streubreiten gegen das „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ abgetragen sind<sup>1)</sup>; zusätzlich ist in der Abbildung 4-3 für jede der Beziehungen die Regressionsgerade für die Schätzung der jeweiligen Reaktion aus dem „Fluglärmmaß FB1“ sowie der Standardschätzfehler  $s_e$  dargestellt (letzterer ist ein Maß für die Unsicherheit der Schätzung bzw. für das Ausmaß, in dem die individuellen Reaktionen um die Regressionsgerade variieren).

Abb. 4-3: Beziehung verschiedener Reaktionsvariablen zu dem „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“.  
 Punkte: Mittelwerte der Reaktionsvariablen pro Stufe von FB1  
 Senkrechte Striche: Streuungen der Reaktionsvariablen pro Stufe von FB1  
 Durchgezogene geneigte Linie: Regressionsgerade; der Abstand zwischen der durchgezogenen Linie und den unterbrochenen Linien entspricht dem Standardschätzfehler

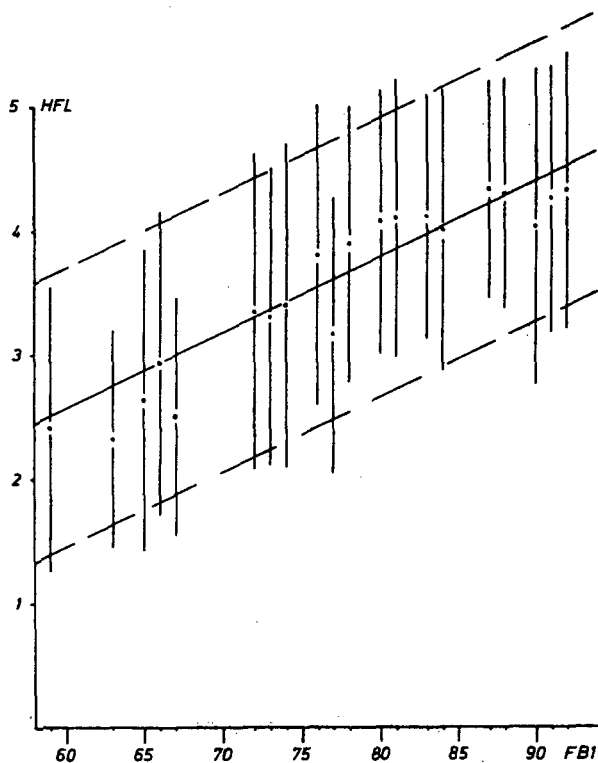


Abb. 4-3a: „Wahrgenommene Häufigkeit des Fluglärms“ (HFL) gegen das „Fluglärmmaß FB1“.  
 Regressionsgleichung:  $HFL = .063 (FB1 - 78.7 + 3.7)$

1) vgl. dazu auch Abb. 8-2 in 8.5.3, in der die *individuellen* Werte in der „Globalreaktion RIU“ für jede Stufe FB1 dargestellt sind.

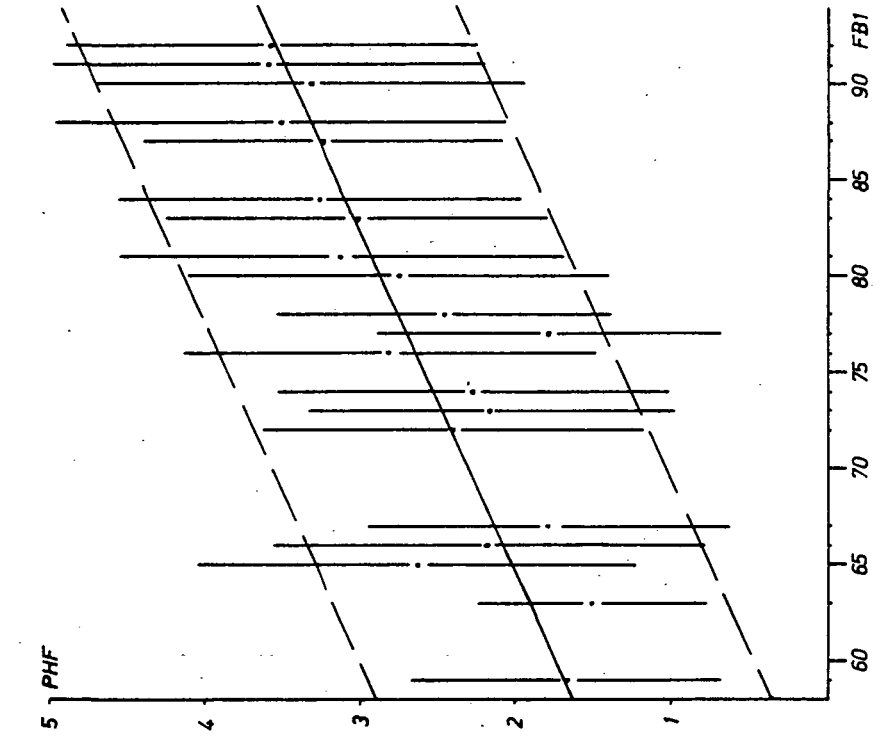


Abb. 4-3c: „Physikalische Folgen von Fluglärm“ (PHF) gegen das „Fluglärmmaß FBI“.  
 Regressionsgleichung:  $\hat{PHF} = 0.58 (FBI - 78.7) + 2.8$

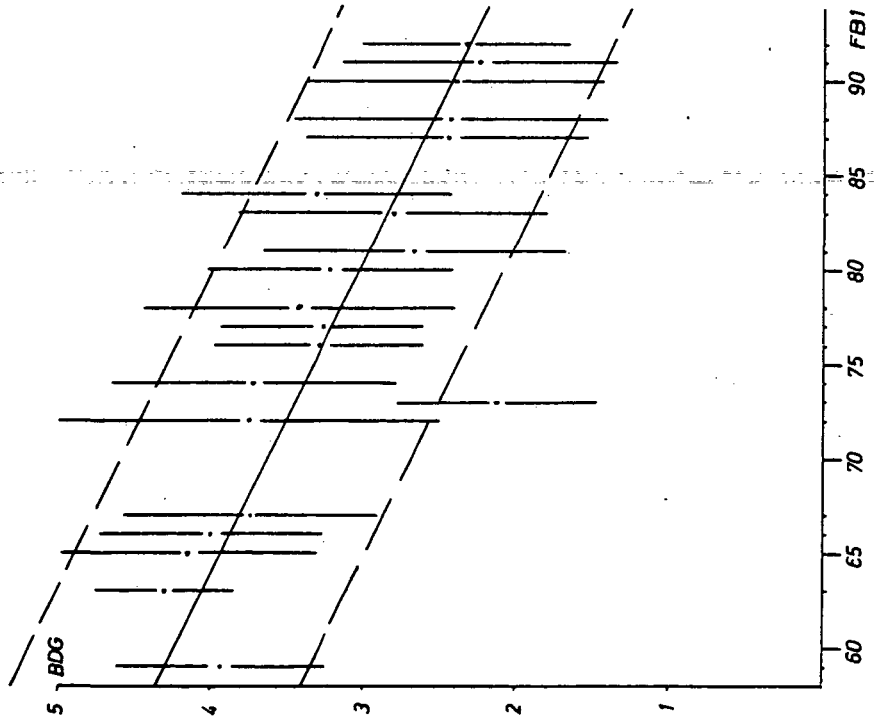


Abb. 4-3b: „Bindung an die Gegend“ (BDG) gegen das „Fluglärmmaß FBI“.  
 Regressionsgleichung:  $\hat{BDG} = -0.58 (FBI - 78.7) + 3.1$

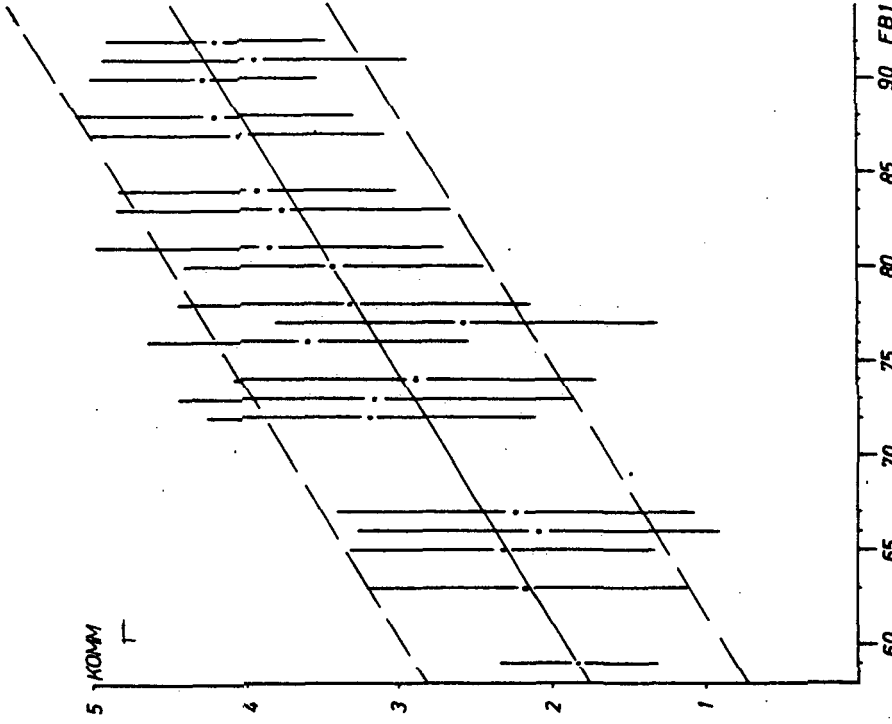


Abb. 4-3e: „Kommunikationsstörungen infolge Fluglärms“ (KOMM) gegen das „Fluglärmmaß FBI“  
 Regressionsgleichung:  $KOM = -0.073 (FBI - 78.7) + 3.4$

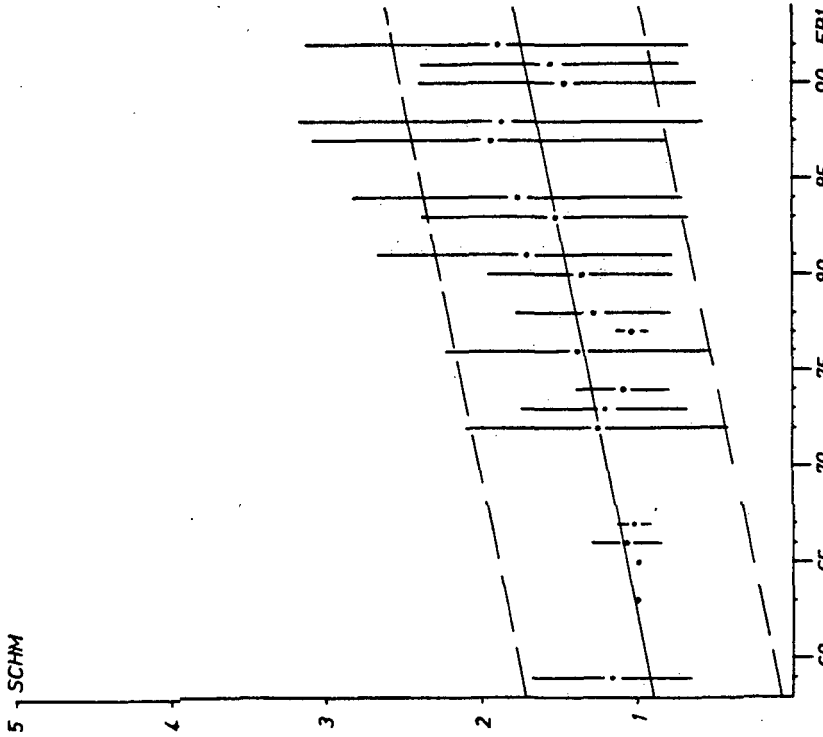


Abb. 4-3d: „Schmerzen infolge Fluglärms“ (SCHM) gegen das „Fluglärmmaß FBI“  
 Regressionsgleichung:  $SCHM = 0.025 (FBI - 78.7) + 1.4$

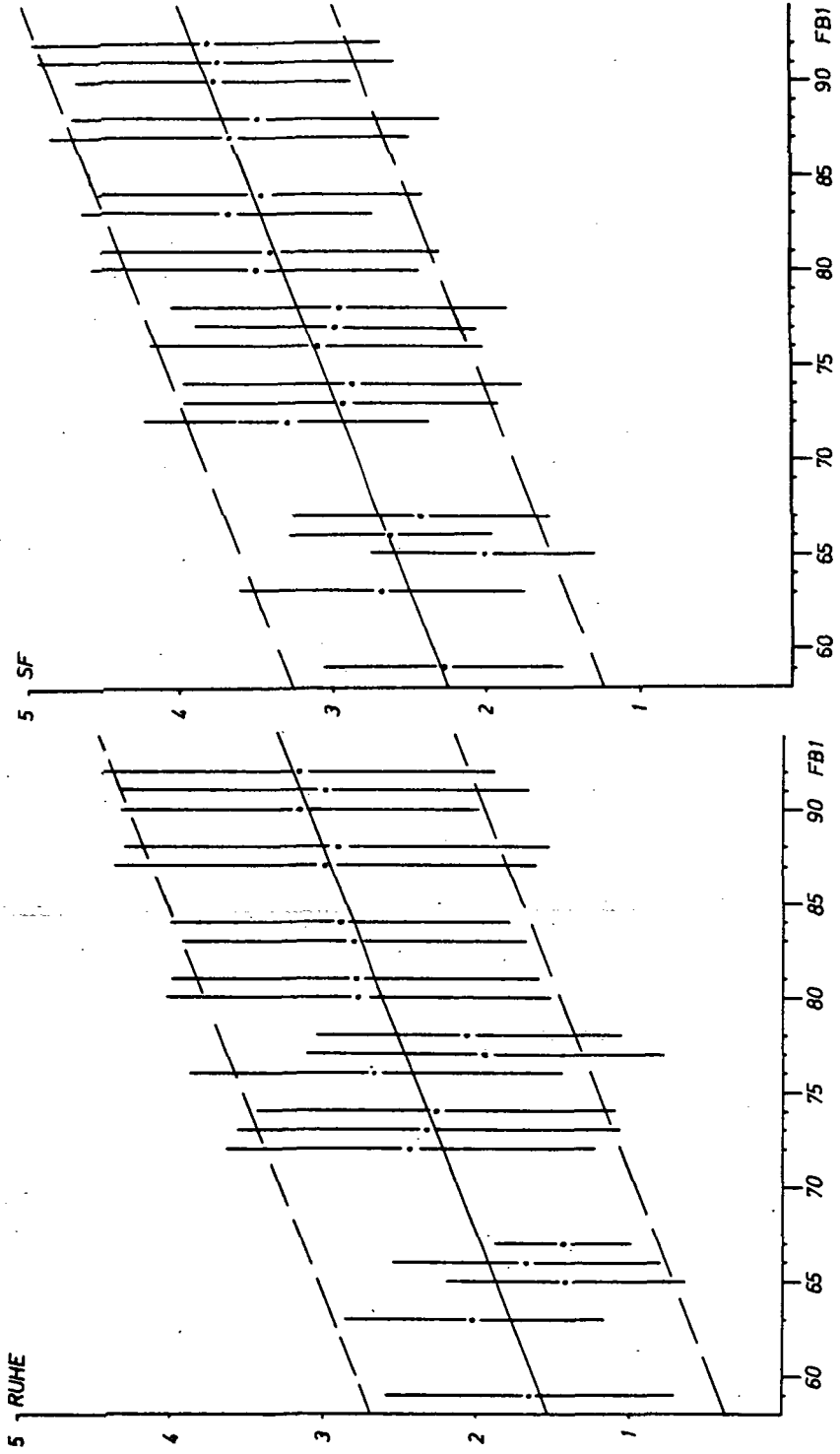


Abb. 4-3f: „Störungen von Ruhe und Entspannung infolge Fluglärms“ (RUHE) gegen das „Fluglärmmaß FBI“  
 Regressionsgleichung:  $RUHE = 0.51 (FBI - 78.7) + 2.5$

Abb. 4-3g: „Störbarkeit durch Fluglärm“ (SF) gegen das „Fluglärmmaß FBI“  
 Regressionsgleichung:  $SF = .049 (FBI - 78.7) + 3.3$

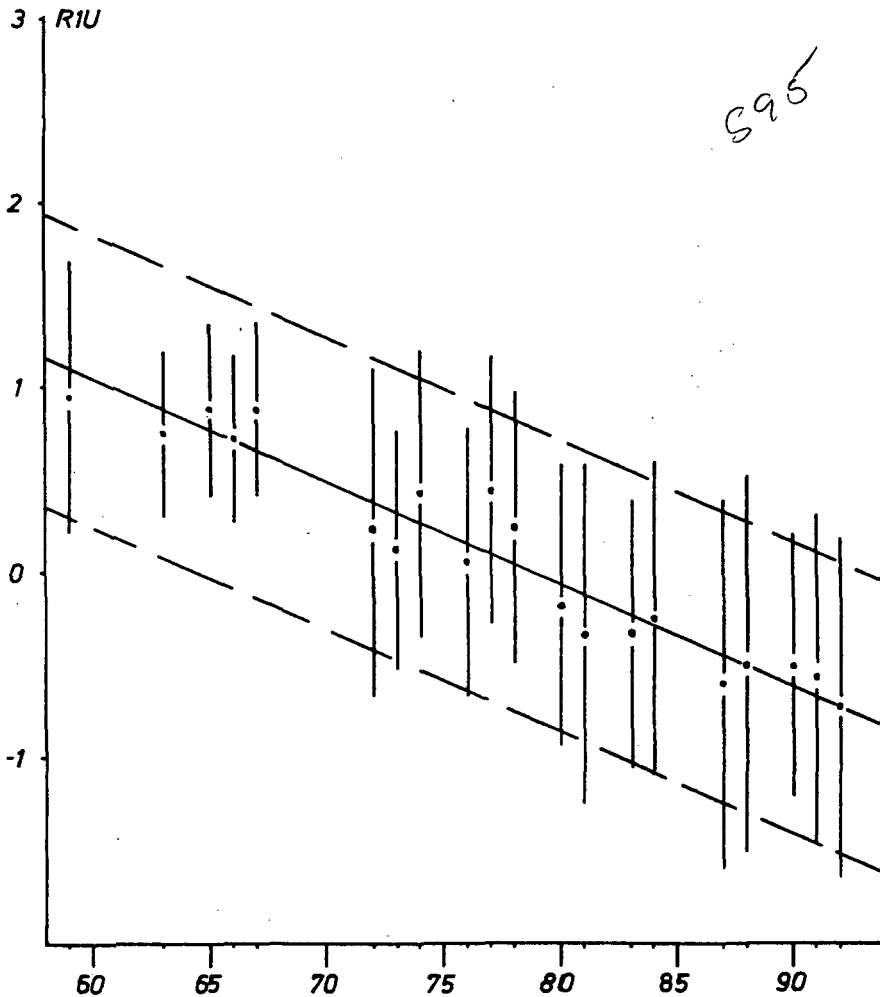


Abb. 4-3h: „Globalreaktion R1U“ gegen das „Fluglärmmaß FB1“  
Regressionsgleichung:  $R1U = -0.55 (FB1 - 78.7) H - 0.0$

Dieser Befund stimmt gut mit den Ergebnissen der oben zitierten ausländischen Untersuchung überein (vgl. u.a. TRACOR, Inc., 1970: Die höchste dort angegebene S-R-Einzelkorrelation beträgt .49 für die Beziehung zwischen dem Fluglärmmaß CNR und der Reaktionsvariable „Annoyance G“<sup>1)</sup>. Dieser Wert und auch die übrigen dort angegebenen Werte sind größenordnungsmäßig durchaus mit den oben berichteten vergleichbar).

Auf die 'Erklärung' der verbleibenden Restvarianz bei konstanter Stimulussituation wird weiter unten noch einzugehen sein.

1) „Annoyance G“ entspricht inhaltlich einer Kombination aus den Variablen „Kommunikationsstörungen infolge Fluglärms“ und „Störungen von Ruhe und Entspannung infolge Fluglärms“.

3272

#### 4.6.5.2.1.2

#### 4.6.5.2.1.3 Bemerkungen zur Ziehung von kritischen Grenzen

In der Gesetzgebung verschiedener Länder sind akustisch definierte Grenzwerte angegeben, bei deren Überschreitung z. B. bestimmte Schallschutzmaßnahmen ergriffen werden müssen (vgl. das „Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm“ vom 30.3.1971 in der BRD).

Die Festsetzung solcher Grenzen bzw. Zonen ist jedoch recht problematisch, wenn man die Mehrzahl der oben geschilderten Ergebnisse betrachtet; denn:

- 1.) die Stimulus-Reaktionsbeziehungen sind nicht sehr eng: der Stimulus determiniert die Reaktion keineswegs völlig; bei konstanter Stimulussituation variieren die Reaktionen noch beträchtlich (s.o.).
- 2.) Das Ziehen einer Grenze ist um so eher möglich, wenn in der Stimulus-Reaktionsbeziehung ab einem gewissen Ausmaß der Belärmung ein sprunghafter Anstieg der Reaktionen zu verzeichnen ist. Dieses scheint jedoch bei den oben geschilderten Beziehungen kaum der Fall zu sein: ein solcher sprunghafter Anstieg würde sich u.a. darin zeigen, daß nicht-lineare Bestimmtheitsmaße gegenüber linearen Bestimmtheitsmaßen höher ausfallen müßten; dieses ist jedoch nicht der Fall, da die Berücksichtigung nicht-linearer Komponenten zu keiner oder nur zu einer sehr geringfügigen Erhöhung der Bestimmtheitsmaße führt (s. dazu den Annexband, A 4.6.4.1).

Unter diesen Einschränkungen sollen dennoch einige Ergebnisse erläutert werden, die in Hinblick auf die Diskussion der Ziehung von Grenzen relevant erscheinen (ausführlichere Diskussionen der Grenzproblematik finden sich in Kapitel 1, Abschnitt 1.3, Kapitel 3, Abschnitt 3.7.1 sowie in Kapitel 9).

Die Betrachtung der oben angeführten Ergebnisse (vgl. etwa Abb. 4-1 sowie die in Tab. 4-13 zusammengefaßten Mittelwerte der Reaktionsvariablen pro Set) zeigen, daß bei einigen Variablen ein stärkerer Anstieg (bzw. Abfall) zwischen Set B und C zu verzeichnen ist: so bei den offenen Fragen nach „störenden“ und „gefährdenden Lebensbedingungen“, bei einigen der oben dargestellten Rangreihen, in denen Fluglärm mit anderen Dingen verglichen werden sollte, sowie bei folgenden Variablen: „Erträglichkeit Fluglärm“, „Physikalische Folgen des Fluglärms“, „Schmerzen infolge Fluglärms“, „Folgenfaktor R4“, „physikalische Maßnahmen gegen Fluglärm“, „soziale Maßnahmen gegen Fluglärm“ und „Maßnahmenfaktor R2“.

Bezogen auf das „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ entspricht dies in etwa dem Bereich von 75 bis 82 dB.<sup>1)</sup>

Eine etwas andere Betrachtungsweise als bei Abbildung 4-3, in der die durchschnittlichen Reaktionen gegen das „Fluglärmmaß FB1“ abgetragen und die Beziehungen durch Regressionsgeraden veranschaulicht wurden, ergibt sich, wenn man den Prozentsatz der Pbn, deren Ausprägung eines Merkmals einen bestimmten Wert überschreitet, gegen das „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ abträgt.

1) Zum Vergleich der hier angegebenen FB1-Werte mit entsprechenden  $\bar{Q}$ - oder NNI-Werten oder den für diese Maße definierten Zonen bzw. Grenzen s. 3.7.1 und Abb. 3-19.

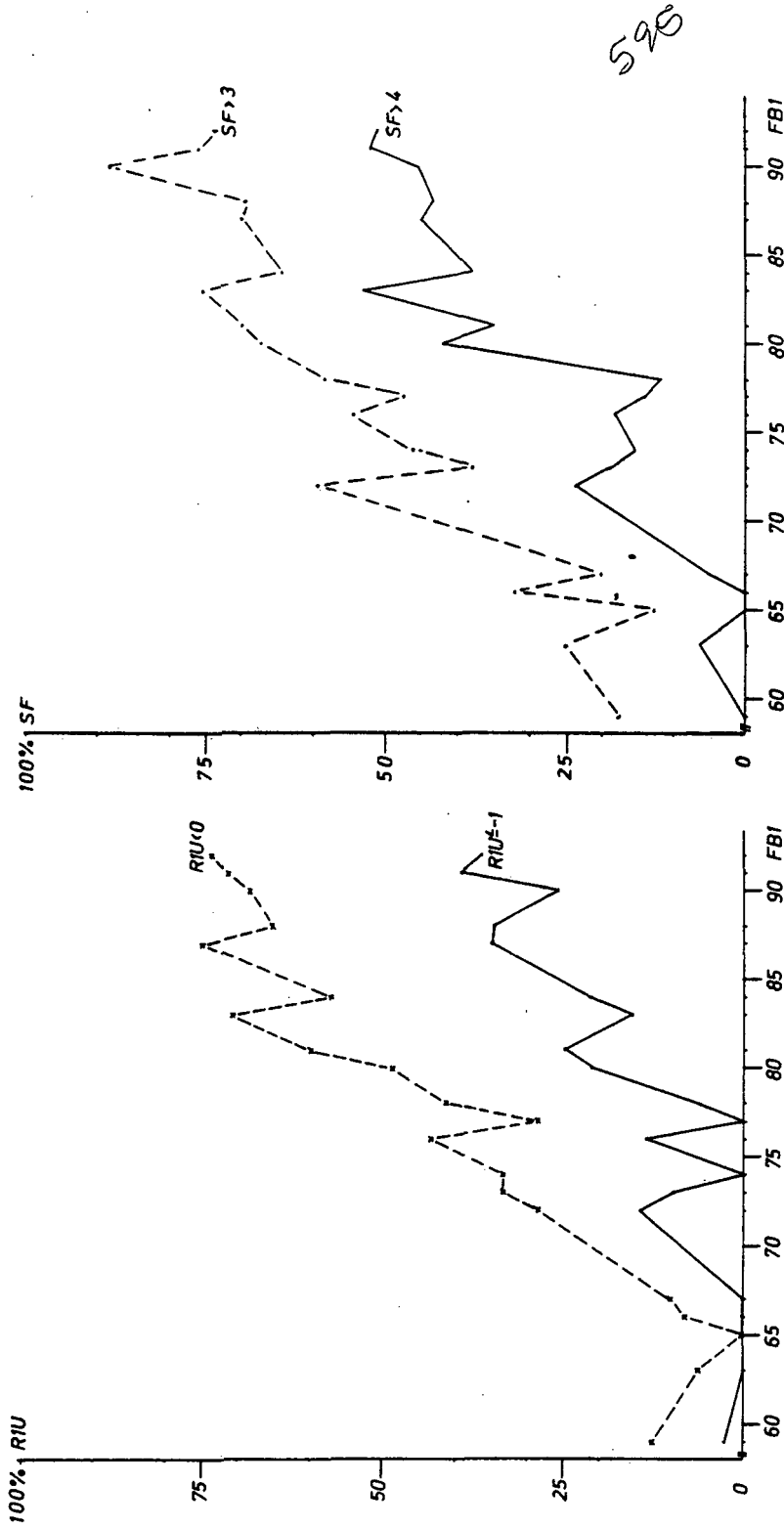


Abb. 4-4a: Prozentsatz der Pbn, die sich – gemäß – ihren Werten in der „Globalreaktion RIU“ – durch Fluglärm beeinträchtigt (RIU < 0) bzw. stark beeinträchtigt (RIU ≤ -1) fühlen, für die Stufen des „Fluglärmmaßes FBI“

Abb. 4-4b: Prozentsatz der Pbn, die sich – gemäß – ihren Werten in der „Störbarkeit durch Fluglärm“ – gestört (SF > 3) bzw. stark gestört (SF > 4) fühlen, für die Stufen des „Fluglärmmaßes FBI“

595



Abb. 4-4d: Prozentsatz der Pbn, die sich in ihrer Ruhe und Entspannung infolge Fluglärms gestört (RUHE > 3) bzw. stark gestört (RUHE > 4) fühlen, für die Stufen des „Fluglärmmaßes FBI“

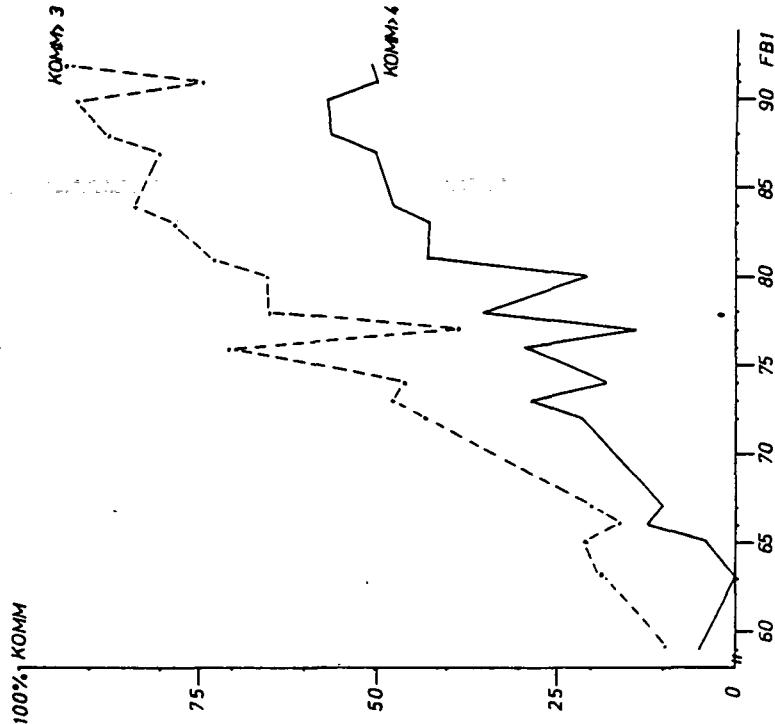


Abb. 4-4c: Prozentsatz der Pbn, die sich in der Kommunikation infolge Fluglärms gestört (KOMM > 3) bzw. stark gestört fühlen, für die Stufen des „Fluglärmmaßes FBI“



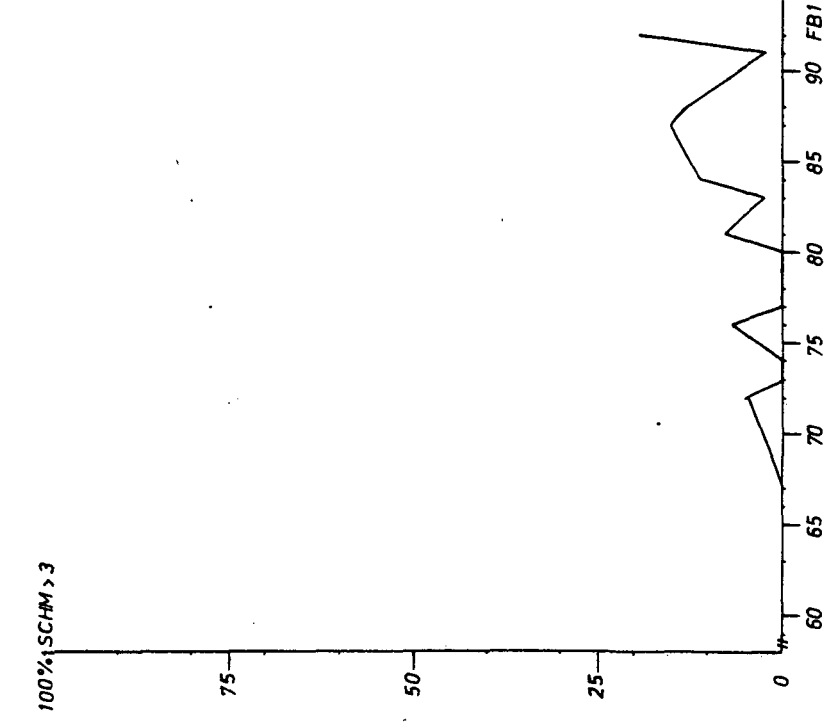


Abb. 4-4e: Prozentsatz der Pbn, die angeben, daß bei ihnen physikalische Folgen von Fluglärm (wie Wände zittern oder Fensterscheiben klirren) in ziemlich oder sehr starkem Maße auftreten (PHF > 3), für die Stufen des „Fluglärmmaßes FBI“

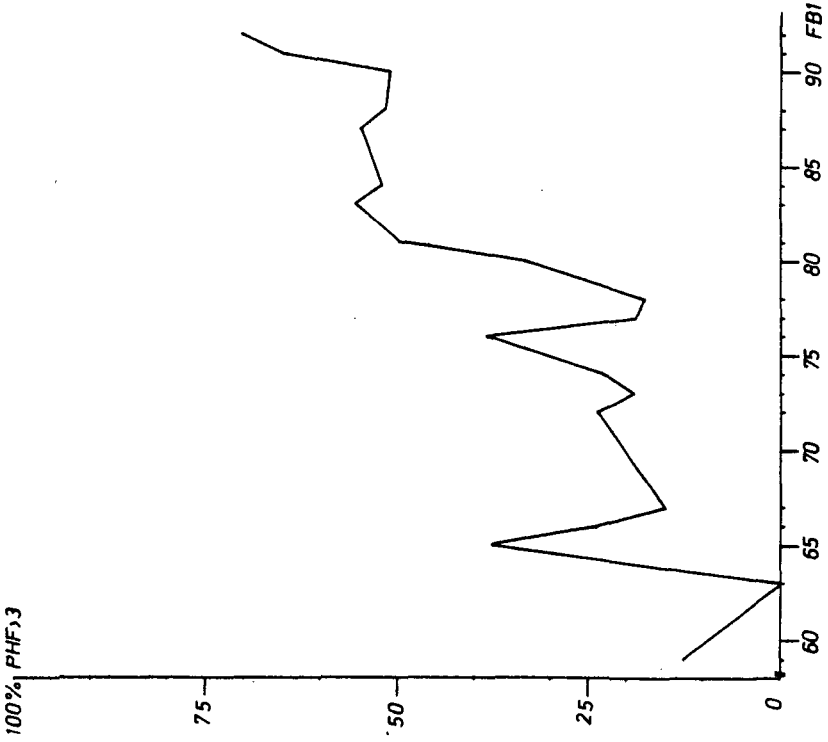


Abb. 4-4f: Prozentsatz der Pbn, die angeben, daß bei ihnen Schmerzen infolge Fluglärms in ziemlich oder sehr starkem Maße auftreten (SCHM > 3), für die Stufen des „Fluglärmmaßes FBI“

4.6.5.2.1.3

2975

In Abbildung 4-4 sind einige solcher Beziehungen dargestellt, so für

- + die „Globalreaktion RIU“: Prozentsatz von Pbn, die sich beeinträchtigt ( $RIU < 0$ ) bzw. stark beeinträchtigt ( $RIU \leq -1$ ) fühlen (Abb. 4-4a)
- + die „Störbarkeit durch Fluglärm“: Prozentsatz der Pbn, die sich durch Fluglärm gestört ( $SF > 3$ ) bzw. stark gestört ( $SF > 4$ ) fühlen (Abb. 4-4b)
- + die „Kommunikationsstörungen infolge Fluglärms“: Prozentsatz der Pbn, die sich in der Kommunikation gestört ( $KOMM > 3$ ) bzw. stark gestört ( $KOMM > 4$ ) fühlen (Abb. 4-4c)
- + die „Störungen von Ruhe und Entspannung infolge Fluglärms“: Prozentsatz der Pbn, die sich in ihrer Ruhe und Entspannung gestört ( $RUHE > 3$ ) bzw. stark gestört ( $RUHE > 4$ ) fühlen (Abb. 4-4d)
- + die „physikalischen Folgen von Fluglärm“: Prozentsatz von Pbn, die angeben, daß bei ihnen physikalische Folgen von Fluglärm (wie Wände zittern oder Fensterscheiben klirren) in ziemlich oder sehr starkem Maße auftreten ( $PHF > 3$ ) (Abb. 4-4e); und
- + die „Schmerzen infolge Fluglärms“: Prozentsatz von Pbn, die angeben, unter Kopf- und/oder Ohrschmerzen infolge Fluglärms ziemlich oder sehr stark zu leiden ( $SCHM > 3$ ) (Abb. 4-4f).

Bei dieser Darstellungsform zeigt sich – zumindest bei einigen der Beziehungen – ein nicht gleichmäßiger Verlauf der Reaktionen bezüglich des „Fluglärmmaßes FB1“: So verändert sich mit zunehmendem FB1 der Prozentsatz der Pbn, die sich gemäß ihrer Ausprägung der „Globalreaktion RIU“ beeinträchtigt ( $RIU < 0$ ) fühlen, zunächst relativ wenig, steigt dann relativ stark an und verändert sich anschließend wiederum nur relativ wenig. Anders gesagt: die Beziehung weist zwei größere Trendveränderungen (‘Knicke’) auf – den einen im Bereich von FB1 um 70 dB und den anderen im Bereich von etwas über 80 dB.

Da jedoch ein entsprechender Verlauf bei den anderen dargestellten Beziehungen kaum zu verzeichnen ist und zudem die Festlegung des Trennwertes auf seiten der Reaktionsvariable (also z.B.  $RIU < 0$  oder  $RIU \leq -1$ ) recht willkürlich ist, ist es sehr schwer abzuschätzen, inwieweit diese stärkere Zunahme des Prozentsatzes von Pbn, die sich durch Fluglärm beeinträchtigt fühlen ( $RIU < 0$ ), für den Bereich von FB1 zwischen 70 und 80 dB einen entsprechenden, in der Realität gegebenen stärkeren Anstieg in der Beeinträchtigung des Wohlbefindens widerspiegelt oder aber durch die Art der Darstellung und die Wahl des Trennpunktes hinsichtlich der „Globalreaktion RIU“ bedingt ist.

4.6.5.2.2 Komplexe Beziehungen zwischen Stimulus- und Reaktionsvariablen

Betrachtet man nicht nur die Beziehung zwischen je einer der Stimulusvariablen und je einer der Reaktionsvariablen, sondern setzt mehrere Stimulusvariablen zu je einer der Reaktionsvariablen in multiplen Korrelationen in Beziehung, so ergeben sich kaum höhere Koeffizienten als bei einfachen Korrelationen (s. dazu Tab. 4-16).

Tab. 4-16: Multiple Korrelationen zwischen den Stimulusvariablen Mittlerer Überflugpegel  $\bar{L}_A$ , Mittlere Überflughöhe  $D_{10}$ , und Überflughäufigkeit  $H_{81}$  einerseits und je einem der Reaktions-Faktorenscores (R1-R4) andererseits

	Kriteriumsvariable:				
	Globalreaktion RIU	Verärgerungsfaktor R1	Maßnahmenfaktor R2	Wahrnehmungsf. R3	Folgenfaktor R4
multiple Korrelation	55 <sup>a</sup>	47	13	31	32
höchste Prädiktor-Kriteriums-Einzelkorr.	-55 ( $H_{81}$ ) <sup>b</sup>	-47 ( $H_{81}$ )	13 ( $\bar{L}_A$ )	-31 ( $H_{81}$ )	31 ( $H_{81}$ )

a die führende Null und der Dezimalpunkt wurden fortgelassen  
b Kurzbezeichnung für den jeweilig besten Prädiktor

2380

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß die multiple Korrelation zwischen je einem der Reaktions-Faktorenscores einerseits und den Stimulusvariablen „Überflugpegel  $\bar{L}_A$ “, „Überflugdauer  $D_{10}$ “ und „Überflughäufigkeit  $H_R$ “ andererseits fast in keinem der Fälle höher als die jeweils höchste einfache Prädiktor-Kriteriumskorrelation ist.<sup>1)</sup> In ähnlicher Weise ist nur eine geringe Steigerung des Korrelationskoeffizienten zu verzeichnen, wenn man anstelle von multiplen Korrelationen *kanonische* Korrelationen<sup>2)</sup> zwischen mehreren Stimulusparametern einerseits und mehreren Reaktionsvariablen andererseits bestimmt.

Wie aus den Tabellen 4-17 und 4-18 zu entnehmen ist, steigen die Koeffizienten<sup>3)</sup> bei Zugrundelegung von Tertiär-Reaktionsvariablen bis auf .58 und bei Zugrundelegung von Sekundär-Reaktionsvariablen bis auf .67. Die Vorhersagegenauigkeit bei multiplen bzw. kanonischen Korrelationen vergrößert sich also relativ wenig, nämlich nur um 2 % bzw. 14 % gegenüber einfachen linearen Korrelationen.

Betrachtet man die komplexeren kanonischen Beziehungen und hier insbesondere die kanonischen Ladungen der Variablen, die den Korrelationen der jeweiligen Variablen mit der kanonischen Variaten entsprechen, so zeigt sich, daß die verschiedenen Stimulusvariablen –

Tab. 4-17: Kanonische Korrelation zwischen den drei Stimulusvariablen Mittlerer Überflugpegel  $\bar{L}_A$ , Mittlere Überflugdauer  $D_{10}$  und Richthäufigkeit  $H_R$  einerseits und den vier Reaktions-Faktorenscores (R1-R4) andererseits sowie die kanonischen Ladungen der Variablen

	Soz. wiss. Stichpr. N = 660	Split 1 N = 330	Split 2 N = 330	Interdisz. Stichprobe N = 357
kanonische Korrelation	58 <sup>a</sup>	57	60	60
Kanonische Ladungen der Variablen: im Satz I:				
Überflugpegel $\bar{L}_A$	96	89	97	91
Überflugdauer $D_{10}$	-97	-90	-97	-92
Richthäufigkeit $H_R$	99	95	100	97
Kanonische Ladungen der Variablen im Satz II:				
Verärgerungsfaktor R1	-86	-93	-77	-79
Maßnahmenfaktor R2	52	48	55	62
Wahrnehmungsfaktor R3	-48	-26	-64	-55
Folgenfaktor R4	86	77	93	90

a Die angegebenen Werte sind durch 100 zu dividieren

- 1) Das war allerdings auch zu erwarten, da die Stimulusvariablen untereinander hoch korrelieren und die Hinzufügung einer weiteren Stimulusvariablen sozusagen redundante Information darstellt.
- 2) Unter kanonischen Korrelationen werden hier wie im folgenden nur die dem ersten Eigenwert bzw. der ersten kanonischen Variaten zugeordneten Korrelationskoeffizienten betrachtet; analoges gilt für die im folgenden aufgeführten kanonischen Ladungen.
- 3) Alle wichtigeren multiplen und kanonischen Korrelationen wurden jeweils sowohl für das sozialwissenschaftliche 'Sample' (S-Sample) von 660 Pbn als auch für 2 nach Zufall in 2 Hälften gesplittete Stichproben des S-Samples von je 330 Pbn als auch für das interdisziplinäre 'Sample' (I-Sample) von 357 Pbn bestimmt. (Zur Demonstration s. Tab. 4-17 sowie den Annexband, A 4.6.5.2.2). Da die Koeffizienten für die verschiedenen Stichproben numerisch nur geringfügig differieren, werden hier wie im folgenden lediglich die Angaben für das S-Sample von 660 Pbn angegeben.

206 2

4.6.5.2.2

etwa der „Überflugpegel  $\bar{L}_A$ “, die „Überflugdauer  $D_{10}$ “ und die „Richthäufigkeit  $H_R$ “ – annähernd gleich stark mit der kanonischen Variaten korrelieren bzw. in annähernd gleichem Maße zum Zusammenhang beitragen (alle Ladungskoeffizienten liegen über .95) und daß von den Tertiär-Reaktionsvariablen insbesondere der „Verärgerungsfaktor  $R1$ “ sowie der „Folgefaktor  $R4$ “ zu der Beziehung beitragen: Die Korrelationen oder die kanonischen Ladungen der beiden letztgenannten Variablen liegen beide über .85; hingegen sind die Ladungen der beiden anderen Reaktionsfaktoren – nämlich des „Wahrnehmungsfaktors  $R3$ “ und des „Maßnahmenfaktors  $R2$ “ – deutlich geringer; sie betragen –.48 bzw. .52.

<p>Tab. 4-18: Kanonische Korrelation zwischen den drei Stimulusvariablen Mittlerer Überflugpegel <math>\bar{L}_A</math>, Mittlere Überflugdauer <math>D_{10}</math> und Richthäufigkeit <math>H_R</math> einerseits und 11 Sekundär-Reaktionsvariablen andererseits sowie die kanonischen Ladungen der Variablen</p>			
<p>Kanonische Korrelation: 67<sup>a</sup></p>			
<p>Kanonische Ladungen der Variablen im:</p>			
Satz I		Satz II	
Überflugpegel $\bar{L}_A$	91	wahrg. Häufigk. FL	61
Überflugdauer $D_{10}$	-92	wahrg. Lautheit FL	46
Richthäufigkeit $H_R$	97	Erträglichkeit FL	-41
		Bindung Gegend	-58
		Physikal. Folgen FL	49
		Schmerzen infolge FL	35
		Kommunik.störung. inf. FL	68
		Störung. Ruhe/Entspann. FL	40
		Physikal. Maßnahm. geg. FL	22
		Soziale Maßnahmen geg. FL	32
		Störbarkeit FL	42
<p>a die angegebenen Werte sind durch 100 zu dividieren</p>			

Eine etwas differenziertere Aussage ermöglicht die Betrachtung der kanonischen Ladungen bei der Beziehung zwischen den 3 Stimulusvariablen „Überflugpegel  $\bar{L}_A$ “, „Überflugdauer  $D_{10}$ “ und „Richthäufigkeit  $H_R$ “ einerseits und den 11 Reaktionsvariablen auf sekundärem Datenniveau andererseits. Die Stimulusvariablen haben wieder annähernd gleich hohe kanonische Ladungen wie bei der zuvor betrachteten Beziehung (Ladungen über .90); von den Reaktionsvariablen haben die Variablen „Kommunikationsstörungen infolge Fluglärms“, die „wahrgenommene Häufigkeit von Fluglärm“ sowie die „Bindung an die Gegend“ die höchsten Ladungen. Die Reaktionsvariable „Kommunikationsstörungen infolge Fluglärms“ trägt (mit einer Ladung von .68) am meisten zum Zusammenhang zwischen Stimulus- und Reaktionsvariablen bei.

Daß „Kommunikationsstörungen infolge Fluglärms“ in sehr starkem Maße zum Zusammenhang zwischen Stimulus und Reaktion beitragen, ist insofern kaum überraschend, da sie im unmittelbaren täglichen Erleben der Pbn wohl kaum zu übersehen sein dürften.

1190

**4.6.5.3 Beziehungen zwischen Moderator- und Reaktionsvariablen (M-R-Beziehungen)**

Im vorigen Abschnitt wurde die Beziehung zwischen den Stimulus- und den Reaktionsvariablen dargestellt. In diesem Abschnitt sollen die Beziehungen jener Variablen zu den Reaktionen dargestellt werden, die selbst mit den Stimulusvariablen nicht oder nur geringfügig interkorrelieren. (Über Moderatoreffekte im engeren statistischen Sinne wird in einem späteren Abschnitt (4.6.6) berichtet werden; dort werden Ergebnisse, die an verschiedenen Subgruppen der Gesamtstichprobe bestimmt wurden, mitgeteilt, wobei der Einfluß dieser Subgruppenklassifizierung auf die Variablenbeziehungen im Vordergrund des Interesses steht.)

**4.6.5.3.1 Einfache Beziehungen zwischen Moderator- und Reaktionsvariablen**

(Es handelt sich bei diesen Variablen, genauer gesagt, um potentielle Moderatorvariablen i.S. von Abschnitt 4.1.3.1.) Berechnet man einfache Interkorrelationen zwischen der „Globalreaktion RIU“ und je einer der potentiellen Moderatorvariablen, oder unterteilt

Tab. 4-19: Mittelwerte einiger Sekundärvariablen für vier Klassen der „Globalreaktion RIU“  
 Klasse 1: stark beeinträchtigt ( $RIU < -1$ )  
 Klasse 2: beeinträchtigt ( $-1 \leq RIU < 0$ )  
 Klasse 3: wenig beeinträchtigt ( $0 \leq RIU < +1$ )  
 Klasse 4: nicht beeinträchtigt ( $RIU \geq 1$ )

Variable (Kurzname)	Klassen von RIU:				Korr. <sup>1)</sup> mit RIU
	1	2	3	4	
Alter	45.68	40.62	37.35	36.21	-22 <sup>a</sup>
Wohndauer Ortsteil	18.41	14.00	11.31	9.37	-25
Wohndauer Haus	14.89	10.91	9.27	7.93	-21
Mobilität	2.25	2.55	2.75	2.89	-18
Konservatismus	3.60	3.51	3.42	3.27	-12
Abneig.geg.Zivilisation	2.62	2.36	2.22	2.09	-18
Hypochondrie	2.26	2.01	1.93	1.73	-13
Labilität	2.28	2.20	1.87	1.62	-27
Lärmempfindlichkeit	3.38	2.97	2.74	2.50	-28
Lärmgewöhnbarkeit	2.63	3.13	3.37	3.36	31
Glaube, daß FL schädlich	4.54	3.97	3.51	3.30	-46
Wertigkeit des Flugverkehrs	3.54	4.02	4.18	4.35	28
Informiertheit über FL	1.19	0.75	0.56	0.32	-30
Furcht vor Flugzeugen	3.25	2.73	2.35	1.88	-42
Aspekt d. Bedrohlichen/Bild	3.95	3.27	2.82	2.11	-43
Aspekt d. Schönen/Bild	2.21	2.58	2.93	3.11	27
Aspekt d. Harmlosen/Bild	1.39	1.53	1.79	1.80	19
Aspekt d. Störenden/Bild	3.97	3.51	3.02	2.22	-48
wahrg.Häufigkeit AL	2.74	2.36	2.15	1.73	-22
wahrg.Lautheit AL	2.70	2.51	2.42	2.01	-18
Physikal. Folgen AL	1.38	1.14	1.11	1.06	-18
Schmerzen infolge AL	1.16	1.07	1.02	1.02	-18
Kommunik.störung inf. AL	1.65	1.36	1.28	1.16	-21
Störung.Ruhe/Entspann.inf. AL	1.55	1.30	1.23	1.05	-22

a die führende Null und der Dezimalpunkt wurden fortgelassen  
 1) Bei der Interpretation ist zu berücksichtigen, daß die „Globalreaktion RIU“ so gepolt ist, daß negative Werte in Richtung „Beeinträchtigung durch Fluglärm“ und positive Werte in Richtung „Nicht-Beeinträchtigung“ weisen

#### 4.6.5.3.1

4/65

man die Pbn nach ihren Werten in der „Globalreaktion R1U“ in Gruppen und bestimmt die Mittelwerte in den Moderatorvariablen für diese Gruppen, so zeigen sich die folgenden Beziehungen (s. Tab. 4-19, in der die Mittelwerte verschiedener Variablen für vier nach der „Globalreaktion R1U“ gebildete Klassen sowie ihre Interkorrelationen mit R1U angegeben sind; neben den 23 in 4.6.4.2 genannten Moderatorvariablen werden hier einige weitere jener Variablen aufgeführt, die nicht eindeutig als Moderator- oder als Reaktionsvariablen zu klassifizieren sind.):

Pbn, die sich durch Fluglärm stärker beeinträchtigt fühlen, sind im Vergleich zu Pbn, die sich weniger beeinträchtigt fühlen,

- 1.) eher länger in der Wohngegend ansässig („Wohndauer Ortsteil“, „Wohndauer Haus“)
- 2.) eher älter („Alter“)
- 3.) weniger mobil („Mobilität“)
- 4.) eher konservativ („Konservatismus“)
- 5.) eher negativ eingestellt zu Zivilisation und Technik („Abneigung gegen Zivilisation und Technik“)
- 6.) stärker hypochondrisch („Hypochondrie“)
- 7.) eher labil („Labilität“)
- 8.) eher lärmempfindlich („Lärmempfindlichkeit“)
- 9.) weniger geneigt, zu meinen, daß man sich an Lärm gewöhnen kann („Lärmgewöhnbarkeit“)
- 10.) stärker geneigt, Bedrohlichkeit („Aspekt des Bedrohlichen/Flugzeugbild“) und Störung („Aspekt des Störenden/Flugzeugbild“), und weniger geneigt, Schönheit („Aspekt des Schönen/Flugzeugbild“) und Harmlosigkeit („Aspekt des Harmlosen/Flugzeugbild“) zu einem Flugzeugbild zu assoziieren
- 11.) stärker geneigt, Furcht vor Flugzeugen zu empfinden („Furcht vor Flugzeugen“); eine analoge Beziehung wird in der Studie der TRACOR, Inc. (1970) berichtet
- 12.) stärker geneigt, den Fluglärm für gesundheitsschädlich zu halten („Glaube, daß Fluglärm gesundheitsschädlich ist“)
- 13.) eher geneigt, den Wert des Flugverkehrs gering einzuschätzen („Wertigkeit des Flugverkehrs“)
- 14.) geben in stärkerem Maße an, über Fluglärm und seine Folgen informiert zu sein („Informiertheit über Fluglärm durch die Massenmedien“)
- 15.) eher geneigt, auch Autolärm für laut zu halten („wahrgenommene Lautheit Autolärm“)
- 16.) eher geneigt, das Auftreten von Autolärm als häufig einzustufen („wahrgenommene Häufigkeit Autolärm“)
- 17.) eher geneigt, sich auch durch Autolärm und seine Folgen beeinträchtigt zu fühlen; d. h., es werden in verstärktem Maße geäußert
  - + Wahrnehmung „physikalischer Folgen von Autolärm“
  - + „Schmerzempfindungen infolge Autolärms“
  - + „Kommunikationsstörungen infolge Autolärms“
  - + „Störungen von Ruhe und Entspannung infolge Autolärms“.

Betrachtet man die Interkorrelationen der aufgeführten Variablen, so zeigt sich, daß von jenen 23 Moderatorvariablen, die bei der Analyse zur Bildung der Tertiärmoderatorvariablen herangezogen wurden (vgl. Abschnitt 4.6.4.2), jene die höchsten Interkorrelationen mit der „Globalreaktion R1U“ aufweisen, die auf dem zweiten Moderatorfaktor – nämlich

1785

dem „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“<sup>1)</sup> – die höchsten Ladungen hatten; insbesondere die Variable „Glaube, daß Fluglärm gesundheitsschädlich ist“ weist eine hohe Korrelation mit der „Globalreaktion“ auf.

Bemerkenswert erscheint, daß die üblichen demographischen Variablen mit Ausnahme des Alters offensichtlich keinen oder nur einen geringen Einfluß auf die „Globalreaktion“ haben: das „Sozialprestige der beruflichen Position des Haupternährers“, das „Haushaltsnettoeinkommen pro Kopf“ oder der „Lebensstandard“, die schulische „Ausbildung“ des Pbn sowie das Geschlecht weisen nur sehr geringe Interkorrelationen mit der „Globalreaktion“ auf; die höchste beträgt  $r = -.10$  für den „Lebensstandard“. Dieses Ergebnis steht in recht guter Übereinstimmung zu den zitierten ausländischen Untersuchungen (vgl. etwa McKENNEL, 1963 oder den Bericht der TRACOR, Inc., 1970. In der dort angegebenen Regressionsgleichung zur Vorhersage der ‚annoyance‘ finden sich unter den Prädiktoren – abgesehen von dem Fluglärmmaß CNR – fast ausschließlich Variablen, die Attitüden bzw. Persönlichkeitsmerkmale erfassen sollen.<sup>2)</sup>

Demographische Charakteristika der Personen tragen also offensichtlich kaum etwas zur ‚Erklärung‘ der großen interindividuellen Varianz in den Reaktionen bei konstanter Stimulusituation bei.

Auf die Beziehung zwischen dem Alter und der Globalreaktion ist oben schon eingegangen worden; zwar beträgt die Korrelation nur  $-.22$  – ältere Pbn tendieren also in stärkerem Maße zu negativen Reaktionen auf den Fluglärm –; jedoch erscheint dieser Zusammenhang wichtig genug, um die Beziehungen zwischen dem Alter und verschiedenen Reaktionsvari-

Tab. 4-20: Mittelwerte verschiedener Variablen für sechs Altersgruppen sowie die Interkorrelationen (r) dieser Variablen mit dem Alter

Variable (Kurzname)	bis 20 J.	21– 30 J.	31– 40 J.	41– 50 J.	51– 60 J.	über 60 J.	r
Globalreaktion RIU	0.43	0.27	-0.02	-0.20	-0.12	-0.37	-22 <sup>a</sup>
wahrg.Häufigkeit FL	3.40	3.51	3.57	3.78	3.78	4.19	14
wahrg.Lautheit FL	4.53	4.49	4.52	4.67	4.69	4.70	10
Erträglichkeit FL	0.86	0.80	0.68	0.61	0.64	0.60	-15
physikal.Folgen FL	2.15	2.46	2.84	2.91	2.41	3.39	21
Schmerzen infolge FL	1.15	1.28	1.42	1.52	1.50	1.62	15
Störung.v.Ruhe infolge FL	1.98	2.16	2.57	2.73	2.73	3.04	24
Störbarkeit durch FL	2.61	2.99	3.38	3.43	3.36	3.61	21
Furcht vor Flugzeugen	2.26	2.15	2.57	2.60	2.79	3.07	25
Aspekt d. Bedrohlich./Bild	2.34	2.59	3.08	3.17	3.40	3.76	30
Aspekt d.Störenden/Bild	2.45	2.89	3.30	3.34	3.50	3.64	25
Lärmgewöhnbarkeitsfakt.M2	0.46	0.26	-0.09	-0.22	-0.06	-0.26	-24
Abneig.geg. Zivilisation	2.06	1.95	2.18	2.44	2.53	3.05	31
Lärmempfindlichkeit	2.31	2.62	3.00	3.71	2.99	3.20	18
Lärmgewöhnbarkeit	3.56	3.37	3.10	3.00	3.31	3.10	-10
Glaube, daß FL schädlich	3.24	3.51	3.87	4.02	3.95	4.06	25
Wertigkeit d. Flugverkehrs	4.17	4.37	4.18	3.98	3.75	3.44	-30
Aspekt d. Harmlosen/Bild	1.98	1.79	1.54	1.65	1.53	1.49	-14
Aspekt d. Schönen/Bild	2.86	3.07	2.71	2.57	2.57	2.50	-14

a die führende Null und der Dezimalpunkt wurden fortgelassen

1) Die Interkorrelation zwischen dem „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ und der „Globalreaktion RIU“ beträgt  $r = .54$ .

2) S. die ausführlicheren Vergleiche im Ergänzungsbericht (SCHÜMER, 1974) – insbes. Tab. 8.

4165

#### 4.6.5.3.1.

ablen genauer zu betrachten: In Tab. 4-20 sind die Mittelwerte einiger Variablen für verschiedene Altersgruppen sowie die Interkorrelationen dieser Variablen mit dem Alter angegeben. (Die genauere Analyse dieser Beziehungen auf nicht-lineare Zusammenhänge ergab keine Hinweise auf bedeutsame Abweichungen von der Linearität.)

Mit zunehmendem Alter nehmen zu:

- 1.) die „wahrgenommene Lautheit des Fluglärms“
- 2.) die „wahrgenommene Häufigkeit des Fluglärms“
- 3.) die Zahl der Pbn, die den Fluglärm für nicht erträglich halten („Erträglichkeit Fluglärm“)
- 4.) die wahrgenommenen negativen Folgen von Fluglärm – so die
  - + „physikalischen Folgen von Fluglärm“
  - + „Schmerzen infolge Fluglärms“
  - + „Störungen von Ruhe und Entspannung infolge Fluglärms“
- 5.) die „Störbarkeit durch Fluglärm“
- 6.) die „Furcht vor Flugzeugen“
- 7.) die Tendenz, zu einem Flugzeugbild Begriffe wie „bedrohlich“ und „beängstigend“ („Aspekt des Bedrohlichen/Flugzeugbild“) oder „störend“ und „unangenehm“ („Aspekt des Störenden/Flugzeugbild“) zu assoziieren. Ferner ist hervorzuheben, daß das Alter auch mit einigen der wichtigsten Moderatorvariablen korreliert: Ältere (im Vergleich zu Jüngeren)
  - + glauben in geringerem Maße, sich an Lärm gewöhnen zu können („Lärmgewöhnbarkeit“)
  - + sind lärmempfindlicher („Lärmempfindlichkeit“)
  - + glauben in stärkerem Maße an die Gesundheitsschädlichkeit von Fluglärm („Glaube, daß Fluglärm gesundheitsschädlich ist“)
  - + stufen die „Wertigkeit des Flugverkehrs“ geringer ein
  - + und neigen weniger dazu, zu einem Flugzeugbild Begriffe wie „schön“ („Aspekt des Schönen/Flugzeugbild“) oder „harmlos“ („Aspekt des Harmlosen/Flugzeugbild“) zu assoziieren.

Das Alter hat also anscheinend auch einen verstärkenden Effekt hinsichtlich jener Moderatorvariablen, die sich ihrerseits verstärkend auf die negativen Reaktionen auf Fluglärm auswirken.

Vergleicht man die Vorhersagegenauigkeit für die Beziehungen zwischen je einer Stimulusvariable und je einer Reaktion mit jenen für die Beziehungen zwischen je einem Moderator und je einer Reaktion, so zeigt sich, daß die Reaktionen jeweils annähernd gleich gut aus je einer der Stimulusvariablen wie aus je einer der Moderatorvariablen allein vorhergesagt werden können: Während die höchste Einzelkorrelation zwischen je einer Stimulusvariable und einer Reaktionsvariable  $r = -.56$  beträgt („Fluglärmmaß FB1“ mit der „Globalreaktion RIU“), beträgt die höchste Einzelinterkorrelation zwischen einer Moderatorvariablen und einer Reaktionsvariablen  $r = .54$  (zwischen dem „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ und der „Globalreaktion RIU“) – also fast identische Werte.<sup>1)</sup>

1) Der Vollständigkeit halber sei noch auf die Variable „Fragebogenversion“ hingewiesen: Zu Kontrollzwecken waren bei ca. der Hälfte der Pbn die den Fluglärm betreffenden Fragen jeweils vor den entsprechenden Fragen bezüglich Autolärms gestellt worden, während bei der anderen Hälfte der Pbn die Reihenfolge umgekehrt war. Denn es erschien denkbar, daß die Reihenfolge der Fragen die relative Einstufung von Flug- bzw. Autolärm beeinflusste und somit als Moderator wirkte. Die punktbiserialen Korrelationen zwischen der Variable „Fragebogenversion“ einerseits und jenen Variablen andererseits, die Reaktionen auf Flug- bzw. Autolärm beinhalten, weichen jedoch in keinem der Fälle bedeutsam von Null ab.



1785

**4.6.5.3.2 Komplexere Beziehungen zwischen Moderator- und Reaktionsvariablen**

Berechnet man multiple Korrelationen zwischen je einem der Reaktionsfaktorenscores als Kriterium und den 5 Moderator-Faktorenscores als Prädiktoren, so ergeben sich multiple Korrelationskoeffizienten zwischen .14 (für den „Wahrnehmungsfaktor R3“) und .57 (für die „Globalreaktion R1U“) – s. Tab. 4-21.

Die entsprechenden Werte für die anderen Reaktionsvariablen betragen .55 für den „Verärgerungsfaktor R1“, .21 für den „Maßnahmenfaktor R2“ und .40 für den „Folgenfaktor R4“.

Tab. 4-21: Multiple Korrelationen zwischen den 5 Moderator-Faktorenscores einerseits und je einem der Reaktions-Faktorenscores andererseits

	Kriteriumsvariablen:				
	Globalreaktion R1U	Verärgerungsf. R1	Maßnahmenfaktor R2	Wahrnehmungsf. R3	Folgenfaktor R4
multiple Korrelation	57 <sup>a</sup>	55	21	14	40
höchste Prädiktorkriteriums-Einzelkorr.	54 (M2) <sup>b</sup>	52 (M2)	-16 (M2)	-08 (M3)	-34 (M2)

<sup>a</sup> die führende Null und der Dezimalpunkt wurden fortgelassen  
<sup>b</sup> Kurzbezeichnung des jeweilig besten Prädiktors; M2 bedeutet „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ und M3 „Wohndauerfaktor M3“

Mit Ausnahme bezüglich des „Wahrnehmungsfaktors R3“ leistet von den Moderatorvariablen in allen Fällen der „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ den höchsten Beitrag zur Vorhersage der jeweiligen Reaktion.

Vergleicht man die *multiplen* Korrelationen mit den entsprechenden *Einzelkorrelationen*, so ist festzustellen, daß man aus jeweils der besten Moderatorvariable allein die Reaktion annähernd gleich gut wie aus allen 5 Moderatorvariablen zusammen vorhersagen kann (s. Tab. 4-21).

Ähnlich wie beim Vergleich von S-R- mit M-R-*Einzelkorrelationen* ergibt ein entsprechender Vergleich bei den *multiplen* Korrelationen ähnlich hohe Werte für die beiden Beziehungstypen (vgl. die Werte in Tab. 4-16 und Tab. 4-21).

Tab. 4-22: Kanonische Korrelation zwischen den 5 Moderator-Faktorenscores (M1–M5) einerseits und den 4 Reaktions-Faktorenscores (R1–R4) andererseits sowie die kanonischen Ladungen der Variablen (Tertiärdatenniveau)

Kanonische Korrelation: 61 <sup>a</sup>			
Kanonische Ladungen der Variablen im:			
Satz I (Moderatoren)		Satz II (Reaktionen)	
Statusfaktor M1	-22	Verärgerungsfaktor R1	99
Lärmgewöhnbarkeitsfakt. M2	97	Maßnahmenfaktor R2	-43
Wohndauerfaktor M3	-48	Wahrnehmungsfaktor R3	11
Mobilitätsfaktor M4	01	Folgenfaktor R4	-78
Hypochondriefaktor M5	-27		

<sup>a</sup> die führende Null und der Dezimalpunkt wurden fortgelassen

1190

4.6.5.3.2

In den Tabellen 4-22 und 4-23 finden sich kanonische Korrelationen zwischen den Moderatorvariablen einerseits und den Reaktionsvariablen andererseits auf sekundärem und tertiärem Datenniveau.

Tab. 4-23: Kanonische Korrelation zwischen 23 Moderator- und 11 Reaktionsvariablen auf Sekundärdatenniveau sowie die kanonischen Ladungen der Variablen

Kanonische Korrelation: 70<sup>a</sup>  
 Kanonische Ladungen der Variablen im:

Satz I (Moderatoren)		Satz II (Reaktionen)	
Alter	27	wahrg. Häufigkeit FL	26
Wohndauer Ortsteil	28	wahrg. Lautheit FL	13
Wohndauer Haus	24	Erträglichkeit FL	-46
Mobilität	-22	Bindung an die Gegend	-39
Konservatismus	14	Physikal. Folgen FL	28
Abneig. geg. Zivilisation	25	Schmerzen infolge FL	36
Soz. prestige d. berufl. Posit.	06	Kommunikat. störung. inf. FL	26
Einkommen	-07	Störung. Ruhe/Entspann. inf. FL	50
Lebensstandard	12	Physikal. Maßnahmen geg. FL	19
Ausbildung	-11	Soziale Maßnahmen gegen FL	31
WBT-Intelligenz	-01	Störbarkeit durch FL	58
Kritikbereitschaft	18		
Hypochondrie	16		
Labilität	33		
Lärmempfindlichkeit	50		
Lärmgewöhnbarkeit	-61		
Glaube, daß FL schädlich	79		
Wertigkeit des Flugverkehrs	36		
Informiertheit über FL	46		
Aspekt d. Schönen/Bild	-52		
Aspekt d. Harmlosen/Bild	-35		
Bindung an die Wohnung	-05		
Zufr. Verkehrs- u. Einkaufsm.	-14		

<sup>a</sup> die führende Null und der Dezimalpunkt wurden fortgelassen

Die Koeffizienten fallen mit .61 (Tertiärdatenniveau) und .70 (Sekundärdatenniveau) geringfügig höher aus als analoge kanonische Korrelationskoeffizienten für die Beziehungen zwischen mehreren Stimulusvariablen einerseits und mehreren Reaktionsvariablen andererseits. Die Variation der Reaktionen ist also bis zu 49 % aus den-Moderatorvariablen vorher-sagbar.

Bei den kanonischen Ladungen für die beiden genannten M-R-Beziehungen gilt – ähnlich wie oben bezüglich der multiplen M-R-Beziehung ausgeführt –, daß insbesondere jene Moderatorvariablen höhere Ladungen aufweisen, die auf Sekundär- oder Tertiärdatenniveau dem Bereich der Lärmempfindlichkeit bzw. Lärmgewöhnbarkeit zuzuordnen sind (vgl. die Ladungen der Variablen in den Tab. 4-22 und 4-23).

4.6.5.4 Beziehungen zwischen Stimulus-, Moderator- und Reaktionsvariablen (S-M-R-Beziehungen)

Wie in den vorigen Abschnitten gesagt wurde, kann die Reaktionsvariabilität bis zu ca. 45 % jeweils aus den Stimulus- bzw. den Moderatorvariablen allein vorhergesagt werden. Dieser Anteil in der Vorhersagbarkeit steigt z. T. beträchtlich, wenn man Stimulus- und Moderator-

Tab. 4-24: Multiple Korrelationen zwischen je einer der Stimulusvariablen und den 5 Moderator-Faktorscores (M1 – M5) einerseits und je einem der Reaktions-Faktorscores (R1U, R1 – R4) andererseits

Prädiktor-Variablen: M1 bis M5 und		Kriteriums-Variablen: Globalreaktion				
Überflugspegel $\bar{L}_A$	Überflughöhe $D_{10}$	Richthäufigkeit $H_R$	Überflughäufigkeit $H_{81}$	Fluglärm-Bewertungsmaß $FBI$		
RIU	R1U	R1	R2	R3	R4	
74 <sup>a</sup>	67	24	31	48		
-53 <sup>b</sup>	-45	13	-28	30		
54 <sup>c</sup> (M2)	52 (M2)	-16 (M2)	-28 ( $\bar{L}_A$ )	-34 (M2)		
70	63	24	27	47		
44	36	-10	23	-28		
54 (M2)	52 (M2)	-16 (M2)	23 ( $D_{10}$ )	-34 (M2)		
74	68	23	32	48		
-53	-46	10	-30	30		
54 (M2)	52 (M2)	-16 (M2)	-30 ( $H_R$ )	-34 (M2)		
75	68	24	33	48		
-55	-47	.11	-31	31		
-55 ( $H_{81}$ )	52 (M2)	-16 (M2)	-31 ( $H_{81}$ )	-34 (M2)		
75	68	24	33	49		
-56	-47	12	-30	31		
-56 ( $FBI$ )	52 (M2)	-16 (M2)	-30 ( $FBI$ )	-34 (M2)		

a multiple Korrelationen; die führende Null und der Dezimalpunkt wurden hier wie bei b und c fortgelassen  
 b Produktmomentkorrelation zwischen der Stimulus- und der Reaktionsvariable  
 c höchste Einzelkorrelation zwischen einer der Prädiktor-Variablen und der Kriteriums-Variablen; in Klammern dahinter die Kurzbezeichnung des Prädiktors; M2 bedeutet Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2.

2380

variablen gleichzeitig als Prädiktoren berücksichtigt. Berechnet man multiple Korrelationen zwischen je einer der Stimulusvariablen und den 5 Moderator-Faktorenscores einerseits und je einem der Reaktions-Faktorenscores andererseits, so ergeben sich Korrelationskoeffizienten bis .75 (s. Tab. 4-24); bis zu 56 % der Reaktionsvariabilität läßt sich also aus je einer der Stimulusvariablen und den 5 Moderatortertiärvariablen vorhersagen: Dies entspricht einer Steigerung in der Vorhersagegenauigkeit gegenüber multiplen M-R-Beziehungen um 23,8 % und gegenüber multiplen S-R-Beziehungen um 26,0 %.

Der eben angegebene Wert von .75 wird allerdings nur für die „Globalreaktion R1U“ erreicht; betrachtet man die multiplen Korrelationen mit je einem der 4 rotierten Reaktions-Faktorenscores (R1–R4) als Kriteriumsvariable, so variieren die Werte zwischen .23 und .68 (s. Tab. 4-24). Es finden sich hier den in dem Abschnitt über die Stimulus-Reaktions-Beziehungen (4.6.5.2.2) geschilderten entsprechende Relationen bezüglich der verschiedenen Reaktions-Faktorenscores; d. h. die höchsten Werte ergeben sich für den „Verärgierungsfaktor R1“, die zweithöchsten Werte für den „Folgenfaktor R4“, während die beiden anderen Faktoren – nämlich der „Maßnahmenfaktor R2“ wie der „Wahrnehmungsfaktor R3“ – relativ niedrige Werte (.24 bzw. .33 – jeweils bzgl. FB1) ergeben.

Untersucht man die Beziehung danach, welche der Stimulusvariablen die höchsten Werte ergibt, so läßt sich feststellen, daß mit wenigen Ausnahmen das „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ und die „Überflughäufigkeit H<sub>81</sub>“ die höchsten Korrelationen ergeben. Von den Moderatorfaktorvariablen ist in allen Fällen der zweite Faktor, nämlich der „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“, der beste Prädiktor. Diese Variable erbringt auch in fast allen Fällen, mit Ausnahme für den „Wahrnehmungsfaktor R3“, höhere Einzelinterkorrelationen mit der jeweiligen Reaktion als jeder der übrigen Prädiktoren, d. h. als jede der übrigen Moderatorvariablen und die jeweilige Stimulusvariable.

Betrachtet man die Beziehung zwischen dem „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ und den 5 Moderator-Tertiärvariablen einerseits und der „Globalreaktion R1U“ andererseits im einzelnen, so zeigt sich (s. Tab. 4-25), daß das „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ und der

Tab. 4-25: Regressionskoeffizienten, Partialkorrelationen und Prädiktor-Kriteriums-Korrelationen für die multiple Regression mit der „Globalreaktion R1U“ als Kriterium und dem „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ und den 5 Moderator-Faktorenscores (M1–M5) als Prädiktor-Variablen

Prädiktor-Variablen	Regressionskoeffizient <sup>1)</sup>	Partialkorrelat. <sup>2)</sup>	p	Prädiktor-Kriteriums-Korr.
Fluglärm-Bewertungsmaß FB1	-0.05	-60 <sup>a</sup>	0.001	-56 <sup>a</sup>
Statusfaktor M1	0.01	01	0.849	-04
Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2	0.57	58	0.001	54
Wohndauerfaktor M3	-0.11	-16	0.001	-20
Mobilitätsfaktor M4	0.05	07	0.074	09
Hypochondriefaktor M5	-0.10	-13	0.001	-12
Konstante	3.88			

<sup>a</sup> die führende Null und der Dezimalpunkt wurden fortgelassen  
 1) nicht standardisiert  
 2) Prädiktor-Kriteriums-Korrelationen nach Herausparsialisierung der jeweils übrigen Prädiktor-Variablen

3570

„Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ annähernd gleich hohe Partialkorrelationen erbringen – nämlich  $-.60$  bzw.  $.58$  –, während die übrigen Moderatorvariablen nur sehr geringe Partialkorrelationen aufweisen – die höchste ist  $-.16$  für den „Wohndauerfaktor M3“. (Das Gleiche gilt für die Prädiktor-Kriteriums-Korrelationen ohne Herauspriorisierung der übrigen Prädiktoren aus der Beziehung zwischen je einem Prädiktor und dem Kriterium<sup>1)</sup>.)

Komplexere Beziehungen lassen sich mit Hilfe kanonischer Korrelationen darstellen: Die dabei erreichte Steigerung in der Vorhersagegenauigkeit gegenüber den bisher besprochenen multiplen Korrelationen ist jedoch nicht mehr sehr groß; z. B. beträgt die kanonische Korrelation zwischen dem „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ und den 5 Moderator-Tertiärvariablen einerseits sowie den 4 Reaktions-Tertiärvariablen andererseits  $.78$  (s. Tab. 4-26).

Tab. 4-26: Kanonische Korrelation zwischen dem „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ und den 5 Moderator-Faktorenscores (M1–M5) einerseits und den 4 Reaktions-Faktorenscores (R1–R4) andererseits sowie die kanonischen Ladungen der Variablen. (Tertiärdatenniveau)

kanonische Korrelation: $.78^a$			
Kanonische Ladungen der Variablen im:			
Satz I (FB1 u. Moderatorvar.)		Satz II (Reaktionsvar.)	
Fluglärm-Bewertungsmaß FB1	$-.81$	Verärgerungsfaktor R1	$.95$
Statusfaktor M1	$-.02$	Maßnahmefaktor R2	$-.49$
Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2	$.85$	Wahrnehmungsfaktor R3	$.29$
Wohndauerfaktor M3	$-.27$	Folgenfaktor R4	$-.83$
Mobilitätsfaktor M4	$.13$		
Hypochondriefaktor M5	$-.11$		

<sup>a</sup> die führende Null und der Dezimalpunkt wurden fortgelassen

Auch bei dieser Beziehung weisen (neben dem „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“) von den Moderatorvariablen vor allen der „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ hohe kanonische Ladungen auf, sowie von den Reaktionsfaktoren der „Verärgerungsfaktor R1“ und der „Folgenfaktor R4“.

Inhaltlich Ähnliches zeigt sich auch bei kanonischen Analysen auf dem weniger abstrakten Datenniveau der Sekundärvariablen (s. Tab. 4-27).

In einer Analyse, in der die drei Stimulusvariablen „Überflugpegel  $L_A$ “, „Überflugdauer  $D_{10}$ “ und „Richthäufigkeit  $H_R$ “ sowie jene 23 Moderatorvariablen, die der Faktorenanalyse zur Bestimmung der Tertiär-Moderatorvariablen zugrundegelegt wurden, einerseits und jene 11 Reaktionsvariablen, die der Analyse der Tertiär-Reaktionsvariablen zugrunde lagen, andererseits zueinander in Beziehung gesetzt wurden, beträgt die kanonische Korrelation  $.81$ ; es sind also knapp zwei Drittel der Reaktionsvariabilität aus den drei Stimulus- und den 23 Moderatorvariablen 'erklärbar'.

Betrachtet man die kanonischen Ladungen der Variablen im einzelnen, so zeigt sich, daß – abgesehen von den Stimulusvariablen – insbesondere jene Variablen von den Moderatoren hohe kanonische Ladungen aufweisen, die auch hohe Ladungen auf dem zweiten Mode-

1) Die annäherungsweise Gleichheit der einfachen Prädiktor-Kriteriumskorrelationen und der entsprechenden Partialkorrelationen ist nicht verwunderlich, da einerseits die Moderatoren definitionsgemäß nicht oder kaum mit dem „Fluglärmbewertungsmaß FB1“ korrelieren und andererseits die Moderatoren untereinander nur sehr geringe Interkorrelationen aufweisen.

Tab. 4-27: Kanonische Korrelation zwischen drei Stimulusvariablen und 23 Moderatorvariablen einerseits und 11 Reaktionsvariablen andererseits sowie die kanonischen Ladungen der Variablen. (Sekundärdatenniveau)

Kanonische Korrelation: 81<sup>a</sup>

Kanonische Ladungen der Variablen im:

Satz I (Stimulus-, Moderatorvar.)		Satz II (Reaktionsvariablen)	
Überflugpegel $\bar{L}_A$	62	wahrg. Häufigkeit FL	77
Überflugdauer $D_{10}$	-54	wahrg. Lautheit FL	53
Richthäufigkeit $H_R$	65	Erträglichkeit FL	-77
Alter	16	Bindung an die Gegend	-87
Wohndauer Ortsteil	26	Physikal. Folgen FL	70
Wohndauer Haus	22	Schmerzen infolge FL	62
Mobilität	-16	Kommunikat. störung. inf. FL	84
Konservativismus	10	Störung. Ruhe/Entspann. inf. FL	80
Abneig. geg. Zivilisation	18	Physikal. Maßnahmen geg. FL	38
Soz. prestige d. berufl. Posit.	-03	Soziale Maßnahmen gegen FL	56
Einkommen	-14	Störbarkeit durch FL	89
Lebensstandard	10		
Ausbildung	-14		
WBT-Intelligenz	-07		
Kritikbereitschaft	15		
Hypochondrie	12		
Labilität	27		
Lärmempfindlichkeit	34		
Lärmgewöhnbarkeit	-48		
Glaube, daß FL schädlich	61		
Wertigkeit des Flugverkehrs	-33		
Informiertheit über FL	41		
Aspekt d. Schönen/Bild	-49		
Aspekt d. Harmlosen/Bild	-33		
Bindung an die Wohnung	-19		
Zufr. Verkehrs- u. Einkaufsm.	-09		

<sup>a</sup> die führende Null und der Dezimalpunkt wurden fortgelassen

atorfaktor, dem „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“, haben; dementsprechend weisen höhere Ladungen solche Variablen auf wie:

- + „Glaube, daß Fluglärm gesundheitsschädlich ist“
- + die beiden Assoziationsvariablen „Aspekt des Schönen/Flugzeugbild“ und „Aspekt des Harmlosen/Flugzeugbild“
- + „Lärmempfindlichkeit“
- + „Lärmgewöhnbarkeit“ sowie
- + „Wertigkeit des Flugverkehrs“.

Von den Reaktionsvariablen haben Ladungen über .80:

- + „Bindung an die Gegend“
- + „Kommunikationsstörungen infolge Fluglärms“
- + „Störungen von Ruhe und Entspannung infolge Fluglärms“ sowie
- + „Störbarkeit durch Fluglärm“.

Auch die übrigen Reaktionsvariablen haben – mit Ausnahme der Variable „Physikalische Maßnahmen gegen Fluglärm“ – relativ hohe Ladungen.

Neben diesen S-M-R-Korrelationen wurden zusätzlich folgende Beziehungen auf sekundärem und tertiärem Datenniveau bestimmt: kanonische Korrelationen zwischen den Stimuli und den Reaktionsvariablen nach Herauspartialisierung der Moderatoren aus den

1785

Reaktionen („bereinigte“ Reaktionen) sowie kanonische Korrelationen zwischen den Moderatoren und den Reaktionen nach Herauspartialisierung der Stimuli aus den Reaktionen; letztere Korrelationen geben also den Zusammenhang zwischen Moderatoren und Reaktionen (‘bereinigte’ Reaktionen) sowie kanonische Korrelationen zwischen den in 4.5.1.) Die Ergebnisse dieser Analysen sind in den Tabellen 4-28 und 4-29 zusammengefaßt.1)

Tab. 4-28: Kanonische Korrelationen für verschiedene Beziehungstypen – berechnet anhand von Sekundärvariablen: neben den drei Stimulusvariablen Überflugpegel  $L_A$ , Mittlere Überflugdauer  $D_{10}$  und Richthäufigkeit  $H_R$  (3S) wurden die 23 in 4.6.4.2. beschriebenen Moderatorvariablen (23M) sowie die 11 in 4.6.4.3 beschriebenen Reaktionsvariablen (11R) verrechnet.  
(Bei den Korrelationskoeffizienten wurden die führende Null und der Dezimalpunkt fortgelassen.)

Art der Beziehung <sup>1)</sup>				
$3S+23M = 11R$	$3S = 11R$	$23M = 11R$	$3S = (11R-23M)$	$23M = (11R-3S)$
81	67	70	64	71

1) Die Kurzbezeichnungen sind wie folgt zu verstehen: links vom Gleichheitszeichen sind die Variablen des ersten Variablenatzes aufgeführt, rechts die des zweiten; das Minuszeichen bedeutet Herauspartialisierung der rechts neben dem „-“ aufgeführten Variablen aus den links vom stehenden

Tab. 4-29: Kanonische Korrelationen für verschiedene Beziehungstypen – berechnet anhand von Tertiärvariablen: neben den drei Stimulusvariablen Mittlerer Überflugpegel  $L_A$ , Mittlere Überflugdauer  $D_{10}$  und Richthäufigkeit  $H_R$  (3S) wurden die 5 in 4.6.4.2. beschriebenen Moderator-Faktorenscores (5M) sowie die 4 in 4.6.4.3 beschriebenen Reaktions-Faktorenscores (4R) verrechnet.  
(Bei den Korrelationskoeffizienten wurden die führende Null und der Dezimalpunkt fortgelassen.)

Art der Beziehung <sup>1)</sup>				
$3S+5M = 4R$	$3S = 4R$	$5M = 4R$	$3S = (4R-5M)$	$5M = (4R-3S)$
78	58	61	61	65

1) vgl. Anmerkung 1) zu Tabelle 4-28

**4.6.5.5 Faktormodell zur ‘Erklärung’ der Reaktion aus Moderatoren und Stimulusvariablen**

Die oben geschilderten Beziehungen zwischen den Stimulus-, Moderator- und Reaktionsvariablen (S-M-R-Beziehungen) lassen erwarten, daß die Reaktionsvariabilität im wesentlichen zwei Komponenten beinhaltet: eine Stimuluskomponente sowie eine Moderator-

1) Weitgehend parallel zu den oben als einfache, multiple bzw. kanonische Korrelationen dargestellten S-M-R-Beziehungen wurde eine Reihe verschiedener uni- und multivariater Varianzanalysen mit solchen Faktoren wie Sets, subjektiver Beeinträchtigung (4 oder 2 hinsichtlich der „Globalreaktion RIU“ gebildete Klassen), Geschlecht usw. durchgeführt, wobei teilweise verschiedene Variablen als Kovariate benutzt wurden.  
Da die Ergebnisse dieser Analysen gegenüber den oben geschilderten korrelativen Beziehungen keine wesentlich neuen Informationen erbrachten, wird auf eine Darstellung dieser Analysen hier verzichtet.

44202

4.6.5.5

komponente, die im wesentlichen durch den „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ repräsentiert wird. Folglich ist zu erwarten, daß in Faktorenanalysen, in denen Stimulus- und Reaktionsvariablen sowie jene Moderatorvariablen, welche eine nennenswerte Ladung bezüglich des „Lärmgewöhnbarkeitsfaktors M2“ haben, verrechnet werden, ein Zwei-Faktor-Modell die Daten hinlänglich beschreibt bzw. 'erklärt'.

Zur Überprüfung wurden verschiedene Analysen mit unterschiedlich breit definierten Variablensätzen durchgeführt<sup>1)</sup>.

Von diesen Analysen sollen hier nur jene mit der breitesten und jene mit der engsten Variablenauswahl kurz dargestellt werden: Im ersteren Fall (30 Variablen) handelt es sich um eine Analyse mit 5 Stimulusvariablen, 10 Moderatorvariablen, 12 Reaktionsvariablen sowie mit jenen 3 Variablen („Furcht vor Flugzeugen“, „Aspekt des Bedrohlichen/Flugzeugbild“ und „Aspekt des Störenden/Flugzeugbild“), die wegen unklarer Klassifizierung weder den Moderator- noch den Reaktionsvariablen zugeordnet worden waren (vgl. 4.6.4.1); bei den Reaktionsvariablen wurden neben den Sekundärvariablen auch die entsprechende Tertiärvariable – „Globalreaktion R1U“ – und analog bei den Moderatorvariablen der „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ neben den entsprechenden Sekundärvariablen berücksichtigt.

Im Falle der engsten Variablenauswahl wurden lediglich das „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“, der „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ sowie die „Globalreaktion R1U“ berücksichtigt. In den Tabellen 4-30 und 4-31 sind für beide Analysen die Varimaxlösung für zwei Faktoren dargestellt; Abbildung 4-5 veranschaulicht die umfassendere der beiden Analysen.

Beide Analysen zeigen – wie erwartet –, daß die Reaktionsvariablen relativ gut als Resultante der zwei Komponenten 'Stimulus' (Faktor I) und 'Lärmgewöhnbarkeit' (Faktor II) dargestellt werden können: Stimulus- und Moderatorvariablen haben jeweils eine hohe Ladung auf dem einen und eine niedrige Ladung auf dem anderen Faktor, während die Reaktionsvariablen (z. B. die „Globalreaktion R1U, die „Störbarkeit durch Fluglärm“ oder „Störungen von Ruhe und Entspannung infolge Fluglärms“ oder „Kommunikationsstörungen infolge Fluglärms“) auf beiden Faktoren annähernd gleich hohe Ladungen aufweisen<sup>2)</sup>.

Allerdings sollte betont werden, daß ein solches Zweikomponentenmodell eher im deskriptiven als im erklärenden Sinne zu verstehen ist; denn sieht man einmal von der generellen Faktor-Deutungsproblematik (vgl. dazu etwa PAWLIK, 1968) ab, so müssen in diesem besonderen Anwendungsfalle mindestens zwei weitere Einschränkungen beachtet werden:

- 1.) Daß die Stimulus- und Moderatorvariablen auf jeweils nur einem der beiden Faktoren eine hohe Ladung aufweisen, die Reaktionsvariablen hingegen auf beiden Faktoren laden, ist u. a. eine Folge der oben in 4.1.3.1 eingeführten Moderatordefinition<sup>3)</sup> sowie der gezielt vorgenommenen Variablenauswahl.
- 2.) Wie im nächsten Abschnitt (4.6.6) an verschiedenen Beispielen auszuführen ist, verändern sich die Variablenbeziehungen in verschiedenen Subgruppen der Gesamtstichprobe. Faktorenanalysen der Daten aufgrund der Gesamtstichprobe ermöglichen also nur eine vergrößernde Deskription.

1) In allen Fällen wurden Analysen nach der Hauptachsenmethode (mit Einsen in der Hauptdiagonale der Interkorrelationsmatrix) sowie anschließende Varimaxrotationen durchgeführt.

2) Daß die Summe der Ladungsquadrate ( $h^2$ ) sowohl der Moderator- als auch der Reaktionsvariablen z. T. relativ gering ausfallen, ist darauf zurückzuführen, daß einige der Variablen auf weiteren mehr oder weniger variablenspezifischen Faktoren noch höhere Ladungen aufweisen.

3) Als Moderatorvariablen wurden jene Variablen aufgefaßt, die – ohne selbst bedeutsam mit dem Stimulus zu korrelieren – einen Beitrag zur Vorhersage der Reaktionsvariablen leisten.



Tab. 4-30: Faktorenanalyse von 5 Stimulus-, 12 Reaktions-, 10 Moderator- und 3 weiteren Variablen (Varimaxlösung für zwei Faktoren)

Variable: Abk.	Kurzname	Faktor:		h <sup>2</sup>
		I	II	
<i>FB1</i>	<i>Fluglärm-Bewertungsmaß FB1</i>	95 <sup>a</sup>	-07	91
LA	Mittlerer Überflugpegel LA	92	-08	85
D <sub>10</sub>	Mittlere Überflugdauer D <sub>10</sub>	-81	10	67
H <sub>R</sub>	Richthäufigkeit H <sub>R</sub>	91	-07	82
H <sub>81</sub>	Überflughäufigkeit H <sub>81</sub>	94	-07	89
<i>RIU</i>	<i>Globalreaktion RIU</i>	-71	-63	90
HFL	wahrgenommene Häufigkeit FL	58	30	42
LFL	wahrgenommene Lautheit FL	40	17	19
EFL	Erträglichkeit Fluglärm	-47	-50	47
BDG	Bindung an die Gegend	-58	-33	44
PHF FL	Physikalische Folgen von FL	54	36	42
SCHM FL	Schmerzen infolge Fluglärms	39	44	34
KOMM FL	Kommunikat.Störungen infolge FL	68	32	56
RUHE FL	Stör.Ruhe/Entspannung infolge FL	52	65	69
PHYM	Physikal. Maßnahmen gegen FL	24	25	12
SOMA	Soziale Maßnahmen gegen FL	32	30	20
SF	Störbarkeit durch Fluglärm	53	67	74
<i>M2</i>	<i>Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2</i>	-08	-89	79
ZIV	Abneigung geg. Zivilisation u. Techn.	-04	45	20
KRIT	Kritikbereitschaft	-09	30	10
LE	Lärmempfindlichkeit	-03	54	29
LG	Lärmgewöhnbarkeit	-00	-55	30
GF	Glaube, daß FL gesundheitsschäd.	12	66	45
WF	Wertigkeit des Flugverkehrs	-11	-46	22
INFL	Informiertheit über FL	19	26	11
ASCH	Aspekt des Schönen/Flugzeugbild	-13	-36	15
AHAR	Aspekt des Harmlosen/Flugzeugbild	-04	-33	11
ABED	Aspekt des Bedrohlichen/Flugz.bild	22	58	39
AST	Aspekt des Störenden/Flugzeugbild	29	57	40
FF	Furcht vor Flugzeugen	21	55	34

<sup>a</sup> die führende Null und der Dezimalpunkt wurden fortgelassen

Tab. 4-31.: Faktorenlösung für die drei Variablen: Fluglärm-Bewertungsmaß FB1, Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2, Globalreaktion RIU. (Varimaxlösung)

Variable:	Faktor I	Faktor II	h <sup>2</sup>
Fluglärm-Bewertungsmaß FB1	97 <sup>a</sup>	00	93
Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2	-02	-97	94
Globalreaktion RIU	-67	-63	86

<sup>a</sup> die führende Null und der Dezimalpunkt wurden fortgelassen

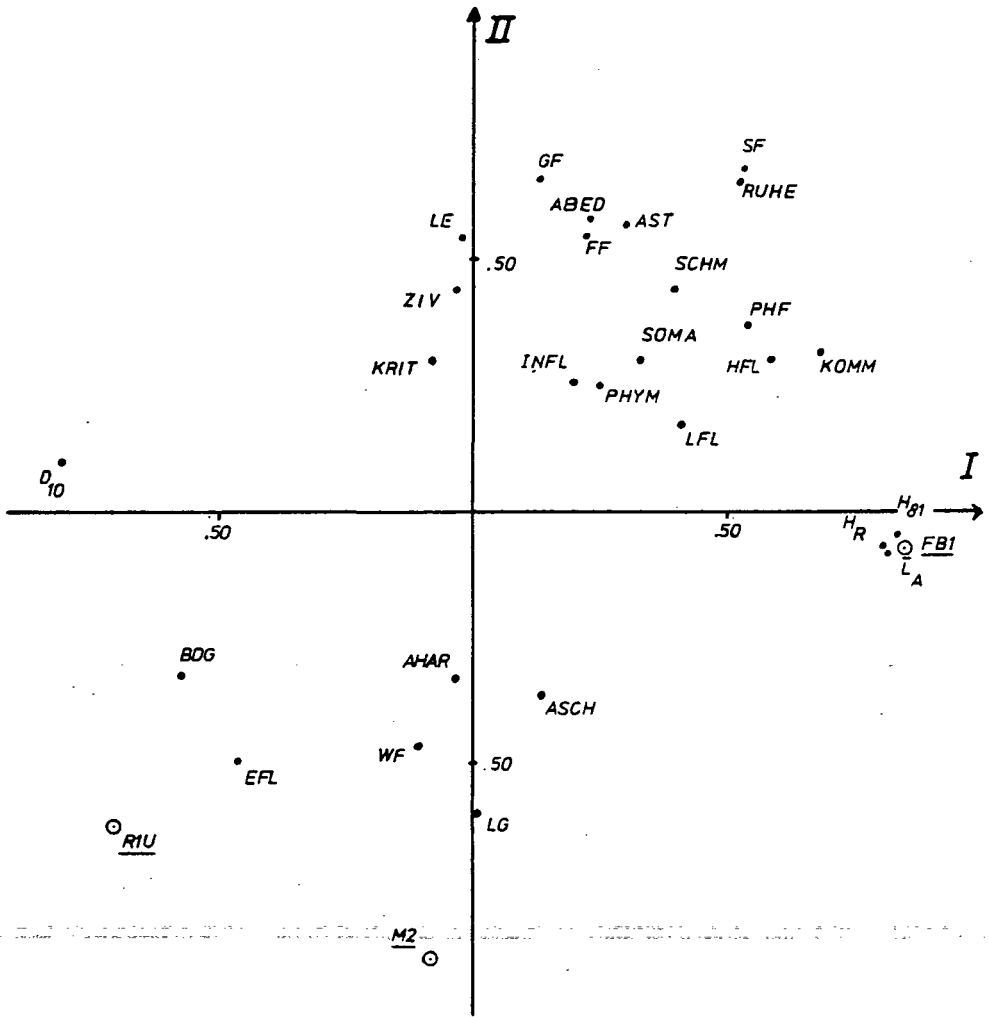


Abbildung 4-5: Zwei-Faktorlösung für Stimulus-, Moderator- und Reaktionsvariablen  
(Zu den Variablen-Abkürzungen: s. Tab. 4-30)

(Auf eine Diskussion verschiedener Modellvorstellungen im weiteren Sinne bezüglich der Auswirkungen von Fluglärm auf den Menschen soll hier verzichtet werden. In 8.5.5. werden hierzu verschiedene Möglichkeiten diskutiert. Auch auf die Frage möglicher Wirkungsketten – etwa i. S. der Pfadanalyse – wird dort eingegangen werden, wobei es in stärkerem Maße als in einem sektionsspezifischen Kapitel möglich ist, sektionsübergreifende Variablenzusammenhänge zu untersuchen. – Bezüglich eines möglichen einfachen Modells für das Zusammenwirken des Stimulus und des hier betrachteten wichtigsten Moderators „Lärmgewöhnbarkeitsfaktors M2“ siehe auch 4.6.6.4.2.)

#### 4.6.5.6 Zusammenfassung der Analysen der Beziehungen zwischen Stimulus-, Moderator- und Reaktionsvariablen (4.6.5)

Im folgenden sollen die Ergebnisse der Analysen der Beziehungen zwischen Stimulus-, Moderator- und Reaktionsvariablen kurz zusammengefaßt werden:

- 1.) ca. 65 % der Varianz in den Reaktionen ist durch die Stimulus- und Moderatorvariablen 'erklärbar' bzw. vorhersagbar (die Prozentangabe bezieht sich hier wie im folgenden auf die kanonischen Beziehungen für Sekundärdaten).
- 2.) Die Stimulusvariablen und die Moderatorvariablen eignen sich – jeweils für sich betrachtet – annähernd gleich gut zur Vorhersage der Reaktion: ca. 45 % der Varianz in den Reaktionen ist jeweils aus den Stimulus- bzw. Moderatorvariablen vorhersagbar.
- 3.) Jene Variablen, die direkten thematischen Bezug zum Lärm allgemein (wie z. B. „Lärmempfindlichkeit“ oder „Lärmgewöhnbarkeit“) oder zum Flugverkehr oder Fluglärm (wie z. B. „Glaube, daß Fluglärm gesundheitsschädlich ist“, „Wertigkeit des Flugverkehrs“ oder „Informiertheit über Fluglärm durch die Massenmedien“) haben, sind die wirksamsten Moderatoren: d. h. diese Variablen tragen neben den Stimulusvariablen am meisten zur Vorhersage der Reaktionen bei.
- 4.) Ein Zwei-Komponenten- (bzw. Zwei-Faktor-) Modell eignet sich recht gut zur Beschreibung der Beziehungen zwischen Stimulus-, Moderator- und Reaktionsvariablen; die Reaktionen sind darstellbar als Resultante einer 'Stimulus-Komponente' und einer 'Moderator-Komponente', welche die in 3.) genannten Variablen umfaßt.
- 5.) Bei ein und demselben Grad von Fluglärm bzw. bei konstanter Stimulussituation variieren die Reaktionen noch beträchtlich. Daher erscheint es problematisch, eine kritische Lärmgrenze anzugeben, ab der der Fluglärm als unerträglich empfunden wird. Mit dieser Einschränkung läßt sich jedoch sagen, daß – zumindest bei einigen Variablen wie z. B. „Erträglichkeit Fluglärm“ – ein gewisser Sprung zwischen den beiden mittleren Sets B und C zu verzeichnen ist.

#### 4.6.6. Subgruppenanalysen

##### 4.6.6.1 Vorbemerkung

Während in den bisherigen Abschnitten (4.6.5.2 bis 4.6.5.5) *allgemeine* – d. h. auf die Daten der *Gesamtstichprobe* bezogene – Beziehungen der Reaktionsvariablen zu anderen Variablen geschildert wurden, sollen im folgenden analoge Beziehungen jeweils getrennt für verschiedene *Subgruppen* der Gesamtstichprobe dargestellt werden.

Die Unterteilung der Gesamtstichprobe in verschiedene Subgruppen erfolgt dabei jeweils in Hinblick auf eine Variable, von der angenommen wird, daß sie einen moderierenden Effekt im engeren statistischen Sinne hat: d. h. es wird vermutet, daß die Beziehungen der Reaktionsvariablen zu anderen Variablen bei Pbn mit unterschiedlicher Ausprägung in jener Variable, nach der die Unterteilung der Gesamtstichprobe vorgenommen wurde, unterschiedlich sind.

#### 4.6.6.2. Zum Einfluß der Kontrollvariablen „Stunden außer Haus“ und „Lärm am Arbeitsplatz“

Eine mögliche Erklärung für die große Varianz in den Reaktionen auf Fluglärm bei konstanter Belärmung bzw. für die keineswegs perfekte Korrelation zwischen Fluglärmmaßen und den Reaktionen auf Fluglärm bestünde – einmal abgesehen von den in 4.6.5 genannten Moderatorvariablen – darin, daß die Pbn einen unterschiedlich großen Teil ihrer Zeit außerhalb jenes Gebietes verbringen, für das die Fluglärmessung durchgeführt wurde, und/oder darin, daß sie in unterschiedlich starkem Maße sonstigem Lärm ausgesetzt sind und daher in unterschiedlichem Maße an Lärm gewöhnt oder aber gegenüber Lärm sensibilisiert sind.

Zwar liegen keine exakten Informationen darüber vor, wo und wie lange sich die Pbn aufhalten und welchem Lärm sie dort jeweils ausgesetzt sind; die beiden Variablen „Stunden außer Haus“ und „Lärm am Arbeitsplatz“ können hier jedoch einige – wenn auch nur indirekte – Aufschlüsse geben.

Zunächst zum Einfluß der Variable „Stunden außer Haus“ (Frage Nr. 11 im Fragebogen): Denkbar wäre, daß Pbn, die sich aus beruflichen Gründen längere Zeit außerhalb ihrer Wohnung aufhalten, sich im Vergleich zu Pbn, für die dieses weniger gilt, von Fluglärm weniger betroffen fühlen und damit weniger negativ auf Fluglärm reagieren; denkbar wäre auch, daß die in der Nähe der Wohnung durchgeführten Fluglärmessungen für die Fluglärmbelastung von Pbn, die sich unterschiedlich lange Zeit von ihrem Zuhause entfernen, unterschiedlich charakteristisch sind, wodurch in verschiedenen, nach der außer Haus verbrachten Zeit gebildeten Untergruppen unterschiedlich enge Stimulus-Reaktions-Beziehungen resultieren könnten.

Da sich die entsprechende Frage nur auf „Stunden außer Haus“ *infolge Berufstätigkeit* bezieht, konnte der Einfluß dieser Variable auch nur in Hinblick auf die (voll oder teilweise) berufstätigen Pbn (N = 440) untersucht werden.

Zunächst wurden die Reaktionen auf Fluglärm von berufstätigen Pbn, die sich unterschiedlich lange wegen ihrer Berufstätigkeit außer Haus aufhalten, untereinander verglichen; die entsprechenden Vergleiche erbrachten keine oder nur geringfügig ausgeprägte Zusammenhänge zwischen der außer Haus verbrachten Zeit und den Reaktionen auf Fluglärm: Unterteilt man etwa die 440 berufstätigen Pbn in jene 198, die bis 49 Stunden, und jene 242, die 50 Stunden und länger außer Haus sind, einerseits und nach ihren Werten in der „Globalreaktion R1U“ in Fluglärm-Beeinträchtigte ( $R1U < 0$ ; N = 201) und Nicht-Beeinträchtigte ( $R1U \geq 0$ ; N = 239) andererseits und berechnet eine Vierfelderkorrelation ( $\phi$ ), so zeigt sich keinerlei Zusammenhang zwischen diesen beiden Klassifikationsgesichtspunkten; der entsprechende Koeffizient beträgt  $\phi = .06$ . (Analoge Ergebnisse ergeben sich bei differenzierterer Betrachtung der beiden Variablen.)

Die Zahl der Stunden, die die Pbn außer Haus verbringen, steht also anscheinend in keinem bedeutsamen Zusammenhang zu den Reaktionen auf Fluglärm.

Ebenso wenig läßt sich ein Effekt der Anzahl der wegen Berufstätigkeit außer Haus verbrachten Stunden auf die Enge der Beziehung zwischen Stimulus und Reaktionen nachweisen:

Berechnet man jeweils getrennt für verschiedene – nach der Zahl der außer Haus verbrachten Stunden gebildete – Untergruppen der Berufstätigen Korrelationen zwischen den Stimulus- und Reaktionsvariablen, so unterscheiden sich die Koeffizienten in den verschiedenen Untergruppen kaum: So beträgt etwa die Korrelation zwischen dem „Fluglärmmaß FB“ und der „Globalreaktion R1U“ bei der Gruppe der Berufstätigen, die bis zu 39 Stunden außer Haus sind,  $r = -.58$ ; die entsprechenden Werte für die Gruppen jener, die zwischen 40 und 59 Stunden bzw. 60 Stunden und mehr außer Haus sind, betragen  $r = -.57$  bzw.  $r = -.511$ .

1) Auch der entsprechende Wert bei den *Nicht*-Berufstätigen ist mit  $r = -.54$  kaum von denen in den anderen Gruppen verschieden.

Die Ergebnisse bezüglich des Einflusses der außer Haus verbrachten Stunden könnte man vielleicht dahingehend zusammenfassend interpretieren, daß für das Fluglärm-Erleben der Pbn in erster Linie jener Grad von Fluglärm entscheidend ist, dem die Pbn zuhause – also etwa während des Feierabends – ausgesetzt sind. Eine solche Interpretation ist jedoch insofern sehr spekulativ, als sich die Frage Nr. 11 lediglich auf „Stunden außer Haus“ infolge *Berufstätigkeit* bezieht und somit nicht erfaßt wird, wie lange sich die Pbn aus sonstigen Gründen außerhalb jenes Bereiches befinden, für den die ihnen zugeordnete Fluglärmmessung durchgeführt wurde und welchem Lärm sie dort ausgesetzt sind. (Eine genauere Erfassung der in diesen letztgenannten Fragen angesprochenen Tatbestände wäre außerordentlich aufwendig gewesen. Die oben formulierte Interpretation könnte daher vermutlich nur in einer gezielten Studie auf ihre Gültigkeit untersucht werden.) Zum Einfluß der Variable „Lärm am Arbeitsplatz“: In der Frage Nr. 37 im Fragebogen sollten die Pbn auf einer 5-stufigen Skala (1 : „nicht laut“; 5: „sehr laut“) die durchschnittliche Lautheit ihres täglichen Arbeitsplatzes einstufen.<sup>1)</sup>

Unterteilt man die Pbn in drei Gruppen – und zwar in jene, die den Lärm an ihrem Arbeitsplatz als wenig oder nicht laut, und in jene, die ihn als mittelmäßig laut, sowie in jene, die ihn als ziemlich oder sehr laut einstufen – und berechnet für jede dieser drei Gruppen getrennt Korrelationen zwischen Stimulus- und Reaktionsvariablen, so ergeben sich Koeffizienten von annähernd gleicher Höhe: so betragen die Korrelationen zwischen dem „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ und der „Globalreaktion RIU“ für die drei Gruppen (in der oben genannten Reihenfolge)  $r = -.57$  bzw.  $-.51$  bzw.  $-.57$ . In der Gruppe, die den Lärm am Arbeitsplatz als mittelmäßig laut einstuft, ist also die Stimulus-Reaktions-Beziehung etwas weniger eng als in den beiden anderen Gruppen. Diese Korrelationen unterscheiden sich jedoch zu wenig, als daß die Unterschiede zwischen ihnen als bedeutsam angesehen werden könnten. (Auch hier gilt, daß die genauere Erfassung der sonstigen Lärmbelastung sowie die Untersuchung ihres Einflusses auf die Beziehung zwischen dem Grad des Fluglärms und den Reaktionen im Rahmen dieser Untersuchung kaum hinreichend durchgeführt werden konnte; auch diese Frage müßte in einer gesonderten Studie gezielt untersucht werden.)

#### 4.6.6.3 Zum Einfluß der Wohnungseigentumsverhältnisse

Es erscheint denkbar, daß die Stimulus-Reaktions-Beziehung davon beeinflusst wird, ob die durch Fluglärm Betroffenen durch Eigentum an eine bestimmte Wohngegend – z.B. in Flughafennähe – mehr oder weniger gebunden sind oder aber als Mieter eher eine Chance sehen, eine Wohngegend, wenn sie ihnen nicht mehr zusagt, zu wechseln. Zwei gegenläufige Hypothesen wären möglich:

- 1.) Eigentümer mögen geneigt sein, ihre einmal getroffene Entscheidung (Erwerb des Eigentums) zu verteidigen und daher die negativen Auswirkungen des Fluglärms herabzuspielen. Dieses könnte zur Folge haben, daß Eigentümer im Vergleich zu Mietern (1) weniger negativ auf Fluglärm reagieren und (2) darüber hinaus geneigt sind, ihre subjektive Beeinträchtigung durch Fluglärm relativ unabhängig vom Grad der objektiven Lärmbelastung einzustufen; letzteres müßte sich in einer niedrigeren S-R-Korrelation bei Eigentümern im Vergleich zu jener bei Mietern niederschlagen.
- 2.) Andererseits erscheint es durchaus plausibel, daß Eigentümer sensitiver gegenüber Störungen in ihrer Wohnumwelt sind – z. B., weil sie eine durch negative Umweltfaktoren bedingte Wertminderung ihres Eigentums einkalkulieren. Demgegenüber mag für Mieter das Problem nicht so wichtig sein, da sie eher Möglichkeiten zum Fortzug aus der Gegend sehen. Bei Gültigkeit dieser Vermutung müßte man erwarten, (1) daß Eigen-

1) Diese Frage war versuchsweise in den Fragebogen aufgenommen worden, um die sonstige Lärmbelastung der Pbn wenigstens grob abschätzen zu können.

4165

### 4.6.6.3

tümer im Vergleich zu Mietern auf Fluglärm stärker negativ reagieren, und möglicherweise darüber hinaus, (2) daß die S-R-Beziehung für Eigentümer im Vergleich zu Mietern enger ist.

Vor der Betrachtung der S-R-Beziehungen bei Eigentümern und Mietern sollen zunächst die Reaktionen bei Mietern und Eigentümern verglichen werden: 42.1 % der Eigentümer sind im Vergleich zu nur 22.1 % der Mieter der Ansicht, daß der Fluglärm alles in allem *nicht* mehr erträglich ist (die entsprechende Vierfelder-Korrelation zwischen der „Erträglichkeit Fluglärm“ und der Mieter-Eigentümer-Klassifikation beträgt  $\phi = -.21$ ;  $p < .001$ ). Dieses Ergebnis entspricht also eher der zweiten Hypothese.

Betrachtet man nun die S-R-Beziehungen für Mieter und Eigentümer, so lassen sich keinerlei bedeutsame Unterschiede in der Höhe der Stimulus-Reaktions-Interkorrelationen feststellen: Erstellt man etwa – getrennt für die Mieter und die Untermieter einerseits und die Wohnungs- und Hauseigentümer andererseits – verschiedene Kreuztabellen mit den 4 Sets als einem Klassifikationsgesichtspunkt und der „Erträglichkeit Fluglärm“ als anderem, und berechnet anschließend Kontingenzkoeffizienten, so weisen die Ergebnisse keinerlei Unterschiede in der Höhe der erzielten Koeffizienten zwischen Mietern und Eigentümern auf: Selbst wenn man nur die beiden äußeren Sets A und D berücksichtigt und zur „Erträglichkeit Fluglärm“ in Beziehung setzt, sind die resultierenden Vierfelder-Korrelationskoeffizienten für Mieter mit .47 und für Eigentümer mit .48 nahezu identisch.

Keine der oben angeführten Hypothesen bezüglich unterschiedlicher S-R-Beziehungen bei Mietern und Eigentümern läßt sich also bestätigen.

### 4.6.6.4 Unterteilung nach Stimulusvariablen

#### 4.6.6.4.1 Moderator-Reaktions-Beziehungen für verschiedene Grade des Stimulus

In den Anfangsabschnitten war die Hypothese formuliert worden, daß der Einfluß der Moderatorvariablen auf die Reaktion sich mit unterschiedlicher Belärmung verändert; es wurde vermutet, daß der Einfluß der Moderatoren bei mittlerer Belärmung am stärksten ist, während er bei sehr starker oder sehr geringer Belärmung relativ niedrig ist. Dahinter stand folgende Überlegung: Es ist anzunehmen, daß bei verschiedenen Pbn die Schwelle für Verärgerung durch Fluglärm unterschiedlich ist; wenn der Fluglärm relativ niedrig ist und den Grundlärm praktisch nicht übersteigt, so wäre anzunehmen, daß diese Schwelle bei fast allen Pbn noch nicht überschritten ist, d. h. fast alle Pbn müßten ähnliche Reaktionen zeigen; analog könnte man annehmen, daß bei sehr hohen Graden der Flugbelärmung die Verärgerungsschwelle bei fast allen Pbn überschritten wird und dementsprechend eine ähnlich starke Verärgerung bei fast allen Pbn auftritt.

Bei mittleren Lärmgraden hingegen dürfte die Verärgerungsschwelle bei einem Teil der Pbn überschritten und bei einem anderen Teil noch nicht erreicht sein.

Wenn man nun ferner annimmt, daß die Moderatoren u. a. Ausdruck dieser Verärgerungsschwelle sind – dies erscheint insbesondere im Hinblick auf die Lärmempfindlichkeit, die ja ihrerseits mit den Stimulusvariablen nicht korreliert, plausibel –, so müßte sich eine umgekehrt U-förmige Beziehung ergeben, wenn man die Korrelation zwischen den Moderatorvariablen einerseits und den Reaktionsvariablen andererseits hinsichtlich einer der Stimulusvariablen abträgt.

Zur Untersuchung dieser Hypothese wurden die Pbn nach den 4 Sets aufgeteilt und für jede dieser Gruppen getrennte Analysen für die Beziehung zwischen Moderatoren und Reaktionen bestimmt. Dabei ergab sich jedoch eine der Hypothese widersprechende Tendenz (s. die Tabellen 4-32 bis 4-34, insbesondere 4-33):

1190

Tab. 4-32: Multiple Korrelationen zwischen je einer Stimulusvariable und den 5 Moderator-Faktorenscores (M1-M5) einerseits und je einem der Reaktions-Faktorenscores (R1U, R1-R4) andererseits (pro Set und die Gesamtstichprobe). F-Tests zum Vergleich der Fehlerquadratsumme aufgrund der gemeinsamen Regression und aufgrund der getrennten Regressionen pro Set

Prädiktoren: 5 Moderatorvariablen und:		Kriterium:				
		Global- reakt. R1U	Verärge- rungs- f. R1	Maßnah- menf. R2	Wahrneh- mungs- f. R3	Folgen- faktor R4
Überflugpegel $\bar{L}_A$	Set A	60 <sup>a</sup>	58	26	34	38
	Set B	56	50	12	30	37
	Set C	66	59	25	16	45
	Set D	75	65	41	24	50
	S-Ges.	74	67	24	31	48
	F-Test <sup>b</sup>	3.46	1.33	1.53	2.52	2.37
Überflugdauer $D_{10}$	Set A	56	55	28	28	40
	Set B	54	49	12	28	37
	Set C	66	59	25	15	47
	Set D	75	66	38	23	51
	S-Ges.	70	63	23	27	47
	F-Test	6.96	3.89	1.50	2.63	2.98
Richthäufigkeit $H_R$	Set A	61	65	26	28	39
	Set B	58	50	12	29	39
	Set C	66	60	25	20	45
	Set D	76	66	40	27	50
	S-Ges.	74	68	23	32	48
	F-Test	4.20	2.21	1.59	1.73	2.79
Überflughäufigkeit $H_{81}$	Set A	62	64	26	29	38
	Set B	56	49	13	30	38
	Set C	66	59	25	18	45
	Set D	76	66	39	23	50
	S-Ges.	75	68	24	33	49
	F-Test	2.74	1.61	1.55	1.55	2.36

<sup>a</sup> die führende Null und der Dezimalpunkt wurden bei den multiplen Korrelationskoeffizienten fortgelassen  
<sup>b</sup> mit  $df = 21; 632; F_{\alpha} = .01 \sim 1.97$

Tab. 4-33: Multiple Korrelationen zwischen den 5 Moderator-Faktorenscores einerseits und je einem der Reaktions-Faktorenscores andererseits (pro Set und die Gesamtstichprobe) F-Test zum Vergleich der Fehlerquadratsumme aufgrund der gemeinsamen Regression und aufgrund der getrennten Regressionen pro Set

Daten	Kriteriums-Variable:				
	Global- reakt. R1U	Verärge- rungs- f. R1	Maßnah- menf. R2	Wahrneh- mungs- f. R3	Folgen- faktor R4
Set A	56 <sup>a</sup>	55	26	28	38
Set B	53	47	12	28	37
Set C	66	59	25	15	45
Set D	75	65	38	22	50
S-Gesamt	57	55	22	14	40
F-Test <sup>b</sup>	21,49	10.35	2.00	5.30	6.14

<sup>a</sup> Die führende Null und der Dezimalpunkt wurden bei den Korrelationskoeffizienten fortgelassen.  
<sup>b</sup> mit  $df = 18; 636. F_{\alpha} = .01 \approx 1.97$

2380

4.6.6.4.1

Einen je größeren Belärmungsgrad ein Set repräsentiert, desto enger ist der Zusammenhang zwischen den Moderatorvariablen einerseits und den Reaktionsvariablen andererseits; während im unbelärmtesten Set A die einfache Korrelation zwischen dem „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ und der „Globalreaktion R1U“  $r = .41$  beträgt, findet sich im belärmtesten Set D eine Korrelation von  $r = .74$  (Standardfehler der Differenz:  $s = .112$ ; Irrtumswahrscheinlichkeit:  $p < .001$ ).  
 Gleichzeitig sinkt die Interkorrelation zwischen dem „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ und der „Globalreaktion R1U“ von  $r = -.37$  im unbelärmtesten Set A auf  $r = -.09$  im belärmtesten Set D ( $p < .005$ ).

Tab. 4-34: Multiple Korrelationen zwischen Mittlerem Überflugpegel  $\bar{L}_A$ , Mittlerer Überflugdauer  $D_{10}$  und der Richthäufigkeit  $H_R$  als Prädiktor-Variablen und je einem der Reaktionsfaktorscores als Kriteriums-Variable (pro Set und für die Gesamtstichprobe). F-Tests zum Vergleich der Fehlerquadratsumme aufgrund der gemeinsamen Regression und aufgrund der getrennten Regressionen pro Set.

Daten	Kriteriums-Variable:				
	Globalreakt. R1U	Verärgेरungsf. R1	Maßnahmenf. R2	Wahrnehmungsf. R3	Folgenfaktor R4
Set A	41 <sup>a</sup>	42	15	25	28
Set B	18	21	04	17	20
Set C	12	15	14	14	18
Set D	15	11	21	15	11
S-Gesamt	55	47	13	30	32
F-Test <sup>b</sup>	1.48	1.25	1.53	2.20	2.52

<sup>a</sup> Die führende Null und der Dezimalpunkt wurden bei den Korrelationskoeffizienten fortgelassen.  
<sup>b</sup> mit  $df = 12; 644$ .  $F_{\alpha=.01} \approx 2.27$

Entgegen der erwarteten umgekehrten U-Beziehung zwischen der Moderator-Reaktionskorrelation einerseits und den 4 Belärmungsgraden (Sets) andererseits findet sich also ein monotoner Anstieg.

Zunächst war nicht auszuschließen, daß dieses Ergebnis durch verzerrende Variabilitätseffekte mit bedingt sein könnte: Die Stimulusvariabilität innerhalb der Sets nimmt vom unbelärmtesten Set A zum belärmtesten Set D stark ab; z. B. beträgt die Varianz des „Fluglärmmaßes FB1“ in Set A  $s^2=25.3$ , hingegen beträgt der entsprechende Wert in Set D nur  $s^2=1.8$ . Gleichzeitig steigt aber die Reaktionsvariabilität vom unbelärmtesten zum belärmtesten Set (d. h. der nicht stimulus-determinierte Anteil der Reaktionsvariabilität nimmt von Set A nach D zu). Das Absinken der Korrelation zwischen dem „Fluglärmmaß FB1“ und der „Globalreaktion R1U“ von Set A nach D mag also – zumindest teilweise – auf die gleichsinnige Verringerung der Stimulusvariabilität zurückzuführen sein. Analog mag das Steigen der Korrelation zwischen dem „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ und der „Globalreaktion R1U“ durch die zunehmende Reaktionsvariabilität vom unbelärmtesten zum belärmtesten Set eventuell mitbedingt sein.

Um Aussagen bezüglich der obigen Hypothese machen zu können, die möglichst unabhängig vom eventuell verzerrenden Varianzeffekten sind, wurden die Pbn in Gruppen so aufgeteilt, daß jeder Gruppe eine bestimmte Stufe des „Fluglärm-Bewertungsmaßes FB1“ entspricht; für jede Stufe von FB1 wurden sodann getrennt multiple Korrelationen zwischen den 5



2380

Moderator-Faktorenscores (M1-M5) einerseits und der „Globalreaktion R1U“ andererseits bestimmt. Trägt man die so bestimmten multiplen Korrelationskoeffizienten gegen das „Fluglärmmaß FB1“ ab, so zeigt sich ein Trend, der dem oben für die Sets geschilderten entspricht (s. Abb. 4-6) – d. h. mit zunehmender Belärmung nimmt der Zusammenhang zwischen den Moderatoren einerseits und der Reaktion andererseits zu; die Rangkorrelation (KENDALL's tau) zwischen den Stufen von FB1 und der Höhe der multiplen Korrelationskoeffizienten beträgt  $\tau = .50$  ( $p < .01$ )<sup>1)</sup>

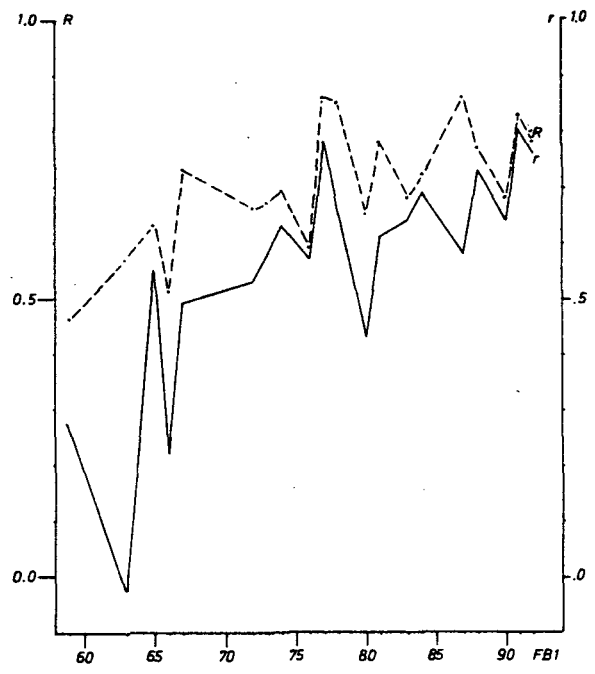


Abb. 4-6: Die Höhe der multiplen Korrelation (R: durchbrochene Linie) zwischen den 5 Moderator-Tertiärvariablen und der „Globalreaktion R1U“ sowie die Höhe der einfachen Korrelation (r: durchgezogene Linie) zwischen dem „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ und der „Globalreaktion R1U“ für die Stufen des „Fluglärmmaßes FB1“

In Abbildung 4-6 sind – zusätzlich zu den multiplen Korrelationskoeffizienten – die einfachen Korrelationskoeffizienten ( $r_{M2,R1U}$ ) für die Beziehung zwischen dem „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ und der „Globalreaktion R1U“ gegen FB1 abgetragen; dabei zeigt sich eine enge Korrespondenz zwischen dem Verlauf bezüglich der multiplen Korrelationskoeffizienten (R) und jenem bezüglich der einfachen Korrelationskoeffizienten  $r_{M2,R1U}$  über die Stufen von FB1 hinweg. Die entsprechende Rangkorrelation beträgt

1) Da auch diese Beziehung möglicherweise nicht frei von Variabilitätseffekten ist – die Streuung der „Globalreaktion R1U“ nimmt tendenzweise von der niedrigsten (FB1 = 59) zur höchsten Belärmungsstufe (FB1 = 92) zu: die entsprechende Rangkorrelation beträgt  $\tau = .55$  –, wurde mithilfe einer partiellen Rangkorrelation der Einfluß der Reaktionsstreuung  $s_{R1U}$  auf die oben geschilderte Beziehung zwischen FB1 und den multiplen Korrelationskoeffizienten R zu eliminieren versucht: die entsprechende Partialkorrelation beträgt  $\tau = .46$ .

4462

#### 4.6.6.4.1

$\tau = .60$  ( $P < .01$ ). Diese enge Korrespondenz zwischen dem Trend für die Einzelkorrelationen und jenem für die multiplen Korrelationen spiegelt den in 4.6.5.3 geschilderten Tatbestand wieder, daß von den Moderatoren der „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ den weitaus höchsten Beitrag zur Vorhersage der Reaktion liefert.

Mit zunehmender objektiver Fluglärmbelastung nimmt also der Einfluß des „Lärmgewöhnbarkeitsfaktors M2“ auf die Reaktionen auf Fluglärm zu. Anders gesagt: Je mehr äußerer Anlaß zu Gefühlen der Verärgerung und der Gestörtheit gegeben ist, desto stärker kommt anscheinend der Einfluß solcher Variablen wie Lärmgewöhnbarkeit oder Lärmempfindlichkeit zum Tragen.

Auch der Umstand, daß mit zunehmender Belärmung ein Anstieg in der Reaktionsvariabilität zu verzeichnen ist, ist gut mit einer Interpretation vereinbar, daß interindividuelle Persönlichkeitsunterschiede umso eher zum Tragen kommen oder wirksam werden, je größer die äußere Belastung ist.

Die eingangs formulierte Hypothese, die eine umgekehrt U-förmige Beziehung zwischen dem Grad der Belärmung und dem Einfluß der Moderatoren auf die Reaktionen vorher-sagte, kann also durch die beobachteten Daten nicht bestätigt werden.

Allerdings ist auch nicht auszuschließen, daß die Hypothese einer umgekehrt U-förmigen Beziehung eventuell deswegen nicht bestätigt werden konnte, weil der Bereich der objektiven Fluglärmbelastung – wie er unter den Stimulusgegebenheiten in München untersucht werden konnte – nach oben hin zu begrenzt war: Zwar ist eine weitere Steigerung des Überflugpegels unter den realen Gegebenheiten kaum zu erwarten; jedoch ist unzweifelhaft, daß die Überflughäufigkeit in der Nähe des Münchener Flughafens Riem im Vergleich zu jener an Großflughäfen – wie z.B. dem Kennedy-Airport – oder an anderen Großflughäfen, wie sie in der TRACOR-Studie (TRACOR, Inc., 1970) untersucht wurden, relativ niedrig ist. Es wäre also denkbar, daß bei einer weiteren Steigerung der Überflughäufigkeit über den hier untersuchten Bereich hinaus der Einfluß der Moderatoren auf die Reaktion wieder abnehmen würde.

#### 4.6.6.4.2 Ein einfaches multiplikatives Modell zur Beschreibung der interaktiven Wirkung von Stimulus und Moderator auf die Reaktion<sup>1)</sup>

Läßt man einmal außeracht, ob die angeführte Hypothese gültig oder nicht gültig ist, bzw. unter welchen Bedingungen sie gültig ist, und berücksichtigt nur die oben dargestellten Ergebnisse, so läßt sich folgende Feststellung treffen:

Der oben geschilderte Tatbestand einer zunehmend engeren Beziehung zwischen dem „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ und der „Globalreaktion R1U“ mit zunehmender Belärmung bedeutet, daß beide Faktoren – Stimulus (FB1) und Moderator (M2) – anscheinend nicht nur additiv die Reaktion beeinflussen, wie es etwa dem oben dargestellten Faktor-modell (siehe 4.6.5.5) entsprechen würde, sondern interaktiv wirken; in der Tat ist ein einfaches multiplikatives Modell zur Beschreibung der Daten sehr gut geeignet: Verknüpft man die beiden Prädiktorvariablen FB1 und M2 multiplikativ zu einer (Produkt-) Variable, so beträgt die einfache Produktmomentkorrelation zwischen dieser Produktvariable und der „Globalreaktion R1U“  $r = -.75^2$ ) (und ist damit betragsmäßig genauso hoch wie eine multiple Korrelation etwa zwischen der „Globalreaktion R1U“ als Kriterium und dem „Fluglärmmaß FB1“ sowie den 5 Moderator-Faktorenscores als Prädiktorvariablen; gleich-

- 1) Weitere Analysen hierzu finden sich in Abschn. 2 des Ergänzungsberichtes (SCHÜMER, 1974).
- 2) Vor der Bildung der Produktvariable wurde der Faktorenscore M2 umgepolt, so daß hohe Werte hohe Lärmempfindlichkeit bedeuten, und ferner beide Variablen (FB1 und M2) so transformiert, daß für beide gilt:  $M=10$  und  $s=1$ .

4/65

zeitig ist ein Korrelationsbetrag von .75 annähernd gleich hoch oder sogar höher als die Zuverlässigkeitskoeffizienten der in die „Globalreaktion RIU“ verrechneten Variablen bzw. Komponenten – s. Tab. 4-3 und Tab. 4-5 in 4.6.3 –; eine weitere Steigerung der Korrelation – ohne gleichzeitige wesentliche Steigerung der Meßgenauigkeit bei der Erfassung der Reaktionen – ist also kaum möglich).

Dieses einfache multiplikative Modell entspricht weitgehend dem, was in Kapitel 8 (Abschnitt 8.5.5.1) als 'Reglermodell' beschrieben ist; Lärmgewöhnbarkeit bzw. Lärmempfindlichkeit wirkt gewissermaßen als ein Verstärker für den Stimulus.

Das Modell, das zwar in der Vorhersagegenauigkeit gegenüber einer linearen Regression kaum eine wesentliche Verbesserung darstellt, besitzt jedoch – einmal davon abgesehen, daß es der beobachteten Datenstruktur, d.h., der S x M-Interaktion, besser gerecht wird – einige psychologisch durchaus sinnvoll erscheinende Eigenschaften:

- 1.) Anders als ein linear-additives Regressions- oder ein faktoren-analytisches Modell ist das multiplikative Modell – zumindest unter bestimmten Bedingungen – nicht kompensatorisch: ist eine der beiden Komponenten S oder M gleich Null, so ist auch die vorhergesagte Verärgerungsreaktion (R) gleich Null. Dies erscheint durchaus plausibel, wenn man beide Größen (S und M) entsprechend skaliert – also S=0 setzt für den Fall, daß der Stimulus 'unterschwellig' ist (z.B. Fluglärm, der sich nicht vom Grundlärm abhebt), bzw. M=0 setzt für solche Personen, die gegenüber Lärm in ihrer Umgebung gänzlich unempfindlich sind (z.B. für den extremen Fall tauber Personen); anders gesagt: Es muß auf der Stimulusseite überhaupt etwas vorhanden sein, auf das reagiert werden kann, bevor Variablen wie Lärmempfindlichkeit bzw. Lärmgewöhnbarkeit sich auf die Reaktionen auswirken können; sieht man auf der Moderatorseite einmal von dem oben genannten Trivialfall tauber Personen ab und interpretiert Variablen wie Lärmempfindlichkeit als Verärgerungspotential bzw. -bereitschaft, so ist eine notwendige Voraussetzung für das Auftreten einer lärmbezogenen Verärgerungsreaktion, daß ein solches Verärgerungsreaktionspotential bei einem Individuum überhaupt vorhanden ist.
- 2.) Die Vorstellung, daß ein von außen auf das Individuum wirkender Stimulus (S) je nach Lärmempfindlichkeit des Individuums verstärkt wird, erscheint psychologisch nicht weniger plausibel als die dem linear-additiven Regressionsmodell oder dem faktorenanalytischen Modell zugrundeliegende Vorstellung, daß das Individuum – unabhängig von der Intensität von S – ein gegebenes S durch Subtraktion oder Addition einer individual-spezifischen (Lärmempfindlichkeits-) Konstante zu einer Reaktion verarbeitet.

4.6.6.5 Unterteilung nach dem „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“

Die Vermutung erscheint plausibel, daß Personen, die nicht glauben, sich an Lärm gewöhnen zu können, und lärmempfindlich sind, auf Fluglärm eher emotional reagieren, während bei lärmunempfindlichen Personen, die zudem glauben, sich an Lärm gewöhnen zu können, der kognitive Aspekt – also etwa die Wahrnehmung des Lärmereignisses wie z.B. die wahrgenommene Lautheit des Fluglärms – im Vordergrund steht.

Zur Überprüfung dieser Hypothese wurden die Pbn nach ihren Faktorenscores bezüglich des „Lärmgewöhnbarkeitsfaktors M2“ in 4 Gruppen aufgeteilt:

- Gruppe 1 mit 66 Pbn, für deren Faktorenscores gilt:  $M2 < -1$ ;
- Gruppe 2 mit 269 Pbn, für die gilt:  $-1 \leq M2 < 0$ ;
- Gruppe 3 mit 251 Pbn, für die gilt:  $0 \leq M2 < 1$ ; und
- Gruppe 4 mit 74 Pbn, für die gilt  $M2 \geq 1$ .

Innerhalb jeder der Gruppen wurden sodann jeweils entsprechende Interkorrelationen verschiedener Variablen bestimmt.

2677

#### 4.6.6.5

Zur Verdeutlichung sollen hier nur die an den beiden Extremgruppen ermittelten Ergebnisse berichtet werden; dabei sollen die Pbn der Gruppe 1, die gemäß ihren Faktorenscores in hohem Maße dazu neigen, sich als lärmempfindlich zu bezeichnen, eine Gewöhnung an Lärm zu verneinen und den Fluglärm für gesundheitsschädlich zu halten, im folgenden kurz als „Empfindliche“, hingegen die Pbn der Gruppe 4, die gemäß ihren Faktorenscores eher zur Unempfindlichkeit gegenüber Lärm neigen und eine Tendenz zur Verneinung der Gesundheitsschädlichkeit von Fluglärm und zur Bejahung der Lärmgewöhnbarkeit aufweisen, als „Unempfindliche“ bezeichnet werden.

Die an den Daten dieser beiden Gruppen bestimmten Korrelationen bestätigen die eingangs genannte Hypothese insofern, als bei den „Empfindlichen“ (Gruppe 1) die Interkorrelationen zwischen dem „Fluglärm-Bewertungsmaß FBI“ und den eher emotional-bewertenden Reaktionsvariablen (wie z.B. der „Erträglichkeit des Fluglärms“ oder der „Störbarkeit durch Fluglärm“) deutlich höher als bei den „Unempfindlichen“ (Gruppe 4) sind, hingegen die Interkorrelation zwischen dem „Fluglärmmaß FBI“ und dem eher kognitiv geprägten „Wahrnehmungsfaktor R3“ (auf dem insbesondere die Variable „wahrgenommene Lautheit des Fluglärms“ eine hohe Ladung aufweist) bei den „Empfindlichen“ deutlich niedriger als bei den „Unempfindlichen“ ausfällt (s. Tab. 4-35).

Tab. 4-35: Korrelationen verschiedener Reaktionsvariablen mit der „Globalreaktion R1U“ und dem „Fluglärmmaß FBI“ für Lärm- „Empfindliche“ ( $M_2 < -1$ ) und „Unempfindliche“ ( $M_2 \geq 1$ )

Variable	Empfindliche (N=66)		Unempfindliche (N=74)	
	R1U	FBI	R1U	FBI
Erträglichkeit Fluglärm	79 <sup>a</sup>	-66	28	-16
Störbarkeit durch FL	-85	62	-72	36
Wahrnehmungsfaktor R3	07	-04 <sup>b</sup>	69	-35 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> die führende Null und der Dezimalpunkt wurden fortgelassen  
<sup>b</sup> der Standardfehler für die Differenz zweier Koeffizienten beträgt  $s=.173$ ; nach Umrechnung der Koeffizienten in  $z'$  liegt die kleinste Differenz zweier jeweils entsprechender Koeffizienten für die Korrelation von FBI mit R3 vor; bei einseitiger Testung ist diese Differenz auf dem 5 %-Niveau signifikant

Auch bei den Interkorrelationen der Variablen mit der „Globalreaktion R1U“ zeigt sich ein Unterschied zwischen den „Empfindlichen“ und „Unempfindlichen“ in erwarteter Richtung: Die Interkorrelationen der beiden Variablen „Erträglichkeit des Fluglärms“ und „Störbarkeit durch Fluglärm“ mit der „Globalreaktion R1U“ sind bei den „Empfindlichen“ deutlich höher als bei den „Unempfindlichen“; hingegen korreliert der „Wahrnehmungsfaktor R3“ bei den „Unempfindlichen“ mit der „Globalreaktion R1U“ höher als bei den „Empfindlichen“.

Insgesamt gesehen stimmen diese Ergebnisse also recht gut mit der Hypothese überein, daß bei den „Empfindlichen“ der emotional-bewertende Aspekt gegenüber dem kognitiven Aspekt überwiegt, während bei den „Unempfindlichen“ eine eher umgekehrte Relation vorlie

#### 4.6.6.6 Unterteilung nach der „Globalreaktion R1U“

Ähnlich, wie man auf verschiedenen Stimulusniveaus unterschiedliche Beziehungen zwischen verschiedenen Variablen erwarten kann, ist es denkbar, daß sich auch auf verschiedenen Stufen der Reaktion die Beziehungen zwischen den Variablen verändern.

2677

Im vorigen Abschnitt wurde gezeigt, daß die Reaktion für Lärm-„Unempfindliche“ und -„Empfindliche“ nicht identisch ist. Gleichmaßen läßt sich vermuten, daß die „Globalreaktion R1U“ bei verschiedenen Ausprägungsgraden ihre inhaltliche Validität ändert. Im folgenden sollen einige Ergebnisse mitgeteilt werden, die hinsichtlich der „Globalreaktion R1U“ differenzierte Untergruppen betreffen. Die meisten dieser Ergebnisse beziehen sich auf eine Unterteilung der Pbn nach der „Globalreaktion R1U“ in 2 Stufen, die im folgenden vereinfachend „Gestörte“ und „Nicht-Gestörte“ genannt werden; der Schnittpunkt bei dieser Unterteilung entsprach dem Nullpunkt des Globalreaktionsfaktoren-scores. In die Gruppe der „Gestörten“ ( $R1U < 0$ ) fallen so 304 Pbn, in die Gruppe der „Nicht-Gestörten“ ( $R1U \geq 0$ ) 356 Pbn.

Berechnet man für jede der Gruppen getrennt multiple Korrelationen zwischen dem „Fluglärmmaß FB1“ und dem „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ einerseits und der „Globalreaktion R1U“ andererseits<sup>1)</sup> ergeben sich zwar multiple Korrelationen von annähernd gleicher Höhe ( $R = .53$  für „Nicht-Gestörte“;  $R = .57$  für „Gestörte“); die Betrachtung der Beta-Gewichte der Prädiktoren oder der Prädiktor-Kriteriumskorrelationen (gleichgültig, ob dabei der jeweilig andere Prädiktor herauspartialisiert wird oder nicht) erweist jedoch eine deutliche Verschiebung hinsichtlich des relativen Einflusses des „Fluglärmmaßes FB1“ und des „Lärmgewöhnbarkeitsfaktors M2“ (s. Tab. 4-36):

Tab. 4-36: Multiple Korrelationen zwischen dem „Fluglärmmaß FB1“ und dem „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ einerseits und der „Globalreaktion R1U“ andererseits sowie die Prädiktor-Kriteriums-Korrelationen für „Gestörte“ ( $R1U < 0$ ) und „Nicht-Gestörte“ ( $R1U \geq 0$ )

	Gestörte (N=304)	Nicht-Gestörte (N=356)
multiple Korrelation	57 <sup>a</sup>	53
Prädiktor-Kriteriums-Korr. für:		
Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2	48 <sup>b</sup> (51) <sup>c</sup>	20 (33)
Fluglärmmaß FB1	-30 (-35)	-44 (-50)

<sup>a</sup> die führende Null und der Dezimalpunkt wurden fortgelassen  
<sup>b</sup> die Interkorrelationen zwischen M2 und R1U für „Gestörte“ und „Nicht-Gestörte“ unterscheiden sich auf dem 5 %-Niveau signifikant voneinander; gleiches gilt für die Korrelationen zwischen FB1 und R1U  
<sup>c</sup> in Klammern die entsprechende Prädiktor-Kriteriums-Korrelation nach Herauspartialisierung der jeweils übrigen Prädiktoren

Während bei den „Nicht-Gestörten“ die Beziehung zwischen Stimulus und Reaktion enger ist (die entsprechende Korrelation beträgt nach Herauspartialisierung des „Lärmgewöhnbarkeitsfaktors M2“  $r = -.50$ ) als jene Beziehung zwischen dem „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor

1) Da die übrigen Moderator-Tertiärvariablen eine vergleichsweise unbedeutende Rolle spielen, wurde hier auf die Darstellung der Beziehung zwischen FB1 und allen 5 Moderator-Tertiärvariablen (M1-M5) verzichtet.  
 (Die in Tab. 4-36 angegebenen Werte verändern sich bei Berücksichtigung auch der übrigen Moderatorvariablen lediglich um den Betrag von maximal 0.02.)

3272

4.6.6.6

M2“ und der Reaktion ( $r = .33$ ), findet sich bei den „Gestörten“ eine umgekehrte Relation; bei dieser Gruppe beträgt die Partialkorrelation zwischen dem Stimulus und der Reaktion  $r = -.35$  und ist somit betragsmäßig deutlich geringer als jene zwischen dem „Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2“ und der Reaktion, die  $r = .51$  beträgt. Bei „Nicht-Gestörten“ ist die Reaktion also eher stimulusorientiert bzw. -determiniert und weniger abhängig von Moderatoreinflüssen; bei den „Gestörten“ findet sich hingegen eine umgekehrte Relation.

In Übereinstimmung dazu sinkt die Korrelation, wenn man den Stimulus als Prädiktor nicht berücksichtigt, bei den „Gestörten“ nur relativ wenig (von .57 auf .48), hingegen bei den „Nicht-Gestörten“ recht drastisch (von .53 auf .20). Diese Ergebnisse lassen erwarten, daß die „Globalreaktion R1U“ bei „Gestörten“ und „Nicht-Gestörten“ etwas nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ nicht Identisches darstellt: Bei den „Gestörten“ finden sich – wie nach den obigen Ergebnissen zu erwarten – höhere Interkorrelationen zwischen der „Globalreaktion R1U“ und solchen Sekundär-Reaktionsvariablen, in denen der wertende, emotionale Aspekt im Vordergrund steht (wie z. B. bei der „Erträglichkeit des Fluglärms“) als mit solchen Variablen, in denen Kognitionen bzw. Aussagen über Kognitionen beinhaltet sind (wie z. B. bei der „wahrgenommenen Häufigkeit von Fluglärm“ oder der „wahrgenommenen Lautheit von Fluglärm“); bei den „Nicht-Gestörten“ findet sich eine umgekehrte Relation – die entsprechenden Korrelationen sind in Tabelle 4-37 zusammengefaßt.

Tab. 4-37: Korrelationen verschiedener Reaktionsvariablen mit der „Globalreaktion R1U“ und dem „Fluglärm-Bewertungsmaß FB1“ für „Gestörte“ ( $R1U < 0$ ) und „Nicht-Gestörte“ ( $R1U \geq 0$ )

Variable	Gestörte (N=304)		Nicht-Gestörte (N=356)	
	R1U	FB1	R1U	FB1
wahrg. Häufigkeit FL	-.23 <sup>a</sup>	.14	-.50	.36
wahrg. Lautheit FL	-.03	.11	-.54	.18
Erträglichkeit FL	.56	-.26	.19	-.05

<sup>a</sup> die führende Null und der Dezimalpunkt wurden fortgelassen. Der Standardfehler der Korrelationen beträgt  $s = 0.0785$

- Weitere Korrelationsunterschiede sollen hier nicht vollständig im einzelnen aufgeführt werden; zusammenfassend lassen sich folgende Tendenzen angeben:
- 1.) Bei den „Gestörten“ korrelieren die Reaktionen untereinander und mit der Globalreaktion z. T. beträchtlich höher als bei den „Nicht-Gestörten“.
  - 2.) Variablen, wie „Glaube, daß Fluglärm gesundheitsschädlich ist“, „Lärmgewöhnbarkeit“ und „Lärmempfindlichkeit“ korrelieren bei „Gestörten“ höher mit den Reaktionsvariablen als bei den „Nicht-Gestörten“. (Die entsprechenden Korrelationen der genannten Variablen mit der „Globalreaktion R1U“ betragen  $r = -.45$  bzw.  $.25$  bzw.  $-.25$  bei „Gestörten“ gegenüber  $r = -.12$  bzw.  $.08$  bzw.  $-.16$  bei „Nicht-Gestörten“: – vgl. dazu auch die obigen Ausführungen bezüglich der multiplen Korrelationen zwischen FB1 und M2 einerseits und R1U andererseits in Tab. 4-36).
  - 3.) Bei den „Nicht-Gestörten“ zeigen sich für die „Lärmgewöhnbarkeit“ und den „Glauben, daß Fluglärm gesundheitsschädlich ist“ geringfügige Korrelationen mit den Stimulusvariablen (bis  $.23$ ); tendenzweise zeigt sich ein Zusammenhang in folgender (vielleicht überraschender) Richtung: mit zunehmender Belärmung sinkt der „Glaube, daß Fluglärm gesundheitsschädlich ist“ ( $r = -.17$  mit der „Überflughäufigkeit  $H_{81}$ “) und steigt die

4462

„Lärmgewöhnbarkeit“ ( $r = .23$  mit dem „Überflugpegel  $\bar{L}_A$ “). Eine ähnliche Tendenz zeigt sich auch bei den Reaktionen zu dem Statement (Fragebogen Nr. 41.7) „Wenn man längere Zeit in der Nähe eines Flugplatzes wohnt, kann man dort genauso gut schlafen wie in einer ruhigeren Gegend“: Während dieses Item von den „Gestörten“ umso eher bejaht wird, je weniger negativ ihre Reaktion ist ( $r = .31$  mit RIU), besteht bei den „Nicht-Gestörten“ keinerlei Zusammenhang mit den Reaktionsvariablen ( $r = -.00$  mit RIU); stattdessen findet sich bei letzteren ein deutlich ausgeprägter Zusammenhang mit den Stimulusvariablen ( $r = .36$  mit dem „Überflugpegel  $L_A$ “ und  $r = .34$  mit der „Überflughäufigkeit  $H_{81}$ “); die Gewöhnbarkeit wird also umso eher bejaht, je lauter der Fluglärm ist und je häufiger er auftritt.

4.) „Schmerzen infolge von Fluglärm“ korreliert bei den „Nicht-Gestörten“ annähernd gleich niedrig mit den Stimulusvariablen und der „Globalreaktion RIU“ ( $r = -.27$  mit RIU und  $r = .18$  mit FB1). Bei den „Gestörten“ ist die Beziehung zu den Stimulusvariablen noch geringer ausgeprägt ( $r = .12$  mit FB1) jedoch der Zusammenhang mit der „Globalreaktion RIU“ recht eng ( $r = -.67$ ).

#### 4.6.7. Einige Ergebnisse der Um- und Wegzügler-Befragung

Die bisher mitgeteilten Ergebnisse beziehen sich auf die Pbn der Hauptstichprobe – also auf Personen, die im Untersuchungsgebiet der Hauptuntersuchung wohnen.

Man könnte nun argumentieren, daß diese Personengruppe infolge eines einseitig selektiven Abwanderungsprozesses nicht repräsentativ ist, da gerade jene Personen, die besonders lärmempfindlich sind und/oder sich durch Fluglärm besonders beeinträchtigt fühlen, in stärkerem Maße aus dem Untersuchungsgebiet verzogen sind. Wenn eine solche vom Grad der subjektiven Beeinträchtigung abhängige Umzugstendenz, die zudem vom Grad der objektiven Fluglärmbelastung beeinflusst sein könnte, vorläge, wären die an der Hauptstichprobe gewonnenen Ergebnisse entsprechend verzerrt.

Zur Untersuchung dieser (und anderer) Fragen waren Personen, die innerhalb Münchens (*Umzügler*) oder nach außerhalb von München (*Wegzügler*) aus dem Untersuchungsgebiet der Hauptuntersuchung verzogen waren, befragt worden.

Der dabei benützte Fragebogen war weitgehend mit jenem in der Hauptuntersuchung verwendeten identisch; jedoch wurden einige Fragen – insbesondere solche, die sich auf die Wohnsituation beziehen – sowohl in Hinblick auf die Situation *vor* als auch auf jene *nach* dem Umzug gestellt, so daß es möglich ist, z. B. die Bindung der Pbn an die Wohngegend, in der sie *vor* ihrem Um- bzw. Wegzug wohnten, mit der Bindung an die Wohngegend *nach* dem Um- bzw. Wegzug zu vergleichen.

Die an den Um- und Wegzüglern erhobenen Daten erlauben auch eine – allerdings nur indirekte – Untersuchung der Frage, inwieweit Fluglärmreaktionen, wie sie im sozialwissenschaftlichen Untersuchungsteil untersucht worden sind, habitualisiert werden: Es wäre denkbar, daß Pbn, die über längere Zeit in einem starkem Fluglärm ausgesetzten Gebiet gewohnt haben, das Gefühl der Beeinträchtigung durch Fluglärm auch dann beibehalten, wenn sie in ein Gebiet umziehen, das keinem oder nur geringem Fluglärm ausgesetzt ist.<sup>1)</sup>

1) Zwar liegen keine Fluglärm-Meßergebnisse für jene Wohngebiete vor, in denen die Um- bzw. Wegzügler *nach* ihrem Fortzug wohnen; dennoch kann davon ausgegangen werden, daß die Um- und Wegzügler Fluglärm in geringerem Maße als die Pbn der Hauptuntersuchung ausgesetzt sind; denn: 1.) das Stichprobengebiet der Hauptuntersuchung umfaßte definitionsgemäß (vgl. 2.2.5) jene Gebiete Münchens, die in weit stärkerem Maße als die übrigen Wohngebiete, in die die Umzügler verzogen sein können, Fluglärm ausgesetzt sind, und 2.) die Wegzügler verzogen weitaus überwiegend in Ortschaften ohne unmittelbare Flughafennähe (Zudem hatte keiner jener wenigen Wegzügler, die in einen Ort mit einem Verkehrsflughafen in der Nähe verzogen waren, eine Wohnung in größerer Nähe zu diesem Flughafen bezogen).

## 4.6.7

Die Untersuchung dieser Frage erlaubt indirekt auch Rückschlüsse auf die Validität der verschiedenen Fluglärmreaktionsvariablen: Es ist zu erwarten, daß Variablen, die mehr auf die Schilderung konkreter Sachverhalte abzielen – wie z. B. die wahrgenommenen Folgen des Fluglärms –, sich nach dem Wechsel in die neue Wohngegend stärker verändern als Variablen, die in ihrer Operationalisierung mehr auf eine Attitudenmessung – wie z. B. die „Störbarkeit durch Fluglärm“ – abzielen.

Zunächst soll auf die Frage eingegangen werden, ob die Ergebnisse der Hauptuntersuchung u. U. dadurch verzerrt sind, daß die besonders empfindlichen, labilen Personen und/oder jene Personen, die sich durch Fluglärm besonders stark beeinträchtigt fühlen, in verstärktem Maße aus dem Untersuchungsgebiet der Hauptuntersuchung fortgezogen sind. Falls eine solche Verzerrung vorläge, so wäre zu erwarten, daß die Um- bzw. Wegzügler lärmempfindlicher, weniger zur Gewöhnung an Lärm bereit, labiler und hypochondrischer sind sowie in stärkerem Maße daran glauben, daß Fluglärm gesundheitsschädlich ist; ebenso wäre eine erhöhte Störbarkeit durch Fluglärm zu erwarten.

Vergleicht man die Mittelwerte für die entsprechenden Variablen in der Hauptstichprobe mit jenen bei den Um- und Wegzählern (s. Tabelle 4-38), so zeigt sich, daß die überwiegende Mehrzahl der Vergleiche kaum für eine einseitige Verzerrung im oben geschilderten Sinne sprechen:<sup>1)</sup>

- 1.) Die Pbn der Hauptuntersuchung sind in stärkerem Maße als die Um- bzw. Wegzügler labil und hypochondrisch („Labilität“, „Hypochondrie“)
- 2.) Die „Lärmgewöhnbarkeit“ der Pbn der Hauptuntersuchung ist höher als jene der Wegzügler, jedoch niedriger als jene der Umzügler; die durchschnittliche „Lärmempfindlichkeit“ ist in der Hauptuntersuchung geringfügig höher als bei den Umzählern und etwas niedriger als bei den Wegzählern.
- 3.) Zwar ist der „Glaube, daß Fluglärm gesundheitsschädlich ist“, bei den Pbn der Hauptuntersuchung etwas geringer als bei den Um- bzw. Wegzählern ausgeprägt; jedoch neigen erstere in stärkerem Maße als die Um- bzw. Wegzügler dazu, „Furcht vor Flugzeugen“ zu äußern
- 4.) Die „Wertigkeit des Flugverkehrs“ wird von den Pbn der Hauptstichprobe geringer als von den Um- und Wegzählern eingestuft
- 5.) Die „Störbarkeit durch Fluglärm“ ist bei den Pbn der Hauptstichprobe annähernd gleich jener bei den Wegzählern; der Mittelwert der Umzügler liegt unter denen der anderen beiden Gruppen
- 6.) In jenen Reaktionsvariablen, die weniger auf eine Attitudenmessung – wie z. B. die „Störbarkeit durch Fluglärm“ – abzielen, sondern sich eher auf konkrete Sachverhalte – wie z. B. die Wahrnehmung unmittelbarer Folgen des Fluglärms – beziehen, sind die Mittelwerte in der Hauptstichprobe deutlich höher als bei den Um- und Wegzählern: so bei den „Kommunikationsstörungen“ und den „Störungen von Ruhe und Entspannung infolge Fluglärms“ und auch bei den wahrgenommenen „physikalischen Folgen des Fluglärms“; analoges gilt für die „wahrgenommene Lautheit“ und „Häufigkeit des Fluglärms“. Der deutliche Unterschied zwischen der Hauptstichprobe und den Um- bzw. Wegzählern hinsichtlich dieser Variablen dürfte den physikalisch-akustischen Gegebenheiten (mehr Fluglärm im Gebiet der Hauptuntersuchung) entsprechen.

1) Da die Mittelwertsunterschiede zwischen den Pbn der Hauptstichprobe einerseits und den Um- und Wegzählern andererseits lediglich bezüglich der Variable „Glaube, daß Fluglärm gesundheitsschädlich ist“ die nach der Verzerrungshypothese zu erwartende Richtung aufweisen, wurde auf die Durchführung von t-Tests zur Überprüfung der Verzerrungshypothese verzichtet.



1190

- 7.) Der Fluglärm wird von den Pbn der Hauptstichprobe als weniger erträglich als von den Um- und Wegzüglern eingestuft („Erträglichkeit Fluglärm“).
- 8.) Vergleicht man die durchschnittliche „Bindung an die Gegend“ in der Hauptstichprobe mit der Bindung der Um- und Wegzügler bezüglich jener Wohngegend, in der sie vor ihrem Fortzug gewohnt haben, so finden sich in allen drei Gruppen annähernd

Tab. 4-38: Mittelwerte (M) und Streuungen (s) einiger Variablen für die Pbn der Hauptstichprobe sowie für Um- und Wegzügler.  
Für die Hauptstichprobe sind sowohl alters-korrigierte (rechte Spalte) als auch nicht korrigierte Mittelwerte (linke Spalte) angegeben; näheres zur Alterskorrektur: s. Text

Variable (Kurzname)	Hauptstichprobe N=660		Umzügl. N=90	Wegzügl. N=62
	a	b		
wahrgenommene Häufigkeit FL	M 3.68	3.58	2.14	1.65
	s 1.29		1.33	1.07
wahrgenommene Lautheit FL	M 4.59	4.55	2.84	2.47
	s 0.74		1.65	1.41
Erträglichkeit FL	M 0.70	0.74	0.91	0.90
	s 0.46		0.29	0.30
Bindung an die Gegend	M 3.12	3.15	3.80 <sup>c</sup>	4.20 <sup>c</sup>
	s 1.11		1.03	0.94
	M		3.13 <sup>d</sup>	2.80 <sup>d</sup>
	s		1.27	1.22
Physikalische Folgen FL	M 2.78	2.62	1.28	1.04
	s 1.41		0.66	0.23
Kommunikationsstörung infolge FL	M 3.35	3.32	1.64	1.39
	s 1.27		1.03	0.87
Störung v. Ruhe/Entspann. inf. FL	M 2.54	2.37	1.20	1.22
	s 1.26		0.54	0.54
Störbarkeit durch FL	M 3.26	3.13	2.89	3.25
	s 1.12		0.97	0.98
Furcht vor Flugzeugen	M 2.54	2.39	2.28	2.21
	s 1.04		0.65	0.73
Glaube, daß FL gesundheitssch.	M 3.80	3.66	4.15	4.09
	s 0.94		0.97	0.98
Wertigkeit des Flugverkehrs	M 4.06	4.20	4.52	4.51
	s 0.88		0.64	0.48
Lärmempfindlichkeit	M 2.87	2.77	2.81	3.09
	s 1.12		1.26	1.02
Lärmgewöhnbarkeit	M 2.87	2.77	3.56	2.80
	s 0.96		1.16	1.04
Hypochondrie	M 1.98	1.79	1.76	1.57
	s 1.04		0.98	0.77
Labilität	M 1.97	1.83	1.80	1.82
	s 0.86		0.86	0.86
Alter	M 39.56		31.41	32.65
	s 14.44		10.51	10.20

a linke Spalte: nicht alters-korrigierte Werte  
 b rechte Spalte: alters-korrigierte Werte  
 c bezogen auf *jetzige* Wohngegend (nach dem Um- bzw. Wegzug)  
 d bezogen auf *frühere* Wohngegend (vor dem Um- bzw. Wegzug)

4165

gleich hohe Werte. Die Bindung der Um- und Wegzügler an ihre *jetzige* Wohngegend (*nach* dem Umzug) ist höher als jene bezüglich ihrer *früheren* Wohngegend (*vor* dem Umzug): Die Um- und Wegzügler sind also mit der Wohngegend, in der sie jetzt wohnen, zufriedener als mit jener, in der sie vor ihrem Umzug wohnten.

Ausgenommen die Ergebnisse hinsichtlich der Variable „Glaube, daß Fluglärm gesundheitsschädlich ist“ sprechen diese Daten also gegen die Hypothese, daß die Um- und Weggezogenen gerade jene sind, die besonders empfindlich sind und/oder sich besonders durch Fluglärm beeinträchtigt fühlen.

(Allerdings ist hier anzumerken, daß die meisten der oben genannten Variablen zwar numerisch geringfügige, jedoch statistisch bedeutsame Korrelationen mit dem Alter aufweisen. Da die Um- bzw. Wegzügler durchschnittlich um ca. 8 bzw. 7 Jahre jünger als die Pbn der Hauptuntersuchung sind, mögen einige der unterschiedlichen Werte der Um- und Wegzügler im Vergleich zur Hauptstichprobe z. T. diesen Alterseffekt widerspiegeln. Eine relativ grobe Methode, um das Ausmaß eines solchen altersbedingten Effektes abzuschätzen, besteht darin, anhand der Regression zwischen je einer der oben genannten Variablen und dem Alter festzustellen, wie sich eine Herabsetzung des Alters um 8 Jahre auf die Mittelwerte der genannten Variablen in der Hauptuntersuchung auswirken würde (die so 'korrigierten' Mittelwerte für die Hauptstichprobe finden sich in der zweiten Spalte in Tabelle 4-38): Die oben beschriebenen Relationen ändern sich bei Anwendung einer solchen Korrektur jedoch kaum.)

Unterteilt man die Um- und Wegzügler danach, aus welchem Set in dem Untersuchungsgebiet der Hauptuntersuchung sie in ihre neue Wohngegend verzogen sind, so zeigen sich folgende – z. T. vielleicht überraschende – Trends (s. Tabelle 4-39, in der die Mittelwerte einiger Reaktionsvariablen pro Set für die Um- und Wegzügler aufgeführt sind<sup>1)</sup>):

- 1.) Während in der Hauptuntersuchung die „wahrgenommene Lautheit“ und die „wahrgenommene Häufigkeit des Fluglärms“ von Set A nach D zunimmt, findet sich bei den Um- und Wegzügler ein eher gegenläufiger Trend
- 2.) Hinsichtlich der wahrgenommenen Folgen des Fluglärms, der „Kommunikationsstörungen“ sowie der „Störungen von Ruhe und Entspannung infolge Fluglärms“ findet sich bei den Wegzügler ebenfalls ein zu jenem in der Hauptuntersuchung gegenläufiger Trend; der Mittelwertverlauf bei den Umzügler ist hingegen unsystematisch (d.h. es findet sich hier weder ein monotoner Anstieg noch ein monotoner Abfall von Set A nach D).
- 3.) Die Mittelwerte für die Einschätzung der „Erträglichkeit des Fluglärms“ variieren bei Um- und Wegzügler unsystematisch.
- 4.) Die Bindung an die *frühere* Wohngegend – erfragt für die Wohngegend *vor* dem Um- bzw. Wegzug – zeigt bei Um- und Wegzügler einen ähnlichen Verlauf wie in der Hauptuntersuchung: von Set A nach D nimmt die „Bindung an die Gegend“ – allerdings nicht vollkommen systematisch – ab. Die Bindung an die *jetzige* Wohngegend der Um- und Wegzügler nimmt hingegen geringfügig von Set A nach D zu (dieser Anstieg ist jedoch nicht signifikant).
- 5.) Die „Störbarkeit bezüglich Fluglärm“ zeigt bei den Um- und Wegzügler einen ähn-

1) Auf die Durchführung gemeinsamer Varianzanalysen für die Daten der Hauptuntersuchung sowie der Um- und Wegzügler wurde wegen des sehr unterschiedlichen Stichprobenumfangs der drei Gruppen verzichtet; die F-Werte in Tab. 4-39 beziehen sich also auf für jede der drei Gruppen getrennt durchgeführte univariate Varianzanalysen. Mit Ausnahme der Variable „Bindung an die Gegend“, die bei den Um- und Wegzügler für die Situation sowohl *nach* als auch *vor* dem Umzug erfragt wurde, beziehen sich die Werte der Um- und Wegzügler in Tab. 4-39 auf die Situation *nach* dem Umzug.

1785

lichen Verlauf wie in der Hauptuntersuchung: sie nimmt (allerdings nicht signifikant) von Set A nach D zu.

Eine mögliche – wenn auch sehr spekulative – Interpretation für diese Befunde bestünde darin, daß sich bei den Um- und Wegzählern im Attitüdenbereich („Störbarkeit durch Fluglärm“) eine gewisse Habitualisierung vollzogen hat und im Wahrnehmungsbereich („wahrgenommene Häufigkeit“ und „wahrgenommene Lautheit von Fluglärm“) Kontrasteffekte – etwa infolge eines unterschiedlichen Adaptationsniveaus – aufgetreten sind.

Tab. 4-39: Mittelwerte einiger Variablen pro Set sowie die F-Werte aus Varianzanalysen mit den 4 Sets als Stufen eines Faktors – getrennt durchgeführt für die Hauptstichprobe (HU), die Umzügler (UZ) und die Wegzügler (WZ); die Freiheitsgrade betragen  $df=3;656$  bzw.  $df=3;86$  bzw.  $3;58$

Variable (Kurzname)		Set: 1)				F	p
		A	B	C	D		
wahrgenommene Häufigkeit FL	UZ	2.41	2.59	2.00	1.63	2.56	.061
	WZ	2.27	1.43	1.63	1.29	2.68	.055
	HU	2.77	3.58	4.13	4.25	56.90	.001
wahrgenommene Lautheit FL	UZ	3.09	3.18	3.00	2.17	1.95	.128
	WZ	3.33	2.43	2.19	2.00	2.98	.039
	HU	4.24	4.61	4.68	4.82	19.69	.001
Erträglichkeit FL	UZ	0.91	0.86	1.00	0.88	1.04	.380
	WZ	0.80	0.93	0.88	1.00	1.30	.284
	HU	0.90	0.82	0.60	0.47	35.30	.001
Bindung an die Gegend	UZ <sup>a</sup>	3.62	3.66	3.84	4.05	0.79	.505
		4.06	3.09	2.66	2.90	6.68	.001
	WZ <sup>a</sup>	4.08	4.09	4.25	4.35	0.30	.828
		3.02	3.14	2.97	2.15	2.40	.077
	HU	3.78	3.40	2.93	2.34	66.97	.001
Kommunikationsstör. infolge FL	UZ	1.66	1.57	1.81	1.54	0.29	.829
	WZ	1.85	1.55	1.22	1.00	3.23	.029
	HU	2.33	3.19	3.82	4.12	91.09	.001
Störung v. Ruhe/Entspann. inf. FL	UZ	1.20	1.45	1.12	1.05	2.38	.075
	WZ	1.52	1.27	1.10	1.04	2.69	.055
	HU	1.85	2.35	2.86	3.86	36.50	.001
Störbarkeit durch FL	UZ	2.59	2.71	3.00	3.21	1.97	.124
	WZ	2.99	3.09	3.46	3.40	0.83	.481
	HU	2.61	3.09	3.57	3.76	40.60	.001
N pro Set	UZ	22	22	22	24		
	WZ	15	14	16	17		
	HU	166	166	167	161		

1) Bei Um- und Wegzählern bezieht sich die Set-Angabe auf die Herkunftsadresse (vor dem Umzug) im Untersuchungsgebiet der Hauptuntersuchung

a Die jeweilige obere Zeile bezieht sich auf die Situation nach dem Umzug (also auf die jetzige Wohnung); die jeweilige untere Zeile bezieht sich auf die frühere Wohngegend vor dem Umzug. (Bei allen übrigen Variablen beziehen sich die Angaben auf die gegenwärtige Wohnsituation nach dem Umzug.)

Für eine Habitualisierung im Attitüdenbereich spricht, daß

- 1.) die „Störbarkeit durch Fluglärm“ bei Um- bzw. Wegzählern annähernd gleich jener in der Hauptstichprobe ist, während in anderen Reaktionsvariablen der Mittelwert

3. Set 7

in der Hauptuntersuchung deutlich über jenen bei den Um- und Wegzählern liegt (so bei der wahrgenommenen Häufigkeit und Lautheit des Fluglärms oder den wahrgenommenen Folgen des Fluglärms, wie z.B. den „Kommunikationsstörungen infolge Fluglärms“), und daß

- 2.) der Trend der Mittelwerte in der „Störbarkeit durch Fluglärm“ über die Sets bei den Um- und Wegzählern jenem in der Hauptuntersuchung entspricht, sich hingegen bei anderen Reaktionsvariablen kein systematischer Anstieg von Set A nach D oder sogar ein zu jenem in der Hauptuntersuchung gegenläufiger Verlauf zeigt. Ob eine solche Interpretation gerechtfertigt ist, ließe sich allerdings nur durch eine Longitudinaluntersuchung klären.

Bezüglich der „wahrgenommenen Lautheit“ und der „wahrgenommenen Häufigkeit von Fluglärm“ bietet sich eine Kontrastinterpretation an: Personen, die in einem Gebiet gewohnt haben, das starkem und häufigem Fluglärm ausgesetzt war (wie z.B. Set D), haben ein entsprechend hohes Adaptationsniveau bezüglich Fluglärm entwickelt und schätzen daher nach ihrem Umzug in ein Gebiet, das in geringerem Maße Fluglärm ausgesetzt ist, den Fluglärm als weniger laut bzw. häufig ein als solche Personen, die aus einem relativ wenig von Fluglärm betroffenen Gebiet (z.B. Set A) fortgezogen sind.

Allerdings ist eine mögliche Alternativinterpretation nicht auszuschließen: Es wäre denkbar, daß Pbn, die aus den lautereren Sets fortgezogen sind, bei der Wahl ihrer neuen Wohnung besonders (bzw. mehr als Pbn aus den leiseren Sets) darauf geachtet haben, daß ihre neue Wohnumgebung nicht bzw. möglichst wenig von Fluglärm betroffen ist. Da keine Fluglärm-Meßdaten für die Wohngegenden *nach* dem Um- bzw. Wegzug vorliegen, ist diese Alternativinterpretation nicht auszuschließen (sie ist jedoch – zumindest bezogen auf die Umzügler – nicht wahrscheinlich, da sie in Stadtgebiete von München verzogen sind, in denen der Fluglärm den Grundlärm – also z.B. den üblichen Verkehrslärm – nicht übersteigt; analoges gilt für die Wegzügler: s. die erste Anmerkung zu diesem Abschnitt: 4.6.7).

#### 4.7 Abschließende Bemerkungen

Kurz zusammengefaßt führen die Ergebnisse des vorliegenden Berichts der Sozialwissenschaftlichen Sektion zu folgenden Schlußfolgerungen: Mit zunehmendem Fluglärm geht eine zunehmende Beeinträchtigung des Wohlbefindens der von Fluglärm Betroffenen einher. Bei konstantem Fluglärm ist jedoch eine erhebliche interindividuelle Variabilität in den Reaktionen auf Fluglärm zu verzeichnen. Diese Variabilität ist anscheinend – zumindest teilweise – persönlichkeitsbedingt, wobei vor allem solche Variablen wie allgemeine Lärmempfindlichkeit und andere auf Lärm sowie auf den Luftverkehr bezogene Attitüden eine wichtige Rolle spielen.

Dieser Tatbestand interindividueller, persönlichkeitsbedingter Reaktionsunterschiede bei konstanter Belärmung ändert jedoch keineswegs etwas daran, daß sich ein nicht unbeträchtlicher Prozentsatz der von Fluglärm betroffenen Bevölkerung anscheinend beeinträchtigt fühlt; es ist für die Betroffenen gleichgültig, ob ihre Reaktion auf Fluglärm ausschließlich durch den Grad des Fluglärms oder aber auch teilweise durch ihre Persönlichkeit determiniert ist: Der Empfindliche, der bereits bei relativ geringer Belärmung stark negativ reagiert, erlebt seine Verärgerung über Fluglärm und die damit verbundenen negativen Konsequenzen genauso real wie der Unempfindliche, der erst bei sehr viel stärkerer Belärmung ein gleiches Ausmaß an Verärgerung zeigt.

Die Daten lassen allerdings keine ausreichend sicheren Rückschlüsse hinsichtlich folgender Fragen zu:

- 1.) Welche Bedeutung hat Fluglärm im Vergleich zu anderen Belastungen durch die Umwelt für das alltägliche Leben der Betroffenen?  
(Zwar wurden in 4.6.5.2.1.1 einige im Hinblick auf diese Frage relevante Ergebnisse dargestellt; zweifellos bedarf diese Frage jedoch weiterer Untersuchung)
- 2.) Welche der hier untersuchten Komponenten der Beeinträchtigung durch Fluglärm hat für die Betroffenen den größeren Stellenwert – etwa:
- + die Kommunikationsstörungen infolge Fluglärms oder
  - + die Herabsetzung des Erholungswertes des Zuhause – z.B. durch die Störungen von Ruhe und Entspannung infolge Fluglärms – oder die damit verbundene
  - + geringere Zufriedenheit mit der Wohngegend hinsichtlich der gesundheitlichen Bedingungen, der Ruhe und der Erholungsmöglichkeiten oder
  - + Schmerzempfindungen infolge Fluglärms?

Keineswegs ist auch auszuschließen, daß es ganz andere, hier nicht untersuchte Aspekte der Beeinträchtigung durch Fluglärm gibt, die für das Leben der Betroffenen und ihr Wohlbefinden u.U. bedeutsamer sind; so etwa:

- + Änderung von Lebensgewohnheiten (z.B. Einschränkungen im Freizeitverhalten etwa durch weniger Aufenthalt im Freien),
- + eine erhöhte Tendenz zu Fehlhandlungen (leichterer oder schwererwiegender Art) und damit u.U. eine erhöhte Unfallneigung,
- + Veränderungen in den Sozialbeziehungen (z.B. eine stärkere Gereiztheit im Umgang mit anderen) oder
- + eine erhöhte Sensitivität gegenüber anderen störenden Umwelteinflüssen.

Ein Teil der hier angesprochenen und anderer denkbarer Bereiche mag außerordentlich schwierig zu erfassen sein und sich – zumindest teilweise – der Methode der Befragung entziehen; wertvolle Aufschlüsse könnten hier u. U. Intensivstudien an kleineren Probanden-Gruppen geben, wobei es möglich wäre, Untersuchungsgegenstand und -instrumentarium inhaltlich und methodisch auszuweiten; 'teilnehmende Beobachtung' und 'Intensiv-Explorationen' mögen sich dabei als fruchtbar erweisen.

Hervorstechendster Mangel des vorliegenden Berichtes der Sozialwissenschaftlichen Sektion ist nach Ansicht der Autoren jedoch, daß er wenig zum theoretischen Verständnis der Reaktion auf Fluglärm und insbesondere ihrer Entstehung beiträgt oder das Verständnis der Art und Weise fördert, wie sich der Prozeß der Verarbeitung des Lärms und seiner Folgen vollzieht und welchen Veränderungen dieser Verarbeitungsprozeß möglicherweise über die Zeit unterworfen ist. (Die in vorliegender Untersuchung vorgenommene Querschnittsbetrachtung bedarf der Ergänzung durch Längsschnittuntersuchungen, die dem dynamischen Charakter des Lärmverarbeitungsprozesses besser gerecht werden könnten.)

#### 4.8 Zusammenfassung

- 1.) Der sozialwissenschaftliche Untersuchungsteil sollte im wesentlichen der Klärung folgender Fragen dienen:
- (1) In welchem Ausmaß determiniert der Stimulus 'Fluglärm' die Reaktionen auf Fluglärm (wie z. B. Gefühle der Verärgerung und der Beeinträchtigung infolge Fluglärms)?

3867

- (2) Welche (Moderator-) Variablen lassen sich zur Erklärung interindividuell unterschiedlicher Reaktionen bei konstantem Fluglärm heranziehen?
- 2.) Die Erhebungsmethodik des sozialwissenschaftlichen Untersuchungsteiles bestand in einer mündlichen Befragung der Pbn anhand eines standardisierten Fragebogens; die Befragung wurde von Interviewern in der Wohnung der Pbn durchgeführt. Aus der Befragung resultierten insgesamt 660 vollständig auswertbare Interviews.
- 3.) Zur Überprüfung der Stabilität der Variablen wurde bei 115 Pbn eine Zweitbefragung nach einem Zeitintervall von 3 Monaten durchgeführt. Die berechneten Stabilitätskoeffizienten zeigen eine insgesamt befriedigende Stabilität der Variablen an.
- 4.) Durch Zusammenfassung inhaltlich verwandter Items zu globaleren Variablen wurde – so weit möglich – die Variablenzahl reduziert. Die Reduktion erfolgte in zwei hierarchisch abgestuften Schritten:
- (1) zunächst wurden Summenvariablen definiert (Sekundärdatenniveau);
  - (2) anschließend wurden die Variablen auf Faktorenscores reduziert (Tertiärdatenniveau).
- 5.) Gemäß den Interkorrelationen der Variablen mit den Stimulusvariablen wurden erster in zwei Gruppen aufgeteilt:
- (1) Als Reaktionsvariablen wurden all jene Variablen aufgefaßt, die nennenswert zu einer der Stimulusvariablen in Beziehung stehen
  - (2) Als Moderatorvariablen wurden jene Variablen aufgefaßt, die mit den Stimulusvariablen nicht oder nur sehr gering, wohl aber mit den gemäß (1) definierten Reaktionsvariablen korrelierten, also einen stimulus-unabhängigen Beitrag zur Vorhersage der Reaktionen leisten konnten.
- 6.) Mithilfe von Regressions- und Korrelationstechniken wurden die Variablenbeziehungen analysiert und der relative Beitrag der Stimulus- sowie der Moderatorvariablen zur Vorhersage der Reaktionen bestimmt.
- 7.) Die wichtigsten Ergebnisse dieser Analysen sind:
- (1) Mit zunehmendem Fluglärm nehmen zu
    - die wahrgenommene Lautheit des Fluglärms
    - die wahrgenommene Häufigkeit des Fluglärms
    - Störungen der Kommunikation
    - Störungen von Ruhe und Entspannung
    - Schmerzempfindungen
    - die wahrgenommenen physikalischen Folgen (z. B. Wände-Zittern)
    - die Anzahl von Pbn, die spontan Fluglärm auf die Frage nach störenden Lebensbedingungen nennen
    - die Anzahl von Pbn, die spontan Fluglärm auf die Frage nach Gesundheit und Leben gefährdenden Bedingungen nennen
    - die Anzahl vorgenommener sozialer Maßnahmen (wie z. B. Besuch einer Protestveranstaltung gegen Fluglärm)
    - die Anzahl vorgenommener physikalischer Maßnahmen (wie z. B. Einbau von Doppelfenstern)
- Mit zunehmendem Fluglärm sinkt
- die Bindung an die Wohngegend (insbesondere die Zufriedenheit mit ihrem Erholungswert)
  - die Einschätzung der Erträglichkeit des Fluglärms.

Die genannten Beziehungen sind linear; kurvilineare Bestimmtheitsmaße erbringen gegenüber linearen Bestimmtheitsmaßen nur nicht nennenswerte Erhöhungen der Koeffizienten mit sich.

- (2) Die zuvor beschriebenen Zusammenhänge sind jedoch keineswegs perfekt: Die höchste gefundene Einzelkorrelation beträgt nur .56 – d. h., nur ca. 31 % der Reaktionsvariabilität ist aus einer der Stimulusvariablen allein vorhersagbar. Auch bei Berücksichtigung von jeweils mehreren Stimulusvariablen und je einer der Reaktionsvariablen (multiple Korrelation) oder auch mehrerer Reaktionsvariablen (kanonische Korrelation) verbleibt eine erhebliche aus den Stimulusvariablen nicht vorhersagbare Variabilität in der Reaktionen.
  - (3) Jene Variablen, die direkten thematischen Bezug zu Lärm allgemein (wie z. B. Lärmempfindlichkeit oder Lärmgewöhnbarkeit) oder zum Flugverkehr oder Fluglärm (wie z. B. Glaube, daß Fluglärm gesundheitsschädlich ist; Wertigkeit des Flugverkehrs oder Informiertheit über Fluglärm durch die Massenmedien) haben, sind die wirksamsten Moderatoren: d. h., diese Variablen tragen *neben* den Stimulusvariablen am meisten zur Vorhersage der Reaktionen bei.
  - (4) Stimulus- und Moderatorvariablen eignen sich – jeweils für sich betrachtet – annähernd gleich gut zur Vorhersage der Reaktionen: Bis zu ca. 45 % der Varianz in den Reaktionen ist jeweils aus den Stimulus- bzw. Moderatorvariablen allein vorhersagbar.
  - (5) Aus Stimulus- und Moderatorvariablen zusammen sind ca. 65 % der Varianz der Reaktionen vorhersagbar.
  - (6) Diese Ergebnisse stimmen im wesentlichen mit den Ergebnissen vergleichbarer ausländischer Untersuchungen überein.
- 8.) Fluglärmschutzgesetze sehen gewöhnlich kritische Grenzen vor, bei deren Überschreitung die Ergreifung von Schutzmaßnahmen vorgesehen ist. Die Empfehlung solcher Grenzen anhand der Daten der vorliegenden Untersuchung erscheint insofern problematisch, als
- (1) bei konstanter Beschallung durch Fluglärm eine starke Reaktionsvariabilität von großer bis geringer Beeinträchtigung festzustellen ist und
  - (2) die Stimulus-Reaktionsbeziehungen linear sind und keine Trennpunkte auf der Stimulusseite festzulegen sind, ab deren Überschreitung ein sprunghafter Anstieg in den Reaktionen zu verzeichnen ist.
- 9.) Die Analyse der Variablenbeziehungen in verschiedenen Subgruppen zeigt einige Unterschiede auf; die wichtigsten Ergebnisse sind:
- (1) Untersucht man getrennt für verschiedene Grade der Beschallung durch Fluglärm die Beziehung zwischen dem Moderator-Faktorenscore der Lärmgewöhnbarkeit und der Globalreaktion (Faktorenscore aus allen Reaktionsvariablen) so zeigt sich, daß mit zunehmender Belärmung die Enge des Zusammenhanges zwischen dem Lärmgewöhnbarkeitsfaktor und der Globalreaktion zunimmt. Ein einfaches multiplikatives Modell bzw. die Vorstellung, daß ein Moderator wie Lärmgewöhnbarkeit bzw. Lärmempfindlichkeit als Verstärker für den Stimulus wirkt, ist recht gut zur Beschreibung der Daten geeignet.
  - (2) Bei lärmunempfindlichen Pbn ist der Zusammenhang zwischen dem Stimulus und den eher kognitiv geprägten Reaktionen enger als bei lärmempfindlichen Pbn; hingegen findet sich bei lärmempfindlichen Pbn ein engerer Zusammenhang zwischen dem Stimulus und den mehr emotional-bewertenden Reaktionen als bei den lärmunempfindlichen Pbn.

1190

4.8

- (3) Unterschiedliche Grade der subjektiven Beeinträchtigung – definiert durch die Globalreaktion – stellen etwas nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ Unterschiedliches dar: Bei Pbn, die sich weniger beeinträchtigt bzw. weniger gestört fühlen, ist das Lärmerlebnis anscheinend eher kognitiv als emotional geprägt, während bei Pbn, die sich stärker beeinträchtigt bzw. gestört fühlen, der Aspekt der Verärgerung und der Bewertung gegenüber dem kognitiven Aspekt dominiert. Zudem hängt bei Pbn, die sich gestört fühlen, die Reaktion in stärkerem Maße von solchen Variablen wie der Lärmempfindlichkeit als vom Stimulus ab; hingegen findet sich bei Pbn, die sich weniger gestört fühlen, eine eher umgekehrte Relation.
- 10.) Eine Befragung von Personen, die aus dem Untersuchungsgebiet der Hauptuntersuchung entweder in andere Stadteile Münchens (Umzügler) oder nach außerhalb von München (Wegzügler) verzogen waren, ergab keine Hinweise auf eine einseitige Verzerrung der Stichprobe der Hauptuntersuchung durch selektive Abwanderung solcher Pbn, die besonders empfindlich sind und/oder sich besonders durch Fluglärm beeinträchtigt fühlen.

#### 4.8 Summary

- 1.) The main purpose of the social-scientific part of the study was to clarify the following questions:
  - (1) To what extent does the stimulus 'aircraft noise' determine reactions to aircraft noise (such as feelings of irritation or annoyance)?
  - (2) Which (moderator) variables are apt to explain differing individual reactions under the condition of aircraft noise remaining constant?
- 2.) Method: The empirical data were gathered in interviews, the interviews having been conducted at the subjects' homes by means of a standardized questionnaire. 660 Interviews resulted from this survey which could be analyzed in all aspects.
- 3.) To test retest stability of the variables 115 subjects were interviewed again after a time intervall of three months.  
The computed stability coefficients indicate a stability of the variables that is on the whole satisfactory.
- 4.) Items with related contents were combined forming more global variables in order to reduce the number of variables as far as possible. This reduction was accomplished in two hierarchical steps
  - (1) summated ratings were defined (secondary data level) and
  - (2) the variables were reduced to factor scores (tertiary data level).
- 5.) Intercorrelations of the variables with the stimulus variables allowed classification of the former in two groups:
  - (1) Reaction variables comprising all those variables significantly related to one of the stimulus variables.
  - (2) Moderator variables comprising all those variables showing very slight or no correlation with the stimulus variables but which correlated with the reaction variables – as defined under (1) – i.e. variables which contributed to the prediction of reactions independently of stimuli.



- 6.) The relationships between the variables were analyzed by means of regression and correlation techniques and the relative contribution of stimulus and moderator variables to the prediction of reactions was determined.
- 7.) The most important results of these analyses are:
- (1) The greater the aircraft noise the greater
    - the rated loudness of aircraft noise
    - the perceived number of times of aircraft noise
    - disturbances of communication
    - disturbances of tranquility and relaxation
    - the sensation of pain
    - the perceived physical consequences (such as walls trembling)
    - the number of subjects spontaneously naming aircraft noise when asked for inconveniences
    - the number of subjects spontaneously naming aircraft noise when asked for conditions impairing health and life
    - the frequency of taking part in social action (such as participating in protest demonstration against aircraft noise)
    - the frequency of taking physical action (such as installing double windows).
  - The greater the aircraft noise the less
    - satisfaction with the neighborhood (especially satisfaction with its recreation value)
    - the rated tolerableness of aircraft noise.
- These relations are linear; curvilinear determination coefficients lead only to insignificant increase as compared to linear determination coefficients.
- (2) The described relationships are by no means perfect ones: The highest correlation found amounts to only .56, i.e. only approximately 31 percent of the variability in reactions can be predicted by means of one stimulus variable alone. Even when correlating more than one stimulus variable with each one reaction variable (multiple correlation) or with more than one reaction variable (canonical correlation) a considerable amount of the variability remains unpredicted.
  - (3) The most efficient moderator variables are those referring directly to noise in general (such as sensitivity to noise or adaptability to noise) or to air traffic or aircraft noise (such as the belief that aircraft noise is health impairing, attributed value of air traffic, or knowledge about aircraft noise received by mass media), i.e. *apart from* the stimulus variables those variables contribute most to the prediction of reactions.
  - (4) Stimulus and moderator variables respectively are approximately equally well suited to predict reactions: Up to about 45 percent of the variance in reactions can be predicted by each one of the stimulus or moderator variables respectively.
  - (5) Stimulus *and* moderator variables together amount to approximately 65 percent of predicted variance in the reactions.
  - (6) These results essentially coincide with the results of comparable foreign studies.
- 8.) Legislation concerning protection against aircraft noise usually stipulates critical tolerances prescribing protection measures in case these limits are being exceeded. Problems appear to be involved as to the recommendation of such limits on the basis of the present findings in as far as

- (1) under the condition of constant exposure to aircraft noise a considerable variability ranging from high to low annoyance is to be observed and
  - (2) stimulus-reaction relationships are linear and no thresholds or cutting points on the stimulus scales can be identified which would mark a sudden rise in reactions when being exceeded.
- 9.) When analyzing the relationships between variables in different subgroups it appears that they differ in some respects the most important being
- (1) Analyzing the relationships between the 'noise adaptability factor score' and the 'global reaction' (factor score extracted from all reaction variables) for various degrees of exposure to aircraft noise it appears that the greater the exposure the closer the relationship between adaptability to noise and the global reaction. A simple multiplicative model resp. the conception that such moderators as noise adaptability or noise sensitivity work like an amplifier of the stimulus, is suitable for describing the data.
  - (2) For subjects insensitive to noise the relationships between stimulus and the more cognitive aspects of reactions is closer than it is for subjects sensitive to noise; whereas for subjects sensitive to noise a closer relationship between the stimulus and the emotional evaluative aspects of the reactions can be found than with the subjects insensitive to noise.
  - (3) Different degrees of subjective impairment or annoyance – defined by the global reaction – must be viewed not only being quantitatively but also qualitatively different: Subjects feeling less impaired or annoyed apparently experience noise by cognition rather than emotionally, whereas subjects feeling greater impairment or annoyance experience noise emotionally rather than by cognition. Furthermore with subjects feeling annoyed reaction depends to a higher degree on variables such as sensitivity to noise than on the stimulus, whereas for subjects feeling less annoyed rather the reverse is true.
- 10.) A survey of people having had moved from the area studied during the main study either to other parts of München or outside of München did not indicate that the sample of the main study would be biased by selective migration of those subjects being especially sensitive and/or feeling particularly affected by aircraft noise.

2231

Liste der wichtigsten Variablen

Kurzname	Langbezeichnung	Abkürz.
Abneig. g. Zivilisat.	Abneigung gegen Zivilisation und Technik	ZIV
Alter	Alter	ALTR
Asp.d.Bedrohl./Bild	Aspekt des Bedrohlichen/Flugzeugbild	ABED
Asp.d.Harmlos./Bild	Aspekt des Harmlosen/Flugzeugbild	AHAR
Asp.d.Schön./Bild	Aspekt des Schönen/Flugzeugbild	ASCH
Asp.d.Störend./Bild	Aspekt des Störenden/Flugzeugbild	AST
Ausbildung	Ausbildung	AUSB
Bindung Gegend	Bindung an die Gegend	BDG
Bindung Wohnung	Bindung an die Wohnung	BDW
Berufl.Position	Sozialprestige der beruflichen Position des Hauptnährers	BERU
Einkommen	Haushaltsnettoeinkommen pro Kopf	EINK
Erträglichkeit AL	Erträglichkeit Autolärm	EAL
Erträglichkeit FL	Erträglichkeit Fluglärm	EFL
Fluglärmmaß FB1	Fluglärm-Bewertungsmaß FB1	FB1
Folgenfaktor R4	Folgenfaktor R4	R4
Furcht v. Flugzeugen	Furcht vor Flugzeugen	FF
Glaube, daß FL schäd.	Glaube, daß Fluglärm gesundheits-schädlich ist	GF
Globalreaktion R1U	Globalreaktion-S R1U	R1U
Hypochondrie	Hypochondrie	HYP
Hypochondriefakt. M5	Hypochondriefaktor M5	M5
Informierth. über FL	Informiertheit über Fluglärm durch Massenmedien	INFL
Kommunik.stör. AL	Kommunikationsstörungen infolge Autolärms	KOMM AL
Kommunik.stör. FL	Kommunikationsstörungen infolge Fluglärms	KOMM FL
Konkr. Umzugsschritte	Konkrete Umzugsschritte	UMZ
Konservativismus	Konservativismus	KON
Kritikbereitschaft	Kritikbereitschaft	KRIT
Labilität	Labilität	LAB
Lärmempfindlichkeit	Lärmempfindlichkeit	LE
Lärmgewöhnbarkeit	Lärmgewöhnbarkeit	LG
Lärmgewöhnbn.fakt.M2	Lärmgewöhnbarkeitsfaktor M2	M2
Lebensstandard	Lebensstandard	LBST
Maßnahmenfaktor R2	Maßnahmenfaktor R2	R2
Mobilität	Mobilität	MOB
Mobilitätsfaktor M4	Mobilitätsfaktor M4	M4
Physik.Folgen AL	Physikalische Folgen von Autolärm	PHF AL
Physik.Folgen FL	Physikalische Folgen von Fluglärm	PHF FL
Physik.Maßnahm.geg.FL	Physikalische Maßnahmen gegen Fluglärm	PHYM
Richthäufigk.H <sub>R</sub>	Richthäufigkeit H <sub>R</sub>	H <sub>R</sub>
Schmerzen infolge AL	Schmerzen infolge Autolärms	SCHM AL

1115

4.9

Schmerzen infolge FL  
Soz.Maßnahm.geg.FL  
Statusfaktor M1  
Störbarkeit FL  
Stör.Ruhe AL

Stör.Ruhe FL

Überflugdauer  $D_{10}$   
Überflughäufigk.  $H_{81}$   
Überflugpegel  $\bar{L}_A$   
Verärg.faktor R1  
Wahrg.Häufigk. AL  
Wahrg.Häufigk. FL  
Wahrnehmungsfakt. R3  
Wahrg.Lauth. AL  
Wahrg.Lauth. FL  
WBT-Intelligenz  
Wertigk.Flugverkehr  
Wohndauerfaktor M3  
Wohndauer Haus  
Wohndauer Ortsteil  
Zufr. Verk.Einkaufsm.

Schmerzen infolge Fluglärms  
Soziale Maßnahmen gegen Fluglärm  
Statusfaktor M1  
Störbarkeit durch Fluglärm  
Störungen von Ruhe und Entspannung  
infolge Autolärms

Störungen von Ruhe und Entspannung  
infolge Fluglärms

Mittlere Überflugdauer  $D_{10}$   
Überflughäufigkeit  $H_{81}$   
Mittlerer Überflugpegel  $\bar{L}_A$   
Verärgerungsfaktor R1  
Wahrgenommene Häufigkeit Autolärm  
Wahrgenommene Häufigkeit Fluglärm  
Wahrnehmungsfaktor R3  
Wahrgenommene Lautheit Autolärm  
Wahrgenommene Lautheit Fluglärm  
Intelligenz: Wort-Bild-Test WBT  
Wertigkeit des Flugverkehrs  
Wohndauerfaktor M3  
Wohndauer Haus  
Wohndauer Ortsteil  
Zufriedenheit mit den Verkehrs- u.  
Einkaufsmöglichkeiten

SCHM FL  
SOMA  
M1  
SF  
RUHE AL

RUHE FL

$D_{10}$   
 $H_{81}$   
 $\bar{L}_A$   
R1  
HAL  
HFL  
R3  
LAL  
LFL  
WBT  
WF  
M3  
WDH  
WDO  
VERK

# **FLUGLÄRMWIRKUNGEN**

**eine interdisziplinäre Untersuchung über die  
Auswirkungen des Fluglärms auf den Menschen**

## **KAPITEL 5**

### **DER PSYCHOLOGISCHE UNTERSUCHUNGSTEIL**

**Rainer Guski**

*skip to p 425*

## 5.0 Inhalts-, Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

5.0.1	Inhaltsverzeichnis/Contents . . . . .	249
5.0.2	Tabellenverzeichnis . . . . .	250
5.0.3	Abbildungsverzeichnis . . . . .	251
5.1	<i>Fragestellung, Konzeption und Themenkreise</i>	
5.1.1	Die Fragestellung . . . . .	252
5.1.2	Die Konzeption . . . . .	256
5.1.3	Themenkreise . . . . .	257
5.1.3.1	Die Bedeutung der Aktivierungstheorie für die direkte Lärmverarbeitung	257
5.1.3.2	Die Bedeutung der Distractionstheorie für die indirekte Lärmverarbeitung . . . . .	258
5.1.3.3	Die Bedeutung von Persönlichkeitsmerkmalen für Fluglärm-Reaktionen	259
5.2	<i>Vorarbeiten</i>	
5.2.1	Planung, Durchführung und Ergebnisse des psychologischen Teils der Voruntersuchung . . . . .	261
5.2.2	Die Planung der Hauptuntersuchung zum Fluglärmprojekt . . . . .	263
5.2.2.1	Überlegungen zur Aktivierungstheorie . . . . .	264
5.2.2.2	Vorstudien zur Distractionstheorie . . . . .	265
5.2.2.3	Vorstudie zur Geräuschkalibrierung . . . . .	267
5.2.2.4	Vorstudien zum Wörtererkennen und Behalten . . . . .	268
5.2.2.5	Zu Persönlichkeitsmerkmalen als Moderatoren der Fluglärmwirkung . . . . .	269
5.2.2.6	Berücksichtigung und Kontrollvariablen . . . . .	270
5.3	<i>Durchführung der Untersuchung</i>	
5.3.1	Organisation des Untersuchungsablaufs . . . . .	271
5.3.2	Die einzelnen Untersuchungsschritte . . . . .	272
5.3.3	Ein Beispiel für ein Untersuchungsprogramm . . . . .	272
5.3.3.1	Reaktionszeiten und Distraction . . . . .	272
5.3.3.2	Physiologische Untersuchung der direkten Lärmverarbeitung . . . . .	274
5.3.3.3	Wörtererkennen und Persönlichkeitsmerkmale . . . . .	276
5.4	<i>Datenaufbereitung und erste Analysen</i>	
5.4.1	Datenaufbereitung . . . . .	277
5.4.1.1	Datenaufbereitung für Papier- und Bleistift-Daten . . . . .	277
5.4.1.2	Datenaufbereitung für Reaktionszeit- und Distraction-Experimente . . . . .	277
5.4.1.3	Datenaufbereitung für den physiologischen Untersuchungsteil . . . . .	277
5.4.1.4	Behandlung der Datenlücken . . . . .	278
5.4.2	Datenreduktion und erste Variablenliste . . . . .	279
5.4.2.1	Kontrollvariablen . . . . .	279
5.4.2.2	Persönlichkeitsvariablen . . . . .	279
5.4.2.3	Situationsfragebögen . . . . .	280
5.4.2.4	Wörtererkennen und Behaltensleistung . . . . .	280
5.4.2.5	Geräuschkalibrierung . . . . .	280
5.4.2.6	Reaktionszeit- und Distractionvariablen . . . . .	281
5.4.2.7	Physiologische Daten . . . . .	282
5.4.3	Erfahrungen mit der ersten Variablenliste . . . . .	283
5.4.3.1	Datenreduktion durch Faktorenanalysen . . . . .	284
5.4.3.2	Interkorrelation der Rohwerte und Faktorscores mit Fluglärm . . . . .	286

		5.0
5.4.3.3	Das Problem der „individualspezifischen Reaktionsmuster“ bei physiologischen Reaktionen . . . . .	288
5.4.3.4	Versuch der Einbeziehung von psychologischen Moderatoren . . . . .	290
5.5	<i>Der Datensatz für die Hauptauswertung</i>	
5.5.1	Neue Variablen zum experimentalpsychologischen Untersuchungsteil	292
5.5.2	Neue Variablen zum physiologischen Untersuchungsteil . . . . .	293
5.5.3	Befreiung der psychologischen und physiologischen Variablen von Zusammenhängen mit Kontrolldaten . . . . .	300
5.5.4	Varablenliste des psychologischen Datensatzes . . . . .	301
5.6	<i>Ergebnisse und Diskussion</i>	
5.6.1	Beziehungen zwischen den Variablen der Psychologischen Sektion und Fluglärm-Reizen oder der sozialwissenschaftlichen Fluglärm-Reaktion	303
5.6.2	Lineare additive Modelle der Fluglärmwirkung unter Berücksichtigung von Moderatoren . . . . .	306
5.6.3	Nichtlineare und interaktive Modelle der Fluglärmwirkung unter Berücksichtigung von Moderatoren . . . . .	310
5.6.4	Diskussion der Ergebnisse der psychologischen Untersuchungen . . . . .	314
5.7	<i>Zusammenfassung/Summary</i>	
<b>5.0.1</b>	<b>Contents</b>	
5.0.2	List of tables . . . . .	250
5.0.3	List of illustrations . . . . .	251
5.1	<i>The problem, conception and topics</i>	
5.1.1	The problem . . . . .	252
5.1.2	The conception . . . . .	256
5.1.3	Topics . . . . .	257
5.1.3.1	The importance of activation theory for direct coping with noise . . . . .	257
5.1.3.2	The importance of distraction theory for indirect coping with noise . . . . .	258
5.1.3.3	The importance of personality traits for reactions to aircraft noise. . . . .	259
5.2	<i>Preparatory work</i>	
5.2.1	Design, realization, and results of the psychological part of the preliminary study. . . . .	261
5.2.2	The design for the main study . . . . .	263
5.2.2.1	Considerations on the basis of activation theory . . . . .	264
5.2.2.2	Pilot studies on the basis of distraction theory . . . . .	265
5.2.2.3	Pilot studies of the scaling of noise . . . . .	267
5.2.2.4	Pilot studies of word recognition and retention . . . . .	268
5.2.2.5	Personality traits as moderators of aircraft noise effects . . . . .	269
5.2.2.6	Control variables . . . . .	270
5.3	<i>Realization of the study</i>	
5.3.1	Organization of the various steps of the study . . . . .	271
5.3.2	The various steps of the study . . . . .	272
5.3.3	An example of the research program . . . . .	272

5.3.3.1	Reaction times and distraction . . . . .	272
5.3.3.2	Physiological testing of direct coping with noise . . . . .	274
5.3.3.3	Word recognition and personality traits . . . . .	276
5.4	<i>Preparation of data and first analyses</i>	
5.4.1	Preparation of data . . . . .	277
5.4.1.1.	Preparation of paper and pencil test data . . . . .	277
5.4.1.2	Preparation of the data from reaction times and distraction experiments	277
5.4.1.3	Preparation of the physiological test data . . . . .	277
5.4.1.4	Handling of missing data . . . . .	278
5.4.2	Reduction of data and first list of variables . . . . .	279
5.4.2.1	Control variables . . . . .	279
5.4.2.2	Personality variables . . . . .	279
5.4.2.3	Self-rating of emotional and physical fitness . . . . .	280
5.4.2.4	Word recognition and memory performance . . . . .	280
5.4.2.5	Scaling of noise . . . . .	280
5.4.2.6	Variables of reaction times and distraction . . . . .	281
5.4.2.7	Physiological data . . . . .	282
5.4.3	Experiences with the first list of variables . . . . .	283
5.4.3.1	Reduction of data by means of factor analysis . . . . .	284
5.4.3.2	Intercorrelation of raw data and factor scores with aircraft noise variables . . . . .	286
5.4.3.3	The problem of "person-specific reaction patterns" with respect to physiological reactions . . . . .	288
5.4.3.4	An attempt to include psychological moderators . . . . .	290
5.5	<i>The data deck for the main analyses</i>	
5.5.1	New variables for the experimental psychological part of the study . . . . .	292
5.5.2	New variables for the physiological part of the study . . . . .	293
5.5.3	Clearing up the psychological and physiological variables from effects of control data . . . . .	300
5.5.4	List of variables of the psychological data deck . . . . .	301
5.6	<i>Results and discussion</i>	
5.6.1	Relationships between the variables of the psychological section and aircraft noise stimuli of the social-scientific reaction to aircraft noise . . . . .	303
5.6.2	Linear additive models of effects of aircraft noise . . . . .	306
5.6.3	Nonlinear and interactive models of effects of aircraft noise with consideration of moderators . . . . .	310
5.6.4	Discussion of the results of the psychological part of the study . . . . .	314
5.7	<i>Summary</i>	

## 5.0.2 Tabellenverzeichnis

Tab. 5-1:	Korrelationen zwischen Fluglärm- und psycholog. Variablen . . . . .	287
Tab. 5-2:	Korrelationen zwischen Fluglärm- und psycholog. Faktoren . . . . .	287
Tab. 5-3:	Geschlecht als Moderator der Fluglärmwirkung im 1. Datensatz . . . . .	290
Tab. 5-4:	Alter als Moderator der Fluglärmwirkung im 1. Datensatz . . . . .	291



Tab. 5-5:	Potentielle psychol.-physiol. Fluglärm-Reaktionsvariablen . . . . .	301
Tab. 5-6:	Akustische Reiz-Variablen . . . . .	302
Tab. 5-7:	Potentielle Moderatoren zwischen Reiz und Reaktion . . . . .	302
Tab. 5-8:	Korrelationen mit Fluglärm-Reiz und Globalreaktion-S . . . . .	305
Tab. 5-9:	Vorhersage der Defensivreaktion durch FB1 und Moderatoren . . . . .	307
Tab. 5-10:	Vorhersage der Aufmerksamkeitsleistung bei Geräusch . . . . .	308
Tab. 5-11:	Unterschiede zwischen 2 Blutdruck-Kontrastgruppen . . . . .	312
Tab. 5-12:	Korrelationen mit FB1 in 2 Blutdruck-Gruppen . . . . .	313

### 5.0.3 Abbildungsverzeichnis

Abb. 5-1:	Prozentzahl der getroffenen Signale bei Variation des kritischen Signals in 7 Stufen von 0 bis 600 msec nach Taktbeginn ohne und mit akustischer Zusatzreizung bei 357 Personen . . . . .	266
Abb. 5-2:	Reaktionszeiten der getroffenen Signale bei Variation des kritischen Signals in 7 Stufen von 0 bis 600 msec nach Taktbeginn ohne und mit akustischer Zusatzreizung bei 357 Personen . . . . .	267
Abb. 5-3:	Ausschnitt aus dem Reaktionszeit-Experiment (schematisch) . . . . .	273
Abb. 5-4:	Ausschnitt aus dem Distractions-Experiment (schematisch) . . . . .	273
Abb. 5-5:	Schematische Darstellung der apparativen Ausstattung und der erwarteten Reaktionen bei der physiologischen Untersuchung der direkten Lärmverarbeitung . . . . .	274
Abb. 5-6:	Zeitlicher Verlauf der Beschallung bei der physiologischen Untersuchung der direkten Lärmverarbeitung . . . . .	275
Abb. 5-7:	Physiologische und motorische Reaktionen einer Vp auf die gleichzeitige Darbietung eines optischen und akustischen Stimulus . . . . .	275
Abb. 5-8:	Normalisierte Pulsfrequenz in 2 Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung . . . . .	295
Abb. 5-9:	Relativer Tracking-Fehler bei 85 dB in 2 Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung . . . . .	295
Abb. 5-10:	Relativer Tracking-Fehler bei 100 dB in 2 Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung . . . . .	296
Abb. 5-11:	Relative Muskelaktivität bei 85 dB in 2 Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung . . . . .	297
Abb. 5-12:	Relative Muskelaktivität bei 100 dB in 2 Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung . . . . .	297
Abb. 5-13:	Relative Fingerpulsamplitude bei 85 dB in 2 Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung . . . . .	298
Abb. 5-14:	Relative Fingerpulsamplitude bei 100 dB in 2 Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung . . . . .	298
Abb. 5-15:	Relative Kopfpulsamplitude bei 85 dB in 2 Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung . . . . .	299
Abb. 5-16:	Relative Kopfpulsamplitude bei 100 dB in 2 Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung . . . . .	299
Abb. 5-17:	Prozentsatz der stärker auf Lärm defensiv reagierenden Personen in 20 Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung . . . . .	316

## 5.1

### 5.1 Fragestellung, Konzeption und Themenkreise

#### 5.1.1 Die Fragestellung

Nach der heute allgemein akzeptierten, wenn auch selten wörtlich genommenen Definition ist Lärm „unerwünschter Schall“, also nicht einfach *lauter* Schall, sondern bereits subjektiv bewerteter Schall. Damit soll deutlich gemacht werden, daß die physikalischen Kennwerte eines Schallereignisses (wie Intensität, Frequenzspektrum und zeitliche Struktur) nicht ausreichen, um den Schall als Lärm zu kennzeichnen; notwendig ist die kognitiv und emotional gesteuerte subjektive Ablehnung des Schallereignisses durch den Hörer – und dies ist ein wichtiges Ergebnis der bisherigen Lärmforschung. Psychologische Faktoren spielen also in allen Lärmproblemen eine Rolle, und die dennoch häufig zu beobachtende Gleichsetzung von „lauten Geräuschen“ und „Lärm“ ist unzulässig, denn beispielsweise SADER (1966) hat eindrucksvoll demonstriert, daß auch geringe Schallintensitäten von manchen Personen in manchen Situationen als sehr ‚lärmig‘ empfunden werden können, während auch sehr intensive Schalle mitunter als angenehm beurteilt werden. Die psychologische Lärmforschung beschäftigt sich also auch mit der Frage, welche Bedingungs-momente am Schallereignis, in der Situation seines Auftretens und in der Person des Hörers gegeben sein müssen, um es als Lärm wahrzunehmen. In weitaus stärkerem Maße hat sich die psychologische Lärmforschung mit den unmittelbaren Auswirkungen von im Labor erzeugtem künstlichen Schall auf Wahrnehmungs- und Lernleistungen beschäftigt. Sehr selten ist bisher gefragt worden, welche Auswirkungen die tatsächlich im Alltagsleben vorkommenden Geräusche auf die Menschen haben – noch seltener, welche Folgen der Alltagslärm längerfristig, also nicht nur zum Zeitpunkt der Beschallung hat.

Gerade das Problem der Nachwirkungen häufiger intensiver Beschallung beschäftigt die (bisher spärliche) Fluglärmforschung, und diese Frage wird um so dringender, als die Klagen der Flughafenanwohner über den Fluglärm zwar seit Jahren bekannt sind, dennoch eine enorme Steigerung der Flugzeug-Bewegungen in der ganzen Welt zu verzeichnen ist. (zum Beispiel in Berlin von 102 Flugbewegungen pro Tag im Jahre 1960 zu 251 Flugbewegungen im Jahre 1971), ohne daß sich die vom Fluglärm betroffenen Menschen sich angemessen haben schützen können.

Bei der Suche nach Verhaltensbereichen, in denen Spätfolgen der alltäglichen Flugbelästigung zu erwarten waren, mußte die Psychologische Sektion\* des Fluglärmprojektes der Deutschen Forschungsgemeinschaft zu Beginn ihrer Arbeit feststellen, daß die physiologische und psychologische Lärmforschung bisher meist nur die kurzfristige Effekte aktuellen Schalls auf objektiv meßbare Verhaltensweisen untersucht hatte. So war beispielsweise bekannt, daß lauter Schall im allgemeinen die Aufnahme und Verarbeitung nicht nur akustischer, sondern etwa auch optischer Information stört (siehe Untersuchungen von BROADENT, EASTERBROOK u.a.), daß lauter Schall das zentralnervöse Erregungssystem ARAS (ascending reticular activation system) und das limbische System beeinflußt und daß Grad und qualitative Art dieser Aktivierung positive oder negative Rückwirkungen auf das Wohlbefinden und die Leistungen der beschallten Menschen zumindest für die Zeit der Beschallung hat.

\* geleitet von Prof. H. HÖRMANN (dem ich auch für eine ausführliche Textkritik danke), unter zeitweiliger Mitarbeit der Diplom-Psychologen R. GUSKI, D. LIEPMANN, U. OSTERKAMP und des Dipl.-Ing. R. STOLPE.

Fraglich war jedoch, wieweit derartige Untersuchungen, in denen die Beschallung und die Messung ihrer unmittelbaren Auswirkungen im Labor vorgenommen wurden, Aussagen auch über die Folgen von Fluglärm zulassen, dem die Bewohner von flughafennahen Gebieten ausgesetzt sind. Fraglich war auch, welche Relevanz für das Fluglärm-Problem diese Laboruntersuchungen haben, in denen ja meist ‚neutraler‘ Schall verwendet wird, der nicht – wie Fluglärm dies vermutlich für die Flughafenanwohner tut – eine bestimmte Bedeutung und damit auch eine entsprechende kognitive und emotionale Konnotation aufweist.

Unsere Ausgangspunkte waren also einerseits die meist im Labor unter aktueller Beschallung gewonnenen Erkenntnisse der bisherigen Lärmforschung, somit die Frage nach dem Verhalten der Flugplatzanwohner in „lärmigen“ Situationen, andererseits die von der bisherigen Lärmforschung kaum untersuchte Frage nach den Nachwirkungen der alltäglichen Flugbelästigung in nicht lärmeterminierten Situationen.

Da die Sozialwissenschaftliche Sektion vornehmlich die Untersuchung der subjektiven, erlebten Auswirkungen von Fluglärm übernahm, konzentrierten wir uns auf ein Gebiet, auf welchem Fluglärm nach den Befunden der Labor-Lärmforschung mit hoher Wahrscheinlichkeit Auswirkungen zeigen würde: auf die Untersuchung der Aufnahme und Verarbeitung von Informationen. Daß die damit angeschnittenen Funktionen – und somit erwartete Folgen des Fluglärms in diesen – besondere Bedeutung für die optimale Bewältigung der Anforderungen des täglichen Lebens haben, braucht kaum betont zu werden: Wohlbefinden und Leistung sind in hohem Maße vom Entdecken relevanter, dem Ausblenden irrelevanter Signale, von der optimalen und zeitgerechten Koordination der Antworten auf diese Signale abhängig.

Bei einer derartigen Untersuchung kann Schall in verschiedener Weise als Reizgröße auftreten. Prinzipiell kann die Bedeutung des Schalls als Reizgröße in einer Untersuchungssituation von Null (Ruhe) bis 100 Prozent (hier gibt es nur einen Stimulus) variieren; wir wollen uns auf drei formale Stufen der Schallbedeutung beschränken:

- a) Schall als Hauptreiz, auf den ausschließlich reagiert werden soll (es sind jedoch auch andere Reize vorhanden),
- b) Schall als Nebenreiz in einer mehrdimensionalen Stimulusituation, wobei nicht willkürlich auf Schall reagiert werden soll,
- c) Ruhebedingung: Schall fehlt als Reiz.

Diese Aufstellung gibt eine annehmende Bedeutung von aktuellem Schall oder Lärm wieder, und wir müssen uns fragen, ob längerfristige Fluglärm-Effekte in allen 3 Situationen in gleichem Ausmaß erwartet werden können. Dazu muß man wissen, daß sowohl in der Labor-Lärmforschung als auch in den Voruntersuchungen zu diesem Projekt häufig gezeigt werden konnte, daß Auswirkungen von Lärm, wenn überhaupt, meist nur auf der Ebene der direkten Lärmverarbeitung, d.h. wenn Schall den Hauptreiz darstellt, nachgewiesen werden konnten, und außerdem war der Grad der längerfristigen Veränderung menschlicher Verhaltensweisen durch Fluglärm zwar statistisch auffällig, selten jedoch dominierend. Und es ist auch unwahrscheinlich, daß unter den vielen erlebten Beeinträchtigungen der Lebensqualität in Großstädten ausgerechnet der Fluglärm eine so zentrale Rolle spielt, daß er Verhaltensweisen der Menschen eindeutig determiniert. Es muß damit gerechnet werden, daß erstens Fluglärm nur eine unter mehreren Umweltbelastungen ist und daß zweitens eine Reihe von erworbenen Eigenschaften und Verhaltenstechniken der Menschen als Filter oder Moderator zwischen Fluglärm-Reiz und Fluglärm-Reaktion wirken, und daß die Anzahl und Effektivität der Filter mit abnehmender Bedeutung von Schall in der Reizsituation steigt.

Diese Überlegung ist nicht nur dazu angetan, allzu hohe Erwartungen in bezug auf mögliche Befunde einer jeden nicht gerade Triviale untersuchenden Fluglärmstudie zu dämpfen,

### 5.1.1

sondern müssen auch in die Auswahl und Planung der Untersuchungsinhalte und -Verfahren eingehen.

In der Fluglärm-Hauptuntersuchung haben wir unsere Verfahren gemäß den drei genannten Ebenen der Schallbedeutung auf drei verschiedenen Ebenen angesetzt:

1. Es wurden Veränderungen der psychologischen und physiologischen Reaktionen auf Lärm als Hauptreiz untersucht; z.B. wurden die Einstellungsurteile des Menschen zu bestimmten Geräuschen und seine physiologischen „Antworten“ auf diese Geräusche ermittelt und in Zusammenhang mit dem Grad der alltäglichen Fluglärmung gebracht, weil angenommen werden konnte, daß häufiges und starke Flugbelärmung diese „direkte“ Lärmverarbeitung verändert;
2. Es wurde untersucht, ob durch häufige Flugbelärmung eine Veränderung der Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung bei Schall als Zusatzreiz herbeigeführt wird. So ist beispielsweise denkbar, daß stark flugbelärmte Menschen Techniken entwickelt haben, um Störungen durch den akustischen Zusatzreiz gering zu halten.
3. Es wurde untersucht, ob stark flugbelärmte Menschen auch unter akustischen Ruhebedingungen Veränderungen gegenüber weniger flugbelärmten in bezug auf die Art und Effizienz ihrer Informationsverarbeitung oder auch in bezug auf andere Merkmale zeigen. So könnte man hypostasieren, daß etwa die neurotische Tendenz oder eine allgemeine Ermüdbarkeit durch Fluglärm affiziert werden.

Diese drei Untersuchungsebenen münden in die große generelle Frage, die in ähnlicher Form auch die Arbeitsphysiologische und die Medizinische Sektion gestellt haben: adaptiert sich der Mensch, der häufig starkem Fluglärm ausgesetzt ist, an dieses Geräusch oder adaptiert er sich nicht? Wenn er sich adaptiert, werden dann nur die ursprünglich stärkeren Reaktionen auf Geräusche schwächer, oder treten zusätzlich andere Reaktionen verstärkt auf? Wenn er sich adaptiert, geschieht diese Adaptation auf Grund kognitiver Umbewertungen des ursprünglich als schädlich angesehenen Reizes zu einem nun als harmlos erkannten Reiz (LAZARUS, 1968) oder auf Grund der erkannten Ohnmacht gegenüber dem Reiz? Wenn sich der Mensch nicht an Fluglärm adaptiert, bleiben dann seine Reaktionen im Verlaufe der Jahre konstant, oder verstärken sie sich gar? Gelten vielleicht für physiologische Reaktionen andere Gesetze als für die stärker kognitiv gesteuerten Fragebogen- und Leistungsreaktionen? Im Falle physiologischer Reaktionen auf mittelstarke Reize werden üblicherweise Habitualisierungen (response decrements) konstatiert, GLASS & SINGER (1972) behaupten sogar, daß es keinen Stimulus gäbe, an den man sich physiologisch nicht gewöhnen könne. Dagegen hat SOKOLOV (1963) gezeigt, daß die Habitualisierungsfähigkeit bei den verschiedenen physiologischen Funktionen unterschiedlich ausgeprägt ist, und daß außerdem sehr intensive Geräusche in bestimmten physiologischen Funktionen nicht habitualisiert werden. Fraglich ist, ob verbale Verärgerungsreaktionen oder Leistungen in bestimmten Situationen sich analog zu physiologischen Funktionen verhalten – so weisen GLASS & SINGER (1972) darauf hin, daß praktisch jeder Mensch über Alltagslärm klagt, auch dann, wenn er keine physiologischen Reaktionen auf diesen Lärm zeigt.

Wir wollen die Adaptationsproblematik hier nicht weiter ausführen, zumal sie im Kapitel 1 dieses Bandes behandelt wird. Für die Psychologische Sektion hat es sich in der Alternative „adaptive Fluglärm-Bewältigung“ oder „defensive Blockierung durch Fluglärm“ konkretisiert. Unter dem Begriff der adaptiven Bewältigung soll dabei ein Verhaltensmuster verstanden werden, das sich einmal durch subjektive Gewöhnung des Menschen an den Fluglärm, zum anderen durch den Erwerb von Techniken auszeichnet, aktuelle Beschallungen zu bewältigen, bzw. zu kompensieren. Auf der Ebene der „direkten Lärmverarbeitung“ könnte die adaptive Fluglärm-Bewältigung zu positiven Einschätzungen eines lauten Geräusches auf

Grund der häufigeren oder intensiveren Bekanntschaft mit Fluglärm führen. Im physiologischen Verhalten wäre bei der aktuellen Beschallung entweder gar keine oder eher eine „Orientierungs-Aktivierung“ (SOKOLOV, 1963) zu erwarten, also entweder eine bereits habitualisierte Reaktion oder eine „Hinwendung zum Reiz“. – Auf der Ebene der Verarbeitung indirekten Lärms (Schall als Zusatzreiz) müßte sich die adaptive Fluglärm-Bewältigung in der Form äußern, daß Techniken erworben werden, diese störenden Zusatzreize bei der Aufnahme bzw. Verarbeitung von Information zu „überhören“, sei es durch rechtzeitiges Erkennen der Irrelevanz dieser Zusatzreizung, sei es durch aktives „Herausfiltern“ (BROADBENT) dieses Störgeräusches. – Unter Ruhebedingungen würde sich die adaptive Fluglärm-Bewältigung entweder in überhaupt keinen meßbaren Verhaltensänderungen äußern (response decrement-Hypothese), allenfalls in einer stärkeren Ermüdbarkeit des Betroffenen infolge der Bemühungen zur Kompensation des Lärms (etwa im Sinne einer Energie-Erhaltungshypothese).

Diesem Syndrom der adaptiven Fluglärm-Bewältigung stellen wir alternativ den Begriff der „defensiven Blockierung“ gegenüber. Darunter soll ein Verhaltensmuster verstanden werden, das durch eine Über-Akzentuierung des aktuellen störenden Schall-Ereignisses gekennzeichnet ist, ein „gebanntes Hinhören auf den Schall“, ein gleichzeitiges Abwehren der störenden wie auch anderer Informationen, eine verstärkt negative Bewertung lauter Schall-Ereignisse. Auf der Ebene der „direkten Lärmverarbeitung“ müßte sich die defensive Blockierung des Organismus vor allem in physiologischen Abwehrreaktionen, der Defensiv-Aktivierung im Sinne SOKOLOVs bei aktueller Beschallung ausdrücken. Auf der Ebene der Verarbeitung indirekten Lärms wäre bei gleichzeitiger optischer und akustischer Reizung einer Erhöhung der Fehlerquote bei der Informationsverarbeitung zu erwarten, wobei dieser Anstieg der Fehler durch Blockierung der Informationsübertragung, durch ein Verpassen der Signale oder durch eine Hemmung der Reaktion (mit entsprechend verlängerten Reaktionszeiten) zustandekommen kann. – Unter Ruhebedingungen könnte sich diese Defensivhaltung in einer erhöhten Nervosität und Gespanntheit (Allgemein-Aktivierung), verbunden mit einer erhöhten Fehlerquote bei Aufgaben ausdrücken, die Konzentration über längere Zeit erfordern.

Bei der Ausarbeitung unserer Fragestellung waren wir uns auch der Tatsache bewußt, daß die Hauptfrage, die dereinst an unsere gemeinsame Untersuchung gestellt werden würde, die nach der Anwendbarkeit unserer Ergebnisse auf die Regelung des wirtschaftlichen und sozialen Lebens sein wird, speziell die Frage nach den Grenzen der „Zumutbarkeit“ von Schallpegel und Häufigkeit von Flugbewegungen. Ob man überhaupt Grenzen angeben kann, bei deren Überschreitung unzumutbare Veränderungen menschlicher Verhaltensweisen einsetzen, hängt sehr vom Begriff der „Zumutbarkeit“ ab; je nach dem wissenschaftstheoretischen und politischen Standort des Wissenschaftlers wird der Begriff definiert sein. In jedem Fall muß eine Abwägung der psychischen „Kosten“ der Belärmung einerseits und einem möglichen „Nutzen“ vorgenommen werden, dies wird nicht rein empirisch geschehen können, sondern eher evaluativ, mitunter spekulativ, wobei auch noch zu bedenken ist, daß sich die Grenzen der Zumutbarkeit sich durch die technische Entwicklung einerseits und durch adaptive Prozesse im Menschen andererseits ändern können. Eine weitere Schwierigkeit bei solcher Grenzziehung erwächst jedoch aus dem allgemeinen epidemiologischen Problem, einen Vorschlag für die Begrenzung eines einzigen Faktors der Umweltbelastung des Menschen zu machen, ohne in Rechnung stellen zu können, daß dieser Faktor nur ein einziger unter mehreren Umwelt-Belastungsfaktoren in Großstädten ist. Möglicherweise interagieren die Belastungen untereinander, so daß die Begrenzung eines Faktors die Gewichtigkeit anderer Belastungsfaktoren verschiebt, möglicherweise wird eine neue Belas-

### 5.1.1

tung erzeugt. Wir sind uns völlig darüber im Klaren, daß bei solchen Zumutbarkeitsfragen die Grenzen der Psychologie schnell überschritten werden und eine Diskussion mit anderen wissenschaftlichen Disziplinen notwendig wird, aber die Mitverantwortung für die meist machtlosen Betroffenen zwingt uns zur Teilnahme an dieser Diskussion.

### 5.1.2 Die Konzeption

Die innerhalb dieses Projektes durchgeführten psychologischen Untersuchungen waren überwiegend experimenteller Art – dies ist zum Teil bedingt durch die Orientierung an klassischen Labor-Lärmuntersuchungen, zum Teil ermöglicht durch die Gewißheit, daß verbal erfassbare Verhaltensweisen, die nicht unbedingt in streng standardisierten Situationen abgegeben werden müssen, von der sozialwissenschaftlichen Sektion erhoben wurden. Es wäre jedoch für die Interpretierbarkeit einer jeden psychologischen Untersuchung und ihrer Ergebnisse von großem Vorteil, wenn die dort untersuchten Situationen und Verhaltensweisen dem Alltagsleben der Menschen entstammten oder ihm zumindest sehr nahekämen und die untersuchten Menschen möglichst große Handlungsfreiheit hätten. Solchen Forderungen ist jedoch beim gegenwärtigen Stand der Experimentalpsychologie und speziell ihrer physiologischen Variante schwer zu begegnen: hätte man beispielsweise die physiologischen Reaktionen der durch Fluglärm betroffenen Menschen in Alltagsleben bei aktueller Überflügen messen wollen, so hätte man mehrkanalig in der Wohnung der Person Ableitungen machen müssen, die Person hätte, da man das Auftreten der Flugzeuge nur begrenzt manipulieren kann, stundenlang Elektroden tragen müssen, um eine interpretierbare Stichprobe des physiologischen Verhaltens in situ zu erhalten und so weiter. Das ist ein Aufwand, den man sich leider nur in der Kleingruppenforschung leisten kann, und gerade dann ist die Frage nach der Repräsentativität der erhaltenen Ergebnisse für die Mehrzahl der durch Fluglärm betroffenen Menschen nicht zu beantworten. Wir haben dagegen möglichst viele betroffene Menschen untersucht, sie in standardisierte Situationen gebracht, das heißt, sie den jeweils gleichen, künstlich geschaffenen Bedingungen unterworfen, um die in diesen Situationen zu erhaltenen Reaktionen zwischen den Personen vergleichen und in Beziehung zum Alltagsfluglärm setzen zu können. Ein individuelles ‚Eingehen‘ des Untersuchungsleiters auf spezielle Eigenarten und Bedürfnisse des untersuchten Menschen wurde damit ebenfalls ausgeschaltet – dies ist die sicherste Weise, vergleichbare Daten von allen Personen zu erhalten. Abweichungen von dieser strengen Experimentiertechnik gab es nur dort, wo eine Gesundheitsgefährdung im medizinischen Sinne nicht auszuschließen war: beispielsweise verzichteten wir bei Menschen mit überhöhtem Blutdruck auf die Applikation von weißem Rauschen mit 100 dB Schallintensität, um die untersuchte Person nicht der Gefahr des Kollabierens auszusetzen.

Die beiden von der Psychologischen Sektion in Zusammenarbeit mit den übrigen an diesem Projekt beteiligten Sektionen durchgeführten empirischen Untersuchungen unterscheiden sich vor allem konzeptionell: Während für die Fluglärm-Voruntersuchung in Hamburg nur Frauen in zwei extrem unterschiedlich flugbelärmten, aber sonst homogenen Gruppen nach dem Experimental-Kontroll-Gruppen-Design untersucht wurden, verzichteten wir bei der Hauptuntersuchung in München auf diesen eher manipulativen, in der WUNDT-PAWLOW-Tradition der Experimentiertechnik stehenden Ansatz zugunsten eines offeneren, eher in der GALTON-SPEARMAN-Tradition stehenden Ansatzes, der sowohl eine Variation des Fluglärm-Reizes als auch der Fluglärm-Reaktionen und der Merkmale der Person zuläßt. Dieser konzeptionelle Unterschied, der im Kapitel 2.2 näher beschrieben

wird, hatte auch für die statistische Analyse der erhobenen Daten entscheidende Folgen: war man in der Voruntersuchung noch darauf bedacht, 'Unterschiede' zwischen Gruppen bei univariater Betrachtung der Variablen herauszufinden, so ging es bei der Auswertung der Münchener Daten eher um Prüfung von 'Zusammenhängen' und um multivariate Betrachtung der gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen Variablen, um Reduktion des Datensatzes auf möglichst wenige, möglichst voneinander unabhängige Dimensionen, deren Zusammenspiel und Veränderbarkeit durch verschiedene Grade des Fluglärms und um die Analyse der linearen und nichtlinearen Wirkung der Fluglärm-Komponenten 'Pegel' und 'Häufigkeit' auf psychologische und physiologische Verhaltensweisen.

Der zweite Unterschied der beiden Untersuchungen betrifft die interdisziplinäre Gemeinsamkeit der Untersuchungsinhalte und Untersuchungstechniken: während die einzelnen Sektionen in der Voruntersuchung überwiegend nebeneinander ohne Abstimmung der Untersuchungsinhalte und der Untersuchungs- und Auswertungstechniken die gleichen Probanden untersuchten, wurde schon bei der Planung der Hauptuntersuchung auf eine größere thematische und formale Gemeinsamkeit der Sektionen geachtet: die Psychologische Sektion hat Fragen der Sozialwissenschaftlichen und Medizinischen Sektion übernommen und sich darüberhinaus mit der Arbeitsphysiologischen Sektion auf ein gemeinsames Untersuchungsprogramm geeinigt, das auch durch Mitarbeiter aus beiden Sektionen durchgeführt wurde.

### 5.1.3 Themenkreise

Vor- und Hauptuntersuchung zum Fluglärm-Projekt standen unter drei großen Themenkreisen, die mit Hilfe verschiedener sowohl inhaltlich als auch methodisch sehr unterschiedlicher Verfahren beleuchtet wurden:

1. der allgemeinen Aktivierungstheorie und der möglichen Zerlegung dieser allgemeinen Aktivierung in orientierende und defensive Komponenten,
2. der Distractionstheorie, die von einer Dämpfung oder Störung der Informationsaufnahme in einer Sinnesmodalität bei gleichzeitiger Stimulation mehrerer Modalitäten ausgeht,
3. der möglichen Änderung der Beziehung zwischen Fluglärm-Reiz und Fluglärm-Reaktion durch Persönlichkeitsmerkmale.

#### 5.1.3.1 Die Bedeutung der Aktivierungstheorie für die direkte Lärmverarbeitung

Das allgemeine Aktivierungskonzept beruht auf den Beobachtungen von MORUZZI & MAGOUN (1949), die an Katzen ein neurophysiologisches System nachweisen konnten, welches bei spezifischer Reizung eine unspezifische Erregung im Zentralnervensystem ausbreitet. Spätere Experimente konnten Zusammenhänge zwischen diesem sogenannten ARAS (ascending reticular activation system) und dem Leistungsverhalten bei aktuellem Lärm nachweisen (zusammenfassend BROADBENT 1971), und die verschiedenen physiologischen Reaktionen, die bei Einsetzen von lauten Geräuschen beobachtet wurden – so zum Beispiel die Blutgefäß-Verengung in der Körper-Peripherie, Anstieg oder Abfall der Herzfrequenz, Auftauchen oder Verschwinden bestimmter Frequenzen im Elektroenzephalogramm oder die Erhöhung der elektrischen Muskelaktivität –, sie alle wurden zunächst in das Konzept der allgemeinen Aktivierung eingeordnet. Auf Grund der Beobachtung, daß sehr geringe oder sehr hohe Grade der Aktivierung mit eher verminderter Leistung kovariieren, während mittlere Aktivierungsgrade mit besseren Leistungen zusammen-

### 5.1.3.1

hängen, wurde die Hypothese der kurvilinearen (umgekehrt-u-förmigen) Beziehung zwischen Aktivierung und Leistung aufgestellt (z.B. MALMO 1959), die jedoch angesichts der qualitativ unterschiedlichen physiologischen Reaktionen bei steigender Stimulations-Intensität wieder etwas in Frage gestellt wurde. So haben SCHNEIRLA (1959, 1969) und SOKOLOV (1958, 1963) plausibel gemacht, daß unterschiedliche Intensitäten der Stimulation, zum Beispiel unterschiedlich laute Geräusche, unterschiedliche Reizverarbeitungs- und Aktivierungs-Systeme ansteuern. Nach SCHNEIRLA (1959) gibt es im Tierreich 2 antagonistische Aktivierungssysteme, die er „A- und W-System“ nennt. Das A-System, das bei niedrigen Stimulus-Intensitäten angesteuert wird, ist verantwortlich für vegetative, Energie-erhaltende Prozesse, die vor allem mit parasympathischer Aktivität und Annäherungs-Bewegungen assoziiert sind, während das W-System, das im Bereich höherer Stimulus-Intensitäten angesteuert wird, mit sympathikotonen, „interruptiven“, Energie-verbrauchenden Prozessen und Rückzugs-Bewegungen gekoppelt ist. Auch SOLOKOV (1963) und ANOKHIN (1949, 1959) sprechen von zwei unabhängigen funktionellen Systemen, deren eines, das ‚Orientierungssystem‘, speziell durch geringe Stimulus-Intensitäten angesprochen wird und starke Verwandtschaft zu den in PAWLOWS „Neugier-Reflex“ involvierten Prozessen hat: Hinwendung zum Stimulus, Schwellen-Erniedrigung für einkommende Informationen, Verbesserung der Leistungsfähigkeit etc. Dagegen setzt das „defensive System“ bei Reizen mit hoher Intensität ein, und das dann beobachtbare Verhalten entspricht etwa dem sogenannten „startle response“ – das ist eine Schreck-Reaktion, ein anfängliches Erstarren des Organismus, begleitet von Schwellen-Erhöhungen für die Informationsaufnahme, Verschlechterung der Leistungsfähigkeit und Flucht-Tendenzen. Im Ansatz entspricht diese Defensivreaktion PAWLOWS „passivem Defensiv-Reflex“, wir ziehen es jedoch vor, von „Orientierungs- und Defensiv-Reaktion“ zu sprechen, weil wir mit KLIX (1971) meinen, daß zumindest die Orientierungsreaktion im Gegensatz zum Neugier-Reflex kognitive Funktionen hat.

Eine für uns wichtige Eigenschaft der Orientierungsreaktion besteht in ihrer Habitualisierungsfähigkeit: werden in einem Experiment hintereinander mehrere schwache bis mittelstarke Reize dargeboten, so fällt die erste Reaktion (als Orientierungsreaktion) relativ stark aus, alle folgenden Reaktionen werden schwächer und verschwinden ganz. Dagegen ist bei wiederholter Darbietung starker Reize sowohl die erste als auch die folgenden Reaktionen (als Defensivreaktion) etwa gleich stark ausgeprägt. Diese Eigenschaft der Defensivreaktion erscheint im Zusammenhang mit der Flugbelärmung besonders wichtig, denn es ist anzunehmen, daß Fluglärm-unerfahrene Menschen auf die starke Flugbelärmung in der Nähe eines Flughafens defensiv reagieren. Die Frage ist jedoch, ob diese Defensivhaltung beibehalten wird, wenn die Menschen gezwungen sind, über mehrere Jahre hinweg die Flugbelärmung zu ertragen. Hier besteht die Möglichkeit, daß sich die Defensivreaktion im Verlaufe der Jahre noch habitualisiert, daß sie einer Orientierungsreaktion Platz macht, daß sie voll erhalten bleibt oder gar zunimmt. Man muß außerdem fragen, in welchem Ausmaß der Grad der alltäglichen Flugbelärmung eine Veränderung der Wirkung der beiden Aktivierungssysteme bei der direkten physiologischen Lärmverarbeitung beeinflusst.

### 5.1.3.2 Die Bedeutung der Distractionstheorie für die indirekte Lärmverarbeitung

In der industrialisierten Welt kann man häufig die Erfahrung machen, daß Flugzeuge und Autos vorübergehend den akustischen Kontakt mit einem Gesprächspartner stören, und es



erscheint auch plausibel, daß laute, kurzzeitig anhaltende Geräusche die akustische Information vom Gesprächspartner überdecken – besonders dann, wenn das Frequenzspektrum der Geräusche bedeutsame Anteile auch im Frequenzspektrum der Sprache hat. Darüber hinaus kann man zum Beispiel bei Flugplatzanwohnern die Beobachtung machen, daß sie sich durch Flugzeuggeräusche bei der Aufnahme nicht nur akustischer, sondern auch optischer Information gestört fühlen. Dies kann eventuell dadurch zustande kommen, daß Defensivreaktionen gegenüber dem akustischen Reiz die Wahrnehmung des Informationsgehaltes der optischen Signale blockieren. Eine experimentell gut gesicherte Theorie dieses Informationsverarbeitungs-Verhaltens stammt von BROADBENT (1957, 1971): danach verläuft die Informationsaufnahme über eine Anzahl von ‚Kanälen‘ der Reizaufnahme – damit sind nicht nur die verschiedenen Sinnesmodalitäten gemeint, sondern auch spezifische ‚Kanäle‘ innerhalb einer Modalität (zum Beispiel kann auf einem Kanal die akustische Nachrichten-Ansage des Radios aufgenommen werden, auf einem anderen Kanal die akustische Information durch den Stundenschlag einer Uhr). BROADBENT nimmt an, daß jeweils nur ein einziger Kanal zum Verarbeitungszentrum voll ‚durchgeschaltet‘ ist – die anderen Kanäle sind zum Teil gedämpft, zum Teil völlig blockiert; zum Teil wird die einkommende Information auf den nicht-durchgeschalteten Kanälen erst zwischengespeichert und später verarbeitet. Bestimmte Eigenschaften der einkommenden Information können den Verarbeitungsfilter, der die Selektion des zu bearbeitenden Kanals vornimmt, umspringen lassen auf diese Informationsquelle; diese besonderen Eigenschaften können plötzlicher Lautstärkewechsel, Neuheit oder gelernte Signalinformation sein, um nur einige zu nennen. Betrachten wir die Situation der Flughafenanwohner, die neben der durch die tägliche Arbeit oder durch Entspannungsprozesse bedingte Information auch noch die Information von Flugzeug- und Straßenverkehr verarbeiten müssen, so wird plausibel, daß bei steigender Häufigkeit und steigender Intensität von Flugzeuggeräuschen der Verarbeitungsfilter der betroffenen Menschen immer häufiger von den geforderten oder gewünschten Kanälen umspringen muß auf die Flugzeug- und Verkehrskanäle – und die eigentlich interessierende Information wird zumindest gedämpft, wenn nicht blockiert.

Man fragt sich, ob diese durch die Theorie BROADBENTs erklärten Ausfälle bei der Informationsverarbeitung für alle Menschen in gleicher Weise verlaufen oder ob prinzipiell die Möglichkeit besteht, daß Menschen lernen, bei häufiger Störung durch Flugzeuge andere Techniken der Informationsverarbeitung zu benutzen – etwa in dem Sinne, daß ihr Filter weniger häufig auf den Flugzeug-Kanal umspringt, oder daß er weniger lange auf diesem Kanal verweilt. Umgekehrt könnte man vermuten, daß die alltägliche Verärgerung über Flugzeuggeräusche diese Stör-Informationen mit einer besonders starken affektiven Bedeutung besetzt, so daß sie Signal-Charakter erhalten und somit eine häufigere Umschaltung des Filters auf den Fluglärm-Kanal bewirken – was zur Folge hätte, daß Informationen über die Nicht-Fluglärm-Kanäle in noch stärkerem Maße gedämpft oder blockiert werden.

### 5.1.3.3 Die Bedeutung von Persönlichkeitsmerkmalen für Fluglärm-Reaktionen

Es gehört heute zum Bestand des Allgemeinwissens, daß große individuelle Unterschiede hinsichtlich der subjektiven Gestörtheit durch laute Geräusche bestehen: zwar haben schon mehrere Untersuchungen gezeigt, daß der Grad der verbal geäußerten Fluglärm-Belästigung signifikant mit dem Grad der Intensität der Flugzeuggeräusche kovariiert, jedoch konnte in denselben Untersuchungen festgestellt werden, daß der Grad der Belästigung einerseits mit dem Alter, andererseits mit dem Geschlecht und mit dem Grad

### 5.1.3.3

des Berufs-Status zusammenhängt (z.B. BORSKY 1954, Wilson-Report 1963, BOWSHER, JOHNSON & ROBINSON 1966). Aber auch in Labor-Untersuchungen konnten individuelle Unterschiede der Auswirkungen von Lärm auf Leistungen beobachtet werden (z.B. BROADBENT 1957, HÖRMANN et al. 1966, 1967). Diese individuellen Unterschiede werden meist mit Hilfe von Fragebögen erfaßt, mitunter auch durch spezielle Persönlichkeitstests. Hat man festgestellt, daß eine Persönlichkeitsvariable mit einer Reaktion auf einen Reiz kovariert, nicht aber mit dem Reiz selbst, so spricht man von der Persönlichkeitsvariable als einem ‚Moderator‘, der in die Beziehung zwischen Reiz und Reaktion eingreift. Im einfachsten Moderatorfall kann die Persönlichkeitsvariable als Verstärker oder Abschwächer einer Reaktion auf einen Reiz funktionieren, in komplizierten Fällen kann es geschehen, daß bestimmte Reaktionen nur bei Vorliegen bestimmter Persönlichkeitsmerkmale vorkommen.

Das hier skizzierte Moderator-konzept geht von der Annahme aus, daß die Persönlichkeitsvariable selbst nicht durch den Reiz verändert wird, also selbst nicht Reaktion sein darf. In Laboruntersuchungen kann diese Annahme wohl immer gemacht werden, da der Labornärm relativ kurze Einwirkzeiten hat. In Alltagssituationen ist diese Frage jedoch nicht eindeutig zu klären, wenn man von den relativ eindeutigen Merkmalen ‚Alter‘ und ‚Geschlecht‘ einmal absieht. So hat BENNET (1945) darauf hingewiesen, daß Menschen, die sich in psychiatrischer Behandlung befinden, sich von ‚normalen‘ Menschen auch hinsichtlich ihrer erlebten Lärmbelästigung unterscheiden – andererseits hat BORSKY (1954) gezeigt, daß 80 % der durch Fluglärm belästigten Menschen gleichzeitig über andere ungünstige Faktoren ihres Lebens klagen. Es ist zur Zeit nicht zu klären, ob der Lärm eine neurotische Tendenz oder eine generelle Veränderungstendenz bewirkt hat, oder ob diese durch andere Faktoren zustande gekommen ist und nun zur Verärgerung über Lärm beiträgt. Mit anderen Worten: wir wissen nicht, ob Persönlichkeitsmerkmale, die etwas mit neurotischer Tendenz, Hypochondrie oder dem Verärgerungs-Potential zu tun haben, verborgene Fluglärm-Reaktionen sind oder Fluglärm-unabhängige Moderatoren der Beziehung zwischen Fluglärm-Reiz und Fluglärm-Reaktion, wobei mit ‚Fluglärm-Reaktion‘ hier nicht nur die verbal geäußerte Verärgerung über Fluglärm gemeint ist, sondern auch sonstiges psychologisches und physiologisches Verhalten, das einen gesicherten Zusammenhang mit Fluglärm hat.

Ist auch bei manchen Verhaltensweisen der Menschen nicht zu unterscheiden, ob es sich um Reaktionen auf bestimmte Reize oder um Moderatoren von Reaktionen handelt, so gibt es doch eine Reihe von Merkmalen, die selbst die Reaktion auf Fluglärm sein können und doch die Reaktion auf Fluglärm beeinflussen: so wird etwa eine der konsequentesten Fluglärm-Reaktionen, der Wegzug vom Flughafen, meist durch das persönliche Einkommen und das magere Angebot an billigen Wohnungen verhindert, so wird der Ärger über Fluglärm sicher durch eine allgemeine Fortschrittsgläubigkeit gemildert, durch allgemeine Skepsis gegenüber der Sicherheit von Flugzeugen eher verstärkt. Für uns ergeben sich also zwei Fragen im Zusammenhang mit der Moderierung von Fluglärm-Reaktionen durch Persönlichkeitsmerkmale: erstens, welche der in Labor-Lärmuntersuchungen verwendeten Moderatoren auch die experimentalpsychologischen und physiologischen Fluglärm-Reaktionen beeinflussen, und zweitens, ob bestimmte Fluglärm-Reaktionen, etwa die verbale Äußerung der Beschwerde über Fluglärm, selbst Moderatoren für andere Fluglärm-Reaktionen sein können: es ist denkbar, daß Menschen, die verbal sehr stark auf Fluglärm reagieren, dann nicht mehr physiologisch reagieren – und umgekehrt.

## 5.2 Vorarbeiten

### 5.2.1 Planung, Durchführung und Ergebnisse des psychologischen Teils der Voruntersuchung

Zusammen mit den anderen in diesem Projekt vertretenen Sektionen hat die Psychologische Sektion an 100 stärker flugbelärmten und an 100 nicht flugbelärmten Hausfrauen in Hamburg zunächst eine Voruntersuchung durchgeführt, um die Brauchbarkeit von Theorien und Methoden zu Ermittlung von Auswirkungen des Fluglärms auf die Verhaltensweisen von Menschen erst einmal überschlägig zu prüfen, bevor die Hauptuntersuchung, die mit größerem Aufwand durchgeführt werden sollte, geplant wurde. Die Voruntersuchung stand schon im Rahmen der drei Themenkreise ‚Aktiviation‘, ‚Distraction‘ und ‚Persönlichkeitsmerkmale‘; zusätzlich wurde jedoch noch der Erlebens-Aspekt von Flugzeugen und Geräuschen untersucht, um Auskunft zu der Frage zu erhalten, ob sich Flugbelärmte von Nichtflugbelärmten schon hinsichtlich der Art des individuellen Erlebens von Flugzeugen und Fluglärm unterscheiden.

Der experimentelle Teil der psychologischen Untersuchungen bestand aus 15 Untersuchungsschritten, die innerhalb von 1.5 Stunden von vier geschulten Mitarbeitern (R. Guski, G. v. Langenberg, A. Priester und U. Osterkamp) weitgehend parallel durchgeführt wurden. Diese Untersuchungsschritte werden im Annex Band, A.5.2, ausführlich beschrieben – hier soll nur ganz kurz aufgelistet werden, welcher Art die Untersuchungen waren:

Im Zusammenhang mit der Aktivierungstheorie wurden 3 Verhaltenstendenzen, zum Teil unter Zusatzgeräuschen, gemessen:

1. Flimmerverschmelzungsfrequenz,
2. einfache Reaktionszeiten auf einen optischen Stimulus, und
3. Persönliches Tempo (Tapping).

Im Zusammenhang mit der Distractionstheorie haben wir folgende Verhaltensbereiche, wiederum zum Teil unter Zusatzgeräusch, geprüft:

1. optische Aufmerksamkeitsweite,
2. Entscheidungszeiten beim optischen Längenvergleich,
3. Erkennen und Reproduzieren von durch Rauschen maskierten Wörtern,
4. Zahlennachsprechen zur Prüfung des unmittelbaren Behaltens,
5. Konzentrations-Verlauf (KVT), und
6. Clustering-Tendenz bei der Organisation von Gedächtnisinhalten.

Zum Erleben von Flugzeugen und Geräuschen wurden 3 Untersuchungsschritte durchgeführt:

1. Aufzählen von störenden Lärmarten,
2. Assoziationen auf das Wort „Flugzeug“ (unter anderen Wörtern), und
3. Selbsteinschätzung der eigenen Lärmempfindlichkeit.

Als Untersuchungsinstrumente zur Ermittlung von Persönlichkeitseigenschaften als Moderatoren von Fluglärmwirkungen wurden erstens ein Fragebogen mit 63 Behauptungen im Sinne der „neurotischen Tendenz“, der „emotionalen Labilität“, der „manifesten Angst“ der „sozialen Unsicherheit“ und der „psychischen Starrheit“ (Rigidität) aus bereits veröffentlichten Skalen neu zusammengestellt und nach Überprüfung angewendet, zweitens der STROOP-Farbwörter-Test zur Bestimmung der Interferenzneigung.

### 5.2.1

Die stärksten und eindeutigsten Ergebnisse hinsichtlich der Auswirkungen von Fluglärm erhielten wir im Bereich des Lärm-Erlebens. Es ist wohl nicht besonders überraschend, daß Flugplatzanwohner bei der Anforderung, störende Lärmarten aufzuzählen, zuerst mit „Fluglärm“ beginnen, Nicht-Flughafen-Anwohner mit einer anderen Lärmart (in unserem Fall Straßenlärm); überraschend war jedoch die Prominenz der Flugzeuge im Lärmerleben der Flugplatzanwohner: 89 Prozent der untersuchten weiblichen Fluglärm-Betroffenen setzten Fluglärm an die erste Stelle der störenden Lärmarten. In der Kontrollgruppe, die Flugzeuge an ihrem Wohnort zwar sehen, aber kaum hören konnte, waren es 21 Prozent. Entsprechend zeigte sich bei der freien Assoziation auf das Wort „Flugzeug“, daß die Verbindung zwischen „Flugzeug“ und „Lärm“ bei den Fluglärm-Betroffenen wesentlich höher ist als in der Kontrollgruppe (der Unterschied ist signifikant am 1%-Niveau, die Determination der Assoziations-Varianz durch Fluglärm beträgt 10 %). Auch der Vergleich zwischen negativen und positiven Assoziationen zum Wort „Flugzeug“ in den beiden Gruppen ist deutlich: während die Kontrollgruppe Flugzeuge eher mit positiven Assoziationen verbindet (Reisen, Urlaub, etc), denkt die Gruppe der Flughafenanwohner eher an Negatives (Lärm, Krach, Schmutz etc).

Hinsichtlich der Auswirkungen von Fluglärm auf die Leistungen in einfachen und komplexen Situationen ließen sich zwar statistisch signifikante, jedoch nicht sehr starke Unterschiede zwischen Flugplatzanwohnern und der Kontrollgruppe feststellen: die Reaktionsgeschwindigkeit bei einfachen Aufgaben in Ruhebedingungen lag bei den Flugplatzanwohnern deutlich höher als bei der Kontrollgruppe; dies kann im Sinne einer erhöhten Ruhe-Aktivierung infolge von Fluglärm interpretiert werden. Erwartungsgemäß kehrte sich das Verhältnis unter Lärm in der experimentellen Situation um: die Reaktionszeiten der Kontrollgruppe wurden durch die Zusatz-Aktivierung kürzer, die der Flugplatzanwohner wurden länger; es traten in stärkerem Maße Blockierungen (unwillkürliche Pausen) bei den Flugplatzanwohnern auf, die eine Folge von Über-Aktivierung sein können; sie können aber auch aus einer defensiven Haltung gegenüber Lärm herrühren. Bei etwas komplexeren Leistungen, wie sie etwa im Konzentrations-Verlauf-Test gefordert werden, zeigen Flugplatzanwohner eine höhere Fehlerquote, geringere Sorgfalsleistungen und größere Leistungsschwankungen als die Kontrollgruppe.

Ein vielleicht für die ‚reine‘ Wissenschaft interessantes, für das Fluglärm-Problem jedoch unangenehmes Ergebnis bestand in der deutlich sichtbaren Auswirkung der Experimentereffekte: da das Untersuchungsprogramm etwa anderthalb Stunden dauerte, hatten wir uns entschlossen, durch 3 Untersuchungsleiter 3 Probanden gleichzeitig untersuchen zu lassen. Beim Vergleich der Mittelwerte und Streuungen der 3 durch die jeweiligen Untersuchungsleiter definierten Probandengruppen stellen sich bei vielen Variablen Unterschiede ein, die höher als die Unterschiede zwischen Flugbelärmten und der Kontrollgruppe waren. Diesem Befund kann man erstens entnehmen, das Fluglärm-Effekte bei den untersuchten Probanden nicht so gravierend wie die Situations-Effekte waren, zweitens, daß bei der Planung der Hauptuntersuchung auf die Vermeidung von Untersucher-Effekten besonderes Gewicht gelegt werden muß.

Bei der Untersuchung der Moderatorenwirkung von Persönlichkeitsmerkmalen auf Fluglärm-Reaktionen haben wir uns zunächst auf die Unterscheidung zwischen Personen mit hoher und niedriger Interferenzneigung und auf die zwischen hoher und niedriger Lärmempfindlichkeit beschränkt und dabei keine nennenswerten Erfolge erzielt. Jedoch brachte die durch die Sozialwissenschaftliche Sektion getroffene Unterscheidung zwischen ‚stör-

baren' und ,weniger störbaren' Personen innerhalb der Gruppe der Flugplatzanwohner größere und bedeutsamere Unterschiede, vor allem im Bereich des Lärm- und Flugzeug-Erlebens: so gab es zum Beispiel in der Gruppe der ,Störbaren' weitaus häufiger „Lärm“-Nennungen auf den Assoziations-Stimulus „Flugzeug“, und diese traten in der Assoziations-Rangfolge weitaus früher auf als in der Gruppe der ,weniger Störbaren'. Außerdem zeigte sich, daß die ,Störbaren' in den beiden Aktivationskomponenten „Tapping“ und „Reaktionszeiten“ langsamer sind und größere Blockierungen aufweisen als die ,weniger Störbaren'. Möglicherweise haben die ,störbaren' Flugplatzanwohner eine niedrigere Schwelle für defensive Komponenten der Aktivierung und werden dadurch schneller blockiert.

Zusammenfassend kann man über die Ergebnisse der Hamburger Voruntersuchung sagen, daß das Lärm-Erlebnis der Flugplatzanwohner eindeutig durch Flugzeuge beherrscht wird, und daß Flugplatzanwohner die Flugzeuge überwiegend als Lärm-Erzeuger, weniger als Verkehrsmittel, betrachten. Die Hypothese einer erhöhten Grund-Aktivierung des Nervensystems kann aufrecht erhalten werden, obwohl sie nur sehr peripher geprüft wurde, und eine weitere Steigerung dieses Erregungszustandes durch aktuellen Lärm scheint zu Verhaltensblockierungen zu führen. Mit Sicherheit kann die Hypothese verworfen werden, daß Fluglärm das Erlernen spezieller Techniken für den Umgang mit Lärm erleichtert; insofern kann man auch behaupten, daß die Hypothese der ,adaptiven Bewältigung des Fluglärms' verworfen werden muß – einige Ergebnisse sprechen eher für die ,Blockierung durch Fluglärm', jedenfalls bei den untersuchten Frauen.

### 5.2.2 Die Planung der Hauptuntersuchung zum Fluglärm-Projekt

Nach kritischer Überprüfung der Erfahrungen aus der Hamburger Voruntersuchung und nach Diskussionen mit den übrigen Sektionen dieses Projektes haben wir bei der Planung der Hauptuntersuchung zwar die Beibehaltung der Themenkreise Aktivierung – Distraction – Persönlichkeit für richtig befunden, jedoch einige grundsätzliche Änderungen der Untersuchungskonzeption, -Durchführung und -Auswertung ins Auge gefaßt. Diese Änderungen betreffen:

1. Die Abkehr vom einfachen Experimental- und Kontroll-Gruppen-Design und die Hinwendung zu einem Design mit kontinuierlich wachsender Flugbelärmung, das die Überprüfung möglicher nichtlinearer Zusammenhänge zwischen Fluglärm-Reiz und Fluglärm-Reaktionen möglich macht,
2. die Abkehr von der univariaten Betrachtung potentieller Reaktionsvariablen und die Hinwendung zur multivariaten Betrachtung der Zusammenhänge einerseits zwischen Fluglärm-Reiz und Fluglärm-Reaktionen, andererseits der Zusammenhänge und Abhängigkeiten der Reaktionen untereinander,
3. die Hypothesen zur Aktivierungstheorie, speziell die Möglichkeit der Unterscheidung zwischen Orientierungs- und Defensivaktivierung,
4. die Überprüfung eventuell unterschiedlicher Arten der psychologischen und physiologischen direkten Lärmverarbeitung, die eine enge Zusammenarbeit mit Medizinern und Physiologen notwendig machte,
5. die genauere Analyse der indirekten Lärmverarbeitung, speziell die Frage nach Umschalthäufigkeit und Umschaltfrequenz des Verarbeitungsfilters in Abhängigkeit von der alltäglichen Flugbelärmung,
6. die Betonung des Konzeptes der „emotionalen Labilität“ als eines möglichen Moderators der Fluglärm-Reaktion,

## 5.2.2

7. die Vermeidung unterschiedlicher Versuchsleiter-Effekte auf die Verhaltensweisen der Probanden, und
8. die Kontrolle der Effekte von Untersuchungsabfolge und äußeren Bedingungen der Untersuchung auf die Verhaltensweisen der Probanden.

### 5.2.2.1 Überlegungen zur Aktivierungstheorie

Die Hamburger Experimente über den Einfluß von Zusatzlärm zu einer optischen Aufgabe, wie etwa im Reaktionszeit-Experiment, sind von uns zunächst im Sinne eines umgekehrt-U-förmigen Zusammenhangs zwischen Aktivierung und Leistung interpretiert worden, ohne daß wir einen von der Leistung unabhängigen Aktivierungsindikator hatten (die Messung der Flimmerverschmelzungsfrequenz war aus technischen Gründen unbrauchbar). Andererseits erschien uns angesichts des üblicherweise behaupteten nichtlinearen Zusammenhangs zwischen Aktivierung und Leistung plausibel, daß das bisher für eindimensional gehaltene Konzept der Aktivierung aufgegeben werden könnte zugunsten einer zumindest zweidimensionalen Aktivierung, einer positiv-informationsaufnehmenden und folglich leistungssteigernden Aktivierung, die nach SKOLOV (1963) üblicherweise bei geringen bis mittleren Stimulus-Intensitäten wirksam ist, und einer negativ-generell-informationsablehnenden und folglich leistungshemmenden Aktivierung, die nach SOKOLOV (1963) üblicherweise bei mittleren bis hohen Stimulus-Intensitäten wirksam wird. Physiologisch unterscheidbar werden diese beiden Dimensionen durch Messung der Gefäßzustände am Kopf und durch die motorische Hin- oder Abwendung des Körpers vom oder zum Stimulus. Weitere Komponenten beider Aktivierungsdimensionen sind: Abfall der Pulsamplitude am Finger, Anstieg der elektrischen Muskelaktivität, Unterdrückung des alpha-Rhythmus im Elektroenzephalogramm, Anstieg oder Abfall der Pulsfrequenz, Anstieg des Blutdrucks (LYNN, 1966). Bei mittleren Schallintensitäten, etwa bei 60 bis 80 dB, erhält man üblicherweise eine Orientierungsreaktion: Vasodilatation am Kopf, Vasokonstriktion am Finger, Anstieg der elektrischen Muskelaktivität, Hinwendung zum Stimulus, Verbesserung der Leistung. Appliziert man denselben Reiz mit gleicher Intensität, so verliert diese Reaktion an Stärke, sie verschwindet schließlich ganz, und man spricht von „Gewöhnung“ oder Habitualisierung. Bei hohen Schallintensitäten, etwa ab 90 dB, erhält man üblicherweise eine Defensivreaktion: Vasokonstriktion an Kopf und Finger, Anstieg der elektrischen Muskelaktivität, Abwendung vom Stimulus und Verschlechterung der Leistung. Eine physiologische Gewöhnung an Reize mit hoher Schallintensität ist im Labor bisher nicht beobachtet worden, man erhält also auch bei wiederholter Darbietung hoher Schallintensitäten eine Defensivreaktion. Unter der Annahme einer Gewöhnung an Fluglärm müßte sich zeigen, daß mit steigender Alltags-Flugbelärmung eine physiologische Gewöhnung an Labor-Lärm kovariert, etwa in dem Sinne, daß die Orientierungsreaktion auf mittelstarke Geräusche im Labor um so schwächer wird, je stärker der alltägliche Fluglärm ist, und weiterhin wäre im Sinne der Gewöhnungshypothese zu erwarten, daß bei hohen Schallintensitäten im Labor eine Abnahme der Defensivreaktion und eventuell eine Zunahme der Orientierungsreaktion mit steigender Alltags-Flugbelärmung kovariert. Der entscheidende Meßparameter bei dieser Differenzierung zwischen Orientierungs- und Defensivreaktion ist die Vasokonstriktion am Kopf oder die Vasodilatation – zusätzliche Informationen könnte noch die Leistung liefern.

Allerdings war die Messung der Gefäßzustände am Kopf bisher nur auf „blutige“ Weise durchgeführt worden – dieses Vorgehen verbietet sich natürlich in einer größeren Untersuchungsreihe, ganz abgesehen davon, daß sich durch ein solch starkes Eingreifen die Erlebenssituation des Menschen in der Untersuchung so stark verändert, daß Schlüsse

aus dieser Situation auf sein Verhalten im Alltagsleben sehr schwer zu ziehen sind. Die Arbeitsphysiologische Sektion hat das Problem der unblutigen Messung der Kopfpulsamplitude durch Konstruktion eines Aufnehmers gelöst, der nach dem Prinzip des Dehnungsmeßstreifens arbeitet und um den Kopf in der Schläfengegend gespannt werden kann.

Zur Erzielung kontinuierlicher Leistungsparameter, welche auch beim Übergang von Ruhe auf Lärm und umgekehrt beobachtet werden können, mußte eine Aufgabe gefunden werden, die von jedem Menschen bewältigt werden kann und kontinuierlich neue Anforderungen stellt. Wir entschieden uns für eine elektronische Tracking-Aufgabe, bei der man einen Zeiger in einem großen Voltmeter beobachten muß, und dieser Zeiger kann einerseits durch ein von uns erzeugtes analoges Programm gesteuert werden, andererseits durch ein Potentiometer, an dem die Versuchsperson ständig drehen kann. Die vom Programm herstammende elektrische Spannung und die durch die Versuchsperson eingestellte Spannung gelangen über einen Operationsverstärker summiert auf das Voltmeter, und die Differenz zur elektrischen Null-Linie (Abweichung von der Mittelstellung des Zeigers im Voltmeter) ist ein relativ einfaches Maß der Tracking-Leistung. Als weitere Meßgrößen zur Beschreibung der Aktivationsart haben wir die „lärmprobe“ Fingerpulsamplitude (siehe Kapitel 6), die elektrische Muskelaktivität und die Pulsfrequenz neben der Kopfpulsamplitude verwendet. Der Versuchsaufbau ist von dem zu unserem Team gehörenden Elektroniker, Herrn R. Stolpe, eigens gebaut und zusammen mit der Arbeitsphysiologischen Sektion in Vorversuchen erprobt worden.

### 5.2.2.2 Vorstudien zur Distractionstherapie

Die im Alltagsleben als Störinformation auftretenden Geräusche sind üblicherweise intermittierend und jeweils nur wenige Sekunden lang; denkt man insbesondere an Autos und Flugzeuge, so muß man hinzufügen, daß beide, obwohl physikalisch unterschiedlich, durch ihr An- und Abschwellen relativ viel Aufmerksamkeit erregen – oder, informationstheoretisch gesprochen, relativ viel Information enthalten. Geht man davon aus, daß jeder Organismus nur in begrenztem Umfang Information verarbeiten kann, so wird die Hypothese plausibel, daß Fluglärm und Autolärm auch deshalb störend wirken, weil sie zusätzlich zu der für eine Aufgabe relevanten Information irrelevante Information anbieten, die auf Grund ihrer Intensität und ihres relativ großen Informationsgehaltes vom Organismus häufig mehr Verarbeitungskapazität verlangen, als er für die Aufgabe und für das Geräusch zusammen zur Verfügung hat. Filtertheoretisch (nach BROADBENT, 1957, 1971) gesprochen, bedeutet das Erscheinen eines Flugzeuggeräusches, daß der zentrale Verarbeitungsfilter von der Aufgabe umschaltet auf das relativ laute und informationshaltige Flugzeuggeräusch, und daß damit Information für eine andere Aufgabe oder für Entspannungsprozesse verloren gehen kann; jeder kennt wohl den Zwang, ein Gespräch oder die Lektüre unterbrechen zu müssen, weil man ein Flugzeug akustisch bemerkt. Die Frage ist nun, ob Flugplatzanwohner, für die Flugzeuge auf Grund ihrer gesteigerten Häufigkeit nicht mehr so viel Information bieten wie für andere Menschen, gelernt haben, nicht mehr auf das Flugzeug zu schalten, oder – da die letztgenannte Hypothese nach den Ergebnissen der Hamburger Voruntersuchung unwahrscheinlich war – ob sie weniger lange auf den Flugzeug-Kanal schalten, oder ob sie gar auf Grund der großen Häufigkeit von Flugzeugen ständig zwischen dem Flugzeug-Kanal und den übrigen Kanälen hin- und herschalten –

Um diese theoretische Fragestellung in ein psychologisches Experiment mit überprüfbaren Hypothesen umsetzen zu können, haben wir eine Anordnung entwickelt, die mit Hilfe

### 5.2.2.2

unterschiedlicher und mitunter gleichzeitiger Informationen über den optischen und akustischen Sinneskanal die Umschalthäufigkeit des Verarbeitungsfilters und seine Verweildauer auf einem der Kanäle über das von außen beobachtbare Verhalten zu messen gestattet. Um sicherzugehen, daß der Verarbeitungsfilter zu bestimmten Zeitpunkten tatsächlich auf einen Kanal „durchgeschaltet“ ist, verwendeten wir die Technik der „Aufmerksamkeits-Synchronisierung“: in Vorversuchen wurde ermittelt, nach welcher Expositionszeit eines einfachen optischen Signals (einer Ziffer) dieses erkannt und ein neues erwartet wird. Nach Durchführung verschiedener Versuchsreihen mit unterschiedlichen Intervallen zeigte sich, daß die größte Präzision der Beibehaltung eines vorgegebenen Intervalls bei 700 Millisekunden (msec) lag. Die weiteren Vorversuche wurden also mit einem Grundrhythmus von 700 msec durchgeführt, das heißt, daß alle 700 msec das optische Signal wechselte. Nun wurde geprüft, wie lange der Filter üblicherweise auf diesem optischen Kanal bleibt, wenn keine Zusatzinformation gegeben werden. Dazu wurden „kritische“ Signale, auf die die Versuchsperson per Instruktion reagieren sollte, in den 700-msec-Takt der Grundinformation eingeblendet – sie waren 100 msec lang und variierten ihr Erscheinen (ihre Position) innerhalb des 700-msec-Taktes von 0 bis 600 msec nach Taktbeginn in 7 Stufen. Es zeigte sich, daß kritische Signale, die kurz vor und kurz nach Taktbeginn erscheinen, mit der gleichen hohen Sicherheit gesehen (getroffen) werden wie die Signale, die genau zum Taktbeginn erscheinen, und entsprechend stellte sich heraus, daß die hier erhaltenen Reaktionszeiten sehr kurz sind. (Siehe Abb. 5-1 und Abb. 5-2). Damit war der gewünschte Effekt der Synchronisierung der Informationsverarbeitung erkennbar. Kritische Signale, die etwa in der Mitte des 700-msec-Taktes auftauchen, werden eher verpaßt, und die entsprechenden Reaktionszeiten sind sehr lang – jedenfalls, solange keine akustische Zusatzinformation gegeben wird. Das bedeutet, daß der zentrale Verarbeitungsfilter zu diesem Zeitpunkt schon nicht mehr auf den optischen Kanal durchgeschaltet ist.

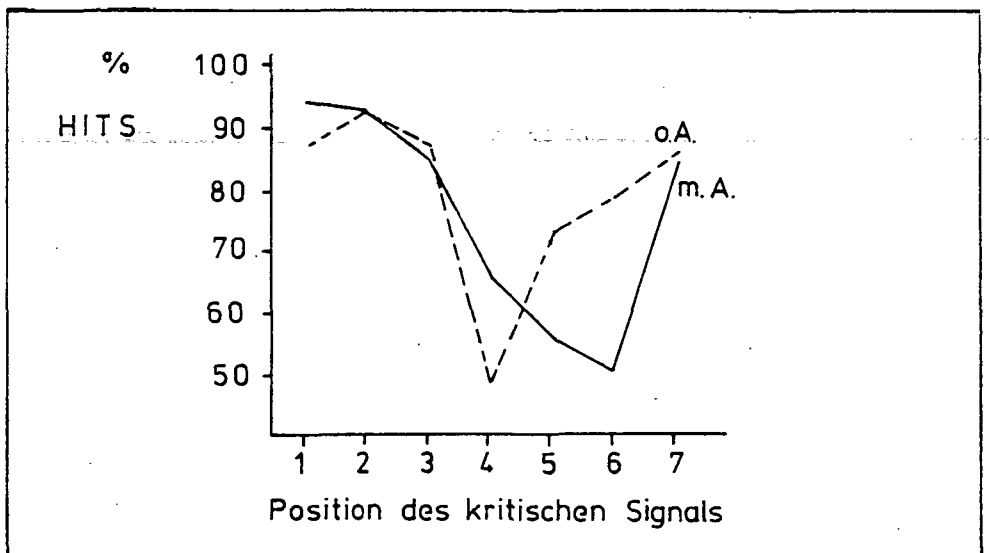


Abb. 5-1: Prozentzahl der getroffenen Signale bei Variation des kritischen Signals in 7 Stufen von 0 bis 600 msec nach Taktbeginn ohne akustische Zusatzreizung (gestrichelt) und mit akustischer Zusatzreizung (durchgezogen) bei 357 Versuchspersonen.



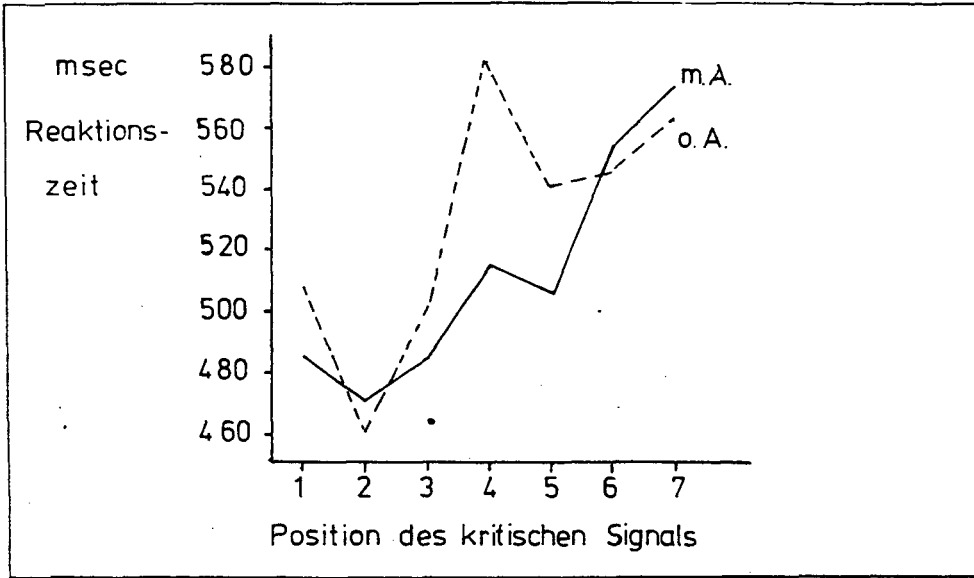


Abb. 5-2: Reaktionszeiten der getroffenen Signale bei Variation des kritischen Signals in 7 Stufen von 0 bis 600 msec nach Taktbeginn ohne (gestrichelt) und mit (durchgezogen) akustischer Zusatzreizung bei 357 Versuchspersonen.

Gibt man nun über Kopfhörer gesprochene Zahlen als per Instruktion irrelevante akustische Zusatzinformation zusätzlich zu den optischen Signalen, so kann man bei nicht flugbelärmten Menschen beobachten, daß die Filter-Synchronisation nicht gestört, sondern sogar leicht verbessert wird. Aber gegen Ende des 700-msec-Taktes werden die Trefferzahlen kleiner, und man kann daraus schließen, daß der Filter häufig nicht auf den optischen Kanal geschaltet ist. Von Menschen, die häufiger und starker Flugbelärmung ausgesetzt sind, könnte man im Sinne der adaptiven Bewältigungshypothese erwarten, daß sie sich durch die akustische Zusatzinformation weniger stark beeinflussen lassen, weil sie gelernt hätten, vom akustischen Kanal schnell wieder zurück auf den optischen zu schalten. Im Sinne der defensiven Blockierungshypothese müßte man jedoch erwarten, daß die stärker Flugbelärmten in stärkerem Maße optische Signale bei akustischer Zusatzreizung verpassen, beziehungsweise längere Reaktionszeiten und weniger Treffer haben, weil sie durch das „gebannte Hinhören“ auf den Schall an der Aufnahme der optischen Information gehindert werden.

### 5.2.2.3 Vorstudie zur Geräusch-Skalierung

In der Hamburger Vorstudie hatte sich eine schwache Tendenz zu kürzeren Reaktionszeiten bei Flugplatzanwohnern gezeigt, solange sie keine akustische Störung erhielten, außerdem eine erhöhte Blockierung schneller motorischer Reaktionen bei Zusatzlärm. Diese Tendenz sollte mit verbesserten Methoden unter dem Aspekt der defensiven Aktivierung an der größeren Stichprobe überprüft werden. Das hierzu notwendige Reaktionszeit-Experiment sollte aber auch als Standard-Situation für eine Skalierung der Unangenehmheit eines konkret dargebotenen Geräusches dienen, und wir hofften, durch die Beurteilung

### 5.2.2.3

der Unangenehmheit eines Geräusches in einer konkreten Belärmungssituation einerseits Aufschluß über den Zusammenhang zwischen einer eher allgemeinen, im Interview geäußerten Lärmempfindlichkeit und der konkreten Geräuschbewertung zu erhalten, andererseits einen Anhaltspunkt für das Ausmaß zu bekommen, in welchem das in der psychologischen Untersuchung mehrfach benutzte weiße Rauschen „Lärm“ für den Probanden ist. Für diese Skalierung mußte ein Geräusch gewählt werden, das nicht für jeden Menschen automatisch mit dem Begriff „Lärm“ oder „Unangenehmheit“ verknüpft wird; auch mußte der Schallpegel des Geräusches genügend Varianz für die Beurteilung des Geräusches lassen. Hinsichtlich der Art des Geräusches entschieden wir uns wieder für weißes Rauschen, weil es unter den exakt reproduzierbaren Geräuschen noch am wenigsten mit klaren inhaltlichen Assoziationen verbunden ist. Zur Ermittlung des Schallpegels wurde eine Regressionsstudie mit 215 Personen und 14 Intensitätsstufen durchgeführt, in der die Personen (Verwaltungsangestellte) in der Ruhephase (bei 40 dB Rauschen) ein Reaktionszeitprogramm (Tastendruck bei Aufleuchten einer Lampe, die selbst durch eine andere Lampe angekündigt wird) absolvierten und hinterher den Grad der Unangenehmheit des eben gehörten Geräusches auf einer Skala in Stufen von 1 bis 9 angaben; anschließend wurde dasselbe Reaktionszeitprogramm und dieselbe Skalierung noch einmal bei höherem Schallpegel (45 bis 110 dB) durchgeführt. Es ergab sich ein linearer Zusammenhang zwischen der Schallintensität und dem Grad der Unangenehmheit ( $r=0.52$ ), jedoch zeigte sich eine starke Zunahme der Varianz der Unangenehmheitsurteile im Bereich von 85 dB – unterhalb und oberhalb dieser Intensität war die Varianz eingeschränkt. Damit ist für uns deutlich geworden, daß im Schallpegel-Bereich von 85 dB die Auffassungen über die Unangenehmheit eines Geräusches am weitesten auseinandergehen, mithin vermutlich besonders viele Moderatoren auf das Unangenehmheitsurteil einwirken. An der Linearität der hierbei verwendeten und von T. NAATZ im Psychologischen Institut der Freien Universität Berlin entwickelten Skala brauchte nach diesem Experiment auch nicht gezweifelt zu werden, deshalb ist sie unverändert in der Hauptstudie verwendet worden (und wird im Annexband, A.5.3.3.1, ausführlich beschrieben). Der ermittelte Schalldruckpegel von 85 dB ist in der Münchener Untersuchung nicht nur im Reaktionszeit-Experiment, sondern auch im physiologischen Untersuchungsteil als erstes von zwei Geräuschen verwendet worden, um auch eine Beziehung zwischen der skalierten Unangenehmheit des Geräusches und physiologischen Reaktionen auf dieses Geräusch herstellen zu können.

### 5.2.2.4 Vorstudien zum Wörtererkennen und Behalten

In der Hamburger Voruntersuchung haben wir herausgefunden, daß Flugplatzanwohner akustisch „maskierte“ Wörter (das sind akustisch dargebotene Wörter, die durch zusätzliches weißes Rauschen erschwert wahrzunehmen sind) ebensogut erkennen können wie die Kontrollgruppe. Damals hatten wir die Wörter unmittelbar nach dem Anhören reproduzieren lassen, also eigentlich nur das Wörtererkennen geprüft. Untersuchungen zum Behalten (z.B. von RABBITT 1966) legen jedoch nahe, daß trotz phänomenal gleicher Reproduktion der erhaltenen Information eine unterschiedliche kognitive Verarbeitung dieser Information stattgefunden haben kann. Die Verarbeitung selbst zu prüfen ist ein sehr aufwendiges Unternehmen; man könnte sich jedoch damit begnügen, die Behaltensleistung zu prüfen und damit Rückschlüsse auf eventuelle Unterschiede der Informationsverarbeitung zu ermöglichen.

Für die Auswirkung von Fluglärm auf die Behaltensleistung bei maskierten Wörtern kann man Hypothesen sowohl im Sinne der adaptiven als auch der defensiven Gesamthypothese

formulieren: im ersten Fall besteht die Möglichkeit, daß Flugplatzanwohner weniger Energie aufwenden müssen, um maskierte Wörter zu erkennen, da sie vielleicht Spezielle Techniken der Informationsaufnahme entwickelt haben; man merkt jedoch hinsichtlich des Erkennens keinen Unterschied zur nicht-flugbelärmten Bevölkerung, weil diese mehr Energie zum Erkennen und zum Datensichern (das ist eine kurzzeitige Prüfung der erhaltenen Information) aufwendet. Fragt man die erkannte Information später ab, so müßte sich ein Behaltensvorteil der stärker Flugbelärmten ergeben, sofern man den Lehrsatz der Energie-Erhaltung so weitreichend interpretieren kann.

Im Sinne der „defensiven“ Gesamthypothese wäre denkbar, daß Fluglärm eine allgemeine Abwehrhaltung gegen Lärm erzeugt, und diese könnte sich in einer partiellen Blockierung der akustischen Informationsaufnahme bei den stärker Flugbelärmten äußern, die durch Datensicherungsprozesse und wiederholtes Abfragen des vor dem zentralen Verarbeitungsfilter liegenden unmittelbaren Speichers wettgemacht werden kann. Damit verliert der Mensch jedoch Zeit und Energie, die er zum Memorieren und Einbringen in den Langzeitspeicher hätte nutzen können – womit sich ein Behaltensnachteil der stärker Flugbelärmten gegenüber den schwächer Flugbelärmten ergeben könnte.

Um sicherzugehen, daß die aufgestellten Hypothesen so genau wie möglich geprüft werden können, haben wir mehrere Vorversuchsreihen mit insgesamt 100 Personen, unterschiedlichen Reproduktionstechniken, unterschiedlichen Wiedererkennenstechniken, unterschiedlichen Signal-Rausch-Verhältnissen bei der Maskierung und unterschiedlichen Instruktionen durchgeführt. In der Endphase dieser Vorstudien wurden 20 einsilbige Substantive über Kopfhörer und durch Rauschen maskiert dargeboten. Diese Wörter und das Signal-Rausch-Verhältnis waren so gewählt, daß jedes einzelne Wort von etwa 50 Prozent der Versuchspersonen richtig erkannt wurde. Anschließend wurden 100 Wörter ohne Rauschen dargeboten, und die Versuchsperson mußte jedes Wort nachsprechen und durch ein Zeichen zusätzlich bekanntgeben, wenn sie eines der vorher maskiert dargebotenen Wörter erkannt hat. Anschließend wurde ein analoges Verfahren zur Behaltensprüfung unmaskierter Wörter durchgeführt, um spezifizieren zu können, ob Fluglärm generell auf das Behalten wirkt oder nur auf das Aufnehmen und Behalten maskierter Wörter; hierbei wurden jedoch zweisilbige Wörter verwendet, um Lerneffekte aus dem vorherigen Behaltens-Test möglichst zu minimalisieren.

### 5.2.2.5 Zu Persönlichkeitsmerkmalen als Moderatoren der Fluglärmwirkung

Ein wichtiges Ergebnis der Hamburger Voruntersuchung bestand darin, daß die Reaktion auf Fluglärm, die sich etwa in veränderten Aktivationsprozessen bei der direkten und indirekten Lärmverarbeitung oder im veränderten Erleben der Flugzeuge darstellt, nicht so sehr durch den physikalischen Stimulus Fluglärm allein, sondern auch durch Persönlichkeitsmerkmale und durch übergreifende Einstellungen, wie etwa dem stärkeren oder schwächeren Glauben an die eigene Störbarkeit, determiniert wird. Das bedeutet, daß die Frage, in welchem Ausmaß Fluglärm menschliche Verhaltensweisen beeinflusst, nur dann befriedigend beantwortet werden kann, wenn man sowohl die Stärke und die Häufigkeit des Fluglärms kennt als auch einige Persönlichkeitseigenschaften der betroffenen Menschen. Als ein für diese Moderierung der Fluglärmwirkung wichtiger Faktor erschien uns zusätzlich die für Laborexperimente wichtige Interferenzneigung. Diese Neigung, sich durch irrelevante Reize beeinflussen zu lassen, hat sich jedoch in der Hamburger Voruntersuchung nicht als Moderator bewährt; wir waren jedoch geneigt, dies durch Artefakte der Farbsehtüchtigkeit und der Schwarz-Weiß-Lesegeschwindigkeit zu erklären, die beide mit der durch

#### 5.2.2.5

den STROOP-Farbwörtertest gemessenen Fähigkeit konfundiert sind. In der Hauptuntersuchung sollte also neben dem eigentlichen STROOP-Test dasselbe Verfahren in einer Schwarz-Weiß-Ausführung gegeben werden, und außerdem sollte die Farbsehtätigkeit durch die bekannten ISHIHARA-Tafeln geprüft werden.

Als weitere Persönlichkeitsdimension, die eventuell die Fluglärmwirkung moderieren kann, wurde die psycho-vegetative und emotionale Labilität von der Sozialwissenschaftlichen Sektion in die Planung der Hauptuntersuchung eingebracht, und uns erschien es durchaus plausibel, daß Menschen, die dazu neigen, abwechselnd fröhlich und traurig zu sein oder sich für leicht reizbar halten, durch Fluglärm besonders stark betroffen werden. Außerdem machte die Betonung der psychophysiologischen Aspekte bei der direkten Lärmverarbeitung in der Fluglärm-Hauptuntersuchung einerseits und die nach FAHRENBERG (1967) zu erwartenden individuellen Reagibilitätsunterschiede in den verschiedenen physiologischen Funktionen andererseits eine Differenzierung auf der Ebene der emotionalen Labilität sehr ratsam. Es ist daraufhin interdisziplinär verabredet worden, daß die Psychologische Sektion einen von der Sozialwissenschaftlichen Sektion zusammengestellten Fragebogen mit 16 Fragen zur emotionalen Labilität in ihr Untersuchungsprogramm aufnimmt (siehe 5.3.3.3 und Annexband, A.5.3.3.3) und die Medizinische Sektion einige Fragen zur vegetativen Symptomen der Labilität.

#### 5.2.2.6 Berücksichtigung von Kontrollvariablen

In der psychologischen der der physiologischen Literatur wird immer wieder auf unerwünschte Einflüsse von Variablen hingewiesen, die einerseits durch den Versuchsleiter, durch den Versuchsablauf, andererseits durch klimatische oder räumliche Bedingungen zustande kommen, schließlich auch durch Stimmungs- und Leistungsschwankungen der beobachteten Personen. Solche Effekte hat man in der klassischen Experimentalpsychologie durch streng manipulative Untersuchungsdesigns kontrollieren wollen, die vor allem durch Standardsituationen, welche für alle Personen gleich sein sollen, und durch Ausbalancierung unvermeidbarer Effekte (Untersuchungsabfolge, Tageszeit etc) gekennzeichnet sind. Wir sind bei der Planung der Hauptuntersuchung einen Mittelweg zwischen einem streng manipulativen Untersuchungsdesign und einer relativ freien Anordnung gegangen, indem wir die eigentliche experimentelle Situation möglichst standardisierten, im übrigen jedoch alle gegenüber dem Untersuchungskonzept externen Variablen nur beobachtet und als Größen aufgefaßt haben, die zu jeder Person gehören und ebenfalls einen Einfluß auf die Verhaltensweisen ausüben. So wurden zum Beispiel die Abfolge der Untersuchungsschritte randomisiert und für jede Person als Variable geführt, die klimatischen Bedingungen der Untersuchung, wie Raumtemperatur, Raumfeuchte, Außentemperatur, Außenluftdruck, Außenfeuchte und Föhn wurden für die Tageszeit der Untersuchung erhoben, weiterhin die Tageszeit selbst, der Abstand der Untersuchung vom Zeitpunkt des Aufstehens der Person, die Anzahl der vorher geschlafenen Stunden, Kaffeekonsum, Befindlichkeit etc. jeweils erfragt, um später die Auswirkungen dieser Variablen errechnen und durch Transformation der beeinflussten Variablen wieder beseitigen zu können.

### 5.3 Durchführung der Untersuchung

Die Psychologische Sektion führte die Hauptuntersuchung in München gleichzeitig mit der Arbeitsphysiologischen Sektion an 398 erwachsenen Personen zwischen 16 und 59

Jahren durch. (Zur Stichprobenziehung und Rahmen-Organisation siehe Kapitel 2, speziell 2.3.3 und 2.3.4). Diese Personen wurden nach dem Interview durch die Sozialwissenschaftliche Sektion mit Hilfe einiger Kontaktschritte der Organisatorischen Sektion für die Laboruntersuchung durch Psychologen und Mediziner geworben. Die Labors lagen in einem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gemieteten Haus in München-Bogenhausen, und in dessen Keller befanden sich die Untersuchungsräume der Psychologischen und der Arbeitsphysiologischen Sektion. Diese Räume wurden vor Untersuchungsbeginn renoviert und für die Untersuchungsschritte so eingerichtet, daß 3 Versuchspersonen gleichzeitig untersucht werden konnten, keine gegenseitige Behinderung der einzelnen Untersuchungsschritte erfolgte, die optischen, akustischen und klimatischen Bedingungen konstant gehalten wurden (durch künstliche Beleuchtung, Verwendung von Teppichen und Zusatzheizungen) und außerdem für die physiologische Untersuchung zusätzlich eine ausreichende akustische und elektrische Abschirmung gegeben war (zusätzlicher Einbau einer Zwischenwand, Verlegung eines Drahtgitters auf dem Fußboden).

### 5.3.1 Organisation des Untersuchungsablaufes

Es war beabsichtigt, etwa 400 Personen zu untersuchen, und allein das gemeinsame Programm der Psychologischen und der Arbeitsphysiologischen Sektion sollte 2 Stunden pro Person dauern. Geht man davon aus, daß man einen Menschen nur zwischen 8 und 12 Uhr vormittags und zwischen 14 und 19 Uhr nach dem Mittag zur Untersuchung bitten kann, ohne seinen Alltagsrhythmus allzu stark zu verändern, so hätten allein unsere Untersuchungen an hintereinander kommenden einzelnen Probanden 5 Monate gedauert, was wegen der damit verbundenen Kosten und übermäßigen Klima-Schwankungen während des Untersuchungszeitraumes nicht zu vertreten war. Es wurde folglich dafür gesorgt, daß 3 komplette Untersuchungen gleichzeitig durchgeführt werden konnten, jedoch nicht in der Hamburger Weise (in der 3 Untersuchungsleiter jeweils das ganze Programm mit den Probanden absolvierten), sondern nach einem Rotationsplan, bei dem die 3 psychologischen Untersuchungsleiter (die Diplom-Psychologen W. Gischar, D. Liepmann, H. Neumann) und zwei medizinisch-technische Assistentinnen der Arbeitsphysiologischen Sektion nur spezielle Abschnitte des Programms jeweils an allen Personen durchführten – und somit die Personen dreimal den Untersuchungsraum und den Experimentierwechselten. Dieses Verfahren eliminiert die Einflüsse der Untersuchungsleiter auf das Verhalten der Untersuchten natürlich keineswegs, hält sie jedoch so gleichmäßig wie möglich. Eine notwendige Konsequenz aus dieser Probanden-Rotation ist die Gleichheit der Länge der Untersuchungsschritte in den 3 Räumen, da Wartezeiten für die untersuchten Personen vermieden werden sollten. Der Rotationsplan sah außerdem für die beiden Untersuchungsschritte, innerhalb deren 2 voneinander unabhängige Programmteile durchgeführt wurden, eine Abfolge-Variation dieser beiden Teile vor. Er wurde vor Beginn der Hauptuntersuchung mit Hilfe von Zufallszahlen erzeugt und mit Ausnahme technischer Pannen (Geräte-Ausfall oder Verhinderung eines Probanden) strikt eingehalten. Der Plan geht von 3 Untersuchungsschritten (A, B, C) aus, die jeweils 40 Minuten dauern und in einem Raum stattfinden; folglich gibt es 6 verschiedene Abfolge-Möglichkeiten der Abschnitte: ABC, ACB, BAC, BCA, CAB, CBA. Innerhalb der Teile B und C wechselten die Versuchsleiter (V1) 2 austauschbare Programmteile regelmäßig.

### 5.3.2

#### 5.3.2 Die einzelnen Untersuchungsschritte

Jede Versuchsperson mußte alle folgenden 10 Untersuchungsschritte mitmachen:

1. Prüfung der Hörschärfe (Audiometrie der Arbeitsphysiologischen Sektion, siehe Kapitel 6 . . ),
2. Skalierung der Stimmung, Frische, Erregung, Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit zu Beginn und am Ende der Untersuchung,
3. Physiologische Untersuchung des Verhaltens der peripheren Vasomotorik, der elektrischen Muskelaktivität und der Tracking-Leistung in Ruhe und bei Beschallung mit weißem Rauschen von 85 und 100 dB (zusammen mit der Arbeitsphysiologischen Sektion),
4. Reaktionszeit-Versuch in Ruhe (50 dB) und bei 85 dB weißem Rauschen,
5. Skalierung der Unangenehmheit der 50- und 85-dB-Geräusche im Reaktionszeitversuch mit anschließender Prüfung des Skalenverständnisses,
6. Prüfung der Distraktionsleistungen bei gleichzeitiger optischer und akustischer Informationsverarbeitung (Reaktionszeiten, Treffer, Nicht-Treffer und falsche Reaktionen auf optische Signale bei teilweiser akustischer Zusatzinformation).
7. Prüfung des Wörter-Erkennens und -Behaltens von zum Teil durch Zusatzrauschen verdeckten Wörtern,
8. STROOP-Test zur Bestimmung der Interferenzneigung,
9. Prüfung der Farbsehtüchtigkeit mit ISHIHARA-Tafel,
10. Fragebogen zur emotionalen Labilität.

Die Aufeinanderfolge der Untersuchungsteile 3 bis 10 wurde durch den Rotationsplan und die Untersuchungsleiter bestimmt; die Audiometrie wurde immer vor allen anderen Untersuchungsteilen mit Ausnahme der Skalierung der „Stimmung vor Test“ durchgeführt, letztere entweder vor oder gleich nach der Audiometrie. Zum Abschluß der Untersuchung wurde mit dem Probanden über den Termin der späteren medizinischen Untersuchung verhandelt.

#### 5.3.3 Ein Beispiel für ein Untersuchungsprogramm

Um die Situation der von uns untersuchten Probanden so präzise wie möglich zu beschreiben, wird das ganze Untersuchungsprogramm an einem Beispiel (einer der 6 möglichen Abfolgen) mit allen wichtigen Einzelheiten der Versuchsanordnungen im Annexband, A.5.3.3, geschildert. Hier sollen nur die wesentlichen Merkmale der Anordnungen in einer der 6 möglichen Abfolgen dargestellt werden.

##### 5.3.3.1 Reaktionszeiten und Distraction

Nach Durchführung der Hörschärfepfung (durch die Arbeitsphysiologische Sektion) begann der psychologische Versuchsleiter mit der Instruktion für das Reaktionszeit-Experiment. Hierbei kam es darauf an, daß die Versuchsperson (Vp) beim Aufleuchten einer roten Lampe auf eine Morsetaste drückte, und zwar so schnell wie möglich. Das Aufleuchten der roten Lampe wurde durch eine vorher aufleuchtende grüne Lampe angekündigt, allerdings war das Intervall zwischen roter und grüner Lampe nicht konstant. (Ein Ausschnitt aus dem Reaktionszeit-Experiment ist in Abb. 5-3 schematisch dargestellt.) Das Gesamt-Experiment bestand

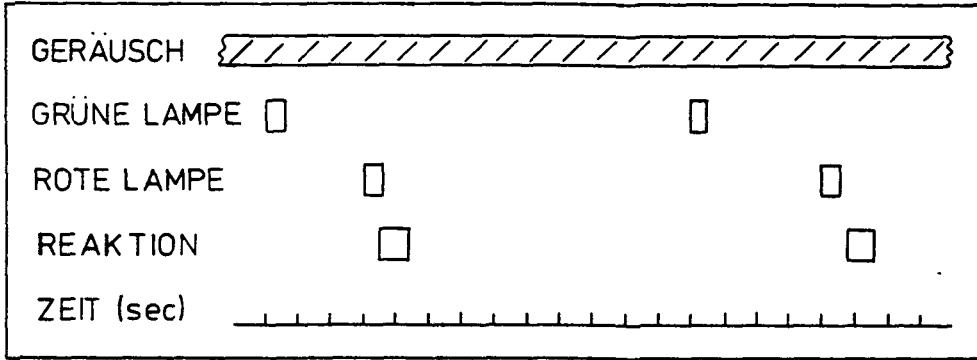


Abb. 5-3: Ausschnitt aus dem Reaktionszeit-Experiment (schematisch).

aus zwei Teilen, in denen jeweils 50 Reaktionszeit-Messungen (mit Speicherung auf Magnetband) stattfanden. Im ersten Teil hörte die Versuchsperson über Kopfhörer ein schwaches Geräusch (50 db), im zweiten Teil hörte sie es mit 85 dB. Am Ende jedes Teils wurde die Vp gebeten, das eben gehörte Geräusch auf einer 9-Punkte-Skala mit verbalen Bezeichnungen (von „äußerst angenehm“ bis „äußerst unangenehm“) einzustufen. Zum Abschluß des Reaktionszeit-Experimentes wurde noch durch Kontrollfragen geprüft, ob die Versuchsperson die hier verwendete Skala richtig verstanden hatte.

Anschließend wurde über einen Leuchtfeldanzeiger und über Kopfhörer das Distraktionsprogramm dargeboten, dessen wesentliche Elemente schon in 5.2.2.2. genannt wurden: der Leuchtfeldanzeiger (2.5 mal 5 cm) bot ständig einstellige Ziffern von Null bis Neun dar, und die Versuchsperson sollte jedesmal, wenn die Ziffer „5“ erschien, die Morsetaste drücken. Die Zahlen erschienen zwar in einer nicht vorhersagbaren Reihenfolge, aber in einem konstanten Grundrhythmus von 700 msec, das heißt, die Versuchsperson mußte damit rechnen, daß alle 700 msec eine neue Zahl erschien, die dann für den Rest der Zeit weiter leuchtete. Gelegentlich waren aber auch andere Zahlen kurzzeitig (für 100 msec) in den Grundrhythmus eingeschaltet, und auch auf diese mußte die Person reagieren, falls eine „5“ dabei war. (Ein Ausschnitt aus diesem Distraktions-Experiment ist in der Abb. 5-4 schematisch dargestellt).

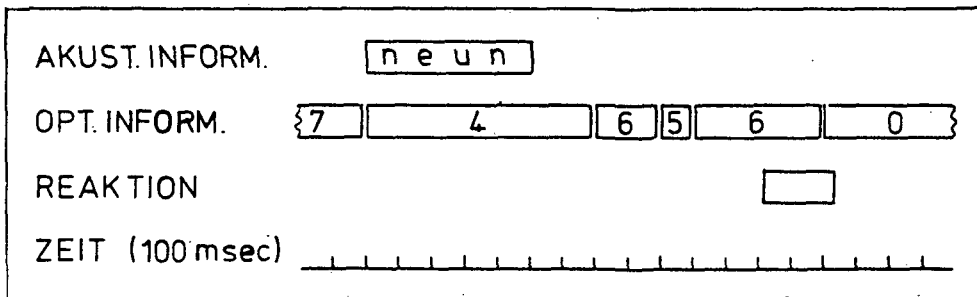


Abb. 5-4: Ausschnitt aus dem Distraktions-Experiment (schematisch).

### 5.3.3.1

Zusätzlich wurden gelegentlich gesprochene einstellige Ziffern über Kopfhörer dargeboten; diese sollten jedoch laut Instruktion nicht beachtet werden, sie dienten der gezielten Ablenkung. Insgesamt wurden 100 Reaktionen von der Vp gefordert, 50 mit und 50 ohne akustische Zusatzinformation.

### 5.3.3.2 Physiologische Untersuchung der direkten Lärmverarbeitung

Die Versuchsperson wurde in einen anderen Raum geführt, in welchem sie eine medizinisch-technische Assistentin und ein psychologischer Versuchsleiter erwarteten. Sie wurde gebeten, die Jacke abzulegen, die Ärmel hochzustreifen und sich in einen Ruhesessel zu legen. Dann wurde zunächst der Blutdruck kontrolliert und anschließend nacheinander die Meßfühler zur Registrierung der Fingerpulsamplitude, der Kopfpulsamplitude und des Elektromyogramms angelegt. In dieser Zeit erläuterte der Versuchsleiter die sichtbaren Teile der Versuchsanordnung: das große Voltmeter, das durch ein Programm gesteuert wurde und von der Versuchsperson durch Drehen an einem Knopf in Mittelposition gehalten werden sollte, die Meßfühler, die (absichtlich falsch, um die Vp nicht zu beunruhigen) der Blutdruckmessung dienen sollten, und die Kopfhörer, über die nach einer längeren Ruhezeit 2 Geräusche zu hören sein würden. Diese Geräusche stammten von einem Rauschgenerator und hatten Schalldruckpegel von 85 und 100 dB. Nach der Instruktion verließen die beiden Mitarbeiter die Versuchsperson und wandten sich den hinter einem Wandschirm verborgenen Apparaten zu, welche der Stimulus-Darbietung und der Reaktions-Registrierung dienen. (Zur apparativen Ausstattung siehe Abb. 5-5, ansonsten A.5.3.3).

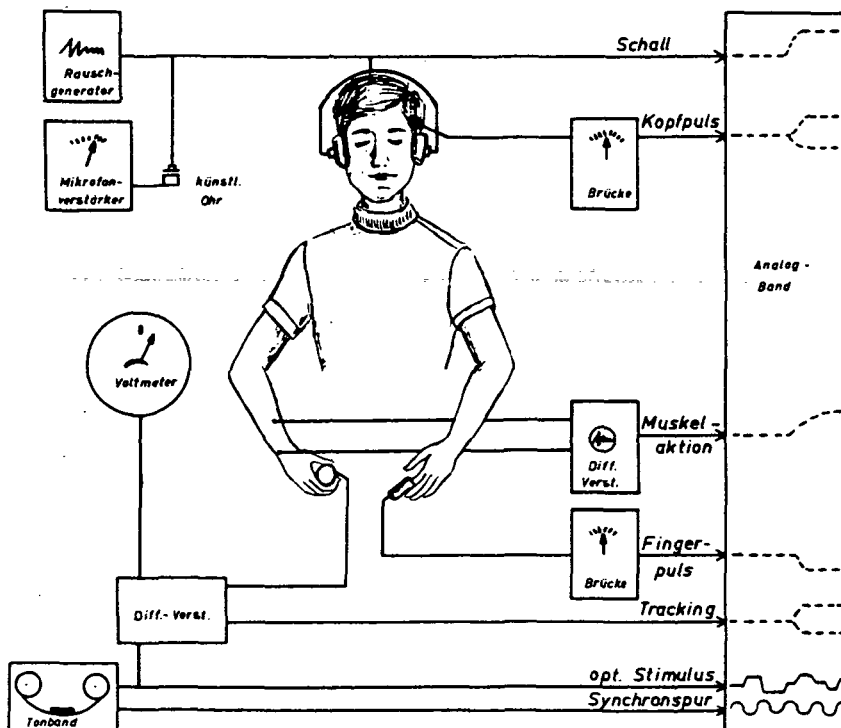


Abb. 5-5: Schematische Darstellung der apparativen Ausstattung und der erwarteten Reaktionen bei der physiologischen Untersuchung der direkten Lärmverarbeitung.



Der gesamte physiologische Untersuchungsteil dauerte 40 Minuten, davon dienten die ersten 10 Minuten der Instruktion und dem Anbringen der Aufnehmer an der Versuchsperson, etwa 26 Minuten lang wurde kontinuierlich registriert und auf Analog-Magnetband gespeichert, anschließend wurde die Versuchsperson wieder von den Aufnehmern befreit. Der zeitliche Verlauf ist mit seinen beiden Geräusch-Phasen am Ende der Ruhezeit in Abb. 5-6 dargestellt, wobei die unterbrochene Linie darauf hinweist, daß zunächst (bis zur 22. Minute) akustisch keine Stimulation dargeboten wurde, danach, für jeweils 30 Sekunden, ein allmählich gesteigertes Geräusch: Als zusätzliche Information zeigt die Abbildung 5-7 die registrierten physiologischen und motorischen Reaktionen einer typischen Versuchsperson bei Applikation von 85 dB weißem Rauschen nach der Ruhephase.

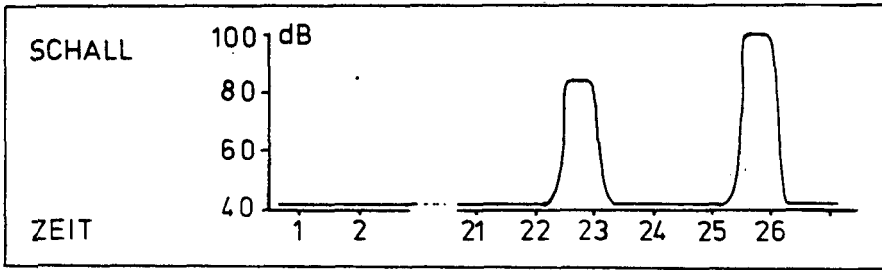


Abb. 5-6: Zeitlicher Verlauf der Beschallung bei der physiologischen Untersuchung der direkten Lärmverarbeitung.

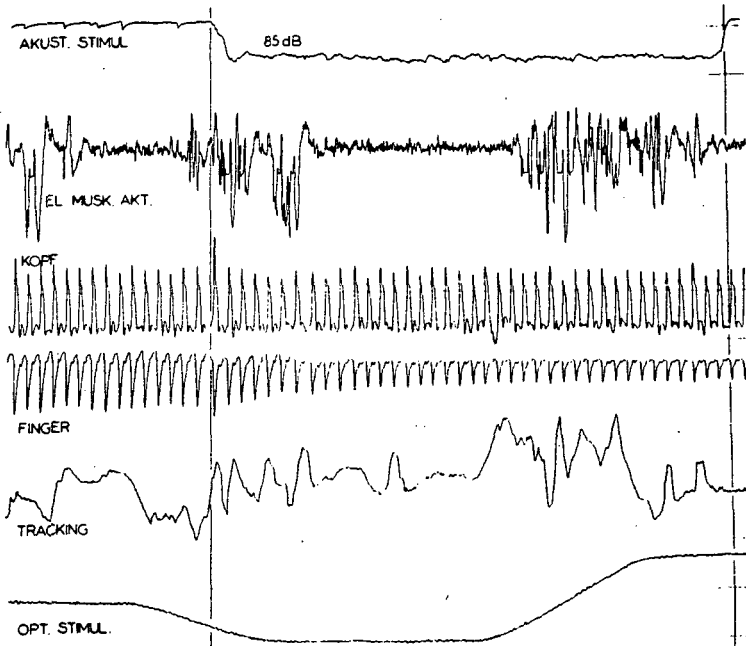


Abb. 5-7: Physiologische und motorische Reaktionen einer Vp auf die gleichzeitige Darbietung eines optischen und akustischen Stimulus.

### 5.5.5.3

#### 5.3.3.3 Wörtererkennen und Persönlichkeitsmerkmale

Nach Abschluß der Physiologie-Untersuchung wurde die Versuchsperson in den dritten Untersuchungsraum geführt, wo ihr ein psychologischer Untersuchungsleiter zunächst einige Fragen zum Zeitpunkt des gestrigen Schlafengehens, heutigen Aufstehens, zur Medikamenten-Einnahme etc.

Anschließend prüfte er die Farbsehtüchtigkeit des Probanden mit Hilfe der ISHIHARA-Tafeln – dies diente als Kontrolle für den später vorgenommenen STROOP-Test. Dann wurde das Experiment zum Wörtererkennen und Behalten durchgeführt, das schon in 5.2.2.4 dargestellt wurde: hierbei wurden 20 Wörter unter erschwerten Wahrnehmungsbedingungen (durch weißes Rauschen maskiert) dargeboten, und die Versuchsperson mußte jedes Wort laut nachsprechen, wenn sie es erkannt hatte. Anschließend sollte sie diese Wörter in einer Reihe von 100 ohne Zusatzrauschen dargebotenen identifizieren. Am Anschluß an dieses Experiment wurden zwei Persönlichkeitstests durchgeführt: der STROOP-Test zur Bestimmung der Interferenzneigung und der Fragebogen der Sozialwissenschaftlichen Sektion zur Erfassung der emotionalen Labilität. Beim STROOP-Test kommt es darauf an, Farbwörter (grün, rot etc), die in einer von ihrer Bedeutung abweichenden Farbe gedruckt sind, der Reihe nach durchzugehen und jeweils die Farbe anzugeben, in der sie gedruckt sind. Zur Kontrolle der reinen Lesegeschwindigkeit wurde der Test vorher in einer Schwarz-Weiß-Ausführung gegeben. Beim Fragebogen zur Erfassung der emotionalen Labilität mußte die Versuchsperson durch Ankreuzen angeben, ob sie bestimmte Aussagen (etwa: „Ich bin oft unzufrieden“) zustimmt oder nicht. Zum Abschluß der Untersuchung wurde das Behalten von Wörtern in einer dem „Wörtererkennen“ analogen Weise geprüft, jedoch wurden die 20 kritischen Wörter ohne Maskierung dargeboten, um die 'reine' Behaltensleistung, also ohne Wahrnehmungs-Erschwerung, erfassen zu können.

Als letzten Untersuchungsschritt füllte jede Versuchsperson noch den Fragebogen zur Befindlichkeit aus, den sie in ähnlicher Form auch ganz zu Beginn der Untersuchung erhalten hatte. Hierbei kam es vor allem darauf an, ob sich die Versuchsperson im Vergleich zur Anfangs-Einschätzung nun frischer oder müder fühlte.

## 5.4 Datenaufbereitung und erste Analysen

Die psychologische Sektion ist nach Abschluß der Untersuchungen aus München mit sehr großen Informationsmengen abgereist, die sich in sehr unterschiedlichem Zustand befanden, alle jedoch in einer für Großrechner nicht lesbaren Form. Dabei versteht es sich von selbst, daß die mit Papier und Bleistift erhobenen Informationen, mithin alle Antworten zu Fragebogen-Skalen, zur Interferenzneigung und zum Wörter-Erkennen und -Behalten ohne Schwierigkeiten für Rechner lesbar gemacht werden konnten. Die Mehrzahl der erhobenen Informationen lagerte jedoch auf Magnetbändern: die Stimuli und Reaktionen des Reaktionszeit- und Distraktions-Teils als Tonimpulse unterschiedlicher Frequenz, die Stimuli und Reaktionsverläufe aus dem physiologischen Teil als kontinuierliche, frequenzmodulierte Spannungen. Da zum Zeitpunkt der ersten Auswertungsschritte für uns kein Rechner mit mehreren Analog-Digital-Wandlern, Echtzeit-Uhr und digitaler Ausgabe auf Standardbändern erreichbar war, wohl aber kostenlose Rechenzeit auf einer Siemens

2002, entschlossen wir uns zur getrennten Digitalisierung der an sich parallel vorliegenden physiologischen und motorischen Signale und zu einer einfachen Zeitmessung der Reaktionszeit- und Distraktions-Impulse, jeweils mit anschließender Lochstreifen-Ausgabe. Diese Lochstreifen bildeten die Grundlage für die später zu beschreibende Datenreduktion. In diesem Abschnitt sollen nur diejenigen Schritte beschrieben werden, die notwendig waren, um die in München erhaltenen Informationen in eine für Großrechner lesbare Form zu bringen.

#### 5.4.1 Datenaufbereitung

##### 5.4.1.1 Datenaufbereitung für Papier- und Bleistift-Daten

Zum eigentlichen Prozeß der Datenerfassung bei Papier- und Bleistift-Informationen (Fragebögen, Kontrollvariablen, Interferenzneigung, Wörtererkennen und Behalten) ist nur soviel zu sagen, daß diese handschriftlich als Kreuze oder „ja-nein“-Codes auf Papier vorliegenden Informationen nach einem Code-Plan von studentischen Hilfskräften in Lochkarten übertragen wurden. Der Code-Plan berücksichtigte die interdisziplinären Absprachen über die Codierung der Vp-Nummer, der untersuchten Sektion, des Datenteils und der Kartenummer. Die einzelnen erfaßten Merkmale werden zusammen mit den experimentalpsychologischen und physiologischen Variablen in der ersten Variablenliste (Abschnitt 5.4.2) dargestellt.

##### 5.4.1.2 Datenaufbereitung für Reaktionszeit- und Distraktions-Experimente

Das in Abschnitt 5.3.3.1 dargestellte Reaktionszeit-Experiment und das Distraktions-Experiment gleichen sich hinsichtlich der auf den Tonbändern gespeicherten Stimulus- und Reaktions-Informationen: in beiden Fällen wurde mit dem Auftauchen des kritischen Signals im optischen Display ein Tonimpuls auf eine Spur des Speicherbandgerätes gegeben, und in beiden Fällen war der Druck auf die Morsetaste die entscheidende Reaktion – dieser Druck schickte einen anderen Tonimpuls auf eine andere Spur des Speicherbandgerätes. Bei der Datenerfassung brauchten also nur die beiden Spuren der Magnetbänder getrennt auf Start- und Stop-Eingang eines elektronischen Zählers in Zeitmeßschaltung gegeben zu werden, und die Zeit zwischen Start und Stop (Stimulus und Reaktion) konnte ausgedruckt, ausgestanzt oder angezeigt und notiert werden. Wir entschieden uns für die letzte Möglichkeit: es wurden jeweils für den Reaktionszeit- und den Distraktionsversuch getrennte Auswertungsbögen angefertigt und zu jedem Element des Stimulusprogramms vermerkt, ob die VP reagiert hatte, wie schnell sie gegebenenfalls dabei war, und ob sie zwischendurch „false alarms“ produzierte, das sind Reaktionen auf nicht gegebene Stimuli. Insgesamt wurden auf diese Weise 212 Daten pro Person erfaßt: jeweils 50 Reaktionszeiten mit und ohne akustische Zusatzreizung im Reaktionszeitexperiment, desgleichen im Distraktionsexperiment, außerdem jeweils die Anzahl der Treffer, die Anzahl der verpaßten Signale und die Anzahl der falschen Reaktionen. Diese Daten wurden zusammen mit der Vp-Nummer später auf Lochstreifen übertragen und am Rechner reduziert.

##### 5.4.1.3 Datenaufbereitung für den physiologischen Untersuchungsteil

Innerhalb des physiologischen Teils der psychologisch-arbeitsphysiologischen Untersuchung sind an jeder Person 27 Minuten lang die Fingerpulsamplitude, die Kopfpulsamplitude, die elektrische Muskelaktivität, die motorische Tracking-Leistung, der jeweils herrschende akustische und optische Stimulus und ein Synchronisationssignal für den Zeit-

### 5.4.1.3

raum der relevanten Messungen kontinuierlich parallel auf Magnetband gespeichert worden. Von diesen Informationen waren vor allem die ersten 4 für uns interessant, und dazu jeweils die Aussage, ob akustische Ruhe herrschte oder weißes Rauschen.

Besonders relevant erschienen die letzten 3,5 Meßminuten, in denen nach einer langen Ruhephase jeweils für 28 sec. weißes Rauschen von 85 und 200 dB dargeboten wurde. Es wurde erwartet, daß sich der Lärm nicht nur auf die Amplitude der einzelnen Funktionen auswirkt, sondern zum Beispiel auch auf die Form der einzelnen Pulse, weiterhin, daß sich der aktuell applizierte Labor-Lärm je nach der alltäglichen Flugbelärmung in speziellen Verlaufsmustern ausdrückt, beispielsweise in unterschiedlichen Abfall-Steilheiten der Kopfpulsamplitude bei Einsetzen des Geräusches. Da die analoge Information von uns nur digital verarbeitet werden konnte und außerdem die Datenmenge angesichts des Umfangs der untersuchten Personen-Stichprobe und der Länge der Meßzeit pro Person nicht allzu hoch ausfallen durfte, entschieden wir uns für eine Abtast- und Integrationszeit von 500 msec, genauer gesagt, für 495 msec Meßzeit und 5 msec Ausgabe-Zeit für den Lochstreifenstanzer. Die 4 Reaktionskanäle (Finger, Kopf, Muskel, Tracking) wurden einzeln digitalisiert und im 500-msec-Intervall über 25 Minuten auf Lochstreifen gestanzt, vorher mit der Vp- und Kanalnummer versehen, und jedem Meßwert wurde der akustische Zustand zum Zeitpunkt der Registrierung (Ruhe oder Lärm) mit Hilfe einer Morsetaste durch den studentischen Auswertungsüberwacher als Zahlencode beigegeben. Zur Synchronisierung der getrennten Digitalisierungen der 4 Reaktionskanäle wurde die Synchronspur verwendet: das Einsetzen des Synchronisierungssignals, das gleichzeitig mit dem optischen Stimulus bei jeder Vp aufgenommen worden war, startete die Auswertungsanlage automatisch und hielt sie in einem konstanten Zeittakt. Insgesamt resultierten pro Person 1200 Amplituden-Meßwerte auf 4 getrennten Lochstreifen, hinzu kam ein Lochstreifen mit der Pulsfrequenz-Zählung, die im 10-sec-Intervall vom Fingerpulskanal abgenommen wurde, und außerdem wurden Stichproben des optischen Tracking-Stimulus-Kanals von mehreren Personen digitalisiert, um später zu einer Basis für die notwendige Herausrechnung unterschiedlicher Schwierigkeitsgrade des Tracking-Programms aus den motorischen und elektrischen Muskel-Aktivitäten zu kommen.

### 5.4.1.4 Behandlung der Datenlücken

Spätestens zum Zeitpunkt der Datenerfassung konnte festgestellt werden, daß nicht alle untersuchten 398 Personen einen kompletten Datensatz hatten. Zum Teil liegen die Gründe für Datenausfälle in technischen Pannen – so ist zum Beispiel ein Aufnahme-Verstärker des Analog-Bandgerätes mitten in der Untersuchung ausgefallen, und nicht alle für diesen Tag bestellte Personen konnten umbestellt werden, ein anderes Mal ist das große Voltmeter für die Tracking-Anzeige umgekippt, und Ersatz konnte erst 2 Tage später beschafft werden. Somit haben einige Personen nicht nur Datenlücken, sondern sogar Programmlücken: faktisch haben die Personen ohne Voltmeter eine andere Untersuchung mitgemacht als die Personen mit Voltmeter.

Andere Gründe für Datenausfälle sind durch „Anlöschchen“ von Tonbändern begründet, andere durch menschliches Versagen bei der Identifikation der Lochstreifen. Insgesamt hatten nur 358 Personen einen kompletten Datensatz, bei 17 weiteren Personen erschienen die Datenlücken jedoch so unwesentlich, daß sie durch Einsetzen der Mittelwerte aus der Gesamtgruppe ersetzt werden konnten. Fortgelassen wurden alle Personen, die nicht das normale Programm mitgemacht hatten oder denen mehr als 10 Einzeldaten fehlten.

## 5.4.2 Datenreduktion und erste Variablenliste

Die Psychologische Sektion hat den sehr umfangreichen Anfangsdatensatz zunächst auf eine Menge beschränkt, die für intradisziplinäre Analysen an mittelgroßen Rechnern tragbar erschien. Hierzu hat sie vor allem im Bereich der über Lochstreifen eingegebenen Daten spezielle Reduktionsprogramme entwickelt, die psychologisch sinnvolle und hypothesengerechte Variablen erzeugen sollten. Die hierbei erzeugten Variablen sollten zunächst nur innerhalb der Psychologischen Sektion verwendet werden, um Aufschluß über die Beziehungen dieser Variablen untereinander und die Möglichkeiten weiterer Datenreduktion für interdisziplinäre Auswertungen zu erhalten.

Innerhalb der Papier- und Bleistift-Daten hat die Psychologische Sektion fast gar keine Datenreduktion für die erste Variablen-Liste vorgenommen; nur die von den 3 Versuchsleitern für jede VP erhobenen und somit dreimal vorhandenen Untersuchungs-Uhrzeiten, Raumtemperaturen und Raumfeuchten wurden gemittelt, da sie ohnehin zu .98 interkorrelierten. Ansonsten entspricht die erste Variablen-Liste im Bereich der Kontroll-, Persönlichkeits- und Wörtererkennens-Daten den direkt erhobenen Informationen: nachstehend sollen die Variablen der ersten Liste zusammen mit ihrer Skalenqualität (alternativ = A, Intervall = I) aufgelistet werden.

### 5.4.2.1 Kontrollvariablen

Mittlere Raumtemperatur (I),  
 mittlere Raumfeuchte (I),  
 mittlere Uhrzeit der Untersuchung (I),  
 Farbsehtüchtigkeit (A, da nur die Abweichung von der Norm gewertet wurde),  
 Uhrzeit des Zubettgehens vor der Untersuchung (I),  
 Anzahl der geschlafenen Stunden vor der Untersuchung (I),  
 Anzahl der wachen Stunden vor der Untersuchung (I),  
 Störung der Nachtruhe (A),  
 Schlafmittel genommen (A),  
 am Abend vor der Untersuchung Alkohol getrunken (A),  
 am Tage der Untersuchung Medikamente genommen (A),  
 Selbsteinschätzung der Föhnempfindlichkeit (A)

### 5.4.2.2 Persönlichkeitsvariablen

Hierzu gehören alle 15 Fragen zur „emotionalen Labilität“, weiterhin die aus dem STROOP-Farbwörtertest und aus dem Schwarz-Weiß-Lesetest gebildeten Variablen:

Lesezeit für 100 schwarz-weiße Farbnamen (I),  
 Lesezeit in einem der 5 Blöcke zu je 20 schwarz-weißen Farbnamen (I), 5 x,  
 STROOP-Farbnennungszeit für 100 Farben (I),  
 STROOP-Farbnennungszeit in je einem der 5 Blöcke zu je 20 Farben (I), 5 x,  
 Gesamtzahl der Fehler im STROOP (I),  
 Anzahl der Fehler in je einem der 5 Blöcke (I), 5 x,  
 Trend der Schwarz-Weiß-Lesezeit über die 5 Blöcke (siehe Anmerkung) (I),  
 Trend der Farbnennungszeit über die 5 Blöcke (I),  
 Trend der Fehlerzahl über die 5 Blöcke (I).

Anzumerken ist, daß die hier genannten und auch alle folgenden Trendmaße als lineare Trends durch Gewichtung mit orthogonalen Polynomialen entstanden sind (HAYS 1963). Bei 5 Variablen, die in gleichen Zeitabständen erhoben wurden, kann das Trendmaß T wie folgt bestimmt werden:

#### 5.4.2.2

$$T = -2(X1) + -1(X2) + 0(X3) + 1(X4) + 2(X5).$$

Diese Gewichtung bewirkt, daß zum Beispiel bei völlig gleichbleibender Fehlerzahl im Verlaufe der Zeit der Trend gleich NULL wird, bei Fehleranstieg wird er positiv, bei Fehlerabfall negativ. Ähnliche einfache Trendmaße können auch für nichtlineare Annahmen errechnet werden, allerdings ist die dann beobachtete Häufigkeitsverteilung des Trendmaßes erfahrungsgemäß derartig unnormal, daß die üblichen parametrischen statistischen Verfahren nicht angewandt werden können (schon bei linearer Gewichtung erhielten wir bedenkliche Abweichungen von der Normalität).

#### 5.4.2.3 Situationsfragebögen

Bei den 5-Punkte-Fragebögen zur Selbsteinschätzung der Stimmung, Konzentrationsfähigkeit, Erregung, Frische und Leistungsfähigkeit, die jeweils vor und nach der psychologischen Untersuchung angewendet wurden, ergeben sich insgesamt 10 Variablen, deren Datenqualität jedoch auf Grund der zum Teil sehr geringen Streuung und übergroßen Häufigkeit in nur einer Klasse zweifelhaft erschien und wohl nur ordinalen Charakter hat.

#### 5.4.2.4 Wörterkennen und Behaltensleistung

Hier wurden die jeweiligen Anzahlen der richtig und falsch behaltenen Wörter notiert, es ergaben sich Summen- und Differenzscores:

Anzahl der richtigen Antworten mit Rauschen (I),  
Anzahl der falschen Antworten mit Rauschen (I),  
Anzahl der richtigen Antworten ohne Rauschen (I),  
Anzahl der falschen Antworten ohne Rauschen (I),  
Differenz der richtigen Antworten ohne und mit Rauschen (I),  
Differenz der falschen Antworten ohne und mit Rauschen (I),  
Summe der richtigen Antworten ohne und mit Rauschen (I),  
Summe der falschen Antworten ohne und mit Rauschen (I),  
Summe aller Antworten (I),

Die Differenzmaße sollten den 'reinen' Verarbeitungs-Gewinn bzw. -Verlust der Probanden bei maskierten Wörtern ausdrücken, also unter Berücksichtigung der ohne Maskierung gemachten Fehler; die Summenmaße sollten die allgemeine Leistungsfähigkeit und Response-Tendenz auf diesem Gebiet repräsentieren.

#### 5.4.2.5 Geräuschkalierung

Die Skala zur Beurteilung der Unangenehmheit von Geräuschen wurde im Reaktionszeit-Experiment zweimal ausgefüllt: einmal bei 50 dB und dann bei 85 dB weißem Rauschen. Daraus ergeben sich 2 Variablen, und zusätzlich wurde noch der Unangenehmheits-Zuwachs gebildet (85-dB-Urteil minus 50-dB-Urteil), um möglicherweise unterschiedliche Bezugssysteme bei der Skalierung auszugleichen. Außerdem wurden zwei Roh-Variablen zum Skalenverständnis erzeugt, und zwar jeweils als Differenz zwischen der Skalenposition der vom VI angesagten verbalen Unangenehmheitsäußerung und der von der VP geschätzten Skalenposition dieser Äußerung. Als zusammenfassendes Maß des Skalenverständnisses wurde noch die Summe der beiden Differenzen gebildet.

Insgesamt ergaben sich 6 Variablen:

Unangenehmheit bei 50 dB,	Skalenverständnis 1,
Unangenehmheit bei 85 dB,	Skalenverständnis 2,
Unangenehmheitszuwachs,	Skalenverständnis Summe.

## 5.4.2.6 Reaktionszeit- und Distraktions-Variablen

Die Lochstreifen mit den Rohdaten aus dem Reaktionszeit- und Distraktions-Versuch wurden mit Hilfe eines Rechenprogrammes eingelesen und die Einzeldaten jeweils im Zusammenhang mit dem bei der Erhebung abgelaufenen Stimulusprogramm so reduziert, daß mittlere Reaktionen bei verschiedenen Stimulusklassen resultierten. Beim Reaktionszeitversuch unterschieden wir hinsichtlich des Stimulusprogramms zwischen 2 verschiedenen langen Vorwarnzeiten (1 bis 3 sec zwischen Vor- und Hauptsignal einerseits, 4 bis 7 sec andererseits) und zwischen den beiden akustischen Zuständen (mit und ohne Rauschen), hinsichtlich der Reaktionen zwischen solchen, die über und unter der mittleren Reaktionszeit einer Person  $\pm 1$  sigma lagen, um die Hypothese der spontanen Blockierungen überprüfen zu können:

Reaktionszeit bei kurzen Vorwarnzeiten 50 dB (I),  
 Reaktionszeit bei langen Vorwarnzeiten 50 dB (I),  
 Reaktionszeit bei kurzen Vorwarnzeiten 85 dB (I),  
 Reaktionszeit bei langen Vorwarnzeiten 85 dB (I),  
 Anzahl der falschen Reaktionen 50 dB (I),  
 Anzahl der falschen Reaktionen 85 dB (I),  
 mittlere Reaktionszeit 50 dB (I),  
 mittlere Reaktionszeit 85 dB (I),  
 Anzahl der Reaktionen 1 sigma über Mittelwert 50 dB (I),  
 Anzahl der Reaktionen 1 sigma unter Mittelwert 50 dB (I),  
 Anzahl der Reaktionen 1 sigma über Mittelwert 85 dB (I),  
 Anzahl der Reaktionen 1 sigma unter Mittelwert 85 dB (I),

Bei den Reaktionen zum Distraktionsversuch unterschieden wir allgemein zwischen den Reaktionen auf lange (700 msec) und kurze (100 msec) optische Signale mit und ohne akustische Zusatzinformation, bei den kurzen Signalen unterschieden wir weiterhin hinsichtlich der Position des kritischen Signals innerhalb des 700-msec-Taktes, bei den akustischen Zusatzinformationen hinsichtlich des Zeitpunktes des Beginns der akustischen Information (vor, mittlen in, nach Beginn der optischen Information). Für jede Person wurde jeweils die Taktposition mit der mittleren längsten und der mittleren kürzesten Reaktionszeit ermittelt, weiterhin die Variabilität der Reaktionszeiten über die 7 Positionen hinweg, die Fläche unter der Kurve der mittleren Reaktionszeit bei den 7 Positionen etc. Insgesamt wurden für das Distraktionsexperiment 67 Variablen erzeugt, die teilweise voneinander abhängig sind und von denen hier nur die wichtigsten dargestellt werden sollen. Die verwendeten Abkürzungen bedeuten A = akustische Zusatzinformation, O = optische Hauptinformation.

Reaktionszeit auf lange Signale ohne A,  
 Reaktionszeit auf kurze Signale ohne A, Position 1-7 (7x),  
 Reaktionszeit auf lange Signale mit A,  
 Reaktionszeit auf kurze Signale mit A, Position 1-7 (7x),  
 Reaktionszeit auf kurze Signale mit A vor O,  
 Reaktionszeit auf kurze Signale mit A mitten in O,  
 Reaktionszeit auf kurze Signale mit A nach O,  
 Anzahl der falschen Reaktionen ohne A,  
 Anzahl der falschen Reaktionen mit relevanter A (gesprochene „5“),  
 Anzahl der falschen Reaktionen mit irrelevanter A,  
 Anzahl der verpaßten kurzen Signale ohne A,  
 Anzahl der verpaßten kurzen Signale mit A vor O,  
 Anzahl der verpaßten kurzen Signale mit A mitten in O,

#### 5.4.2.6

Anzahl der verpaßten kurzen Signale mit A nach O,  
Anzahl der Treffer bei kurzen Signalen ohne A, Position 1-7 (7x),  
Anzahl der Treffer bei kurzen Signalen mit A, Position 1-7 (7x),  
Stimulus-Sampling-Zeit ohne A (Anzahl der nebeneinander liegenden Takte,  
deren Reaktionszeit unter Mittelwert liegt),  
Stimulus-Sampling-Zeit mit A.

#### 5.4.2.7 Physiologische Daten

Die Lochstreifen mit den Meßwerten aus dem physiologischen Teil der Untersuchung wurden kanalweise über Rechenprogramme eingelesen, hinsichtlich der Bewegungsartefakte kontrolliert und zunächst mit unterschiedlichen Integrationszeiten für Ruhe- und Lärmphasen reduziert. Es zeigte sich, daß für unsere Fragestellungen eine Integrationszeit von 30 sec für die Anfangsruhephase, von 1.5 sec für die beiden Lärmphasen und von 10 sec für die Zeit zwischen 85 und 100 dB und nach 100 dB fein genug war, um zwischen unterschiedlichen Amplitudenverläufen bei der direkten physiologischen Lärmverarbeitung differenzieren zu können – mithin wurden zunächst pro Person und Kanal Lochkarten erzeugt, auf denen 46 Ruhe-Amplituden, 18 Amplitudenwerte für die 85-dB-Zeit, 18 Werte für die Ruhezeit zwischen 85 und 100 dB, 18 Amplitudenwerte für die 100-dB-Zeit und 3 weitere Ruhewerte gestanzt waren, zusätzlich noch Informationen über den Zeitpunkt der geringsten Variabilität in den letzten Ruhewerten, weil dieser Zeitpunkt zur Definition des Ruhe-Ausgangswertes herangezogen werden sollte. Zur Reduktion der Pulsfrequenz-Daten wurde pro Person eine Karte erzeugt, auf der je ein Wert für die Ruhepulsfrequenz, für die Frequenz in der ersten und der zweiten Hälfte des 85-dB-Rauschens, in der Ruhezeit zwischen den beiden Lärmphasen, in der ersten und der zweiten Hälfte des 100-dB-Rauschens und in der Ruhe nach 100 dB stand.

Dieser Lochkartensatz mit je 7 Amplituden-Karten für den motorischen Tracking-Fehler, für die Fingerpulsamplitude, für die Kopfpulsamplitude und für die elektrische Muskelaktivität und mit einer Karte für die Pulsfrequenz bildet die Grundlage für die Datenreduktion sowohl für die erste Variablenliste, die nachstehend beschrieben wird, als auch für die zweite Variablenliste, die später beschrieben wird.

Mit Hilfe dieser Datenkarten wurde nun versucht, Amplituden- und Verlaufswerte zu erzeugen, die möglichst präzise die Verlaufsform, -Steilheit und -Geschwindigkeit der Reizbeantwortung und Erholung beschreiben können, und die weiterhin für alle 4 Reaktionskanäle in gleicher Weise definiert sind. Es ergaben sich pro Kanal folgende 37 Variablen; die sämtlich die Datenqualität von Intervallskalen haben:

Gesamtvariabilität der Amplitude,  
Mittelwert der Amplitude in Ruhe 1 (von 85 dB),  
Mittelwert der Amplitude bei 85 dB,  
Mittelwert der Amplitude in Ruhe 2 (nach 85 dB),  
Mittelwert der Amplitude bei 100 dB,  
Mittelwert der Amplitude in Ruhe 3 (nach 100 dB),  
Variabilität der Amplitude in Ruhe 1,  
Variabilität der Amplitude bei 85 dB,  
Variabilität der Amplitude in Ruhe 2,  
Variabilität der Amplitude bei 100 dB,  
Trend der Amplitude in Ruhe 1 (Art und Steilheit des Amplitudenverlaufs in den 23 Ruheminuten),  
Trend der Amplitude bei 85 dB,  
Trend der Amplitude in Ruhe 2,



Trend der Amplitude bei 100 dB,  
 Reaktionssteilheit bei 85 dB (Trendmaß der 3 Werte bis 4,5 sec nach Einsetzen des Rauschens),  
 Reaktionssteilheit bei 100 dB,  
 Initialreaktion bei 85 dB (Differenz zwischen dem letzten Ruhewert und dem Amplitudenmittel der ersten 1,5 sec Rauschen),  
 Initialreaktion bei 100 dB,  
 unmittelbare Reaktion bei 85 dB (Differenz zwischen dem Amplitudenmittel bei 85 dB und dem stabilsten Ruhewert),  
 unmittelbare Reaktion bei 100 dB,  
 Reaktionstiefe bei 85 dB (Flächenintegral über die Differenzwerte zwischen den letzten Ruhewerte und den darauffolgenden Rauschwerten),  
 Reaktionstiefe in Ruhe 2,  
 Reaktionstiefe bei 100 dB,  
 Reaktionsbetrag bei 85 dB (Differenz des Amplitudenmittels bei 85 dB und des Gesamt-Ruhemittels),  
 Reaktionsbetrag bei 100 dB,  
 Zeitpunkt der Minimalreaktion bei 85 dB (Zeitpunkt der kleinsten Abweichung zum Ruhe-Ausgangswert),  
 Zeitpunkt der Minimalreaktion in Ruhe 2,  
 Zeitpunkt der Minimalreaktion bei 100 dB,  
 Amplitude der Minimalreaktion bei 85 dB,  
 Amplitude der Minimalreaktion in Ruhe 2,  
 Amplitude der Minimalreaktion bei 100 dB,  
 Zeitpunkt der Maximalreaktion bei 85 dB (Zeitpunkt der größten Abweichung vom Ruhe-Ausgangswert),  
 Zeitpunkt der Maximalreaktion bei 100 dB,  
 Amplitude der Maximalreaktion bei 85 dB,  
 Amplitude der Maximalreaktion bei 100 dB,  
 Erholungsquotient 1 (Verhältnis zwischen Erholungsbetrag und Reaktionsbetrag),  
 Erholungsquotient 2.

Die 7 Pulsfrequenzwerte wurden unverändert übernommen, so daß zum physiologischen Teil insgesamt 155 Variablen in der ersten Variablenliste zur Verfügung standen. Hinzu kommen, als quasi physiologische Variablen, die von der arbeitsphysiologischen Sektion erhobenen Hörverluste bei den Frequenzen 500, 1000, 2000, 4000 und 6000 Hz.

### 5.4.3 Erfahrungen mit der ersten Variablenliste

Rechnet man zunächst die Kontrollvariablen mit ein, so befanden sich in der ersten Variablenliste der Physiologischen Sektion 283 Variablen, die allerdings zum Teil per Konstruktion voneinander abhängig waren, mithin gleiche oder ähnliche Verhaltensweisen auf gleiche oder ähnliche Weise zu greifen suchten. Dieser Datensatz war für interdisziplinäre Analysen nach dem Konzept der multiplen Bedingtheit von Fluglärm-Reaktionen nicht brauchbar – nicht nur wegen der großen Datenmenge, sondern auch wegen der Abhängigkeiten der Variablen untereinander. Die nächsten Schritte mußten also zu einer Datenreduktion auf höherer Ebene führen. Dazu wurde zunächst die Brauchbarkeit der Einzelvariablen im Sinne der parametrischen Statistik (z.B. Normalität der Häufigkeitsverteilung) geprüft, dann der Versuch unternommen, die konstruktiven und inhaltlichen Abhängigkeiten der Variablen untereinander durch Faktoranalysen deutlich zu machen, mit den Hauptvariablen der erzielten Faktoren oder auch mit Faktorenwerten Beziehungen zu Variablen aus ande-

### 5.4.3

ren Datensätzen herzustellen, schließlich, als dies in Teilbereichen nur schlecht gelang, nach den Ursachen für die äußerst geringen Interkorrelationen größerer Datenteile untereinander und mit Daten aus anderen Bereichen zu forschen und die Konsequenzen für eine zweite Variablenliste zu ziehen.

#### 5.4.3.1 Datenreduktion durch Faktorenanalysen

Nach der Verteilungsprüfung der Einzelvariablen, bei der sich gelegentlich gar keine oder eine riesige Varianz, gelegentlich Zweigipfligkeit, sehr häufig aber eine bedenkliche Schiefe der Verteilung zeigte, die nur in seltenen Fällen durch Transformation der Ausgangsvariablen zu beseitigen war, wurden die brauchbaren Variablen bereichsweise faktorisiert: die STROOP-Variablen für sich, die Labilitäts- und Stimmungs-Variablen für sich, ebenso die Reaktionszeitvariablen, die Wörtererkennensvariablen, die Distaktionsvariablen und die physiologischen Variablen in jeweils einer Funktion. Alle 9 Faktorenanalysen wurden nach dem Prinzip der Image-Analyse mit anschließender Varimax-Rotation durchgeführt und erst dann als brauchbar akzeptiert, wenn sich bei Aufteilung der Gesamtgruppe (357 Personen) in 2 Zufallsgruppen und getrennter Faktorisierung der Variablen eine sichere Übereinstimmung der Faktorenlösung zeigte. Folgende Kriterien für Übereinstimmung mußten eingehalten werden: die maximale Abweichung der Winkel zwischen Faktorenachsen durfte 24 Grad nicht übersteigen, und die Crossvaliditätskoeffizienten für die Faktorenscores mußten mindestens .80 betragen. Die resultierenden Analysen sollen hier nicht in allen Einzelheiten dargestellt werden, da sie später doch verworfen wurden, es sollen jedoch die erzielten Faktoren durch je zwei Hauptvariablen definiert werden:

Die Analyse der im Zusammenhang mit der Prüfung der Interferenzneigung erhobenen Variablen erbrachte die Faktoren „Lesezeit der Schwarz-Weiß-Farbnamen“ (definiert durch die Gesamtzeit und die Lesezeit im zweiten Zeitabschnitt), „Fehler bei der Farbnennung“ (definiert durch die Gesamtzahl der Fehler und die Anzahl der Fehler im ersten Zeitabschnitt), und „Interferenzneigung“ (definiert durch die Farbnennungszeit insgesamt und die Farbnennungszeit im 4. Abschnitt). Da wir jedoch an der Erzeugung eines möglichst ‚reinen‘, von erworbenen Fähigkeiten möglichst unabhängigen Persönlichkeitsfaktors interessiert waren, haben wir für spätere Analysen die Differenz der Farbnennungszeit und der Schwarz-Weiß-Lesezeit als „reine Interferenzneigung“ weiterverwendet. Diese Variable heißt im interdisziplinären-Datensatz „STROOP-Score“.

Bei der gemeinsamen Analyse der Stimmungsvariablen und der Fragen zur emotionalen Labilität erhielten wir folgende Faktoren:

1. „Emotionale Labilität“, definiert durch „Ich habe oft schlechte, unzufriedene Laune“ und „Ich bin oft unzufrieden“,
2. „Stimmung nach Test“, definiert durch die Selbsteinschätzung der Konzentrationsfähigkeit und der Frische nach der Untersuchung,
3. „Stimmung vor Test“, definiert durch die Selbsteinschätzung der Konzentrationsfähigkeit und der Stimmung vor der Untersuchung, und
4. „Nervosität“, definiert durch „Ich rege mich sehr leicht auf“ und „Ich bin besonders nervös“.

Bei der Analyse der 9 Variablen zum Wörtererkennen stellte sich eine beträchtliche Korrelation zwischen der Anzahl der falsch und der Anzahl der richtig behaltenen Wörter heraus (.51), folglich wurde ein Faktor „Produktion verbaler Antworten“ durch die „Gesamtzahl der Falschen“ und die „Gesamtzahl der Richtigen“ konstituiert. Als zweiten Faktor er-

hielten wir die „Enthemmung nach Aufhören von Rauschen“, definiert durch die Anzahl der Richtigen Teil 2 minus Teil 1“ und die „Anzahl der Falschen Teil 2 minus Teil 1“, mithin ist also nicht der erwartete Leistungsanstieg im zweiten Teil des Experimentes zu verzeichnen, sondern ein Anstieg auch der falschen Antworten.

Die Analyse der 67 Variablen aus dem Distraktions-Experiment erbrachte 4 Faktoren:

1. „Reaktionszeit bei mehrdimensionalen Stimuli“, definiert durch die „Reaktionszeit auf kurze Signale ohne akustische Zusatzinformation“ und die „Reaktionszeit auf kurze Signale in den ersten Positionen mit akustischer Zusatzinformation“,
2. „Reaktionsbereitschaft auf mehrdimensionale Stimuli“, definiert durch die „Anzahl der verpaßten kurzen Signale ohne A“ (negativ) und durch die „Anzahl der verpaßten kurzen Signale mit A“ (negativ),
3. „Variabilität der Reaktionszeit über die 7 Positionen ohne akustische Zusatzinformation“, definiert durch die Variable gleichen Namens und die „Höhe der Dämpfung des optischen Kanals ohne akustische Zusatzinformation“,
4. „Variabilität der Reaktionszeit über die 7 Positionen mit akustischer Zusatzreizung“, definiert durch die Variable gleichen Namens und die „Höhe der Dämpfung des optischen Kanals mit akustischer Zusatzinformation“.

Bei der Analyse der 12 Variablen aus dem Reaktionszeit-Experiment war nur ein Faktor stabil, die „Mittlere Reaktionszeit“, definiert durch die „Mittlere Reaktionszeit bei 50 dB“ und die „Mittlere Reaktionszeit bei 85 dB“.

Die Analyse der 37 motorischen Tracking-Variablen erbrachte 5 Faktoren:

1. „Motorische Desorganisation bei 100-dB-Rauschen“, definiert durch die „Maximalreaktion bei 100 dB“ und den „Mittelwert des Tracking-Fehlers bei 100 dB“,
2. „Störung der motorischen Leistung bei 85 dB“, definiert durch den „Reaktionsbetrag bei 85 dB“ und den „Mittelwert des Tracking-Fehlers bei 85 dB“,
3. „Andauern der motorischen Störung während und nach Rauschen“, definiert durch den „Mittelwert des Fehlers in Ruhe 2“ und die „Reaktionstiefe der Motorik bei 100 dB“,
4. „Gesamtvariabilität der Motorik“, definiert durch die „Minimalreaktion bei 100 dB“ und die „Gesamtvariabilität der Motorik“,
5. „Schnelle und langfristige Störung der Motorik durch Rauschen“, definiert durch den „Mittleren Tracking-Fehler in Ruhe 3“ und den „Erholungsquotient nach 100 dB“.

Bei der Analyse der 37 Variablen zur Fingerpulsamplitude ergaben sich 5 Faktoren:

1. „Ausmaß der Vasokonstriktion bei 100 dB“, definiert durch den „Mittelwert der Amplitude bei 100 dB“ und den „Reaktionsbetrag bei 100 dB“,
2. „Variabilität der Fingerpulsamplitude bei 100 dB“, definiert durch die Variable gleichen Namens und die „Maximalreaktion bei 100 dB“,
3. „Ausmaß der Vasokonstriktion bei 85 dB“, definiert durch den „Reaktionsbetrag bei 85 dB“ und den „Mittelwert der Amplitude bei 85 dB“,
4. „Dauer der Vasokonstriktion am Finger“, definiert durch den „Trend der Amplitude während der 85-dB-Phase“ und den „Trend der Amplitude während der 100-dB-Phase“,
5. „Reaktionsgeschwindigkeit der Finger-Vasokonstriktion bei 85 dB“, definiert durch die „Initialreaktion bei 85 dB“, und die „Unmittelbare Reaktion bei 85 dB“.

Die Analyse der 37 Kopfpulsamplituden-Variablen erbrachte 8 Faktoren mit überwiegend geringem Erklärungswert:

#### 5.4.3.1

1. „Ausmaß der Amplitudenänderung am Kopf bei 85 dB“, definiert durch den „Mittelwert der Amplitude bei 85 dB“ und den „Reaktionsbetrag bei 85 dB“,
2. „Ausmaß der Vasokonstriktion am Kopf bei 100 dB“, definiert durch den „Mittelwert der Amplitude bei 100 dB“ und den „Reaktionsbetrag bei 100 dB“,
3. „Variabilität der Kopfpulsamplitude bei 100 dB“, definiert durch die Variable gleichen Namens und die „Maximalreaktion bei 100 dB“,
4. „Ausmaß der Kopfpulsamplitudenänderung bei 100 dB“, definiert durch den „Mittelwert der Amplitude in Ruhe 2“ und den „Reaktionsbetrag bei 100 dB“,
5. „Langfristiger Anstieg der Kopfpulsamplitude bei 85 dB“, definiert durch den „Trend des Amplitudenverlaufs bei 85 dB“ und den „Zeitpunkt der Maximalreaktion bei 85 dB“,
6. „Langfristige Erholung der Kopfpulsamplitude bei 100 dB“, definiert durch den „Trend der Amplitude bei 100 dB“ und den „Zeitpunkt der Maximalreaktion bei 100 dB“,
7. „Andauern der Kopfpulsreaktion nach Abschalten von 85 dB“, definiert durch die „Reaktionstiefe in Ruhe 2“ und den „Mittelwert der Amplitude in Ruhe 2“,
8. „Stabilität der Kopfpulsamplitude gegenüber 85 dB“, definiert durch die „Variabilität der Amplitude bei 85 dB“ (negativ) und die „Maximalreaktion bei 85 dB“ (negativ).

Auch die Analyse der 37 Variablen zur elektrischen Muskelaktivität erbrachte Faktoren mit überwiegend geringem Erklärungswert:

1. „Anstieg der Muskelaktivität bei 85 dB“, definiert durch den „Mittelwert der Aktivität bei 85 dB“ und den „Reaktionsbetrag bei 85 dB“,
2. „Schneller Anstieg der Muskelaktivität bei 100 dB“, definiert durch den „Reaktionsbetrag bei 100 dB“ und die „Mittlere Aktivität bei 100 dB“,
3. „Stabilität der Muskelaktivität gegenüber 100 dB“, definiert durch die „Variabilität bei 100 dB“ (negativ) und die „Maximalreaktion bei 100 dB“ (negativ),
4. „Stärke der Muskelaktivität ohne Rauschen“, definiert durch den „Mittelwert der Aktivität in Ruhe 1“ und den „Mittelwert in Ruhe 2“,
5. „Kurzfristige Muskelaktivität bei 85 dB“, definiert durch die „Initialreaktion zu Anfang von 85 dB“ und den „Trend der Aktivität bei 85 dB“,
6. „Langfristiger Anstieg der Muskelaktivität bei 100 dB“, definiert durch den „Trend der Aktivität bei 100 dB“ und den „Zeitpunkt der Maximalreaktion bei 100 dB“,
7. „Andauern der Muskelaktivität nach Abschalten von 85 dB“, definiert durch die Variable gleichen Namens und die „Variabilität der Muskelaktivität in Ruhe 2“

Zur Datenreduktion der 7 Pulsfrequenz-Variablen haben wir lediglich eine der 7 Variablen, die „Pulsfrequenz zu Anfang von 85 dB“, ausgewählt, da alle 7 untereinander zwischen .84 und .94 korrelieren. Zur Datenreduktion der 5 Hörverlust-Variablen haben wir den unrotierten ersten Faktorenwert einer Faktorenanalyse der 5 Variablen verwendet.

#### 5.4.3.2 Interkorrelation der Rohwerte und Faktorscores mit Fluglärm

Zieht man eine Bilanz der Aussagefähigkeit und empirischen Brauchbarkeit der Primärdaten und ihren Faktorscores für das Fluglärmproblem, so ist die erste Variablenliste nicht gerade ermutigend: von 249 potentiellen Fluglärm-Reaktionsvariablen aus dem Primärdatensatz korrelieren nur 8 statistisch signifikant am 1-Prozent-Niveau mit einem der frühen Fluglärm-Beschreibungsmaße „Pegel“ und/oder „Häufigkeit“, wie man der Tabelle 5-1 entnehmen kann.

Von den 33 Faktorenscores, die als Fluglärm-Reaktionen in Frage kommen,

Tab. 5-1: Korrelationen zwischen Fluglärm- und psycholog. Variablen

Name der psychologischen Variable	Pegel	Häufigkeit
Schwarz-Weiß-STROOP-Lesezeit Teil 2	.15*	.13
STROOP, Gesamtzahl der Fehler	.11	.10
STROOP, Zahl der Fehler Teil 4	.11	.10
Heute Medikamente genommen	-.08	-.11
Mittelwert des Tracking-Fehlers in Ruhe 1	.20*	.17*
Mittelwert des Tracking-Fehlers bei 85 dB	-.11	-.08
Mittelwert des Tracking-Fehlers in Ruhe 3	-.15*	-.13
Trend des Tracking-Fehlers in Ruhe 1	.08	.11
Reaktionssteilheit beim Tracking unter 85 dB	.07	.11
Initialreaktion beim Tracking unter 85 dB	-.15*	-.18*
Unmittelbare Reaktion beim Tracking unter 85 dB	-.13	-.09
Reaktionsbetrag beim Tracking unter 85 dB	-.16*	-.12
Trend der Fingerpulsamplitude in Ruhe 1	.08	.12
Restabweichung von Ruhe 1 nach 85 dB beim Fingerp.	.13	.07
Ort der Fingerpuls-Maximalreaktion unter 85 dB	.11	.13
Kopfpuls-Minimalreaktion bei 85 dB	-.12	-.06
Trend der Muskelaktivitäts-Ruhewerte (1)	-.11	-.12
Initialreaktion der Muskelaktivität unter 85 dB	.11	.09
Unmittelbare Reaktion der Muskelaktivität 85 dB	.16*	.15*
Unmittelbare Reaktion der Muskelaktivität 100 dB	.09	.11
Reaktionstiefe der Muskelaktivität bei 85 dB	.12	.11
Reaktionstiefe der Muskelaktivität nach 85 dB	.11	.14
Treffer bei Distraction Position 2 o A	.15*	.10
Treffer bei Distraction Position 6 m A	-.21	-.19

(\* = 1%-Signifikanzniveau überschritten)

Tab. 5-2: Korrelationen zwischen Fluglärm- und psycholog. Faktoren

Name des psychologischen Faktorscores	Pegel	Häufigkeit
Störung der Motorik durch 85 dB	-.11	-.07
Schnelle u. langfristige motorische Desorganisat.	.18*	.22*
Langsamkeit der Amplitudenänderung am Kopf bei 100	.11	.10
Langfristiger Muskelaktivitätsanstieg bei 100 dB	-.08	-.12
Andauern der Muskelaktivitätsreaktion nach 100 dB	.13	.11

(\* = 1 % Signifikanzniveau überschritten)

korreliert nur ein einziges statistisch signifikant mit mindestens einer der beiden Fluglärm-Variablen (siehe Tab. 5-2). Außerdem kommt hinzu, daß die Beziehungen zwischen Fluglärm und Primärvariablen einerseits und Fluglärm und Sekundärvariablen andererseits nicht sehr konsistent erscheinen, auch nicht die der Faktorenscores untereinander. Wir haben

#### 5.4.3.2

zunächst versucht, die insgesamt niedrige und zudem inkonsistent erscheinende gemeinsame Varianz zwischen Fluglärm und psychologischen und physiologischen Variablen intrasektionär zu erklären und uns dabei zuerst der Frage zugewandt, ob einige Besonderheiten physiologischer Größen bei den ersten Analysen vernachlässigt worden sind.

#### 5.4.3.3 Das Problem der „individualspezifischen Reaktionsmuster“ bei physiologischen Reaktionen

Angesichts der insgesamt niedrigen Interkorrelationen zwischen den Faktorenscores aus dem experimentalpsychologischen und physiologischen Teil der Untersuchung einerseits und nichtpsychologischen Variablen, speziell akustischen Fluglärm-Maßen andererseits, und weiterhin angesichts der insgesamt niedrigen Interkorrelationen zwischen den Faktorenscores aus den verschiedenen Funktionsbereichen innerhalb der physiologischen Teils haben wir versucht, die Ursachen dieser schwachen Zusammenhänge zu begreifen. Dabei fiel auf, daß auch andere Autoren über niedrige Kovarianz zwischen Variablen aus verschiedenen Funktionsbereichen berichten (z. B. WENGER 1948, AX 1953, FAHRENBERG 1967), allerdings sind zur Erklärung unterschiedliche Interpretationen vorgeschlagen worden, die zum Teil für das Vorgehen vor, während und nach der Datenreduktion sehr unterschiedliche Konsequenzen haben:

1. könnte man angesichts der fast immer komplizierten physiologischen Meß- und Registriertechnik eine ganze Reihe von Meßfehlern durch Bewegungsartefakte, Nichtlinearität der Meßverstärker, der Kontrollstreifenschreiber, ungenaue Digitalisierung etc. schließen. Speziell bei unserer Versuchsanordnung war eine Drift zweier Verstärker zu beobachten, weiterhin war auf Grund der relativ groben 500-msec-Digitalisierung oft nicht zwischen echten Reaktionsspitzen und Bewegungsartefakten zu unterscheiden.

2. haben FAHRENBERG & MYRTEK (1966) an 18 ausgewählten physiologischen Variablen etwa 10 % nichtlineare Regressionen zwischen verschiedenen physiologischen Meßgrößen gefunden und daraus geschlossen, daß die blinde Anwendung des üblichen Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten bei einer nennenswerten Anzahl von Variablen zu einer Unterschätzung des tatsächlichen Zusammenhangs führt. Eine grobe Nachprüfung möglicher nichtlinearer Beziehungen zwischen physiologischen Faktorenscores und anderen physiologischen oder nichtphysiologischen Variablen durch die Differenz zwischen eta-Quadrat und r-Quadrat führte bei unserem Datensatz nur in 2 von 60 untersuchten Zusammenhängen zu signifikanten Abweichungen von der Linearität.

3. haben AX et al (1964) auf Phasenverschiebungen zwischen verschiedenen physiologischen Funktionen im Falle der Reaktion auf bestimmte Stressoren hingewiesen. Diese Phasenverschiebungen können, wenn sie nicht beachtet werden, tatsächlich bestehende Zusammenhänge zwischen verschiedenen physiologischen Funktionen zudecken. Sofern die Verschiebungen 1.5 sec unterschreiten, können wir sie wegen unserer auf Daten-Ökonomie angelegten Datenreduktionstechnik nicht prüfen; für Verschiebungen über längere Zeiträume haben die Cross-Lag-Interkorrelationen keinerlei Hinweis gegeben.

4. ist von LACEY & VAN LEHN (1950), von MALMO (1959) und von FAHRENBERG (1967, 1969) gezeigt worden, daß stimuluspezifische, individualspezifische und motivationsspezifische Reaktionsmuster beobachtet werden können. Das Prinzip der Stimuluspezifität sagt unter anderem eine stärkere Reaktion der physiologischen Funktionen a beim Stimulus X voraus, eine schwächere dagegen beim Stimulus Y, dafür jedoch bei Y eine stärkere Reaktion der Funktion b. Somit brauchte man sich über niedrige Interkorrelationen zwischen verschiedenen Funktionen bei einer einzigen Stimulationsart nicht zu wundern,

und in der Tat kann man an unseren Daten feststellen, daß die Korrelation zwischen dem Stimulus-Schall auf der einen und verschiedenen physiologischen Reiz-Antworten auf der anderen Seite sehr unterschiedlich ausfällt: sie liegt (bei z-transformierten Variablen) etwa um .25 bei Motorik, Kopfpulsamplitude und Muskelaktivität, jedoch beträgt sie .63 bei der Fingerpulsamplitude! Die „beste“ physiologische Reizantwort korreliert jedoch ihrerseits am geringsten mit nicht-physiologischen Variablen, insofern ist die Nützlichkeit der Kenntnis stimuluspezifischer Reaktionsmuster für unser Problem eingeschränkt. Das Prinzip der motivationsspezifischen Reaktionsmuster behauptet, daß die Reaktion auf einen Stressor auch innerhalb eines Individuums je nach der motivationalen und kognitiven Bewertung des Stressors verschieden ausfallen kann. Da wir die Bewertung des Stressors indirekt durch die „Unangenehmheitsskala“ einerseits und die „Lärmgewöhnbarkeit“ (der sozialwissenschaftlichen Sektion) erfaßt haben, konnten wir dieser Behauptung nachgehen, jedoch zeigt sich sowohl bei Interkorrelation der Faktorenscores mit diesen beiden Variablen als auch bei Teilung der Gesamtgruppe in Teilgruppen mit unterschiedlichem „Unangenehmheitsurteil“ kein bedeutsamer Zusammenhang zwischen der Stressor-Bewertung und einem bestimmten Reaktionsmuster.

Das Prinzip der individualspezifischen Reaktionsmuster (ISR), das dem der motivationsspezifischen Muster (MSR) vorgeordnet ist, behauptet, daß die gleiche Stimulation bei verschiedenen Personen zu unterschiedlich starken Reaktionen in den verschiedenen physiologischen Reaktionen führt – und hätte damit für die weitere Auswertung sehr entscheidende Konsequenzen, da somit eine bestimmte Reizantwort bei verschiedenen Personen unterschiedliche Bedeutung haben kann. Zur Klärung der Relevanz dieser ISR-Hypothese für das Fluglärmprojekt haben wir auf Primärdaten-Ebene einige Analysen mit Teilgruppen der Gesamtstichprobe durchgeführt und dabei Personen mit einer hohen „Reagibilität“ in einer bestimmten physiologischen Funktion ausgewählt und die Variablen dieses Funktionsbereiches innerhalb dieser Gruppe mit nicht-physiologischen Variablen interkorreliert. Als Auswahlkriterien für die Definition der Probanden-Teilstichproben haben wir 3 verschiedene Reagibilitätsmaße verwendet: „die Gesamtvariabilität“, den „Reaktionsbetrag bei 85 dB“ und den „Reaktionsbetrag bei 100 dB“. Da alle physiologischen Primärvariablen standardisiert und über die verschiedenen Funktionsbereiche hinweg auf identische Weise definiert sind, kann man zum Beispiel die „Gesamtvariabilität“ einer Person über die 4 verschiedenen Funktionsbereiche hinweg vergleichen und diese Person in die Teilgruppe der „motorisch reagiblen“ Personen nehmen, wenn der Wert dieser Person in der Kriteriumsvariable „Gesamtvariabilität der Motorik“ höher ist als in den analogen Variablen der anderen 3 Funktionsbereiche. Man erhält dann 4 Gruppen, die sich hinsichtlich ihrer Reagibilität in den 4 Funktionen unterscheiden, und ebenso kann man mit anderen Kriterien verfahren. Mit den insgesamt 12 (teilweise überlappenden) Subgruppen zu je etwa 90 Personen haben wir multiple Regressionen mit den physiologischen Variablen als Kriterien und den verfügbaren akustischen Fluglärmwerten und interdisziplinären Reaktions-Moderatoren als Prädiktoren gerechnet. Von den insgesamt 148 Regressionsrechnungen sind nur 5 am 1-Prozent-Niveau signifikant, und zwar jene, die auch in der Gesamtgruppe signifikant waren. Weiterhin haben wir 4 Zufallsstichproben aus der Gesamtgruppe gezogen und analoge Regressionen in den Zufallsgruppen gerechnet. Die hierbei erhaltenen multiplen Korrelationskoeffizienten sind im Mittel höher ausgefallen als die vergleichbaren Koeffizienten in den Reagibilitäts-Teilstichproben! Dies bedeutet zwar keine Falsifikation der ISR-Hypothese, da diese meist auf die unmittelbare Reizantwort bezogen wird, während wir die physiologische Reizantwort als Indikator für die Fluglärm-Verarbeitung betrachten, dennoch machen diese Ergebnisse deutlich, daß wir die ISR-Hypothese für unsere Daten nicht weiter verfolgen müssen.

#### 5.4.3.4

##### 5.4.3.4. Versuch der Einbeziehung von psychologischen Moderatoren

Nach dem Scheitern der ISR-Hypothese als Erklärungsmöglichkeit für die geringen Zusammenhänge zwischen Fluglärm-Reiz und psychologischen oder physiologischen Reaktionen bleiben noch 3 weitere Erklärungsmöglichkeiten:

1. Fluglärm bewirkt keine Veränderung in den von uns untersuchten Verhaltensbereichen,
2. Fluglärm bewirkt solche Veränderungen jedoch verdecken Meß- und Digitalisierungsfehler diese Zusammenhänge,
3. Fluglärm bewirkt solche Veränderungen, jedoch können diese nur erkannt werden, wenn psychologische Faktoren als Moderatoren der Beziehung zwischen Fluglärm-Reiz und Fluglärm-Reaktion erkannt werden.

Da die ersten beiden Erklärungsmöglichkeiten sehr weitreichende Konsequenzen für unsere Auswertung haben, ist zunächst die dritte Möglichkeit in Betracht gezogen worden. Wir haben dazu die einfachsten potentiellen Moderatorvariablen, das Alter und das Geschlecht des Probanden, als Einteilungsgesichtspunkt für eine Aufteilung der Gesamtgruppe in jeweils 2 Untergruppen (z. B. Männer und Frauen) genommen und die Faktorscores des ersten Datensatzes mit den Fluglärm-Reizvariablen „Überflugpegel“ und „Überflughäufigkeit“ in den einzelnen Gruppen korreliert. Die erzielten Ergebnisse sind in den Tabellen 5-3 und 5-4 dargestellt, wobei nur diejenige Variablen aufgeführt sind, die in mindestens einer Untergruppe jeweils eine Korrelation von .15 mit mindestens einer der beiden Reizvariablen aufweisen konnten – .15 ist die Mindesthöhe einer am 5 %-Niveau signifikanten Korrelation bei einer Gruppengröße von etwa 170 Personen. Die Ergebnisse sind allerdings auch nicht sehr hilfreich bei der Varianzaufklärung: lediglich das Alter scheint in der Beziehung zwi-

Tab. 5-3: Geschlecht als Moderator der Fluglärmwirkung im 1. Datensatz				
Name des Faktorscores		Mittel	Korrel. Pegel	Korrel. Häufig.
Stimmung nach Test	m	50.3	-.17	-.18
	w	48.7	.01	.01
Motorische Desorganisation durch 100 dB	m	50.0	-.16	-.10
	w	50.0	.09	.01
Störung der Motorik durch 85 dB	m	49.4	-.20*	-.17
	w	50.3	-.03	-.03
Schnelle u. langfristige motor. Desorganisation	m	50.3	.18	.22*
	w	49.8	.18	.22*
Variabilität d. Fingerpulsamplitude 100 dB	m	52.8	.01	.06
	w	47.5	.12	.15
Ausmaß der Amplitudenänderung am Kopf 100 dB	m	49.4	.03	.06
	w	50.2	-.18	-.12
Langsamkeit d. Amplitudenänderung Kopf 100 dB	m	49.7	.02	.03
	w	49.9	.20*	.17
Kurzfristige Muskelaktivität bei 85 dB	m	50.4	-.21*	-.20*
	w	49.3	.02	.05
Langfristiger Muskelaktivitätsanstieg 100 dB	m	50.8	-.04	-.06
	w	49.1	-.12	-.17
Andauern der Muskelaktivität nach 85 dB	m	49.2	.12	.06
	w	50.6	.14	.16
Variabilität d. Reaktionszeit Distrakt. o A	m	48.9	-.05	-.08
	w	50.7	.16	.13

\* = 1 %-Signifikanzgrenze überschritten, m = männliche, w = weibliche Personen



schen Fluglärm-Reiz und physiologischen Geräusch-Reaktionen eine wichtige Rolle zu spielen: Fluglärm scheint vor allem bei jungen Menschen zu einer Beschleunigung der motorischen und vasomotorischen Reizantwort zu führen – allerdings ist der Unterschied zwischen den jungen und den alten Menschen einerseits und zwischen Männern und Frauen andererseits in unseren Variablen nicht sehr durchgreifend und systematisch.

Wir haben uns deshalb entschließen müssen, an der Fehlerfreiheit unseres ersten Datensatzes zu zweifeln und mangelnde Zusammenhänge zwischen den physiologischen und psychologischen Variablen einerseits und zwischen diesen und Fluglärm- und Fluglärm-Reizantworten andererseits durch Meß- und Digitalisierungsfehler, Unübersichtlichkeit der Primärdaten und unangemessene Faktorisierungstechniken zu erklären.

Tab. 5-4: Alter als Moderator der Fluglärmwirkung im 1. Datensatz

Name des Faktorscores		Mittel	Korrel. Pegel	Korrel. Häufig.
Störung der Motorik durch 85 dB	j	50.4	-.06	-.09
	a	49.4	-.15	-.04
Schnelle u. langfristige motor. Desorganisation	j	49.1	.23*	.28*
	a	51.0	.12	.12
Ausmaß d. Vasodilatation am Kopf bei 85 dB	j	49.8	-.04	-.02
	a	50.0	-.16	-.13
Langsamkeit d. Amplitudenänderung Kopf 100 dB	j	49.8	-.02	.00
	a	49.9	.25*	.21*
Kurzfristige Muskelaktivität bei 85 dB	j	51.0	-.16	-.14
	a	48.7	-.03	.01
Andauern der Muskelaktivität nach 85 dB	j	49.8	.16	.17
	a	50.0	.10	.06
Produktion verbaler Responses	j	50.5	-.12	-.16
	a	49.3	.03	.00

\* = 1 %-Signifikanzniveau überschritten, j = junge, a = ältere Personen

## 5.5 Der Datensatz für die Hauptauswertung

Die Erfahrungen mit schwachen und teilweise inkonsistenten Beziehungen zwischen aufwendig konstruierten Variablen untereinander und mit Daten aus anderen Sektionen haben uns dazu geführt, speziell für die experimentalpsychologischen und physiologischen Untersuchungsabschnitte neue, einfachere Variablen zu erzeugen, wobei wir im Falle der experimentalpsychologischen Daten vom Primärdatensatz der ersten Variablenliste ausgegangen sind und nur neue zusammenfassende Maße erzeugt haben; im Falle der physiologischen Daten sind wir auf die (allerdings bereits reduzierte) Rohdatenbasis zurückgegangen, haben zunächst einfache Amplituden-Primärdaten erzeugt und später zeitlich benachbarte Primärdaten zusammengefaßt.

Erhalten geblieben sind aus dem ersten Datensatz diejenigen Papier- und Bleistift-Daten, die sich entweder im intra- und interdisziplinären Context mit anderen Daten bewährt hatten, oder, wie etwa die Kontrolldaten, nicht zu reduzieren sind:

## 5.5

1. der Untersuchungstag,
2. die Tageszeit der Untersuchung,
3. die Anzahl der Schlafstunden vor der Untersuchung,
4. die Anzahl der Wachstunden vor der Untersuchung,
5. die mittlere Raumtemperatur in den Untersuchungsräumen,
6. die mittlere Raumfeuchte in den Untersuchungsräumen,
7. die Bekanntheit mit dem weißen Rauschen vor der physiolog. Untersuchung,
8. das Geschlecht,
9. das Alter,
10. die „reine“ Interferenzneigung,
11. das Unangenehmheitsurteil zu 85 dB und
12. der Faktorwert zum Hörverlust.

Neu hinzugekommen zu den Kontrollvariablen sind die von der organisatorischen Sektion bereitgestellten Wetter-Daten:

13. der Außenluftdruck am Untersuchungstag,
14. die relative Luftfeuchte am Untersuchungstag,
15. die Außentemperatur zum Zeitpunkt der Untersuchung,
16. „Regen“ am Untersuchungstag (Klassifikation durch das Wetteramt),
17. „Föhn“ am Untersuchungstag (Klassifikation durch das Wetteramt) und
18. „Föhn“ innerhalb der letzten 3 Tage vor der Untersuchung.

### 5.5.1 Neue Variablen zum experimentalpsychologischen Untersuchungsteil

Im experimentalpsychologischen Teil der Fluglärm-Hauptstudie haben wir vor allem prüfen wollen, ob und in welchem Ausmaß bestimmte Behaltens- und Aufmerksamkeitsleistungen ohne und mit akustischer Störung durch die alltägliche Beschallung mit Fluglärm langfristig verändert werden, und die widersprüchlichen Erfahrungen mit sehr spezialisierten Variablen haben uns nahegelegt, etwas allgemeinere Variablen zu konstruieren, deren Zuverlässigkeit und Eindeutigkeit sowohl durch die Anzahl der in sie eingehenden Einzelwerte als auch durch die Schlichtheit der mathematischen Konstruktion erhöht wird. Es sind in diesem und auch im physiologischen Untersuchungsteil keine Faktorenscores mehr erzeugt worden, sondern covarianzgewichtete Mittelwerte nach dem Verfahren von HORST (1936). Die Entscheidung für derartige Composite-Scores (CS) ist erstens auf Grund der enttäuschenden Erfahrungen mit den mathematisch exakteren, aber inhaltlich weniger befriedigenden Faktorenscores gefallen, zweitens auf Grund der interdisziplinären Übereinkunft, das Datenniveau innerhalb der einzelnen Sektionen so zu halten, daß auch spätere interdisziplinäre Zusammenfassungen der Variablen auf höherer Ebene möglich bleiben. Bei dem Verfahren von HORST werden die in eine Composite-Variable eingehenden Einzelwerte nach inhaltlichen Gesichtspunkten ausgewählt (unter Umständen auf der Basis einer früheren Faktorenanalyse), interkorreliert und entsprechend ihrer internen Kovarianz gewichtet (diejenige Variable, die am höchsten mit den anderen zum Composit gehörenden Rohwerten interkorreliert, erhält das höchste Gewicht bei der Mittelung der Variablen). Die resultierende Composite-Variable kann entweder auf dem Mittelwert-Niveau der gemittelten Ausgangsvariablen liegen oder als z- oder T-Score standardisiert sein.

Ähnlich wie bei der Darstellung der Variablen des ersten Datensatzes wollen wir hier die Konstruktion der Variablen an Hand ihrer beiden wichtigsten Komponenten erläutern:

1. CS „Wörter richtig beim Wörtererkennen“, definiert durch die Anzahl der richtig reproduzierten Wörter im Abschnitt ohne Rauschen und der richtig reproduzierten Wörter im Abschnitt mit Rauschen,

2. CS „Wörter falsch beim Wörtererkennen“, analog der vorangehenden Variable definiert,
3. „Falsche Reaktionen bei Distraction ohne akustische Information“, entspricht der Variable gleichen Namens aus dem ersten Datensatz, jedoch zum T-Score umgewandelt, um den Composites formal zu gleichen,
4. CS „Falsche Reaktionen bei Distraction mit akustischen Information“, definiert durch die „Anzahl der falschen Reaktionen mit irrelevanter akustischer Zusatzinformation“ und die „Anzahl der falschen Reaktionen bei Distraction mit relevanter akustischer Information“,
5. Verpaßte Signale bei Distraction ohne akustische Information“, entspricht der ähnlich lautenden Variable aus dem ersten Datensatz, umgewandelt in T-Form,
6. CS „Verpaßte Signale bei Distraction mit akustischer Information“, definiert durch die jeweilige Anzahl der verpaßten Signale mit akustischer Zusatzinformation vor, mitten in und nach der optischen Stimulation innerhalb des 700-msec-Taktes,
7. CS „Reaktionszeit bei Distraction ohne akustische Information“, definiert durch die 7 Reaktionsmittelwerte auf den 7 verschiedenen Positionen der optischen Stimulation innerhalb des 700-msec-Taktes,
8. CS „Reaktionszeit bei Distraction mit akustischer Information“, analog dem vorangehenden Composit definiert, jedoch bei gleichzeitiger akustischer Zusatzinformation,
9. CS „Anzahl Treffer bei Distraction ohne akustische Information“, definiert durch die 7 Prozentwerte der richtigen Reaktionen an der Gesamtzahl der kritischen optischen Signale auf den 7 Positionen innerhalb des 700-msec-Taktes,
10. CS „Anzahl Treffer bei Distraction mit akustischer Information“, analog der vorangehenden Variable definiert,
11. CS „Reaktionszeit bei einfachen Stimuli ohne Rauschen“, definiert durch die mittleren Reaktionszeiten bei der einfachen Reaktionszeitaufgabe mit kurzen und langen Vorwarnzeiten bei 50 dB Rauschen,
12. CS „Reaktionszeit bei einfachen Stimuli mit Rauschen von 85 dB“, analog der vorangehenden Variable unter Rauschen von 85 dB definiert.

### 5.5.2 Neue Variablen zum physiologischen Untersuchungsteil

Bei der Herstellung neuer Variablen zur physiologischen Lärmverarbeitung sind wir von der Vorstellung ausgegangen, möglichst nahe an den beobachteten Amplitudenverläufen bei Beschallung mit 85 dB und 100 dB zu bleiben und entscheidende Teile der physiologischen Reizantwort, wie etwa die ersten Sekunden bei Beginn der Lärmphasen, möglichst detailliert zu beschreiben. Dazu haben wir die beim zweiten Schritt der Datenreduktion (siehe 5.8.7) erhaltenen absoluten Daten (mit 1.5-sec-Intervallen in den Lärmphasen) nach ausführlicher Fehlerkontrolle verwendet und die in den beiden Lärmphasen und jeweils einige Zeit vorher und nachher in Ruhe erhaltenen Meßwerte als Stichprobe der Reagibilität des Probanden in den 4 Funktionen Tracking, Fingerpulsamplitude, Kopfpulsamplitude und Muskelaktivität aufgefaßt und die bereits früher verwendeten 7 Plusfrequenzwerte als Zusatzinformation. Da innerhalb der Geräuschphasen in den 4 Funktionen jeweils 18 Belastungswerte vorlagen, haben wir zur Komplettierung der Reagibilitätsstichprobe eines Probanden 18 weitere Werte aus den Ruhephasen ausgewählt, und zwar jeweils 7 Werte vor der Beschallung mit 85 und 100 dB und jeweils 2 Werte nach 85 und 100 dB. Diese Ruhewerte sind allerdings mit weitaus größeren Zeitintervallen erhalten worden: ein Wert umfaßt vor 85 dB 30, vor 100 dB 10 Sekunden, da wir zum

## 5.5.2

Zeitpunkt der zweiten Datenreduktion noch nicht erwartet hatten, auch die Ruhepausen ähnlich fein analysieren zu müssen wie die Geräuschphasen. Zur Verdeutlichung der Anzahl und Lage der Ausgangsmeßpunkte für den zweiten Datensatz sollen diese für eine der beiden Ruhe-plus-Geräusch-Phasen mit den Symbolen R(uhe) und L(ärm) dargestellt werden:

R R R R R R R LLLLLLLLLLLLLLLLLL R L.

Insgesamt wurden für jede Ruhe-Plus-Geräusch-Phase 27 Werte in jeweils einer der 4 Funktionen erhalten. Bei der grafischen Darstellung gemittelter Reizantwortverläufe fiel auf, daß durchaus ähnliche Verläufe bei den meisten Personen festgestellt werden können, jedoch in unterschiedlichen Amplitudenbereichen und mit unterschiedlichen Varianzen. Um die Grundvoraussetzungen für einen Vergleich der einzelnen Verlaufswerte sowohl zwischen den Personen als auch innerhalb einer Person zwischen verschiedenen Funktionen und verschiedenen Zeitpunkten zu schaffen und gleichzeitig den beobachteten Effekt unterschiedlicher Verstärkungsfaktoren bei der Registrierung zu kompensieren, haben wir die 54 Werte pro Person und Funktion über alle Personen hinweg McCALL-flächen transformiert und anschließend personenweise T-normiert. Dieses Verfahren bewirkt eine „Relativierung“ der einzelnen Verlaufswerte an der beobachteten Gesamtvariabilität der einzelnen Person. Auch die 7 Pulsfrequenzwerte wurden über alle Personen hinweg McCALL-transformiert, da hier sehr schiefe Verteilungen vorlagen, jedoch wegen der geringen Meßwert-Anzahl nicht T-Transformiert. Die somit erhaltenen „relativierten“ Verläufe, die einen willkürlichen Mittelwert von 50.0 haben, sind auf den folgenden Abbildungen (Abb. 5-8 bis 5-16) dargestellt, wobei zur Verdeutlichung der Relevanz bestimmter Verläufe für das Fluglärmproblem jeweils 2 Verlaufskurven eingetragen sind: eine für das am stärksten flugbelärmt Cluster-Set (mit durchgezogenem Strich gezeichnet) und eine für das am schwächsten flugbelärmte Cluster-Set (gestrichelt gezeichnet).

Die normalisierten Pulsfrequenzwerte sind jeweils über die gesamte Ruhephase vor 85 dB (R1 in Abb. 5-8), über die erste und zweite Hälfte der 85-dB-Rauschphase (85 dB), über die zweite Ruhephase zwischen 85 und 100 dB (R2), über die erste und zweite Hälfte der 100-dB-Rauschphase (100 dB) und über 30 sec nach Aufhören von 100 dB (R3) gemittelt.

Die 4 Hauptfunktionen Tracking-Fehler, Fingerpulsamplitude, Kopfpulsamplitude und Muskelaktivität sind jeweils getrennt für die 85- und 100-dB-Phasen gezeichnet, wobei jeweils vor dem Geräusch 7 relative Ruhewerte dargestellt sind, innerhalb der Geräuschphase 18 Werte, und nach dem Geräusch sind noch 2 Ruhewerte eingetragen. Wie man den Abbildungen entnehmen kann, wird nur die relative Fingerpulsamplitude fast ausschließlich durch das Einsetzen des Geräusches determiniert, andeutungsweise findet sich diese starke Determination noch beim ersten Pulsfrequenzwert innerhalb der Rauschphasen. Tracking-Fehler, Kopfpulsamplitude und elektrische Muskelaktivität werden stärker noch durch andere Faktoren determiniert – vor allem ist es das optische Stimulusprogramm mit unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden, welche auch in Abb. 5-4 (optischer Stimulus) zum Ausdruck kamen: in dem Augenblick, in dem sich das optische Stimulusprogramm ändert, steigt der Tracking-Fehler, die Versuchsperson regelt an ihrem Drehknopf, und damit steigt auch die elektrische Muskelaktivität, teilweise auch die Kopfpulsamplitude. Diese Beeinflussung der physiologischen Verlaufswerte durch das optische Stimulusprogramm ist für die korrelative Betrachtung der Flug-

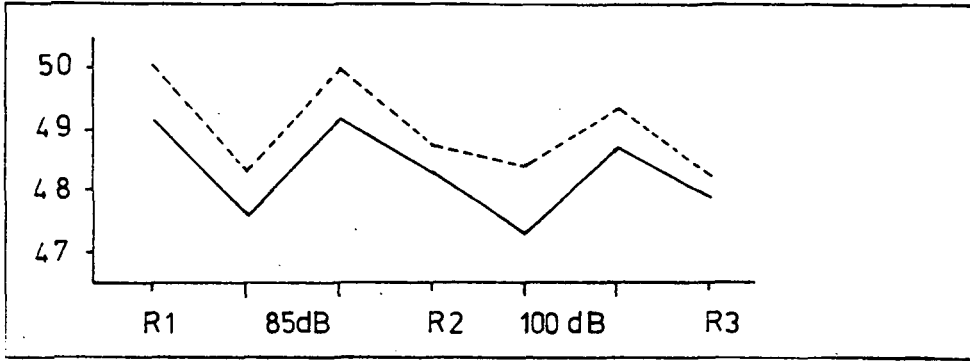


Abb. 5-8: normalisierte Pulsfrequenz in 2 Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung. Die Ordinate gibt die Höhe der normalisierten Frequenz an, die Abszisse die Geräuschsituation, in der die Frequenz bestimmt wurde. (— = stark flugbelärmt, --- = schwach flugbelärmt)

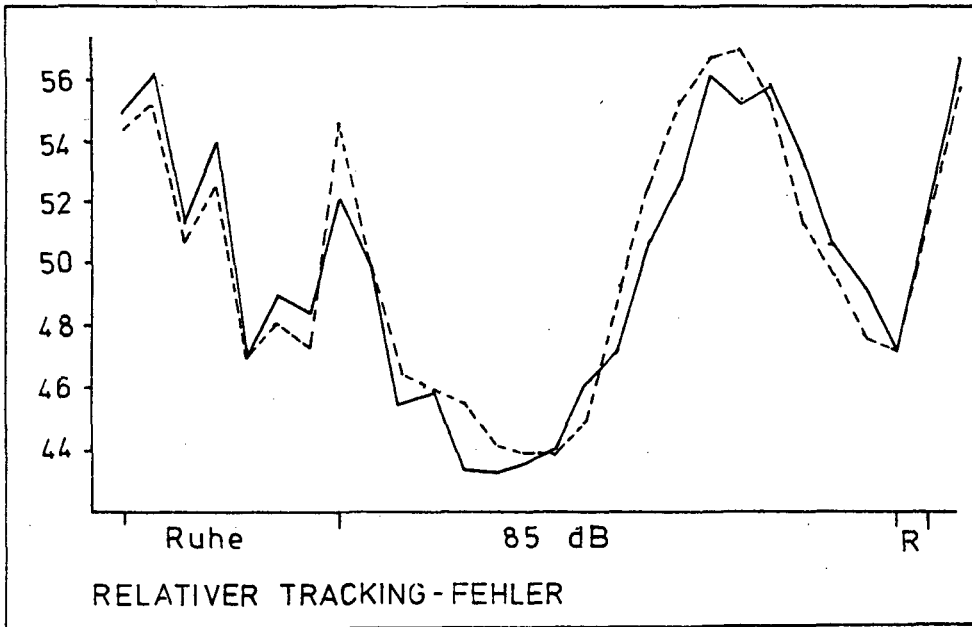


Abb. 5-9: relativer Tracking-Fehler bei 85 dB in 2 Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung. (— = stark flugbelärmt, --- = schwach flugbelärmt)

lärnwirkungen auf die physiologische Lärmverarbeitung solange unbedeutend, als man immer dasselbe Stimulusprogramm bei allen Personen verwendet – und das ist bei uns geschehen. Wir haben uns dennoch bemüht, durch Regressionstransformation sowohl den Tracking-Fehler als auch die elektrische Muskelaktivität von den Auswirkungen des optischen Stimulus-Programms zu befreien – es ist nur teilweise gelungen: speziell gegen Ende der 85-dB-Phase ändert sich das optische Stimulusprogramm in einem Maße, wie es in den unmittelbar davorliegenden Ruheminuten nicht geschehen war: damit fehlte

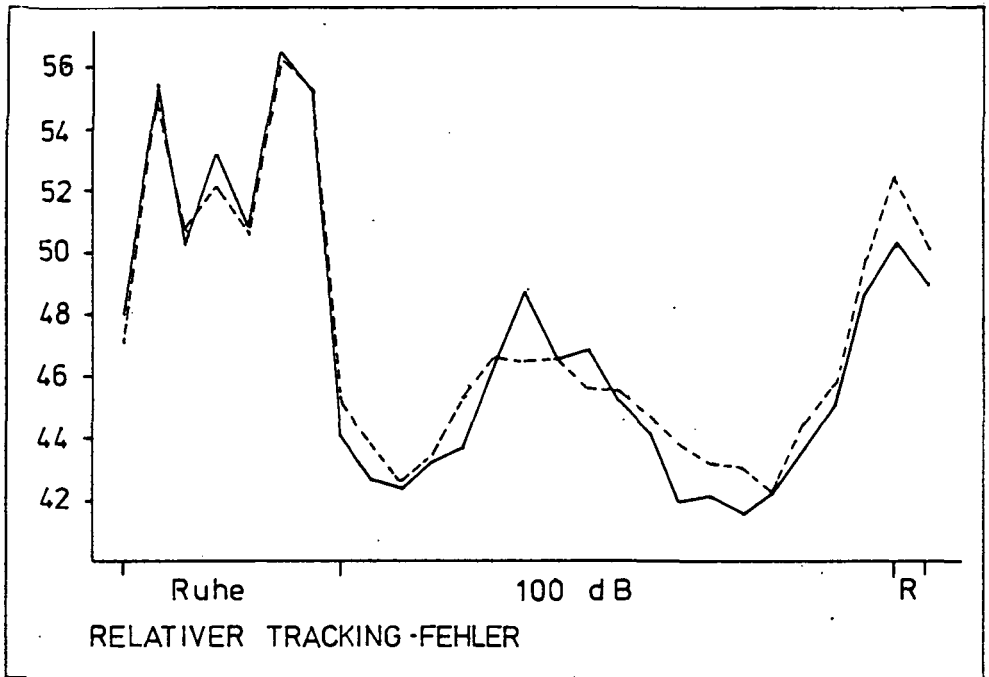


Abb. 5-10: relativer Tracking-Fehler bei 100 dB in 2 Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung. (— = stark flugbelärmt, - - - = schwach flugbelärmt)

ein adäquater Ruhe-Stimulusverlauf für die Rückrechnung der Tracking- und Muskelaktivitätswerte, und wir sprechen deshalb in der Variablenliste auch von „85 dB mit Belastung“, um den Einfluß des optischen Programms an dieser Stelle zu kennzeichnen. Die jeweils 54 normalisierten und durch T-Transformation relativierten und teilweise von den Einflüssen des optischen Stimulusprogramms befreiten Verlaufswerte in den 4 Hauptfunktionen wurden zunächst funktionsweise, dann zusammen mit der Pulsfrequenz, Profilanalysen unterworfen, um erstens diejenigen Zeitpunkte im optischen und akustischen Stimulusprogramm zu ermitteln, die besonders große oder besonders geringe Varianzen in den Verlaufswerte erzeugten, und zweitens, um noch einmal das ISR-Problem angehen zu können und Personengruppen mit ähnlichen physiologischen Verlaufswerten zu erhalten. Es ergaben sich in den Einzelfunktionen jeweils etwa 3 Gruppen mit deutlich sichtbaren Profilunterschieden, im physiologischen Gesamtdatensatz 7 Gruppen. Die jeweilige Gruppenzugehörigkeit wurde als Variable einer Person aufgefaßt und mit den übrigen Variablen des damaligen interdisziplinären Datensatzes interkorreliert. Es ergaben sich jedoch außer Geschlechts- und Alters-Spezifitäten keine sichtbaren fluglärmspezifischen Verläufe. Da somit wieder wenig Anhalt für die ISR-Hypothese gegeben war, wurden die relativen Verlaufswerte funktionsweise faktorisiert, um mit Hilfe der von den Profilanalysen unabhängigen Faktorstrukturen innerhalb jeder Funktion diejenigen Zeitabschnitte herauszufinden und zusammenfassen zu können, die eine besonders hohe Kovarianz der Verlaufswerte aufweisen. Es ergaben sich auch über die Funktionen hinweg vergleichbare Zeitabschnitte, und es wurden Composite-Scores sowohl nach statistischen als auch inhaltlichen Kriterien erzeugt, die den mittleren Am-

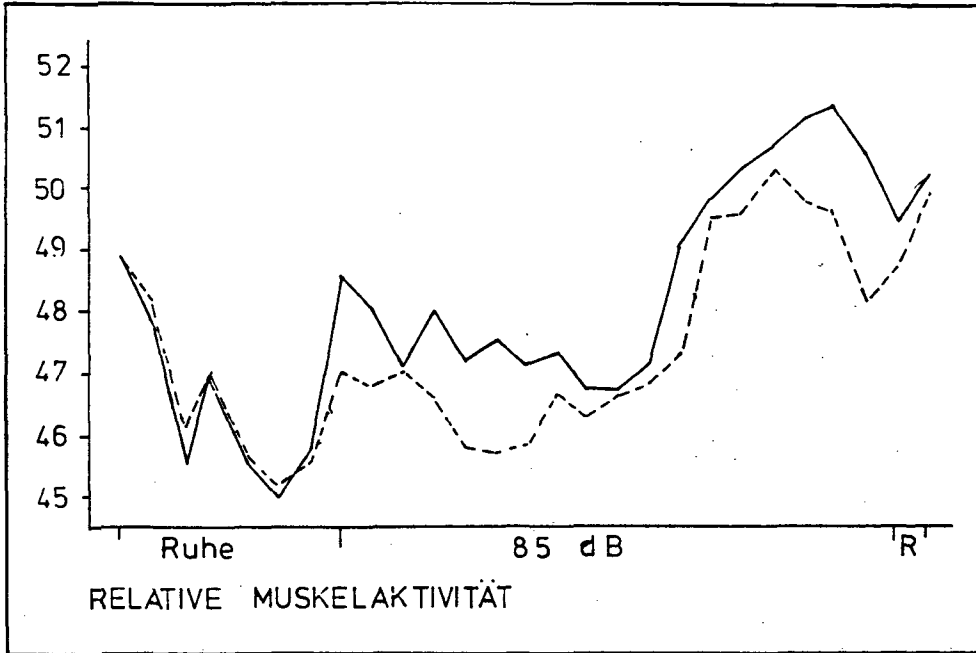


Abb. 5-11: relative Muskelaktivität bei 85 dB in 2 Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung  
(-- = stark flugbelärmt, --- = schwach flugbelärmt)

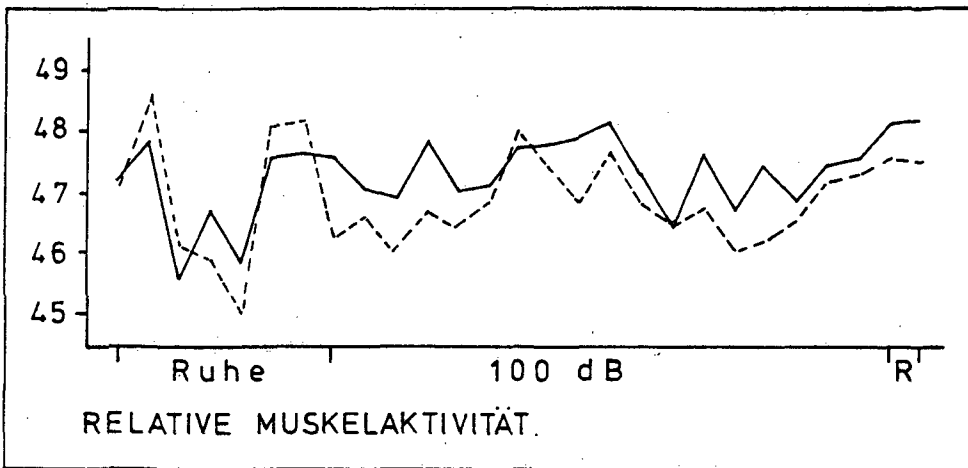


Abb. 5-12: relative Muskelaktivität bei 100 dB in 2 Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung.  
(-- = stark flugbelärmt, --- = schwach flugbelärmt)

plitudenwert zu den jeweils markantesten Zeitpunkten angeben. Zur Beschreibung der Pulsfrequenz wurde auf Grund der hohen Interkorrelationen der 7 Pulsfrequenzwerte untereinander ein Composit über die Ruhefrequenzen gebildet; bei den 4 physiologischen Hauptfunktionen ergaben sich Composites vor allem für Ruhewerte, für 85-dB-Anfangs-

5.5.2

werte und für 85-dB-Werte mit Belastung durch die optische Aufgabe. Die erhaltenen Composite-Scores werden in der Variablen-Liste (Abschnitt 5.5.4) mit ihren Namen aufgeführt; hier sei nur noch einmal darauf hingewiesen, daß ihre Definition immer durch covarianzgewichtete Mittelung der Amplitudenwerte zeitlich benachbarter Beobachtungen geschah, und weiterhin, daß diese Werte vor ihrer Befreiung von Störeinflüssen alle einen willkürlichen Mittelwert von 50.0 und eine standardisierte Streuung von 10.0 besaßen.

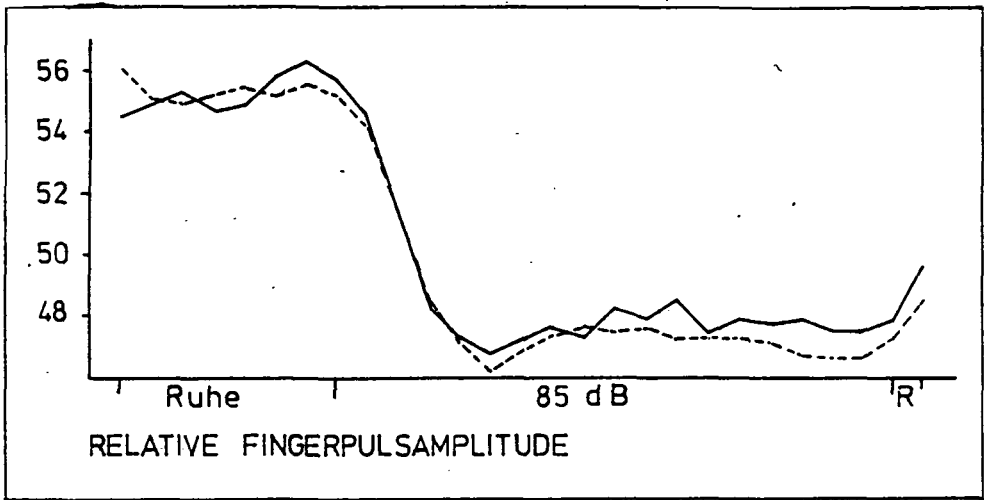


Abb. 5-13: relative Fingerpulsamplitude bei 85 dB in 2 Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung. (— = stark flugbelärmt, - - - = schwach flugbelärmt)

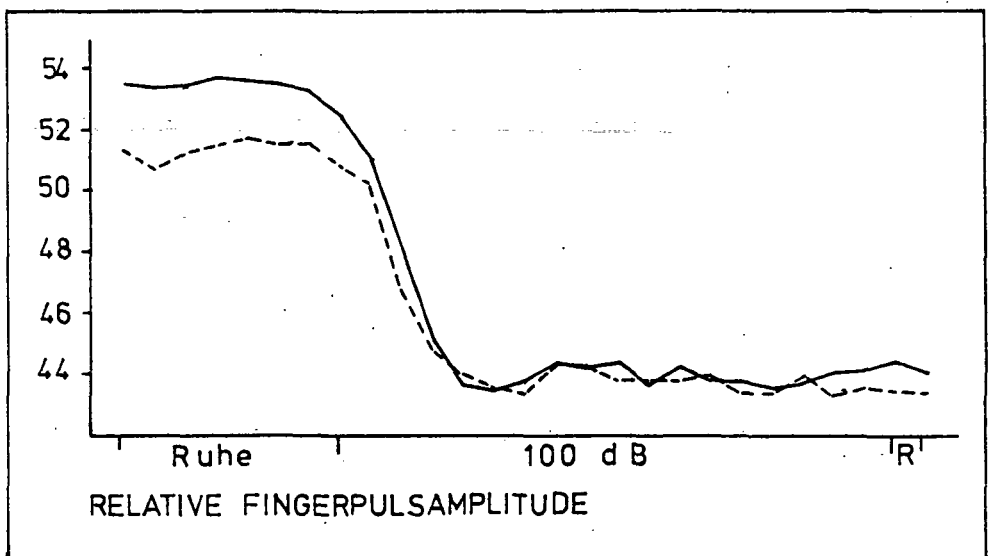


Abb. 5-14: relative Fingerpulsamplitude bei 100 dB in 2 Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung. (— = stark flugbelärmt, - - - = schwach flugbelärmt)



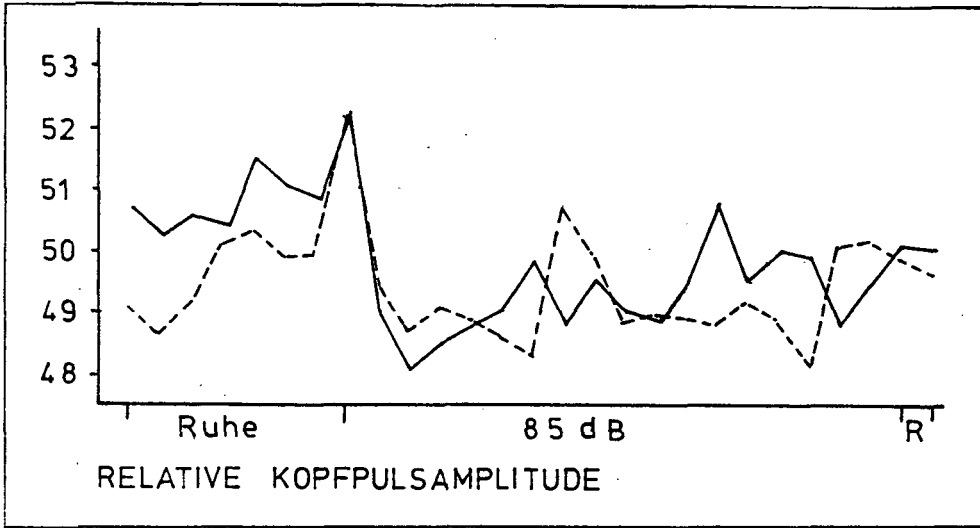


Abb. 5-15: relative Kopfpulsamplitude bei 85 dB in 2 Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung. (- = stark flugbelärmt, - - - = schwach flugbelärmt)

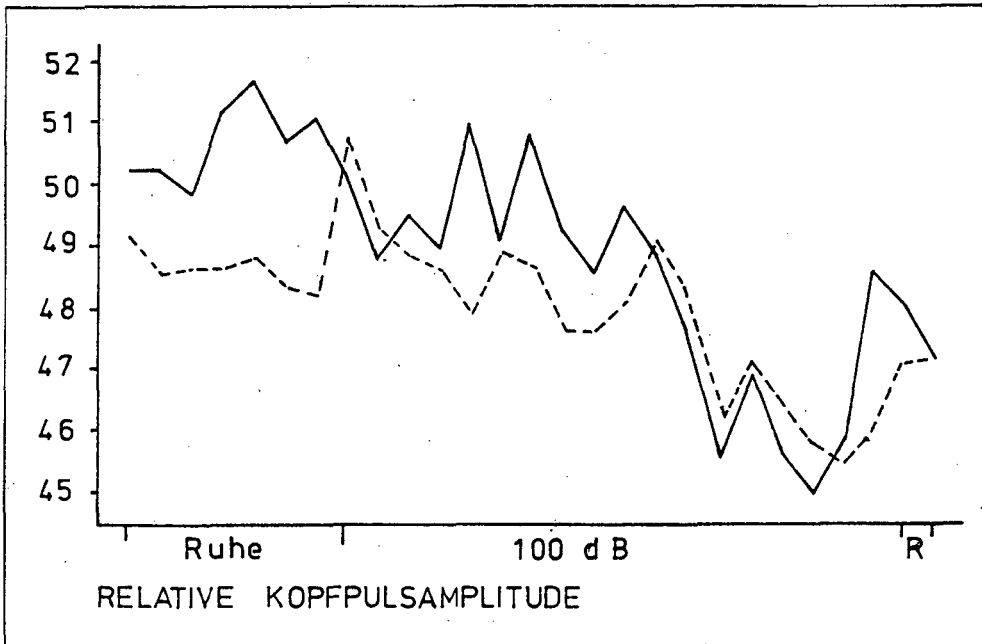


Abb. 5-16: relative Kopfpulsamplitude bei 100 dB in 2 Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung. (- = stark flugbelärmt, - - - = schwach flugbelärmt)

### 5.5.2

Zusätzlich zu den so definierten Composite-Scores der physiologischen Funktion wurde noch der Versuch unternommen, zusammenfassende Maße einerseits für die physiologische Reizantwort auf ein Geräusch, andererseits für die Aufmerksamkeitsleistung in Ruhe und bei akustischer Zusatzreizung trotz der geringen Kovarianz der theoretisch zusammengehörenden Variablen zu erzeugen:

#### 1. „Defensivreaktion“.

Da sich herausstellte, daß sich die untersuchten Personen in der relativ langen Ruhephase vor dem Einsetzen des 85-dB-Rauschens gut an die akustische Ruhe adaptiert hatten, konnten fast gar keine Orientierungsreaktionen nach der Definition von SOKOLOV (1963) bei 85 dB beobachtet werden, stattdessen nach einem sehr kurzen Anstieg der Finger- und Kopfpulsamplitude (bis 1.5 sec nach Beginn des Geräusches) ein Abfall der Kopfpulsamplitude bei gleichzeitigem Abfall der Fingerpulsamplitude, der Pulsfrequenz und ein Anstieg der elektrischen Muskelaktivität und des Tracking-Fehlers (vergl. Abb. 5-7). Die jeweiligen Änderungen der Amplituden sind, mit Ausnahme der Fingerpulsamplitude, nicht sehr groß, ergeben jedoch bei Zusammenfassung über die verschiedenen Funktionen hinweg eine Variable, die ein relativ geschlossenes Bild einer Abwehrreaktion auf Beschallung bietet, die sich von einer eher adaptivpositiven Reaktion vor allem durch die Vasokonstriktion am Kopf (statt Dilatation) und den Fehler-Anstieg beim Tracking (statt Fehler-Abfall) unterscheidet. Die übrigen beteiligten Variablen sind nicht eindeutig als adaptiv oder defensiv einzuordnen, gehören jedoch nach LYNN-s (1966) Zusammenstellung zu den Aktivationskomponenten. Mithin ist die angestrebte Variable eine Aktivationsgröße, die zusätzlich zum Grad der Aktivierung etwas über deren Richtung auf der polaren Dimension Orientierung – Abwehr aussagt. Bei der Konstruktion dieser Variable sind wir in 2 Schritten vorgegangen: wir haben zunächst die Differenzen zwischen den relativen Verlaufswerten von Kopfpuls und Muskelaktivität zu Anfang von 85 und 100 dB zu ihren vorangehenden Ruhewerten gebildet und aufaddiert. Diese 4 Differenzen sind somit durch ihre numerischen Werte vertreten und stellen den Hauptanteil an der Gesamtvarianz der Variable. Da in der interdisziplinären Diskussion der Wunsch aufkam, die Defensivreaktion durch die theoretisch zugehörigen Komponenten zu vervollständigen, haben wir im 2. Konstruktions-schritt bei Pulsfrequenz und Fingerpulsamplitude den Abfall bei Geräuschbeginn und beim Tracking-Fehler den Anstieg bei Geräuschbeginn als Alternativdaten zu den schon vorhandenen Kopfpuls- und Muskelaktivitäts-Differenzen hinzuaddiert.

#### 2. „Aufmerksamkeitsleistung in Ruhe“ und

#### 3. „Aufmerksamkeitsleistung bei Zusatzgeräusch“.

Zum Zwecke der Datenreduktion ist der Versuch unternommen worden, einige der zum allgemeinen Begriff der „Aufmerksamkeitsleistung“ gehörenden Variablen, wie „Tracking-Fehler“, „Verpaßte Signale bei Distraction“, „Falsche Reaktionen bei Distraction“, „Anzahl Treffer bei Distraction“, „Reaktionszeit bei Distraction“ und „Reaktionszeit bei einfachen Stimuli“, jeweils ohne und mit akustischer Zusatzreizung sinngemäß zusammenzufassen, obwohl damit nicht behauptet wird, daß diese Variablen in sich geschlossene Konzepte repräsentieren können.

### 5.5.3 Befreiung der psychologischen und physiologischen Variablen von Zusammenhängen mit Kontrolldaten

Alle 31 potentiellen Fluglärm-Reaktionsvariablen der Psychologischen Sektion wurden mit Hilfe mehrstufiger Regressionstransformationen von linearen Einflüssen durch Wetter, Untersuchungsabfolge, Untersuchungszeitpunkt etc. befreit. Um deutlich zu machen, daß die Beseitigung der Störeffekte keine vernachlässigenswerte Aufgabe für uns war, sei hier

nur erwähnt, daß der „Tracking-Fehler in Ruhe“ mit dem „Untersuchungstag“ (Nummer des Untersuchungstages) zu  $-0.34$  korrelierte, und daß die „Kopfpulsamplitude bei 85 dB mit Belastung“ mit der Variable „Föhn am Untersuchungstag“  $-0.19$  korrelierte. Unsere 31 potentiellen Fluglärm-Reaktionsvariablen wurden so transformiert, daß sie mit keiner einzigen Kontrollvariable stärker als  $-0.10$  korrelierten. Der Prozeß der „Datenreinigung“ führt zwar insgesamt zu einer Verminderung der Gesamtvarianz einer Variable, mithin also auch zu einer Verminderung der Korrelation zwischen Reiz und potentieller Reaktion – es schien uns jedoch methodisch überlegener, die Störeffekte gleich aus den Daten herauszunehmen, als später in allen Analysen Wettervariablen mitzuführen. Der bereinigte Datensatz der Psychologischen Sektion (der in den Tabellen 5-5 bis 5-7) dargestellt wird) wurde fortan fast ausschließlich in interdisziplinären Analysen verwendet und bildet die Grundlage für alle folgenden Aussagen über die Auswirkungen von Fluglärm aus psychologisch-physiologischer Sicht.

#### 5.5.4 Variablenliste des psychologischen Datensatzes

Der psychologische Datensatz für die Hauptauswertung gliedert sich in 31 potentielle psychologisch-physiologische Fluglärm-Reaktionsvariablen, die in Tab. 5-5 aufgelistet sind, weiterhin in 5 akustische Fluglärm-Reiz-Variablen, die in 3.4.4 definiert wurden,

Tab. 5-5: Potentielle Psychol.-Physiol. Fluglärm-Reaktionsvariablen

Name der Variable	Mittel
Hörverlust (Faktorscore)	30.0
Wörter richtig beim Wörtererkennen	50.4
Wörter falsch beim Wörtererkennen	49.5
Falsche Reaktionen bei Distraction ohne akust. Information	49.9
Falsche Reaktionen bei Distraction mit akust. Information	50.7
Verpaßte Signale bei Distraction ohne akust. Information	50.0
Verpaßte Signale bei Distraction mit akust. Information	50.3
Reaktionszeit bei Distraction ohne akustische Information	49.7
Reaktionszeit bei Distraction mit akustischer Information	50.2
Anzahl Treffer bei Distraction ohne akustische Information	50.3
Anzahl Treffer bei Distraction mit akustischer Information	50.0
Reaktionszeit bei einfachen Stimuli ohne Rauschen	50.5
Reaktionszeit bei einfachen Stimuli mit Rauschen von 85 dB	51.4
Ruhe-Pulsfrequenz	49.9
Tracking-Fehler in Ruhe	49.9
Tracking-Fehler zu Anfang von 85-dB-Rauschen	50.3
Tracking-Fehler bei 85-dB-Rauschen und Belastung	50.1
Tracking-Fehler in Ruhe nach 100 dB	50.1
Fingerpulsamplitude in Ruhe	49.7
Fingerpulsamplitude zu Anfang von 85-dB-Rauschen	49.8
Fingerpulsamplitude bei 85-dB-Rauschen und Belastung	50.3
Fingerpulsamplitude zu Anfang von 100-dB-Rauschen	49.6
Kopfpulsamplitude in Ruhe	51.1
Kopfpulsamplitude zu Anfang von 85-dB-Rauschen	50.2
Kopfpulsamplitude bei 85-dB-Rauschen und Belastung	49.5
Muskelaktivität in akustischer Ruhe	49.5
Muskelaktivität zu Anfang von 85-dB-Rauschen	49.7
Muskelaktivität bei 85-dB-Rauschen und Belastung	50.6
Defensivreaktion	52.2
Aufmerksamkeitsleistung in Ruhe	95.2
Aufmerksamkeitsleistung bei Zusatzgeräusch	89.3

## 5.5.4

Name der Variable	Mittel
Mittlere Überflugdauer $D_{10}$	16.1
Überflughäufigkeit $H_{31}$	655.1
Mittlerer Überflugpegel $L_A$	89.7
Fluglärm-Bewertungsmaß FB1	78.5
Grundlärm-Pegel Tag $L_{10T}$	52.0

Name der Variable	Mittel
Sozioökonomischer Status, CS	49.6
Labilität (sozialwiss. und psycholog. Fragebogen), CS	49.5
Autolärm-Ärger, CS	49.3
Wohndauer, CS	49.5
Robustheit gegenüber Lärm, CS	49.5
Labilität (medizinische Anamnese), CS	49.4
Bindung an Hausbesitz, CS	49.7
Unangenehmheitsurteil zu weißem Rauschen, CS	49.5
Zufriedenheit mit Verkehrslage, CS	49.4
Abneigung gegen modernes Leben, CS	49.5
Geschlecht (männlich = 0, weiblich = 1)	0.5
Wohnung in Einzelbau	0.6
Schlechter (körperlicher) Zustand	0.1
Übergewicht	105.3
STROOP-Score (Nettwert)	111.8
Grundlärm $L_{90}$	37.5
Alter	37.6
Kritikbereitschaft	52.2
Systolischer Blutdruck (RRS) Ruhe, CS	126.1

(siehe Tab. 5-6), 19 potentielle Moderatoren der Beziehung zwischen Fluglärm-Reiz und Fluglärm-Reaktion (Tab. 5-7) und der von der Sozialwissenschaftlichen Sektion definierten „Globalreaktion-S“ (siehe 4.8.4.3).

Von den hier dargestellten 5 akustischen Reiz-Variablen sind in den entscheidenden Reiz-Reaktions-Analysen überwiegend die „Häufigkeit von Fluglärm-Pegeln über 81 dB“ und der „Überflugpegel-Mittelwert“ verwendet worden, später nur noch das zusammenfassende Fluglärm-Bewertungsmaß „FB1“;

es sind jedoch auch Analysen mit Überflugdauer- und Grundgeräusch-Variablen als Prädiktoren psychologischer und physiologischer Variablen gerechnet worden, um der Frage nach spezifischen Reiz-Reaktionsbeziehungen oder möglichen additiven Reizwirkungen nachgeben zu können. (Angemerkt sei, daß die akustischen Meßwerte ‚inflationiert‘ wurden: pro Cluster gibt es etwa 11 Personen, jedoch nur einen akustischen Wert; dennoch wurde dieser eine Wert jeweils allen 11 Personen eines Clusters zugeordnet, um die Voraussetzungen für Korrelationsanalysen zu erfüllen).

Von den in Tab. 5-7 aufgeführten 19 potentiellen Moderatoren der Beziehung zwischen Fluglärm-Reiz und Fluglärm-Reaktion sind nur 2 Variablen ‚rein‘ psychologische Größen: das „Unangenehmheitsurteil zu weißem Rauschen“ und der „STROOP-Score (Nettwert)“.

Die übrigen Variablen entstammen den Datensätzen anderer Sektionen; mit Ausnahme des „systolischen Blutdrucks“ sind alle 19 Variablen Teil des interdisziplinär vereinbarten Moderatorensatzes, der vollständig in 8.5.3 dargestellt ist. Der „systolische Ruheblutdruck“ ist in manchen Analysen auch als Fluglärm-Reaktion verstanden worden (siehe 8.5.2 und 8.5.5.2). Diese Vermischung zwischen Reaktions- und Moderatorvariablen erscheint jedoch unvermeidbar, da eine Reaktion selbst wieder Moderator anderer Reaktionen sein kann. So kann zum Beispiel eine durch Fluglärm bewirkte Hörschärfe-Minderung (also eine Reaktion) theoretisch dazu führen, daß die Wahrnehmung von Flugzeugen (eine weitere Reaktion) erschwert wird: im letzten Fall hat die Hörschärfe Moderatorfunktion in der Beziehung zwischen Fluglärm-Stimulus und Fluglärm-Reaktion.

## 5.6 Ergebnisse und Diskussion

In diesem Abschnitt soll dargestellt werden, inwieweit Fluglärm als Reiz eine Auswirkung auf die von uns erhobenen Variablen hatte und wie wir diese Auswirkungen interpretieren. Dabei wird unterschieden zwischen direkter und indirekter Fluglärmwirkung: die direkte Fluglärmwirkung geht unmittelbar vom Reiz aus und bewirkt direkt eine Veränderung in einer Verhaltensweise; die indirekte Fluglärmwirkung geht nicht unmittelbar vom Reiz aus, sondern von einer Reaktion auf den Reiz, beispielsweise einer Verärgerung über den Reiz, und diese Verärgerung kann eine Veränderung in einer Verhaltensweise bewirken. Für unseren Datensatz wollen wir eine Fluglärmwirkung immer dann vermuten, wenn ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer experimentalpsychologischen oder physiologischen Variable einerseits und dem Fluglärm-Reiz oder der sozialpsychologischen „Globalreaktion-S“ andererseits vorliegt, und dieser Zusammenhang nicht durch dritte Größen ‚eingeschleppt‘ wird. Das bedeutet für den Fall der üblichen Regressionsrechnungen, daß der Fluglärmreiz oder die sozialwissenschaftlich definierte Fluglärmreaktion nicht nur signifikant mit der potentiellen Reaktionsvariable korrelieren muß, sondern daß Reiz oder Betroffenheitsreaktion bei der Vorhersage der potentiellen Reaktionsvariable auch das höchste beta-Gewicht erzielen, mithin nach Herauspriorisierung der Moderatoreinflüsse noch mit bedeutsamer Stärke auf die potentielle Reaktionsvariable wirken müssen.

### 5.6.1 Beziehungen zwischen den Variablen der Psychologischen Sektion und Fluglärm-Reizen oder der sozialwissenschaftlichen Fluglärm-Reaktion

Der einfachste Weg zur Prüfung des Zusammenhangs zwischen verschiedenen Variablen ist die Erstellung einer Interkorrelationsmatrix, sofern die Datenqualitäten der Variablen dies zulassen. Tut man dies mit den akustischen Fluglärm-Maßen, den interdisziplinären Moderatoren, den sozialwissenschaftlich erhobenen verbalen Fluglärm-Reaktion (definiert in 4.6.4.3), den medizinischen (siehe 7.2.3.1) und den experimentellen psychologischen und physiologischen Größen, so kann man feststellen, daß die Interkorrelationen zwischen experimentalpsychologischen und physiologischen Variablen einerseits und Variablen aus anderen Verhaltens- oder Lebensbereichen andererseits sehr niedrig sind – sogar die in identischen Situationen zu gleichen Zeitpunkten gemessenen Größen aus verschiedenen physiologischen Funktionen korrelieren so gut wie nicht miteinander. Für diesen Sachver-

halt, der inzwischen zum festen Bestand des physiologischen und psychologischen Allgemeinwissens gerechnet werden darf, hat man die verschiedensten Gründe herangezogen, die teilweise schon in 5.4.3.3 diskutiert wurden, ohne einen sicheren Schluß zuzulassen. Man kann jedoch sicher sein, daß unsere experimentalpsychologischen und physiologischen Daten nicht ausschließlich Meßfehler darstellen, denn erstens läßt sich zeigen, daß diese Variablen relativ stark durch die aktuelle Untersuchungssituation (z.B. Ruhe oder Geräusch) determiniert werden, zweitens, daß diese Zusammenhänge auch in Zufallsstichproben reproduzierbar sind. Das bedeutet, daß man die gleichfalls schwachen Beziehungen zwischen experimentalpsychologischen und physiologischen Variablen einerseits und Fluglärm-Reiz oder der verbalen Fluglärm-Reaktion andererseits nicht ausschließlich absolut betrachten darf, sondern auch in Relation zur mittleren Zusammenhangsstärke, die diese Variablen zu anderen Variablen-Bereichen haben. Speziell beim Vergleich der Fluglärm-Determination bei Variablen aus verschiedenen Disziplinen sollte man nicht vergessen, daß die Sozialwissenschaftliche Sektion weitaus direkter das Fluglärm-Problem angehen konnte als die übrigen experimentell untersuchenden Sektionen, und es ist selbstverständlich, daß beispielsweise die Frage, ob man den erlebten Fluglärm noch für erträglich hält, durch den akustisch meßbaren Fluglärm stärker determiniert wird als eine periphere Gefäßkonstellation, die man im Labor bei weißem Rauschen messen kann. Man wird also damit rechnen müssen, daß Fluglärm direkt-fluglärmbezogene Verhaltensweisen stärker beeinflusst als nur indirekt-lärmbezogene Labor-Verhaltensweisen. Eine wesentliche Schwäche der experimentalpsychologischen und physiologischen Untersuchung liegt gerade darin, daß die untersuchten Situationen und Meßgrößen nicht so unmittelbar fluglärmbezogen waren, wie beispielsweise die Fragestellungen der Sozialwissenschaftlichen Sektion, und eine solchen Fragestellungen analoge Situation könnte zum Beispiel das Messen der physiologischen Verarbeitung von Flugzeuggeräuschen beim aktuellen Überflug im Alltagsleben der Flughafenanwohner darstellen, aber technische Schwierigkeiten und die klassisch-manipulative Experimentiertradition standen dem entgegen. Außerdem muß man bei der Betrachtung der Zusammenhänge zwischen Fluglärm und unseren Daten berücksichtigen, daß nicht-verbale Daten über eine Kette von Medien vermittelt werden und somit zusätzlich durch schlecht erfaßbare Verhaltensmoderatoren beeinflusst werden. Setzt man das Anspruchsniveau für die Beziehung zwischen experimentalpsychologischen und physiologischen Variablen einerseits und fluglärmspezifischen Größen andererseits nicht allzu hoch (aber doch am 1 %-Signifikanzniveau) an, so bleiben, wie man der Tabelle 5-8 entnehmen kann, 3 Variablen übrig, die eine Fluglärmwirkung zu reflektieren scheinen: die „Defensivreaktion“, der motorische „Tracking-Fehler in Ruhe“ und die elektrische „Muskelaktivität bei 85 dB“. Diese Beziehungen sind alle positiv, das heißt, der Ausprägungsgrad der Variable steigt mit steigender Flugbelärmung. Daran ändert auch das negative Vorzeichen bei den Korrelationen mit der „Überflugdauer  $D_{10}$ “ nichts, da die „Überflugdauer  $D_{10}$ “ ihrerseits stark negativ ( $r = -86$ ) mit dem „Überflugpegel  $L_A$ “ verknüpft ist: Ereignisse von kurzer Dauer sind mit sehr hohen Pegeln assoziiert. Wenn auch der Gesamtzusammenhang zwischen den experimentpsychologischen und physiologischen Variablen einerseits und Fluglärm andererseits schwach ist, wird doch deutlich, daß die häufige und starke Flugbelärmung im Alltagsleben der Probanden einen Zusammenhang zur physiologischen Verarbeitung von Geräuschen im Labor hat, und dies nicht etwa in einer „adaptiven“ Weise, etwa im Sinne einer „Gewöhnung“ an Lärm, sondern im Sinne einer steigenden Abwehrhaltung gegenüber dem Geräusch. Auch die Tatsache, daß die Fingerpulsamplituden-Reaktion auf aktuelle Beschallung völlig unabhängig vom Grad des Alltags-Fluglärms ist, wird von der Arbeitsphysiologischen Sektion als Hinweis auf eine fehlende Adaptation an Fluglärm interpretiert. In welchem Grade der Fluglärm selbst diese Reaktionen bewirkt, soll später erörtert werden; hier soll nur darauf

Tab. 5-8: Korrelationen mit Fluglärmreiz und Globalreaktion-S

Name der psychologischen Variable	FB1	D <sub>10</sub>	H <sub>81</sub>	L <sub>A</sub>	L <sub>10T</sub>	R1U
Hörverlust (Faktorscore)	08	-13*	08	09	-03	-06
Wörter richtig beim Wörtererkennen	-08	07	-07	-06	-08	04
Wörter falsch beim Wörtererkennen	-05	-02	-05	-01	01	07
Falsche Reaktionen, Distrakt. o. a. Inf.	05	-05	06	04	06	00
Falsche Reaktionen, Distrakt. m. a. Inf.	05	-05	06	05	06	00
Verpaßte Signale, Distraction o. a. Inf.	04	-06	04	05	-03	-16*
Verpaßte Signale, Distraction m. a. Inf.	02	-01	01	03	-01	-09
Reaktionszeit, Distraction o. a. Inf.	06	-04	05	07	-03	-05
Reaktionszeit, Distraction m. a. Inf.	05	-03	04	06	-07	-04
Anzahl Treffer, Distraction o. a. Inf.	-03	04	-03	-02	02	14*
Anzahl Treffer, Distraction m. a. Inf.	-09	08	-08	-09	01	14*
Reaktionszeit, einfache Stimuli o. Rausch	04	01	05	04	01	-03
Reaktionszeit, einf. Stimuli 85 dB	08	01	08	07	-01	-10
Ruhe-Pulsfrequenz	-05	06	-07	-06	07	13*
Tracking-Fehler in Ruhe	17*	-14*	18*	16*	03	-08
Tracking-Fehler, Anfang 85-dB-Rauschen	-05	02	-06	-04	-03	09
Tracking-Fehler. 85 dB u. Belastung	07	-10	06	06	07	-04
Tracking-Fehler, Ruhe nach 100 dB	-06	05	-06	-04	-01	10
Fingerpulsamplitude in Ruhe	-04	03	-02	-05	05	11
Fingerpulsamplitude, Anfang 85 dB	-08	06	-09	-07	03	01
Fingerpulsamplitude, 85 dB u. Belastung	03	-05	03	02	01	-02
Fingerpulsamplitude, Anfang 100 dB	07	-03	08	04	-04	-09
Kopfpulsamplitude in Ruhe	07	-07	06	07	04	00
Kopfpulsamplitude, Anfang 85 dB	-07	06	-07	-08	-04	03
Kopfpulsamplitude, 85 dB u. Belastung	02	00	02	02	-01	-07
Muskelaktivität in akustischer Ruhe	-10	14*	-11	-09	-06	09
Muskelaktivität, Anfang 85 dB	03	-08	03	05	05	-10
Muskelaktivität, 85 dB u. Belastung	14*	-16*	14*	14*	-02	-09
Defensivreaktion	21*	-21*	21*	21*	14*	-15*
Aufmerksamkeitsleistung in Ruhe	-07	06	-06	-07	02	14*
Aufmerksamkeitsleistung bei Geräusch	-09	06	-08	-11	01	15*

\* = 1 %-Signifikanzniveau überschritten, Korrelationskoeffizienten mit 100 multipliziert.

hingewiesen werden, daß Korrelationen noch keine Beweise für kausale Verknüpfungen sind – möglicherweise wird die Beziehung zwischen den physiologischen Fluglärm-Reaktionen und dem Fluglärm auch durch eine verbale Verärgerungsreaktion (zum Beispiel die „Globalreaktion-S (R1U)“ determiniert.

Obwohl in späteren Analysen fast ausschließlich das „Fluglärmbewertungsmaß FB1“ als Fluglärm-Wirkungsvariable verwendet wurde, sind in Tabelle 5-8 auch die Korrelationen der potentielle psychologischen und physiologischen Fluglärm-Reaktionsvariablen mit den Komponenten des Fluglärmbewertungsmaßes, „Überflughäufigkeit H<sub>81</sub>“ und „Überflugpegel L<sub>A</sub>“ dargestellt. Dabei ist erkennbar, daß die bisher in der Fluglärm-literatur

### 5.6.1

zu beobachtende Bevorzugung des Intensitätsaspektes gegenüber dem Häufigkeitsaspekt nach unseren Daten nicht gerechtfertigt ist: Pegel und Häufigkeit von Überflügen haben nach unseren Beobachtungen gleichartige Zusammenhänge zu physiologischen Reaktionen, bei näherem Hinsehen ist die Überflughäufigkeit dem Überflugpegel als Prädiktor physiologischer Lärmreaktionen sogar überlegen.

Geht man bei der Prädiktion physiologischer Lärm-Reaktionen durch Beschreibungsmaße der Alltags-Belärmung noch einen Schritt weiter und versucht beispielsweise, die Defensivreaktion durch eine Kombination der akustischen Reiz-Variablen „Mittlere Überflugdauer  $D_{10}$ “, Überflughäufigkeit  $H_{81}$ “, „Mittlerer Überflugpegel  $L_A$ “ und „Grundlärm-Pegel am Tag  $L_{10T}$ “ vorherzusagen, so steigt die Stärke des Zusammenhangs zwischen der Defensivreaktion und physikalischen Einzelvariablen von .21 auf .23 im multiplen Modell. Diese relativ geringe Steigerung ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß die physikalischen Variablen sehr stark voneinander abhängig sind, somit auch nicht neue systematische Varianz in die Beziehung zwischen Defensivreaktion und physikalischen Stimulus-Variablen hineinbringen können – eine Ausnahme bildet hier der Grundlärm-Pegel  $GL_{10T}$ , der nicht so stark mit Fluglärm-Variablen verknüpft ist und somit (zumindest teilweise) als neuer Stimulus für die Defensivreaktion wirken kann. Da sich die hier vorliegende Untersuchung jedoch mit den Auswirkungen von Fluglärm beschäftigt und die 3 bisher verwendeten Fluglärm-Einzelvariablen Pegel, Häufigkeit und Dauer in annähernd gleicher Weise Zusammenhänge mit unseren potentiellen Fluglärm-Reaktionsvariablen zeigen, ist in allen folgenden Analysen das „Fluglärm-Bewertungsmaß  $FB1$ “ als zusammenfassende Fluglärm-Reiz-Variable verwendet worden.

Betrachtet man die Zusammenhänge zwischen der sozialwissenschaftlich definierten „Globalreaktion-S (RIU)“ und den experimentalpsychologischen und physiologischen Variablen in Tab. 5-8, so scheint es, als ob die 3 psycho-physiologischen Fluglärm-Reaktionen nicht durch die verbale Betroffenheitsreaktion vermittelt werden, möglicherweise aber einige Leistungsgrößen: mit der (negativ gepolten) „Globalreaktion-S“ korreliert die „Anzahl der verpaßten Signale bei Distraction ohne akustische Information“ negativ (-.16 - das heißt, die Anzahl der verpaßten Signale steigt etwas mit steigender Verärgerung), die Anzahl der Treffer“ in diesem Experiment positiv (jeweils .14 mit und ohne akustische Information), die „Aufmerksamkeitsleistung“ ohne und mit Geräusch positiv (.14 und .15). Alle genannten Korrelationen sind ohne deutliche nichtlineare Anteile, und man kann insgesamt feststellen, daß die psychologischen und physiologischen Einzelvariablen einen nur mäßigen Zusammenhang mit Fluglärm aufweisen. Dieser Zusammenhang scheint jedoch überwiegend durch den Fluglärm-Reiz, weniger durch die Verärgerung über Fluglärm bestimmt zu sein.

### 5.6.2 Lineare additive Modelle der Fluglärmwirkung unter Berücksichtigung von Moderatoren

Die psychologische Sektion hat bei der Planung, Durchführung und Analyse der Fluglärm-Untersuchung neben den beiden großen Themenkreisen „Aktivation“ und „Distraction“ auch das Thema der möglichen Veränderung einer Beziehung zwischen Fluglärm und Aktivation oder Fluglärm und Distraction durch Persönlichkeitsmerkmale verfolgt. Dabei ist sie zunächst von der einfachen Moderator-Vorstellung ausgegangen, die eine deutliche lineare Determination einer abhängigen Größe (beispielsweise „Defensivreaktion“) durch Fluglärm voraussetzt und weitere, mit Fluglärm nicht kovariierende Variablen als verstärkende oder abschwächende Determinanten der abhängigen Variable. Man



weiß auf Grund der Korrelation zwischen „FB1“ und „Defensivreaktion“, daß höhere Defensivreaktionen bei der physiologischen Lärmverarbeitung im allgemeinen bei Personen mit höherer Alltags-Flugbelärmung anzutreffen sind. Kann man die Sicherheit dieser Aussage verbessern, wenn man außer dem Grad der Alltags-Flugbelärmung noch einige Merkmale der Person kennt, zum Beispiel ihr Alter und ihre Einstellung zum modernen Leben? Das lineare additive Moderator-konzept, das mit Hilfe von multiplen Regressionen und multiplen Diskriminanzanalysen geprüft werden kann, berücksichtigt jedoch nicht mögliche Nichtlinearitäten der Beziehung zwischen Reiz und Reaktion oder zwischen Moderator und Reaktion, es berücksichtigt auch nicht mögliche Interaktionen zwischen den Komponenten des Modells.

In den Tabellen 5-9 und 5-10 sind multiple Regressionsmodelle dargestellt, in denen die „Defensivreaktion“ und die „Aufmerksamkeitsleistung bei Zusatzgeräusch“ jeweils durch den Grad der Alltagsflugbelärmung („FB1“) und 19 potentielle Moderatoren linear und additiv vorhergesagt wird.

Tab. 5-9: Vorhersage der Defensivreaktion durch FB1 und Moderatoren		
Name des Prädiktors	Korrelation mit Defens.R.	Beta-gewicht
Fluglärm-Bewertungsmaß FB1	.21	.24
Sozioökonomischer Status	-.04	-.01
Labilität (sozialwiss. + psycholog.)	-.06	-.08
Autolärm-Ärger	-.06	-.07
Wohndauer	-.01	-.11
Robustheit gegenüber Lärm	-.04	-.04
Labilität (medizinische Anamnese)	-.04	-.01
Bindung an Hausbesitz	.06	.08
Unangenehmheitsurteil zu weißem Rauschen	-.04	-.03
Zufriedenheit mit Verkehrslage	.00	-.01
Abneigung gegen modernes Leben	.09	.10
Geschlecht (männlich = 0, weiblich = 1)	.05	.01
Wohnung in Einzelbau	.07	-.00
Schlechter (körperlicher) Zustand	.02	.00
Übergewicht	-.02	-.04
STROOP-Score (Nettowert)	.08	.05
Grundlärm L <sub>90</sub>	.05	.06
Alter	.08	.09
Kritikbereitschaft	-.07	-.05
Systolischer Blutdruck (RRS) Ruhe	-.08	-.15
Multiple Korrelation = .33, signifikant am 1 %-Niveau		

Diese beiden Reaktionsvariablen sind die einzigen abhängigen Größen, die sich durch eine multiple Korrelation mit Hilfe des Fluglärm-Reizes und der 19 Moderatoren signifikant und eindeutig Fluglärm-bezogen vorhersagen lassen. Die Determination der abhängigen Variable durch Fluglärm ist jedoch nur bei der „Defensivreaktion“ eindeutig: „FB1“ hat bei der Vorhersage der „Defensivreaktion“ das höchste beta-Gewicht, und die Partialkorrelation zwischen diesen beiden Variablen bei Konstanthaltung der Einflüsse der Moderatoren ist mit .25 die höchste unter den beobachteten.

Wie die Tabelle 5-9 erkennen läßt, neigen besonders Menschen mit hoher Alltags-Flugbelärmung, niedrigem systolischem Ruhe-Blutdruck, höherer Abneigung gegen das moder-

## 5.6.2

ne Leben und geringerer Wohndauer zu höheren Defensivreaktionen bei aktueller Beschallung im Labor. Das bedeutet, daß die von uns bisher vertretene Auffassung, es seien vor allem Persönlichkeitsmerkmale wie „Labilität“ oder „Interferenzneigung“, die Beziehungen zwischen Fluglärm-Reizen und Fluglärm-Reaktionen moderieren, nicht weiter aufrecht erhalten werden kann: offensichtlich spielen 'bereichsspezifische' Moderatoren eine größere Rolle. Die „Defensivreaktion“, die als Variable durch Differenzmaße der Kopfpulsamplitude und der elektrischen Muskelaktivität zwischen Ruhe und Geräusch-Anfang (neben anderen Komponenten) zustande gekommen ist, wird um so größer ausfallen, je größer die Flexibilität der Blutgefäße ist, und dies ist bei hohen Ruhe-Blutdruckwerten weniger wahrscheinlich. Die Feststellung, daß die Abneigung gegen das moderne Leben die Defensivreaktion mit determiniert, wirkt plausibel, da somit eine physiologische Abwehrreaktion gegen ein Geräusch eine weitere verbale Entsprechung neben der „Globalreaktion-S (RIU)“ hat. Allerdings ist es merkwürdig, daß geringere Wohndauer zu höheren Defensivreaktionen mit beiträgt: die Wohndauer korreliert in ihrer Rohform gar nicht mit der „Defensivreaktion“, aber möglicherweise ist die Defensivreaktion bei den noch nicht so lange in Flughafennähe wohnenden Personen stärker als bei den länger dort Wohnenden, wenn man alle übrigen Einflüsse (z.B. das Alter) konstant hält. (hingewiesen sei auch auf die Darstellung der Prädiktion der „Defensivreaktion“ mit vollständigem Prädiktorensatz in 8.5.3; allerdings sind dort Prädiktoren verwendet worden, die konstruktiv mit der „Defensivreaktion“ verknüpft sind).

Name des Prädiktors	Korrelation mit Aufm. Ger.	Beta-gewicht
Fluglärm-Bewertungsmaß FB1	-.09	-.11
Sozioökonomischer Status	.20	.12
Labilität (sozialwiss. + psycholog.)	-.11	-.00
Autolärm-Ärger	.10	.08
Wohndauer	-.11	-.06
Robustheit gegenüber Lärm	.04	.02
Labilität (medizinische Anamnese)	-.03	-.02
Bindung an Hausbesitz	-.05	-.02
Unangenehmheitsurteil zu weißem Rauschen	-.02	-.02
Zufriedenheit mit Verkehrslage	.11	.11
Abneigung gegen modernes Leben	-.20	-.05
Geschlecht (männlich = 0, weiblich = 1)	-.18	-.11
Wohnung in Einzelbau	-.03	.03
Schlechter (körperlicher) Zustand	-.19	-.15
Übergewicht	-.07	-.03
STROOP-Score (Nettowert)	-.17	-.09
Grundlärm L <sub>90</sub>	.08	.03
Alter	-.15	-.02
Kritikbereitschaft	-.02	-.00
Systolischer Blutdruck (RRS) Ruhe	.00	.05
Multiple Korrelation = .38, signifikant am 1 %-Niveau		

Der Tabelle 5-10 kann man entnehmen, daß die „Aufmerksamkeitsleistung bei Zusatzgeräusch“ nicht so stark wie die Defensivreaktion durch Fluglärm determiniert wird: FB1 kommt in der Rangfolge der beta-Gewichte bei der Vorhersage der Aufmerksamkeits-

leistungen erst an vierter Stelle hinter dem von einem Mediziner eingeschätzten momentanen körperlichen Zustand, dem Geschlecht und der Zufriedenheit mit der Verkehrslage. Auch hier zeigt sich, daß die Bedeutung der in der allgemeinen Psychologie betonten Persönlichkeitsmerkmale für spezifische Verhaltensweisen nicht sehr groß ist: die momentane körperliche Verfassung determiniert die Leistung am stärksten.

Die dargestellte Regressionsanalyse zur Vorhersage der „Aufmerksamkeitsleistungen bei Geräusch“ gibt uns allerdings kein Argument dafür, die Verminderung der Aufmerksamkeitsleistungen als Reaktion auf Fluglärm zu betrachten – möglicherweise kann man aber von einer ‚indirekten‘ Fluglärmwirkung sprechen, denn in einer Regressionsanalyse mit 19 interdisziplinären Moderatoren und der „Globalreaktion-S (RIU)“ als Prädiktoren stellte sich heraus, daß die „Aufmerksamkeitsleistung bei Geräusch“ durch die Fluglärm-Betroffenheitsreaktion (RIU) mit einem beta-Gewicht von .17 neben dem „Schlechten (körperlichen) Zustand“ (-.16) am stärksten determiniert wird. Ähnliches gilt auch für die „Aufmerksamkeitsleistung in Ruhe“ und die Komponenten der beiden zusammenfassenden Aufmerksamkeitsvariablen.

Neben der Durchführung von multivariaten Regressionsanalysen wurde die Determination der experimentalpsychologischen und physiologischen Variablen durch ‚direkten‘ oder ‚indirekten‘ Fluglärm dadurch geprüft, daß sie als Prädiktoren in multivariaten Diskriminanzanalysen zwischen 4 unabhängigen Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung (Cluster-Sets) einerseits und 2 unabhängigen Gruppen mit unterschiedlicher Fluglärm-Betroffenheitsreaktion (RIU) andererseits verwendet wurden. (Diese Analysen sind im Annexband, A.5.6.2, vollständig dargestellt). Dabei zeigte sich, daß weder die Trennung der Fluglärm-Reiz-Gruppen noch die Trennung der Betroffenheitsgruppen allein auf der Grundlage der psychologischen und physiologischen Daten gelingt, wohl aber dann, wenn die interdisziplinären Moderatoren mit als Prädiktoren der jeweiligen Gruppenzugehörigkeit verwendet werden:

Bei der Diskriminanzanalyse zwischen 4 Cluster-Sets mit unterschiedlicher Flugbelärmung durch 19 Moderatoren und 31 psychologisch-physiologische Variablen als Prädiktoren ergaben sich 3 am 1-Prozent-Niveau signifikante Trennfunktionen, und die „Defensivreaktion“ trägt durch die Ladung von .32 auf einer der drei Funktionen neben dem „Autolärm-Ärger“ (.38), der „Bindung an Hausbesitz“ (-.41) und dem „Grundlärm L<sub>90</sub>“ (.34) zu ihrer Definition bei. Die univariaten F-Test sind bei den psychologisch-physiologischen Variablen „Tracking-Fehler in Ruhe“, „Muskelaktivität in Ruhe“ und „Defensivreaktion“ signifikant am 1-Prozent-Niveau.

Bei der Diskriminanzanalyse zwischen 2 Betroffenheitsgruppen ergab sich eine signifikante Trennfunktion, auf der neben der demografisch erfaßten „Wohnung im Einzelbau“ (die hoch mit FB1 korreliert, weil in der Nähe des Flughafens keine Hochhäuser gebaut werden dürfen) mit einer Ladung von -.63, dem „Autolärm-Ärger“ (.36) und einigen anderen Moderatoren die „Defensivreaktion“ mit .31, die „Verpaßten Signale bei Distraction ohne akustische Information“ (.26), die „Ruhe-Pulsfrequenz“ (-.26), die Anzahl Treffer bei Distraction ohne akustische Information“ (-.25), die „Aufmerksamkeitsleistung in Ruhe“ (-.25), die „Aufmerksamkeitsleistung bei Zusatzgeräusch“ (-.23) und die „Anzahl Treffer bei Distraction mit akustischer Information“ (.21) bemerkenswert laden und diese Variablen in univariaten F-Tests signifikant zwischen den beiden Gruppen verschieden sind.

### 5.6.3 Nichtlineare und interaktive Modelle der Fluglärmwirkung unter Berücksichtigung von Moderatoren

Bisher ist die Fluglärmwirkung immer nur bei Betrachtung der Gesamtgruppe von 357 Personen behandelt worden. Dabei wurde zwar berücksichtigt, daß Einstellungsurteile, Persönlichkeitsmerkmale und demografische Größen der Person die Beziehung zwischen Fluglärm und den psychologischen und physiologischen Variablen beeinflussen, jedoch wurde die Art der Beeinflussung bisher immer nur im Sinne eines „Verstärkers“ oder „Abschwächers“, jedenfalls eines additiv auf die Reaktion wirkenden Faktors der Fluglärm-Reaktion behandelt. Diese linear-additive Moderator-Konzeption war zumindest für die „Defensivreaktion“ durchaus erfolgreich: wir wissen nun zum Beispiel, daß besonders Menschen mit niedrigem oder normalem Ruheblutdruck (RRS) und stärkerer Alltags-Flugbelästigung eher zu Defensivreaktionen bei Einsetzen von Laborgeräusch neigen. Wir wissen jedoch nicht, ob höhere oder niedrigere Ruhe-Blutdruckwerte die Defensivreaktion als Folge von Fluglärm stärker oder schwächer werden lassen oder ob Personen mit höheren Ruhe-Blutdruckwerten gar keinen Zusammenhang zwischen Fluglärm und Defensivreaktion zeigen, das heißt, wir wissen über die Wirkungsweise der Moderatoren sehr wenig. Außerdem könnte man auf Grund der relativ niedrigen Interkorrelationen zwischen experimentalpsychologischen und physiologischen Größen und auch innerhalb der physiologischen Größen vermuten, daß die für unseren ersten Datensatz verworfene Hypothese der „individualspezifischen Reaktionsmuster“ auf höherer Ebene doch gilt: daß etwa Personen, die auf Fluglärm verbal verärgert reagieren, dann nicht mehr so stark physiologisch reagieren – und umgekehrt. Damit wird vermutet, daß auch bestimmte Fluglärm-Reaktionen Moderatoren anderer Fluglärm-Reaktionen sein können. Da es jedoch unmöglich war, jede potentielle Reaktionsvariable als Moderator anderer potentieller Reaktionsvariablen zu verwenden, haben wir uns auf die Analyse der Moderatorfunktion der wichtigsten interdisziplinär vereinbarten Persönlichkeits- und demografischen Merkmale und der beiden Fluglärm-Hauptreaktionen („Globalreaktion“ und „Defensivreaktion“) in der Beziehung zwischen FBI und den 30 Composite-Scores unseres Datensatzes beschränkt.

Wichtigstes Hilfsmittel für die Feststellung nichtlinearer Moderatorwirkungen waren die Interkorrelationen der 30 potentiellen Fluglärm-Reaktionsvariablen in getrennten Subsamples mit unterschiedlichen Ausprägungsgraden der verschiedenen Moderatoren, wichtigstes Hilfsmittel für die Feststellung interaktiver Fluglärm-Moderatorwirkungen waren bifaktorielle Varianzanalysen mit FBI und jeweils einem potentiellen Moderator als Faktoren und der potentiellen Fluglärm-Reaktion als abhängige Variable. Daneben wurde auch versucht, mit Hilfe nichtlinearer und interaktiver multipler Regressionen verschiedene Moderatormodelle zu realisieren, diese Versuche haben jedoch nicht zu besseren Ergebnissen geführt als die linearen Modelle.

Die 3 hauptsächlich verwendeten Methoden (lineare additive multiple Regression, Korrelation in Subsamples und bifaktorielle Varianzanalyse) machen die Prüfung unterschiedlicher Moderatorwirkungen möglich: bei Betrachtung der Korrelation des Moderators mit der Reaktionsvariable in der Gesamtgruppe einerseits und der Korrelation der Reaktionsvariable mit der Stimulusvariable in der Gesamtgruppe andererseits nimmt man an, daß der Moderator in seiner gesamten Variationsbreite nur linear als Verstärker oder Abschwächer der Auswirkung von Fluglärm in seiner gesamten Variationsbreite wirkt; bei getrennter Interkorrelation der Reaktionsvariable mit dem Fluglärmstimulus in 2 unabhängigen Gruppen, die an einem bestimmten Kriterium der Moderatorvariable (üblicherweise am Median) geteilt wurden, bleibt die gesamte Variation von FBI erhalten, der

Moderator kommt praktisch nur indirekt in 2 Stufen vor, und der Einfluß von FB1 innerhalb der beiden Moderatorstufen kann gleichsinnig linear oder gegensinnig linear verlaufen, das heißt, der Moderator kann in beiden Gruppen gar nicht oder gleichsinnig als Verstärker oder Abschwächer der Fluglärm-Reaktion wirken, oder er kann in der einen Gruppe als Abschwächer wirken, mithin Umschaltfunktionen ausüben. Solche nichtlinearen Wirkungen des Moderators kann auch die bifaktorielle Varianzanalyse entdecken, darüber hinaus kann sie mögliche Wechselwirkungen zwischen dem jeweiligen Fluglärm-Grad und dem Grad des Moderators kenntlich machen und entspricht somit eher dem ‚Schwellenkonzept‘ der Moderatorwirkung, bei der eine Reaktion erst bei einem bestimmten Ausprägungsgrad des Moderators einsetzt. Grob vereinfacht wollen wir bei der folgenden Diskussion zwischen ‚verstärkender‘, ‚umschaltender‘ und ‚einschaltender‘ Moderatorwirkung sprechen, um die 3 genannten Wirkungsweisen zu kennzeichnen. Das zu Beginn der Hauptuntersuchung zum Fluglärmprojekt favorisierte Konzept der Moderierung von Fluglärm-Reaktionen durch die emotionale oder vegetative Labilität ist schon bei der Betrachtung linear-additiver Moderatorwirkungen (5.6.2) in Zweifel gezogen worden - das gleiche gilt für nichtlineare oder interaktive Moderatorkonzepte: zwar zeigt sich, daß sowohl die „Ruhe-Pulsfrequenz“ als auch die „Kopfpulsamplitude zu Anfang von 85 dB“ bei emotional labilen Menschen mit steigendem Fluglärm sinkt, während sie bei emotional stabilen Menschen durch Fluglärm nicht beeinflußt wird, jedoch ist diese Moderatorwirkung statistisch nicht bedeutsam.

Wichtiger sind dagegen die Funktionen des „Geschlechtes“, der „Abneigung gegen das moderne Leben“ und des „systolischen Ruheblutdrucks“: das „Geschlecht“ hat in der Beziehung zwischen Fluglärm und einigen Leistungs- und auch physiologischen Variablen sowohl Verstärkungs- als auch Einschaltfunktionen: zum Beispiel korreliert die „Anzahl der Treffer bei Distraction mit akustischer Information“ bei den Frauen  $-.20$  mit FB1, bei den Männern  $.05$ ; die Varianzanalyse zeigt keinen signifikanten Effekt der Hauptfaktoren „Geschlecht“ und „FB1“, wohl aber eine am 1 %-Niveau signifikante Interaktion des Moderators mit Fluglärm: während bei steigender Flugbelärmung die „Anzahl der Treffer“ bei Männern praktisch konstant bleibt, sinkt sie bei Frauen mit steigender Flugbelärmung deutlich ab. Beim „Tracking-Fehler in Ruhe“ zeigt sich, daß das Geschlecht einen verstärkenden Einfluß auf die Beziehung zwischen Fluglärm und Reaktion hat: mit steigender Flugbelärmung steigt der „Tracking-Fehler in Ruhe“ in der Gesamtgruppe an ( $r = .17$ ), dieser Anstieg ist bei Männern jedoch weitaus stärker ( $r = .26$ ) als bei Frauen ( $r = .10$ ), gleichzeitig ist eine leichte Geschlechtsspezifität der Komponenten der Defensivreaktion (die übrigens bei Frauen infolge der Flugbelärmung etwas stärker ist als bei Männern) sichtbar: während die Frauen stärker als die Männer vasomotorisch auf Fluglärm reagieren, reagieren Männer stärker als Frauen in der elektrischen Muskelaktivität auf Fluglärm.

Die „Abneigung gegen das moderne Leben“ wirkt auf die in der Gesamtgruppe signifikante Beziehung zwischen FB1 und einigen Komponenten der Aufmerksamkeitsleistung im Sinne der Umschaltfunktion: Personen mit größerer „Abneigung gegen Modernes“ haben zum Beispiel bei einfachen Reaktionszeit-Aufgaben in Ruhe längere Reaktionszeiten und im Composite-Score der „Aufmerksamkeitsleistung in Ruhe“ schlechtere Werte. In ähnlicher Weise, jedoch völlig insignifikant, wirkt Fluglärm. Die Kombination der Faktoren „FB1“ und „Abneigung gegen das moderne Leben“ bewirkt jedoch, daß Personen mit geringerer „Abneigung gegen Modernes“ und höherem Fluglärm geringere Reaktionszeiten und bessere Aufmerksamkeitswerte haben als Personen mit gleicher „Abneigung gegen Modernes“ und geringerem Fluglärm. Bei Personen mit größerer „Abneigung gegen Modernes“ kehrt sich diese Beziehung um: Personen mit höherem Fluglärm zeigen hier längere Reaktionszeiten und schlechtere Aufmerksamkeitswerte als Personen mit geringerem Fluglärm. (Weitere Darstel-

## 5.6.3

lungen nichtlinearer und interaktiver Moderatorwirkungen, die auf varianzanalytischem Wege festgestellt wurden, finden sich im Annexband, A.5.6.3. (Vgl. ferner die im Rahmen von 8.5.5 angestellten Überlegungen zu Moderatormodellen.)

Der systolische Ruheblutdruck ("RRS Ruhe, CS") gewinnt für die Interpretation physiologischer Reizantworten auf Geräusche und deren Zusammenhang mit dem Grad der Alltagsflugbelärmung an Bedeutung, wenn man Extremgruppen mit pathologisch hohem oder pathologisch niedrigem Ruheblutdruck miteinander vergleicht: in der interdisziplinären Gesamtstichprobe befinden sich 57 Personen mit systolischem Ruheblutdruck unter 111 mm Hg und 55 Personen mit einem systolischen Ruheblutdruck über 139 mm Hg; die Mitglieder der ersten Gruppe kann man als potentielle Hypotoniker bezeichnen, die der zweiten Gruppe als potentielle Hypertoniker (wobei diese Begriffe hier nicht im streng medizinischen Sinne verwendet werden sollen). Hinsichtlich ihrer demografischen Merkmale unterscheiden sich die beiden Gruppen vor allem nach Geschlecht, Alter und Übergewicht: die Hypotoniker sind fast ausschließlich Frauen, jünger und weniger übergewichtig als die Hypertoniker: Vergleicht man die Mittelwerte und Streuungen der physiologischen Reizantworten auf Laborlärm, so fällt auf, daß erstens die Ruhewerte in den physiologischen Komponenten der Defensivreaktion (Pulsfrequenz, Fingerpulsamplitude, Kopfpulsamplitude und elektrische Muskelaktivität) in der Gruppe der Hypertoniker immer höher (wenn auch nur im Fall der Pulsfrequenz signifikant) liegen als in der Gruppe der Hypotoniker, zweitens die Belastungswerte zu Anfang der Geräuscharbeitung immer stärker in Richtung der Defensivaktivierung affiziert sind (Abnahme der Finger- und Kopfpulsamplitude Zunahme der elektrischen Muskelaktivität, siehe Tabelle 5-11). Aus dieser Konstellation der Komponenten der Defensivreaktion würde folgen, daß die Defensivreaktion bei den Hypertonikern höher ausfällt als bei den Hypotonikern – was jedoch nicht der Fall ist,

Tab. 5-11: Unterschiede zwischen 2 Blutdruck-Kontrastgruppen					
Name der Variable	– Hypotoniker –		– Hypertoniker –		t-Test
	Mittel	Stand. abw.	Mittel	Stand. abw.	
Geschlecht	0.93	0.26	0.45	0.50	*
Übergewicht	95.86	14.58	122.80	23.34	*
Alter	33.65	8.36	45.22	10.16	*
Ruhe-Pulsfrequenz	48.28	10.68	54.25	10.16	*
Tracking-Fehler in Ruhe	48.89	9.46	49.42	10.96	
Tracking-Fehler, Anfang 85 dB	50.51	9.32	49.80	9.97	
Fingerpulsamplitude in Ruhe	50.04	9.93	50.42	11.31	
Fingerpulsampl., Anfang 85 dB	51.93	8.90	47.98	9.98	*
Kopfpulsamplitude in Ruhe	50.14	8.51	50.89	8.57	
Kopfpulsampl., Anfang 85 dB	49.96	9.74	49.04	9.30	
Muskelaktivität akust. Ruhe	48.26	10.96	50.11	10.63	
Muskelaktivität, Anfang 85 dB	47.44	11.53	49.49	9.55	
Defensivreaktion	52.51	9.98	50.56	12.17	
* = 1 %-Signifikanzniveau erreicht.		n = 57	n = 55		

und man kann zunächst technische Gründe als Erklärung heranziehen: die Variable „Defensivreaktion“ besteht nicht nur aus rein physiologischen Größen, sondern zum Beispiel auch aus dem „Tracking-Fehler-Anstieg“; außerdem sind nicht immer Differenzmaße zwischen Ruhe- und Belastungswerten verwendet worden, sondern auch einfache Zuschläge für Amplituden-Änderungen in der hypostasierten Richtung. Dennoch ist der Widerspruch zwischen den Daten aus Tab. 5-11 und dem früher geschilderten Regressionsmodell auffällig: bei der Vorhersage der Defensivreaktion durch linear-additive Regressionsrechnungen leistete die Variable „Ruheblutdruck“ einen bedeutsamen negativen Beitrag: es ist demnach ‚im allgemeinen‘ so, daß höhere Blutdruckwerte eher zu geringeren Defensivreaktionen führen, aber die Betrachtung der Mittelwerte und Streuungen der an der Konstruktion der Defensivreaktion beteiligten Variablen läßt Zweifel an der Allgemeingültigkeit des linear-additiven Modells für extreme Blutdruckwerte aufkommen. Die Hypertoniker zeigen eine größere Reagibilität in allen physiologischen Komponenten der Defensivreaktion, und vermutlich hätte auch die Gesamtvariable „Defensivreaktion“ bei den Hypertonikern höhere Mittelwerte, wenn sie eine rein physiologisch definierte Größe wäre. Man kann die Tendenz feststellen, daß das linear-additive Modell des Moderators Ruheblutdruck für die Extremgruppe der Hypertoniker nicht mehr gilt: Hypertoniker zeigen in allen beobachteten physiologischen Funktionen größere Anzeichen defensiver Aktivierung bei Geräuscharbeitung als Menschen mit niedrigem Blutdruck. Wenn man aus diesen Beobachtungen die Hypothese ableitet, daß Hypertoniker generell auf Lärm physiologisch sensibler reagieren als Normo- oder Hypotoniker, dann ist nicht verwunderlich, daß diejenigen physiologischen Variablen, die schon in der Gesamtstichprobe eine Tendenz zur Kovariation mit dem Grad der Alltags-Flugbelästigung zeigen, in der Gruppe der Hypertoniker weitaus stärker systematisch mit dem Fluglärm-Stimulus korrelieren als in der Gruppe der Hypotoniker (dazu Tab. 5-12), und darüber hinaus scheint die Vorstellung eines linear-additiv über die gesamte Variationsbreite des Blutdrucks wirkenden Blutdruck-Moderators nicht adäquat zu sein: die Defensivreaktion korreliert in der Gruppe der Hypotoniker  $-.04$  mit FB1, in der Gruppe der Hypertoniker  $+0.34$ ; man kann also von einer ‚einschaltenden‘ Wirkung des Moderators „Bluthochdruck“ in der Beziehung zwischen Fluglärm und Defensivreaktion sprechen.

Tab. 5-12: Korrelationen mit FB1 in 2 Blutdruck-Gruppen

Name der Variable	Korrelation Hypotoniker	Korrelation Hypertoniker	z-Test
Ruhe Pulsfrequenz	.14	.09	
Tracking-Fehler in Ruhe	.06	.18	
Tracking-Fehler, Anfang 85 dB	.09	.01	
Fingerpulsamplitude in Ruhe	-.03	-.19	
Fingerpulsampl., Anfang 85 dB	-.33	.01	
Kopfpulsamplitude in Ruhe	.24	-.09	
Kopfpulsampl., Anfang 85 dB	-.08	-.10	
Muskelaktivität akust. Ruhe	.15	-.46	*
Muskelaktivität, Anfang 85 dB	.10	.13	
Defensivreaktion	-.04	.34	*

\* = Differenz der Korrelation ist am 1 %-Niveau signifikant.

Insgesamt läßt sich zwar sagen, daß nichtlineare und interaktive Beziehungen zwischen Fluglärm, Moderatoren und Reaktionen bestehen, jedoch kann man mit Ausnahme der letztgenannten Moderation der Defensivreaktion durch Bluthochdruck im Sinne eines Einschaltens der Fluglärmreaktion keinen Moderator nennen, der plausibel und bedeutsam in nichtlinearer Weise Fluglärm-Reaktionen beeinflusst. Außerdem ist die statistische Determination der experimentalpsychologischen und physiologischen Variablen durch Fluglärm nur im Fall der Bluthochdruck-Moderation über 10 Prozent. Auch die Frage nach ‚kompensatorischen‘ Fluglärm-Reaktionen – etwa in dem Sinne, daß der eine Mensch physiologisch auf Fluglärm reagiert, der andere verbal – muß verneint werden: es gibt, zumindest im psychologisch-arbeitsphysiologischen Datensatz, keine Variable, die bei Berücksichtigung der Stärke der physiologischen oder der verbalen Fluglärmreaktion (RIU) in bedeutsamer Weise mit dem Grad der Alltagsflugbelärmung zusammenhängt.

Als pauschale Zusammenfassung der linear-additiven, nichtlinearen und interaktiven Prüfungen der Zusammenhänge zwischen Fluglärm, Moderatoren und Reaktionen läßt sich sowohl das linear-additive, als auch begrenzt das nichtlinear-interaktive Modell der gemeinsamen Wirkung von Fluglärm und Moderatoren auf eine Reaktion aufrecht erhalten: es gibt eine direkte (durch den Reiz definierte) Fluglärmwirkung vor allem bei der physiologischen Geräuschverarbeitung, und zwar im Sinne einer steigenden Abwehrhaltung gegenüber dem Einsetzen von Geräuschen bei steigendem Fluglärm; diese Abwehrhaltung ist besonders bei Menschen mit stärkerer Abneigung gegen das moderne Leben und kürzerer Wohndauer in Flughafennähe ausgeprägt. Im allgemeinen erleichtert ein mittlerer bis niedriger systolischer Ruhe-Blutdruck diese Reaktion, sie tritt aber besonders bei Hypertonikern als Fluglärmfolge auf. Daneben scheint es eine indirekte (durch die verbal geäußerte Fluglärm-Betroffenheit definierte) Fluglärmwirkung vor allem auf Leistungen zu geben, welche eine erhöhte mehrdimensionale Aufmerksamkeit erfordern – diese Wirkung besteht in einer Verschlechterung der Aufmerksamkeitsleistung bei steigender Fluglärm-Betroffenheit oder steigender Furcht vor Flugzeugen und tritt vor allem bei Menschen auf, die sich körperlich in schlechter Verfassung befinden.

#### 5.6.4 Diskussion der Ergebnisse der psychologischen Untersuchungen

Die Hauptergebnisse der Hamburger Voruntersuchung und der Münchener Hauptuntersuchung sind innerhalb des psychologischen Teils in 3 Bereichen zu finden: erstens im Bereich des Erlebens von Flugzeugen: Flugzeuge werden von den untersuchten Frauen im Gebiet des Flughafens überwiegend als Lärmerzeuger erlebt, kaum als Verkehrsmittel; zweitens im Bereich der physiologischen Antwort auf Lärm: mit steigender Flugbelärmung steigt die Defensivhaltung gegenüber den im Labor applizierten Geräuschen, und drittens im Bereich der Informationsverarbeitung: mit steigender verbal geäußelter Verärgerung über Fluglärm sinkt die Leistung in einigen Aspekten des Aufmerksamkeitsverhaltens.

Im Abschnitt 5.1 wurde dargestellt, daß die Fluglärm-Untersuchungen von der Psychologischen Sektion überwiegend als Entscheidungsexperimente zwischen den globalen Hypothesen der „adaptiven Bewältigung“ von Fluglärm und der „defensiven Blockierung“ durch Fluglärm durchgeführt wurden. Heute läßt sich mit Sicherheit sagen, daß die durch Fluglärm betroffenen Menschen keine adaptiven Prozesse entwickelt haben, die es ihnen gestatten, sich durch die Belärmung im Labor weniger beeinflussen zu lassen – im Gegenteil: Bei Verwendung von Lärm als Hauptreiz wird die physiologische Abwehr-Reaktion der stark flugbelärmten Personen nicht nur nicht schwächer und auch nicht gleich stark wie die Reaktion der weniger stark flugbelärmten Personen, sie steigt sogar an. Bei Verwendung



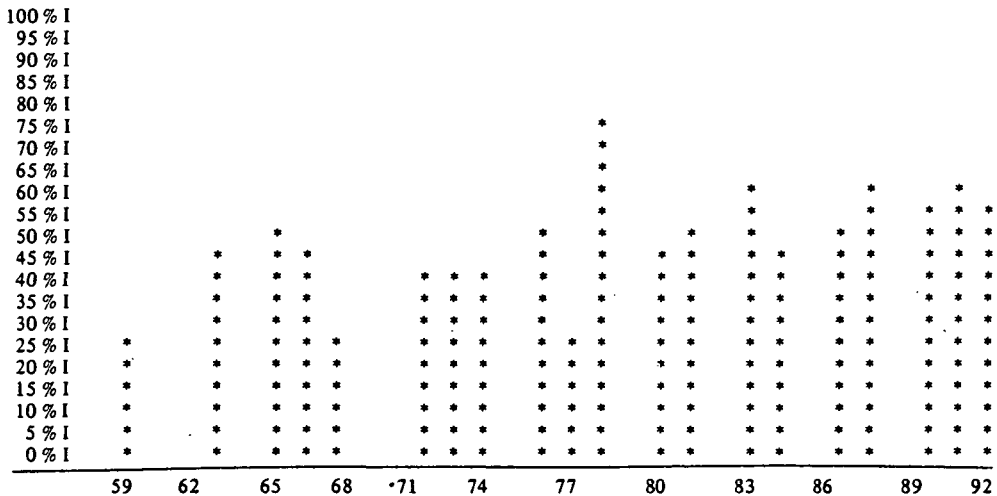
von Lärm als Zusatzreiz zu Aufmerksamkeitsaufgaben sinkt die durch den Lärm bewirkte Fehlerquote nicht etwa bei den stärker flugbelärmten Personen ab, sie bleibt gleich hoch wie die der weniger stark flugbelärmten, und in Ruhe ist sogar eine Tendenz zum Fehler-Anstieg mit steigender Alltags-Flugbelärmung sichtbar – diese geht eventuell nur indirekt zu Lasten des Fluglärms, möglicherweise ist sie eine Folge des Ärgers über Fluglärm. Wir müssen demnach die Hypothese der „adaptiven Bewältigung“ des Fluglärms aufgeben und uns fragen, ob die Hypothese der „defensiven Blockierung“ durch Fluglärm an Plausibilität gewonnen hat.

Bei der Beschallung unserer Probanden im Labor mit weißem Rauschen von 85 und 100 dB traten praktisch keine Orientierungsreaktionen auf. Dies kann 2 Gründe haben: erstens die relativ lange Ruhe-Adaptationsphase, die dem 85-dB-Geräusch voranging, zweitens aber auch die hohe Alltags-Lärmbelastung auch der relativ weit vom Flughafen entfernt wohnenden Personen. Die relativ lange Ruhephase vor einem Geräusch kann dazu führen, daß auch ein mittelstarkes Geräusch, das innerhalb von 2 Sekunden von etwa 45 dB auf 85 dB gesteigert wird (siehe Abb. 5-6), als subjektiv sehr stark empfunden wird, und somit keine Orientierungsreaktionen, wohl aber Defensivreaktionen zu erwarten sind. Auch der zweite von uns angegebene Grund für das Auftreten der Defensivreaktion auch bei weiter vom Flughafen entfernt wohnenden Personen gewinnt an Plausibilität, wenn man sich vergegenwärtigt, daß die in den schwächer flugbelärmten Wohngebieten unserer Hauptstichprobe lebenden Menschen mittleren Überflugpegeln von 82 dB und mittleren Grundlärm-Spitzenpegeln ( $L_{10T}$ ) um 52 dB ausgesetzt sind – außerdem korreliert die „Defensivreaktion“ positiv mit „ $L_{10T}$ “ (siehe Tab. 5-8). Bedenkt man weiterhin, daß die „Defensivreaktion“ nicht nur mit steigenden Pegeln, sondern in gleichem Maße auch mit steigender Häufigkeit von Überflügen zunimmt, so muß man hier eine Quelle möglicher Gefahren sehen: wir müssen damit rechnen, daß ein noch häufigeres Auslösen oder ein noch stärkeres Ausmaß dieser Reaktion – wie es bei einer Ausweitung des Luftverkehrs zu erwarten wäre – auch zu einer Eskalation jener Befunde führen kann, die wir schon jetzt feststellen konnten. Der menschliche Organismus könnte dann immer häufiger versuchen, sich gegen die Umweltreizung abzuschirmen – und dabei nicht nur den störenden Schall abwehren, sondern möglicherweise auch lebenswichtige Signale.

Bei der Evaluation der „Defensivreaktion“ als Fluglärmwirkung verdient der Umstand besondere Beachtung, daß besonders Menschen mit hohem Blutdruck bei steigender Flugbelärmung in steigendem Maße physiologisch defensiv reagieren. Wieweit die hierbei ablaufenden gefäßregulatorischen Prozesse noch als ‚normale‘ Regelvorgänge und nicht schon als Übersteuerungserscheinungen zu interpretieren sind, kann jedoch im Augenblick noch nicht beantwortet werden. Man muß jedoch auf die Gefahr aufmerksam machen, in der Hypertoniker bei steigender Flugbelärmung stehen, falls die vasomotorischen Regler bei der physiologischen Abwehr von Geräuschen übersteuert werden: es scheint nicht ausgeschlossen, daß diese Menschen durch Lärm Gefäßruptionen erleiden. Wir werden gefragt, ob es möglich ist, auf Grund unserer Daten eine Grenze zu ziehen, von der ab Fluglärm als unzumutbar anzusehen ist. Abgesehen von der Fragwürdigkeit der mit dieser Frage implizierten prinzipiellen Zumutbarkeit von Lärm (also eines unerwünschten Geräusches) müssen wir feststellen, daß unsere Daten für eine solche Grenze wenig Anhaltspunkte liefern, denn wir können nicht behaupten, in der Beziehung zwischen Fluglärm-Reiz und unserer Fluglärm-Reaktion irgendwo einen „Knick“ zu finden, der eine Änderung der Reaktionsgradienten anzeigt. Zur Verdeutlichung dieser Schwierigkeit zeigt Abb. 5-17 eine vergrößerte Darstellung der Beziehung zwischen unserer wichtigsten Fluglärm-Reaktion, der „Defensivreaktion“ und dem wichtigsten Fluglärm-Parame-

### 5.6.4

ter, „FB1“: hier wurde der Median der Defensivreaktion in der Gesamtgruppe (357 Personen) bestimmt und anschließend auf den einzelnen FB1-Stufen errechnet, wieviel Prozent der Personen mit der jeweiligen Fluglärmbelastung eine Defensivreaktion zeigen, die stärker als der Median der Defensivreaktion in der Gesamtgruppe ist.



Ordinate = CS Defensivreaktion (PF- TR+ FP- KP- MA+)  
 Abszisse = FB1, Fluglärm-Bewertungsmaß

Abb. 5-17: Prozentsatz der stärker auf Lärm defensiv reagierenden Personen in 20 Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung.

Wenn wir uns bemühen, in politischer Mitverantwortung für die zahlenmäßige Festlegung einer „Zumutbarkeit des Fluglärms“ Entscheidungshilfen zu geben, so stoßen wir auf zwei Schwierigkeiten: erstens gegen unsere Daten keinen Anhaltspunkt für einen ‚Knick‘ in der Reaktionskurve, und wir finden physiologische Defensivreaktionen schon bei Fluglärmgraden, die bislang als ‚harmlos‘ betrachtet wurden; zweitens erscheint uns nicht eindeutig, welches Kriterium bei der Zumutbarkeits-Festlegung Priorität haben sollte: fragen wir nach demjenigen Pegel beziehungsweise derjenigen Häufigkeit von Flugbewegungen, die ein Bürger trotz seines Widerspruchs eben noch dulden muß, damit die wirtschaftliche Entwicklung, die auch ihm nützt, nicht gehemmt wird? Oder fragen wir nach demjenigen Pegel oder derjenigen Häufigkeit von Flugbewegungen, die die am Luftverkehr Interessierten gerade noch bewirken dürfen, ohne den Bürger in seinem psychischen und physischen Wohlbefinden zu beeinträchtigen? Wie bei vielen politischen Entscheidungen, so müssen auch hier konträre Interessen und deren tatsächliche oder befürchtete Auswirkungen gegeneinander abgewogen werden. In der hier vorliegenden Untersuchung haben wir festgestellt, daß die Erhöhung der Defensivhaltung gegenüber einem Laborgeräusch eine Auswirkung des Fluglärms ist, und zwar sowohl der Fluggeräusch-Intensität als auch der Fluggeräusch-Häufigkeit. Darüberhinaus müssen wir befürchten, daß die häufige Auslösung dieser Reaktion in der physisch gesunden Bevölkerung zur Blockierung der Verarbeitung starker Reizinformationen auch nichtakustischer Art führt und mithin die Ausführung adäquater Bewältigungshandlungen verhindert, wir müssen weiterhin befürchten, daß Flug-

lärm bei Menschen mit erhöhtem Blutdruck zu derartig übersteuerten Blutgefäßregulationen führt, daß Gefäßrptionen entstehen können. Es erscheint geboten, solche Risiken in stärkerem Maße als Kosten des Luftverkehrs zu berücksichtigen.

## 5.7 Zusammenfassung

Die Psychologische Sektion des Fluglärmprojektes der Deutschen Forschungsgemeinschaft hat, zusammen mit der Akustischen, Sozialwissenschaftlichen, Arbeitsphysiologischen und Medizinischen Sektion experimentelle Untersuchungen an mehr oder weniger stark durch Fluglärm betroffenen Personen durchgeführt. Die Experimente dienten der Überprüfung von zwei konträren Grundhypothesen: einerseits der Hypothese einer „adaptiven Bewältigung“ des Fluglärms, die infolge häufiger und starker Flugbelärmung den Erwerb von Techniken der störungsfreien Informationsverarbeitung trotz Belärmung und ein Nachlassen physiologischer Reizantworten auf aktuelle Beschallung annimmt, andererseits der Hypothese der „defensiven Blockierung“ durch Fluglärm, die eine Unterbrechung von Informationsverarbeitungsprozessen und eine physiologische Abwehrhaltung gegenüber Lärm infolge häufiger und starker Alltags-Flugbelärmung annimmt. Sowohl die Voruntersuchung an 200 Frauen in Hamburg als auch die Hauptuntersuchung an 400 Männern und Frauen in München standen unter drei Themen, die mit Hilfe sowohl methodisch als auch inhaltlich sehr unterschiedlicher Verfahren beleuchtet wurden:

1. der allgemeinen Aktivierungstheorie und ihrer möglichen Zerlegung in 'orientierende' und 'defensive' Komponenten,
2. der Distractionstheorie; die von einer Dämpfung oder Störung der Informationsaufnahme in einer Sinnesmodalität bei gleichzeitiger Stimulation mehrerer Modalitäten ausgeht,
3. der möglichen Änderung der Beziehung zwischen Fluglärm-Reiz und Fluglärm-Reaktion durch Persönlichkeitsmerkmale.

Die Ergebnisse beider interdisziplinärer Fluglärmuntersuchungen, vor allem der Hauptuntersuchung (soweit sie die Psychologische Sektion betreffen), lassen die Hypothese der „adaptiven Bewältigung“ des Fluglärms unplausibel erscheinen. Mit steigender Alltagsflugbelärmung verstärkt sich eine physiologische Reizantwort auf das Einsetzen von Schall im Labor, an der eine Konstriktion der Blutgefäße am Finger und in der Schläfengegend, Erhöhung der elektrischen Muskelaktivität am Unterarm, Verringerung der Pulsfrequenz und Vergrößerung der Fehler bei einer motorischen Zielverfolgungsaufgabe (Tracking) beteiligt sind. Diese von uns so genannte „Defensivreaktion“ wird als Blockierung von Informationsaufnahme-Prozessen interpretiert – sie korreliert positiv sowohl mit dem Pegel als auch der Häufigkeit von Flugbewegungen im Wohngebiet der untersuchten Personen, und sie tritt als Fluglärm-Reaktion bei solchen Menschen verstärkt auf, die eher negative Einstellungen zum 'modernen Leben' und pathologisch hohe Blutdruckwerte haben. Andere von uns untersuchte Verhaltensbereiche, zum Beispiel die Informationsverarbeitung in komplexen Stimulus-Situationen, werden nicht so stark durch Fluglärm selbst affiziert, möglicherweise aber durch negative Einstellungen zu Ärger über Fluglärm: vor allem die Aufmerksamkeitsleistungen bei akustischer Zusatzinformation (optische Zeichenunterscheidung bei weißem Rauschen oder gesprochenen Zahlen als Zusatzreiz) werden durch den Alltagsfluglärm oder die Verärgerung über Fluglärm beein-

trächtig. Die Vermutung, daß Persönlichkeitsmerkmale und Einstellungen 'bereichs-spezifisch' regelnden Einfluß auf Fluglärmreaktionen haben (wie etwa der körperliche Zustand auf physiologische Reaktionen), hat sich bestätigt. Insgesamt machen die Ergebnisse deutlich, daß die durch Fluglärm betroffene Bevölkerung keine adaptiven Techniken zur Bewältigung des Fluglärms erwirbt und auch nicht einfach gar nicht auf den Alltagsfluglärm psychologisch oder physiologisch reagiert, sondern eher im Sinne einer „defensiven Blockierung“ bei aktueller Beschallung.

## 5.7 Summary

In cooperation with the acoustical section, the social-scientific section, the work physiology section and the medical section, the psychological section of this study administered experiments to individuals of different degrees of exposure to aircraft noise. The experiments were to test two contrarious basic hypotheses: on the one hand the hypothesis of an "adaptive coping" with the aircraft noise; this hypothesis is based on the assumption that, due to frequent and strong exposure to aircraft noise, techniques are being developed that make regular information processing possible even under exposure to noise, and that physiological responses to actual noise exposure are being reduced. On the other hand the hypothesis of a "defensive blocking" due to aircraft noise, which assumes an interruption of regular information processing and a physiological defense reaction to noise on account of frequent and strong real-live exposure to aircraft noise. Both, the preliminary study conducted in Hamburg with 200 women and the main study in München with 400 men and women were pursued in the light of three themata using altogether different methods, procedures and concepts:

1. the general activation theory and its possible division into 'orienting' and 'defensive' components,
2. the distraction theory, assuming a reduction or disorder of information reception in one sense modality, if several modalities are stimulated,
3. the possible modification of the relationships between aircraft noise stimulus and the corresponding response by means of personality traits.

The results of the two interdisciplinary studies of the effects of aircraft noise, especially those of the main study (in as much as the psychological section is concerned), the hypothesis of an "adaptive coping" with aircraft noise appears to be less plausible: with increasing real-life exposure to aircraft noise a physiological response to the starting of noise in the laboratory increases; this reaction includes a constriction of the blood vessels of the finger and in the part of the temples, increased muscular activity on the forearm, lessening of the pulse rate and a higher missing rate at a motoric tracking task. This "defense reaction", as we call it, is interpreted as a blocking of information reception processes; it correlates positively with the noise level and the rate of flyovers in the community of the subjects, and it is observed to a higher degree on individuals having a more negative attitude towards 'modern living' and pathologically increased blood pressure. Other aspects of behavior examined by us, e.g. information processing in complex stimulus situations, are not affected as much by the aircraft noise itself, but possibly by negative attitudes towards or by irritation at aircraft noise. Mainly attention performance under additional acoustical

information (discrimination of visual signals during additional stimulation by white noise or spoken numbers) is negatively affected by real-life exposure to aircraft noise or by irritation at aircraft noise.

The assumption that personality traits and attitudes have a 'specifically' regulating influence on reactions to aircraft noise has been substantiated. The results have shown that the population affected by aircraft noise neither develops adaptive techniques to cope with aircraft noise, nor does it fail to show psychological and physiological reactions altogether. The population reacts, on the contrary, rather in the sense of "defensive blocking" when actually being exposed to noise.

**Page Intentionally Left Blank**

# **FLUGLÄRMWIRKUNGEN**

**eine interdisziplinäre Untersuchung über die  
Auswirkungen des Fluglärms auf den Menschen**

## **KAPITEL 6**

**DER ARBEITSPHYSIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGSTEIL**

**Gerd Jansen**

6.0

## 6.0 Inhalts-, Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

6.0.1	Inhaltsverzeichnis/Contents . . . . .	322
6.0.2	Abbildungsverzeichnis . . . . .	323
6.1	<i>Bisherige Ergebnisse psychosomatischer Lärmforschung</i>	
6.1.1	Lärmbedingte vegetative Reaktionen . . . . .	324
6.1.2	Grenzwerte für Gesundheitsgefährdungen unter somatischem Gesichtspunkt . . . . .	325
6.1.3	Psychophysiologische Untersuchungen . . . . .	325
6.1.4	Feldstudien . . . . .	327
6.1.5	Hörschärfe . . . . .	327
6.2	<i>Konzeption und Fragestellungen der Untersuchungen</i>	
6.3	<i>Auswahl der Variablen</i>	
6.3.1	Voruntersuchung . . . . .	332
6.3.2	Hauptuntersuchung . . . . .	332
6.4	<i>Physiologischer Untersuchungsansatz</i>	
6.4.1	Vorarbeiten und Versuchsanordnungen . . . . .	333
6.4.2	Abstimmung der Erhebung, Auswertung und Datenanalyse mit der psychologischen Sektion . . . . .	334
6.5	<i>Durchführung und Ergebnisse der Untersuchungen</i>	
6.5.1	Ergebnisse der Voruntersuchungen . . . . .	335
6.5.2	Schlußfolgerungen der Voruntersuchungen . . . . .	336
6.5.3	Ergebnisse der Hauptuntersuchung . . . . .	337
6.6	<i>Interpretation der physiologischen Befunde</i>	
6.6.1	Zur Frage der Gewöhnungsfähigkeit . . . . .	338
6.6.2	Zur Frage eines Schallpegel-Grenzwertes für zumutbare Fluglärmbelastung . . . . .	339
6.6.3	Epidemiologische und kasuistische Aussagen . . . . .	341
6.6.4	Maximalpegelbeurteilung und kombiniertes Fluglärmmaß . . . . .	342
6.6.5	Beurteilung der audiometrischen Untersuchungen . . . . .	342
6.7	<i>Zusammenfassung/Summary</i>	

## 6.0.1 Contents

6.0.2	List of illustrations . . . . .	323
6.1	<i>Previous results of psycho-somatic noise research</i>	
6.1.1	Noise-induced vegetative reactions . . . . .	324
6.1.2	Risk criteria for health impairment under somatic aspects . . . . .	325
6.1.3	Psycho-physiological research . . . . .	325
6.1.4	Field studies . . . . .	327
6.1.5	Acutness of hearing . . . . .	327
6.2	<i>Conception and problem posed in the investigations</i>	

322



6.3	<i>Selection of variables</i>	
6.3.1	Preliminary study . . . . .	332
6.3.2	Main study . . . . .	332
6.4	<i>Physiological approach</i>	
6.4.1	Preparatory work and experimental design . . . . .	333
6.4.2	Coordination of data gathering, data evaluation and data analysis with the psychological selection . . . . .	334
6.5	<i>Conduction of the study and results</i>	
6.5.1	Results of the preliminary study . . . . .	335
6.5.2	Conclusions of the preliminary study . . . . .	336
6.5.3	Results of the main study . . . . .	337
6.6	<i>Interpretation of the physiological findings</i>	
6.6.1	The question of adaptibility to noise . . . . .	338
6.6.2	The question of noise risk criteria with respect to physiological tolerableness of aircraft noise . . . . .	339
6.6.3	Epidemiological and casuistic evidence . . . . .	341
6.6.4	As to a maximum noise level and composite measure of aircraft noise . . . . .	342
6.6.5	Evaluation of the audiometric tests . . . . .	342
6.7	<i>Summary</i>	

## 6.0.2 **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 6-1	Grenzwerte zur Beurteilung lärmbedingter vegetativer Reaktionen
Abb. 6-2	Beziehungen zwischen Fingerpuls-Amplitude und Temporary Threshold Shift (TTS)
Abb. 6-3	Beziehung zwischen Reizhäufigkeit und Reizintensität schematisch nach SOKOLOFF
Abb. 6-4	Ergebnisse der Pulsamplituden-Messungen während der Voruntersuchung
Abb. 6-5	Ergebnisse der audiometrischen Untersuchungen bei der Voruntersuchung
Abb. 6-6	Hörschärfe in verschiedenen Altersgruppen in Abhängigkeit von der Flugbelärmung
Abb. 6-7	Hörschärfe in verschiedenen Altersgruppen und bei unterschiedlicher Flugbelärmung

## 6.1 Bisherige Ergebnisse psychosomatischer Lärmforschung

Psychosomatische Lärmforschung auf experimenteller und feldstudienmäßiger Grundlage wurden vom Verfasser früher am Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie, Dortmund, und seit 1967 am Institut für Hygiene und Arbeitsmedizin am Universitätsklinikum Essen durchgeführt. Das Schwergewicht der Untersuchungen lag auf der Erfassung der extraauralen Wirkungen des Lärms – insbesondere im vegetativen Funktionsgebiet des menschlichen Organismus. Weiterhin standen die Interaktionen zwischen Vegetativum und Hörschärfe (Lärmschwerhörigkeit) im Vordergrund des Interesses.

Die ausschließlich medizinisch orientierte Lärmforschung geht bei ihren Untersuchungen von der bekannten Tatsache aus, daß durch Lärm ergotrope (aktivierende) vegetative Reaktionen ausgelöst werden, die sowohl ohne psychisches Lärmerlebnis auftreten, als auch von psychischen Lärmerlebnissen begleitet werden können. In beiden Fällen ist es denkbar, daß es über vegetativ-dystone Zustände zu Gesundheitsgefährdungen kommt, sofern der Begriff „Gesundheit“ nach der Definition der Welt-Gesundheits-Organisation angewandt wird: „Gesundheit bedeutet nicht nur das Freisein von Krankheiten, sondern stellt einen Zustand optimalen physischen, psychischen und sozialen Wohlbefindens dar.“

Standen in früheren Jahren der Lärmforschung am Max-Planck-Institut, Dortmund, (etwa bis 1960) die rein somatischen Veränderungen durch Lärm ohne Betrachtung der psychischen Wirkungen des Lärms auf den Menschen im Vordergrund, verschob sich der Schwerpunkt der Forschungen nach 1960 immer stärker auf die komplexen psychosomatischen Lärmwirkungen. Dabei wurden als Kontrastuntersuchungen zu den rein physiologischen Registrierungen rein psychologische Untersuchungen und Messungen im Bereich der Psychomotorik und der emotionalen Belastbarkeit des Menschen durchgeführt.

Nachdem bei den physiologischen Untersuchungen die unterschiedlichen akustischen Charakteristiken sowie unterschiedliche Umweltbelastungen als Zusatzreize (körperliche Arbeit, Hitze oder ähnliches) herangezogen wurden, wurde auf dem Gebiet der psychologischen Lärmforschung ein ähnliches Vorgehen gewählt, indem unterschiedliche Lärmcharakteristiken in ihrer Wirkung auf psychomotorische Abläufe und auf Lästigkeitsempfindungen geprüft wurden. Alle diese mehr oder weniger komplexen Reizreaktionsuntersuchungen ergaben eine Reihe gesicherter und weitgehend reproduzierbarer Ergebnisse.

### 6.1.1 Lärmbedingte vegetative Reaktionen

Ohne auf einzelne Untersuchungen eingehen zu wollen, soll zuerst erwähnt werden, daß wir für die Messungen im physiologischen Bereich die Änderungen der peripheren Volumenpulse erfaßten. Diese „Fingerpulsamplitudenmessung“ (FPA) muß auf Grund korrelativ verwendeter anderer physiologischer Meßmethoden (im indirekten Meßbereich) als Durchblutungsmessung im Kapillargebiet angesehen werden (vgl. LEHMANN und TAMM, 1956; LEHMANN und MEYER-DELIUS, 1958). Auf Grund weiterer physiologischer Messungen mit diesen und anderen Methoden (z. B. periphere Widerstandsmessungen, Kreislaufanalysen nach WEZLER und BÖGER, 1939, Sphygmographie, Fluvo-graphie), die auch von anderen Autoren durchgeführt wurden, betrachten wir diese Methode als besonders geeignet, um das komplexe physiologische Wirkungsgefüge der lokalen peripheren Kreislaufregulation zu erfassen.

Bei den physiologischen Untersuchungen mit der Volumenpulsmessung war von vornherein klar, daß es sich hierbei um Komplexmessungen handelt, deren einzelne Wirkungskomponenten unterschiedlicher Art sein können; das beobachtete gesetzmäßige Verhalten nach definierten Schallreizen läßt aber daran denken, daß das wie auch immer gestaltete Wirkungsgefüge als Gesamtreaktion aufzufassen ist, die mit akustischen Parametern korrelieren könnte.

Durch polygraphische Aufzeichnungen physiologischer Funktionen in Schallreizversuchen, die auch die Bestimmung der Hörfähigkeit des Menschen einschlossen, konnten differenzierte Ergebnisse erzielt werden, die zur Erklärung der physiologischen Lärmwirkungen in vielen Fällen ausreichen. Es war darüberhinaus möglich, die anfangs besonders in Laienkreisen vertretene Meinung, daß schon mittlere Schallstärken Schädigungen des menschlichen Organismus bedingen können, dahingehend richtigzustellen, daß es sich bei den durch Schallreize verursachten Körperreaktionen um reizadäquate Verarbeitungen handelt.

### 6.1.2 Grenzwerte für Gesundheitsgefährdungen unter somatischem Gesichtspunkt

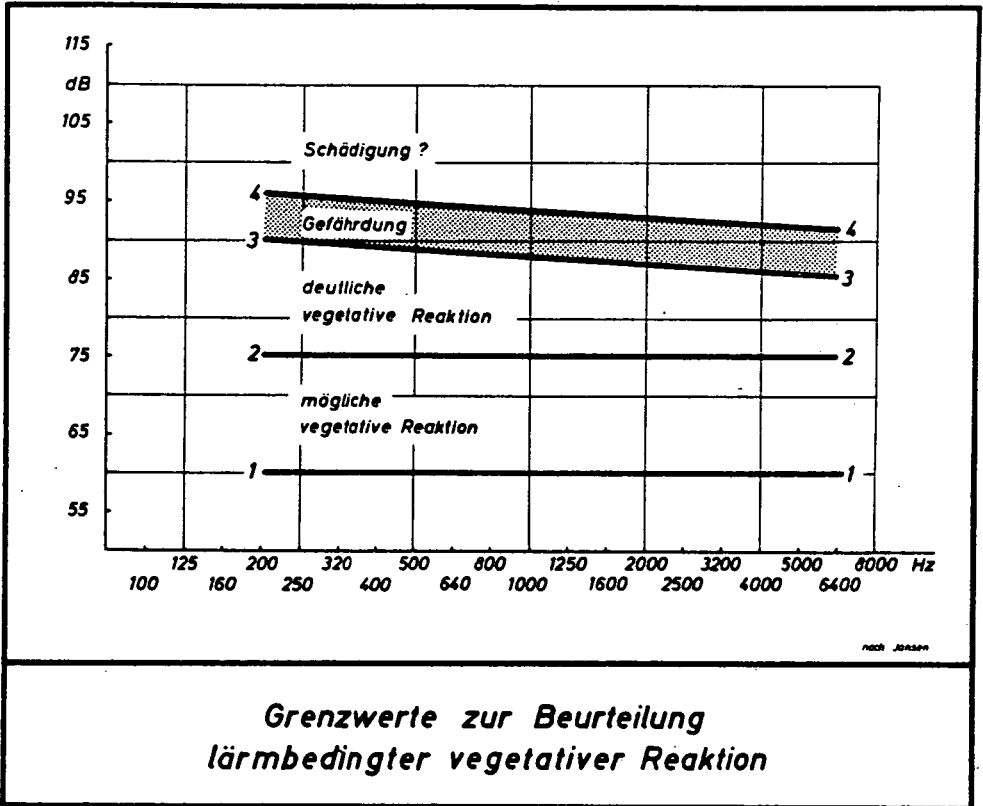
Es war weiterhin zu prüfen, ob die Schallreize bei sehr hohen Intensitäten immer noch als physiologische Reizverarbeitung anzusehen sind. Im Verlauf dieser Untersuchungen konnte festgestellt werden, daß es eine kritische Grenze für die Verarbeitung von Schallreizen gibt (JANSEN, 1967, Abb. 6-1), oberhalb derer Gesundheitsgefährdungen auftreten können.

Der Nachweis der Richtigkeit dieser Aussage ließ sich dadurch führen, daß die gefäßverengende Wirkung des Lärms durch ein gefäßerweiterndes Medikament (Xantional-nicotinat) kompensiert wurde. Da das Medikament bei gesunden Menschen nicht wirkt, sondern nur bei gefäßbedingten Erkrankungen wirksam wird, sahen wir bei Schallreizen unterhalb der kritischen Grenze keine Kompensation; erst bei Schallreizen oberhalb der genannten kritischen Grenze (Linie 3 in Abb. 6-1) war die Kompensationswirkung nachweisbar (JANSEN, KLOSTERKÖTTER, REINEKE, 1964).

Da die kritische Grenze in einem Bereich liegt, in dem auch Lärmschwerhörigkeiten auftreten können, lag es nahe, den Zusammenhang zwischen diesen beiden Grenzwerten für vegetative Belastbarkeit und für Lärmschwerhörigkeit zu prüfen. Es ergab sich ein umgekehrt proportionales Verhältnis, was dahingehend gedeutet wurde, daß bei einem Betroffenen durch Schallreize über den kritischen Werten von 90 bis 100 dB(A) entweder eine Lärmschwerhörigkeit oder eine vegetativ-dystone Erscheinung auftreten müßte.

### 6.1.3 Psychophysiologische Untersuchungen

Außer den genannten vegetativen Lärmuntersuchungen wurden – wie oben schon angedeutet – kombinierte psychologisch-physiologische Untersuchungen durchgeführt. Es war aufgefallen, daß die Ergebnisse der vegetativen Lärmforschung immer nur dann mit Regelmäßigkeit zu erwarten waren, wenn es sich um Reizantworten auf gewohnte, erwartete und bekannte Geräusche handelte, deren Informationsgehalt gering und deren Charakteristik so beschaffen war, daß keinerlei Schreckreaktionen auftreten konnten. Synchron zu den physiologischen Messungen (Fingerpulsamplitudenreaktionen als Indikator für vegetative Lärmwirkungen) wurden psychomotorische Leistungsuntersuchungen



### Grenzwerte zur Beurteilung lärmbedingter vegetativer Reaktion

Abb. 6-1

und psychomotorisch leistungsfreie Verfahren (Schreibdruckwaage) als Untersuchungsmethoden herangezogen, außerdem erfolgte eine Skalierung der Befindlichkeit.

Bei diesen psychologischen Untersuchungen erwies es sich darüberhinaus als wichtig, die psychophysiologischen und psychologischen Reaktionen unter typologischem Gesichtspunkt zu prüfen, um moderierende Faktoren in ihrer Bedeutung zu erkennen. Diese moderierenden Faktoren waren primär als intrapsychische bzw. psychosomatisch konstitutionelle Einflüsse verstanden worden. Zu ihrer Feststellung wurden eine Reihe psychologischer Verfahren herangezogen, z.B. die EYSENCK-BRENGELMANN'schen Klassifikationen nach den Symptomen des Neurotizismus, der Rigidität und der Extraversion. Darüberhinaus wurden aber auch die soziale Selbsteinschätzung (Social Desirability), die Prüfungsangst und andere Moderatorvariablen als Kenngrößen in unsere Untersuchungen zur psychosomatischen Lärmforschung eingeführt.

Bezüglich der physiologischen Reaktion auf Geräusche ergab sich in einer größeren Untersuchungsreihe z. B., daß bei informationshaltigen Geräuschen ‚labile‘ Versuchspersonen immer stärkere Reaktionen zeigen als ‚extrem stabile‘ Versuchspersonen, während dieser Unterschied bei informationslosen Geräuschen nicht bestand. Hier er erwiesen sich die schon bei den rein physiologischen Untersuchungen gewonnen Gesetzmäßigkeiten, d.h. die Abhängigkeit von den akustischen Parametern Intensität und Bandbreite, als vorrangig (JANSEN und HOFFMANN, 1971).

#### 6.1.4 Feldstudien

Die Frage nach einer besonderen physiologischen Auswirkung von Fluglärm auf den Menschen wurde in den früheren Untersuchungen am Max-Planck-Institut, Dortmund, nicht geprüft, weil wir im wesentlichen an einer Grundlagenforschung interessiert waren. Zudem zeigte sich bei einer Feldstudie an über 1.000 Stahlarbeitern, daß bei den stark lärmexponierten Arbeitern ohne Lärmschwerhörigkeit, nach durchschnittlich elfjähriger Lärmbelastung, vegetative Symptome als Zeichen einer Gesundheitsstörung signifikant stärker auftraten, als die gleichen Symptome bei schwach belärmten Stahlarbeitern (JANSEN, 1959). Diese Ergebnisse konnten wir aus unseren experimentellen Ergebnissen der Grundlagenforschungen erklären, so daß in diesen frühen Stadien dem Fluglärm kein besonderes Augenmerk zugewendet wurde.

Als in den Jahren 1963/64 infolge der zunehmenden Aktualität des Fluglärmproblems die Frage aufgeworfen wurde, ob dem Fluglärm eine besondere Bedeutung im Rahmen des allgemeinen Lärmgeschehens zukommen könnte, wurde im Max-Planck-Institut die Überlegung angestellt, ob zwischen soziologischen, psychologischen und physiologischen Reaktionen in praktischen Lärmsituationen Zusammenhänge bestehen können, die bei der Beurteilung von Lärmwirkungen und speziell beim Zustandekommen von Fluglärmwirkungen in Rechnung gesetzt werden müßten. Diese Überlegungen waren in den oben beschriebenen physiologischen Untersuchungen weitgehend unberücksichtigt geblieben. Es ergab sich daher die Frage, welchen Stellenwert die bisher gewonnenen physiologischen Grundlagenuntersuchungsergebnisse erhalten würden, wenn die lärmbedingten soziologischen- und psychologischen Reaktionen als wesentliche Bedingungsfaktoren in eine „Gesamtlärmreaktion“ eingehen würden. Die Diskussion am Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie, Dortmund, (damaliger Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. h. c. G. Lehmann) über eine Bearbeitung dieser Fragestellung ergab, daß neben institutsinternen, gezielten Experimentalserien am besten interdisziplinär angelegte Feldstudien von sachkundigen Forschern der genannten Bereiche, die nicht an unserem Institut arbeiteten, brauchbare Ergebnisse liefern würden. Der zur gleichen Zeit in der Senatskommission „Lärmforschung“, deren Vorsitzender Lehmann damals war, aufkommende Gedanke einer interdisziplinären Fluglärmuntersuchung entsprach daher den institutsinternen Überlegungen, so daß sich die arbeitsphysiologische Lärmforschung in die geplante interdisziplinäre Studie sinnvoll eingliederte.

Bei der später beschlossenen Feldstudie (vgl. auch Kapitel 1 und Kapitel 2) über die Auswirkungen des Fluglärms wollte die Arbeitsphysiologische Sektion neben einer Bestätigung ihrer bisherigen experimentellen Ergebnisse feststellen, ob die bei lärmexponierten Stahlarbeitern auftretenden peripheren Kreislaufbeeinflussungen sich auch bei fluglärmexponierten Bevölkerungsteilen genauso deutlich finden lassen würden oder gar nicht zu finden seien. Weiterhin sollte im Rahmen dieser interdisziplinären Untersuchung geprüft werden, wie das von der Arbeitsphysiologischen Sektion herangezogene Beurteilungskriterium (FPA) des Lärms mit weiteren psychologischen, soziologischen und medizinischen Beurteilungskriterien korreliert oder verbunden ist, und ob die Schlußfolgerungen aus unseren bisherigen Lärmuntersuchungen für die Beurteilung praktischer Lärmsituationen berechtigt sind, oder einer Überprüfung unterzogen werden müssen.

#### 6.1.5 Untersuchungen über Hörschärfe

Parallel zu den Untersuchungen über lärmbedingte Änderungen der peripheren Durchblutung und anderer physiologischer Funktionen wurden auch jeweils audiometrische Erhebungen durchgeführt, um festzustellen, ob die Hörschwellenabwanderung in ihrer

*do not translate*

*Ref to p 425*

6.1.5

Größe einen Zusammenhang aufweist mit dem Auftreten der peripheren vegetativen Reaktionen.

Da man einen statistischen – wenn auch losen – Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer zeitweisen Vertäubung (Temporary Threshold Shift, TTS) und einer bleibenden Hörschädigung nach jahrzehntelanger Einwirkung während mehrerer Stunden täglich annimmt, war zu erwarten, daß auch zwischen dem Auftreten von vegetativen Störungen durch Lärm nach jahrelanger Beeinflussung – wie sie sich in der erwähnten Untersuchung über den Lärmeinfluß bei Stahlarbeitern zeigten – und den experimentell hervorgerufenen lärmbedingten, vegetativen Reaktionen ein Zusammenhang besteht. Es lag daher der Gedanke nahe, daß auch ein Zusammenhang zwischen der otologischen und der vegetativen Lärmwirkung bestehen könnte. Zu den erwähnten Untersuchungen an Stahlarbeitern wurden nur solche herangezogen, bei denen trotz der durchschnittlich elf Jahre bestehenden Lärmbelastung noch keine Anzeichen einer Lärmschwerhörigkeit vorhanden waren. In experimentellen Untersuchungen war es nunmehr möglich, einen umgekehrt proportionalen Zusammenhang zwischen dem Auftreten der Hörschwellenabwanderung und der Größe der vegetativen Reaktion festzustellen. Dies bedeutet, daß Menschen mit starker vegetativer Reaktion bei dem gleichen Schallreiz eine sehr geringe Hörschwellenabwanderung haben und umgekehrt, daß alle Menschen mit hoher Hörschwellenabwanderung eine geringe vegetative Reaktion aufweisen (Abb. 6-2).

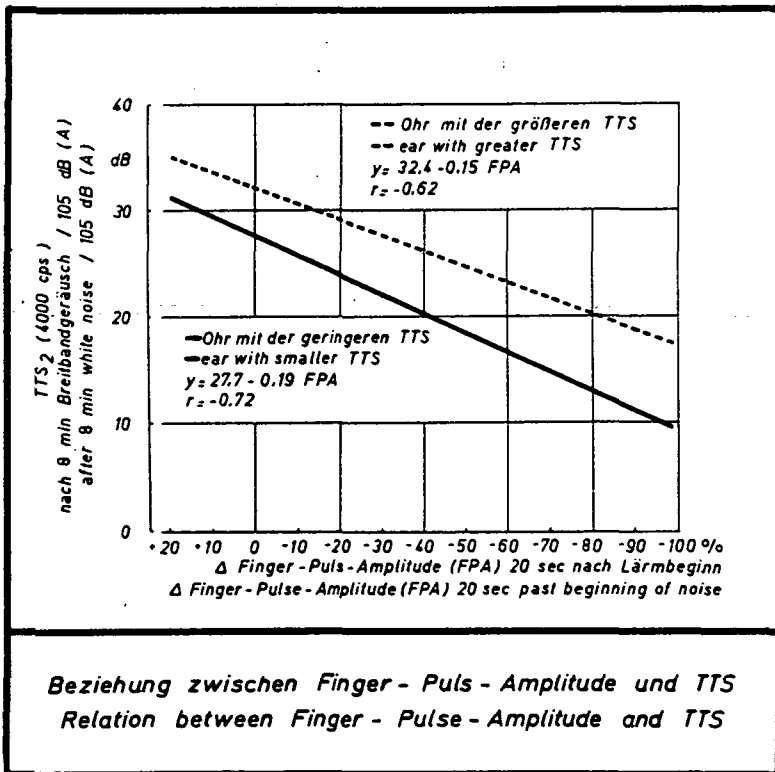


Abb. 6-2

Aus einem anderen Grunde war jedoch die Untersuchung über die Hörschärfe im Rahmen der Fluglärmstudie der Deutschen Forschungsgemeinschaft von besonderer Bedeutung; durch die Standarderhebungen von FLETCHER und MUNSON, 1933, und die im Jahre 1956 wiederholten Untersuchungen von ROBINSON und DADSON ergab sich, daß sich die Hörschwelle für den Ton 1.000 Hz um 4 dB verschlechtert hatte, d. h. während die Hörschwelle bei FLETCHER und MUNSON noch definitionsgemäß mit 0 dB bei 1.000 Hz angegeben wurde, stellten ROBINSON und DADSON fest, daß die Hörschwelle ihrer Testpersonen bei + 4 dB (1.000 Hz) gelegen war. Durch die Untersuchungen von ROSEN sowie JANSEN, SCHULZE, ROSEN, PLESTER und EL-MOFTY konnte aber nachgewiesen werden, daß bei den auf sehr tiefer Kulturstufe stehenden zentralafrikanischen Mabaan das Hörvermögen besonders gut erhalten war und die Altersschwerhörigkeit bei weitem nicht so ausgeprägt auftrat wie bei vergleichbaren Kollektiven aus Mitteleuropa und Amerika. ROSEN hat sich auf Grund dieser Mabaan-Untersuchungen und zusätzlichen anderen Untersuchungen bemüht, das Entstehen von Altersschwerhörigkeit auf Grund vieler kombinierter Einflüsse zu erklären. Er kommt zu der Auffassung, daß im wesentlichen die ständigen Mikrotraumatisierungen durch Lärm verantwortlich sind für das Auftreten verstärkter Alterungsprozesse am Hörorgan, die bei den zivilisierten Bewohnern Mitteleuropas und Nordamerikas zwar als ‚altersbedingte Standardhörverluste‘ bezeichnet werden, in Wirklichkeit aber als vorzeitige unphysiologische Altersphänomene anzusprechen sind.

Die Hörschärfestimmungen im Rahmen des Gemeinschaftsprojektes Fluglärm der Deutschen Forschungsgemeinschaft verfolgten somit mehrere Zwecke; es sollte einesteiis festgestellt werden, ob bestimmte Formen der Schwerhörigkeit und das Auftreten von Ohrerkrankungen häufiger zu verzeichnen waren als in der normalen Bevölkerung. Darüberhinaus sollte festgestellt werden, ob die besondere Fluglärmsituation eine Beeinflussung der Hörschärfe hervorrief; weiter sollte geprüft werden, ob gegebenenfalls Hörschärfeminderungen mit anderen Parametern oder Moderatoren im Zusammenhang stehen.

## 6.2 Konzeption und Fragestellungen der Untersuchungen

Die Konzeption der Untersuchungen der Arbeitsphysiologischen Sektion im Fluglärmprojekt ergibt sich aus der im Kapitel 6.1 dargestellten Gesamtuntersuchungskonzeption im Rahmen der psychosomatischen Lärmforschung und aus der besonderen Fragestellung (Kapitel 6.1.4 und 6.1.5). Es mußte eine Antwort auf die Frage gefunden werden, ob die Reaktion, die bei Fluglärm in der akuten Lärmsituation entsteht, vergleichbar mit der Reizantwort auf andere Lärmarten oder neutrale Lärmereignisse ist und durch die gleichen Interpretationen zu erklären ist. Konkret könnte dies z. B. bedeuten, daß ein Fluglärm, ein Straßenverkehrslärm und ein neutrales Rauschen gleichartige vegetative Veränderungen bewirken, wenn die akustischen Gegebenheiten konstant gehalten werden, d. h. wenn der Schallpegel, die Bandbreite, die Frequenzverteilung und der zeitliche Ablauf vergleichbar blieben. Die zweite Frage, die eine gesonderte Konzeption erfordert, ist, ob die bewußte und gefühlsmäßige Verarbeitung einen Einfluß auf das physiologische Verhalten und auch auf die psychosomatischen Interaktionen ausübt. Schließlich fragt es sich, ob zwischen den Hörschärfeergebnissen und den übrigen psychovegetativen Ergebnissen Zusammenhänge bestehen.

In den eingangs beschriebenen Grundlagenforschungen zeigte sich, daß bestimmte vegetative Reaktionen regelmäßig bei Erscheinen eines Schallreizes auftreten – eine Tatsache, die auch von vielen anderen Forschern beobachtet wurde und gelegentlich zu der globalen Aussage führte, daß auf der Ebene des autonomen Nervensystems eine Gewöhnung nicht möglich sei. Diese verallgemeinerte Aussage kann natürlich nicht beibehalten werden, da es durchaus gewöhnungsfähige Schallreaktionen im menschlichen Organismus gibt, wie aus zahlreichen physiologischen und psychologischen Untersuchungen hervorgeht. Die Gewöhnung ist ein lebensdienliches Element, ohne das der Mensch schutzlos den einwirkenden Reizen ausgeliefert wäre. Unabhängig davon, daß Gewöhnung jederzeit durchbrochen werden kann (KLOSTERKÖTTER), muß festgestellt werden, daß auf bestimmten Ebenen des vegetativen Systems reizbedingte Reaktionen immer wieder zu sehen sind, so daß von konstant auftretenden Reaktionen gesprochen werden muß. Der entsprechende Nachweis an langjährig lärmexponierten Menschen auch im Experiment wurde bereits erbracht (JANSEN, 1971).

Im Zusammenhang mit dem Fluglärmproblem ergibt sich daher die Frage, ob es auf der Ebene der psychosomatischen Verarbeitung eines Schallreizes (hier des Fluglärms) eine Gewöhnung gibt, oder ob es auch hier zu konstant auftretenden Reaktionen kommt.

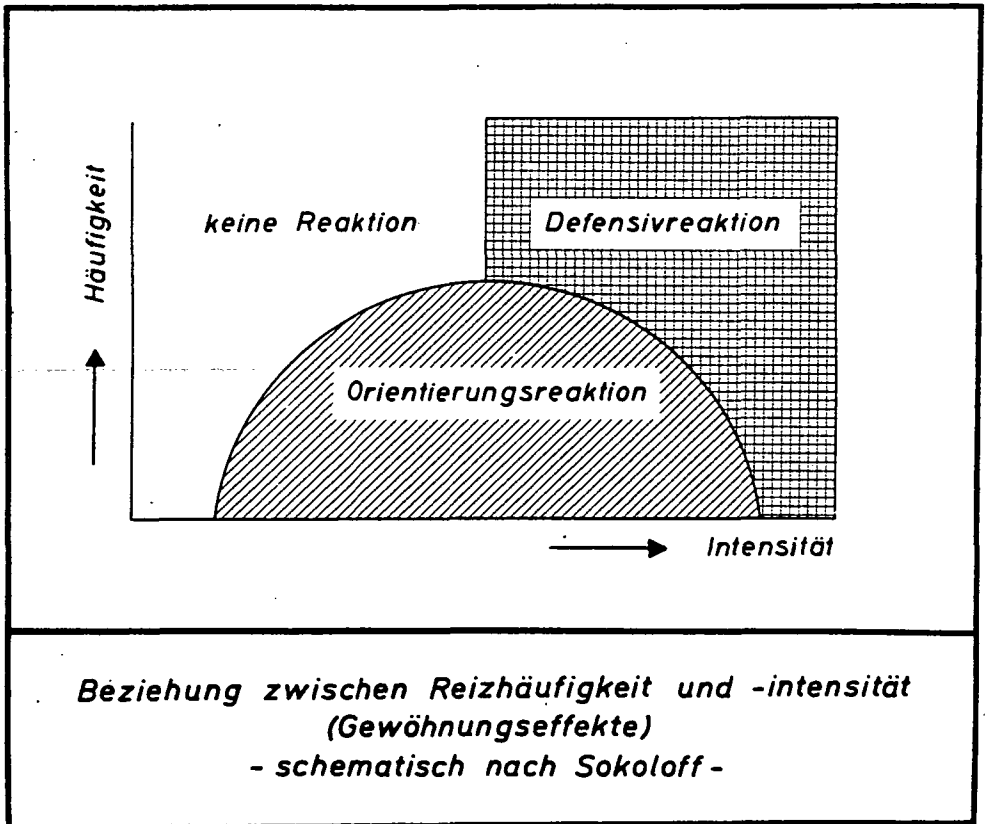


Abb. 6-3



Dies bedeutet mit anderen Worten: Kommt es durch jahrelange Einwirkung von Fluglärm zu einer sogenannten ‚adaptiven Bewältigung‘ oder wird immer wieder eine ‚defensive Abwehrreaktion‘ ausgelöst? (Vergleiche hierzu auch die Konzeption der Psychologischen Sektion, Kapitel 5). Eingehende Untersuchungen zu dem Problem der Gewöhnungsfähigkeit lagen schon von verschiedenen Autoren vor, so daß in die Konzeption der Untersuchung die von SOKOLOFF, 1963, sowie LYNN, 1966, beschriebenen Orientierungs- und Defensivreaktionen Eingang fanden. SOKOLOFF, 1963, beschreibt das Auftreten von Orientierungsreaktionen am physiologischen Verhalten der Kopf- und Fingerdurchblutung. Eine stark vereinfachte, schematische Darstellung ist in Abb. 6-3 gegeben, die zeigt, daß es bei sehr geringen Reizintensitäten (Schallintensitäten) zu keinerlei Reaktion kommt. Sind die Intensitäten größer, so kommt es zu einer Orientierungsreaktion. Diese Orientierungsreaktion wird jedoch durch häufige Wiederholung zu einer gewöhnungsfähigen Reaktion, die dadurch gekennzeichnet ist, daß es zu einer Adaptation, d. h. zu einem Verschwinden der reizbedingten Reaktion kommt.

Bei den physiologischen Messungen zeigt sich die Orientierungsreaktion darin, daß die Kopfpulsamplitude bei Schallreizbeeinflussung keinerlei Veränderung oder aber eine Vergrößerung erfährt, während die periphere Reaktion in den oberen Extremitäten – also die Fingerpulsamplitude – eine Verringerung aufweist. Dieses gegensätzliche Verhalten weist auf ein Ausgleichen, letztlich also auf eine Adaptationstendenz der Organismus, hin. Bei einer bestimmten Intensität im Bereich um 85 dB(A) treten in Laboratoriumsversuchen Orientierungsreaktionen auf, die dadurch charakterisiert sind, daß sie bei häufiger Wiederholung nicht mehr der Gewöhnung unterworfen sind, sondern in Defensivreaktionen umschlagen. Man erkennt dies in unseren Versuchen daran, daß die Kopfpulsamplitude und die periphere Pulsamplitude nach genügend langer Wiederholung schließlich gleichartig im Sinne einer Vasokonstriktion verlaufen. Werden die Intensitäten noch größer gewählt, so kann es vorkommen, daß sogleich bei den ersten Schallreizen schon Defensivreaktionen ausgelöst werden. Es war also vornehmlich an den beiden Parametern Finger- und Kopfpulsamplitude zu prüfen, ob verschiedene Schallintensitäten Orientierungs- oder Defensivreaktionen auslösen und weiterhin, ob die jahrelange Fluglärmbeeinflussung zu einem konstanten Auftreten von Defensivreaktionen geführt hat, oder ob eine adaptative Bewältigung vorhanden ist. Besteht eine adaptative Bewältigung, so fragt sich, ob sie durch moderierende Einflüsse zu erklären ist.

Aus den Ergebnissen früherer Untersuchungen (vergleiche 6.1) war hervorgegangen, daß nur multivariate Aufzeichnungen als moderne Untersuchungsmethoden bezeichnet werden können und daß es vor allen Dingen auf eine interdisziplinäre Ausweitung eines multivariaten Ansatzes ankommt, um insbesondere intervenierende Variablen (umweltbedingte und persönlichkeitsbestimmte Moderatoren, vergleiche 8.1.2) zu erfassen.

In den Diskussionen, die der Untersuchung im Fluglärmprojekt vorangingen, wurden die Grundlagenforschungsergebnisse und die Konzeptionen in der hier dargelegten Weise mit den anderen Sektionen besprochen. Dabei ergaben sich die engsten Berührungspunkte zu der Psychologischen Sektion, da auch bei dieser Sektion ähnliche Überlegungen hinsichtlich der adaptativen Bewältigungstheorie bzw. der Defensivreaktion angestellt worden waren (vergleiche 5.1). Die Psychologische Sektion fragte bei der Suche nach möglichen Verhaltensbereichen für Änderungen durch Fluglärm, ob auf dem Gebiet der Aufnahme und Verarbeitung von Informationen Unterschiede in drei verschiedenen Ebenen auftreten könnten. Diese Ebenen, die als *direkte* und *indirekte* Lärmverarbeitung sowie der *Informationsverarbeitung in Ruhe* definiert wurden (vergleiche 5.1) wurden auch von der Arbeitsphysiologischen Sektion als wesentlich erachtet.

## 6.2

Die Arbeitsphysiologische Sektion versuchte somit, ihre bisherigen Ergebnisse durch neuerliche Untersuchungen und durch Vergleiche mit den Ergebnissen der anderen Sektionen zu bestätigen; weiterhin wollte sie Moderatorvariablen in ihre Untersuchungen einbeziehen und dadurch die Aussagekraft und den Stellenwert ihrer bisherigen Untersuchungen und Methode zur Beurteilung von Fluglärm ermitteln. Als weiteres Ziel der Arbeitsphysiologischen Sektion bot sich im Rahmen der interdisziplinären Bearbeitung des Fluglärmproblems an, die Bedeutung der Hörschärfe besser als bisher zu erkennen.

## 6.3 Auswahl der Variablen

### 6.3.1 Voruntersuchung

Obwohl das Fluglärmteam die Hamburger Voruntersuchung als eine methodische Voruntersuchung erachtete, ging die Arbeitsphysiologische Sektion bereits bei dieser Untersuchung daran, gemäß der Konzeption nachzuprüfen, ob die bisher gefundenen Ergebnisse der psychosomatischen Lärmforschung auch im Hinblick auf das Fluglärmproblem ihre Geltung behalten können.

Es wurden in Hamburg (vergleiche hierzu 2.2.3 und 2.2.4) bestimmt:

1. die Hörschwelle,
2. die periphere Durchblutung in Form des Volumenpulses (Fingerpuls-Amplitude)

Als Lärm wurde ein Fluglärm von 90 dB, ein Straßenlärm von 90 dB und ein weißes Rauschen von 90 dB gegeben. Die Abfolge der Lärmstöße erfolgte in der Kontrollgruppe und in der Experimentalgruppe jeweils bei der Hälfte der Versuchspersonen nach Zufallsfolge und bei der anderen Hälfte in starrer Folge; der Versuchsaufbau ist im Annexband (A 6.3) beschrieben.

### 6.3.2 Hauptuntersuchung

In der Münchener Hauptuntersuchung wurden in gemeinsamer Konzeption mit der Psychologischen Sektion (vergleiche Kapitel 5.1 bis 5.3) folgende physiologischen Messungen durchgeführt:

1. Ruhehörschwelle
2. Fingerpulsamplitude
3. Kopfpulsamplitude
4. elektrische Muskelaktivität
5. ein Tracking-Test  
(vergleiche Beschreibung bei der Psychologischen Sektion)

Als Schallreize wurden in Abweichung von der Voruntersuchung in Hamburg keine unterschiedlichen Geräuschqualitäten mehr gewählt, sondern nur noch weißes Rauschen mit den Schallpegeln von 85 dB und 100 dB. Die Lärmversuche fanden in den letzten 5 Minuten des Tracking-Tests statt. Die Beschreibung der weiteren in der gemeinsamen psychologisch-arbeitsphysiologischen Untersuchung verwendeten Variablen ist bei der Darstellung der Psychologischen Sektion (vergleiche Kapitel 5.1 und 5.3) erfolgt, da gemäß der Konzeption außer den physiologischen Registrierungen auch noch psychologische Testverfahren herangezogen werden mußten.

## 6.4 Physiologischer Untersuchungsansatz

Die Arbeitsphysiologische Sektion führte ihre Untersuchungen in Hamburg mit den in 6.3.1 angegebenen Variablen und den dafür erforderlichen physiologischen Methoden durch. Gemäß der Konzeption kam es bei der Hamburger Voruntersuchung schon darauf an, eine Bestätigung der bisherigen Laboratoriums- und Feldstudienuntersuchungen zu erhalten.

In der Hauptuntersuchung sollte sodann eine Erweiterung des Untersuchungsprogramms vorgenommen werden; hierbei sollte es sich im wesentlichen um zusätzliche physiologische Parameter (Muskelaktivität, Kopfpulsamplitude und psychomotorisches Verfahren) handeln und zum anderen sollten rein psychologische Meßparameter eingeführt werden. Wie schon angedeutet, ergab sich in den vorbereitenden Diskussionen für die Hauptuntersuchung, daß die Ziele der Arbeitsphysiologischen Sektion und der Psychologischen Sektion für weite Bereiche – nicht zuletzt auf Grund der sehr ähnlichen Untersuchungskonzeption – identisch waren. Es bot sich daher in der Hauptuntersuchung ein gemeinsamer Ansatzpunkt an, der dann schließlich auch zu einer integrierten psychophysiologischen Versuchsanordnung führte.

### 6.4.1 Vorarbeiten und Versuchsanordnungen

Da es sich bei der Erhebung von Audiogrammen, Abnahme von Fingerpulsamplituden und Registrierung der elektrischen Muskelaktivität um wissenschaftliche Standardmethoden handelte, waren hierzu keine weiteren methodischen oder sonstigen Vorarbeiten notwendig. Es wurden die vorhandenen und handelsüblichen Apparaturen, die am Max-Planck-Institut und später am Universitätsklinikum Essen benutzt wurden, auch zu den Untersuchungen in Hamburg und München herangezogen, so daß eine Vergleichbarkeit mit früheren Untersuchungen gewährleistet war. Versuchsanordnung und Auswertungen der Hamburger Voruntersuchungen wurden in Abstimmung zu den früheren Untersuchungen am Max-Planck-Institut, Dortmund, entwickelt und sind im Annex 6.3 wiedergegeben. Die Meßapparaturen für die psychomotorische Leistungsfähigkeit bzw. Ermüdungsneigung wurden von der Psychologischen Sektion für die Untersuchungsreihe zur Verfügung gestellt und sind dementsprechend im Bericht der Psychologischen Sektion, Kapitel 5.1, beschrieben worden.

Nach der Hamburger Voruntersuchung erwies es sich als notwendig, entsprechend den Angaben von SOKOLOFF ein neues Meßverfahren für die Aufzeichnung der Kopfpulsamplituden zu entwickeln. Während bei SOKOLOFF angegeben wird, daß eine Abnahme der Hirndurchblutung an der Kopfhaut und zwar in einer Gegend, die zwischen dem seitlichen Augenwinkel und dem Beginn des äußeren Gehörganges zu suchen ist, möglich sei, muß hier festgestellt werden, daß durch die Erfassung der dort aufzeichenbaren Pulsationen lediglich die Kopfhautdurchblutung erfaßt werden kann, da die Durchblutung der Hirnteile ausschließlich von der Arteria carotis interna gewährleistet wird, die man aber an der Kopfhaut nirgendwo ableiten kann – es sei denn, daß man Schleimhautareale, z.B. im Nasen-Rachen-Raum, für diese Messung zugänglich machen kann. Wir betrachten daher die Abnahme der Kopfpulsamplitude an der angegebenen Stelle lediglich als eine Meßgröße, die die Durchblutungsverhältnisse in der Kopfhaut und zwar von der Arteria carotis externa wiedergibt. Die Messungen setzen uns aber in die Lage, lokalantagonistische Regelungsmechanismen der äußeren Durchblutung und damit – gemäß der Konzeption von SOKO-

#### 6.4.1

LOFF und der von uns auch aufgestellten Theorien – den Unterschied zwischen Orientierungs- und Defensivreaktionen zu erfassen.

Die Entwicklung des Fingerpulsabnehmers erfolgte 1962 am Max-Planck-Institut in Dortmund (vergleiche JANSEN und THUTEWOHL) aus methodischen Erwägungen. Mit dem gleichen Prinzip (Brückenschaltung nach dem Halbbrückenprinzip) wurde ein Dehnungsmeßstreifen auf einer flexiblen Stahlzunge wiederum als Wegaufnehmer des volumenpulsatorischen Verhaltens entwickelt. Es wurden lediglich die äußeren Formen des Meßfühlers der flächigen, meist muldenförmigen Kopfhautgegend zwischen dem seitlichen Augenwinkel und dem vorderen Rand des äußeren Gehörgangs angepaßt. Der Kopfpulsabnehmer ist insofern ein für die Anbringung an der Kopfhaut umgebauter Fingerpulsabnehmer und besitzt dementsprechend sämtliche elektrischen Kenngrößen in Übereinstimmung zum Fingerpulsabnehmer, er eignet sich daher zu Vergleichsmessungen. Alle Kriterien, die bei der Entwicklung des Fingerpulsabnehmers berücksichtigt worden waren, gelten auch für den Kopfpulsabnehmer. Während die Fingerpulsabnehmer im Handel erhältlich sind, handelt es sich bei den Kopfpulsabnehmern um eigene Anfertigungen.

#### 6.4.2 Abstimmung der Erhebung, Auswertung und Datenanalyse mit der Psychologischen Sektion

Wie schon mehrfach beschrieben (6.3.2/6.4.1) wurden die Untersuchungen in München mit der Psychologischen Sektion gemeinsam durchgeführt. Es wurde daher auch der Versuchsplan gemeinsam entworfen. Er ist bei der Psychologischen Sektion in Kapitel 5.1 beschrieben worden. Mitarbeiter der Arbeitsphysiologischen Sektion wurden mit den Mitarbeitern der Psychologischen Sektion zu einer gemeinsamen Untersuchungsgruppe zusammengefaßt. Es wurde Einverständnis darüber erzielt, daß die audiometrischen Untersuchungen ausschließlich von den arbeitsphysiologischen Mitarbeiterinnen (\*) durchgeführt wurden, während sie im dreigeteilten physiologischen Untersuchungsgang lediglich im ersten – nämlich dem physiologischen – Teil eingesetzt wurden und hierbei im wesentlichen für die Armierung der einzelnen Meßfühler (Fingerpuls, Kopfpuls, Muskelaktivität) verantwortlich waren und die direkt schreibenden Registriergeräte überwachten. Die genannten drei physiologischen Parameter und die Tracking-Leistung wurden über entsprechende Zwischenglieder (vergleiche Bericht der Psychologischen Sektion) zu einem Magnetband geleitet, wo die Aufzeichnung erfolgte. Hinter das Magnetband wurde ein direktschreibendes Gerät (Oscilloscript) geschaltet, um nicht nur dokumentarisch die Reaktionen festhalten zu können, sondern auch zu prüfen, ob die auf dem Band aufgezeichneten Werte zur späteren Datenverarbeitung geeignet waren.

Bezüglich der Auswertung wurde vereinbart, daß unabhängig von der Datenanalyse in Berlin (die durch Angehörige der Psychologischen Sektion unter Leitung von Herrn Dipl.-Psych. Guski durchgeführt wurden) die Verläufe der einzelnen Kurven bei den einzelnen Versuchspersonen hinsichtlich des Verhaltens in den letzten 5 Minuten des Tracking-Testes von der Arbeitsphysiologischen Sektion selbstständig ausgewertet wurden. Dabei erfolgten Ausmessungen der Pulsamplituden in jeder fünften Sekunde. Die dabei anfallenden Verläufe

---

(\*) Frau Margret BANASZAK und Fräulein Elke KOTHE führten diese Untersuchungen wie auch die audiometrischen Erhebungen während der Münchener Untersuchungszeit durch. Frau Banaszak führte in Hamburg die Voruntersuchungen durch, so daß die Konstanz der Versuchsabläufe und Auswertungsmodi gewährleistet war.

und Mittelwertbildungen wurden mit den Rohwerten der über Band gewonnenen Daten der Psychologischen Sektion verglichen, um bei der weiteren Behandlung der Rohwerte, die dann in einer Großrechenanlage erfolgte, die Gewißheit zu haben, von verlässlichen und tatsächlichen aufgetretenen Rohwerten ausgegangen zu sein. Bezüglich der Datenanalyse wurde eine enge Zusammenarbeit mit der der Psychologischen Sektion so gestaltet, daß nach dem Vorliegen der Rechnungen der einzelnen Datensätze gemeinsame Diskussionen durchgeführt und das weitere Vorgehen für neuerliche Berechnungen abgesprochen wurden. Von seiten der Arbeitsphysiologischen Sektion wurde vor allen Dingen der physiologisch inhaltlichen Seite der Auswertung besonders Gewicht beigelegt.

## 6.5 Durchführung und Ergebnisse der Untersuchungen

### 6.5.1 Ergebnisse der Voruntersuchung

Die Ergebnisse der Pulsamplituden-Messungen sind in Abb. 6-4 wiedergegeben. Es zeigte sich, daß während der einzelnen Lärmphasen gegenüber den vorhergehenden Ruhepausen durchschnittlich eine signifikante Verminderung der Pulsamplitude eintrat. Vergleicht man in Abb. 6-4 die Werte der Experimentalgruppe und der Kontrollgruppe in den vier Lärmphasen, so stellt man fest, daß sie weitgehend parallel verlaufen. Die Unterschiede zwischen den beiden Kurven konnten mit dem herkömmlichen Verfahren (t-Test) als „nicht signifikant unterschieden“ bestimmt werden. Während die beiden Breitbandgeräusche jeweils gleichgroße Reaktionen hervorriefen, ist die Reaktion auf Fluglärmgeräusche deutlich geringer. Die Reaktion bei den Straßenverkehrsgeräuschen liegt dagegen in der Größe der Reaktion auf Breitbandgeräusche.

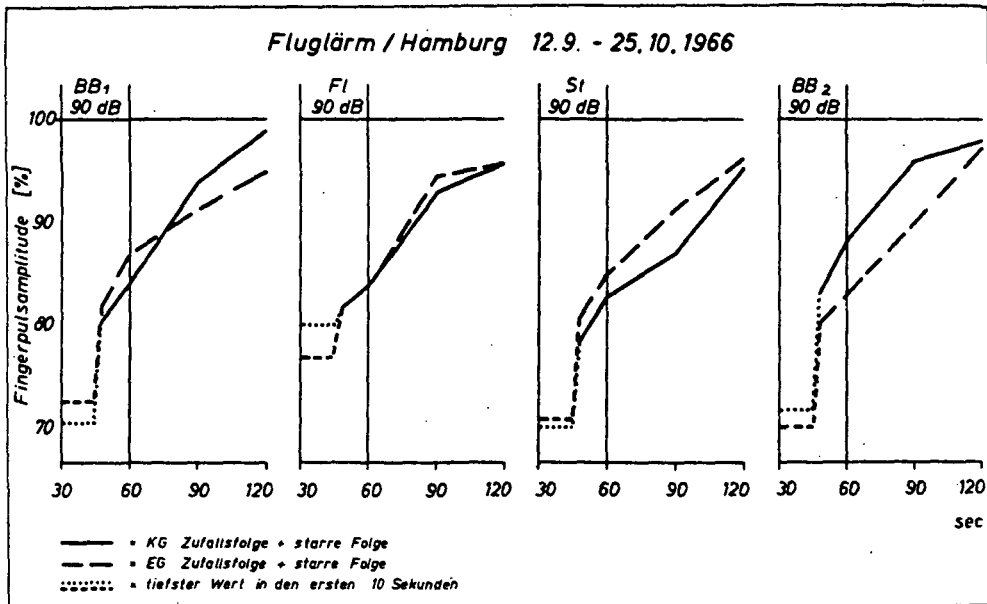


Abb. 6-4 Ergebnisse der audiometrischen Untersuchungen bei der Voruntersuchung

### 6.5.1

Diese Feststellung überrascht, da man vermuten könnte, daß Fluglärm geringere Reaktionen hervorruft als Straßenlärm oder Breitbandgeräusche, die die gleiche Intensität wie der Fluglärm hatten. Eine Terzanalyse des im Untersuchungsraum dargebotenen Fluglärms (vergleiche Annex A 6.5.1, Abb. A 6-1) zeigte, daß der Spitzenpegel von 90 dB erst 18–20 Sekunden nach Lärmbeginn auftritt. Beim Straßenverkehrslärm (vergleiche Annex A 6.5.1, Abb. A 6-2, Terzanalyse) ist erkenntlich, daß die Schallintensität von 90 dB während der ganzen Versuchsdauer vorhanden ist. Betrachtet man nun den Pulsamplitudenwert 18 Sekunden nach Lärmbeginn (Abb. 6-4), so ergibt sich, daß zu diesem Zeitpunkt in allen Lärmphasen gleiche Prozentwerte der peripheren Reaktion vorliegen. Dies läßt den Schluß zu, daß die von uns gemessene vegetative Reaktion in ihrer Stärke eine lineare Proportionalität zur Schallintensität aufweist. Die Ergebnisse der audiometrischen Untersuchungen sind in Abb. 6-5 wiedergegeben; ihre Besprechung erfolgt in Kapitel 6.6.5.

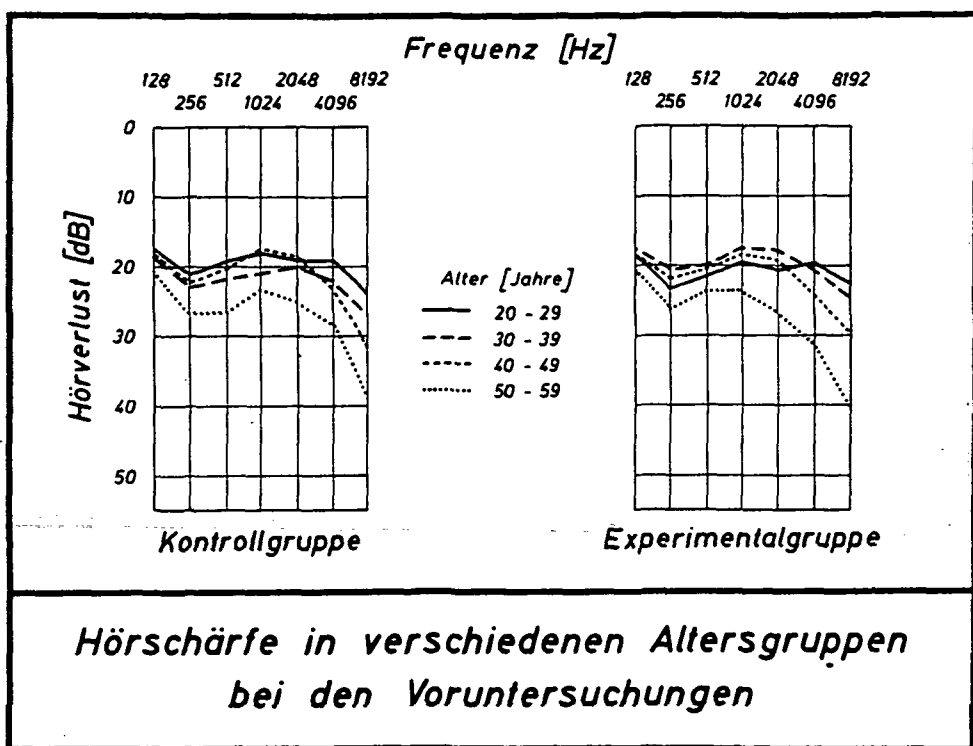


Abb. 6-5

### 6.5.2                      Schlußfolgerungen der Voruntersuchungen

Auf Grund der aus der Voruntersuchung vorliegenden Ergebnisse ließ sich schon folgern, daß auch jahrelanger Einfluß von Fluglärm nicht dazu führt, daß lärmbedingte vegetative Reaktionen bei Schallreizen mit hoher Intensität ausbleiben. Die bisherigen, in dieser

Richtung durchgeführten Untersuchungen und Ergebnisse der Lärmforschung erfuhren durch die vorliegenden Versuche eine Bestätigung.

Da in Hamburg nur Frauen untersucht wurden, erschien es sinnvoll, an einem größeren Kollektiv, welches auch männliche Versuchspersonen enthielt, die eingangs erwähnte Arbeitshypothese (Kapitel 6.1.4) weiter zu unterbauen.

Unsere Berechnungen und die Interpretationen der Voruntersuchungsergebnisse betrachteten nur durchschnittliche Reaktionen der beiden untersuchten Gruppen. Da die Streuungen aber groß waren, sollte bei der Hauptuntersuchung geprüft werden, wie hoch der unterschiedliche Ausfall der vegetativen Reaktionen beim Einzelnen oder bei Gruppen unterschiedlicher Lärmbelastung mit anderen physiologischen, psychologischen und soziologischen Verhaltensänderungen korreliert ist.

### 6.5.3 Ergebnisse der Hauptuntersuchung

Auf eine umfassende Besprechung der Ergebnisse des arbeitsphysiologischen Teils der Hauptuntersuchung wird hier verzichtet, da die Besprechung der physiologischen Untersuchungen im Rahmen der gemeinschaftlichen arbeitsphysiologisch-psychologischen Untersuchungen im Bericht der Psychologischen Sektion erfolgt (5.4). Die Ergebnisse der audiometrischen Untersuchung sind in Abb. 6-6 wiedergegeben (vergleiche hierzu auch 8.5.2 und Tab. 8-6). Die Interpretation der audiometrischen Untersuchungen der Arbeitsphysiologischen Sektion erfolgt im Abschnitt 6.6.5. Die Rohdaten sind im Annex, A 6.5.3 enthalten.

## 6.6 Interpretation der physiologischen Befunde

Eine Interpretation der physiologischen Befunde erfolgte bereits im Bericht der Psychologischen Sektion (5.6). Es soll hier jedoch eine zusätzliche Interpretation aus der Sicht und der Konzeption der Arbeitsphysiologischen Sektion unternommen werden. Hierzu ist es notwendig, auch auf 'externe', d. h. nicht im Rahmen der Münchener Hauptuntersuchung erhobene Befunde zurückzugreifen.

Die Ergebnisse der Hamburger Voruntersuchung zeigten, daß auch ein jahrelanger Einfluß von Fluglärm nicht dazu führt, daß vegetative Reaktionen bei Schallreizen von hoher Intensität ausbleiben. Diese Feststellung kann auch für die Münchener Hauptuntersuchung getroffen werden. Sowohl die Hamburger Voruntersuchungen, die nur an Frauen durchgeführt wurden, als auch die Erhebungen an einer statistisch repräsentativen Bevölkerungsgruppe in der Umgebung des Flughafens München bestätigen – wie in 6.6.1 noch eingehender darzustellen sein wird – die bisherigen Untersuchungen der arbeitsphysiologischen Lärmforschung hinsichtlich der „Konstanz vegetativer Reaktionen“ (JANSEN, 1971). Bei der Voruntersuchung in Hamburg wurden nur die *durchschnittlichen* Reaktionen des gesamten Kollektivs geprüft. Es war das Anliegen bei den Münchener Hauptuntersuchungen, auch typische Reaktionsformen aufzuklären und unter Einbeziehung intervenierender Variablen und Moderatoren festzustellen, ob die Reaktionen im Experiment bei bestimmten Personengruppen typische Unterschiede zeigten, oder ob Beziehungen zu Kriterien der Fluglärmsituation oder zu Kriterien, die von anderen Sektionen ermittelt wurden, herzustellen seien.

Wenn die Psychologische Sektion bei der Interpretation des physiologischen Untersuchungsteils die Hypothese der adaptativen Bewältigung des Fluglärms aufgegeben und sich der Annahme einer defensiven Blockierung durch Fluglärm genähert hat, so erfährt diese Aussage unter arbeitsphysiologischem Aspekt eine Erhärtung, die jedoch – auf Grund früherer Untersuchungsergebnisse – für die Arbeitsphysiologische Sektion nicht unerwartet kam.

Wir hatten dagegen erwartet, daß bestimmte Moderatorvariablen (vergleiche Kapitel 4, 5 und 8) einen eindeutigeren Einfluß auf die Ausprägung der peripheren Volumenregulation haben müßten. Wir erwarteten dies besonders deshalb, weil in den eingangs (Kapitel 6.1 und 6.2) erwähnten psychophysiologischen Untersuchungen ermittelt wurde, daß Moderatorvariablen einen statistisch signifikanten Einfluß auf den Ausfall der Größe der vegetativen Reaktion bei informationshaltigen Geräuschen haben. Das in dieser Hinsicht negative Ergebnis in München könnte daran denken lassen, daß wir die Fluggeräusche, ebenso wie die Geräusche in der akuten experimentellen Laborsituation während der Münchener Hauptuntersuchung, als gewohnte, informationsarme und bedeutungslose Geräusche auffassen müssen.

Diese Feststellung steht in einem scheinbaren Gegensatz zu den Befunden anderer Sektionen (z. B. der Sozialwissenschaftlichen Sektion mit ihrem wichtigsten globalen Verärgerungsmaß, Kapitel 4); man muß jedoch berücksichtigen, daß in früheren Untersuchungen der Arbeitsphysiologischen Sektion alle diejenigen Geräusche als informationsreich und bedeutungsvoll bezeichnet wurden, die einen „schreckartigen“ Wirkungsmechanismus in Gang setzten, während das globale Verärgerungsmaß der Sozialwissenschaftlichen Sektion mit einer unreflektierten Schreckreaktion sicherlich nichts zu tun hat.

#### 6.6.1 Zur Frage der Gewöhnungsfähigkeit

Es war auffällig, daß der erste Lärmstoß von 85 dB in der Münchener Versuchsanordnung nach einer 25-minütigen Trackingaufgabe keine Orientierungsreaktionen hervorrief, sondern Defensivreaktionen auslöste. Normalerweise würden wir in der arbeitsphysiologischen Untersuchung bei 85 dB (A) noch Orientierungsreaktionen erwarten; die Voruntersuchungen der Psychologischen Sektion ließen ebenfalls diesen Schluß zu. Die Erklärung für diesen Befund dürfte sicherlich in der schon von der Psychologischen Sektion erwähnten Tatsache liegen, daß nach der 'ruhigen' Zeit von 25 Minuten der Schallreiz unerwartet auftrat und im Sinne eines anfänglich überschießenden Verarbeitungsmechanismus zu deuten ist. Im Rahmen der interdisziplinären Fragestellung und unter besonderer Berücksichtigung der Fragen der Psychologischen Sektion kam es aber gerade auf die unterschiedlichen Verarbeitungsmechanismen an.

Diese Fragestellung führte bekanntlich zu der Konzeption (vergleiche 6.2 und 5.1), die Defensivreaktion als ein Alternativkriterium zur Adaptation für Fluglärmwirkung anzusehen. Wenn in der Interpretation der Psychologischen Sektion argumentiert wird, daß der Organismus bei steigender Belärmung immer häufiger versucht, sich gegen Umweltreizung abzuschirmen, so dürfte dies eine Bestätigung unserer früheren Untersuchungen über die Konstanz vegetativer Schallreaktionen sein. Bei der Zusammenstellung von Lärmreaktionen bei Versuchspersonen, die mehrere Jahre Lärmversuche machten, war festgestellt worden, daß auch die tägliche oder fast tägliche Wiederholung von Schallreizen mit überkritischen Schallpegeln keine Adaptationen, sondern Reaktionsgrößenkonstanz oder Verstärkungen von Lärmreaktion bewirkten (JANSEN, 1971); wie ein Vergleich der Reaktionsgrößen zeigte, wurde der Regressionskoeffizient, d. h. das Steigungsmaß (als Kriterium für die Größe der vegetativen Reaktion) mit zunehmender



Versuchsdauer immer negativer (die vegetative Reaktion immer größer). Während sich in kurzen Zeiträumen (1–2 Wochen) adaptative Tendenzen anzudeuten schienen, wurde im Verlaufe größerer Zeiträume (Monate und Jahre) die lärmbedingte Reaktion eher stärker.

### 6.6.2 Zur Frage eines Schallpegel-Grenzwertes für zumutbare Fluglärmbelastung

Die Ergebnisse der Akustischen Sektion (Kapitel 3.4 und 3.6) sowie der Soziologischen und Psychologischen Sektion (vergleiche Kapitel 4 und Kapitel 5) zeigten, daß das neben den anderen Fluglärmbewertungen gefundene Fluglärmmaß FB1 mit den gängigen akustischen Beurteilungen der Fluggeräusche recht gut korreliert. Es kann daraus geschlossen werden, daß die Fluglärmreaktionen mit steigender Lärmbelastung auch entsprechend größer werden.

Wie die interdisziplinären Auswertungen und deren Interpretationen gezeigt haben (Kapitel 8 und Kapitel 9), muß eine gleitende Skala der Wirkungen auf psychologischem und sozialwissenschaftlichem Gebiet angenommen werden. Da es in der vorliegenden Untersuchung keine eindeutigen krankhaften Wirkungen im physiologischen Bereich gibt, die einen Lärm als unzumutbar kennzeichnen, und da es auch der Medizinischen Sektion nicht gelungen ist (Kapitel 7), eindeutige und andauernde physische Fluglärmwirkungen überzeugend zu sichern (vergleiche besonders Kapitel 7.5 und 7.6), verbietet es sich, von „nicht akzeptablen Fluglärmwirkungen“ zu reden, wenn damit gemeint ist, daß eindeutige physiologische Wirkungen die Unzumutbarkeit eines Lärms bedingen.

Eine gleitende Skala „immer weniger akzeptabel“ werdender Fluglärmwirkungen nach dem FB1-Maß (vergleiche Kapitel 3.4 und 3.6) darf auch vom arbeitsphysiologischen Standpunkt aus unterstützt werden. Diese Feststellung gilt für die eben erwähnten akustisch definierten Störmaße (FB1, NNI,  $\bar{Q}$ , u.a.).

Für die Maximalpegelwirkung in akuten Lärmsituationen ließ sich durch die vorliegenden Ergebnisse der Münchener Hauptuntersuchung zwar kein Anhaltspunkt für einen exakten Grenzwert physiologischer Unzumutbarkeit erzielen, die arbeitsphysiologische Lärmforschung hat aber in früheren Stellungnahmen auf Grund eigener Untersuchungsergebnisse die Auffassung vertreten, daß maximale Schallpegel von 100 dB (A) und mehr in jedem Falle – bis zum Beweis des Gegenteils – vom gesundheitlichen Standpunkt aus als physiologisch unzumutbar anzusehen sind (vergleiche Abb. 6-1 und JANSEN, 1967). Durch die vorliegenden interdisziplinären Untersuchungen konnte dieser Gegenbeweis nicht geführt werden, so daß vom physiologischen Standpunkt aus auch in Zukunft an dieser Auffassung festgehalten werden muß.

Wenn oben gesagt wurde, daß von seiten der Arbeitsphysiologischen Sektion einer gleitenden Skala immer lästiger werdender oder weniger akzeptabel werdender Fluglärmbelastungen unter dem Gesichtspunkt des Fluglärmbewertungsmaßes FB1 (vergleiche 3.6) bzw. des  $\bar{Q}$ - und NNI-Wertes zugestimmt werden kann, so muß auf den scheinbaren Widerspruch zu dem in der Konzeption und in der Besprechung der bisherigen Ergebnisse angegebenen Grenzwert für vegetative Belastbarkeit hingewiesen und unter dem Gesichtspunkt der vorliegenden Ergebnisse der Fluglärmuntersuchung Stellung genommen werden. Bekanntlich ergab sich im Rahmen der arbeitsphysiologischen Lärmforschung ein kritischer Wert für mögliche Gesundheitsgefährdung, die Grenzlinie 3 (Abb. 6-1), oberhalb derer angenommen wird, daß es zu Übersteuerungen vegetativer Funktionen kommen kann (vergleiche auch Kapitel 6.1.2). In verschiedenen medizinischen Fluglärmgutachten des Verfassers, wurde diese Grenzlinie als Kriterium für Zumutbarkeit betrachtet. In diesen

Begutachtungen wurde allerdings auch zum Ausdruck gebracht, daß geringfügige kurzzeitige Überschreitungen des genannten Grenzwertes als 'seltene Ereignisse' aufzufassen seien und als noch nicht schädlich deklariert werden können. Diesen Gedanken muß im folgenden Teil noch weiter nachgegangen werden. Hierzu ist es wieder notwendig, von 'externen', also nicht in München erhobenen Daten auszugehen.

Als Grenzwert für die noch eben zumutbare Belastung schlägt der Verfasser aus seinen 'externen' Untersuchungen den Wert 1 % des Beurteilungszeitraums vor; die Definition dieses 'seltenen Ereignisses' wurde aus zahlreichen Schlafuntersuchungen der arbeitsphysiologischen Lärmforschung bzw. des Verfassers hergeleitet (JANSEN, 1970). Es wurde bei diesen Schlafversuchen beobachtet, daß bei etwa vier- bis fünfmaliger Applikation von Kurzzeitschallreizen im Verlaufe einer ganzen Nacht Adaptationen auftraten, die nicht nur in der peripheren Volumenpulsation sich ausdrückten (d. h. die Pulsamplituden blieben unbeeinflusst), sondern die auch im Elektroencephalogramm nachweisbar waren. Wir führen diese Erscheinungen auf den Verlust der Information eines anfänglich hoch informationshaltigen Geräusches zurück. Erst wenn man die Häufigkeit dieser informationsarm gewordenen Schallreize stark vergrößerte, es also mehr als fünf bis sechs Schallreize im Verlaufe einer Nacht gab, oder wenn man andersartig charakterisierte Geräusche, z. B. Töne oder Schmalbänder applizierte, kam es zu den schon bekannten Schlafqualitätsänderungen. Wir folgerten daher damals, daß wenige, informationsarm gewordene Schallreize im Verlauf einer Nacht gewöhnungsfähig seien. Da wir einen Fluglärmreiz als einen informationsarm gewordenen Schallreiz für die Anwohner eines Flughafens (immer unter der eingangs gegebenen Definition des Begriffes 'informationsarm') bezeichnen, ist zu erwarten, daß einige wenige Überflüge bzw. Starts und Landungen vergleichbare Verhaltensweisen, d. h. Adaptationen bei den schlafenden Anwohnern hervorrufen. Nimmt man aus prophylaktischen Erwägungen die maximal mögliche Überflugdauer von 30 Sekunden, so ergeben sich bei Anwendung des obigen Häufigkeitskriteriums 1 Überflug/Stunde (bzw. ein Start alle 2 Stunden und eine Landung alle 2 Stunden). Hieraus resultierte die Empfehlung, die zeitliche Lärmbelastung von weniger als 1 % einer zu beurteilenden Zeit zum Kriterium des Begriffes 'seltenes Ereignis' zu machen.

Dieses 1-%-Zeit-Kriterium wurde vorläufig ohne weitere experimentelle Nachprüfung auf die Tagesstunden extrapoliert, so daß auch hier der 1-%-Wert als Kriterium der zeitlichen Belastung gewählt wurde. Auch hier wurde wieder von der Überflugdauer 30 Sekunden ausgegangen, so daß am Tag etwa 19 Überflüge, d.h. 9 bis 10 Starts und 9 bis 10 Landungen noch als seltenes Ereignis deklariert wurden. Es erhebt sich die Frage, ob aus den interdisziplinären Untersuchungen Begründungen zu diesen Vorschlägen erhalten werden können. Da diese Fragestellung von den anderen Sektionen bei der Konzeption jedoch nicht berücksichtigt wurde bzw. nicht berücksichtigt werden konnte, weil dieses 'externe' Kriterium der arbeitsphysiologischen Lärmforschung erst während der schon laufenden Untersuchungen zum Fluglärmprojekt gewonnen wurde, kann zu dieser Frage nicht in der Eindeutigkeit Stellung genommen werden, in der die Frage gestellt wurde. Die geringe Anzahl der nächtlichen Flugbewegungen (Kapitel 3.4.1.2, Abschnitt 3) im Bereich des Flughafens München ließen die Schlußfolgerungen zu, daß der 1-%-Wert des Bezugszeitraums mit 1–2 Bewegungen pro Nacht (1–2 % von 80 Überflügen in 24 Stunden) zwar nicht erreicht wurde, und somit nach dem 'externen Kriterium' der arbeitsphysiologischen Sektion keine Schlafstörungen zu erwarten waren. In der Reaktionsvariablen „Störung der Ruhe und Entspannung“ (4.6.5.6) sind neben anderen Parametern auch die Schlafstörungen enthalten. Da der 1-%-Wert des Tagesbezugszeitraumes deutlich überschritten war (Kapitel 3.4.1.2) mußte in dieser Reaktionsvariablen nach unseren

Vorstellungen eine Wirkung auch erwartet werden. Es sollte kritisch noch darauf hingewiesen werden, daß Aussagen über Schlafstörungen nur dann von den Betroffenen gemacht werden können, wenn sie über lärmbedingte Einschlafstörungen oder über lärmbedingtes Aufwachen bewußt berichten können. Aus der medizinischen Schlafforschung ist jedoch bekannt, daß es bei Schallreizen während des Schlafes zur Minderung der Schlafqualität (Schlaftiefe) mit den daraus möglichen Folgen einer nicht genügenden Erholung kommt, ohne daß es dem Betroffenen bewußt wird. Es könnte also sehr wohl sein, daß die ‚indirekten‘, nicht bewußt erfahrenen Schlafstörungen durch Lärm weitreichende Einflüsse auf das psychophysische Wohlbefinden haben; die Erhebungen über die „Störung der Ruhe und Entspannung“ dürften unter diesem Gesichtspunkt ein besonderes Gewicht erhalten.

### 6.6.3 Epidemiologische und kasuistische Aussagen

Berechnet man die Gesamtschallpegel von Geräuschen, die nach den arbeitsphysiologischen Forschungsergebnissen ‚überkritisch‘ sind (Geräuschspektren oberhalb der Grenzlinie 3), so ergibt sich ein Gesamtschallpegelwert von maximal 99 dB(A). Dies führte – nach experimenteller Absicherung – zu der Feststellung, daß ein Schallreiz von 100 dB(A) und mehr als ‚überkritisch‘ zu gelten habe. Da die Pegelmittelwerte (vergleiche Bericht der Akustischen Sektion, Kapitel 3.4.1.2) den Wert 100 dB(A) nur in den Clustern 1, 2, 3, 4 und 6 erreichen, dürfte daraus gefolgert werden, daß im Durchschnitt keine im Sinne der Arbeitsphysiologischen Sektion definierten ‚überkritischen‘ Pegel aufgetreten sind. Betrachtet man jedoch die Streubreiten und die Häufigkeitsverteilungen der auftretenden Pegel (Kapitel 3.4.1.2), so sieht man, daß auch Spitzenbelastungen von mehr als 100 dB(A) an einzelnen Meßpunkten und zu einzelnen Zeiten aufgetreten sind (vergleiche Abb. 3-14). Da der Pegelmittelwert jedoch in den stärkst belärmten Clustern mit 100 dB(A) angegeben ist, bedeutet dies, daß etwa 50 % der in diesen Clustern Wohnenden mit Maximalpegeln unterhalb und 50 % mit Maximalpegeln oberhalb (mit überkritischen Pegeln) belastet sind.

Die Cluster mit diesen überkritischen Pegeln haben – wie ebenfalls aus den akustischen Messungen hervorgeht – auch Häufigkeiten, die mit 5 Überflügen/Stunde angegeben sind. Die mittlere Dauer (D 10) dieser Überflüge liegt zwischen 9 und 29 Sekunden. Da die Untersuchungen der Arbeitsphysiologischen und der Medizinischen Sektion keine eindeutigen physischen Lärmefekte bei den Bewohnern dieser Cluster ergeben haben, liegt der Gedanke nahe, daß bei der Berechnung der durchschnittlichen Reaktionen des Gesamtkollektivs der einzelnen Cluster tatsächlich eingetretene physische Störungen bei Einzelpersonen mit überkritischer Belastung nicht zum Tragen gekommen sind. Es wäre somit bei allen Einzelpersonen, die einer Lärmbelastung oberhalb des kritischen Wertes von 100 dB(A) und oberhalb des 1%-Kriteriums der Lärmbelastungszeit ausgesetzt sind, zu prüfen, ob bei ihnen bestimmte Symptome oder Reaktionen fluglärm determiniert sind, oder aber irgendeine Beziehung zum Fluglärm oder zum Schallreiz aufweisen.

Da die Münchener Hauptuntersuchung bzw. die Hamburger Voruntersuchung aber als eine epidemiologische Querschnittsuntersuchung aufgefaßt und nicht als Kasuistik oder unter kurativen (bzw. individualspezifischen) Gesichtspunkten betrachtet wurde, führt eine weitere Verfolgung dieses Gedankenganges – so wichtig dies auch manchem Leser erscheinen mag – von der eigentlichen Zielsetzung der Untersuchung weg.

#### 6.6.4 Maximalpegelbeurteilung und kombiniertes Fluglärmmaß

Die eingangs aufgeworfene Frage, wie und in welcher Form sich Übersteuerungen im physischen *und* psychischen Verhalten bei Überschreiten einer vorerst angenommenen und noch nicht definierten kritischen Grenze äußern, kann aus den vorliegenden Ergebnissen aller Sektionen mit den angewandten diagnostischen und Auswertemethoden unter epidemiologischem Gesichtspunkt nicht beantwortet werden: Die Globalreaktion-S (RIU, vergleiche Kapitel 4.6.6.6) wird einer gleitenden FB1-Skala zugeordnet; der rein physiologische Parameter FPA ist dagegen eher einer Schallpegelskala zuzuordnen. Eine Stützung dieser Aussage kann einesteils aus dem Ausfall der Ergebnisse der psychologischen Untersuchung (Kapitel 5.5.2) und andererseits aus der Interpretation der Pfadanalyse gewonnen werden (vergleiche 8.5.1 und 8.5.5); es wurde zwar ausgesagt, daß die Defensivreaktion – weitgehend unabhängig von den übrigen Variablen – eindeutig fluglärm-determiniert ist und daher durch das Fluglärmbewertungsmaß FB1 beurteilt werden kann. Andererseits zeigt aber die Struktur der Defensivreaktion, daß der Anteil FPA (Abb. 5-15 und Abb. 5-13) fast ausschließlich durch das Einsetzen des Geräusches determiniert ist. Dabei ergibt sich durch die Geräuscheinwirkung 100 dB eine stärkere Reaktion als durch 85 dB Unterschiede zwischen den beiden Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung bestehen nicht. Daraus läßt sich – unter Einbeziehung früherer Ergebnisse (6.1) – folgern, daß die Fingerpulsamplitude in der akuten Lärmsituation als nicht gewöhnungsfähige, schallpegelabhängige Variable anzusehen ist.

Sieht man einmal von der Defensivreaktion und den Ergebnissen bei der Pulsamplitudenregistrierung ab, so stellt man fest, daß insgesamt die physischen Fluglärmeffekte relativ gering sind, während die sozialwissenschaftlichen und auch die psychologischen Ergebnisse bedeutungsvoller sind. Bei der Fragestellung und der Entwicklung der arbeitsphysiologischen Konzeption (6.1.4) war mitgeteilt worden, daß früher schon extrem lärmexponierte Kollektive von Industriearbeitern untersucht und dabei geringgradige, allerdings deutliche physische Effekte im Kreislaufgeschehen und in der Herzaktion gefunden wurden. Es wurde daher erwartet, daß bei den durch Fluglärm belasteten Bevölkerungsteilen physische Lärmeffekte wesentlich undeutlicherer Art zu finden sein würden als bei dem industriellärmexponierten Kollektiv. Wenn trotzdem geringfügige physische Effekte und noch deutlicher experimentelle Reaktionen in unseren Experimenten in München zu finden sind, so dürfte dies als ein Zeichen dafür gewertet werden, daß der Lärmeffekt auf keinen Fall geleugnet werden darf, sondern daß er im Gegenteil einen bestimmten Stellenwert im komplexen Wirkungsgefüge der modernen zivilisatorischen Reizeinflüsse haben dürfte. Der Bagatellisierung von Lärmeffekten kann daher mit unseren Ergebnissen und unseren Erfahrungen definitiv entgegengetreten werden. Die in der Öffentlichkeit häufig auftretenden Aggravationen lassen sich allerdings auch auf ihr berechtigtes Maß zurückführen.

#### 6.6.5 Beurteilung der audiometrischen Untersuchungen

Es soll noch darauf hingewiesen werden, daß sich Unterschiede zwischen den Hörverlusten in unserer Fluglärmgesamtstichprobe und Standardwerten für altersbedingte Hörverluste gezeigt haben.

Bei der Auswertung der Audiogramme in der Hamburger Voruntersuchung zeigten sich erwartungsgemäß bei einigen wenigen untersuchten Frauen leichte bis mittlere Schall-

leitungsschwerhörigkeiten, die von früheren Mittelohrentzündungen herrührten. In keinem Fall brauchten wir aber auf Grund des audiometrischen Befundes auf eine weitere Untersuchung zu verzichten. Wir hielten es ebenfalls für vertretbar, die Audiogramme dieser Frauen auch in die statistische Berechnung einzubeziehen. Eine Lärmschwerhörigkeit oder Innenohrschwerhörigkeit konnte mit den uns zur Verfügung stehenden Mitteln in keinem Falle diagnostiziert werden. Insgesamt fällt auf (Abb. 6-5), daß die Hörschwellen bei allen Probanden leicht angehoben sind, was durch die ungünstigen räumlichen Verhältnisse bei der audiometrischen Untersuchung zu erklären ist. Bei der Auswertung der Audiogramme haben wir die Probanden in der Experimentalgruppe und Kontrollgruppe in Altersgruppen von 20-29, 30-39, 40-49 und 50-59 zusammengefaßt (vergleiche Abb. 6-5) und zeigen können, daß die von uns ermittelten durchschnittlichen Hörschwellen mit den Standard-Hörverlust-Kurven für physiologische Alterung gut übereinstimmen.

Ähnliche Ergebnisse erzielten wir auch in der Münchener Hauptuntersuchung. Es wurden auch hier Anhebungen der Hörschwellen beobachtet (Abb. 6-6 und Abb. 6-7). Die Rohwerte der Audiometrie wurden daher auch in die von der Psychologischen Sektion angewandten Berechnungsverfahren eingebracht. Es zeigte sich: der Hörverlust korreliert weder in seiner Rohform (Rohwerte bei 500, 1.000, 2.000, 4.000 und 6.000 Hz) noch in seiner zusammengefaßten Form bedeutsam mit einem Fluglärm-Maß: Der Faktorwert 'Hörverlust' korreliert 0.13 mit der am Spitzenpegel orientierten Überflugdauer D 10, aber nur 0.09 mit dem Überflugpegel, obwohl die Mittelwerte dieses zusammengefaßten Hörver-

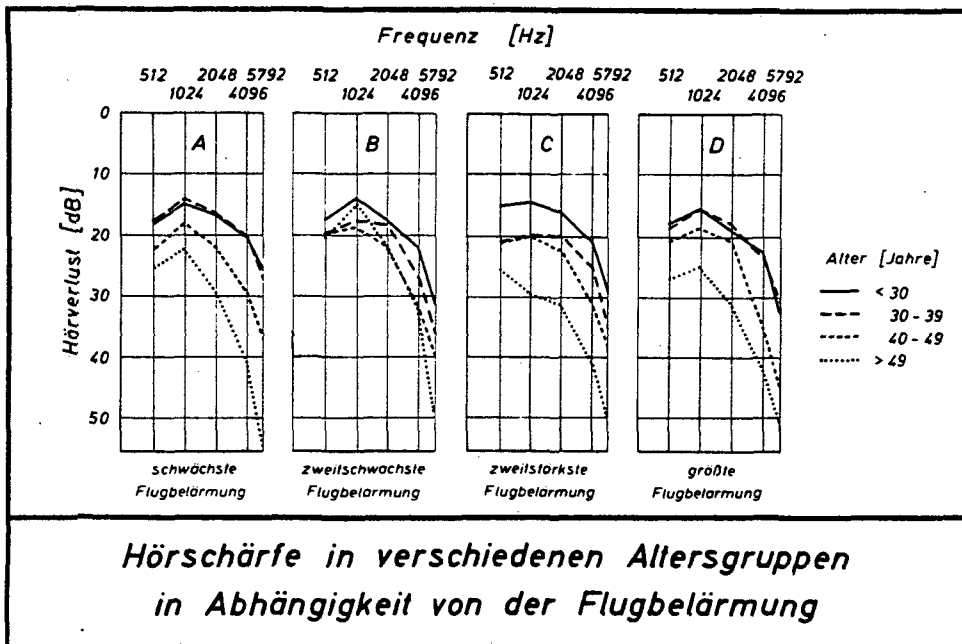


Abb. 6-6

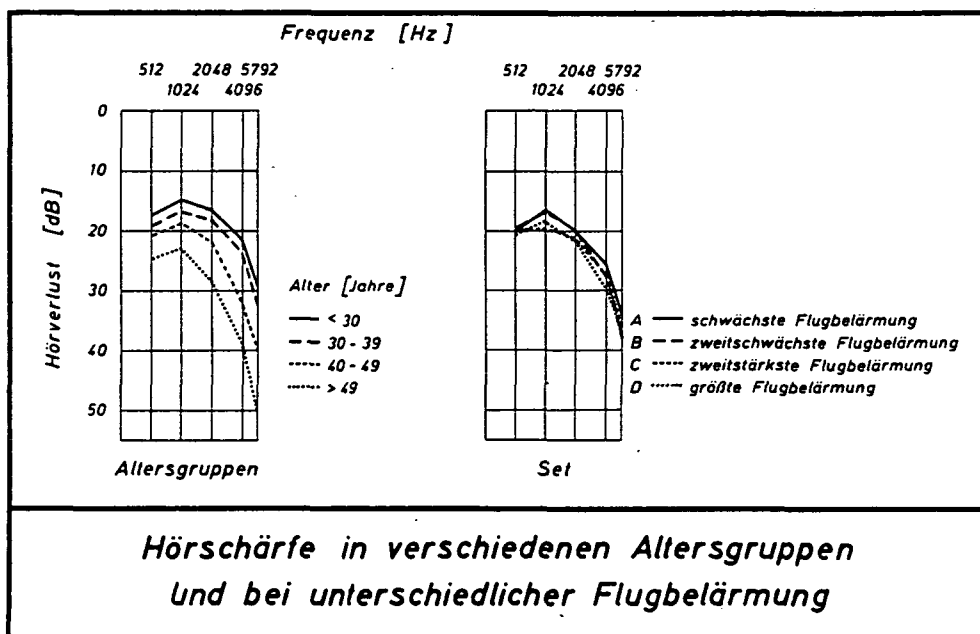


Abb. 6-7

lustes fast linear mit der durch die 4 Cluster-Sets ausgedrückten Flugbelärmung ansteigen; die Mittelwerte betragen 28.5 dB, 29.6 dB, 30.7 dB, 31.2 dB, jedoch ist die Varianz offenbar nicht systematisch mit Fluglärm verknüpft. Bedenklich ist jedoch der hohe absolute Hörverlust, den wir in unserer Gesamtstichprobe beobachtet haben. Wir wollen sie, zusammen mit den von CORSO, 1963, zitiert nach KRYTER, 1971, für getrennte Geschlechtsgruppen genannten und von uns gemittelten Werten für die Altersgruppen der 34- bis 40jährigen Personen darstellen (unser Altersmittelwert beträgt 37.5 dB):

Frequenz (Hz)	Hörverlust (dB)	Hörverlust nach CORSO
500	20.0	11.5
1000	17.7	6.5
2000	20.5	9.0
4000	27.8	18.0
6000	36.3	32.5

Die Unschärfe des Gehörs nimmt also mit dem Fluglärmbelastungsgrad zu. Eine von der Organisatorischen Sektion zusätzlich durchgeführte Trendanalyse nach PFANZAGL, in der die Stufungen nach dem Fluglärmgrad berücksichtigt wurden, ergab signifikante Ergebnisse; die Zahl der Untersuchten mit Hörschärfeverlusten oberhalb des Medians war in der Gruppe der stark Belärmten größer.

Die Analyse dieser Ergebnisse läßt zwar erkennen, daß der Fluglärm nicht allein für die Hörverschlechterung verantwortlich gemacht werden kann. Die Hörschärfeminderung muß dagegen im Zusammenhang mit der Steigerung der physiologischen Defensivreaktion, mit den psychologischen und sozialwissenschaftlichen Parametern in Zusammenhang gesehen

werden. Dabei ergibt sich dann, daß der Lärm, und speziell der Fluglärm, in diesem Fall geringgradige aber deutliche Beeinflussungen des psychischen, sozialen und physischen Wohlbefindens hervorruft. Aus der erwähnten Erkenntnis, daß es zwischen dem Ausmaß der Vertäubung und den vegetativen Reaktionen umgekehrt proportionale Zusammenhänge gibt, war gefolgert worden, daß eine Zunahme der Schallintensität und eine Zunahme der Häufigkeit von Schallexpositionen oberhalb bestimmter Intensitäten mit allgemeinen gesundheitsgefährdenden Wirkungen verbunden ist. Im Lichte der Fluglärmuntersuchung erhält dieses Ergebnis eine besondere Bedeutung, da der Hörverlust – mit der oben angegebenen Reserve – in Abhängigkeit vom Fluglärmelastungsgrad auftrat.

## 6.7 Zusammenfassung

Die Arbeitsphysiologische Sektion berichtete über Ergebnisse früherer experimenteller Untersuchungen und über Grenzwerte für die vegetative Belastbarkeit in Lärmsituationen. Neben rein somatischen Untersuchungen wurden auch psychophysiologische Fragestellungen bearbeitet und der Einfluß moderierender und intervenierender Variablen (z. B. in Form von Moderatorvariablen) erfaßt. Auf frühere Felduntersuchungen an stark lärmexponierten Stahlarbeitern wurde hingewiesen.

Im Rahmen des Gemeinschaftsprojektes „Fluglärm“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft kam es bei arbeitsphysiologischen Untersuchungen in der Voruntersuchung darauf an, die bisherigen Ergebnisse der somatischen Untersuchungen zu überprüfen. Wie die Versuchsergebnisse der Hamburger Voruntersuchung, in denen Fluglärm, Straßenverkehrslärm und weißes Rauschen als Vergleichsschallreize dargeboten wurden, zeigten, ließen sich die Ergebnisse der bisherigen medizinischen Lärmforschung bestätigen.

Bei der Konzeption der Hauptuntersuchung in München, wurden – in Fortsetzung der vegetativen Untersuchungen – psychophysiologische Untersuchungen ins Auge gefaßt, um moderierende Faktoren und den Stellenwert der physiologischen und psychophysiologischen Lärmreaktion im Rahmen einer Gesamtbelastung zu ermitteln. Diese Fragestellung zeigte enge Berührungspunkte zu den Fragestellungen der Psychologischen Sektion, so daß eine gemeinsame interdisziplinäre Versuchsdurchführung und Auswertung mit der Psychologischen Sektion vereinbart und realisiert wurde. *Beide Sektionen gingen von den Alternativhypothesen der „adaptativen Bewältigung“ und der „Defensiv-Reaktion“ bei Schallereignissen aus, und kamen zu der Auffassung, daß die adaptive Bewältigungstheorie fallengelassen werden muß, während die gewonnenen Ergebnisse auf psychophysiologischem Gebiet für eine defensive Blockierung sprechen;* die Interpretation der Ergebnisse wurde in gemeinsamer Absprache vor dem Entwurf der beiden Abschlußberichte eingehend diskutiert.

Eine zusätzliche Interpretation der Arbeitsphysiologischen Sektion war notwendig, da geprüft werden sollte, ob Anhaltspunkte dafür vorliegen, daß das in der arbeitsphysiologischen Lärmforschung erarbeitete Kriterium für vegetative Belastbarkeit (vergleiche Abb. 6-1) durch die Münchener Hauptuntersuchung bestätigt werden konnte.

Bei dieser Prüfung ergab sich, daß die Variable Fingerpulsamplitude weitgehend unabhängig von den übrigen Variablen durch das Einsetzen der Geräusche determiniert war, und die Größe der Reaktion schallpegelabhängig auftrat. Die experimentell fundierte Hypothese der arbeitsphysiologischen Lärmforschung, daß Maximalpegel von 100 dB (A)

und mehr als physiologisch unzumutbar zu bezeichnen sind, konnte somit durch die Münchener Hauptuntersuchung nicht falsifiziert werden. Daraus ist zu folgern, daß neben kombinierten Fluglärmbewertungsmaßen von arbeitsphysiologischer Seite aus eine obere, durch Maximalpegel gekennzeichnete Grenze für beginnende Unzumutbarkeit als physiologische Beurteilungsgrundlage zu berücksichtigen ist.

Die Ergebnisse der audiometrischen Untersuchungen zeigten, daß die mit dem Grad der steigenden Fluglärmbelastung größer werdenden Hörschärfeminderungen im Zusammenhang gesehen werden müssen mit der Steigerung der physiologischen Defensivreaktion und mit den psychologischen und sozialwissenschaftlichen Ergebnissen der interdisziplinären Erhebungen. Sie weisen darauf hin, daß Lärm und speziell Fluglärm eine gesundheitsbeeinträchtigende Gesamtwirkung ausübt.

## 6.7 Summary

The work physiology section reported on findings of previous experimental research and on risk criteria for the vegetative tolerableness in situations of noise exposure. Besides purely somatic questions, also psychophysiological ones were under study, and the influence of moderating and intervening variables (f.i. in the form of moderator variables) was examined. It was also referred to previous field studies made on strongly noise-exposed steel workers.

In the context of the present project on aircraft noise, initiated by the Deutsche Forschungsgemeinschaft, the work-physiological investigations in the preliminary study consisted in testing the findings of available somatic research. In the light of the results of the Hamburg preliminary study, in which aircraft noise, street traffic noise and white noise was issued as controlling sound stimuli, the findings of the available medical noise research can be corroborated.

In the main study, conducted in Munich, the work physiology section adopted the conception of psychophysiological tests — as the next step following the vegetative tests — in order to get hold of moderating factors and to determine the relative weight of physiological and psychophysiological reactions to noise in the context of a combined noise load. As this approach was closely related to that of the psychological section, both sections cooperated in an interdisciplinary test design and in the analysis of the data.

*The two sections departed from the alternative hypotheses of „adaptive coping“ versus „defensive reaction“ as reactions to sound exposure. They reached the conclusion that, in the light of the psychophysiological results, that rather point to a reaction of defensive blocking, the theory of an adaption to noise has to be dropped.*

Preparation of the respective final reports was preceded by a detailed discussion regarding the interpretation of the findings.

An additional interpretation by the work physiology section was necessary, as it was to be examined, whether the Munich study provided any evidence for the confirmation of the criterion of vegetative tolerableness, developed by work physiology in its noise research (see Fig. 6-1).

The result of this examination was that the variable finger pulse amplitude was determined by the starting of noise, largely independent of the rest of the variables, and that the extent of the reaction was dependent on the noise level. The hypothesis of work-



physiological noise research, based on experiments, that a maximum level of 100 dB (A) and more has to be viewed as physiologically intolerable, could not be falsified by the Munich study. It can thus be concluded that, besides composite measures of aircraft noise, from the point of view of work physiology an upper limit of tolerable noise has to be taken into consideration as the basis of physiological assessment.

The results of the audiometric tests showed that the lessening of acuteness of hearing, which increases to the extent that aircraft noise increases, has to be seen in connection with the psychological and social-scientific results of the interdisciplinary study. They point to an altogether health impairing influence of noise, and in particular of noise of aircraft.

**Page Intentionally Left Blank**

# **FLUGLÄRMWIRKUNGEN**

**eine interdisziplinäre Untersuchung über die  
Auswirkungen des Fluglärms auf den Menschen**

## **KAPITEL 7**

### **DER MEDIZINISCHE UNTERSUCHUNGSTEIL**

**August Wilhelm von Eiff, Adelheid Czernik, Lothar Horbach,  
Helmut Jörgens und Hans-Günter Wenig**

## 7.0 Inhalts-, Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

7.0.1	Inhaltsverzeichnis/Contents . . . . .	351
7.0.2	Tabellenverzeichnis . . . . .	353
7.0.3	Abbildungsverzeichnis . . . . .	353
7.1	<i>Fragestellung und bisherige Untersuchungen</i>	
7.1.1	Fragestellung . . . . .	355
7.1.2	Untersuchungen zum Lärmproblem . . . . .	355
7.1.2.1	Hörbeeinträchtigungen . . . . .	355
7.1.2.2	Auswirkungen auf vegetative Funktionen . . . . .	355
7.1.2.2.1	Untersuchungen am Menschen . . . . .	355
7.1.2.2.2	Untersuchungen am Tier . . . . .	357
7.1.2.2.3	Eigene Vorstudien . . . . .	358
7.1.2.2.4	Hypothese über die Pathogenese des Blutdrucks . . . . .	359
7.1.2.2.5	Zwischenstudien . . . . .	359
7.1.2.2.6	Spezielle Fragestellung bezüglich des vegetativen Nervensystems . . . . .	360
7.1.2.3	Auswirkungen auf Bestandteile von Blut und Urin . . . . .	360
7.1.2.3.1	Vorbemerkungen . . . . .	360
7.1.2.3.2	Untersuchungen am Menschen . . . . .	360
7.1.2.3.3	Tierversuche . . . . .	361
7.1.2.3.4	Spezielle Fragestellung bezüglich blutchemischer Befunde . . . . .	361
7.1.3	Die Hamburger Voruntersuchung . . . . .	361
7.1.3.1	Methodik . . . . .	361
7.1.3.2	Ergebnisse . . . . .	362
7.2	<i>Methodik des medizinischen Untersuchungsteils</i>	
7.2.1	Allgemeiner Untersuchungsplan . . . . .	363
7.2.2	Der erste Untersuchungsteil (Anamnese, unmittelbare körperliche Untersuchung, Blut- und Urinuntersuchungen) . . . . .	365
7.2.3	Der zweite Untersuchungsteil (Untersuchung der vegetativen Reaktionen) . . . . .	366
7.2.3.1	Die gemessenen Variablen . . . . .	366
7.2.3.2	Reize für die Auslösung vegetativer Reaktionen . . . . .	369
7.2.3.3	Vorbereitung und zeitlicher Ablauf der Messungen . . . . .	370
7.3	<i>Statistische Auswertung</i>	
7.4	<i>Ergebnisse</i>	
7.4.1	Vorbemerkungen . . . . .	375
7.4.2	Verteilung der untersuchten Personen nach Alter und Geschlecht . . . . .	375
7.4.3	Anamnese und ärztlicher Befund . . . . .	377
7.4.4	Klinisch-chemische Befunde . . . . .	381
7.4.5	Vegetative Funktionen . . . . .	388
7.4.5.1	Vorbemerkungen . . . . .	388
7.4.5.2	Das Verhalten unter Ruhebedingungen . . . . .	388
7.4.5.2.1	Vorbemerkungen . . . . .	388
7.4.5.2.2	Blutdruck . . . . .	389
7.4.5.2.3	Pulsfrequenz . . . . .	391
7.4.5.2.4	Atemfrequenz . . . . .	393
7.4.5.2.5	Elektromyointegral . . . . .	393
7.4.5.3	Das Verhalten während unspezifischer emotionaler Belastung . . . . .	394
7.4.5.3.1	Vorbemerkungen . . . . .	394

7.4.5.3.2	Blutdruck . . . . .	395
7.4.5.3.3	Pulsfrequenz . . . . .	397
7.4.5.3.4	Atemfrequenz . . . . .	398
7.4.5.3.5	Elektromyointegral . . . . .	399
7.4.5.4	Das Verhalten während Belärmung . . . . .	400
7.4.5.4.1	Vorbemerkungen . . . . .	400
7.4.5.4.2	Blutdruck . . . . .	401
7.4.5.4.3	Pulsfrequenz . . . . .	407
7.4.5.4.4	Atemfrequenz . . . . .	411
7.4.5.4.5	Elektromyointegral . . . . .	411
7.5	<i>Diskussion</i>	
7.5.1	Anamnese und ärztlicher Befund . . . . .	414
7.5.2	Klinisch-chemische Befunde . . . . .	415
7.5.3	Vegetative Funktionen . . . . .	417
7.5.3.1	Vorbemerkungen . . . . .	417
7.5.3.2	Das Verhalten unter Ruhebedingungen . . . . .	417
7.5.3.3	Das Verhalten während unspezifischer emotionaler Belastung . . . . .	419
7.5.3.4	Das Verhalten während Belärmung . . . . .	419
7.6	<i>Zusammenfassung/Summary</i>	

## 7.0.1 Contents

7.0.2	List of Tables . . . . .	353
7.0.3	List of Illustrations . . . . .	353
7.1	<i>The problem and previous research</i>	
7.1.1	The problem . . . . .	395
7.1.2	Previous research of noise effects . . . . .	355
7.1.2.1	Impairments of hearing . . . . .	355
7.1.2.2	Effects on vegetative functions . . . . .	355
7.1.2.2.1	Studies made on man . . . . .	355
7.1.2.2.2	Studies made on the animal . . . . .	357
7.1.2.2.3	Own previous research . . . . .	358
7.1.2.2.4	Hypothesis on the pathogenesis of blood pressure . . . . .	359
7.1.2.2.5	Intermediate research . . . . .	359
7.1.2.2.6	Special problems with respect to the vegetative nervous system . . . . .	360
7.1.2.3	Effects on elements of blood and urine . . . . .	360
7.1.2.3.1	Preliminary note . . . . .	360
7.1.2.3.2	Studies made on man . . . . .	360
7.1.2.3.3	Studies made on animals . . . . .	361
7.1.2.3.4	Special problems with respect to clinical-chemical findings . . . . .	361
7.1.3	The preliminary study conducted in Hamburg . . . . .	361
7.1.3.1	Methodological procedure . . . . .	361
7.1.3.2	Results . . . . .	362

7.0.1

7.2	<i>Methodological procedure of the medical part</i>	
7.2.1	General research design . . . . .	363
7.2.2.	The first part (medical case history, physical examination, blood and urine tests) . . . . .	365
7.2.3	The second part (testing of the vegetative reactions) . . . . .	366
7.2.3.1	The variables measured . . . . .	366
7.2.3.2	Stimuli producing vegetative reactions . . . . .	369
7.2.3.3	Preparation and timing of the measurements . . . . .	370
7.3	<i>Statistical analysis</i>	
7.4	<i>Results</i>	
7.4.1	Preliminary note . . . . .	375
7.4.2	Distribution of the respondents according to age and sex . . . . .	375
7.4.3	Case history and physical examination . . . . .	377
7.4.4	Clinical-chemical results . . . . .	381
7.4.5	Vegetative functions . . . . .	388
7.4.5.1	Preliminary note . . . . .	388
7.4.5.2	Reactions under conditions of rest . . . . .	388
7.4.5.2.1	Preliminary note . . . . .	388
7.4.5.2.2	Blood pressure . . . . .	389
7.4.5.2.3	Pulse rate . . . . .	391
7.4.5.2.4	Respiration rate . . . . .	393
7.4.5.2.5	Integral of muscle tone . . . . .	393
7.4.5.3	Reactions under unspecific emotional stress/strain . . . . .	394
7.4.5.3.1	Preliminary note . . . . .	394
7.4.5.3.2	Blood pressure . . . . .	395
7.4.5.3.3	Pulse rate . . . . .	397
7.4.5.3.4	Respiration rate . . . . .	398
7.4.5.3.5	Integral of muscle tone . . . . .	399
7.4.5.4	Reactions under noise exposure . . . . .	400
7.4.5.4.1	Preliminary note . . . . .	400
7.4.5.4.2	Blood pressure . . . . .	401
7.4.5.4.3	Pulse rate . . . . .	407
7.4.5.4.4	Respiration rate . . . . .	411
7.4.5.4.5	Integral of muscle tone . . . . .	411
7.5	<i>Discussion</i>	
7.5.1	Case history and physical examination . . . . .	414
7.5.2	Clinical-chemical results . . . . .	415
7.5.3	Vegetative functions . . . . .	417
7.5.3.1	Preliminary note . . . . .	417
7.5.3.2	Reactions under conditions of rest . . . . .	417
7.5.3.3	Reactions under unspecific emotional stress/strain . . . . .	419
7.5.3.4	Reactions under noise exposure . . . . .	419
7.6	<i>Summary</i>	

## 7.0.2 Tabellen-Verzeichnis

- Tab. 7-1: Beispiel eines Untersuchungsplans für maximal 12 Personen pro Tag.
- Tab. 7-2: Übersicht über die Abfolge der Versuchsabschnitte.
- Tab. 7-3: Zuordnung der Probanden zu den Reihenfolgemöglichkeiten der Untersuchungen.
- Tab. 7-4: Verteilung der Probanden auf die Cluster-Sets, getrennt nach Geschlecht und Alter.
- Tab. 7-5: Häufigkeiten positiver anamnestischer Angaben zum Fragenkomplex „Schlafstörungen – Nervosität“ bei den männlichen Probanden.
- Tab. 7-6: Häufigkeiten positiver anamnestischer Angaben zum Fragenkomplex „Herz – Kreislauf“ bei den männlichen Probanden.
- Tab. 7-7: Häufigkeiten positiver anamnestischer Angaben zum Fragenkomplex „Vegetative Symptome“ bei den männlichen Probanden.
- Tab. 7-8: Kombinierte Häufigkeiten der anamnestischen Angaben über „Alkoholkonsum – Analgetikaverbrauch – Kopfschmerzen“, getrennt nach Geschlecht und Cluster-Sets.
- Tab. 7-9: Kombinierte Häufigkeiten anamnestischer Angaben über „Alkoholkonsum – Analgetikaverbrauch – Kopfschmerzen“, getrennt nach Geschlecht und Belärmungsgrad (Cluster-Sets): Gegenüberstellung von Pbn mit keiner positiven Aussage und Pbn mit mindestens einer positiven Aussage.
- Tab. 7-10: wie Tab. 7-9; „Nervosität – Sedativa – Einschlafstörungen – Durchschlafstörungen – morgendliches Verschlafen“.
- Tab. 7-11: wie Tab. 7-9; „Diphtherie – Nierenerkrankung – Hypertonie – Allergie – Commotio“.
- Tab. 7-12: Varianzanalyse der Gesamt-Cholesterinwerte, getrennt nach Geschlechtern.
- Tab. 7-13: Mittelwerte und Standardabweichungen der Serumlipide bei den männlichen Probanden, getrennt nach Cluster-Sets.
- Tab. 7-14: wie Tab. 7-13; P<sub>B</sub>J und Serumelektrolyte.
- Tab. 7-15: wie Tab. 7-13; Gesamteiweiß und Proteinfractionen im Serum.
- Tab. 7-16: wie Tab. 7-13; Blutzucker, Transaminasen und hampflichtige Substanzen sowie Bilirubin.
- Tab. 7-17: Varianzanalytische Testergebnisse (F-Werte) zu den Blutdruckuntersuchungen, getrennt nach Geschlechtern und Untersuchungsphasen.
- Tab. 7-18: Varianzanalytische Testergebnisse (F-Werte) zu den Messungen von Puls- und Atemfrequenz, getrennt nach Geschlechtern und Untersuchungsphasen.

## 7.0.3 Abbildungsverzeichnis

- Abb. 7-1: Teil einer Originalregistrierung zu Anfang der Kopfrechenphase bei einem Probanden.
- Abb. 7-2: wie Abb. 7-1; jedoch während der „Lärmstoßserie“ mit 100 dB.
- Abb. 7-3: Änderungen des systolischen Blutdrucks eines männlichen Probanden während des gesamten Versuchsablaufs.
- Abb. 7-4: Häufigkeitsverteilung der Gesamt-Cholesterinwerte aller Probanden (Histogramm).
- Abb. 7-5: Mittelwerte und Standardabweichungen des Gesamt-Cholesterins der Männer aus 32 Clustern mit unterschiedlicher Überflughäufigkeit (Korrelationsdiagramm).
- Abb. 7-6: Häufigkeitsverteilung der SGOT-Werte der Männer des Cluster-Sets A (Histogramm).

- Abb. 7-7: wie Abb. 7-6; jedoch für Cluster-Set D.  
Abb. 7-8: Mittlere Blutdruckwerte der männlichen Probanden des Cluster-Sets A mit 5 %-Konfidenzintervallen als Beispiel für den Versuchsablauf.  
Abb. 7-9: Mittlere systolische Blutdruckwerte mit 5 %-Konfidenzintervallen während der Ruhephase I, getrennt nach Geschlecht und Cluster-Sets.  
Abb. 7-10: wie Abb. 7-9; diastolischer Blutdruck.  
Abb. 7-11: wie Abb. 7-9; Pulsfrequenz.  
Abb. 7-12: wie Abb. 7-9; Atemfrequenz.  
Abb. 7-13: wie Abb. 7-9; Elektromyointegral.  
Abb. 7-14: Mittlere systolische Blutdruckwerte mit 5 %-Konfidenzintervallen während der Kopfrechenphase, getrennt nach Geschlecht und Cluster-Sets.  
Abb. 7-15: wie Abb. 7-14; diastolischer Blutdruck.  
Abb. 7-16: wie Abb. 7-14; Pulsfrequenz.  
Abb. 7-17: wie Abb. 7-14; Atemfrequenz.  
Abb. 7-18: wie Abb. 7-14; Elektromyointegral.  
Abb. 7-19: Mittlere systolische Blutdruckwerte mit 5 %-Konfidenzintervallen während der Ruhephase II, getrennt nach Geschlecht und Cluster-Sets.  
Abb. 7-20: Mittlere diastolische Blutdruckwerte mit 5 %-Konfidenzbereichen während der Ruhephase II, getrennt nach Geschlecht und Cluster-Sets.  
Abb. 7-21: wie Abb. 7-19; bei Dauerlärm.  
Abb. 7-22: wie Abb. 7-20; bei Dauerlärm.  
Abb. 7-23: wie Abb. 7-19; während Ruhephase III.  
Abb. 7-24: wie Abb. 7-20; während Ruhephase III.  
Abb. 7-25: wie Abb. 7-19; während der Lärmstoßserien.  
Abb. 7-26: wie Abb. 7-20; während der Lärmstoßserien.  
Abb. 7-27: Mittelwerte der Pulsfrequenz mit 5 %-Konfidenzintervallen während der Ruhephase II, getrennt nach Geschlecht und Cluster-Sets.  
Abb. 7-28: Mittelwerte der Atemfrequenz mit 5 %-Konfidenzintervallen während der Ruhephase II, getrennt nach Geschlecht und Cluster-Sets.  
Abb. 7-29: wie Abb. 7-27; bei Dauerlärm.  
Abb. 7-30: wie Abb. 7-28; bei Dauerlärm.  
Abb. 7-31: wie Abb. 7-27; während Ruhephase III.  
Abb. 7-32: wie Abb. 7-28; während Ruhephase III.  
Abb. 7-33: wie Abb. 7-27; während der Lärmstoßserien.  
Abb. 7-34: wie Abb. 7-28; während der Lärmstoßserien.  
Abb. 7-35: Mittelwerte der Elektromyointegrale mit 5 %-Konfidenzintervallen in Ruhe II.  
Abb. 7-36: wie Abb. 7-35; bei Dauerlärm.  
Abb. 7-37: wie Abb. 7-35; während Ruhephase III.  
Abb. 7-38: wie Abb. 7-35; während der Lärmstoßserien.



## 7.1 Fragestellung und bisherige Untersuchungen

### 7.1.1 Fragestellung

Für die Öffentlichkeit spielt in der Problematik der Fluglärm Schäden die Frage nach gesundheitlichen Schäden eine besondere Rolle. Daher ist es erstaunlich, daß die Medizin in der Fluglärmforschung bisher nur einen kleinen Beitrag geleistet hat.

Medizinische Untersuchungen sind aber notwendig, da es denkbar ist, daß ein Reiz wie der Lärm bei einer gewissen Intensität und Frequenz, evtl. noch unter dem zusätzlichen Einfluß anderer Variablen, zur Manifestation von Erkrankungen führt bzw. daß ein solcher Reiz nur Änderungen von Reaktionen bewirkt, die durch spezifische oder unspezifische Belastungen hervorgerufen werden und die als Vorstufen einer Erkrankung angesehen werden können.

### 7.1.2 Untersuchungen zum Lärmproblem

#### 7.1.2.1 Hörbeeinträchtigungen

Die Ergebnisse der soziologischen Fluglärmforschung regten zu speziellen Untersuchungen an. So wurde die Störung der Sprachkommunikation durch Fluglärm im Laboratorium, wo unerwünschte Lärmquellen ausgeschaltet werden konnten, geprüft, indem man Versuchspersonen über Kopfhörer gesprochene Texte, die mit Fluglärm gemischt waren, vermittelte. Dabei wurde festgestellt, daß eine Sprache, die mit 77 dB 12 dB über der normalen Konversationsprache lag, bei gerade noch erträglichem Lärm mit einem Pegel von etwa 85 PNdB in der Spitze, nur noch eine Verständlichkeitsquote von 80 Prozent aufwies (WILLIAMS u. Mitarb., 1967).

Allerdings hatte man schon vor den soziologischen Felduntersuchungen der 60iger Jahre gewußt, daß Fluglärm zu einer Hörbeeinträchtigung führt. So war der Hörverlust bei den Prüfern von Flugzeugmotoren (MARULLI, 1937, KIPP, 1946) und bei Piloten (FIRESTONE, 1938) als eine Berufsschädigung angesehen worden. Später hatte sich die Lärmforschung in subtilen Untersuchungen mit den vorübergehenden und bleibenden Hörschwellenverschiebungen nach Lärmexposition und deren Bedingungen beschäftigt (WARD u. Mitarb., 1959). (S. hierzu auch Kap. 3.5.3, 6.1.5 und 6.6.6).

#### 7.1.2.2 Auswirkungen auf vegetative Funktionen

##### 7.1.2.2.1 Untersuchungen am Menschen

In der allgemeinen Lärmforschung hatte man schon früher die *Auswirkungen von Lärm auf verschiedene vegetative Funktionen* des Menschen untersucht. Bezüglich Fluglärm sind uns aber nur die Versuche von FINKLE u. POPPEN (1948) und später, nach Beginn unseres Projekts (1966), die Untersuchungen in der UdSSR von TERENCEV u. Mitarb. (1969) und KARAGODINA u. Mitarb. (1969) bekannt geworden. FINKLE u. POPPEN (1948) hatten die klinischen Effekte von Lärm und mechanischen Vibrationen einer Turbojet-Maschine, die auf einem Teststand aufgebaut war, untersucht. Neun freiwillige Soldaten zwischen 19 und 21 Jahren waren während einer sechswöchigen Versuchperiode insgesamt 20 Stunden lang dem Lärm dieser Maschine ausgesetzt, die bei einer Umdrehungszahl von 15 000/min einen durchschnittlichen Lärm von 120 dB erzeugte. Die mit Ohrenschützern versehenen Versuchspersonen waren an der Maschine so postiert, daß eine brauchbare Modellsituation für Bodenpersonal geschaffen war. Der untersuchende Arzt fungierte in gewisser Weise als 10. Versuchsperson. Außer der Hörbeeinträchtigung ergaben sich bei sieben von zehn Personen eine wechselnd starke *Ermüdung* und *Reizbarkeit* und bei fünf

### 7.1.2.2.1

der neun Versuchspersonen ein *Gewichtsverlust* von 5 1/2 bis 19 Pfund während der gesamten Versuchsperiode. Bei allen Versuchspersonen stieg der *Nüchternblutzucker* nach einstündiger Beschallung (3 bis 28 mg%), während nach zweistündiger Lärmexposition bei sieben Versuchspersonen der Blutzucker 7 bis 52 mg% unter den Ausgangswerten in Ruhe lag. Die Analysen der Blutbilder, des Urins, von Nieren- und Leberfunktionen, von Blutungs- und Gerinnungszeit, von röntgenologischen Befunden des Magen-Darm-Trakts sowie des EKG und EEG ergaben keine sicheren Änderungen.

Auch die medizinischen Untersuchungen von KARAGODINA u. Mitarb. (1969) beschränkten sich auf Laboratoriumsbedingungen. In den Versuchen von TERENCEV u. Mitarb. (1969) hingegen fanden nicht nur Lärmexpositionen im Laboratorium statt. Beobachtet wurden auch 90 Personen, die sich aus Ingenieuren und Technikern mit unterschiedlichem Dienstalter zusammensetzten und die an 2, 3 oder 6 Tagen der Woche je eine bis sechs Stunden einer Lärmeinwirkung von 100 bis 102, 110 bis 112, 118 bis 120 und 130 bis 136 dB ausgesetzt waren. Die Untersuchung erfolgte durch einen Neuropathologen und einen „Therapeuten“ vor und nach der Arbeit während der Periode intensiven Flugverkehrs und einen Monat später. Außer einer generellen klinischen Untersuchung wurden Bewegungskoordination und einige spezielle Kreislaufmessungen überprüft.

Diejenigen Techniker, die einer Lärmeinwirkung von 130 dB und mehr ausgesetzt waren, klagten nach jedem Arbeitstag über *Ohrensausen*, über *Kopfschmerzen*, *unangenehme Empfindungen in der Herzgegend*, *Juckreiz* am ganzen Körper und *Schmerzen* in der Bauchmuskulatur, manchmal auch über *Übelkeit*, *Erbrechen*, *Appetitlosigkeit* und *Schlafstörungen*. Objektiv hatten sich hierbei *Pulsbeschleunigung*, *Zunahme der Reaktivität des kardiovaskulären Systems* nach physischer Belastung (15 Kniebeugen in 20 Sekunden) und eine mäßige *Erhöhung des systolischen*, in etwas stärkerem Maße auch *des diastolischen Blutdrucks* nachweisen lassen (genaue Ergebnisse werden allerdings nicht mitgeteilt). Bei einigen Personen hätte sich die T-Zacke im EKG abgeflacht oder sei negativ geworden; häufig hätte man eine *gesteigerte allgemeine Erregbarkeit der Sehnenreflexe*, einen *Fingertremor* und dauerhaften *Dermographismus* gefunden, Symptome, die bei der Mehrzahl nach ausgedehntem Schlaf bereits am nächsten Tag, bei anderen Personen erst nach zwei bis drei Tagen wieder verschwanden, falls keine neue Flugbelärmung erfolgte.

Bei einzelnen Personen kam es in der Periode intensiven Flugverkehrs zu einer fortschreitenden Verschlechterung des Befindens und zum *Auftreten einer neurotischen oder einer sog. vegetativ-dystonen Symptomatik*. Insgesamt war die Schwere der subjektiven und objektiven Symptome außer durch die Intensität auch noch von der Dauer der Lärmexposition bestimmt. Hinzu kamen individuelle Besonderheiten bei Personen, bei denen ein Kopftrauma, eine Hyperthyreose (die mitgeteilten Befunde in der Kasuistik lassen allerdings an der Diagnose einer Hyperthyreose zweifeln) und eine „neurozirkulatorische Affektion“ diagnostiziert worden waren.

In den Laboratoriumsuntersuchungen an 15 gesunden Männern traten bei einigen Versuchspersonen nach einstündiger Belärmung mit 100 bis 102 dB Kopfschmerzen und Schläfrigkeit auf. Bei allen Probanden reduzierte sich die Pulsfrequenz um 10 bis 20/min, der Blutdruck erhöhte sich systolisch und diastolisch um 10 bis 20 mm Hg. Nach dreistündiger Belärmung mit 100 bis 102 dB waren die Kreislaufreaktionen ähnlich; nach sechsstündiger Belärmung klagten alle Versuchspersonen über Ohrensausen, Kopfschmerzen, Erschöpfung und einige Versuchspersonen über Appetitverlust, Übelkeit, Schläfrigkeit und Reizbarkeit; hier sank die Pulsfrequenz durchschnittlich um 13/min, der Blutdruck stieg um 6 bis 10 bzw. 6 bis 26 mm Hg. Die Nachwirkung einer Belärmung mit

100 bis 102 dB von ein- bis sechsständiger Dauer hielt einige Stunden und bei Personen mit vegetativ-vaskulärer Labilität ein bis zwei Tage an.

Nach einer Belärmung mit 110 bis 112 dB (bis zu drei Stunden) verstärkten sich die bei 100 bis 102 dB-Belärmung registrierten Veränderungen. Bei der klinischen Untersuchung fand man beständigen roten Dermographismus, Fingertremor und Steigerung der Sehnenreflexe. Die Kreislaufreaktion ähnelte derjenigen bei der geringeren Belärmung.

Eine täglich einstündige Lärmeinwirkung mit einer Intensität von 110 bis 112 dB wurde auf die Dauer recht gut vertragen, während eine Expositionsdauer von drei bis sechs Stunden täglich zu zunehmenden Kopfschmerzen, Müdigkeit und Unwohlsein führte.

Bei noch stärkerer täglicher Belärmung (120 dB über eine, drei und sechs Stunden) erhöhte sich der Blutdruck um 10 bis 20 mm Hg., vorwiegend diastolisch, während die Pulsfrequenz absank.

Bei einer Belärmung von 118 bis 120 dB wurde im Gegensatz zur einstündigen Lärmeinwirkung mit einer Intensität von 110 bis 112 dB keine wesentliche Adaptation beobachtet, so daß eine wiederholte Lärmeinwirkung von 118 bis 120 dB bei ein-, drei- und sechsständiger Exposition ohne Schutzmaßnahmen für unzulässig gehalten wird.

#### 7.1.2.2.2. Untersuchungen am Tier

Für die Frage des Einflusses von Lärm auf das vegetative Nervensystem sind Tieruntersuchungen von besonderem Interesse, in denen *Reaktionen einzelner Gehirnstrukturen* auf Belärmung unmittelbar gemessen und morphologische Veränderungen histologisch untersucht werden konnten.

So wurde mit Hilfe von chronisch eingepflanzten zerebralen Elektroden an Kaninchen der Einfluß von Lärm mit einer Intensität von 115 dB auf die bioelektrischen Potentiale verschiedener Strukturen der Hirnrinde und tiefer gelegener Hirnstrukturen untersucht (ANDREEVA-GALANINA u. Mitarb., 1970). Die Potentiale wurden täglich drei Stunden lang vor der Belärmung und alle 15 Minuten während der Lärmeinwirkung gemessen. Es wurden zwei sich abwechselnde Stadien beobachtet, die durch häufige bioelektrische Aktivität mit niedriger Amplitude bzw. durch eine synchronisierte langsamwellige Aktivität mit niedriger Amplitude charakterisiert waren.

Hieraus resultierende Annahmen über Störungen der Gewebeatmung des Gehirns führten zu unmittelbaren Untersuchungen der Gewebeatmung bei Ratten. Es zeigte sich, daß der Sauerstoffbedarf des Gehirns in direkter Abhängigkeit zur Dauer des einwirkenden Lärms steht, wobei eine Phase gesteigerter Gewebeatmung der Phase der Abnahme des Sauerstoffbedarfs folgt, freilich in unterschiedlicher zeitlicher Reihenfolge in den verschiedenen Gehirnstrukturen. Am frühesten treten die Änderungen des Sauerstoffverbrauchs im Bereich der Hörrinde, am spätesten in den subkortikalen Strukturen auf.

In Untersuchungen von STRACHOV u. Mitarb. (1970) über den Effekt einer Beschallung von 95 dB bei weißen Ratten zeigte sich, daß bei einer Lärmeinwirkung von ein bis sieben Tagen Dauer ausgeprägte morphologische Veränderungen in der Großhirnrinde auftraten, daß aber bei einer Lärmeinwirkung über 15 bis 28 Tage die Veränderungen in der Großhirnrinde geringer sind, hingegen im Stammhirn eine deutliche Progression zeigen. Diese Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß nach einer bestimmten Zeit der Lärmexposition die Impulse zu den höheren Hirnschichten blockiert werden, so daß hier regenerative Prozesse einsetzen können. Hingegen ist das Stammhirn, in dem sich auch die vegetativen Zentren befinden, bei langer intensiver Belärmung einer fortschreitenden Schädigung ausgesetzt.

Die genannten russischen Versuche an Menschen und Tieren fanden erst nach Beginn unseres Projektes statt.

### 7.1.2.2.3

#### 7.1.2.2.3 Eigene Vorstudien

Bei der Planung waren wir auf die bis zum damaligen Zeitpunkt veröffentlichten Untersuchungen mit anderen Lärmarten angewiesen; *simultane Untersuchungen mehrerer vegetativer Funktionen* unter Lärmeinfluß waren von anderen Autoren freilich nicht durchgeführt worden; wir selbst hatten aber diesbezügliche Erfahrungen in Laboratoriumsuntersuchungen sammeln können (v. EIFF, 1964).

An fünf aufeinanderfolgenden Tagen waren jeweils zu der gleichen Uhrzeit acht gesunde Schüler im Alter von 18 bis 20 Jahren mit dem Geräusch einer Ziehpresse von 88 dB(A) belärmt worden.

Dieser Lärm wurde in folgender Weise dargeboten:

1. als durchgehender Lärm,
2. als gleichmässig unterbrochener Lärm (fünf Minuten Lärm, fünf Minuten Pause etc.),
3. als unregelmässig unterbrochener Lärm.

Die Dauer des Versuchs betrug an allen Untersuchungstagen 65 Minuten. An den beiden ersten Versuchstagen wurde jede Versuchsperson jeweils 20 Minuten lang zunächst durchgehendem Lärm, dann gleichmäßig unterbrochenem Lärm, schließlich unregelmäßig unterbrochenem Lärm ausgesetzt. An den letzten drei Tagen wurde jeder Versuchsperson jeweils 65 Minuten lang nur eine der drei Lärmarten dargeboten. Diese Variation der einzelnen Lärmbedingungen erfolgte dabei in einer Weise, daß Serieneffekte vermieden wurden und jede Versuchsperson allen drei Lärmbedingungen gleich häufig ausgesetzt war.

Simultan wurden *Blutdruck, Elektromyointegral, Pulsfrequenz, Atemminutenvolumen, Atemfrequenz, Sauerstoffverbrauch* und *CO<sub>2</sub>-Abgabe* gemessen sowie der respiratorische Quotient und die Blutdruckamplitude berechnet.

Am ersten Untersuchungstag kam es in den ersten fünf Minuten der Belärmung zu einem statistisch gesicherten Anstieg des systolischen und diastolischen Blutdrucks, der CO<sub>2</sub>-Abgabe und des respiratorischen Quotienten und in den letzten fünf Minuten der Belärmung (60. bis 65. Minute) zu einem Anstieg des diastolischen Blutdrucks. Das Elektromyointegral ließ lediglich die Tendenz zum Anstieg während der Belärmung erkennen, die Pulsfrequenz gegen Ende der Belärmung eine deutliche Tendenz zum Abfall.

Am zweiten Versuchstag konnte nur ein Anstieg des diastolischen Blutdrucks während des ganzen Versuchs bewiesen werden und in der ersten Versuchshälfte ein Anstieg der CO<sub>2</sub>-Abgabe. Ein sicherer Gewöhnungseffekt konnte für die systolischen Blutdruckreaktionen festgestellt werden.

An den letzten drei Versuchstagen variierten die Ergebnisse je nach Lärmbedingung. Eine diastolische Blutdruckreaktion trat nur bei gleichmäßig unterbrochenem Lärm während des gesamten Versuchs und bei Dauerlärm erst gegen Ende der Belärmung auf; bei unregelmäßig unterbrochenem Lärm konnte hingegen keine Blutdruckreaktion bewiesen werden.

Das Atemminutenvolumen sank bei Dauerlärm im ganzen Verlauf und stieg bei regelmäßig unterbrochenem Lärm an.

Das Elektromyointegral wies nur bei regelmäßig und insbesondere bei unregelmäßig unterbrochenem Lärm einen sicheren Anstieg auf. Unter regelmäßig unterbrochenem Lärm kam es auch noch zu einer erhöhten CO<sub>2</sub>-Abgabe, einem höheren respiratorischen Quotienten und einem niedrigeren O<sub>2</sub>-Verbrauch.

Es war uns also bekannt, daß – unter Laboratoriumsbedingungen – Lärm nicht zu einer gleichartigen Reaktion verschiedener vegetativer Funktionen führt, daß Adaptationsphänomene auftreten und daß Reaktionen einer bestimmten vegetativen Funktion unter

*einem Lärmuster keine Rückschlüsse auf das Verhalten bei einem anderen Lärmuster erlauben.*

Unter klinischen Aspekten waren für uns die Reaktionen des Blutdrucks und des Elektromyointegral (EMI) von besonderem Interesse; Erhöhung des Elektromyointegrals, also Hinweis für eine gesteigerte elektrische Muskelaktivität, war ein empfindlicher Indikator für eine gesteigerte zentralnervöse Erregbarkeit. Würde ihr Nachweis unter Ruhebedingungen bei einer flugbelärmten Bevölkerung gelingen, so hätte man ein objektives Korrelat zu geklagten nervösen Störungen gefunden. Der Blutdruckanstieg andererseits schien uns ein möglicher Risikofaktor für die Entstehung einer essentiellen Hypertonie zu sein.

#### 7.1.2.2.4 Hypothese über die Pathogenese des Blutdrucks.

Aufgrund von experimentellen Untersuchungsergebnissen an Normotonikern und Hypertonikern hatten wir eine These über die Pathogenese der essentiellen Hypertonie aufgestellt, bei der die bisher bekannten pathogenetischen Mechanismen auf einen einzigen primären Faktor bezogen werden (v. EIFF, 1967, 1972).

Danach resultiert die essentielle Hypertonie, jene Form von chronischer Blutdrucksteigerung, bei der eine Nierenerkrankung oder eine Erkrankung der endokrinen Drüsen oder des Gefäßsystems als Ursache der Blutdruckerhöhung ausgeschlossen werden kann, aus der *Hyperaktivität des hypothalamischen Sympathikuszentrums und deren Folgen auf verschiedene periphere Mechanismen* – Pressorezeptorenapparat, Nebennierenmark, Nieren und Nebennierenrinde. Nur am Beginn der Erkrankung ist die essentielle Hypertonie eine rein zentralnervöse Störung. Durch die Gefäßschäden und das Ingangsetzen peripherer Mechanismen verselbständigt sich die Hochdruckkrankheit gegenüber der zentralnervösen Regulationsstörung und muß sich im weiteren Verlauf nicht mehr von Hypertonien anderer Genese unterscheiden. Für die Hyperaktivität des hypothalamischen Sympathikuszentrums werden Erbfaktoren, Persönlichkeits- und Umweltfaktoren verantwortlich gemacht.

Im Rahmen unserer Untersuchungen interessierte uns, ob Fluglärm ein entscheidender Umweltfaktor sein kann, der den Menschen trifft und – bei Vorhandensein bestimmter Persönlichkeitsfaktoren und genetischer Informationen – zu stärkeren Reaktionen führt; könnte man dies beweisen, dann wäre Fluglärm als Risikofaktor für eine der häufigsten menschlichen Erkrankungen anzusehen. Die Beobachtungen in der Literatur stimmen darin überein, daß kein Dauerhochdruck erzeugt werden kann, wenn ungünstige Umweltbedingungen zeitlich begrenzt sind. So verschwanden im Nordafrikafeldzug im letzten Weltkrieg Hypertonien, die fast bei einem Drittel der sich im zweijährigen Dauereinsatz befindlichen Alliierten Truppen aufgetreten waren, innerhalb weniger Wochen der Ruhe (GRAHAM, 1945).

Unsere Annahme, daß andererseits langdauernde Umweltschäden durchaus zu einem determinierenden Faktor des chronischen Blutdruckanstiegs werden können, wurde später durch HENRY und CASSEL (1969) bestätigt.

#### 7.1.2.2.5 Zwischenstudien

Zum Zeitpunkt der Hamburger Voruntersuchung (s. Kap. 2.1.1 u. 7.1.3) war noch nicht bekannt, daß es eine *geschlechtsspezifische Blutdruckregulation* gibt. In der Zeit zwischen Vor- und Hauptuntersuchung stand dieses Problem im Mittelpunkt unserer Laboratoriumsuntersuchungen. Es konnte gezeigt werden, daß die Blutdruckregulation der geschlechtsreifen Frau von derjenigen des Mannes differiert. Das von der geschlechtsreifen Frau gebildete Östrogen wirkt sich nämlich protektiv auf die Regulation des systolischen Blutdrucks

#### 7.1.2.2.5

aus (v. EIFF u. Mitarb., 1971). Je stärker in der ersten Phase des mensuellen Zyklus die Östrogenaktivität ist, desto mehr wird die Stressreaktion des systolischen Blutdrucks abgeschwächt. Zusätzliche Progesteronwirkung in der postovulatorischen Phase verstärkt diesen protektiven Mechanismus auf den systolischen Blutdruck nicht; hingegen werden in dieser Zyklusphase diastolische Blutdruckreaktionen stärker blockiert.

Die Kenntnis dieses protektiven Mechanismus bei der geschlechtsreifen Frau beeinflusste die Wahl der Probanden in der Hauptuntersuchung: Während in Hamburg nur Frauen untersucht wurden, erfolgte die Münchener Untersuchung an Frauen und Männern.

#### 7.1.2.2.6 Spezielle Fragestellung bezüglich des vegetativen Nervensystems

Aufgrund der Literatur sowie der Vor- und Zwischenstudien ergeben sich folgende Probleme für unsere Lärmstudie:

1. Kann eine bestimmte subjektive Symptomatik auf den Einfluß des Fluglärms bezogen werden?
2. Lassen sich Störungen des vegetativen Nervensystems in Bezug auf Kreislauf, Atmung und Muskeltonus nachweisen?
3. Läßt sich eine Beziehung des Fluglärms zum Ruhe- bzw. Belastungsblutdruck nachweisen, d.h. kann der Fluglärm als Risikofaktor, evtl. mit geschlechtsspezifischen Unterschieden, für die Entstehung der essentiellen Hypertonie angesehen werden?

#### 7.1.2.3 Auswirkungen auf Bestandteile von Blut und Urin

##### 7.1.2.3.1 Vorbemerkungen

In der Münchener Hauptuntersuchung wurden die Erhebungen auch auf *laborchemische Untersuchungen* ausgedehnt, weil es in der Literatur Hinweise für Änderungen von Blut- und Urinbestandteilen unter dem Einfluß von Stress gibt. Spezielle Untersuchungen im Zusammenhang mit Fluglärm waren noch nicht durchgeführt worden, wohl aber Tierexperimente mit anderen Lärmarten.

Eine ausführliche Literaturzusammenstellung über den Einfluß von psychosozialen Reizen auf die Aktivität des Nebennierenmarks, der Nebennierenrinde und der Schilddrüsenfunktion findet sich in der hervorragenden Studie von L. LEVI: „Stress and Distress“ (1972). In diesem Zusammenhang soll nur auf einige Untersuchungsergebnisse eingegangen werden.

##### 7.1.2.3.2 Untersuchungen am Menschen

In 75stündiger Dauerbelastung (psychomotorische und intellektuelle Aufgaben bei vollständigem Schlafentzug) kam es zu einem Anstieg der *Blutkörperchen-Senkungsgeschwindigkeit* (BSG), des *proteingebundenen Jods* (PbJ) und des *Serumeisenspiegels*, der bei jüngeren Versuchspersonen wesentlich ausgeprägter war als bei älteren (FRÖBERG u. Mitarb., 1970).

Abweichungen der *Gesamtleukozyten-Zahl* und des Differentialblutbildes in zeitlichem Zusammenhang mit einem Examen (WACHOLDER u. Mitarb., 1955) sowie Änderungen des *spezifischen Gewichts des Urins* im zeitlichen Zusammenhang mit emotionsgeladenen Spielfilmen (LEVI, 1972) wurden beschrieben.

In direkte Beziehung zur Dauer der Beschäftigung in einem Betrieb mit hohem Geräuschpegel wurde die Höhe des *Cholesterinspiegels* gebracht (KHOMULO u. Mitarb., 1967). Bei anderen Stressformen wurde ein Anstieg der freien Fettsäuren und der Triglyceride gefunden (GITTLEMAN u. Mitarb., 1968; CARLSON u. Mitarb., 1972).

### 7.1.2.3.3 Tierversuche

Der Einfluß von Stress auf den *Fettstoffwechsel* ist im Tierexperiment studiert worden, wobei auch Lärm als Stressor benutzt wurde. Es fanden sich hierbei Anstiege der freien Fettsäuren (HRUBES u. Mitarb., 1965; SACKLER u. Mitarb., 1960) und der Triglyceride im Plasma (FRIEDMAN u. Mitarb., 1967), wobei aber anscheinend recht komplizierte zusätzliche Bedingungen gegeben sein müssen (was auch andere, widersprüchliche Ergebnisse von ANTHONY u. Mitarb. (1958), GEBER u. Mitarb. (1966) und STANOSEK (1969) vermuten lassen). Besonders wertvoll für unsere Problemstellung waren autoptische Befunde von beschallten Tieren (FRIEDMAN u. Mitarb., 1967): post mortem war die *Arteriosklerose* bei den beschallten Tieren größer als bei den Kontrolltieren. Uneinheitlich sind die Angaben über das Verhalten der *eosinophilen Blutzellen* unter audiogenen Reizen, wobei Abnahmen (ANTHONY, 1955) und Zunahmen (SACKLER u. Mitarb., 1960) beschrieben wurden.

Widersprüchliche Ergebnisse liegen auch in Bezug auf die *Serumelektrolyte* vor; es wurden unter Belärmung nämlich z. T. keine Veränderungen gefunden (ANTHONY u. Mitarb., 1958), z. T. aber auch Verschiebungen beschrieben (NITSCHKOFF u. Mitarb., 1967). *Hyperglykämien* bzw. vergrößerte Oszillationen der Blutzuckerkurve unter Lärm führten zur Hypothese, daß der Lärm eine prädiabetische Phase in die Manifestation überführen kann (TREPTOW u. Mitarb.; in: NITSCHKOFF u. Mitarb., 1968).

### 7.1.2.3.4 Spezielle Fragestellung bezüglich blutchemischer Befunde

Aus methodischen Gründen war es uns nicht möglich, Untersuchungen über die Funktion der Nebenniere durchzuführen, wie es die Stressversuche von LEVI u. Mitarb. (1972) nahelegen. Wir mußten uns auf Probleme beschränken, die sich vorwiegend aus der tierexperimentellen Literatur ergaben, allerdings auch hier in dem Bewußtsein, daß es unmöglich sein würde, von den Versuchspersonen die Erfüllung aller methodischen Voraussetzungen zu verlangen.

Unsere speziellen Fragestellungen lauteten:

1. Lassen sich Störungen des Blutzuckerspiegels nachweisen?
2. Lassen sich Veränderungen der Leukozyten und des spezifischen Gewichts des Urins nachweisen?
3. Wird der Fettstoffwechsel durch Fluglärm beeinflusst?
4. Kommt es zu Veränderungen der Serumelektrolyte?

Trotz fehlender Hinweise in der Literatur interessierte uns auch das Problem, ob

5. Fermentveränderungen und Eiweißverschiebungen unter Fluglärmbelastung auftreten.

## 7.1.3 Die Hamburger Voruntersuchung

### 7.1.3.1 Methodik

Von unserer Untersuchungsgruppe wurden 224 (ausschließlich weibliche) Versuchspersonen untersucht (s. Kap. 2.1.3). 115 Frauen wohnten im Fluglärmgebiet und 109 im Kontrollgebiet. Es fanden bei allen Versuchspersonen Messungen in der eigenen Wohnung und zusätzlich in einem Bungalow der Hamburger Universitäts-Kliniken statt, wo wir die Einrichtung unseres Bonner Laboratoriums aufgebaut hatten.

In der Wohnung der Versuchsperson wurden Blutdruck, Puls- und Atemfrequenz im Liegen, nach zehn Minuten Ruhe, fünf Minuten lang gemessen. Die Blutdruckmessung erfolgte blind, d. h. ohne daß die messenden Mitarbeiter direkt über den gemessenen Blutdruck-

### 7.1.3.1

wert orientiert waren. In eigens dafür gebauten Holzkästen wurden die üblichen Quecksilbermanometer jeden Morgen in einer willkürlichen Höhe aufgehängt. Durch einen Schlitz in der Vorderwand der Holzkästen war nur die Quecksilbersäule sichtbar, nicht aber die daneben gelegene Skala. Abgelesen wurde in einer an der Vorderwand der Holzkästen angebrachten willkürlichen 0,5-cm-Skala; erst nach Abschluß aller Untersuchungen wurden anhand der täglich notierten Einstellungen die gemessenen Werte auf die tatsächlichen Blutdruckwerte in mm Hg umgerechnet.

Im Laboratorium fanden neben unmittelbaren klinischen Untersuchungen auch Bestimmungen von Körpergröße und -gewicht, Blutsenkung, Hämoglobin und Leukozytenzahl und Messungen von Blutdruck, Puls- und Atemfrequenz sowie des Elektromyointegrals des rechten Fingerstreckers (*Musc. extens. digit. comm.*) statt. Hier wurden aber nicht nur wie in den häuslichen Untersuchungen Messungen in Ruhe, sondern auch unter Lärmexposition durchgeführt, wobei den Versuchspersonen – um eine spezifische von einer unspezifischen Lärmwirkung unterscheiden zu können – neben einer siebenminütigen Phase mit den Geräuschen von startenden und landenden Flugzeugen eine gleich lange Periode mit dem Lärm des Straßenverkehrs über Kopfhörer dargeboten wurde. Der mittlere Pegel der Lärmphasen, die alternierend einmal mit dem Verkehrslärm und einmal mit dem Fluglärm begannen, betrug 90 dB; an einzelnen Stellen wurde kurzzeitig eine Intensität von 110 dB erreicht. Zusätzlich wurden Blutdruck, Puls- und Atemfrequenz während einer Kopfrechenaufgabe sowie Blutdruck und Pulsfrequenz während eines cold-pressure-Tests gemessen.

### 7.1.3.2 Ergebnisse

Frauen in dem dem Fluglärm ausgesetzten Gebiet wiesen nicht häufiger Hypertonien auf und reagierten auch unter akuter Lärmexposition nicht stärker als Frauen im Kontrollgebiet ohne Fluglärm, aber mit sonst vergleichbaren Voraussetzungen.

Diese Schlußfolgerung wurde von uns jedoch nur mit Einschränkungen gezogen. Psychologische, Arbeitsphysiologische und Medizinische Sektion hatten nämlich als Voraussetzung für die Untersuchung gefordert, daß die Versuchspersonen mindestens fünf Jahre ihren Wohnsitz in einem der beiden Gebiete hatten, damit – auf der einen Seite – eine genügend lange Exposition bestand, nach der man überhaupt Veränderungen erwarten konnte. Auf der anderen Seite wußten wir dadurch aber nicht, ob die Frauen im Lärmgebiet nicht anfangs, nachdem sie dorthin gezogen waren, mit erhöhten Blutdruckwerten auf den Fluglärm reagiert hatten und diese Reaktionen dann im Laufe der Zeit infolge Adaptation abgenommen hatten.

Auch bei den anderen vegetativen Reaktionen, anamnestischen und klinischen Daten gab es keine sicheren Unterschiede zwischen den Frauen der beiden Wohngebiete.

Trotz dieser negativen Ergebnisse in der „pilot study“ schien uns eine größer angelegte Untersuchung notwendig, einmal schon wegen der skizzierten Adaptationsprobleme und zum anderen wegen der nach der Hamburger Voruntersuchung festgestellten geschlechtsspezifischen Blutdruckregulation (s. Kap. 7.1.2.2.5). Ihr Nachweis erforderte eine Untersuchung, in die auch männliche Versuchspersonen einbezogen waren.



## 7.2. Methodik des medizinischen Untersuchungsteils\*

### 7.2.1 Allgemeiner Untersuchungsplan

Die medizinischen Untersuchungen, die als letzte nach den sozialwissenschaftlichen Befragungen und dem psychologischen Untersuchungsteil erfolgten (s. Kap. 2.2.4, 2.3.2, 2.4.1), gliederten sich in vier Abschnitte, deren Reihenfolge variiert wurde:

- |   |   |     |
|---|---|-----|
| 1. Anamneseerhebung (A),  | } | (M) |
| 2. unmittelbare körperliche Untersuchung (U),                               |   |     |
| 3. Blut- und Urinuntersuchungen (B),  |   |     |
| 4. Untersuchungen der vegetativen Reaktionen (Experimentaluntersuchung, E). |   |     |

Die Dauer einer Untersuchung betrug insgesamt ca. zwei Stunden, wobei die eine Hälfte der Untersuchungszeit auf die drei ersten Abschnitte und die andere Hälfte auf die Untersuchung der vegetativen Reaktionen entfielen. Die zeitlichen Verhältnisse und die personelle Situation machten es notwendig, daß die Untersuchungen der vegetativen Reaktionen jeweils an zwei Versuchspersonen in getrennten, gleichartigen Räumen stattfanden. Die Anamnesen konnten bei Bedarf gleichzeitig bzw. mit zeitlicher Überschneidung bei drei Probanden aufgenommen werden, da hierzu drei getrennte Räume zur Verfügung standen, von denen einer auch als Untersuchungsraum (2. Abschnitt, U) diente.

Um einen eventuellen Einfluß von Versuchsabschnitt und Untersucher auf die Ergebnisse zu eliminieren, wäre es wünschenswert gewesen, diese Faktoren bei der Zuordnung der Versuchspersonen zu den beiden Laboratorien für den Abschnitt 4 (E) und zu den verschiedenen Reihenfolge-Möglichkeiten der Abschnitte 1 bis 4 zu berücksichtigen. Dies konnte aber nur in begrenztem Umfang geschehen, wie im folgenden aufgezeigt wird. Bei der Zuteilung der Versuchspersonen wurden weitgehend Wohngebiet, Geschlecht und Alter beachtet. Öfters jedoch wurde die Reihenfolge durch äußere Umstände bestimmt, wie durch kurzfristigen Ausfall eines Labors, durch Defekte von Apparaturen, Verspätung einer Versuchsperson, länger dauernde Anamnese, Schwierigkeiten bei der Blutentnahme u.a.

Die Anamnesen wurden durch drei Mitarbeiter aufgenommen, wobei darauf geachtet wurde, daß in jeder Hinsicht, also auch bei der zahlenmäßigen Verteilung, gleichartige Verhältnisse vorlagen; die unmittelbare Untersuchung erfolgte ausschließlich durch einen (immer denselben) Mitarbeiter. Die Blutentnahme und die anschließenden Blut- und Urinuntersuchungen wurden von einer, später von zwei medizinisch-technischen Assistentinnen durchgeführt.

Zwei der Mitarbeiter waren sowohl bei der Anamneseerhebung wie auch bei den experimentellen Untersuchungen eingesetzt.

Eine Einschränkung der Variation der Reihenfolge ergab sich aus der Einsatzmöglichkeit der Mitarbeiter, der Dauer des 4. Versuchsabschnitts und dem Wunsch, die Anamneseerhebung möglichst vor der unmittelbaren klinischen Untersuchung durchzuführen.

Es ergab sich ein Untersuchungsplan für maximal 12 Versuchspersonen pro Tag (Tab. 7-1; s. Kap. 2.4.5). Die Tab. 7-2 zeigt, wie oft die hiernach gegebenen Möglichkeiten der Abfolge der einzelnen Versuchsabschnitte vorkommen (1, 2, 7, 9), aber auch, wie oft von diesem Plan abgewichen werden musste (3 bis 6, 7 a bis 8 a).

\* Die Untersuchungen wurden durchgeführt unter Mitarbeit von Dr. U. Frotscher, Dr.R. Hormann und Med.-Ass. W. Nawrocki sowie den med-techn. Assistentinnen G. Kassiepe u. C. Kugelmeier

## 7.2.1

Wenn man die Reihenfolge auf die zwei großen Versuchsteile M (Abschnitt 1 bis 3) und E (experimentelle Untersuchungen = 4) zusammenfasst und außerdem den wichtigen Faktor „Geschlecht“ berücksichtigt, ergibt sich für die 392 Versuchspersonen die Verteilung, die in Tab. 7-3 dargestellt ist.

**Tab. 7-1:** Beispiel eines Untersuchungsplanes für maximal 12 Personen (1 bis 12) pro Tag.  
 Es bedeutet: E 1 = Experimentallabor 1, E 2 = Experimentallabor 2.  
 Die Vp 1 wurde z.B. von 09 -10 h im Labor 1 untersucht, stand dann ca. 20 Minuten für die Blutentnahme und die Urinabgabe zur Verfügung (B), weitere 20 Minuten für die Erhebung der Anamnese und schließlich ca. 20 Minuten für die körperliche Untersuchung, die Beantwortung des Fragebogens M und des Fragebogens S über das subjektive Befinden (s. Kap. 7.2.2 u. Annexband, A.7.2.2).  
 Zur kurzen Orientierung bedeutete „Plan I a“: Labor E 1 beginnt mit der Untersuchung der vegetativen Funktionen bei einem Probanden, in der 2. Stunde des Untersuchungszyklus untersuchen die E-Labors den zweiten und dritten Probanden, bei denen vorher die Untersuchungsabschnitte A, U und B (bzw. B, A und U) abgelaufen waren.  
 Entsprechendes gilt für II a, I b und II b. Je nach Bedarf und Möglichkeit konnte z.B. auch mit „Plan II b“ um 9 h begonnen werden.

	Unters.- Abschn. Uhr- zeit	E 1	E 2	A	U	B
I a	09-10	1		3 2	3 2	2 3
	10-11	2	3	1	1	1
II a	11-12		4	6 5	6 5	5 6
	12-13	6	5	4	4	4
I b	14-15	8	9	7	7	7
	15-16	7		9 8	9 8	8 9
II b	16-17 (20-21)+)	12	11	10	10	10
	17-18 (21-22)+)		10	12 11	12 11	11 12

+ ) Statt von 16-18 h wurde bei Bedarf von 20-22 h untersucht.

Tab. 7.2: Übersicht über die Abfolge der Versuchsabschnitte (s. Kap. 7.2.1).

E = vegetative Untersuchung, A = Erhebung der Anamnese, U = körperliche Untersuchung, B = Blut- und Urinuntersuchung.

Die Reihenfolgen 1 und 2 (vegetative Untersuchung am Anfang) sowie 7 und 9 (vegetative Untersuchung am Ende) kamen, wie geplant, am häufigsten vor. Alle anderen aufgeführten Abfolgen ergaben sich entsprechend den jeweiligen situationsbedingten Erfordernissen; sie sind nicht in der Tab. 7-1 vorgesehen. Es wurde aber Wert darauf gelegt, daß E möglichst am Ende oder am Anfang stand.

Abfolgenummer	1	2	3	3a	4	5	6	7	7a	8	8a	9
Abfolge	E	E	E	A	E	E	B	B	B	A	B	A
	A	B	A	E	U	B	E	A	A	B	U	U
	U	A	B	B	B	U	A	U	E	U	A	B
	B	U	U	U	A	A	U	E	U	E	E	E
Anzahl der Untersuchungen	34	48	6	1	2	7	2	47	1	8	1	35 = 192 Männer
	25	64	6	-	1	4	1	57	1	5	-	36 = 200 Frauen

Tab. 7.3: Zuordnung der Probanden zu den Reihenfolgemöglichkeiten EM (Untersuchung der vegetativen Reaktionen (E) vor Anamnesenerhebung, ärztlicher Untersuchung und Blut- und Urinuntersuchungen) und ME (s. Kap. 7.2.1).

	männlich	weiblich	ges.
EM	100	101	201
ME	92	99	191
	192	200	392

## 7.2.2 Der erste Untersuchungsteil (Anamnese, unmittelbare körperliche Untersuchung, Blut- und Urinuntersuchungen)

### a) Anamnese:

Für die Erhebung der Anamnese wurde ein Fragebogen aufgestellt mit 75 Fragen zu Erkrankungen, 18 Fragen über Genußmittelkonsum und Medikamentenverbrauch (s. Kap. 7.4.3 und Kap. 7.5.1), 12 Fragen über Beschwerden, 43 Fragen über vegetative Störungen und 18 gynäkologischen Fragen für die weiblichen Versuchspersonen. Der erste Fragenkomplex umfaßte zunächst eine genaue Familienanamnese. Die Fragen bezüglich der eigenen Erkrankungen der Versuchspersonen betrafen Unfälle und Verwundungen, Infektionskrankheiten, Halsentzündungen, Gelenkrheumatismus, Nierenerkrankungen (wobei in Einzelfragen nach bestimmten Symptomen gefahndet wurde), Herzerkrankungen, Bluthochdruck mit Detailfragen über Dauer, Höchstwerte und Therapie, Erkrankungen des Magen-Darm-Kanals, Diabetes, Gewichtsverlauf, Allergien und Erkrankungen des Zentralnervensystems.

Die einzelnen Fragen wurden der gegenüberstehenden Versuchsperson vorgelesen und die Antworten auf lochkartengerechten Bogen dokumentiert (s. Annexband, A.7.2.2). Zusätzliche Fragen zielten auf die Wohndauer bzw. auf frühere Wohnorte, auf die Schlafdauer vor dem Untersuchungstag, kurz vorhergegangenen Alkohol- und Schlafmittelkonsum ab (Fragebogenteil M; s. Annexband, A.7.2.2). Ein weiterer Bogen mit einigen Fragen zur gegenwärtigen Befindlichkeit (Fragebogenteil S, s. Annexband, A.7.2.2) wurde den Versuchspersonen vorgelegt, so daß sie selbst die Antworten ankreuzen konnten (dieser Fragebogen war mit dem Fragebogen S der Psychologischen Sektion identisch; s. Kap. 5.3.3).

## 7.2.2

### b) Unmittelbare körperliche Untersuchung<sup>†)</sup>

Der Untersuchung lagen 31 Punkte des Erhebungsbogens zugrunde. Der Ablauf der klinischen Untersuchung erfolgte bei allen Versuchspersonen gleichartig (s. Annexband, A.7.2.2, Seite 13 bis 15 des Fragebogens).

### c) Blut- und Urinuntersuchungen<sup>†)</sup>

Die Versuchspersonen brachten eine Plastikflasche mit dem Morgenurin zur Untersuchung mit (von der Firma Heyden, München, freundlicherweise zur Verfügung gestellt). Diese Flaschen waren den Probanden bei der psychologischen Untersuchung zusammen mit einem Merkzettel mitgegeben worden. Außerdem wurde frisch gelassener Urin untersucht (Urinstatus auf S. 33 des Erhebungsbogens; s. Annexband, A. 7.2.2).

Hämoglobin (mittels Vitatron-Kolorimeter UC 200), Leukozyten (Fuchs-Rosenthal-Kammer) und Blutausschlag (May-Grünwald-Färbung), Blutsenkung (1. Stunden-Wert) und Blutzucker (enzymatische Methode) wurden von den technischen Assistentinnen bestimmt, die Eosinophilenzahl aus dem prozentualen Anteil der Gesamtleukozytenzahl nur berechnet (s. Annexband, A.7.2.2, S. 33 des Erhebungsbogens).

Die für alle übrigen klinisch-chemischen Untersuchungen abgenommenen Blutproben (S. 34 und 35 des Erhebungsbogens) wurden abgesert, die Seren in einer Tiefkühltruhe aufbewahrt und ein- bis zweiwöchentlich in gefrorenem Zustand in einem Dewar-Gefäß unter Beigabe von gefrorener Kohlensäure nach Bonn geschickt; dort wurden sie zunächst weiter tiefgekühlt aufbewahrt, bis die verschiedenen Bestimmungen vorgenommen werden konnten.

## 7.2.3 Der zweite Untersuchungsteil (Untersuchung der vegetativen Reaktionen)

### 7.2.3.1 Die gemessenen Variablen

Für die experimentellen Untersuchungen standen Räume zur Verfügung, die durch Doppelfenster gut isoliert waren und in denen der von der Straße her eindringende Verkehrslärm keine nennenswerte Bedeutung mehr hatte. Um die Konstanz der Meßbedingungen zu gewährleisten (insbesondere für die elektrische Muskelaktivität), erwies es sich als notwendig, einen Netzstabilisator (magnetischer Spannungskonstanthalter Typ AKSA, LNr. 1120, der Firma Elektrogeräte-Bau Gustav Klein, Schongau) zu verwenden; dieser wurde auf dem Flur installiert und versorgte beide Untersuchungsräume mit annähernd konstant 220 V Wechselstrom.

Unter verschiedenen Bedingungen wurden in der „Experimentaluntersuchung“ (E) folgende Funktionen erfaßt (s. Abb. 7-1, 7-2):

- a) das Elektromyointegral (EMI),
- b) der systolische und diastolische Blutdruck (RRs, RRd),
- c) die Pulsfrequenz,
- d) die Atemfrequenz,

<sup>†)</sup> Bei pathologischen bzw. überprüfungs- und/oder behandlungsbedürftigen Befunden wurden die Probanden schriftlich über die Notwendigkeit informiert, den Hausarzt bzw. einen Facharzt aufzusuchen. Die wesentlichen Befunde wurden in diesen Fällen mitgeteilt. Insgesamt wurden von den 392 Untersuchten 153 Probanden benachrichtigt.

- e) die Fingerpulsamplitude,
  - f) die R-Amplitude und Differentialquotienten des QRS-Komplexes des Elektrokardiogramms,
  - g) Hautstromänderungen.
- a) Zur Erfassung des *Elektromyointegrals* (EMI = spontane elektrische Muskelaktivität unter äußeren Ruhebedingungen, ohne optisch erkennbare Aktion, integriert über eine Minute (v. EIFF, 1965)) wurden Elektromyointegratoren (v. EIFF u. MEYER-EPPLER, 1956) benutzt. Sie verstärken die Muskelaktionsströme im Verhältnis 1 : 1.000.000 und erlauben die optische Kontrolle der Muskelaktivität an einem Kathodenstrahl-

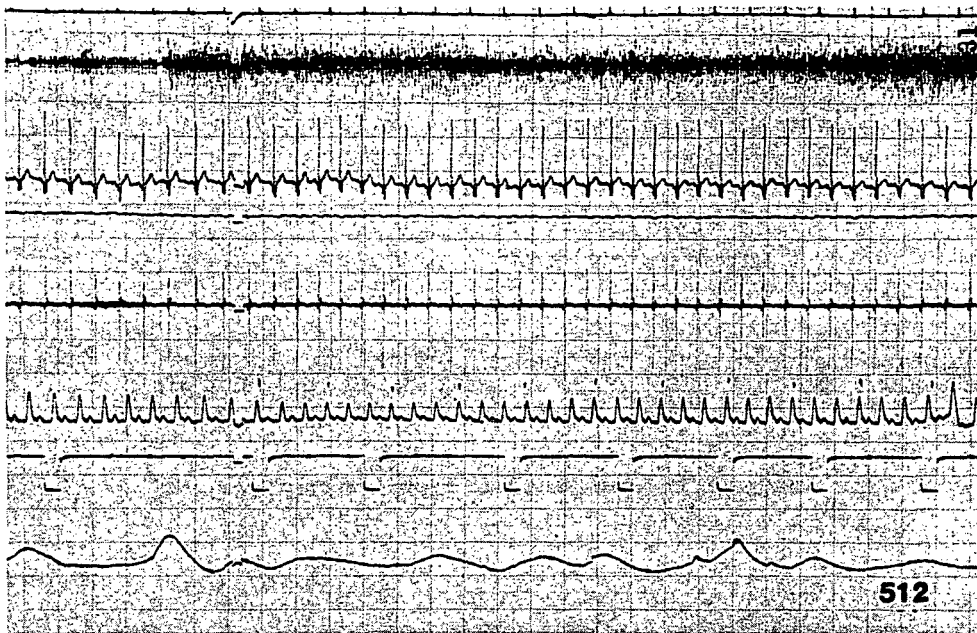


Abb. 7-1: Teil einer Originalregistrierung mit dem SIEMENS-Mingografen zu Anfang der Kopfrechenphase (Proband 0512). Von oben nach unten:

1. Zeitmarkierung in Sekunden (bei der nach unten gerichteten Markierungszacke wurde der Projektor eingeschaltet),
2. elektrische Muskelaktivität des Musculus extensor digitorum communis (rechts); man erkennt deutlich die Zunahme der Aktivität – bei bzw. in Erwartung des Beginns der Projektion des Zahlendiapositivs und des Rechnens – kurz vor dem Einschalten des Projektors,
3. Elektrokardiogramm (Brustwandableitung),
4. Mittelwertschreibung des Differentialquotienten  $DQ_{QR}$ ,
5. direkte Schreibung des jeweiligen  $DQ$ ,
6. Fingerpulsamplitude vom rechten Mittelfinger (man erkennt die Abnahme der Amplitude nach dem Einschalten des Diapositivs bzw. mit dem Beginn des Rechnens),
7. jede Inspiration ist durch eine Rechteckzacke gekennzeichnet,
8. „spontane“ Änderungen der elektrischen Leitfähigkeit der Haut (Hautstromänderungen eines Basisstroms),
9. Spur für die Registrierung des experimentellen Lärms.

### 7.2.3.1

zillographen. Die Muskelaktionspotentiale wurden vom Musculus extensor digitorum communis des rechten Unterarms mit Hilfe von Oberflächenelektroden (Durchmesser 20 mm) abgeleitet. Sie wurden über den Schreiber Ausgang des Integrators dem Kanal eines Schreibers (SIEMENS-Mingograf 81) zugeführt und für die Dauer der Untersuchung registriert (s. Abb. 7-1); so konnten Störpotentiale bzw. Bewegungsartefakte bei späterer Durchsicht der Kurve erkannt werden. Bei der Auswertung wurden alle EMI-Werte anhand der Registrierung auf ihre Verwertbarkeit hin geprüft.

Elektromyointegrator und Mingograf wurden so geeicht, daß eine Wechselspannung von  $100 \mu V$  ein EMI von 750/min bzw. eine geschriebene Amplitude von 15 mm ergab.

- b) Der *Blutdruck* wurde nach der Methode von Riva-Rocci in den verschiedenen Untersuchungsphasen minütlich am linken Arm gemessen (Methodik: siehe v. EIFF: Essentielle Hypertonie, 1967), in der letzten Untersuchungsperiode während dosierter kurzer Lärmreize innerhalb von 90 Sekunden, d.h. im allgemeinen nach dem 6. Reiz einer Serie von gleicher Lärmintensität (s. Kap. 7.2.3.2 c). In Vorversuchen im Labor war geprüft worden, daß die beiden Untersucher, die den Blutdruck zu messen hatten und bei denen eine Störung des Hörvermögens audiometrisch ausgeschlossen worden war, in ihren Meßergebnissen hinreichend gut übereinstimmten.

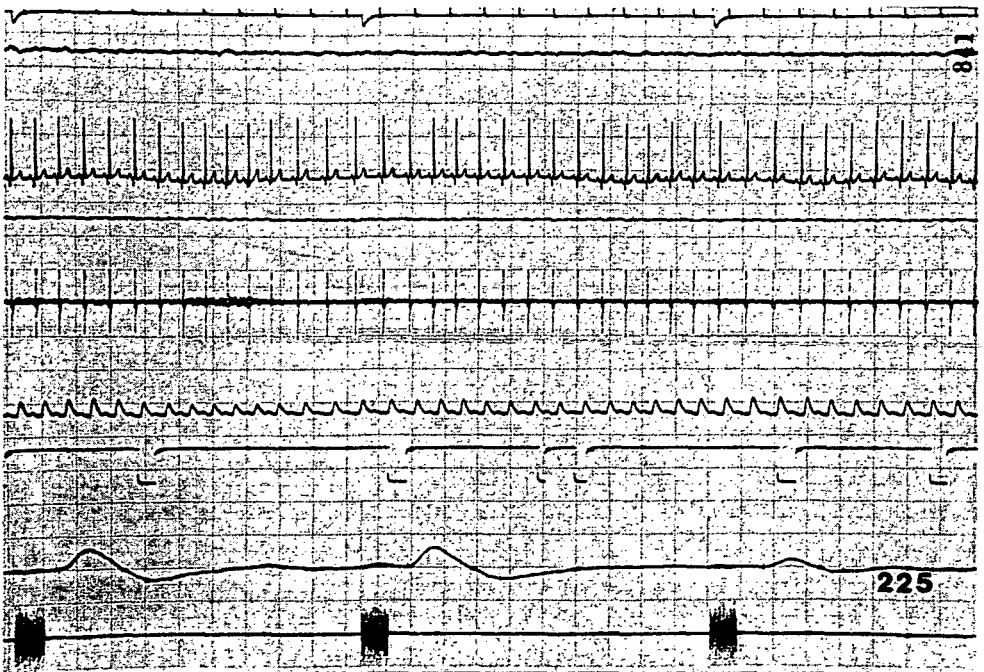


Abb. 7-2: Teil einer Originalregistrierung (SIEMENS-Mingograf 81) während der „Lärmstoßserie“ mit 100 dB (lin) (Proband 0225). Reihenfolge wie in der vorhergehenden Abbildung.

Zu 7. Beim 4. registrierten Atemzug Doppelimpuls, wie er durch unterbrochene Inspiration zustande kommen kann.

Zu 9. Registrierung von 3 Lärmreizen von 0,8 sec Dauer und 100 dB (lin) im Abstand von je ca. 10 sec.

Wegen des zu großen Aufwands wurden die Blindmeßkästen der Hamburger Voruntersuchung nicht benutzt (s. Kap. 7.1.3.1). Mögliche Untersearchereffekte konnten später beurteilt werden, da alle Untersuchungsbogen entsprechend kodiert waren (S. 1 des Erhebungsbogens; s. Annexband, A.7.2.2).

- c) Die *Pulsfrequenz* wurde mit Hilfe des EKGs bestimmt, d.h. später anhand der auf dem Mingografen mitgeschriebenen Kurve ausgezählt (s. Abb. 7-1 u. 7-2).
- d) Die *Atemfrequenz* wurde so bestimmt, daß ein Thermistor in den Atemweg unterhalb der Nase des Probanden angebracht und an einen Atemfrequenzmesser (SIEMENS) angeschlossen wurde. Dieser gestattete zwar auch das direkte Ablesen der Atemfrequenz, jedoch jeweils als Mittelwert über die letzten 25 Sekunden, war also zu grob für die Ablesung feinerer Schwankungen. Die Registrierung der vom Atemfrequenzmesser gelieferten Rechteckimpulse mit Hilfe des Mingografen gestattete es, fehlerhafte Doppelimpulse (durch unterbrochenen Atemzug) oder einen kürzeren passageren Ausfall (durch Mundatmung) entsprechend zu berücksichtigen (s. Abb. 7-2).
- e-g) *Pulsamplitude* am rechten Mittelfinger, *Differenzierung des QRS-Teils im EKG* und elektrodermale Aktivität (sogenannte *Hautstromreaktionen*), die simultan registriert wurden (s. Abb. 7-1 und 7-2), werden in diesem Kapitel nicht berücksichtigt, da die Auswertungsarbeiten bzw. die notwendigen Zusatzuntersuchungen noch nicht abgeschlossen sind. Es erübrigt sich daher auch eine Detaildarstellung der Methode an dieser Stelle.

### 7.2.3.2 Reize für die Auslösung vegetativer Reaktionen

- a) **Additionsaufgabe**  
Den Probanden wurde auf einer Leinwand ein Diapositiv mit mehreren Reihen einfacher Zahlen projiziert, die fortlaufend zu addieren waren; hierzu standen fünf Minuten zur Verfügung (s. hierzu auch Abb. 7-1).
- b) **Dauerbelärmung**  
Die Versuchspersonen wurden fünf Minuten lang einem Breitbandgeräusch (20-20.000 Hz) von 95 dB(lin) über Kopfhörer (Typ BEYER, DT 48 S) ausgesetzt.  
Die Wiedergabe des Geräusches erfolgte – bei täglich mit Hilfe eines sog. künstlichen Ohres kontrollierter Intensität – über REVOX-Geräte mit einer Bandgeschwindigkeit von 19,5 cm/sec.
- c) **Lärmstoßserien**  
Dasselbe Tonband wurde – allerdings mit einem Breitbandgeräusch (20-20.000 Hz) von 120 dB(lin) – auch benutzt für die einzelnen unterbrochenen „Lärmstöße“ des letzten Untersuchungsteils (S. 31a bis 32c des Erhebungsbogens, s. Annexband, A.7.2.2).  
Durch einen entsprechenden Zwischenschalter konnte die Lautstärke dieses Geräusches auf 60, 80 und 100 dB(lin) reduziert werden. In einer ersten „Lärmstoßserie“ wurden, bei kontinuierlich laufendem Tonband, über eine Relaischaltung von Hand ausgelöst, 10 gleichstarke Lärmreize von 60 dB(lin) und 0,8 sec Dauer im Abstand von je 10 Sekunden auf den Kopfhörer gegeben. Nach je einer zweiminütigen Pause folgten in gleicher Weise weitere Serien mit 80, 100 und schließlich 120 dB(lin)-„Lärmstößen“ (+)

+ ) Da sich bei der Lärmserie mit 120 dB öfters Störungen und Ausfälle ergeben hatten, wurde hier auf deren Auswertung verzichtet. Hieraus resultieren für die anderen Serien keine Konsequenzen, da die 120 dB-Phase ausschließlich am Ende der Untersuchung vegetativer Reaktionen gestanden hatte, Einflüsse auf die anderen Abschnitte der Experimentaluntersuchung also nicht vorliegen konnten. Einflüsse auf die Angaben zur Anamnese waren bei der Abfolge EM (s. Tab. 7-3 und Kap. 7.2.1) allerdings nicht auszuschließen.

### 7.2.3.3

#### 7.2.3.3 Vorbereitung und zeitlicher Ablauf der Messungen

- a) Lagerung des Probanden in einem Thonet-Untersuchungsstuhl in entspannter Lage mit leicht gebeugten Extremitäten und Anlegen
  - aa) der Elektroden für die Ableitung der elektrischen Muskelaktivität am rechten Unterarm,
  - ab) der Elektroden für die Messung der Hautstromänderung an der rechten Hand,
  - ac) der beiden Elektroden an der vorderen Brustwand für die Registrierung des Elektrokardiogramms und der abgeleiteten EKG-Größen,
  - ad) der Blutdruckmanschette am linken Oberarm,
  - ae) des Fingerpulsabnehmers am rechten Mittelfinger,
  - af) des Atemfühlers an der Nasenöffnung.
- b) Messungen der in Kap. 7.2.3.1 genannten Funktionen unter den folgenden Bedingungen:
  - ba) fünfminütige Messung unter Ruhebedingungen (R 1),
  - bb) fünfminütige Messung während Kopfrechnen (K),
  - bc) fünfminütige Ruhemessung (R 2),
  - bd) fünfminütige Messung während eines Dauerlärms (D) (Breitbandgeräusch von 20-20.000 Hz und 95 dB(lin) ),
  - be) fünfminütige Ruhemessung (R 3),
  - bf) Messung während der jeweils 90 Sekunden dauernden Lärmstoßserien (L) (in den zweiminütigen Phasen zwischen den einzelnen Serien wurde der Blutdruck nicht gemessen).
  - bg) An die 120 dB-Phase schloß sich aus Zeitgründen keine Nachbeobachtung mehr an. Es wurden lediglich noch EKG-Elektroden an die Extremitäten angelegt und die klassischen Ableitungen I, II und III mit dem HELIGE-Simpliscriptor registriert.

Schematisch hatte die „Experimentaluntersuchung“ also folgenden Ablauf:

RRRRR-KKKKK-RRRRR-DDDDD-RRRRR-L-RR-L-RR-L-RR- (EKG).

Die Darstellung der mittleren Blutdruckwerte der Männer des Cluster-Sets A in Abb. 7-8 (Kap. 7.4.5.2) zeigt die Abfolge der einzelnen Untersuchungsteile.

#### c) Instruktion der Probanden:

Den Versuchspersonen, die durch die Psychologische Sektion gebeten worden waren, am Medizinischen Untersuchungsteil ebenfalls teilzunehmen (Kap. 2.4.3), war, wie schon erwähnt (Kap. 7.2.2), ein Behälter mitgegeben worden, in dem sie ihren Morgenurin zur Untersuchung mitbrachten. Insofern waren sie auf die Art dieses Untersuchungsteiles vorbereitet; manchmal hatte es sich auch als zweckmäßig erwiesen, die Probanden auf die ärztliche Untersuchung hinzuweisen, um sie zu bewegen, alle Untersuchungsteile bis zum Ende mitzumachen.

Unmittelbar vor dem Beginn des Medizinischen Untersuchungsteils war nur eine kurze Instruktion noch notwendig, in der auf den Sinn der experimentellen Untersuchung („Blutdruckverhalten“, „Reaktionen des vegetativen Nervensystems“) hingewiesen wurde; lediglich in einzelnen Fällen mußte auf spezielle Fragen näher eingegangen werden, was dann allerdings erst am Ende der Untersuchung erfolgte, um die Einstellung der Versuchspersonen vorher möglichst nicht zu beeinflussen.

Der Sinn der ärztlichen körperlichen und labortechnischen Untersuchungen war von vornherein leicht einsehbar bzw. verständlich zu machen; hier ergaben sich keine Schwierigkeiten außer bei zwei weiblichen Probanden, die sich weigerten, Blut aus der Vene entnehmen zu lassen, und bei denen die Bedenken nicht ausgeräumt werden konnten.

In der experimentellen Untersuchung erfolgten die notwendigen Instruktionen in immer gleicher Weise vom Tonband: Die Versuchspersonen wurden auf die Notwendigkeit der ruhigen Körperlage während der Messungen hingewiesen, vor der Kopf-



rechenaufgabe gebeten, möglichst viele der projizierten Zahlen in den zur Verfügung stehenden fünf Minuten zu addieren und – u.a. – auch während der Lärmexposition ruhig liegen zu bleiben. Es wurde auch z.B. angekündigt, daß am Schluß – nach einer wiederum fünfminütigen Pause – mehrere Serien von kurzen Lärmreizen einander folgen würden, wobei die Intensität der Lärmstöße stufenweise zunehmen würde; hierdurch sollten Schreckreaktionen durch die plötzlich einsetzenden Reize möglichst vermieden werden.

### 7.3 Statistische Auswertung

Das von uns ausgewertete Kollektiv umfaßt 392 Probanden (192 Männer, 200 Frauen); von diesen Personen konnten 357 mit vollständigem oder durch Schätzwerte aufgefülltem Datensatz für die interdisziplinäre Auswertung (s. Kap. 2.5.2) herangezogen werden. (Die komplette Probandenstatistik mit den verschiedenen Ausfallgründen findet sich in Kap. 2.5.2, Tab. 2-2, 2. Blatt. Eine demographische Beschreibung der Stichprobe wird in Kap. 2.5.3 gegeben.)

Die folgenden Auswertungsergebnisse beziehen sich auf alle medizinisch untersuchten Fälle. Soweit von den Variablen her möglich, konnten die interdisziplinären Ergebnisse mit den unsrigen verglichen und geprüft werden, ob trotz Verkleinerung des Untersuchungskollektivs gegenüber demjenigen der Medizinischen Sektion die Ergebnisse konsistent bleiben.

Die auf die akustischen Meßpunkte (s.Kap. 3) bezogene Stichprobenauswahl ist im statistischen Sinn als eine Auswahl nach ‚Klumpen‘ (Cluster) (s. Kap. 2.3) zu werten. Das Kollektiv der Medizinischen Sektion besteht aus durchschnittlich 12 Probanden in jedem der 32 Cluster; für eine Reihe von Auswertungen – insbesondere Häufigkeitsvergleiche und Varianzanalysen – wurden Einzel-Cluster unter Berücksichtigung von Überflughäufigkeiten und mittleren Lärmpegeln (Fluglärmbewertungsmaß FB 1) zu sog. Cluster-Sets zusammengefaßt.

Auf diese Cluster-Sets A, B, C, D (s.Kap. 3.4.1 und 8.2.4) entfallen in der Medizinischen Sektion 99, 98, 99, 96 Probanden.

Im folgenden sind die Ergebnisse, sofern es sich nicht um Korrelationsrechnungen handelt, für die vier Cluster-Sets A, B, C und D dargestellt, wobei die alphabetische Reihenfolge die Zunahme der Belärmung ausdrückt, also Cluster-Set D die am stärksten belärmte Gruppe darstellt (s. Kap. 3.4.1).

Der *anamnestische und ärztliche Untersuchungsteil* enthält vorwiegend qualitative Daten, wobei meistens die Antwortmöglichkeiten „ja“, „nein“ und „keine sichere Angabe“ bestehen. Die Zahl der unsicheren Angaben war gering, zeigte keine Abhängigkeit vom Belärmungsgrad und wurde in der weiteren Bearbeitung den verneinenden Angaben hinzugezählt.

In einem ersten Auswertungsschritt wurden univariate Häufigkeitsvergleiche der Probandenangaben nach Cluster-Sets durchgeführt, gegliedert in folgende Variablen-Gruppen:

1. Schlafstörungen – Nervosität,
2. Herzbeschwerden,
3. Infektionskrankheiten,
4. Genußmittel,
5. Allergien,
6. Antikonzeptiva,

7. Unfälle,
8. Herz-Kreislauf-Störungen,
9. vegetative Symptome.

Gepriift wurde die Zahl der bejahenden anamnestischen Angaben und deren prozentualer Anteil an der Gesamtzahl der Manner bzw. Frauen im jeweiligen Cluster-Set. Ein  $\chi^2$ -Haufigkeitsvergleich wurde nicht durchgefiihrt, wenn die Zahl der positiven Angaben  $< 10$  war. Wie aus Abschnitt „Ergebnisse“ (7.4) zu ersehen ist, gab es von 115 durchgefiihrten  $\chi^2$ -Tests drei statistisch auffallige Haufigkeitsunterschiede zwischen den Cluster-Sets ( $\text{Alpha} < 5\%$ ) und ein bei  $\text{Alpha} < 1\%$  signifikantes Testergebnis. Das entspricht der Erwartung fiiur das zufallige Auftreten „signifikanter“ Ergebnisse bei der durchgefiihrten Zahl von  $\chi^2$ -Tests. Bei einer vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\text{Alpha} < 5\%$  muB man namlich bei 20 Tests mit einem zufallig in den kritischen Bereich fallenden signifikanten Ergebnis rechnen.

Es wurde deshalb versucht, durch eine bessere Ausschopfung der vorhandenen Informationen bei multivariater Betrachtung AufschluB iiber Abhangigkeiten der Probandenangaben vom Grad der Flugbelarmung zu erhalten. Es wurden dazu nur Variablen mit einer bestimmten Zahl positiver Angaben ( $\geq 10$ ) im Gesamtkollektiv verwendet. Das gesamte kombinatorische Haufigkeitsmuster zwischen den Cluster-Sets wurde dann im Sinne der Konfigurationsfrequenzanalyse verglichen. Um Heterogenititseffekte auszuschlieBen, wurde auch diese Analyse nach Geschlechtern getrennt vorgenommen.

Da mit der Zahl der in Betracht gezogenen Variablen die Zahl der Kombinationsmoglichkeiten rasch ansteigt, sind die einzelnen Felder schwach besetzt, so daB Haufigkeitsvergleiche mittels  $\chi^2$ -Tests nicht moglich sind. Da Haufigungen bei bestimmten Kombinationen nicht zu erkennen waren, wurden die Falle, die bei allen jeweils in Betracht gezogenen Variablen eine negative Antwort gegeben hatten, denen gegeniibergestellt, die einmal oder mehrmals positiv geantwortet hatten.

Bei den *klinisch-chemischen Befunden* wurden zunachst Mittelwerte und Standardabweichungen der gemessenen Werte, nach Geschlecht und Cluster-Sets geordnet, berechnet. Mittelwertvergleiche zwischen den Cluster-Sets wurden mittels einfacher Varianzanalysen durchgefiihrt. Das zugrundeliegende varianzanalytische Modell ist

$$Y_{ij} = \mu_0 + \alpha_i + \epsilon_{ij},$$

d.h., der gemessene Einzelwert im  $i$ -ten Cluster-Set vom  $j$ -ten Probanden ist zerlegt in den Mittelwert aller Bestimmungswerte  $\mu_0$ , in einen Cluster-Set-spezifischen Anteil  $\alpha_i$  und in die individuelle Abweichung  $\epsilon_{ij}$ . Getestet wird mittels F-Test fiiur jede Variable, ob die dem Anteil  $\alpha_i$  entsprechenden mittleren Abweichungsquadrate signifikant groBer als die  $\epsilon_{ij}$  entsprechenden Resttrennungen sind.

Die Ergebnisse des Gesamtcholesterins bei den Mannern lieBen es wuensenswert erscheinen, die varianzanalytische Auswertung durch Korrelationsberechnungen zwischen den Cholesterinwerten und der Richthaufigkeit  $H_R$  in den 32 Cluster zu erganzen; von besonderem Interesse war dabei die Prufung der Frage, ob eine lineare Zusammenhangskomponente nachweisbar war (s. Abb. 7-5). Dabei wurde auch der Test nach SNEDECOR angewandt.

Die Daten der *Untersuchungen der vegetativen Funktionen* wurden z.T. nach der Messung in das Dokumentationsblatt eingetragen, z.T. wurden zunachst Analogdaten in Form von Registrierkurven gewonnen, die in der weiteren Aufbearbeitung manuell ausgemessen und als digitale Daten dokumentiert wurden (s. Kap. 7.2.3.1).

Zur Prüfung der Hypothese, ob die Höhe der Ruhewerte bzw. die einzelnen Belastungseffekte – durch Kopfrechnen, Dauerlärm und stoßweise Belärmung – von der Zugehörigkeit zu den vier Fluglärmzonen beeinflusst sind, wurden variablenweise für jede Untersuchungsphase, nach Geschlechtern getrennt, Varianzanalysen gerechnet. Die Ergebnisse der Lärmstöße mit 120 dB wurden nicht berücksichtigt (s. Kap. 7.2.3.2).

In den Abb. 7-8 bis 7-38 wird das Verhalten der vegetativen Funktionen bei Männern und Frauen im mittleren Verlauf, gruppiert nach den vier Lärmzonen mit zunehmendem Fluglärm einfluß A, B, C, D, dargestellt. Die Abb. 7-8 erleichtert das Verständnis der folgenden Abbildungen. Zunächst werden die fünf Mittelwerte der Ruhe I mit 5 %-Konfidenzintervallen dargestellt. Von den fünf Originalwerten, die pro Fall während „Kopfrechnen“ gemessen wurden, sind die Differenzen zum letzten Wert der Ruhe I bestimmt worden. Der Mittelwert der vorausgehenden 5. Ruheminute ist als „Null-Linie“ eingezeichnet; auf diese „Null-Linie“ beziehen sich die Mittelwerte der Differenzen mit den dazu angegebenen 5 %-Konfidenzintervallen. Die Ordinateneinteilung gilt jeweils für die Absolutwerte in Ruhe I, Ruhe II und Ruhe III und für die Mittelwerte der Differenzen bei Kopfrechnen, Dauerlärm und Lärmstößen. Ob ein statistisch signifikanter Unterschied besteht, kann man mit einem Blick erkennen; denn wenn das Konfidenzintervall die Differenz Null mit einschließt, so ist die Abweichung vom 5. Ruhewert nicht gesichert von Null verschieden, liegt es außerhalb, so ist für den betreffenden Zeitpunkt der Belastungseffekt auf dem 5 %-Niveau gesichert.

Von der Ruhephase II sind wiederum die arithmetischen Mittel der Originalwerte eingezeichnet. Der 5. Ruhewert ergibt die Null-Linie für die „Effekte“ des Dauerlärms, die in gleicher Weise wie die des Kopfrechnens mittels der eingezeichneten und tabellarisch angegebenen 5 %-Konfidenzintervalle beurteilt werden können.

Es schließen sich die Ruhe III-Werte an, danach die Effekte der Lärmstöße. Alle Werte sind in vergleichbarer Weise dargestellt.

Bei den Varianzanalysen wurden als fix-Faktoren die Flugbelärmung (Zugehörigkeit zu bestimmten Cluster-Sets) sowie die Meßzeitpunkte, als random-Faktor die Personen berücksichtigt.

Damit ergibt sich folgendes gemischtes, partiell hierarchisches varianzanalytisches Modell:

$$Y_{ijk} = \mu_0 + \alpha_1 + \beta_{j(i)} + \gamma_k + \eta_{ik} + \epsilon_{i(j)k}.$$

Darin bedeutet:

$Y_{ijk}$	=	der einzelne gemessene Wert im i-ten Cluster-Set, von der j-ten Person zum k-ten Zeitpunkt,
$\mu_0$	=	der allgemeine Mittelwert,
$\alpha_1$	=	der durch die Zugehörigkeit zum Cluster-Set bedingte Anteil,
$\beta_{j(i)}$	=	die individuelle Abweichung des Probanden j im i-ten Cluster-Set,
$\gamma_k$	=	der Einfluß des Meßzeitpunktes k,
$\eta_{ik}$	=	die Wechselwirkung Cluster-Set x Meßzeitpunkt (bei verschiedenen Kurvenabläufen in den Cluster-Sets, auch bei gleichem Durchschnittsniveau, würde dieser Anteil hervortreten),
$\epsilon_{i(j)k}$	=	Reststreuung.

Für jede dieser Größen kann der Anteil an der Gesamtvarianz bestimmt und mittels des korrekten F-Tests (LEROY) auf Signifikanz geprüft werden. Die einzelnen Varianzanalysen-

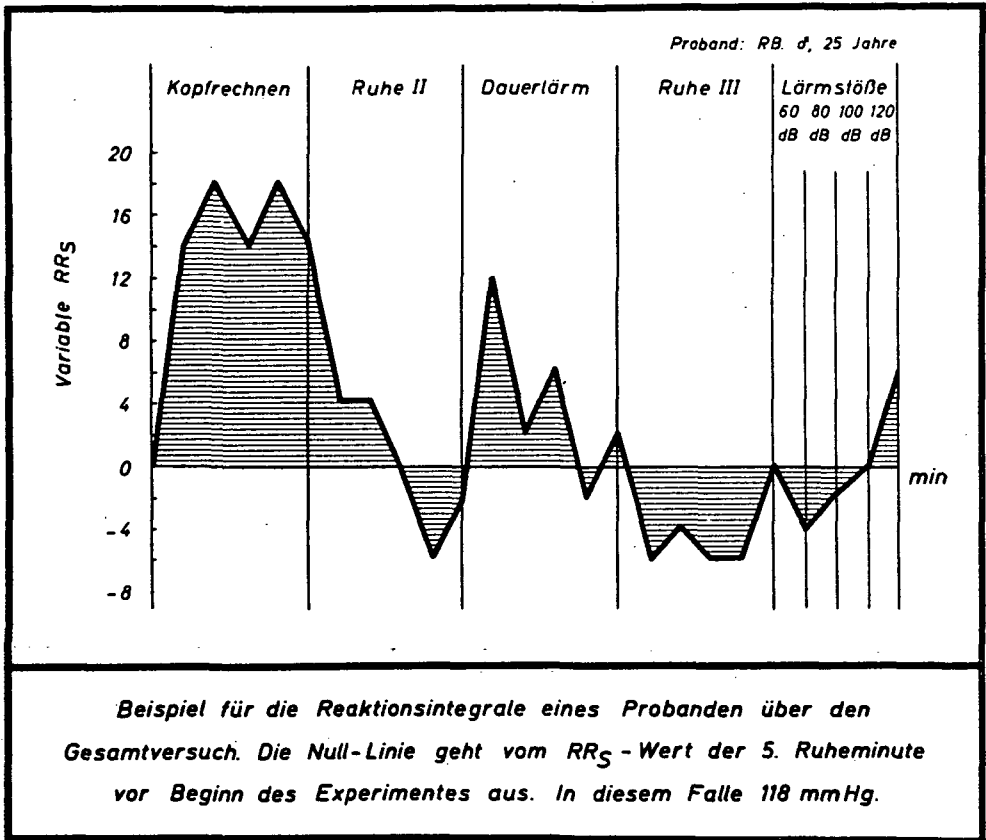


Abb. 7-3: Änderungen des systolischen Blutdrucks eines männlichen Probanden während des gesamten Versuchsablaufs.

Tabellen sind im Anhang (s. Annexband, A.7.3) enthalten. Hier wird eine Übersicht über die gesamten Testergebnisse gebracht.

Bei den vorerwähnten Varianzanalysen handelt es sich um auf einzelne Belastungssituationen bezogene Prüfungen. Die Hypothese wäre naheliegend, daß der Gesamtverlauf der in starrer Anordnung aufeinanderfolgenden Belastungseffekte Unterschiede zwischen den Cluster-Sets aufweist. Im Interesse einer klaren, interpretierbaren Hypothesenprüfung wurde zunächst eine Datenreduktion vorgenommen. Die Belastungseffekte, die als Differenzen zum vorausgehenden letzten Ruhewert bestimmt wurden, ließen sich pro Fall zu einer Kurve verbinden, die mit der Null-Linie eine Fläche einschließt. Diese sogenannte Reaktionsfläche (= Reaktionssumme absolut RSA in Kap. 8.4.2.1, Tab. 8-2) ist umso größer, je stärker die positiven Ausschläge auf die momentane Belastung wie auch die evtl. auftretenden negativen Nachschwankungen sind (Abb. 7-3).

Die Summe der Beträge der zu den einzelnen Meßzeitpunkten bei einer Belastung bestimmte Differenzen zum letzten vorausgehenden Ruhewert entspricht einer zwar groben, aber für praktische Belange ausreichend genauen Schätzung des Integrals der Reaktionsfläche. Diese

Schätzungen wurden für jede Variable und jede Belastungsphase vorgenommen. Nach Geschlechtern getrennt wurden univariate Varianzanalysen berechnet mit den Einflußfaktoren:

1. Fluglärm (Zugehörigkeit zu Cluster-Sets); fix,
2. Personen; random,
3. Belastungssituationen; fix,  
(Kopfrechnen, Dauerlärm, Lärmstöße 60, 80, 100 dB).

Das Modell dieser Varianzanalysen ist mit den vorausgehenden dreifaktoriellen Varianzanalysen formell vergleichbar.

## 7.4. Ergebnisse

### 7.4.1 Vorbemerkungen

In diesem Abschnitt mußte eine Auswahl der Ergebnisse vorgenommen werden, die in erster Linie unter dem Aspekt erfolgte, ob subjektive körperliche Symptome, Erkrankungen, vegetative Reaktionen und Bestandteile des Blutes durch Fluglärm beeinflußt werden.

Das umfangreiche Material an medizinischen Daten, das bei dieser epidemiologischen Studie gewonnen wurde, ist nicht nur in Bezug auf das Lärmproblem aufschlußreich; es wird daher z.T. an anderer Stelle dargestellt.

Die für unser Fluglärmproblem wichtigsten Daten sind:

1. die Altersverteilung,
2. die Häufigkeit abnormer anamnestischer Angaben und klinischer Befunde,
3. die klinisch-chemischen Befunde,
4. die vegetativen Reaktionen.

### 7.4.2 Verteilung der untersuchten Personen nach Alter und Geschlecht (s. hierzu auch Kap. 2, 4 und 8)

Der von der Medizinischen Sektion untersuchten Personenkreis war im Hinblick auf Alter und Geschlecht gleichmäßig auf die vier Cluster-Sets verteilt (Tab. 7-4). (Auf die Wohndauer wird in Kap. 2.5.3 eingegangen. Auch hier ergab sich eine gleichartige Verteilung.) Unter diesen Voraussetzungen konnte die Frage, ob Fluglärm gesundheitliche Schäden verursacht, geprüft werden.

Tab. 7-4: Verteilung der Probanden auf die Cluster-Sets, getrennt nach Geschlecht und Alter.

$\delta$	bis unter 30		30 b.u. 40		40 b.u. 50		50 und darüber		Anzahl pro Cluster	♀	bis unter 30		30 b.u. 40		40 b.u. 50		50 und darüber		Anzahl pro Cluster	
	e	b	d	e	b	d	e	b			d	e	b	d	e	b	d	e		b
A	12,63	16,17	9,09	10,11	10,11	14	3	9,09	48	A	11,87	16,41	14,90	7,83	16,41	14,90	7,83	7,83	51	
B	-2,63	4,83	-6,09	3,89	3,89	14	3	-6,09	48	B	3,13	-0,41	-0,90	-1,83	3,13	-0,41	-0,90	-1,83	51	
C	13,16	16,84	9,47	10,53	10,53	9	13	9,47	50	C	11,17	15,45	14,02	7,37	15,45	14,02	7,37	7,37	48	
D	-0,16	-1,84	3,53	-1,53	-1,53	9	13	3,53	50	D	-0,17	0,55	0,98	-1,37	-0,17	0,55	0,98	-1,37	48	
Summe	12,89	16,50	9,28	10,32	10,32	9	13	9,28	190	Summe	11,63	16,09	14,60	7,67	16,09	14,60	7,67	7,67	202	
	18	16	9	6	6	9	11	9	49		6	16	17	11	16	17	11	11	50	
	5,11	-0,50	-0,28	-4,32	-4,32	11	11	-0,28	43		d	-5,63	-0,09	2,40	-0,09	2,40	2,40	3,33	53	
	11,32	14,48	8,15	9,05	9,05	11	11	8,15	43		e	12,33	17,05	15,48	8,13	17,05	15,48	8,13	53	
	9	12	11	11	11	11	11	11	43		D	b	15	13	8	15	13	8	8	53
	-2,32	-2,48	2,85	1,95	1,95	11	11	2,85	190		d	2,67	-0,05	-2,48	-0,05	-2,48	-2,48	-0,13	-0,13	202
Summe	50	64	36	40	40	40	36	36	190	Summe	47	65	59	31	65	59	31	31	202	

 $X^2 = 15,48$ ; nicht signifikant $X^2 = 7,20$ ; nicht signifikant

e = Erwartungswert (Häufigkeit), b = gefundene Häufigkeit, d = b - e

## 7.4.3 Anamnese und ärztlicher Befund

In der ersten Variablen­gruppe (Tab. 7-5), in der anamnestische Daten über *Schlafstörungen* und *Nervosität* zusammengefaßt sind, ließen sich bei der Angabe, die sich auf Durchschlafstörungen bezog, signifikante Häufigkeitsunterschiede nachweisen, allerdings nur bei den männlichen Personen.<sup>+)</sup> Diese Unterschiede sind auf die hohe Zahl von Durchschlafstörungen im Set D zu beziehen.

Tab. 7-5: Häufigkeiten positiver anamnestischer Angaben zum Fragenkomplex I (Schlafstörungen – Nervosität).  
Männliche Probanden der Cluster-Sets A, B, C, D.

Nr.	Variable Bezeichnung	Clustergruppen								$\chi^2$	Signifikant		
		A n <sub>A</sub> = 48		B n <sub>B</sub> = 50		C n <sub>C</sub> = 49		D n <sub>D</sub> = 43				Insgesamt n = 190	
		abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%		
1	Einschlafstörungen	5	10	7	14	2	4	2	5	16	8	4.254	n.s.
2	Durchschlafstörungen	3	6	3	6	3	6	10	23	19	10	10.852	5 %
3	Schlafmitteleinnahme	1	2	0	–	0	–	0	–	1	1	$\phi$	n.s.
4	Sedativaeinnahme	3	6	3	6	0	–	2	5	8	4	$\phi$	n.s.
5	Nervosität	11	23	20	40	16	33	13	30	60	32	3.370	n.s.
6	Kopfschmerz	4	8	8	16	8	16	5	12	25	13	1.849	n.s.

Bei den Frauen konnten Schlafstörungen nicht gesichert werden, jedoch waren Einschlafstörungen in den beiden stärker belärmten Zonen häufiger als in den beiden weniger belärmten Sets (s. Annexband, Kap. 7.4.3).

Frauen hatten in allen Sets auch einen hohen Prozentsatz an positiven Angaben über Nervosität (s. Annexband, Kap. 7.4.3). Die Frauen des Sets A klagten am häufigsten über Kopfschmerzen, Schwindel, Durchschlafstörungen, Tränenfluß, Mundtrockenheit und Obstipation; sie hatten auch den größten Alkoholkonsum, nahmen am häufigsten Antikonzeptiva ein und wiesen bei der ärztlichen Untersuchung am häufigsten einen Tremor auf.

Signifikante Unterschiede zwischen den vier Cluster-Sets bestanden weder für die subjektiven anamnestischen Angaben noch für die objektiven Herzsymptome (klinische Befunde); in der am stärksten belärmten Zone wurden sogar bei beiden Geschlechtern am seltensten Herzschmerzen angegeben. Auch bei den objektiven Symptomen bestand keine Tendenz einer Zunahme von Cluster-Set A zum Cluster-Set D.

Zu den Fragen nach dem *Konsum von Genußmitteln* erhielt man bezüglich des Rauchens bei den Männern erwartungsgemäß mehr positive Antworten als bei den Frauen; in Cluster-Set A sind die Unterschiede infolge eines hohen Prozentsatzes von Frauen, die einen Nikotingenuß angeben, nur geringfügig. Deutlicher sind die Geschlechtsunterschiede in den Angaben über Alkoholkonsum, wobei die Männer durchschnittlich um 40 % mehr positive Angaben machten. Von den Männern wurden in den Sets A und D häufiger positive Angaben über den Alkoholkonsum gemacht als in den Mittelzonen; der berechnete  $\chi^2$ -Wert kommt an die 5 %-Grenze heran.

*Antikonzeptiva* wurden von den Frauen des Sets A doppelt so häufig eingenommen wie von den Frauen in den anderen einzelnen Zonen. Der Unterschied ließ sich jedoch nicht sichern.

<sup>+)</sup> Für die Tabellen dieses Berichtes wurden nur Fragenkomplexe ausgewählt, in denen wenigstens ein signifikantes Ergebnis vorkommt (weitere Tabellen finden sich im Annexband, A.7).

Tab. 7-6: Häufigkeiten positiver anamnestischer Angaben, Fragenkomplex VIII (Herz – Kreislauf). Männliche Probanden der Cluster-Sets A, B, C, D.

Nr.	Variable Bezeichnung	Clustergruppen								$\chi^2$	Signifikant		
		A n <sub>A</sub> = 48		B n <sub>B</sub> = 50		C n <sub>C</sub> = 49		D n <sub>D</sub> = 43				Insgesamt n = 190	
		abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%		
1	Hypertonie	9	19	3	6	3	6	4	9	19	10	5.814	n.s.
a	davon in Behandlung	6	12	1	2	2	4	1	2	10	5	6.990	n.s.
b	dav. mit Antihypertonika	4	8	0	0	1	2	0	0	5	3	$\phi$	n.s.
2	Nierenerkrankung	8	17	5	10	3	6	2	5	18	10	4.719	n.s.
3	Nierensteine	3	6	7	14	1	2	0	-	11	6	10.103	5%
4	Diabetes	1	2	0	-	1	2	1	2	3	2	$\phi$	n.s.
5	Kopfschmerz	4	8	8	16	8	16	5	12	25	13	1.849	n.s.
6	Schwindel	1	2	5	10	4	8	5	12	15	8	3.363	n.s.
7	Herzschmerz	13	27	14	28	12	24	7	16	46	24	2.083	n.s.
8	Herzstiche	18	37	17	34	19	39	14	32	68	36	0.516	n.s.
9	Herzinsuffizienz	2	4	0	-	0	-	2	5	4	2	$\phi$	n.s.
10	Nykturie	3	6	8	16	5	10	9	21	25	13	5.005	n.s.
11	Übergewicht	29	62	23	46	25	51	20	46	97	50	2.549	n.s.

Bei den Männern machten die Bewohner der am schwächsten belärmten Zone die meisten positiven Angaben über das Vorliegen eines Hochdrucks (Tab. 7-6). Allerdings dominieren hier auch die Angaben über Nierenerkrankungen, so daß sich aufgrund der Anamnese nicht vermuten läßt, daß es sich bei der großen Zahl von Hypertonien im Cluster-Set A um die essentielle Form handelt. Signifikant in dieser Variablengruppe sind aber nur die Angaben über Nierensteine infolge einer Häufung im Set B.

Körpergröße, Körpergewicht und Oberarmumfang zeigten eine weitgehende Übereinstimmung zwischen den Cluster-Sets, so daß diese Faktoren nicht das Blutdruckverhalten in den einzelnen Sets beeinflussen konnten.

Eine signifikante Häufung von Diabetes mellitus ergab sich in keiner der vier Gruppen. In unserem Material befinden sich zwei Probanden mit manifestem Diabetes mellitus, der vor dieser Untersuchung nicht bekannt war.

Bei den vegetativen Symptomen (Tab. 7-7) gaben die Männer neben den schon erwähnten Durchschlafstörungen gehäuft Aufstoßen und Sodbrennen an und zwar in den beiden mittleren Cluster-Sets.

Bei den Frauen bestanden bei keinem vegetativen Symptom signifikante Unterschiede in den Sets.

Bei der multivariaten Betrachtung dieses anamnestischen Materials wurden zunächst die Variablen Alkoholkonsum, Analgetikaeinnahme und Kopfschmerz zusammen betrachtet. Bei „ja“- und „nein“-Antworten gibt es, wie die Tab. 7-8 zeigt,  $2^3 = 8$  Kombinationsmöglichkeiten von Antworten für den einzelnen Fall, deren Häufigkeiten durch ein Statsysprogramm nach Cluster-Sets ausgezählt wurden. Da Häufungen bei bestimmten Kombinationen nicht zu erkennen waren, wurden die Probanden mit keiner positiven Aussage denjenigen mit mindestens einer positiven Aussage gegenübergestellt. Auch hierbei konnten in den drei



betrachteten Variablengruppen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Cluster-Sets gefunden werden (Tab. 7-9). Ähnlich verhielt es sich mit anderen kombinierten Variablen (Tab. 7-10 u. 7-11).

Tab. 7-7: Häufigkeiten positiver anamnestischer Angaben. Fragenkomplex IX (vegetative Symptome). Männliche Probanden der Cluster-Sets A, B, C, D.

Nr.	Variable	Clustergruppen								Insgesamt n = 190	$\chi^2$	Signifikant	
		A n <sub>A</sub> = 48		B n <sub>B</sub> = 50		C n <sub>C</sub> = 49		D n <sub>D</sub> = 43					
	Bezeichnung	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%		
1	Schlafmittel	1	2	0	—	0	—	0	—	1	1	$\phi$	n.s.
2	Sedativa	3	6	3	6	0	—	2	5	8	5	$\phi$	n.s.
3	Kopfschmerz	4	8	8	16	8	16	5	12	25	13	1.849	n.s.
4	Schwindel	1	2	5	10	4	8	5	12	15	8	3.363	n.s.
5	Einschlafstörungen	5	10	7	14	2	4	2	5	16	8	4.254	n.s.
6	Durchschlafstörungen	3	6	3	6	3	6	10	23	19	10	10.852	5 %
7	Nervosität	11	23	20	40	16	33	13	30	60	32	3.370	n.s.
8	Herzstiche	18	37	17	34	19	39	14	32	68	36	0.516	n.s.
9	Aufstoßen (Rülpsen)	15	31	19	38	14	29	10	23	58	30	2.488	n.s.
10	Aufstoßen und Sodbrennen	9	19	15	30	18	37	5	12	47	24	9.425	5 %
11	Starkes Schwitzen	9	19	17	34	13	27	12	28	51	27	2.932	n.s.
12	Gänsehaut (bei Kälte)	5	10	9	18	7	14	5	12	26	14	1.391	n.s.
13	kalte Finger	7	15	15	30	13	27	6	14	41	22	5.670	n.s.
14	kalte Füße	16	33	20	40	19	39	3	7	58	30	15.111	1 %

Tab. 7-8: Kombinierte Häufigkeiten einiger anamnestischer Daten (Alkoholkonsum – Analgetikaverbrauch – Kopfschmerzen), getrennt nach Geschlecht und Cluster-Sets A, B, C, D.

Komb. Nr.	Variable			Männer Cluster-Set				Frauen Cluster-Set			
	Alkohol- konsum	Analge- tica	Kopf- schmerz	A	B	C	D	A	B	C	D
1	0	0	0	8	15	13	7	21	23	31	30
2	0	0	1	2	3	3	1	9	6	6	6
3	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0
4	0	1	1	0	1	2	0	2	1	2	1
5	1	0	0	36	27	28	31	9	12	9	9
6	1	0	1	2	4	3	4	5	4	1	7
7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	1	1	0	0	0	0	5	0	1	0

Tab. 7-9: Kombinierte Häufigkeiten anamnestischer Angaben nach Geschlecht und Belärmungsgrad (Cluster-Sets)								
Kombinierte Variablen ♂		Clustersets				Summe	$\chi^2$	F.G.
a. Alkohol	b. Analgetica	A	B	C	D			
c. Kopfschmerz								
Probanden mit keiner positiven Aussage		8	15	13	7	43		
Probanden mit mindest. einer positiven Aussage		40	35	36	36	147	3.942	3
Summe der befragten Probanden		48	50	49	43	190	nicht signifikant	
Kombinierte Variablen ♀		Clustersets				Summe	$\chi^2$	F.G.
a. Alkohol	b. Analgetica	A	B	C	D			
c. Kopfschmerz								
Probanden mit keiner positiven Aussage		21	23	31	30	105		
Probanden mit mindest. einer positiven Aussage		30	25	19	23	97	5.167	3
Summe der befragten Probanden		51	48	50	53	202	nicht signifikant	

Tab. 7-10: Kombinierte Häufigkeiten anamnestischer Angaben nach Geschlecht und Belärmungsgrad (Cluster-Sets)								
Kombinierte Variablen ♂		Clustersets				Summe	$\chi^2$	F.G.
a. Nervosität	b. Sedativa	A	B	C	D			
c. Einschlafstörungen								
d. Durchschlafstörungen								
e. morgendl. Verschlafen								
Probanden mit keiner positiven Aussage		19	9	17	15	60		
Probanden mit mindest. einer positiven Aussage		29	41	32	28	130	6.128	3
Summe der befragten Probanden		48	50	49	43	190	nicht signifikant	
Kombinierte Variablen ♀		Clustersets				Summe	$\chi^2$	F.G.
a. Nervosität	b. Sedativa	A	B	C	D			
c. Einschlafstörungen								
d. Durchschlafstörungen								
e. morgendl. Verschlafen								
Probanden mit keiner positiven Aussage		13	12	15	11	51		
Probanden mit mindest. einer positiven Aussage		38	36	35	42	151	1.168	3
Summe der befragten Probanden		51	48	50	53	202	nicht signifikant	

Tab. 7-11: Kombinierte Häufigkeiten anamnestischer Angaben nach Geschlecht und Belärmungsgrad (Cluster-Sets)								
Kombinierte Variablen ♂ a. Diphtherie b. Nierenerkrankung c. Hypertonie d. Allergie e. Commotio	Clustersets				Summe	$\chi^2$	F.G.	
	A	B	C	D				
Probanden mit keiner positiven Aussage	24	23	30	21	98	2.626	3	
Probanden mit mindest. einer positiven Aussage	24	27	19	22	92			
Summe der befragten Probanden	48	50	49	43	190	nicht signifikant		
Kombinierte Variablen ♀								
a. Diphtherie b. Nierenerkrankung c. Hypertonie d. Allergie e. Commotio	Clustersets				Summe	$\chi^2$	F.G.	
	A	B	C	D				
Probanden mit keiner positiven Aussage	24	17	25	30	96	4.701	3	
Probanden mit mindest. einer positiven Aussage	27	31	25	23	106			
Summe der befragten Probanden	51	48	50	53	202	nicht signifikant		

#### 7.4.4 Klinisch-chemische Befunde<sup>+)</sup>

Eine der Größen, bei denen signifikante Unterschiede in den Cluster-Sets errechnet wurden, ist das *Gesamt-Cholesterin* (Bestimmung nach LIEBERMANN u. BURKHARD), dessen Verteilung im Gesamtkollektiv in Abb. 7-4 dargestellt ist. Die durchschnittlichen Werte der männlichen und weiblichen Bevölkerung sind fast völlig gleich. Signifikante Unterschiede in den Cluster-Sets kommen nur bei den männlichen Personen vor (Tab. 7-12); sie basieren auf hohen Werten im Set B; den niedrigsten Wert weisen das Gebiet C und den zweitniedrigsten D auf. Eine monoton wachsende oder fallende Tendenz in Abhängigkeit vom Belärmungsgrad ist also nicht erkennbar.

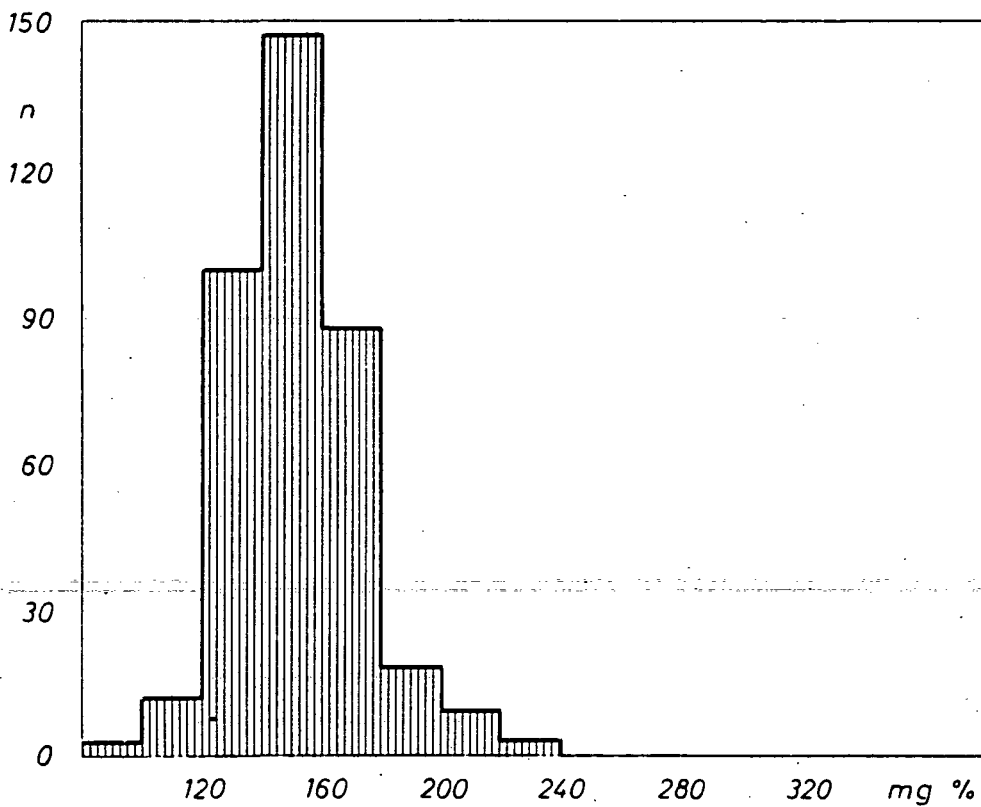
Dieses Material wurde dann, wie oben schon ausgeführt, weiter analysiert (s. Kap. 7.3).

Die Abb. 7-5 zeigt in einem vereinfachten Korrelationsdiagramm die Mittelwerte und Standardabweichungen der Einzelwerte des Gesamt-Cholesterins bei den männlichen Personen in der Gliederung nach der Richthäufigkeit  $H_R$  an den 32 Clustern. Die Streuung der Ergebnisse ist erheblich. Die lineare Korrelation zwischen Überflughäufigkeit und Gesamt-Cholesterin mit einem  $r = 0,0704$  und einem Bestimmtheitsmaß  $B = 0,005$  ist praktisch gleich Null.

<sup>+)</sup>  Die klinisch-chemischen Untersuchungen wurden unter der Leitung von Priv.-Doz. Dr. Schmidtmann, Med. Univ.-Klinik Bonn, durchgeführt.

7.4.4

Andererseits ergibt der Test nach SNEDECOR, daß eine lineare Abhängigkeit mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha < 5\%$  abzulehnen ist. Es findet sich aber eine gesichert von Null verschiedene quadratische Komponente ( $\alpha < 5\%$ ). Die in das Korrelationsdiagramm eingezeichnete Parabel hat ihr Maximum bei der Personengruppe mit mittlerer Belärmungshäufigkeit und fällt in Richtung der stärksten und schwächsten Flugbelärmung ab.



Gesamtcholesterin - alle Vpn.

Abb. 7-4: Häufigkeitsverteilung der Gesamt-Cholesterinwerte aller Probanden. Ordinate: Besetzungshäufigkeit (n). Abszisse: Cholesterinwerte, eingeteilt nach Klassen (Klassenbreite 20 mg%).

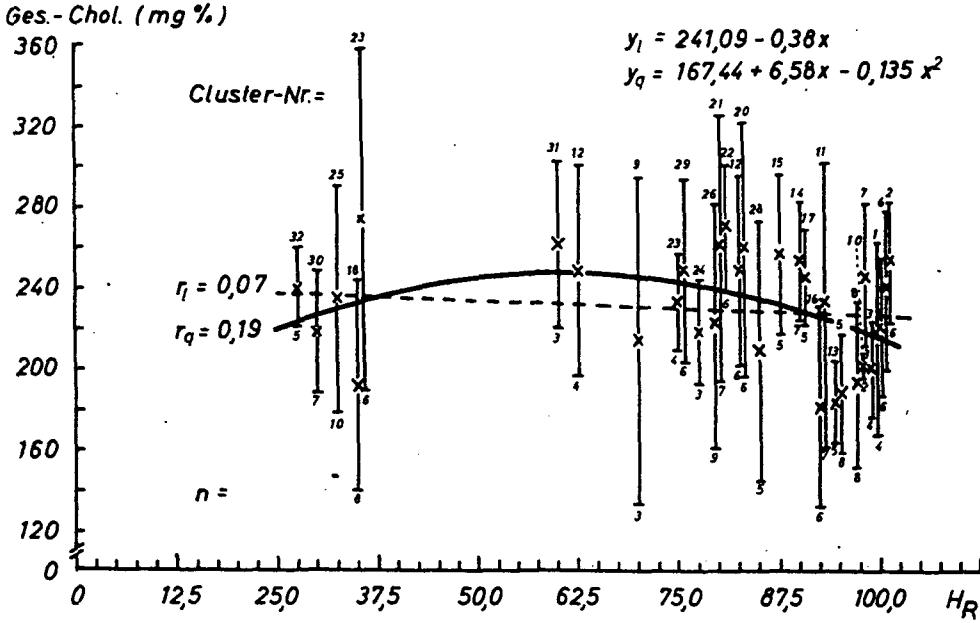


Abb. 7-5: Mittelwerte und Standardabweichungen des Gesamtcholesterins der Männer aus 32 Clustern mit unterschiedlicher Überflughäufigkeit. Ordinate: Gesamtcholesterin in mg%. Abszisse: Richthäufigkeit  $H_R$ .- Im oberen Teil sind an den die Standardabweichung angegebenden Strecken die Cluster-Nummern, im unteren Teil die Zahl der untersuchten männlichen Probanden pro Cluster angegeben.

Tab. 7-12: Varianzanalyse der Gesamt-Cholesterinwerte, getrennt nach Geschlechtern.

					männlich
Einflußgröße	FG	SAQ	MAQ	F	Signifikanz
Clusterset	3	21 782,32	7 260,77	2,747	$\alpha < 5\%$
Rest	178	470 448,76	2 642,97		
Insgesamt	181	492 231,08			
					weiblich
Einflußgröße	FG	SAQ	MAQ	F	Signifikanz
Clusterset	3	6 522,02	2 174,00	0,762	n.s.
Rest	190	542 322,23	2 854,33		
Insgesamt	193	548 844,25			

FG = Freiheitsgrade  
 F = Prüfgröße  
 SAQ = Summe der Abweichungsquadrate  
 MAQ = Mittlere Abweichungsquadrate

## 7.4.4

Bei den *Triglyceriden* (Bestimmung nach EGGSTEIN) liegt bei den männlichen Personen der Mittelwert des Cluster-Sets D über demjenigen der anderen Belärmungsgruppen (Tab. 7-13).

Tab. 7-13: Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichungen (s) der Serumlipide der männlichen Probanden in den Cluster-Sets A, B, C, D.

Nr.	Variable	A		B		C		D		Signifikanz
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
1	Gesamtcholesterin mg%	231,7	56,8	246,0	54,4	217,6	51,4	222,6	40,3	$\alpha <$
2	Freies Cholesterin mg%	82,3	32,7	82,4	37,3	73,7	28,0	82,8	29,7	n.s.
3	Cholesterin-Ester mg%	149,3	59,3	163,6	56,8	144,0	47,7	139,8	42,4	n.s.
4	Gesamtlipide mg%	872,4	223,5	973,6	320,2	897,7	257,1	954,9	341,2	n.s.
5	$\alpha$ -Lipoproteide mg%	713,8	246,9	782,4	257,6	724,4	309,1	723,6	263,6	n.s.
6	$\beta$ -Lipoproteide mg%	473,2	155,3	469,0	116,5	437,2	125,9	459,8	121,1	n.s.
7	verest. Fettsäuren mg%	362,8	133,1	398,8	218,8	338,6	183,0	425,5	308,3	n.s.
8	Phosphatide mg%	233,2	52,2	235,9	62,1	223,8	44,5	241,1	68,2	n.s.
9	Triglyceride mg%	166,8	95,5	185,2	116,5	173,9	106,0	227,8	211,9	n.s.

Die anderen *Lipide* (Bestimmung nach ZÖLLNER u. KIRSCH bzw. FRIED u. HOEFLMAYER) zeigen weder bei Frauen noch bei Männern eine auffällige Tendenz in den vier Belärmungszonen.

Bei den *Serumelektrolyten* (flammenphotometrisch bestimmt) findet sich ein signifikantes Ergebnis, nämlich bei den Calciumwerten der Männer (Tab. 7-14).

Tab. 7-14: Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichungen (s) des plasmagebundenen Jods (PbJ.) und der Serumelektrolyten der männlichen Probanden in den Cluster-Sets A, B, C, D.

Nr.	Variable	A		B		C		D		Signifikanz
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
1	PbJgamma %	6,8	11,2	5,2	1,0	5,3	1,8	6,8	11,5	n.s.
2	Ca mval/l	4,8	0,4	4,9	0,2	5,0	0,2	4,8	0,3	$\alpha <$
2	Na mval/l	141,4	3,9	142,4	3,6	143,0	3,9	142,6	4,0	n.s.
4	K mval/l	4,0	0,4	4,0	0,3	4,0	0,4	4,0	0,3	n.s.
5	Cl mval/l	105,5	3,9	105,6	3,5	106,2	3,1	104,8	4,0	n.s.
6	Anorg. Phosphat mval/l	2,1	0,5	2,2	0,4	2,0	0,3	2,1	0,4	n.s.
7	Alkalireserve mval/l	25,3	2,0	25,0	2,0	25,2	2,0	24,3	2,2	n.s.

Es handelt sich hier um ein ähnlich auffälliges Ergebnis, wie wir es beim Gesamt-Cholesterinwert der Männer kennengelernt haben: Auch hier sind die Werte, infolge höherer Calciumspiegel in den mittleren Sets, signifikant verschieden.

Die übrigen Serumelektrolyte verhalten sich bei beiden Geschlechtern unauffällig. Beim *proteingebundenen Jod* (Autoanalyzermethode) (Tab. 7-14) finden wir das umgekehrte Phänomen wie beim Calcium: Die beiden mittleren Zonen zeigen niedrigere Werte als die beiden Außenzonen. Wenn auch diese Mittelwertdifferenzen auffällig sind, so lassen sie sich doch nicht sichern, da in den Zonen A und D die Streuung hoch ist, die höheren Mittelwerte hier also auf einzelnen Personen mit höheren Werten basieren.

Tab. 7-15: Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichungen (s) des Gesamteiweißes im Serum und der Proteinfractionen (in g%) der männlichen Probanden in den Cluster-Sets A, B, C, D.

Nr.	Variable	A		B		C		D		Signifikanz
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
1	Gesamteiweiß	7,82	0,69	7,85	0,67	8,07	0,68	8,16	0,57	$\alpha < 5\%$
2	Album. g%	5,22	0,52	5,16	0,50	5,28	0,49	5,30	0,48	n.s.
3	$\alpha_1$ -Glob. g%	0,21	0,05	0,22	0,04	0,23	0,05	0,23	0,03	n.s.
4	$\alpha_2$ -Glob. g%	0,55	0,08	0,54	0,10	0,57	0,09	0,59	0,13	n.s.
5	$\beta$ -Glob. g%	0,71	0,09	0,73	0,12	0,75	0,12	0,75	0,11	n.s.
6	$\gamma$ -Glob. g%	1,16	0,21	1,18	0,19	1,30	0,21	1,30	0,25	$\alpha < 5\%$

Interessant ist das Verhalten der *Plasmaproteine* (CAF-Elektrophorese) (Tab. 7-15) bei den Männern. Hier nimmt mit steigender Flugbelärmung das Gesamteiweiß zu, infolge eines Anstiegs der Albumine und der Globuline. Statistisch gesichert werden kann diese Tendenz für das Gesamteiweiß (Biuretmethode) und die Gammaglobuline. Bei den weiblichen Probanden war das Gesamteiweiß, infolge niedrigerer Albuminwerte, nicht so hoch wie bei den Männern. Auch hier war das Gammaglobulin in den beiden stärker belärmten Zonen höher als in den beiden schwächer belärmten Zonen, und Cluster-Set D hatte auch den höchsten durchschnittlichen Gesamteiweißwert. Bei den Frauen ließen sich aber diese Differenzen statistisch nicht sichern.

Die *Blutkörperchengeschwindigkeit* (nach WESTERGREN) spiegelt dieses Verhalten der Plasmaproteine nicht. Andere determinierende Faktoren wirkten hier wohl stärker.

Die Werte der *Transaminasen* (SGOT, SGPT) und auch der LDH (UV-Test-Boehringer, Mannheim) finden sich für die Männer in Tab. 7-16. Hier liegen die SGOT-Werte in den stärker belärmten Sets über denjenigen der schwächer belärmten. Die Unterschiede in den Cluster-Sets ließen sich varianzanalytisch sichern, obwohl die Streuungen von Set A nach Set D zunahm (s. hierzu die Histogramme Abb. 7-6 u. 7-7, in denen die Verteilung dieser Transaminasen in Cluster-Set A bzw. D gezeigt wird).

Man erkennt, daß im Cluster-Set D die Werte von fünf Probanden den Mittelwert deutlich beeinflusst haben (s. hierzu auch Kap. 7.5.2).

Auch die Werte der SGPT waren in den Cluster-Sets C und D bei den Männern höher als in den Sets A und B, bei ebenfalls zunehmenden Streuungen von Cluster-Set A nach Cluster-Set D. Hier ließen sich die Unterschiede aber nicht statistisch sichern. Die LDH zeigte keine Tendenz einer Beeinflussung durch den Lärmgrad. Bei den weiblichen Probanden fand sich keine Begrenzung zwischen Transaminasen und Belärmungszonen.

Die *Bilirubinwerte* (Autoanalyzermethode) waren bei den Männern durchschnittlich 0,1 mg% höher als bei den Frauen und jeweils (bei Männern und Frauen) in den vier Cluster-Sets gleich.

Bei den *harnpflichtigen Substanzen im Serum* (Harnstoff-N, Harnsäure und Kreatinin (Autoanalyzermethode) (Tab. 7-16)) ist bei keinem Geschlecht ein signifikanter Unterschied berechnet worden. Auffällig erscheint nur bei den Männern die Abnahme des Harnstoff-N mit den Belärmungsgraden. Die größeren Streuungen in den Cluster-Sets A und D konnten klinisch nicht erklärt werden.

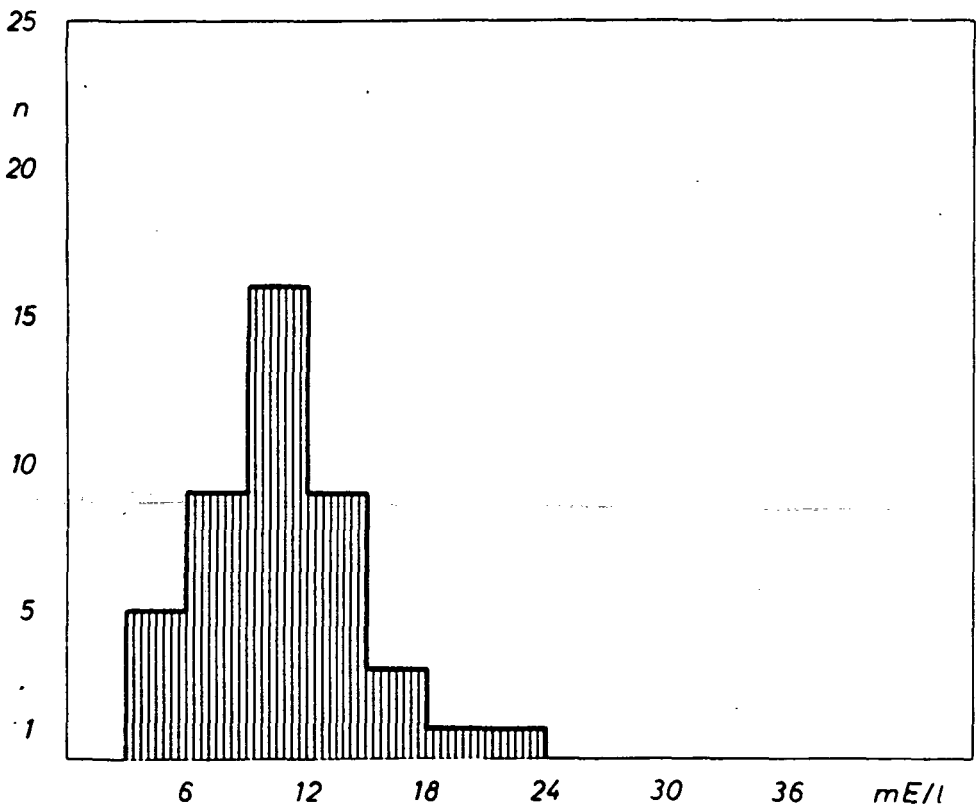
Beim *Blutzucker* (enzymatisch, nach der GOD-Methode) (Tab. 7-16) konnte infolge der verschiedenen langen Intervalle nach der letzten Nahrungsaufnahme von vornherein kein signifikantes Ergebnis erwartet werden. Trotzdem hatten wir diesen Wert mitbestimmt,

7.4.4

um wenigstens nach Tendenzen des Verhaltens bei unterschiedlichen Belärmungsgraden zu fahnden. Nur bei den Frauen ließ sich die erwartete Tendenz eines Blutzuckeranstiegs mit zunehmender Belärmung erkennen. Die Mittelwerte stiegen hier fast gleichmäßig in den vier Sets an; die Streuungen zeigten keine allzu großen Differenzen, d. h. die Werte wurden nicht durch einzelne „Ausreißer“ bestimmt. Insgesamt war aber die Streuung, wohl in erster Linie durch die unterschiedlichen Tageszeiten und Nüchternheitszustände, doch zu groß, um diese Tendenz der ansteigenden Blutzuckerwerte bei zunehmender Belärmung statistisch sichern zu können.

Das *Hämoglobin* (als Cyanhämoglobin bestimmt) zeigte bei den Männern eine statistisch nicht gesicherte Tendenz zu ansteigenden Werten bei zunehmenden Lärmgraden.

Die *Leukozyten* ließen keine Beziehung zu den Lärmzonen erkennen, auch nicht die *Eosinophilen*; dasselbe gilt für die in zwei Proben (s. Kap. 7.2.2) gewonnenen *spezifischen Gewichte des Urins*.



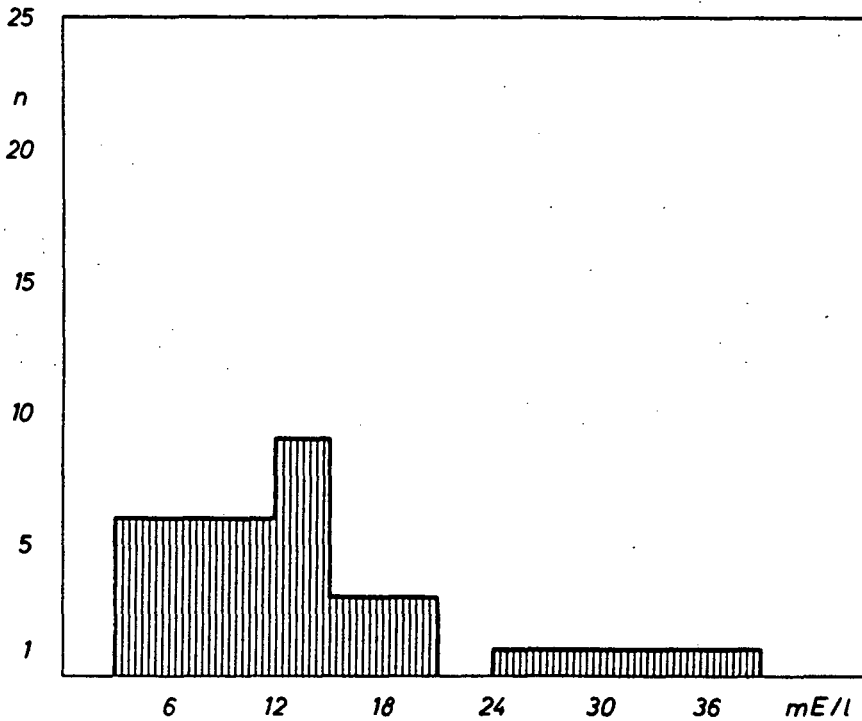
GOT A Männer

Abb. 7-6: Häufigkeitsverteilung der SGOT-Werte der Männer des Cluster-Sets A. Ordinate: Anzahl der Probanden (n). Abszisse: Klassenbreite 3 mE/ml



Tab. 7-16: Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichungen (s) einiger klinisch-chemischer Variablen (Männer der Cluster-Sets A, B, C, D).

Nr.	Variable	A		B		C		D		Signifikanz
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
1	Blutzucker mg %	111,0	46,5	106,9	23,9	106,0	18,4	107,5	48,2	n.s.
2	Harnstoff-N mg %	19,7	6,1	19,5	4,3	18,6	4,1	18,5	5,0	n.s.
3	Harnsäure mg %	6,4	1,2	6,1	1,3	6,3	1,1	6,5	1,5	n.s.
4	Kreatinin mg %	1,2	0,2	1,1	0,2	1,1	0,2	1,0	0,2	n.s.
5	Bilirubin mg %	0,4	0,2	0,4	0,3	0,4	0,2	0,4	0,2	n.s.
6	SGOT mE/ml	9,8	4,2	9,4	4,8	10,4	5,8	12,9	8,6	$\alpha < 5\%$
7	SGPT mE/ml	7,8	3,7	7,4	4,1	8,4	4,9	8,8	5,9	n.s.
8	LDH mE/ml	144,1	43,2	134,8	47,2	136,1	38,5	136,4	58,4	n.s.



GOT D Männer

Abb. 7-7: Häufigkeitsverteilung der SGOT-Werte der Männer des Cluster-Sets D. Ordinate: Anzahl der Probanden (n). Abszisse: Klassenbreite 3 mE/ml.

7.4.5.

## 7.4.5 Vegetative Funktionen

### 7.4.5.1 Vorbemerkungen

Zur folgenden Analyse des Verhaltens einer Körperfunktion in einer Versuchsphase (Beispiel: Abb. 7-8, Kap. 7.4.5.2) wurde der Medianwert der Mittelwerte der einzelnen Versuchsminuten sowie derjenige der Maximal- und Minimalwerte der einzelnen Versuchsminuten herangezogen. In den Abb. 7-9 bis 7-38 sind nur die Mittelwerte der einzelnen Versuchsminuten eingetragen, die zur Bildung des jeweiligen Medians benutzt wurden.

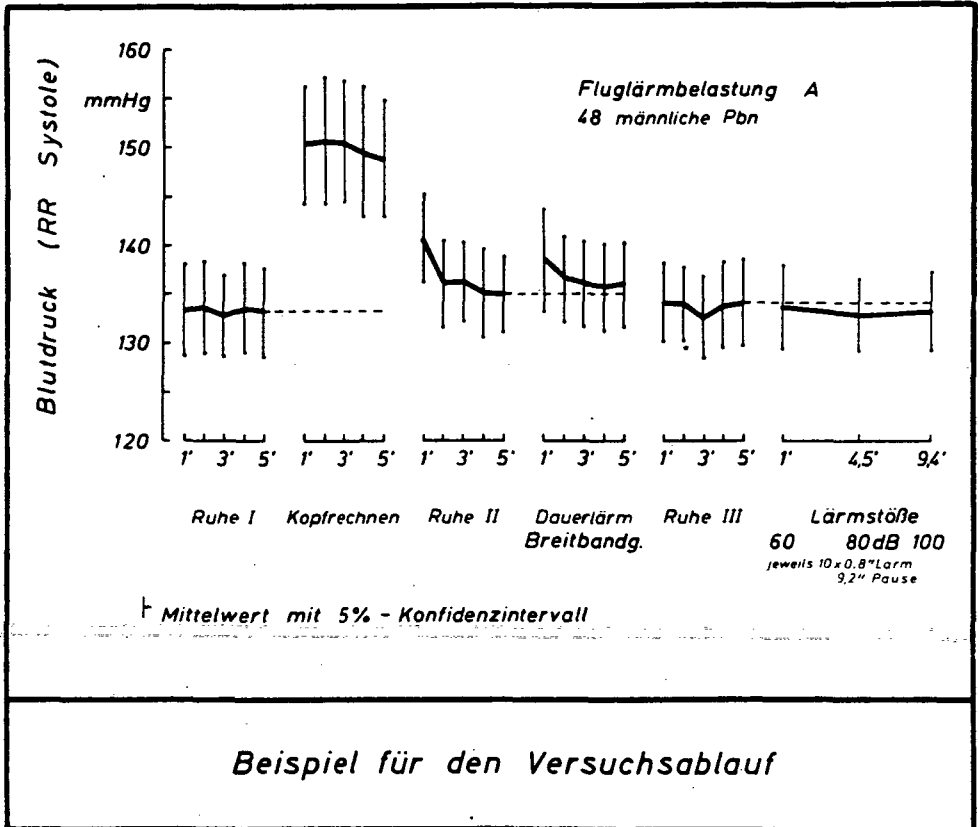


Abb. 7-8: Mittlere Blutdruckwerte der männlichen Probanden (Pbn) des Cluster-Sets A (n = 48) mit den 5 %-Konfidenzintervallen.

### 7.4.5.2 Das Verhalten unter Ruhebedingungen

#### 7.4.5.2.1 Vorbemerkungen

Hier wird nur das Verhalten in der Ruhephase I besprochen, da es für das Problem der Manifestation krankhafter Störungen und als Vergleichsbasis für die Stress-Werte von besonderer Bedeutung ist.

## 7.4.5.2.2 Blutdruck

(Tab. 7-17, Abb. 7-9 und 7-10, s. auch Annexband, A. 74.5.2)

Bei den *Männern* bestand beim systolischen Blutdruck eine signifikante Veränderung der einminütigen Werte der Ruhephase. In keinem Cluster-Set fand sich allerdings eine gerichtete Bewegung. Es wären also die Bedingungen einer Ruheausgangsmessung, was den Blutdruck betrifft, erfüllt. Die Durchschnittswerte des systolischen Blutdrucks lagen in D am höchsten, es folgen dann A, C und B. Die unter den üblichen klinischen Aspekten kleinen Unterschiede sind nicht signifikant. Der Maximalwert war durchschnittlich in A am höchsten, es folgen B, D und C. Die Standardabweichung war in B und C fast gleich und am geringsten, in D etwas größer und in A am größten. Die höheren durchschnittlichen Ruhevorgänge von A basieren auf dem Verhalten von „Ausreißern“ in Richtung von erhöhten Werten.

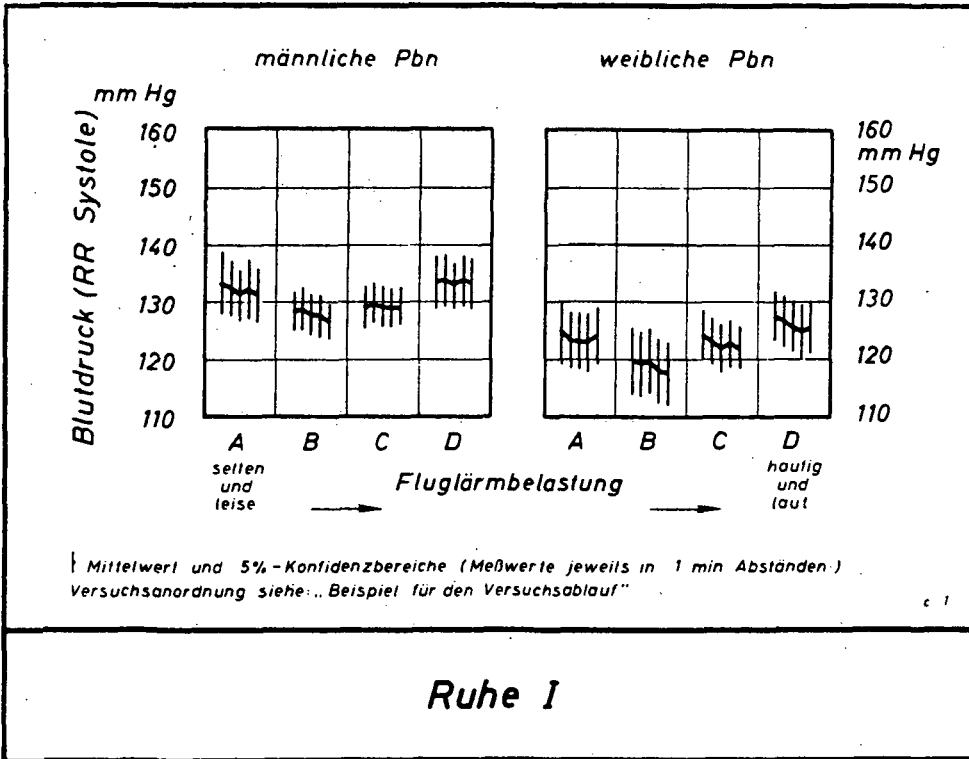


Abb. 7-9: Mittlere systolische Blutdruckwerte mit 5 % Konfidenzintervallen der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn), getrennt nach Cluster-Sets, während der Ruhephase I zu Beginn der experimentellen Untersuchung. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

## 7.4.5.2.2.

**Tab. 7-17:** Varianzanalytische Testergebnisse (F-Werte) zu den Blutdruckuntersuchungen  
 (" = Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha < 5\%$ , "" =  $\alpha < 1\%$ , """" =  $\alpha < 0,1\%$ )

Variable und Unter- suchungs- phase	Männliche Probanden			Weibliche Probanden		
	Einflußgrößen			Einflußgrößen		
	1 Fluglärm (Cluster- Sets)	2 Meßzeit- punkt	1x2 Wechsel- wirkung	1 Fluglärm (Cluster- Sets)	2 Meßzeit- punkt	1x2 Wechsel- wirkung
<b>RR<sub>s</sub></b>						
Ruhe I	< 1	3,25"	< 1	1,33	9,14""	1,60
Kopfrechnen	< 1	6,41""	< 1	1,40	8,03""	1,42
Ruhe II	1,08	50,78""	< 1	1,18	35,14""	< 1
Dauerlärm	< 1	11,47""	< 1	< 1	4,54""	1,03
Ruhe III	1,33	3,56""	1,22	1,44	3,55""	< 1
Lärmstöße:						
60 dB	< 1			2,98"		
80 dB	2,09			< 1		
100 dB	1,41			1,97		
<b>RR<sub>d</sub></b>						
Ruhe I	< 1	1,02	< 1	1,52	1,31	1,56
Kopfrechnen	< 1	5,33""	1,18	1,22	6,00""	1,17
Ruhe II	< 1	16,65""	< 1	1,08	8,34""	< 1
Dauerlärm	< 1	6,15""	1,45	< 1	< 1	< 1
Ruhe III	< 1	2,37"	< 1	1,25	4,83""	1,48
Lärmstöße:						
60 dB	< 1			< 1		
80 dB	< 1			< 1		
100 dB	< 1			3,51"		

Die Minimalwerte der vier Cluster-Sets sind fast identisch.

Sieht man also einmal vom Cluster-Set A ab, dann besteht von B bis D eine Tendenz des Anstiegs des durchschnittlichen systolischen Blutdruckwertes.

Auch beim diastolischen Blutdruck weist Cluster-Set D den durchschnittlich höchsten Wert auf (Abb. 7-10). Es folgen B, C, A. Der höchste Einzelwert liegt auch hier in A. Dieses Cluster-Set weist auch die größte Standardabweichung auf.

Die Maximalwerte der drei übrigen Cluster-Sets steigen kontinuierlich von B nach D an. Der Mittelwert von A ist trotz der „Ausreißer“ nicht so auffällig wie beim systolischen Blutdruck, weil es hier auch „Ausreißer“ in Richtung niedrigerer Werte gibt. Dieses Cluster-Set weist den niedrigsten Einzelwert aller vier Cluster-Sets auf.

Auch bei den *Frauen* waren in allen Cluster-Sets die Bedingungen einer Ruheausgangsmessung, was den Blutdruck betrifft, erfüllt. Trotz signifikanter Bewegungen des systolischen Blutdrucks bestand in keinem Cluster-Set eine gerichtete Bewegung der fünf Einzelwerte. Den höchsten systolischen Blutdruck findet man in D. Es folgen A, C und B. Signifikante Unterschiede des systolischen Blutdrucks zwischen den vier Cluster-Sets bestehen nicht. Die Minimalwerte in A und B sind identisch, die von C und D liegen höher. B und A weisen die größten Streuungen auf. Hier finden sich auch die höchsten Einzelwerte. Bei den diastolischen Blutdruckwerten zeigt auch D den höchsten durchschnittlichen Wert, A und C haben denselben Durchschnittswert, in B findet sich der niedrigste Wert. Die Streuungsunterschiede der vier Cluster-Sets sind geringer als beim systolischen Blutdruck

und liegen in B und D etwas höher als in A und C. Bei den Minimalwerten fällt B mit einem relativ niedrigen Wert, bei den Maximalwerten C mit einem vergleichsweise niedrigen Wert auf, die übrigen Cluster-Sets haben ähnliche Minimal- bzw. Maximalwerte. Beim Vergleich des Verhaltens des Blutdrucks von *Männern und Frauen* liegen in den vier Cluster-Sets die systolischen und diastolischen Werte der Männer deutlich über denjenigen der Frauen. Das gleiche gilt auch für die Minimalwerte, nicht hingegen für die Maximalwerte.

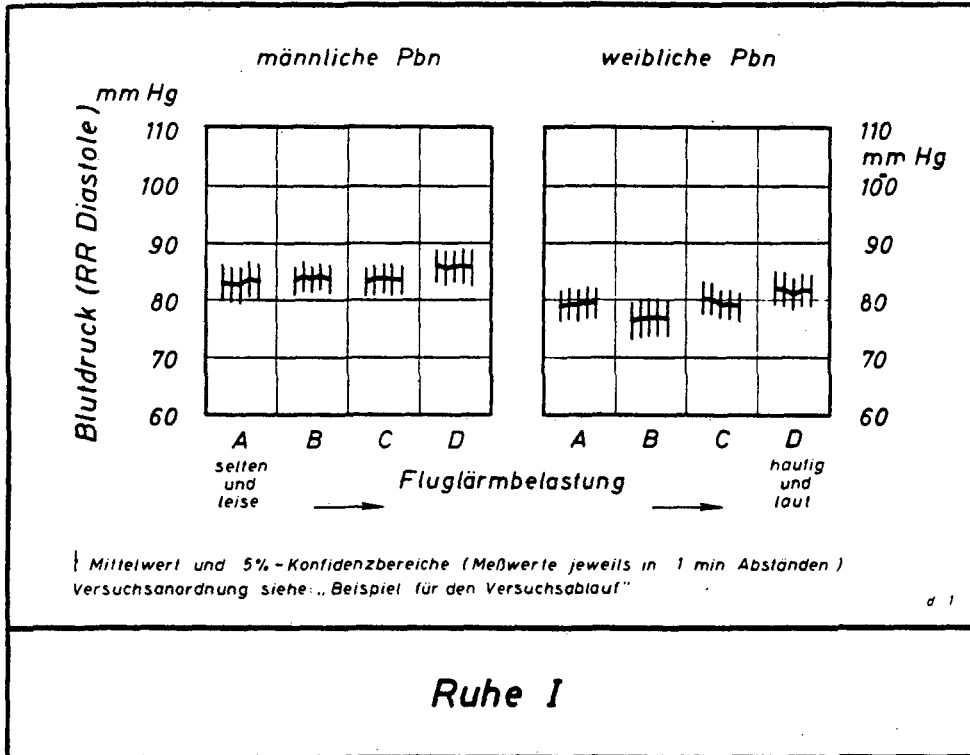


Abb. 7-10: Mittlere diastolische Blutdruckwerte mit 5%-Konfidenzintervallen der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn), getrennt nach Cluster-Sets, während der Ruhephase I zu Beginn der experimentellen Untersuchung. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

### 7.4.5.2.3 Pulsfrequenz

(Tab. 7-18, Abb. 7-11).

Auch diese Variable zeigt weder bei Männern noch bei Frauen in der Ruhephase eine gerichtete Bewegung. Es bestanden hier aber auch keine signifikanten Unterschiede zwischen den fünf einzelnen Minutenwerten.

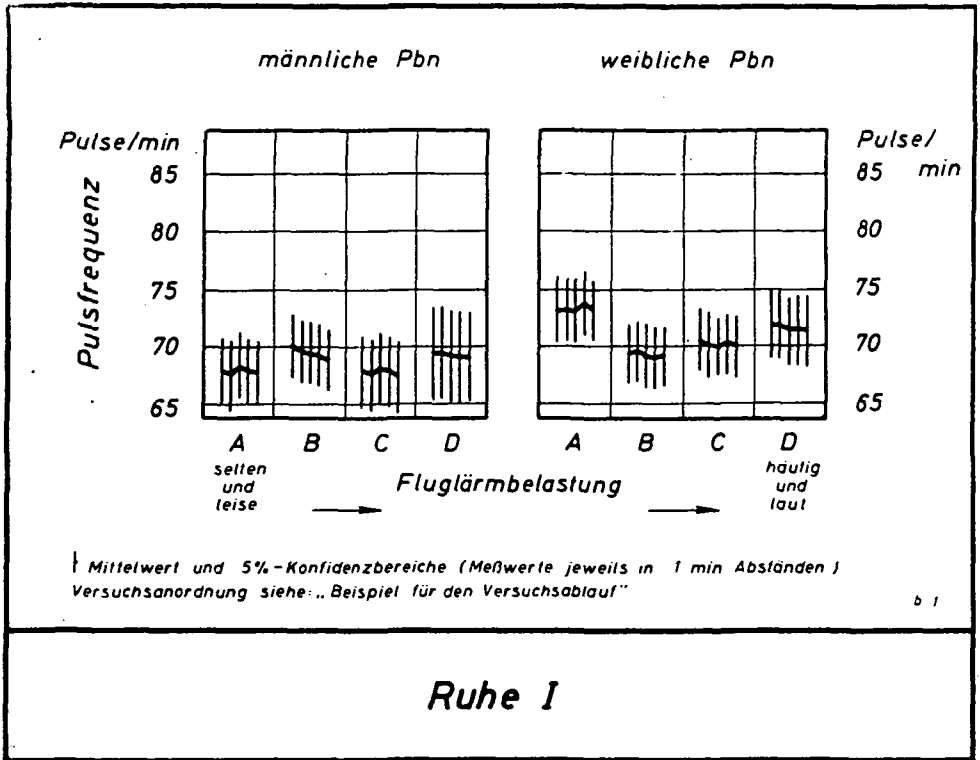


Abb. 7-11: Mittelwerte und 5%-Konfidenzbereiche der Pulsfrequenz der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) in der Ruhephase I, getrennt nach Cluster-Sets. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

**Tab. 7-18:** Varianzanalytische Testergebnisse (F-Werte) zu den Messungen von Puls- und Atemfrequenz (" = Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha < 5\%$ , "" =  $\alpha < 1\%$ , """" =  $< 0,1\%$ )

Variable und Untersuchungsphase	Männliche Probanden			Weibliche Probanden		
	Einflußgrößen		1x2 Wechselwirkung	Einflußgrößen		1x2 Wechselwirkung
	1 Fluglärm (Cluster-Sets)	2 Meßzeitpunkt		1 Fluglärm (Cluster-Sets)	2 Meßzeitpunkt	
<b>Pulsfrequenz</b>						
Ruhe I	< 1	2,19	< 1	1,53	1,31	< 1
Kopfrechnen	< 1	10,78""	< 1	1,55	11,79""	< 1
Ruhe II	< 1	12,62""	< 1	1,74	2,36"	1,42
Dauerlärm	< 1	2,31	1,05	1,60	3,52""	< 1
Ruhe III	< 1	3,16"	1,22	2,13	2,22	< 1
<b>Lärmstöße</b>						
60 dB	< 1	2,11	< 1	< 1	< 1	1,17
80 dB	< 1	6,63""	< 1	< 1	1,09	1,21
100 dB	< 1	2,02	< 1	1,68	4,31"	1,10

Forts. Tab. 7-18:

Variable und Unter- suchungs- phase	Männliche Probanden			Weibliche Probanden		
	Einflußgrößen			Einflußgrößen		
	1	2	1x2	1	2	1x2
	Fluglärm (Cluster- Sets)	Meßzeit- punkt	Wechsel- wirkung	Fluglärm (Cluster- Sets)	Meßzeit- punkt	Wechsel- wirkung
-----						
Atemfrequenz						
Ruhe I	< 1	< 1	< 1	< 1	1,46	1,25
Kopfrechnen	< 1	8,30 <sup>***</sup>	< 1	1,13	6,19 <sup>***</sup>	1,34
Ruhe II	< 1	1,68	1,50	< 1	4,17 <sup>***</sup>	< 1
Dauerlärm	< 1	4,61 <sup>***</sup>	1,98 <sup>''</sup>	1,00	5,64 <sup>***</sup>	2,40 <sup>***</sup>
Ruhe III	< 1	2,18	< 1	< 1	2,65 <sup>''</sup>	< 1
Lärmstöße						
60 dB	< 1	3,33 <sup>''</sup>	< 1	1,22	2,25	1,32
80 dB	< 1	4,06 <sup>''</sup>	1,85	< 1	8,72 <sup>***</sup>	< 1
100 dB	1,14	4,93 <sup>***</sup>	1,87	< 1	15,91 <sup>***</sup>	1,75

Bei den *Männern* war die Pulsfrequenz in den vier Cluster-Sets durchschnittlich fast gleich. Die größte Differenz zwischen zwei Sets (C und B) betrug nur 1,7/min. Es besteht weder ein signifikanter Unterschied zwischen den vier Sets noch ein erkennbarer Trend. In D ist die Streuung am größten. Die Maximalwerte sind in A bis C fast gleich, in D deutlich höher. Bei den *Frauen* finden sich etwas größere Unterschiede bei der Pulsfrequenz der einzelnen Sets. Die größte Differenz beträgt hier 3,9/min. A weist durchschnittlich die höchste Pulsfrequenz auf. Es folgen D, C und B. A hat auch den höchsten Maximalwert, es folgen D, C und B. Die Standardabweichung ist in D am größten. Beim Vergleich der Pulsfrequenzwerte bei *Männern und Frauen* liegen die Werte bei den Frauen in A, C und D höher, in B sind die durchschnittlichen Werte fast identisch.

#### 7.4.5.2.4 Atemfrequenz

(Tab. 7-18, Abb. 7-12)

Bei den *Männern* gibt es in keiner Ruhephase signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Minutenwerten. Auch zwischen den vier Cluster-Sets bestehen keine signifikanten Unterschiede.

Die Werte sind fast gleich. Die Streuungen und die Maximalwerte in den vier Sets sind ebenfalls fast identisch.

Bei den *Frauen* bestehen in der Ruheausgangsphase I keine signifikanten Unterschiede der Minutenwerte der Atemfrequenz. Auch in den vier Cluster-Sets ist kein Trend der insgesamt zu gering, aber doch stärker als bei den Männern schwankenden Atemfrequenzwerten zu erkennen. Die Maximalwerte zeigen hingegen größere Schwankungen infolge eines vergleichbar geringen Maximalwerts in dem am stärksten belärmten Set D.

#### 7.4.5.2.5 Elektromyointegral

(Abb. 7-13)

Bei den *Männern* bestehen in der Ruhephase signifikante Unterschiede zwischen den minutlichen Einzelwerten. Dabei findet sich in C eine kontinuierliche Abnahme der Werte,

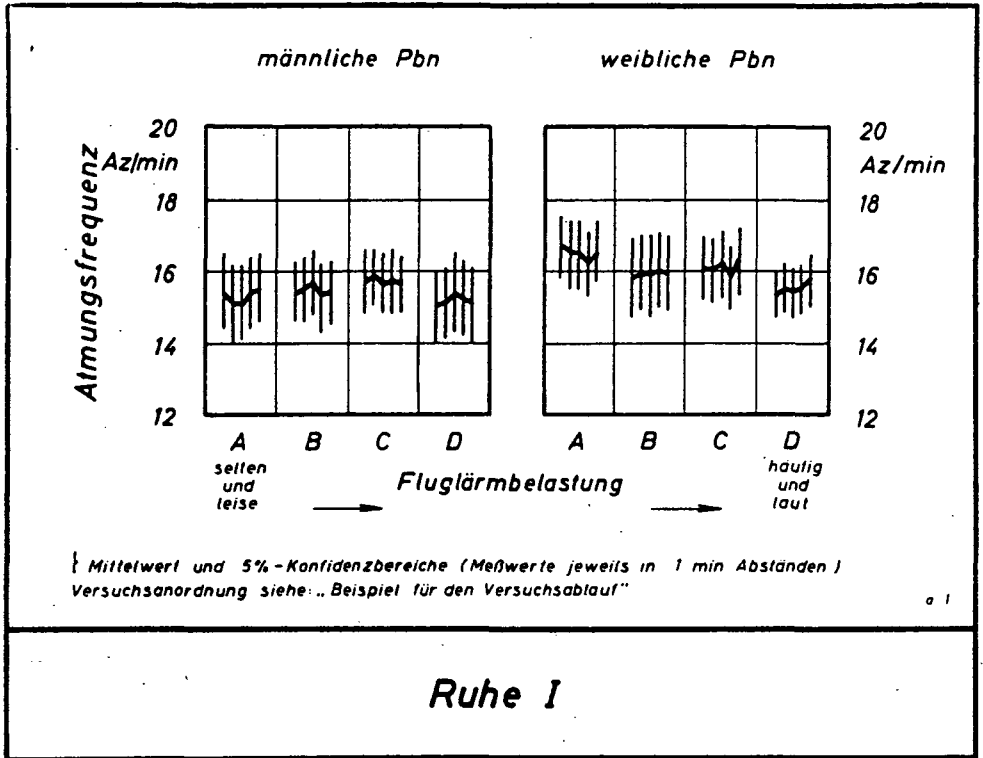


Abb. 7-12: Mittelwerte mit 5%-Konfidenzbereichen der Atemfrequenz der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) in der Ruhephase I, getrennt nach Cluster-Sets. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

also eine gerichtete Bewegung. Wenn man diesen Parameter als Kriterium wählt, wird kein „steady state“ erreicht.

Bei dieser Körperfunktion bestehen auch signifikante Unterschiede zwischen den Cluster-Sets, allerdings nicht in der erwarteten Richtung. In B, C und D ist die Muskelaktivität fast identisch, in A ist sie deutlich höher.

Bei den *Frauen* liegt der niedrigste Wert im Cluster-Set C, dann folgen die Sets A und B mit fast gleichen Werten, der höchste Wert wurde in Cluster-Set D gemessen.

Beim Vergleich von *Männern und Frauen* sind die Werte im Cluster-Set C gleich, in B und D liegen sie bei den Frauen und in A bei den Männern höher.

### 7.4.5.3 Das Verhalten während unspezifischer emotionaler Belastung

#### 7.4.5.3.1 Vorbemerkungen

Wie schon früher dargestellt (v. EIFF, 1967) hat sich uns eine bestimmte Form des Kopfrechnens (Addition einer möglichst großen Zahl einstelliger Zahlen, die als Diapositiv projiziert werden, innerhalb von fünf Minuten, wobei geprüft wird, ob das Ergebnis richtig ist) als intensive unspezifische emotionale Belastung bewährt.



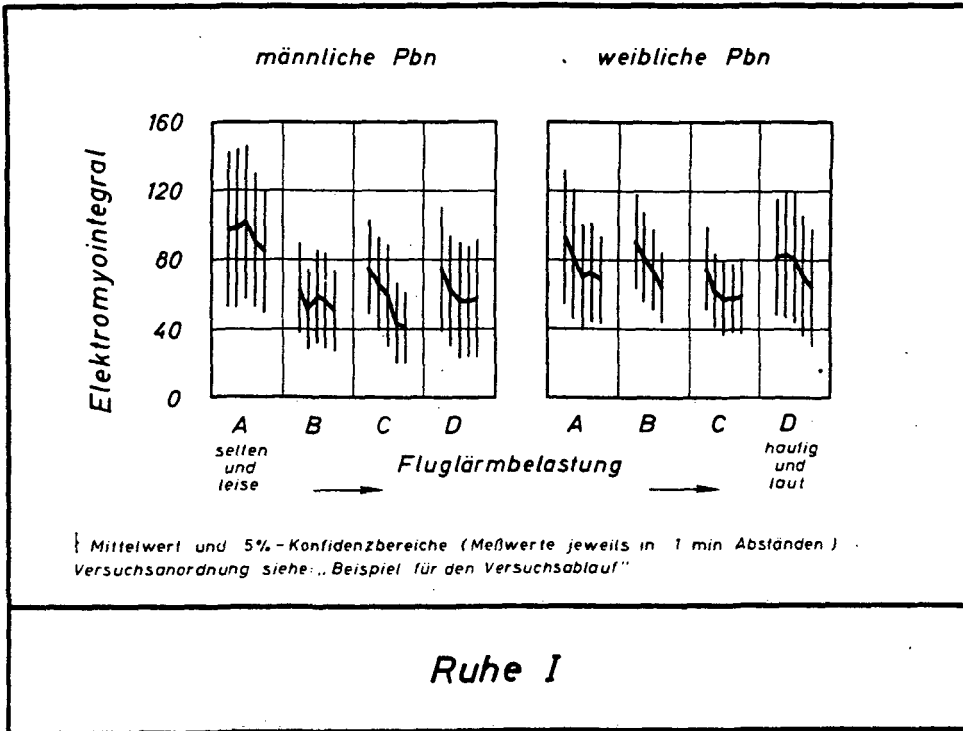


Abb. 7-13: Mittelwerte und 5%-Konfidenzbereiche des Elektromyointegrals (EMI) der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) in der Ruhephase I, getrennt nach Cluster-Sets. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

#### 7.4.5.3.2 Blutdruck

(Tab. 7-17 (Kap. 7.4.5.2.1), Abb. 7-14, 7-15)

Bei den *Männern* führte das Rechnen in allen Cluster-Sets zu signifikanten Anstiegen des Blutdrucks. Legt man bei den *systolischen Werten* die hierbei erzielten durchschnittlichen *Absolutwerte* zugrunde, findet man die größten Werte in D, die weitere Reihenfolge ist A, C, B. Berücksichtigt man aber den Anstieg während des Rechnens gegenüber den Ruheausgangswerten, also die *Reagibilität des systolischen Blutdrucks*, dann dominiert A vor D, B und C. Der höchste *Einzelwert* wurde in A gemessen, es folgen D, C und B.

Ein Einfluß des Flugbelärmungsgrades auf die Blutdruckreaktion läßt sich statistisch nicht beweisen. Das gilt auch für die *Reaktion des diastolischen Blutdrucks*.

Nach den durchschnittlichen *Absolutwerten* lautet die Reihenfolge: D, B, A, C, wobei der Abstand von D nach B größer ist als derjenige von B nach C. Der höchste *Einzelwert* des diastolischen Blutdrucks während des Rechnens wurde in A gemessen, es folgen D, B und C. Ordnet man die Cluster-Sets nach der *Reagibilität*, dann haben D und B durchschnittlich die höchsten Werte vor A und C. Maximal stieg der diastolische Blutdruck in A um 32 mmHg, in D um 26 mmHg, in B um 22 mmHg und in C um 20 mmHg.

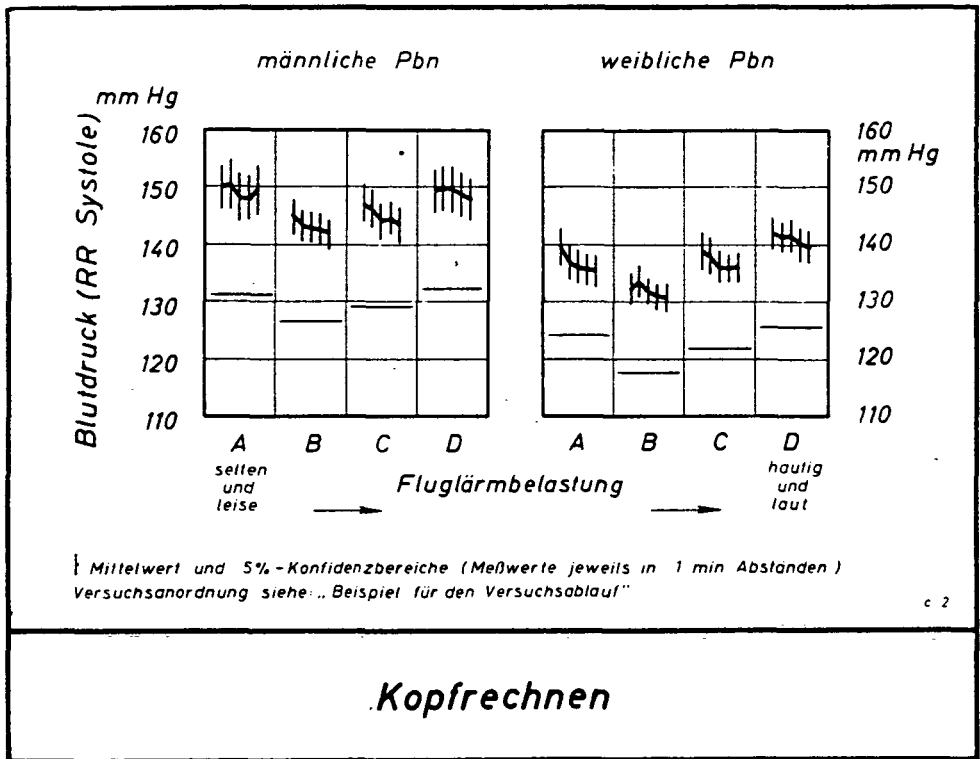
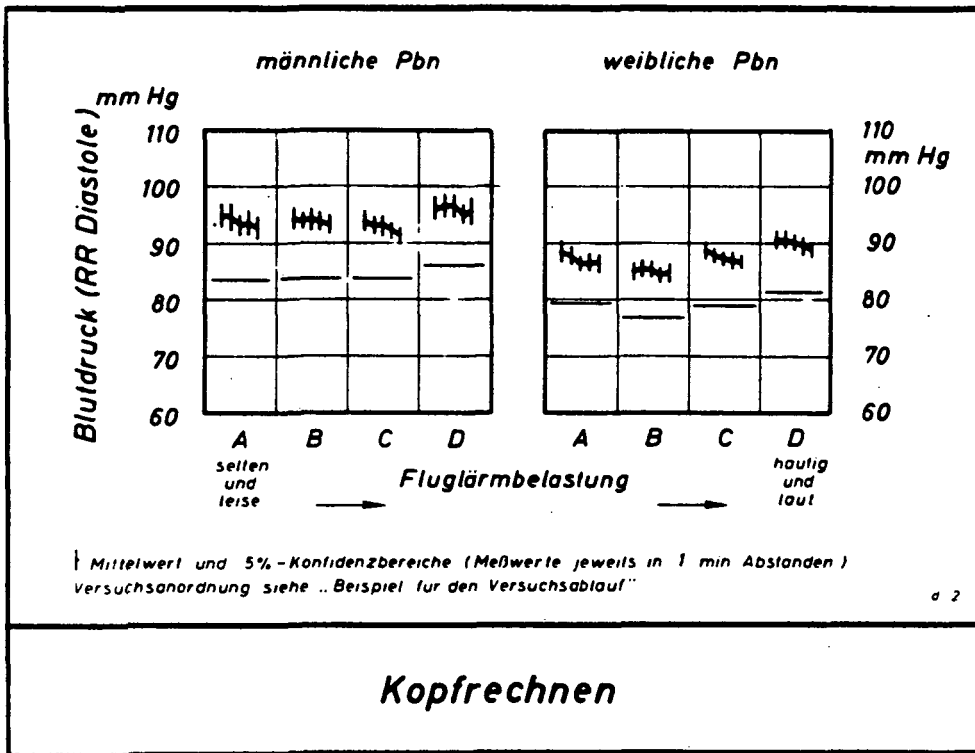


Abb. 7-14: Mittlere systolische Blutdruckwerte und 5%-Konfidenzbereiche der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) in der Kopfrechenphase, getrennt nach Cluster-Sets. Der Mittelwert der vorausgegangenen 5. Ruheminute ist jeweils als Waagerechte eingezeichnet. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

Auch bei den *Frauen* stieg in allen Cluster-Sets der Blutdruck während des Rechnens signifikant an. Nach den *Absolutwerten des systolischen Blutdrucks* liegt D deutlich an der Spitze vor C und A (mit fast gleichen Werten) und B. Der höchste *Einzelwert* wurde in A gemessen, dann folgen D, B und C. Nach der *Reagibilität* des systolischen Blutdrucks ordnen sich die Sets wie folgt: D, C, B und A. Mit wachsender Flugbelastung steigt also in allen vier Sets die systolische Blutdruckreaktion.

*Varianzanalytisch* konnte dieses in den Mittelwerten sehr auffällige Verhalten nicht gesichert werden. Die Standardabweichung war in A, C und D gleich, in B geringer. Die Reihenfolge der maximalen systolischen Blutdruckanstiege ist D, A, C und B. Beim *diastolischen Blutdruck* hat D die höchsten *Absolutwerte* vor C, A und B. Die Reihenfolge der Maximalwerte ist B, D, C und A. Auch in der *Reagibilität* dominiert D vor C, B und A. Also auch beim diastolischen Blutdruck wächst mit zunehmendem Belärmungsgrad das Ausmaß der Steigerung. Auch dieses in den Mittelwerten deutliche Phänomen ließ sich varianzanalytisch nicht sichern, wobei die Streuung in C unter und in A über derjenigen von B und D liegt. In allen vier Cluster-Sets betrug übrigens der maximale diastolische Blutdruckanstieg 22 mmHg.



## Kopfrechnen

Abb. 7-15: Mittelwerte und 5%-Konfidenzbereiche der diastolischen Blutdruckwerte der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) in der Kopfrechnenphase, getrennt nach Cluster-Sets. Der Mittelwert der vorausgegangenen 5. Ruheminute (Ruhe I) ist jeweils als Waagerechte eingezeichnet. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

Beim Vergleich von *Männern und Frauen* interessiert besonders das Ausmaß der Reagibilität. In A reagierten die Männer durchschnittlich 6,1 mmHg, in B 2,1 mmHg, in C 1 mmHg und in D 1,3 mmHg mit dem systolischen Blutdruck stärker als die Frauen. Mit dem diastolischen Blutdruck reagierten die Männer in A 2,8 mmHg, in B 2 mmHg, in C 0,9 mmHg und in D 1,1 mmHg stärker als die Frauen.

### 7.4.5.3.3 Pulsfrequenz (Tab. 7-18 (Kap. 7.4.5.2.3), Abb. 7-16)

Die *Männer* reagierten in allen Sets mit signifikanten Anstiegen der Pulsfrequenz. Nach den Absolutwerten weist B den höchsten durchschnittlichen Wert auf, es folgen C, D und A. Maximalwerte gliedern sich mit absteigender Tendenz in folgender Reihenfolge: A, B, D und C. Nach der durchschnittlichen Reagibilität dominiert C vor B, vor A, vor D. Bei der maximalen Reagibilität steht A an der Spitze vor B, vor D und C. Es lassen sich also unter keinem Aspekt Beziehungen der Pulsfrequenz zum Belärmungsgrad nachweisen. Bei den *Frauen* finden sich in allen Sets ebenfalls signifikante Anstiege der Pulsfrequenz während des Rechnens. Nach den Absolutwerten verhalten sich drei Sets gleichartig: A, D und C; nur B differiert mit etwas geringerer Frequenz. Die Maximalwerte unterscheiden

7.4.5.3.3

sich stärker. Die Reihenfolge ist hier: D, A, C und B. Nach der durchschnittlichen Reagibilität ordnen sich die Sets: C, D, B und A und nach den Maxima der Reagibilität: C, A, B und D. Auch bei den Frauen bestehen keinerlei Beziehungen zwischen Pulsfrequenz und Belärmungsgrad.

Beim Vergleich der *Männer und Frauen* interessiert wieder nur die Reagibilität. In A und B ist sie bei den Männern etwas stärker, in C und D weisen die Frauen einen stärkeren Anstieg auf.

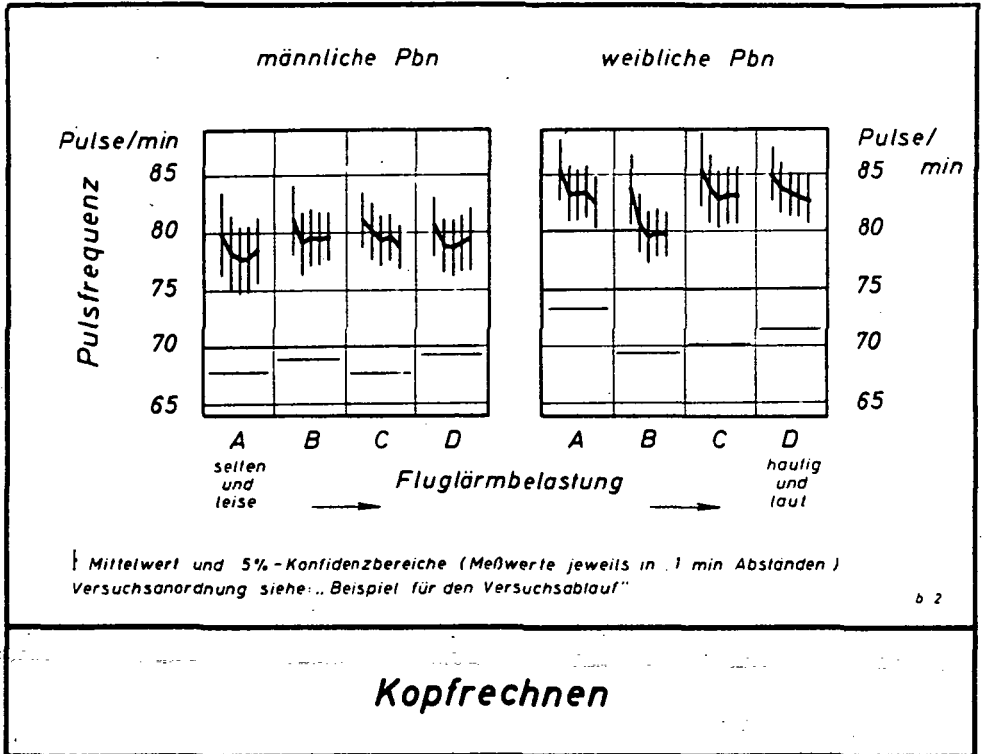


Abb. 7-16: Mittelwerte und 5%-Konfidenzbereiche der Pulsfrequenz der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) in der Kopfrechnenphase, getrennt nach Cluster-Sets. Der Mittelwert der vorausgegangenen 5. Ruheminute ist jeweils als Waagerechte eingezeichnet. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

7.4.5.3.4                      **Atemfrequenz**  
(Tab. 7-18 (Kap. 7.4.5.2.3), Abb. 7-17)

Bei den *Männern* ist die durchschnittliche Steigerung der Atemfrequenz gering und liegt, außer in C, unter 1/min. Die durchschnittlichen Änderungen in den Cluster-Sets lassen keine Beziehung zum Belärmungsgrad erkennen. Nur das Maximum der Atemfrequenzsteigerung liegt eindeutig in D; es ist in den drei anderen Sets A, B und C jedoch fast identisch.

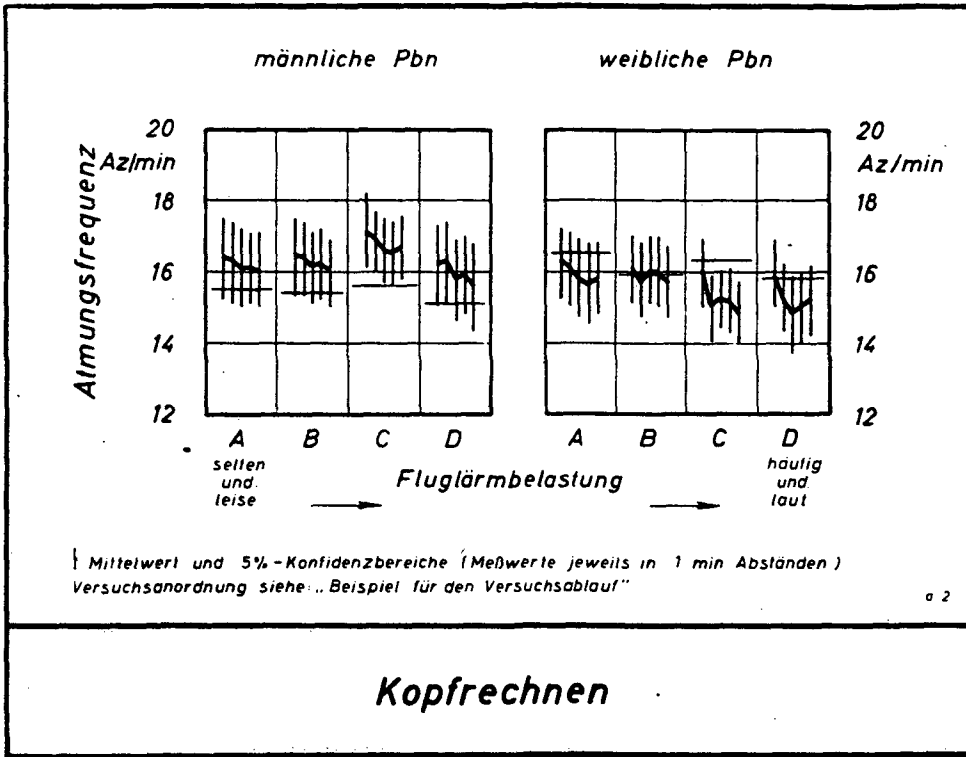


Abb. 7-17: Mittelwerte und 5%-Konfidenzbereiche der Atemfrequenz der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) in der Kopfrechnenphase, getrennt nach Cluster-Sets. Der Mittelwert der vorausgegangenen 5. Ruheminute ist jeweils als Waagerechte eingezeichnet. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

Bei den *Frauen* kommt es während des Rechnens in drei Cluster-Sets (A, C, D) zum Absinken der Atemfrequenz gegenüber den Ruheausgangswerten. Nur in B bleibt die Frequenz konstant. Die maximalen Atemfrequenzen fallen von A nach D.

Ein Vergleich von *Männern und Frauen* erübrigt sich. Die charakteristischen Unterschiede ergeben sich aus dem bisher Gesagten.

#### 7.4.5.3.5 Elektromyointegral (Abb. 7-18)

Bei den *Männern* kam es in allen Cluster-Sets zu starken Erhöhungen des Elektromyointegrals. Bezugspunkt war die fünfte Ruheminute, da die Durchschnittswerte des Elektromyointegrals in der Ruhephase nicht in allen Cluster-Sets für den Ruhezustand repräsentativ waren. Von Set A bis C nahm der Anstieg des EMI zu; in D war er geringer und lag zwischen den Werten von A und B.

Auch bei den *Frauen* war der Elektromyointegralanstieg in allen Cluster-Sets signifikant; dabei wurde die EMI-Reaktion von Set A nach Set C immer stärker und lag in D zwischen den Werten von A und B.

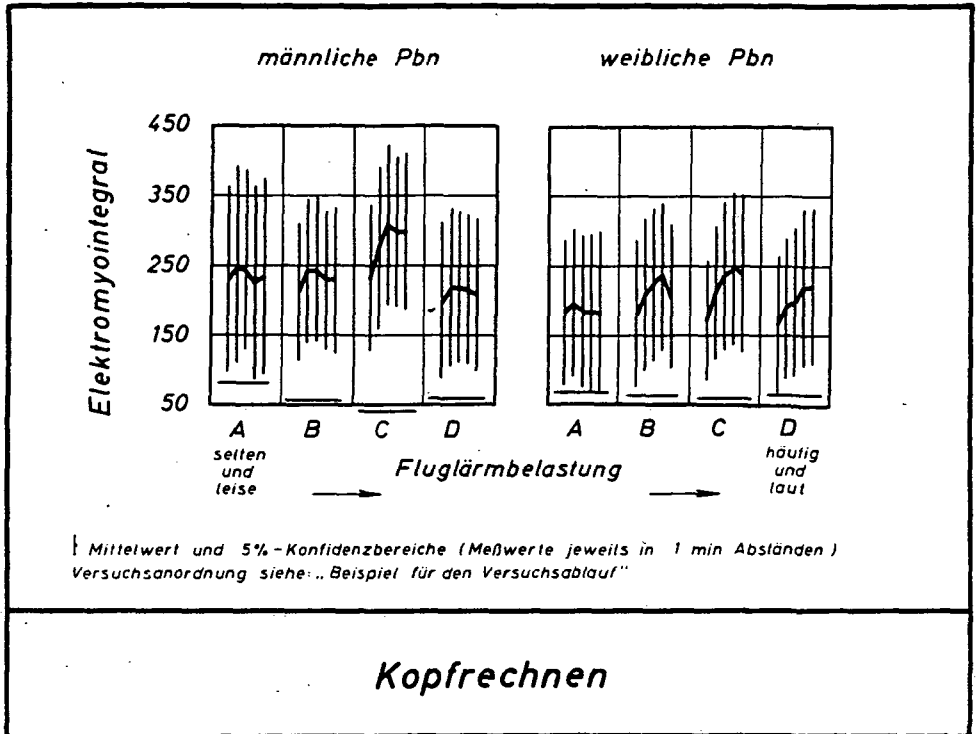


Abb. 7-18: Mittelwerte und 5%-Konfidenzbereiche des Elektromyointegrals (EMI) der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) in der Kopfrechenphase, getrennt nach Cluster-Sets. Der Mittelwert der vorausgegangenen 5. Ruheminute ist jeweils als Waagerechte eingezeichnet. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

Beim Vergleich von *Männern und Frauen* sieht man, daß in den einzelnen Cluster-Sets das Elektromyointegral bei den Männern jeweils etwas stärker ansteigt.

#### 7.4.5.4 Das Verhalten während Belärmung

(Es bedeuten vier nebeneinander geschriebene Zahlen, falls nicht anders vermerkt, das Verhalten der Probanden in den Sets A, B, C, D).

##### 7.4.5.4.1 Vorbemerkungen

Die Belärmungsphase umfaßt folgende Versuchsabschnitte: Ruhe II, Dauerbelärmung, Ruhe III und Lärmstoßserien mit verschiedenen Schalldruckpegeln. Da es sich zeigte, daß am Beginn von Ruhe II niemals Ruhebedingungen herrschten und während dieser fünfminütigen Messung signifikant eine zunehmende Reduktion der Werte eintrat, wurde nur die 5. Minute dieser Ruhemessung als repräsentativ angesehen. Sie wird im folgenden jeweils mit dem durchschnittlichen Verhalten in Ruhe I verglichen. In Ruhe III bestanden aber wesentlich bessere Ruhebedingungen, so daß hier wieder der Median der fünf Mittelwerte der einzelnen Minuten gebildet und mit dem Median von Ruhe I verglichen wurde. Der Wert der 5. Minute von Ruhe II diente zum Vergleich der Reaktionen bei Dauerlärm,

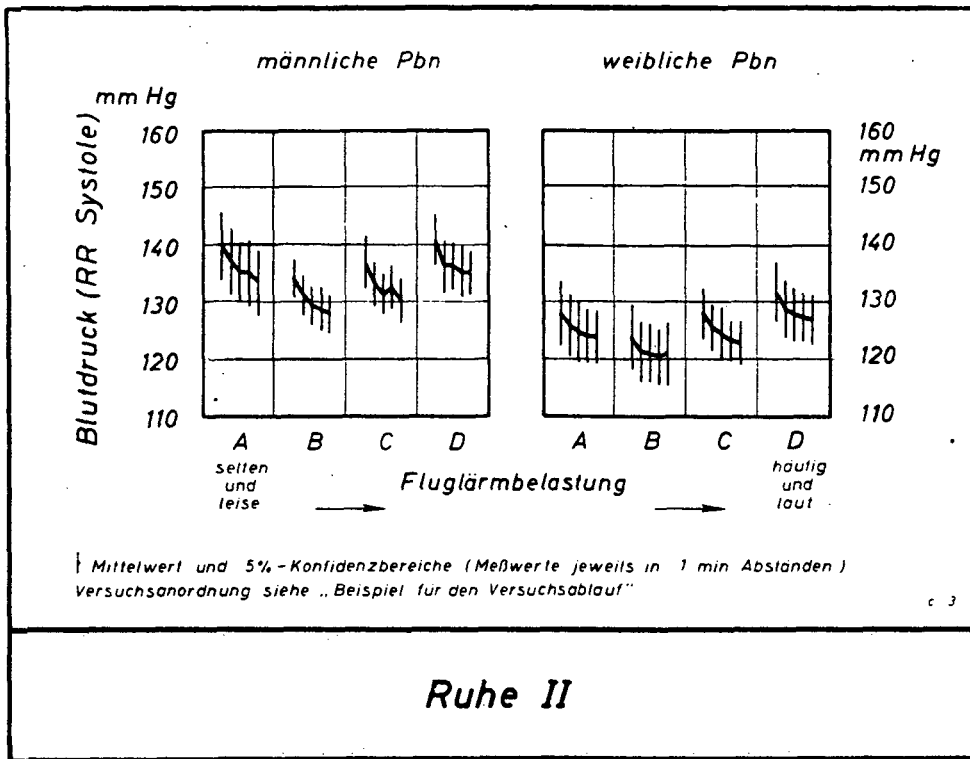


Abb. 7-19: Mittlere systolische Blutdruckwerte und 5%-Konfidenzbereiche der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) in der Ruhephase II, getrennt nach Cluster-Sets. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

der durchschnittliche Wert der Ruhemessung III zum Vergleich der Reaktionen bei Lärmstößen mit drei verschiedenen Schalldruckpegeln. Auf eine Analyse des Verhaltens bei einem Schalldruckpegel von 120 dB wird, wie oben ausgeführt (Kap. 7.2.3.2 u. Kap. 7.3), wegen der Unvollständigkeit des Materials verzichtet. Es muß bei der folgenden Analyse noch bedacht werden, daß bei den „Lärmstößen“ mit Schalldruckpegeln von 60, 80 und 100 dB die anschließenden zweiminütigen „Ruhephasen“ mit dem während des Lärmstosses gewonnenen Wert zusammengefaßt wurden.

#### 7.4.5.4.2 Blutdruck

Bei den *Männern* verhielt sich der *systolische Blutdruck* folgendermaßen: In *Ruhe II* wurden in der 5. Minute (Abb. 7-19) fast wieder die Ruheausgangsbedingungen (Abb. 7-9) erreicht, ebenso in *Ruhe III* (Abb. 7-23). Bei dieser jeweiligen Ausgangslage sind Vergleiche der Veränderungen bei Lärm mit denjenigen beim Rechnen möglich.

Für alle Cluster-Sets war Rechnen (Abb. 7-14) ein wesentlich stärkerer Reiz als *Dauerlärm* (Abb. 7-21). Für die Sets A bis D wurden folgende durchschnittliche Änderungen bei Dauerlärm und bei Kopfrechnen (die Werte in ()) gemessen: +2,3 (+18,1), +1,1 (+16,3), +2,0 (+15,3), +1,1 (+17,1) mmHg. Auch die maximalen Anstiege bei Dauerlärm und Rechnen differieren erheblich: 26 (62), 14 (42), 18 (46), 14 (58) mmHg.

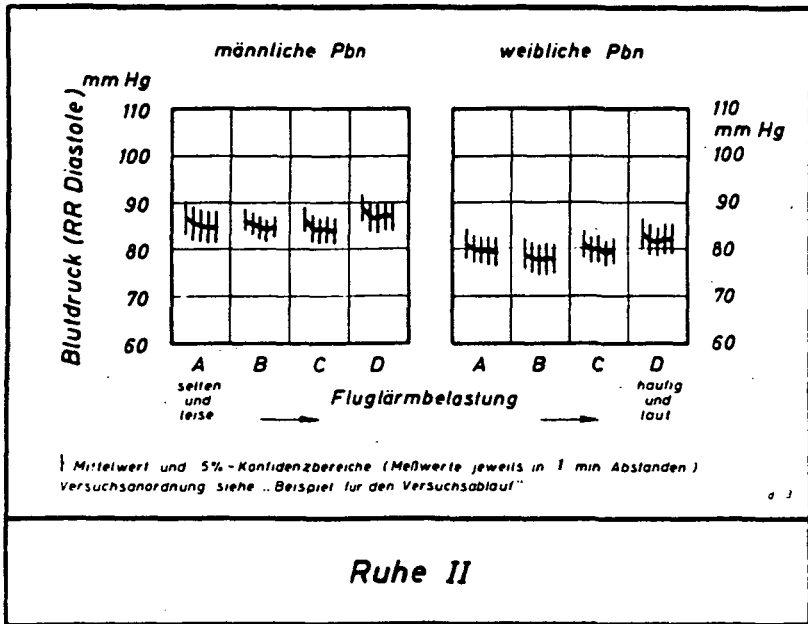


Abb. 7-20: Mittlere diastolische Blutdruckwerte mit 5%-Konfidenzbereichen der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) in der Ruhephase II, getrennt nach Cluster-Sets. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

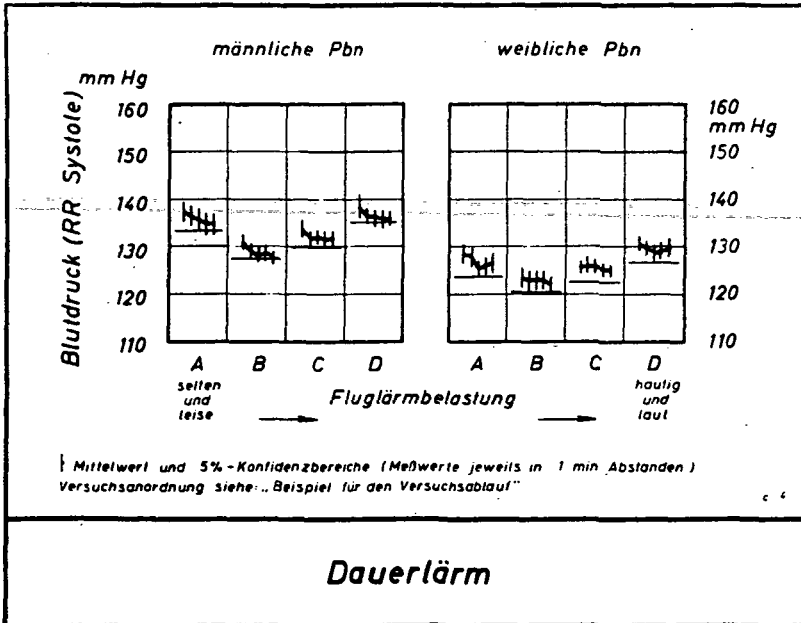


Abb. 7-21: Mittelwerte und 5%-Konfidenzbereiche der systolischen Blutdruckwerte der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) während des Dauerlärms, getrennt nach Cluster-Sets. Die eingezeichneten waagerechten Linien geben den jeweiligen Mittelwert der vorausgegangenen 5. Minute von Ruhe II an. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.



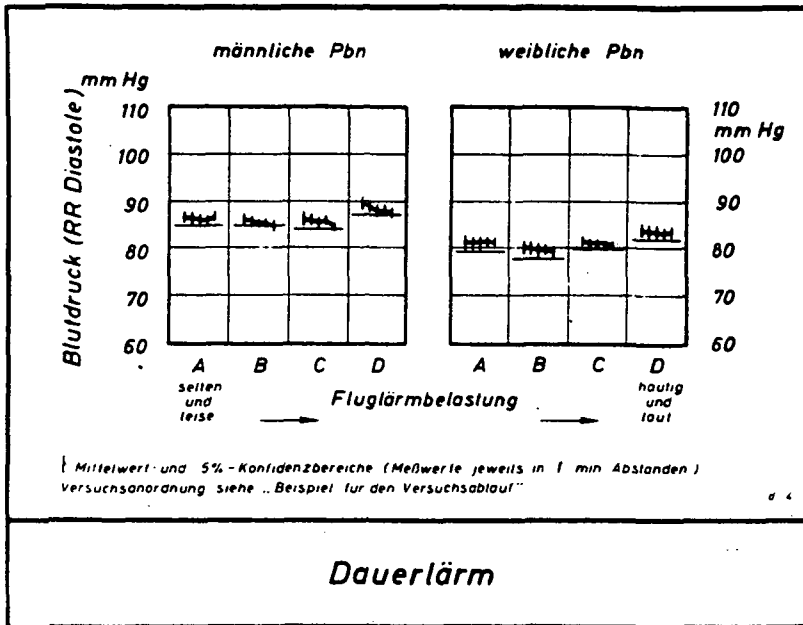


Abb. 7-22: Mittlere diastolische Blutdruckwerte mit 5%-Konfidenzbereichen der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) während des Dauerlärms, getrennt nach Cluster-Sets. Die eingezeichneten waagerechten Linien geben den jeweiligen Mittelwert der vorausgehenden 5. Minute von Ruhe II an. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

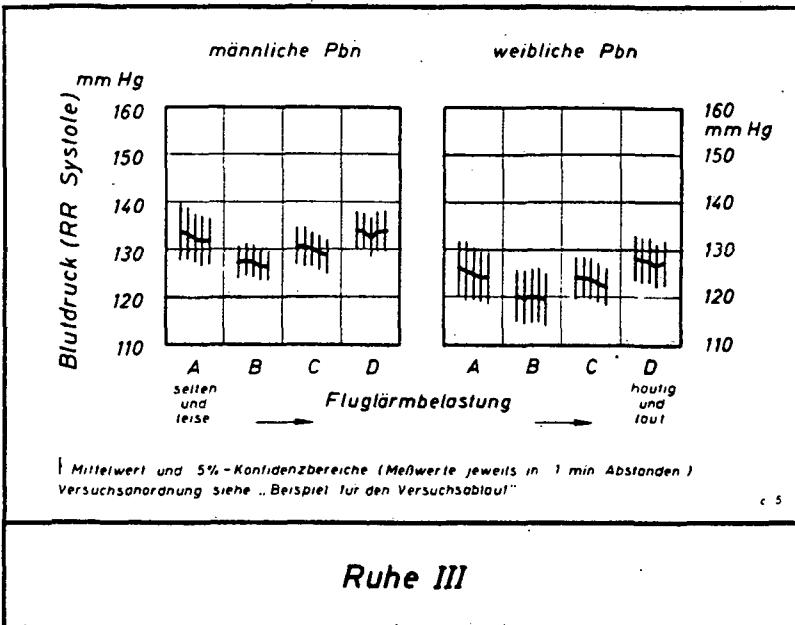


Abb. 7-23: Mittlere systolische Blutdruckwerte mit 5%-Konfidenzbereichen der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) in der Ruhephase III, getrennt nach Cluster-Sets. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

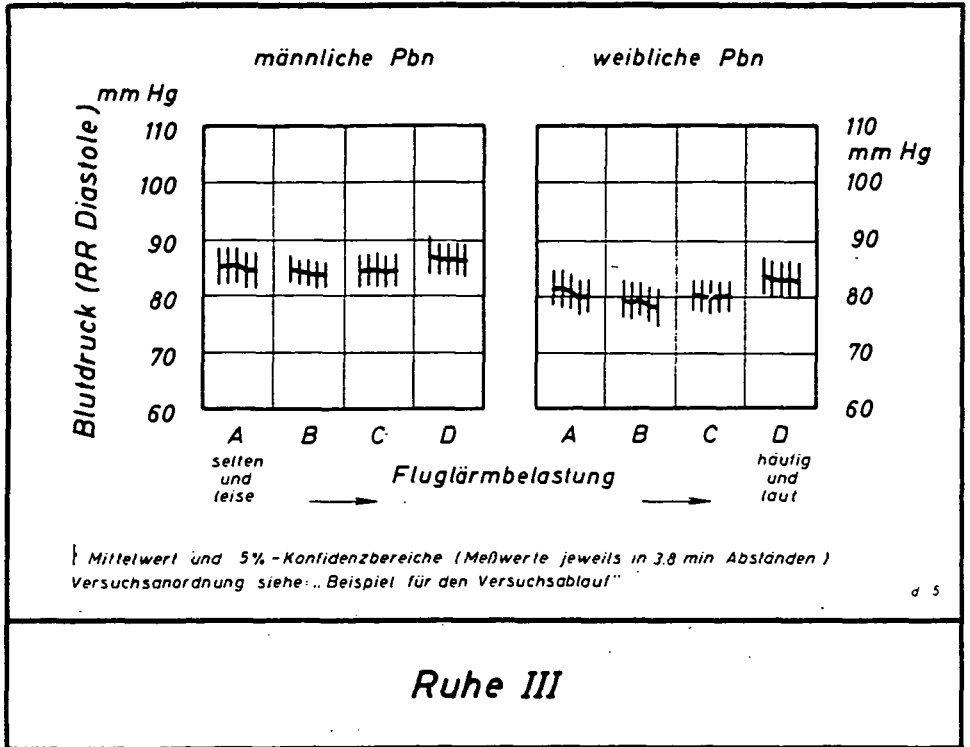


Abb. 7-24: Mittlere diastolische Blutdruckwerte mit 5%-Konfidenzbereichen der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) in der Ruhephase III, getrennt nach Cluster-Sets. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

Bei den *Lärmstößen* (Abb. 7-25) wurden die Reaktionen in keinem Cluster-Set mit zunehmenden Schalldruckpegeln von 60, 80 und 100 dB stärker. Die Lärmstöße wirkten sogar beruhigend auf den systolischen Blutdruck, wenn man Ruhe III zugrunde legt. Im Hinblick auf den Ruheausgangswert (Ruhe I) gelten die angegebenen Differenzen in gleicher Weise für A; für B ist der Beruhigungseffekt stärker ausgeprägt, bei C finden sich schwache Reaktionen bei 60, 80 und 100 dB, und bei D tritt auch bei 80 und 100 dB ein Beruhigungseffekt ein.

Beim Vergleich der vier Sets ist bei keiner Lärmart ein Trend der Reaktionen in Abhängigkeit vom Flugbelärmungsgrad erkennbar.

Der *diastolische Blutdruck* zeigte folgende Änderungen: In *Ruhe II* (Abb. 7-20) wurde zwar auch in der 5. Minute von keinem Set der Ruheausgangswert I erreicht, jedoch sind die Abweichungen so gering, daß ein Vergleich der Reaktion bei Dauerlärm (Abb. 7-22) mit der Reaktion bei Rechnen (Abb. 7-15) möglich ist. In *Ruhe III* (Abb. 7-24) waren außer in A etwas bessere Ruhebedingungen erreicht.

*Dauerlärm* war auch für den diastolischen Blutdruck ein schwächerer Reiz als Rechnen (Werte in  $\circ$ ): +1,5 (+9,9), +0,4 (+10,1), +2,0 (+9,3), +1,0 (+10,1) mmHg. Auch die Maximalwerte differierten entsprechend: 12(32), 10(22), 12(20), 10(26) mmHg.

Bei den drei *Lärmstoßserien* (Abb. 7-26) bestand in A und B ein Trend zu etwas stärkeren Reaktionen bei zunehmenden Schalldrücken; bei C und bei D ist dies nicht der Fall. Auch

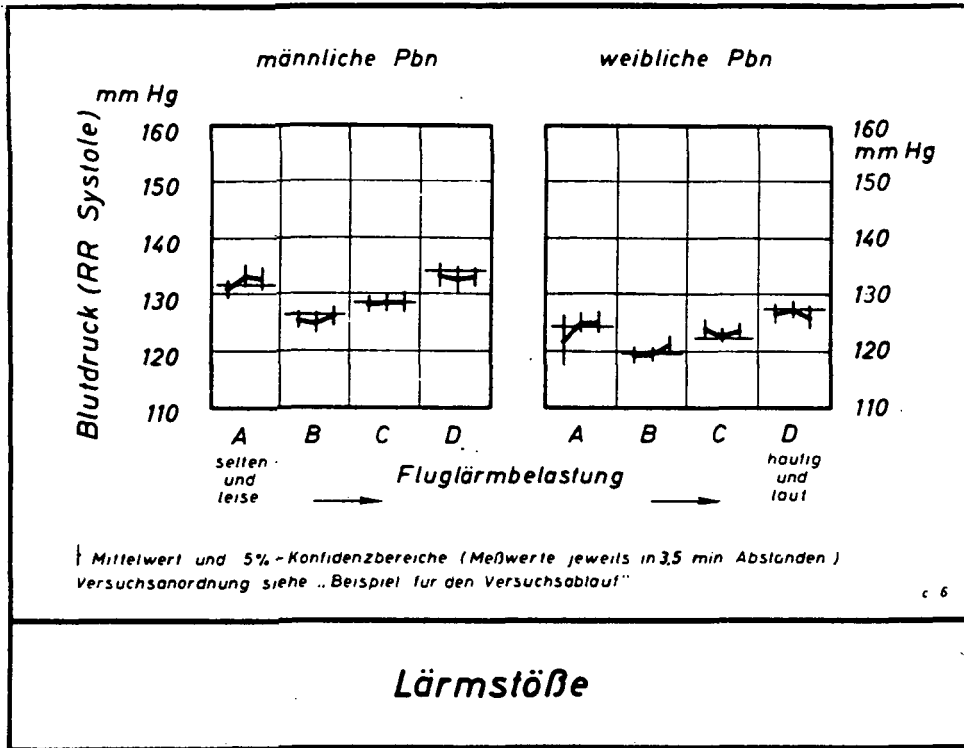


Abb. 7-25: Mittlere systolische Blutdruckwerte mit 5%-Konfidenzbereichen der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) während der Lärmstoßserien, getrennt nach Cluster-Sets. Die eingezeichneten waagerechten Linien geben den jeweiligen Mittelwert der vorausgegangenen 5. Minute von Ruhe II an. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

beim diastolischen Blutdruck liegt in den meisten Fällen der durchschnittliche Wert bei den Lärmstößen tiefer als in Ruhe III, in B und C auch tiefer als in Ruhe I.

Beim Vergleich der vier Cluster-Sets ist kein Trend irgendeiner Lärmreaktion parallel zum Flugbelärmungsgrad erkennbar.

Bei den *Frauen* (Abb. 7-19, 7-23) verhält sich der *systolische Blutdruck* in den Belärmungsphasen wie folgt: In *Ruhe II* kehren in der 5. Minute die Werte nicht zu den Ruheausgangswerten zurück, in *Ruhe III* war nicht in allen Cluster-Sets, im Vergleich zu den Ruhe I-Werten, eine Verbesserung der Ruhebedingungen eingetreten.

*Dauerlärm* (Abb. 7-21) war auch bei den Frauen ein wesentlich schwächerer Reiz als Rechnen: die Reaktionen lagen um 12,0; 14,2; 14,3; 15,8 mmHg niedriger als bei der Additionsaufgabe. Auch bei den Maxima bestanden entsprechende deutliche Differenzen: 28 (50), 28 (36), 16 (40), 24 (52) mmHg.

Bei den drei *Lärmstoßserien* (Abb. 7-25) war in A und B ein Trend zu stärkeren Reaktionen bei zunehmenden Schallpegeln zu beobachten; in C und in D fand sich keinerlei Beziehung der Reaktionen zum Schalldruckpegel.

Beim Vergleich der vier Cluster-Sets ist ein Trend der Lärmreaktion in Relation zum Flugbelärmungsgrad nicht erkennbar.

Der *diastolische Blutdruck* (Abb. 7-20, 7-22, 7-24, 7-26) verhält sich folgendermaßen: In *Ruhe II* wurden die Ruheausgangswerte nicht ganz erreicht, in *Ruhe III* bestanden sogar im allgemeinen schlechtere Ruhebedingungen.

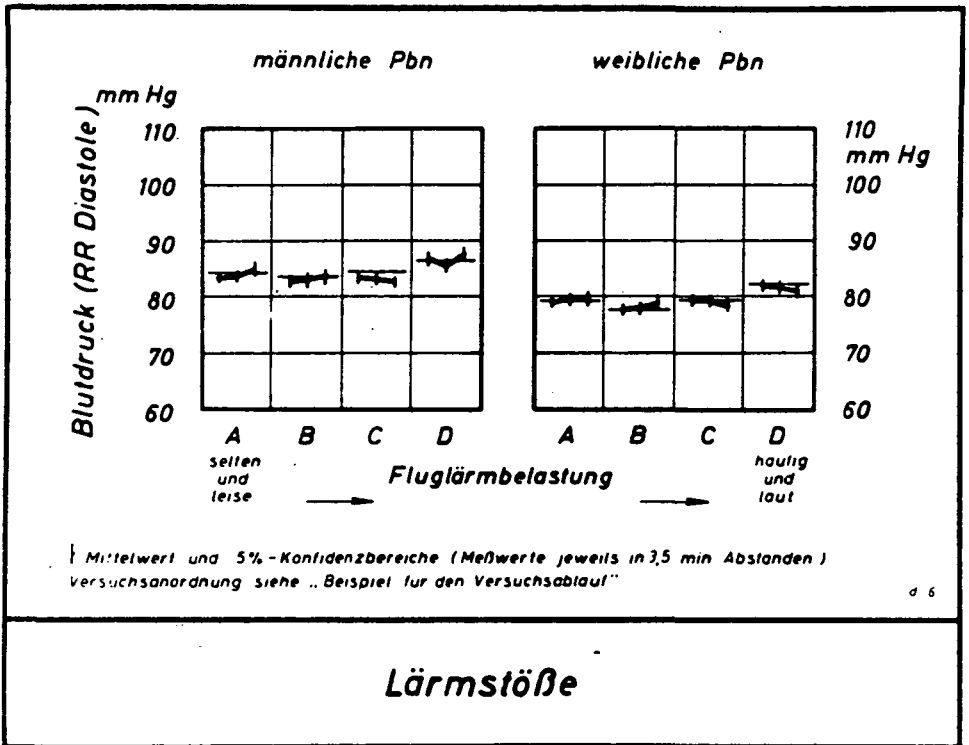


Abb. 7-26: Mittlere diastolische Blutdruckwerte mit 5%-Konfidenzbereichen der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) während der Lärmstoßserien, getrennt nach Cluster-Sets. Die eingezeichneten waagerechten Linien geben den jeweiligen Mittelwert der vorausgegangenen 5. Minute von Ruhe III an. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

*Dauerlärm* erzeugte schwächere Reaktionen als das Rechnen: +1,8 (+12,0), +2,0 (+14,2), +1,2 (+14,3), +1,7 (+15,8) mmHg.

Auch bei den Maxima finden sich entsprechend deutliche Differenzen: 28 (50), 28 (36), 16 (40), 24 (52) mmHg.

Bei den *Lärmstößen* ergibt sich nur in A und in B ein Trend zu stärkeren Reaktionen bei zunehmenden Schallpegeln.

Die Werte, die bei den Lärmstößen tiefer als in Ruhe III lagen, außer einem Wert in C (bei 100 dB), übertrafen noch die Ruheausgangswerte.

Beim Vergleich der Cluster-Sets ist ein Trend der Lärmreaktionen nicht zu erkennen.

Beim Vergleich von *Männern und Frauen* fällt in Ruhe II auf, daß in den einzelnen Cluster-Sets die Männer näher an die Ruheausgangswerte des systolischen Blutdrucks herankommen als die Frauen. Beim diastolischen Blutdruck ist in drei Sets das umgekehrte Verhalten zu beobachten. In Ruhe III verhält sich der systolische Blutdruck ähnlich wie in Ruhe II, der diastolische Blutdruck dagegen uneinheitlich. In allen Sets reagieren die Frauen mit dem systolischen Blutdruck etwas stärker auf den Dauerlärm, in drei Sets auch stärker mit dem diastolischen Blutdruck. Bei den Lärmstößen mit den minimalen Reaktionen, die z. T. ja in einem Absinken gegenüber den Ruhewerten bestanden, ist ein Vergleich des Verhaltens der beiden Geschlechter nicht sinnvoll.

7.4.5.4.3 Pulsfrequenz

Bei den Männern wurden in Ruhe II (Abb. 7-27) die Ruheausgangswerte I nicht ganz erreicht, in Ruhe III (Abb. 7-31) durchweg unterschritten.

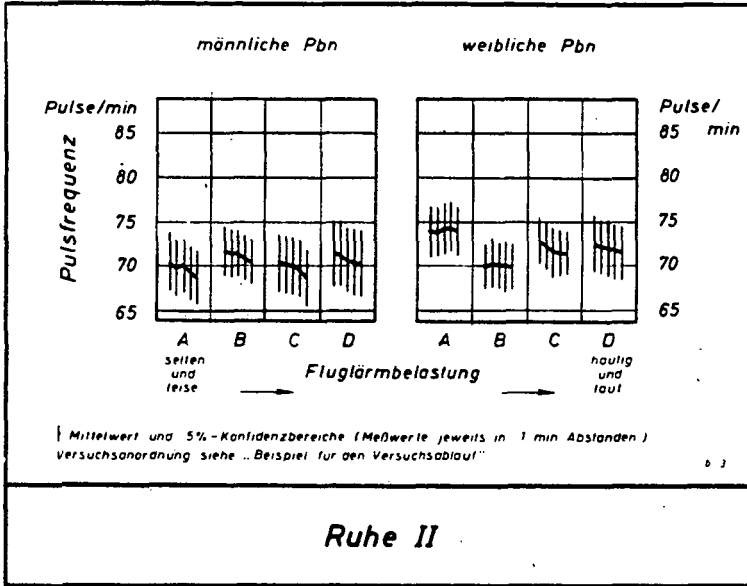


Abb. 7-27: Mittelwerte und 5%-Konfidenzbereiche der Pulsfrequenz der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) in der Ruhephase II, getrennt nach Cluster-Sets. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

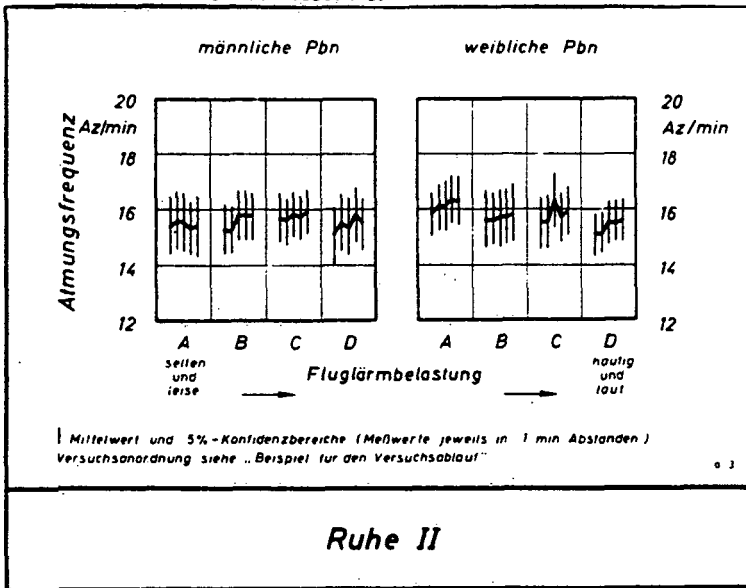


Abb. 7-28: Mittelwerte und 5%-Konfidenzbereiche der Atemfrequenz der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) in der Ruhephase II, getrennt nach Cluster-Sets. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

7.4.5.4.3

Beim *Dauerlärm* (Abb. 7-29) sank die Pulsfrequenz gegenüber Ruhe II ab und außer in C auch gegenüber den Ruheausgangswerten I.

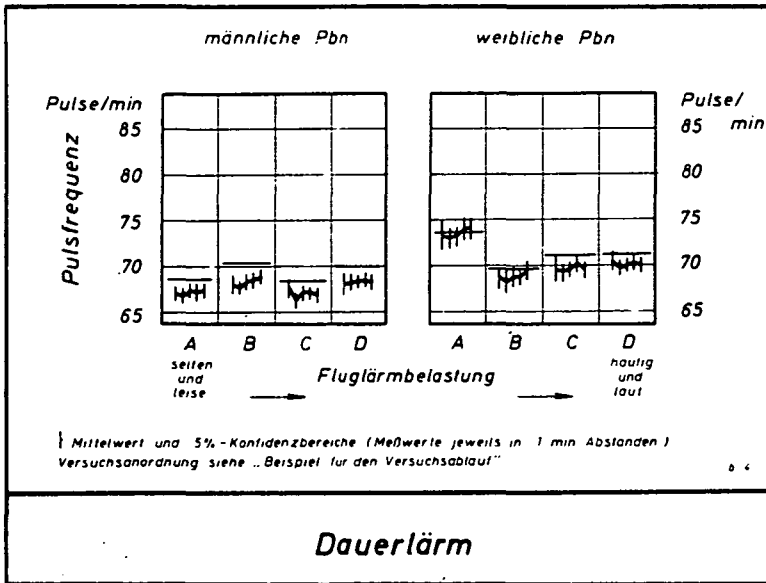


Abb. 7-29: Mittelwerte und 5%-Konfidenzbereiche der Pulsfrequenz der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) während des Dauerlärms, getrennt nach Cluster-Sets. Die waagerechten Linien geben jeweils den Mittelwert der vorausgegangenen 5. Minute von Ruhe II an. Beispiel für den Versuchsablauf Abb. 7-8.

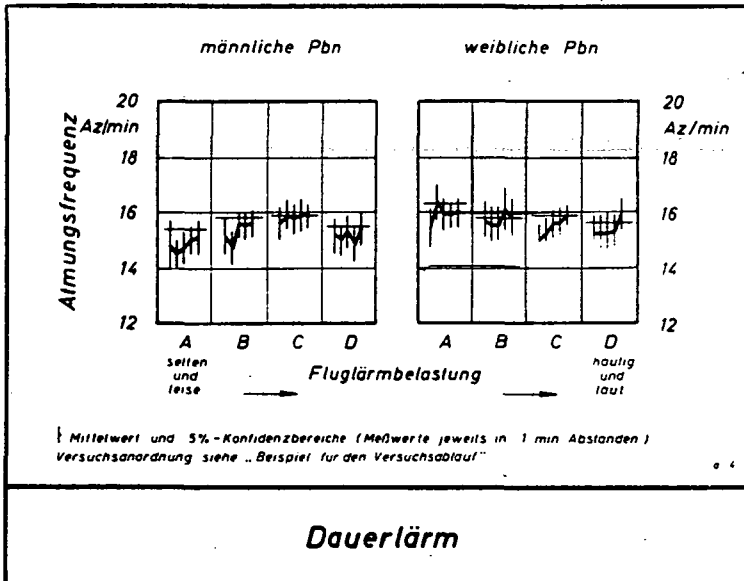


Abb. 7-30: Mittelwerte und 5%-Konfidenzbereiche der Atemfrequenz der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) während des Dauerlärms, getrennt nach Cluster-Sets. Die waagerechten Linien geben jeweils den Mittelwert der vorausgegangenen 5. Minute von Ruhe II an. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

Die maximalen Steigerungen sind im Vergleich zu denjenigen beim Rechnen sehr gering:  
6 (56), 6 (48), 4 (32), 4 (40) Pulse/min.

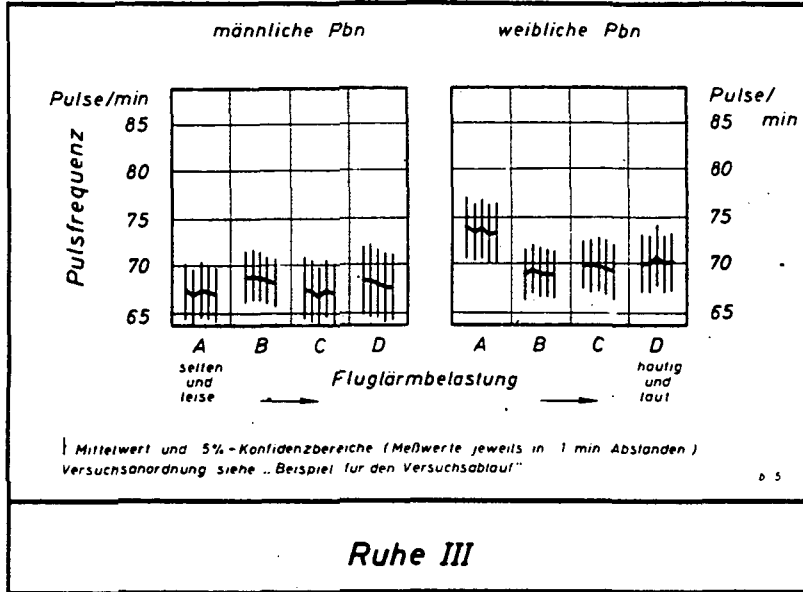


Abb. 7-31: Mittelwerte und 5%-Konfidenzbereiche der Pulsfrequenz der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) in der Ruhephase III, getrennt nach Cluster-Sets. Beispiele für den Versuchsablauf: Abb. 7-8

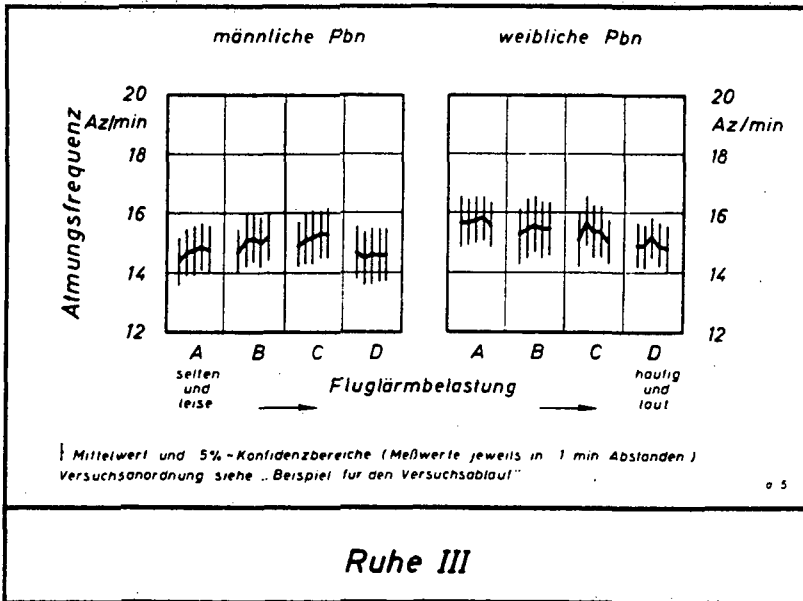


Abb. 7-32: Mittelwerte und 5%-Konfidenzbereiche der Atemfrequenz der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) in der Ruhephase III, getrennt nach Cluster-Sets. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

### 7.4.5.4.3

Bei den *Lärmstößen* (Abb. 7-33) kommt es, außer bei 100 dB in D, auch durchweg zu einem Absinken der Werte gegenüber der Ruhe III.

Analysen der Trends in Bezug auf Schallpegel oder Flugbelärmung schienen nicht sinnvoll.

Bei den *Frauen* wurden in *Ruhe II* die Werte von Ruhe I nicht ganz erreicht, in *Ruhe III* z. T. unterschritten (Abb. 7-27, 7-31).

Beim *Dauerlärm* (Abb. 7-29) sanken die Werte gegenüber Ruhe II in allen Cluster-Sets ab; in B bis D lagen sie noch tiefer als die Ruheausgangswerte.

Auch die maximalen Steigerungen waren im Vergleich zum Rechnen gering: 16 (38), 8 (34), 8 (44), 8 (34) Pulse/min.

Bei den *Lärmstößen* (Abb. 7-33) gibt es nur minimale Veränderungen, die siebenmal in einem Absinken, viermal in einem Anstieg und einmal in Konstanz der Werte bestanden. Trendanalysen in Bezug auf Schallpegel oder Flugbelärmungsgrad erscheinen nicht gerechtfertigt.

Ein Vergleich von *Männern und Frauen* zeigt, daß sich beide Geschlechter bei Belärmung gleichartig verhalten, also mit einem Absinken der Pulsfrequenz reagieren. Da auch in den Ruhewerten II und III ein gleichartiges Verhalten besteht, lassen sich diese Lärmreaktionen gut vergleichen.

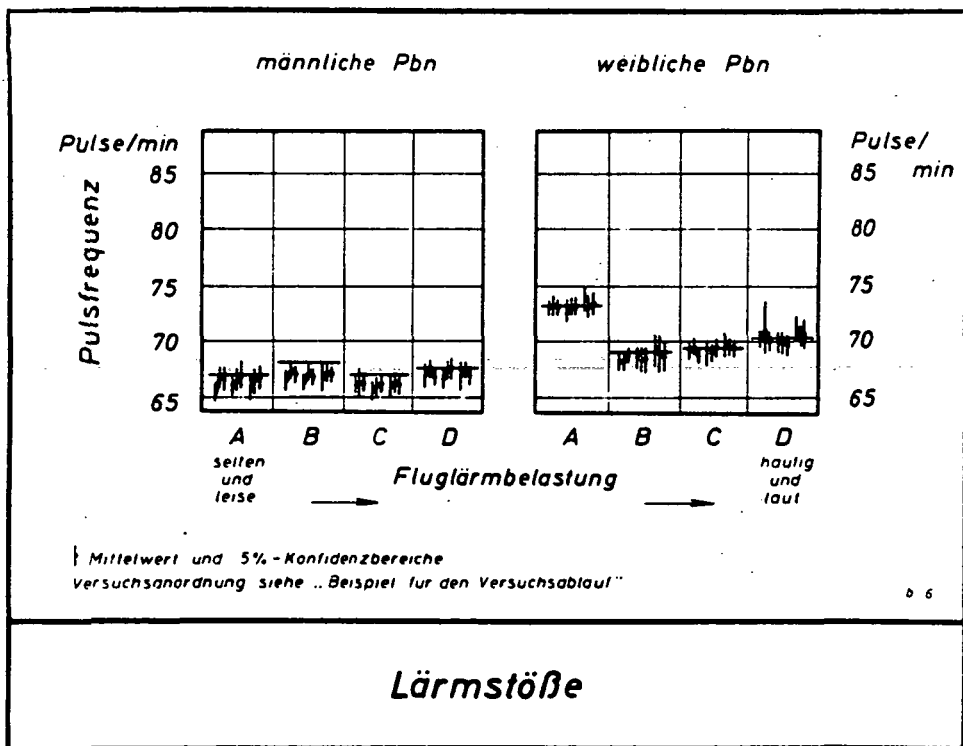


Abb. 7-33: Mittelwerte und 5%-Konfidenzbereiche der Pulsfrequenz der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) während der Lärmstoßserien, getrennt nach Cluster-Sets (je 3 Meßwerte während der Lärmstöße von 60, 80 und 100 dB). Die eingezeichneten waagerechten Linien geben den jeweiligen Mittelwert der vorausgegangenen 5. Minute von Ruhe III an. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.



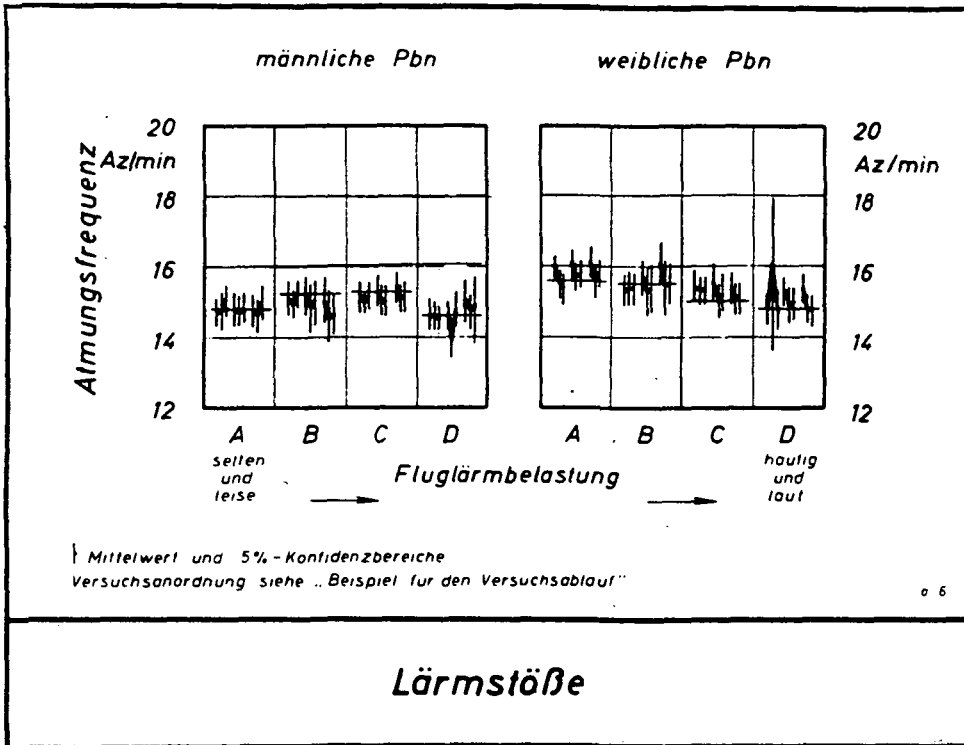


Abb. 7-34: Mittelwerte und 5%-Konfidenzbereiche der Atemfrequenz der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) während der Lärmstoßserien, getrennt nach Cluster-Sets (3 Meßwerte während der Lärmstöße von 60, 80 und 100 dB). Die eingezeichneten waagerechten Linien geben den jeweiligen Mittelwert der vorausgegangenen 5. Minute von Ruhe III an. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

#### 7.4.5.4.4 Atemfrequenz (Abb. 7-28; 7-30; 7-32; 7-34)

Wegen des weitgehend gleichartigen Verhaltens können *Männer und Frauen* gemeinsam betrachtet werden. In *Ruhe II* wurden die Ruheausgangswerte von den Männern fast erreicht, von den Frauen unterschritten. In *Ruhe III* lagen in allen Cluster-Sets die Werte bei den Männern und Frauen tiefer als in der Ruheausgangssituation. In keinem Set kam es bei *Dauerlärm* bei Männern und bei Frauen zu einem Anstieg der Werte gegenüber Ruhe II. Bei den Männern sank in drei Cluster-Sets die Atemfrequenz ab, einmal blieb sie unverändert; bei den Frauen sank in allen Sets die Atemfrequenz ab. Bei den *Lärmstößen* gab es bei beiden Geschlechtern nur minimale Veränderungen, die keine weitere Analyse erlauben.

#### 7.4.5.4.5 Elektromyointegral (Abb. 7-35 bis 7-38)

Bei den *Männern und Frauen* waren die Reaktionen des Elektromyointegrals bei Lärm nur gering. Bei *Dauerlärm* kam es bei den *Männern* nur in Cluster-Set D und nur in den ersten 2 Minuten zu einem nennenswerten Anstieg des Elektromyointegrals, wobei diese

7.4.5.4.5

Zunahme nur ein Viertel der Reaktion beim Rechnen betrug (da in *Ruhe I* und in *Ruhe II* gleiche EMI-Werte gemessen wurden, ist ein solcher Vergleich zulässig). Bei den *Frauen* wurden nur in Set A und D schwächere Reaktionen gemessen, wobei die Reaktionen in Cluster-Set A während der gesamten Dauer der Beschallung und in Set D nur in der ersten Minute signifikant waren; hierbei bestanden in Cluster-Set D auch völlig vergleichbare Ruheaussgangswerte in Ruhe I und Ruhe II, während in Set A in Ruhe II die Werte niedriger lagen als in Ruhe I.

Die *Lärmstöße* wirkten, wenn man das Elektromyointegral als Kriterium wählt, vorwiegend beruhigend auf die Versuchspersonen. Bei den *Männern* lagen die Reaktionswerte bei 60, 80 und 100 dB in den 4 Cluster-Sets nur 3mal gering über den Werten von *Ruhe III*, die in keinem Set diejenigen von *Ruhe I* oder *Ruhe II* übertrafen, aber 9mal gering unter den Werten von *Ruhe III*. Dieses nicht signifikante Verhalten war unabhängig von der Stärke des dargebotenen Schalldruckpegels und vom Belärmungsgrad des Cluster-Sets.

Bei den *Frauen* wurden lediglich bei 100 dB in den Cluster-Set B und D (hier nur in der 1. und 2. Minute) signifikante Reaktionen des Elektromyointegrals gemessen. In Set C, in dem in den 3 *Ruhephasen I, II und III* die EMI-Werte gleich waren, kam es bei 80 dB und 100 dB zu einem nicht signifikanten Absinken des Elektromyointegrals gegenüber den Ruheaussgangswerten. Im übrigen wurden nur minimale Reaktionen – mit einer Ausnahme stets mit positivem Vorzeichen – gemessen. Nur in den Sets B und D nahm mit wachsendem Schalldruckpegel die Reaktionsstärke des Elektromyointegrals zu.

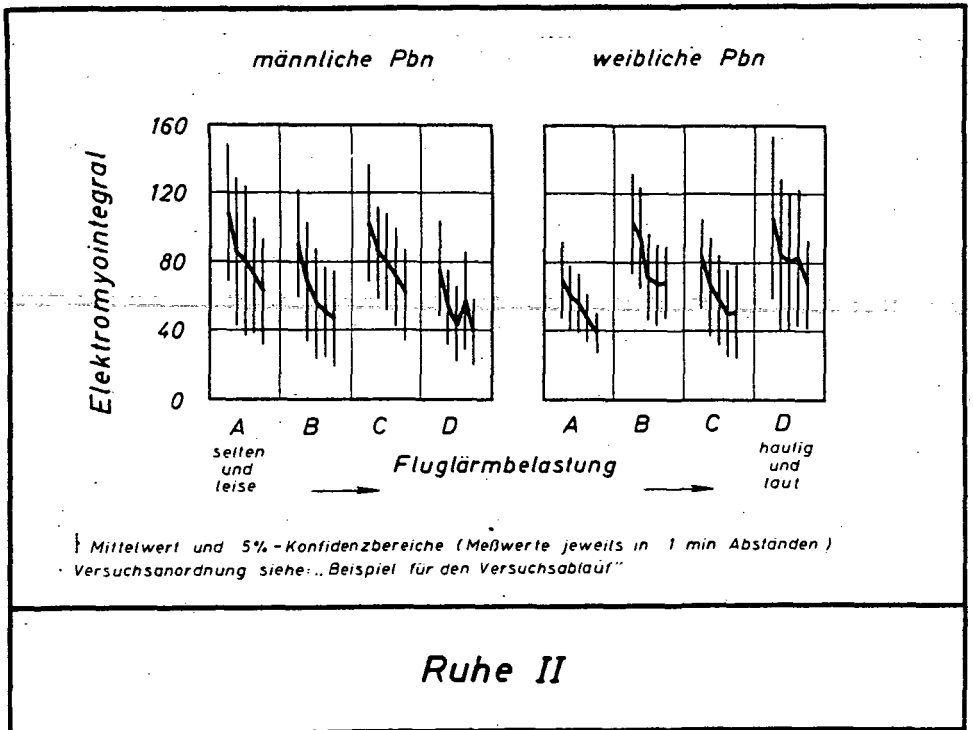


Abb. 7-35: Mittelwerte und 5%-Konfidenzbereiche des Elektromyointegrals (EMI) der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) in der Ruhephase II, getrennt nach Cluster-Sets. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

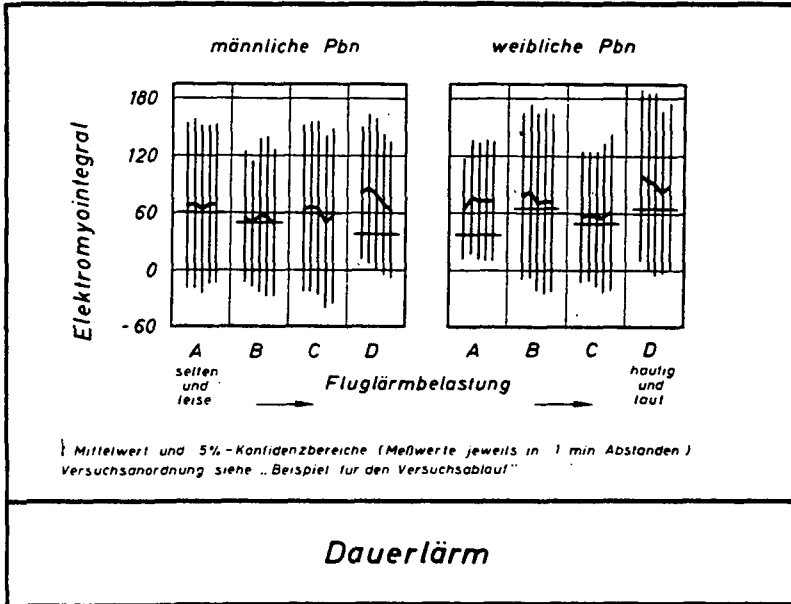


Abb. 7-36: Mittelwerte und 5%-Konfidenzbereiche des Elektromyointegrals (EMI) der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) während des Dauerlärms, getrennt nach Cluster-Sets. Die eingezeichneten waagerechten Linien geben den jeweiligen Mittelwert der vorausgegangen 5. Minute von Ruhe II an. Beispiel für den Versuchsverlauf: Abb. 7-8.

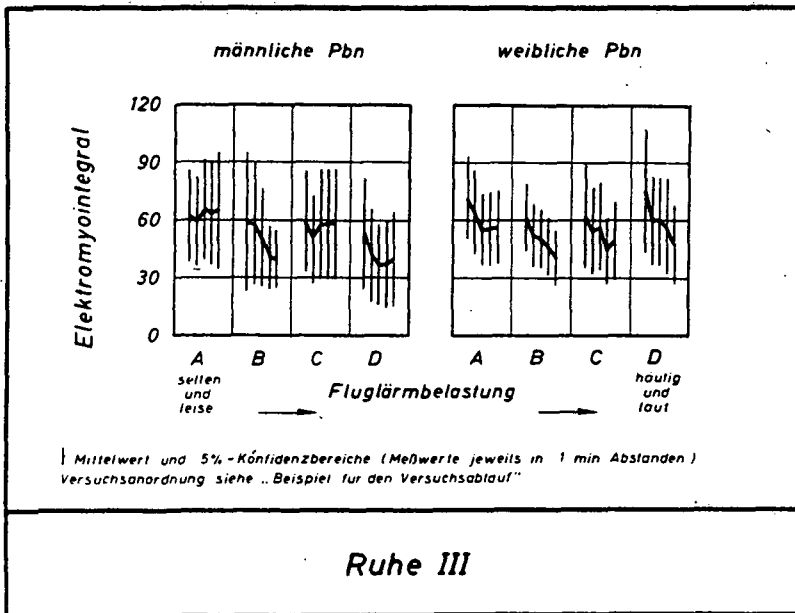


Abb. 7-37: Mittelwerte und 5%-Konfidenzbereiche des Elektromyointegrals (EMI) der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) in der Ruhephase III, getrennt nach Cluster-Sets. Beispiel für den Versuchsverlauf: Abb. 7-8.

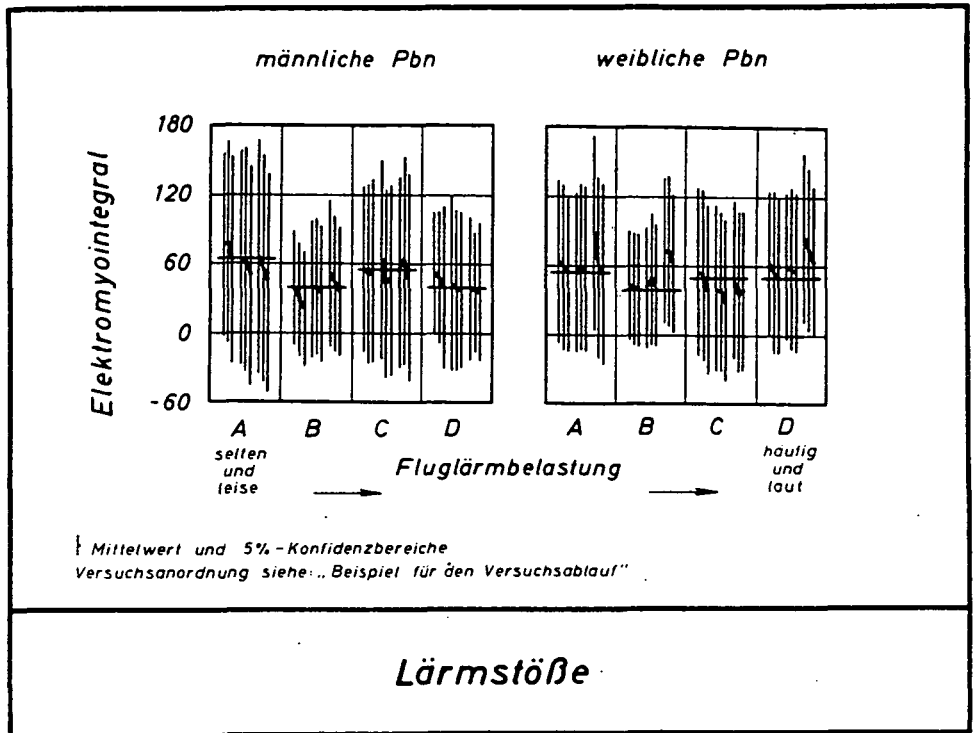


Abb. 7-38: Mittelwerte und 5%-Konfidenzbereiche des Elektromyointegrals (EMI) der männlichen und weiblichen Probanden (Pbn) während der Lärmstoßserien, getrennt nach Cluster-Sets (je 3 Meßwerte während der Lärmstöße von 60, 80 und 100 dB). Die eingezeichneten waagerechten Linien geben den jeweiligen Mittelwert der vorausgegangenen 5. Minute von Ruhe III an. Beispiel für den Versuchsablauf: Abb. 7-8.

## 7.5 Diskussion

### 7.5.1 Anamnese und ärztlicher Befund

Aus der Literatur sind Klagen über Schlafstörungen durch Lärm, u. a. auch durch Fluglärm, bekannt. Man hat auch Lärmreaktionen im Elektroenzephalogramm während des Schlafs objektivieren können (GULIAN, 1970). Wenn daher in unserem Material eine hohe Zahl von Durchschlafstörungen bei Männern in der am stärksten belärmten Zone gesichert werden konnte, sollte man dieses Ergebnis nicht unter dem Aspekt des zufälligen Auftretens eines signifikanten Ergebnisses, wie er in Kap. 7.3 erläutert wurde, bewerten.

Auch das Problem einer Herzsymptomatik wurde aufgrund von Angaben in der Literatur besonders beachtet (s. Kap. 7.1.2.2.6). Diese Fragen wurden nun durch einen Artikel der „Süddeutschen Zeitung“ (24. März 1972) besonders aktuell, da hier von Äußerungen zweier Münchener Wissenschaftler berichtet wurde, wonach in flugbelärmten Gebieten eine Zunahme von Angina pectoris zu verzeichnen sei; auch ein Zusammenhang von Herz-

infarkt und Fluglärm wurde diskutiert. Die Annahme eines häufigen Vorkommens der Angina pectoris oder objektiver Zeichen einer Herzschiidigung in flugbelärmten Gebieten ist aufgrund der vorliegenden Ergebnisse nicht gerechtfertigt (Kap. 7.4.3).

Im Hinblick auf die Arbeitshypothese, daß Fluglärm einen Risikofaktor bei der essentiellen Hypertonie darstellen könnte, waren die Variablen des VIII. Fragenkomplexes (Tab. 7-6) von Bedeutung. In dieser Variablengruppe finden sich keine entsprechenden anamnesticen Hinweise. Die einzige signifikante Angabe, eine überzufällig hohe Zahl von Nierensteinen in Cluster-Set B, ist nicht erklärbar. Hier dürfte es sich um ein zufälliges „signifikantes“ Ergebnis handeln (s. Kap. 7.3).

Beim Diabetes mellitus mußten wir nach den epidemiologischen Studien von MEHNERT u. Mitarb. (1968) in München, unter Berücksichtigung des Altersaufbaus der Stichprobe der Fluglärmstudie, mit bestimmten Erwartungswerten rechnen, falls der Fluglärm ohne Einfluß auf die Manifestation dieser Erkrankung war. Tatsächlich entsprachen unsere Ergebnisse den Erwartungswerten der Manifestation eines Diabetes mellitus. Da bei experimentellen Lärmstudien Störungen des Blutzuckerspiegels gefunden wurden (Kap. 7.1.2.3.3), war die Arbeitshypothese gerechtfertigt, daß der Fluglärm einen Risikofaktor für die Manifestation eines Diabetes mellitus darstellt. Diese These ließ sich also durch unsere Befunde nicht stützen, obwohl auch bei den weiblichen Probanden die Tendenz eines Blutzuckeranstiegs mit zunehmender Belärmung zu erkennen war (s. Kap. 7.4.4). Magensymptome, nämlich Aufstoßen und Sodbrennen, fielen zwar durch ihre Signifikanz auf, allerdings nicht in der erwarteten Weise. Wir sollten daher die Angaben der Männer über gehäuftes Aufstoßen und Sodbrennen in den beiden mittleren Cluster-Gruppen als ein zufälliges Ergebnis ansehen.

## 7.5.2 Klinisch-chemische Befunde

Zunächst muß beachtet werden, daß folgende Einflüsse auf das Untersuchungsmaterial nicht bekannt sind:

- a) Verschieden lange Aufbewahrungszeiten des Serums bis zum Transport nach Bonn,
- b) Einfluß des Einfrierens und Auftauens,
- c) Einfluß des verschieden häufigen Einfrierens und Auftauens sowie der unterschiedlichen Aufbewahrungszeiten zwischen den einzelnen Einfrierungen.

Selbst wenn durch die genannten Faktoren Veränderungen des Untersuchungsmaterials stattgefunden hätten, wäre das Auftreten eines systematischen Fehlers, der sich zugunsten oder zuungunsten eines Cluster-Sets ausgewirkt hätte, durch den Untersuchungsplan ausgeschlossen worden.

Kritisch muß ferner vermerkt werden, daß wegen der Verteilung der Untersuchungen über den ganzen Tag der Abstand von der letzten Nahrungsaufnahme unterschiedlich war und daß die Blutentnahmen z. T. vor und z. T. nach der experimentellen Belärmung erfolgten. Man kann aber auch hier mit hoher Wahrscheinlichkeit vermuten, daß sich eine Inhomogenität des Materials nicht auf eine Belärmungszone speziell ausgewirkt hat. Es wurde dadurch jedoch die Streuung vergrößert und die statistische Sicherung eines Unterschieds im Verhalten der Cluster-Sets erschwert.

Die Ergebnisse des *Gesamtcholesterins* sind in Abschnitt 7.4.4 näher analysiert worden. Die Interpretation der parabelförmigen Abhängigkeit ohne lineare Komponente ist sehr problematisch. Es käme eine Korrelation mit anderen Faktoren, wie verschiedenen Eßgewohnheiten, in Frage. Es wäre auch eine Umkehr der Reaktion bei verstärkter Flugbelärmung möglich; immerhin gibt es für eine solche Annahme experimentelle Analogie (STANOSEK, 1969, s. Kap. 7.1.2.3.3).

Eines läßt sich jedoch eindeutig feststellen, daß nämlich verstärkter Fluglärm nicht zu erhöhten Cholesterinwerten, also nicht zu einer Zunahme dieses Risikofaktors für die Arteriosklerose und für die Mortalität im allgemeinen (TIBBLIN, 1972, in: LEVI, 1972), führt. Die durchschnittlichen Werte liegen auch nicht über diejenigen der Gesamtbevölkerung, wenn man berücksichtigt, daß die Werte der verschiedenen Altersklassen in den Durchschnittswerten der einzelnen Cluster-Sets subsumiert sind.

Auffallend ist nur, daß die Männer im Verhältnis zu den Frauen einen relativ hohen Totalcholesterinspiegel haben und daß das freie Cholesterin bei beiden Geschlechtern einen relativ hohen Prozentsatz einnimmt. Doch ist uns eine zu weitgehende Interpretation unangebracht, da nur bei einem Teil der Probanden Blutwerte im nüchternen Zustand gewonnen wurden.

Auf den ersten Blick scheint es so, als würde man wenigstens bei den *Triglyceriden*, die auch eine Voraussage über die Mortalität erlauben (TIBBLIN, 1972, in: LEVI, 1972), bei den männlichen Personen einen Fluglärmeffekt verzeichnen können, da der Mittelwert des Cluster-Sets D deutlich über denjenigen der anderen Belärmungsgruppen liegt (Tab. 7-13).

Es fällt jedoch sofort die besonders hohe Streuung dieser Gruppe D auf. Der Mittelwert dieser Gruppe wird durch einen Probanden mit dem Wert von 950 mg% beeinflusst, der auch den Maximalwert bei den veresterten Fettsäuren aufwies (1490 mg%) und daher auch hier zu einem hohen Mittelwert führte.

Die Überlegungen, die für das Gesamtcholesterin angestellt wurden (Kap. 7.4.4), gelten auch für die Serumelektrolyte mit ihren relativ hohen Werten in den mittleren Belärmungszonen.

Eine Deutung des Verhaltens der *Plasmaproteine* bei den Männern scheint uns nicht sinnvoll zu sein, da keine Nebennierenrindenhormon-Analysen durchgeführt wurden. Falls die anabol wirkenden Hormone durch den Lärmstress vermehrt gebildet würden — an sich hätte man wohl einen Anstieg der Kortikosteroide mit einem katabolen Effekt erwartet —, könnte man mit einem stärkeren Effekt bei Frauen rechnen, weil bei ihnen diese Hormone überwiegend in der Nebennierenrinde gebildet werden. Immerhin sollten diese vorliegenden Ergebnisse zu weiteren Untersuchungen — mit gleichzeitigen Hormonanalysen — anregen. Ein unmittelbarer Stress-Effekt auf die Proteinsynthese ist von vornherein nicht ganz auszuschließen, aber um diese Frage zu klären, müssen eben künftige Untersuchungen mit Hormonanalysen kombiniert werden.

Es wurde auch die Frage erörtert (Kap. 7.4.4), ob eine Beziehung zu einer Leberschädigung besteht (s. Analyse der Transaminasenfunde); ein solcher Zusammenhang ist sehr unwahrscheinlich, da auch bei den weiblichen Probanden eine Tendenz zu verstärkter Proteinsynthese zu verzeichnen war, ohne daß hier ein erhöhter Alkoholgenuß von ihnen angegeben wurde und somit der Verdacht auf eine alkoholbedingte Leberschädigung entfällt.

Bei der Analyse der Transaminasen (Kap. 7.4.4) wurde darauf hingewiesen, daß im Cluster-Set D die Werte von fünf Probanden den Mittelwert der SGOT-Werte deutlich beeinflusst haben. Von diesen fünf Probanden hatten drei in der Anamnese einen ziemlich hohen Alkoholkonsum angegeben. Es ist daher möglich, daß hier ein Zusammenhang zwischen Transaminasenerhöhung und Leberschädigung durch Alkoholabusus besteht.

### 7.5.3 Vegetative Funktionen

#### 7.5.3.1 Vorbemerkungen

Bei der Erhebung von Anamnese und ärztlichem Befund und bei den blutchemischen Analysen wurde in erster Linie nach der Manifestation einer Erkrankung durch Fluglärm gesucht. Die experimentellen Untersuchungen autonomer Funktionen dienten ebenfalls der Beantwortung der Frage nach Manifestation einer Erkrankung; sie sollten darüber hinaus aber klären, ob die Fluglärmbelastung vielleicht nur unter der Provokation durch unspezifische Reizsituationen oder unter akuter experimenteller Belärmung zu funktionellen Veränderungen führt, die man als Vorstadium einer Erkrankung ansehen könnte.

Die Untersuchungen in Ruhe lieferten Meßdaten, die Aufschluß über manifeste krankhafte Zustände geben konnten, z. B. über erhöhte Blutdruckwerte. In den Untersuchungen während Kopfrechnen und während Belärmung konnte man prüfen, ob Menschen, die einer stärkeren Flugbelärmung unter den Bedingungen des täglichen Lebens ausgesetzt waren, auf Stressoren im Laboratorium in besonderer Weise reagierten.

Solche Laboratoriumsuntersuchungen sind notwendig, da bei Messungen der körperlichen Funktionen unter den normalen Bedingungen des täglichen Lebens, also im häuslichen oder beruflichen Milieu, keine übersichtlichen und damit einem Faktor zuzuordnenden Verhältnisse vorliegen. Mitursachen, die das Ergebnis beeinflussen, sind allerdings auch bei Laboratoriumsuntersuchungen nicht auszuschließen, doch kann man die hier wirkenden Einflüsse des Untersuchers, des Raums und der Versuchsanordnung erkennen (v. EIFF u. Mitarb., 1971).

In den vorliegenden Versuchen hat man sich bemüht, solche Einflüsse auf die verschiedenen Gruppen mit unterschiedlicher Flugbelärmung gleichmäßig zu verteilen, um die Wahrscheinlichkeit eines Fehlurteils über Fluglärm einfluß zu vermindern.

#### 7.5.3.2 Das Verhalten unter Ruhebedingungen

Die geringen Differenzen zwischen den Werten der einzelnen autonomen Funktionen in den verschiedenen Cluster-Sets dürfen nicht unter den üblichen klinischen Aspekten betrachtet werden. In der Klinik ist es gleichgültig, ob z. B. ein systolischer Blutdruck 125 mmHg oder 135 mmHg beträgt, da beide Werte als normoton gelten. Für bestimmte Fragestellungen können aber kleine Differenzen von großem Interesse sein. So sind die geschlechtsspezifischen Blutdruckreaktionen nur geringfügig. Trotzdem ist es für bestimmte pathogenetische Mechanismen nicht gleichgültig, ob ein Gefäßsystem mit einem nur geringfügig größeren Druck, dafür aber öfters und länger belastet wird. Bei epidemiologischen Untersuchungen der vorliegenden Art, in denen der Einfluß eines Stressors untersucht wird, der erfahrungsgemäß nur von einem Teil der Probanden als Stressor erlebt wird und der, wie man in Analogie zu Laboratoriumsuntersuchungen (s. Kap. 7.1.2.2.3) schließen darf, Adaptationsmechanismen auslöst, kann man bei vegetativen Funktionen in Ruhe nur kleine durchschnittliche Unterschiede erwarten, die aber, wie oben betont, durchaus klinisch bedeutungsvoll sein können. Unter diesem Aspekt müssen die Ergebnisse bewertet werden.

Die höheren Werte des systolischen Blutdrucks bei Männern im Cluster-Set A sind trotz der häufigeren, aber nicht signifikanten Angaben über Nierenerkrankungen und Übergewicht nicht verständlich. Das Verhalten von Set A verhinderte aber auch, daß ein Trend zu steigenden Werten mit zunehmender Flugbelärmung bewiesen werden konnte. Ein solcher Trend ist nämlich nur in den Durchschnittswerten der Cluster-Sets B bis D angedeutet. Das am stärksten belärmte Cluster-Set D wies den höchsten durchschnittlichen systolischen

Blutdruckwert auf. Auch der diastolische Blutdruckwert lag hier am höchsten. Nur in Bezug auf die Maximalwerte, nicht hingegen in Bezug auf die Durchschnittswerte tendierte der diastolische Blutdruck in den anamnestisch unauffälligen Cluster-Sets B, C und D zu höheren Werten bei stärkerer Flugbelärmung.

Bei den Frauen scheint ein analoges Verhalten vorzuliegen. Auch hier steigen die durchschnittlichen systolischen Blutdruckwerte von Cluster-Set B nach D an. Im Gegensatz zu den Männern läßt sich für das abweichende Verhalten von Set A aber anamnestisch überhaupt keine Erklärung finden, ebenso nicht für die starke Streuung vom Cluster-Set B. Es kann also nur vermerkt werden, daß sowohl bei den Männern wie bei den Frauen die höchsten Durchschnittswerte des systolischen und diastolischen Blutdrucks im Cluster-Set D gemessen wurden, ohne daß hier Hinweise für das Vorliegen einer sekundären Hypertonie bestanden. Die Hypothese einer stärkeren Hypertoniegefährdung durch Fluglärm ließ sich aber nicht beweisen.

Wir haben nun noch diese Münchener Untersuchungsergebnisse mit einem Material verglichen, das unsere Mitarbeiterin HEITBRINK (1969) in Bonn mit vergleichbarer Methodik bei 91 Frauen und 107 Männern vergleichbaren Alters gewonnen hatte.

Die untersuchten Personen wurden aus der Ambulanz der Hals-, Nasen- und Ohrenklinik der Universität Bonn ausgewählt und in der Medizinischen Klinik untersucht. Von Erkrankungen, die das Ergebnis der vegetativen Untersuchungen beeinflussen konnten, war nichts bekannt. Man kann auch aufgrund der örtlichen Situation annehmen, daß keine Versuchsperson aus einem flugbelärmten Gebiet stammte. Diese Frage ist allerdings nicht untersucht worden, so daß keinesfalls das Bonner Kollektiv als echtes Kontrollkollektiv wie in der Hamburger Voruntersuchung (s. Kap. 7.1.3) angesehen werden kann. Die Bonner Studie wurde auch ohne Bezug auf diese epidemiologischen Untersuchungen durchgeführt; wir benutzten aber dieselbe Meßmethodik bei der Bestimmung von Blutdruck, Pulsfrequenz und Elektromyointegral.

Bei den Männern des Bonner Kollektivs war der systolische Blutdruck geringer als im Münchener Cluster-Set mit dem geringsten Wert (Bonn: 125 mmHg; Set A: 132 mmHg, B: 128 mmHg, C: 129 mmHg, D: 133 mmHg). Dasselbe trifft für den diastolischen Blutdruck (Bonn: 81 mmHg; A: 83 mmHg, B: 84 mmHg, C: 84 mmHg, D: 86 mmHg) und das Elektromyointegral zu. Die Pulsfrequenz hingegen war bei den in Bonn untersuchten Männern höher als in zwei Cluster-Sets in München.

Auch bei den Frauen des Bonner Kollektivs waren der systolische und diastolische Blutdruck und das Elektromyointegral so niedrig wie in keinem der Münchener Cluster-Sets. Die Pulsfrequenz war jedoch in Bonn höher als in drei Sets in München.

Wenn man annehmen würde, daß in Bonn während der Untersuchung bessere Ruhebedingungen als in München geherrscht hätten, müßte man neben geringeren Blutdruck- und EMI-Werten auch eine geringere Pulsfrequenz erwarten. Die übliche emotionale Belastung, die zu ungenügenden Ruhewerten führt, wirkt sich nämlich immer in einer höheren Pulsfrequenz aus, bzw. es ist umgekehrt bei guten Ruhebedingungen ein simultaner Rückstand der Werte von Blutdruck, Pulsfrequenz und Muskeltonus zu verzeichnen. Es stellt sich daher die Frage, ob das unterschiedliche vegetative Muster darauf zurückzuführen ist, daß bei den Bonner Probanden eine Fluglärmbelastigung nicht vorhanden war.

Geschlechtsunterschiede, wie sie von uns schon früher beschrieben wurden (v. EIFF, 1967), finden sich auch im Münchener Material im Verhalten des Blutdrucks und der Pulsfrequenz. Sie sind ebenfalls bei der Atemfrequenz und der elektrischen Muskelaktivität vorhanden. Für das Problem abnormer Steigerungen der Pulsfrequenz und abnormer zentralnervöser Übererregbarkeit interessieren die Daten der Pulsfrequenz und des EMI. Frauen, die zu höheren Werten der Pulsfrequenz tendieren als Männer, waren durch die verstärkte Flug-



belärmung in Bezug auf Tachykardien nicht gefährdet. Die zentralnervöse Erregbarkeit, als deren Kriterium das EMI diente, wurde durch den Flugbelärmungsgrad nicht verändert. Nur bei den Frauen von Cluster-Set D fanden sich die höchsten Elektromyointegrale, die bei den weiblichen Personen gemessen wurden. Da aber die Frauen des Sets C die niedrigsten Werte aufwiesen, ergibt sich kein Hinweis, daß Fluglärmbelastung zu einer verstärkten zentralnervösen Erregbarkeit führt.

### 7.5.3.3 Das Verhalten während unspezifischer emotionaler Belastung

Der Rechentest erwies sich auch bei dieser Studie als ein geeigneter unspezifischer Stressor, der zu signifikanten Steigerungen des systolischen und diastolischen Blutdrucks, der Pulsfrequenz und des Elektromyointegrals bei Männern und Frauen in allen Cluster-Sets führte.

Die durchschnittlichen Änderungen gegenüber den Ruheausgangswerten betragen bei den Männern ungefähr 16 mmHg beim systolischen Blutdruck, 10 mmHg beim diastolischen Blutdruck, 11/min bei der Pulsfrequenz und 185 beim Elektromyointegral.

Bei den Frauen stieg der systolische Blutdruck ungefähr durchschnittlich um 14 mmHg, der diastolische um 8 mmHg, die Pulsfrequenz um 11/min und das Elektromyointegral um 142 an. Bei den Männern wurde die Reagibilität des Blutdrucks durch den Grad der Flugbelärmung nicht beeinflusst. Bei den Frauen nimmt mit steigendem Belärmungsgrad die Stärke der systolischen und diastolischen Blutdruckreaktionen zu, wenn sich auch diese Beziehung statistisch nicht sichern läßt.

Auch bei diesem Material ist der protektive Mechanismus bei der Blutdruckreaktion der Frauen zu erkennen, obwohl in diesen Werten diejenigen von geschlechtsreifen Frauen und von Frauen nach der Menopause subsumiert sind. Ein Teil des Effekts des protektiven Mechanismus wird hierdurch möglicherweise maskiert.

Bei den übrigen Körperfunktionen finden sich weder bei Männern noch bei Frauen irgendwelche Reagibilitätsveränderungen, die eine Beziehung zum Belärmungsgrad aufweisen würden.

### 7.5.3.4 Das Verhalten während Belärmung

In der Belärmungsphase können wegen der zeitlichen Differenzen (s. Kap. 7.2.3 u. 7.4.5.4) Dauerbelärmung und Lärmstoßserien nicht miteinander verglichen werden. Jedoch ist ein Vergleich der Reaktionen während der Lärmstoßserien untereinander und der Reaktionen während des Dauerlärms mit denen des Rechentests möglich.

Dabei erwies sich der Dauerlärm als ein wesentlich schwächerer Reiz für beide Geschlechter. In allen Cluster-Sets stieg der systolische und diastolische Blutdruck bei Männern und Frauen an. Dieser Anstieg war nur gering, ungefähr 4 mmHg in der Systole und 2 mmHg in der Diastole; er konnte z. T. jeweils nur für einen kleineren Zeitabschnitt des fünfminütigen Dauerlärms statistisch gesichert werden.

Die Pulsfrequenz hingegen nahm während des Dauerlärms ab. Wenn die Frequenzverminderung auch nur ungefähr 2/min betrug, so war sie doch bei den Männern in allen Cluster-Sets signifikant; bei den Männern von Cluster-Set C und D konnte dieses Absinken jeweils nur in Teilphasen des Dauerlärms statistisch gesichert werden. Auch bei den Frauen des Sets B bestand die Tendenz einer Pulsfrequenzabnahme; nur bei den weiblichen Probanden von A verhielt sich die Pulsfrequenz unverändert gegenüber dem Ruhevergleichswert.

Die Elektromyointegralwerte lagen bei den Männern von Set B und D sowie bei den Frauen in allen Cluster-Sets während des Dauerlärms oberhalb der Werte der Ruhevergleichsmessung; dieser Anstieg des Muskeltonus konnte aber bei den Männern und Frauen von Set D

#### 7.5.3.4

nur in der ersten Phase des Dauerlärms und im übrigen nur noch bei den Frauen von Set A während der fünfminütigen Beschallung statistisch gesichert werden.

Die Lärmstöße führten – mit Ausnahme eines gesicherten Anstiegs des EMI bei den Frauen von Set B und D in der 100 dB-Serie – zu keinen signifikanten Veränderungen der vegetativen Funktionen. Überwiegend lagen die Werte des Blutdrucks, der Pulsfrequenz und des Elektromyointegrals etwas tiefer als die Werte der zum Vergleich dienenden Ruhemessung.

Auffallend ist, daß beim Lärm – im Gegensatz zum ‚Rechentest‘ – die Männer schwächer mit dem Blutdruck reagierten als die Frauen. Bei den geringen Lärmreaktionen während des Dauerlärms dürfte dieser Befund nicht die Hypothese rechtfertigen, daß Lärm keinen protektiven Blutdruckmechanismus bei Frauen auslöst.

Es stellt sich die Frage, ob die geringen Reaktionen der vegetativen Funktionen bei Dauerlärm, im Vergleich zum Verhalten während Rechnen, einen Gewöhnungseffekt darstellen (v. EIFF, 1964); denn der Belärmung ging ja jeweils der Rechentest voraus.

Um diese Frage zu klären, wurden frühere Untersuchungsergebnisse in Modellversuchen, die unser Bonner Arbeitskreis durchgeführt hatte, zum Vergleich herangezogen (BRAMBRING, 1965; KÖNIG, 1967), wobei aus dem Münchener Kollektiv die Personen ausgewählt wurden, die – in Bezug auf Alter und Geschlecht – mit dem Bonner Untersuchungsvergleichbar waren. In einer der Bonner Untersuchungsreihen wurden die Versuchspersonen unmittelbar nach der Ruheuntersuchung belärmt, in der anderen Versuchsreihe folgte – wie in München – der Ruheuntersuchung zunächst der ‚Rechentest‘; erst danach setzte die Beschallung ein.

Bei einem Vergleich dieser beiden Versuchsreihen zeigte sich, daß die Lärmreaktionen durch den vorangegangenen Rechentest nicht sehr beeinflußt wurden. Die während einer Lärmdarbietung zu beobachtenden Adaptationseffekte traten unabhängig von einem vorausgegangenen ‚Rechentest‘ auf. Wir konnten daher annehmen, daß das Verhalten der vegetativen Funktionen, das unsere Probanden zeigten, unabhängig von dem vorausgegangenen ‚Rechentest‘ war.

## 7.6 Zusammenfassung

In einer epidemiologischen Lärmstudie, an der Untersuchergruppen verschiedener Fachgebiete teilnahmen, wurden medizinische Untersuchungen an 392 Probanden (192 Männern und 200 Frauen) zwischen 20 und 60 Jahren durchgeführt, um festzustellen, ob Fluglärm zu einer höheren Quote an Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes mellitus und Zuständen zentralnervöser Übererregbarkeit führt bzw. ob – bei Fehlen manifester Krankheitszeichen – stärkere funktionelle Veränderungen in experimentellen Belastungssituationen als Vorstufen von Erkrankungen auftreten.

Die 392 Probanden waren nahezu gleichmäßig auf 32 Meßstellen (Cluster) verteilt; diese Cluster wurden durch jeweils ein bestimmtes Fluglärmbewertungsmaß charakterisiert. (Das von der Akustischen Sektion bestimmte Fluglärmbewertungsmaß FB1, das die Häufigkeit und die Lautstärke der Fluglärmereignisse an einem Cluster berücksichtigt – s. Kap. 3 – wurde empirisch als die Größe bestimmt, die mit der von der Sozialwissenschaftlichen Sektion erfaßten subjektiven Beeinträchtigung durch den Fluglärm – s. Kap. 4 – am höchsten korrelierte.) Die 32 Meßstellen wurden in 4 Gruppen (Cluster-Sets A, B, C und D) einge-

teilt, wobei die alphabetische Reihenfolge die Zunahme der Belärmung kennzeichnet; Cluster-Set D stellt also die am stärksten belärmte Gruppe dar.

Die Medizinischen Untersuchungen gliederten sich in drei Abschnitte:

- I) Erstellung des klinischen Status der Probanden mittels Erhebung der Anamnese und körperlicher Untersuchung,
  - II) Blut- und Urinuntersuchungen,
  - III) Untersuchung von vegetativen Funktionen (Blutdruck, Pulsfrequenz, Atemfrequenz, reflektorischer elektrischer Muskelaktivität als Indikatoren der vegetativen Reaktionslage) im Ruhezustand, bei unspezifischer Belastung und bei Belärmung.
- ad I) Auf den Einfluß des Fluglärms konnten lediglich Schlafstörungen bezogen werden. Andere subjektive Symptome oder Untersuchungsbefunde, die auffällig waren, konnten nicht sicher in Beziehung zur Flugbelärmung gebracht werden.
- ad II) Ein arbeitshypothetisch erwarteter Einfluß von Fluglärm auf die Lipide im Serum ließ sich nicht nachweisen. Zwischen dem Flugbelärmungsgrad und den Werten von Transaminasen und Plasmaproteinen wurden aber Beziehungen festgestellt. Sie sind zunächst, falls man nicht den Einfluß von anderen Variablen, die mit dem Flugbelärmungsgrad im Zusammenhang standen, annimmt, pathophysiologisch unverständlich.
- ad III) Im Hinblick auf die Arbeitshypothese, daß Fluglärm einen Risikofaktor in der Pathogenese der essentiellen Hypertonie darstellt und daß flugbelärmte Personen Symptome einer zentralnervösen Übererregbarkeit aufweisen, war das Verhalten des Blutdrucks und des Elektromyointegrals unter Ruhe- und Belastungsbedingungen von besonderem Interesse.

Unter Ruhebedingungen bestand lediglich in den Cluster-Sets B bis D die Tendenz zum Blutdruckanstieg.

In dem am stärksten belärmten Set wurden bei Männern und Frauen die höchsten systolischen und diastolischen Blutdruckwerte gemessen, ohne daß sich entsprechende Hinweise für eine Häufung von sekundären Hypertonien fanden. Die Blutdruckwerte eines Kollektivs in Bonn, das unter vergleichbaren Bedingungen untersucht wurde, lagen tiefer als in irgendeinem Cluster-Set des fluglärmexponierten Untersuchungsgebietes in München.

Trotz fehlender statistischer Sicherung, die z. T. auf dem abweichenden Verhalten der Personen in Cluster-Set A beruht, scheint uns die Hypothese eines Fluglärmeeinflusses auf den Ruheblutdruck der Bevölkerung noch nicht eindeutig widerlegt zu sein.

Im vegetativen Muster der Münchener Probanden fällt auf, daß die Pulsfrequenz im Vergleich zum Blutdruck und Muskeltonus, relativ niedrig war, wenn man Werte eines Bonner Kollektivs zum Vergleich heranzieht. Dieses vegetative Ruhemuster der Münchener Probanden erinnert an deren Verhalten bei Dauerlärm, während dessen – im Gegensatz zu einer unspezifischen Belastung – nur die Pulsfrequenz zu einer verminderten Reaktion tendierte, ein Phänomen, das auch von anderer Seite (TERENTEV u. Mitarb., 1969) schon beschrieben wurde. Ob hierbei Anpassungsprozesse eine Rolle spielen, wissen wir nicht.

Vielleicht lassen sich aber aufgrund dieser Verhaltensweise – Anstieg von Blutdruck bei gleichzeitiger Abnahme der Herzfrequenz – lärmadaptierte von nicht lärmadaptierten Personen unterscheiden.

Im Falle einer neuen prospektiven Studie sollte man jedenfalls die Probanden zunächst aufgrund ihres jeweiligen Verhaltens von Blutdruck, Pulsfrequenz und

reflektorischer elektrischer Muskelaktivität bei Lärmexposition zu Gruppen mit gleichartigem Reaktionsmuster zusammenfassen und dann deren Blutdruckverhalten unter genauer Berücksichtigung der Dauer der Lärmexposition näher analysieren.

Die von uns beobachteten Tendenzen zu Veränderungen vegetativer Funktionen sollten den Trugschluß verhindern, daß der fehlende Nachweis manifester organischer Störungen oder von funktionellen Veränderungen eines größeren Kollektivs individuelle körperliche Fluglärmschäden ausschließt.

Diese Ergebnisse regen vielmehr zur Bearbeitung der Frage an, wie sich der menschliche Organismus bei mangelhafter Lärmadaptation oder bei bereits vorhandenen organischen Schäden verhält.

Aufgrund unserer Untersuchung läßt sich nur feststellen, daß eine vorwiegend gesunde Bevölkerung durch den heute üblichen Fluglärm im Durchschnitt nicht in einer Weise beeinflußt wird, daß klinisch relevante Störungen auftreten. Trotzdem läßt sich eine Gefährdung aus den anamnestic angegebenen Schlafstörungen und aus dem Blutdruckverhalten im Hinblick auf einen Risikofaktor für die Entstehung einer essentiellen Hypertonie vermuten, wenn auch zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht beweisen.

Hinweise auf andere gesundheitliche Gefährdungen durch Fluglärm haben sich nach den in München gewonnenen Untersuchungsergebnissen nicht gefunden.

## 7.6 Summary

In a study of epidemiological effects of noise exposure, conducted by an interdisciplinary research team, medical tests and examinations were administered to 392 respondents (192 men and 200 women) between 20 and 60 years of age. The aim was to find out, whether aircraft noise causes an increase in the rate of cardiac and circulatory disturbances, diabetes mellitus and states of hyperactivity of the central nervous system, or whether — manifest symptoms of illness being absent in experimental stress/strain situations — major functional modifications as the first stage of subsequent illness are being observed.

The 392 subjects were distributed more or less equally over the 32 measurement stations (clusters) which were determined by different noise levels for each cluster. (The aircraft noise parameter 1 (FB1), determined by the acoustical section, which considers number and loudness of the aircraft noise incidence in the clusters (Chapter 3), is defined as the empirical value with the highest correlation with the perceived impairment due to aircraft noise as ascertained by the social-scientific section (Chapter 4)).

The medical part consisted of the following three steps:

- I. Ascertaining of the clinical status of the subjects by means of case histories and physical examination,
  - II. Blood and urine tests,
  - III. Testing of autonomic functions (blood pressure, pulse rate, breath rate, reflectoric muscular activity as indicators of the vegetative reaction status) under conditions of rest, under unspecific strain/stress and under exposure to noise.
- ad I. Only disorders of sleep could be attributed to the influence of aircraft noise. Other striking symptoms or clinical results could not be clearly related to aircraft noise.

- ad II. A working hypothesis expecting the influence of aircraft noise on the lipids in serum could not be substantiated. Relationships were observed, however, between the level of aircraft noise and the values of GOT, GPT, and serum protein. These pathophysiological findings are not readily to be interpreted, unless assuming the influence of other variables connected with the level of aircraft noise exposure.
- ad III. Of particular interest in respect of the working hypothesis that aircraft noise constitutes a factor of risk in the pathogenesis of essential hypertension and that noise-exposed individuals show symptoms of hyperactivity of the central nervous system was the variance of blood pressure and muscle tone (myointegral) under conditions of rest and stress/strain.
- Under conditions of rest merely in the cluster sets B to D the tendency toward increase in blood pressure was observed.
- In the set most exposed to aircraft noise the highest values of blood pressure – both, the systolic and the diastolic ones – were measured with men and women, without corresponding symptoms of a higher rate of secondary hypertension.
- Blood pressure values measured in a sample at Bonn, which was examined under comparable conditions, were lower than those in any one cluster set of the aircraft noise-exposed survey area in Munich/München.
- Despite lacking statistical proof, partly due to the deviant reactions of the subjects in cluster set A, we would consider the hypothesis of aircraft noise influencing human blood pressure under conditions of rest, not to be clearly refuted.
- As to the vegetative pattern of the Munich/München respondents, it is a striking observation that pulse rates were relatively low as compared to blood pressure and muscle tone, comparing them with values taken in a Bonn sample. This pattern of autonomic nervous system under conditions of rest, exhibited by the Munich/München respondents, reminds of their reactions under permanent noise exposure, during which – in contrast to an unspecific strain/stress situation – only the pulse rate tended toward a reduced reaction. This is a phenomenon already described before (TERENTEV et al., 1969).
- Whether adaptation processes account for this fact, we do not know.
- It might be possible, though, on the basis of this reaction, i.e. increase in blood pressure with simultaneous decrease of pulse rate, to discriminate between noise-adapted individuals and non-adapted ones.
- In case another prospective study is going to be conducted, it should be ensured by all means that first grouping is done on the basis of respondents with comparable reaction patterns with respect to their specific reactions of blood pressure, pulse rate and reflectoric muscular activity under noise exposure, and that then blood pressure reaction is being more closely analyzed under consideration of the accurate duration of noise exposure.
- The observed tendencies toward modifications of the vegetative functions might lead to avoiding the false conclusion that individual physical damages would not result from aircraft noise exposure, because manifest organic(al) disorder or functional modifications had not been proved in a fairly large sample.
- On the contrary, the present results point to the examination of the question as to how the human organism reacts, when adaptation to noise is insufficient or when organic(al) damages already exist.
- From the findings of our study we can only state that a more or less healthy population is on the whole not affected by the now typical level of aircraft in

such a way that major clinical disorder would be observed. But, nevertheless, there is reason to suppose possible impairment resulting from the indicated disorder of sleep and from blood pressure reactions; that is to say, impairment in the form of a risk factor for the development of an essential hypertension, even if this cannot yet be verified at present. Indications of other health risks due to aircraft noise cannot be deduced from the findings of the Munich/München study.

## **FLUGLÄRMWIRKUNGEN**

**eine interdisziplinäre Untersuchung über die  
Auswirkungen des Fluglärms auf den Menschen**

### **KAPITEL 8**

#### **DIE INTERDISZIPLINÄREN ANALYSEN**

**Bernd Rohrmann**

(8.5.5.: Rainer Guski & Bernd Rohrmann;

8.5.5.2: Rainer Guski, Harold Patterson & Bernd Rohrmann)

*translate Chapter 8*

8.0

## 8.0 Inhalts-, Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

8.0.1	Inhaltsverzeichnis/Contents . . . . .	427
8.0.2	Tabellenverzeichnis . . . . .	428
8.0.3	Abbildungsverzeichnis . . . . .	429
8.1	<i>Ziel interdisziplinärer Analysen</i>	
8.1.1	Interdisziplinäre Fragestellung . . . . .	430
8.1.2	Interdependenzschema der Fluglärmwirkung . . . . .	430
8.1.3	Aufgaben der Organisatorischen Sektion . . . . .	433
8.2	<i>Organisation der Auswertung</i>	
8.2.1	Interdisziplinärer Datenaustausch . . . . .	434
8.2.2	Vollständigkeit der Probanden-Daten . . . . .	434
8.2.3	Aufbereitung von Kontrollvariablen . . . . .	435
8.2.4	Definition von Gruppen verschiedener Belärmung . . . . .	436
8.2.5	Inhaltliche Koordination . . . . .	436
8.3	<i>Methodische Probleme</i>	
8.3.1	Statistischer (multivariater) Ansatz . . . . .	437
8.3.2	Datenqualität – Skalen und Verteilungen . . . . .	438
8.3.3	Zusammenfassende Kennwerte . . . . .	439
8.3.4	Stabilität multipler Datenstrukturen . . . . .	440
8.3.5	Einfluß von Störvariablen . . . . .	441
8.4	<i>Interdisziplinärer Variablensatz</i>	
8.4.1	Auswahlkriterien . . . . .	442
8.4.2	Beschreibung des Enddatensatzes . . . . .	442
8.4.2.1	Variablenliste „D91“ . . . . .	442
8.4.2.2	Inhaltliche Erläuterungen . . . . .	443
8.4.3	Ähnlichkeitsstruktur der Gesamtmatrix . . . . .	447
8.4.3.1	Faktorenanalyse mit 86 Variablen . . . . .	447
8.4.3.2	Interdisziplinäre Kontingenzen . . . . .	448
8.5	<i>Interdisziplinäre Analysen zur Fluglärmwirkung</i>	
8.5.1	Validität der Fluglärmkennwerte . . . . .	450
8.5.2	Kriterien der Fluglärmwirkung . . . . .	452
8.5.2.1	Statistische Kennwerte . . . . .	452
8.5.2.2	Variablen der Fluglärmwirkung . . . . .	453
8.5.2.3	Multivariater Set-Vergleich . . . . .	458
8.5.2.4	Diskussion physiologischer Resultate . . . . .	459
8.5.2.5	Zusammenfassung der Fluglärmwirkungen . . . . .	461
8.5.3	Moderatoren der Reaktion auf Fluglärm . . . . .	462
8.5.4	Analysen innerhalb von Substichproben . . . . .	468
8.5.4.1	Kennwerte der Substichproben . . . . .	468
8.5.4.2	Resultate in Substichproben gemäß Moderatorvariablen . . . . .	469
8.5.4.3	Resultate in Substichproben gemäß Reaktionsvariablen . . . . .	473



		8.01
8.5.4.4	Resultate in Substichproben gemäß Stimulusvariablen . . . . .	474
8.5.5	Dependenzanalysen zur Fluglärmwirkung . . . . .	477
8.5.5.1	Vorstellungen zur Moderatorwirkung . . . . .	477
8.5.5.2	Der Versuch einer Kausalanalyse von Fluglärmreaktionen . . . . .	481
8.6	<i>Stellenwert und Konsequenzen der Untersuchung</i>	
8.6.1	Grundsätzliche Begrenzungen der Untersuchung . . . . .	488
8.6.2	Ausmaß der erfaßten Fluglärmgrade . . . . .	490
8.6.3	Fluglärmwirkungen und Bevölkerungsverteilung . . . . .	493
8.6.4	Folgerungen für die Planung von Lärmuntersuchungen . . . . .	495
8.6.5	Schlußbemerkungen . . . . .	496
8.7	<i>Zusammenfassung/Summary</i>	
8.0.1	<b>Contents</b>	
8.02	List of tables . . . . .	428
8.03	List of illustrations . . . . .	429
8.1	<i>Aim of the interdisciplinary analyses</i>	
8.1.1	The interdisciplinary problem . . . . .	430
8.1.2	Interdependence model of the effects of aircraft . . . . .	430
8.1.3	Tasks of the Organizational Section . . . . .	433
8.2	<i>Organization of the data analysis</i>	
8.2.1	Interdisciplinary exchange of data . . . . .	434
8.2.2	Completeness of the respondents' data . . . . .	434
8.2.3	Processing of control variables . . . . .	435
8.2.4	Definition of various noise exposure groups . . . . .	436
8.2.5	Coordination of topics . . . . .	436
8.3	<i>Methodological problems</i>	
8.3.1	Statistical (multivariate) approach . . . . .	437
8.3.2	Quality of data – scales and distributions . . . . .	438
8.3.3	Composite measures . . . . .	439
8.3.4	Stability of multiple data structures . . . . .	440
8.3.5	Influence of interfering variables . . . . .	441
8.4	<i>Interdisciplinary set of variables</i>	
8.4.1	Criteria for selection . . . . .	442
8.4.2	Description of the final set of data . . . . .	442
8.4.2.1	List of variables "D91" . . . . .	442
8.4.2.2	Explanatory remarks . . . . .	443
		427

8.0.1		
8.4.3	Similarity structure of the entire matrix . . . . .	447
8.4.3.1	Factor analysis on 86 variables . . . . .	447
8.4.3.2	Interdisciplinary contingencies . . . . .	448
8.5	<i>Interdisciplinary analyses of the effects of aircraft noise</i>	
8.5.1	Validity of aircraft noise indices . . . . .	450
8.5.2	Criteria for the effects of aircraft noise . . . . .	452
8.5.2.1	Statistical measures . . . . .	452
8.5.2.2	Variables of the effects of aircraft noise . . . . .	453
8.5.2.3	Multivariate comparison of the sets . . . . .	458
8.5.2.4	Discussion of physiological results . . . . .	459
8.5.2.5	Summary of the effects of aircraft noise . . . . .	461
8.5.3	Moderators of the reactions to aircraft noise . . . . .	462
8.5.4	Analyses within subgroups . . . . .	468
8.5.4.1	Characteristics of the subgroups . . . . .	468
8.5.4.2	Results in subgroups according to moderator variables . . . . .	469
8.5.4.3	Results in subgroups according to reaction variables . . . . .	473
8.5.4.4	Results in subgroups according to stimulus variables . . . . .	474
8.5.5	Analyses of dependencies of the effects of aircraft noise . . . . .	477
8.5.5.1	Concepts to the influence of moderators . . . . .	477
8.5.5.2	Attempt toward a causal model of reactions to aircraft noise . . . . .	481
8.6	<i>Evaluation and consequences of the study</i>	
8.6.1	General limitations of the study . . . . .	488
8.6.2	Spectrum of aircraft noise levels covered . . . . .	490
8.6.3	Range of aircraft noise and distribution of population . . . . .	493
8.6.4	Conclusions for the designing of noise research . . . . .	495
8.6.5	Final remarks . . . . .	496
8.7	<i>Summary</i>	

**8.0.2 Tabellenverzeichnis**

Tab.		S.	Abschnitt
8- 1	Akustische Cluster-Sets (Fluglärmstufen) . . . . .	436	8.2.4
8- 2	Statistischer Typ der ausgewählten Variablen . . . . .	443	8.4.2.1
8- 3	Variablenliste der interdisziplinären Auswertung („D91“) . . . . .	444	8.4.2.2
8- 4	Composite-Scores für Persönlichkeitsvariablen . . . . .	446	8.4.2.2
8- 5	Faktorenstruktur des interdisziplinären Datensatzes („D91“) . . . . .	448	8.4.3.1
8- 6	Statistische Kennwerte für Variablen des Datensatzes („D91“) . . . . .	454	8.5.2.1
8- 7	Multivariate Analysen der Fluglärmwirkung . . . . .	458	8.5.2.3
8- 8	Blutdruck und Fluglärm-Verärgerung . . . . .	461	8.5.2.4
8- 9	Interdisziplinäre Prädiktion der Fluglärmwirkungen . . . . .	465	8.5.3
8-10	Multiple Determination der Reaktion auf Fluglärm . . . . .	467	8.5.3
8-11	Übersicht zu den analysierten Substichproben . . . . .	468	8.5.4.1
8-12	Mittelwerte wichtiger Variablen in Substichproben . . . . .	470	8.5.4.1

8-13	Interkorrelationen wichtiger Variablen in Substichproben . . .	471	8.5.4.1
8-14	Multiple Prädiktion der Fluglärmwirkung in Substichproben . . .	475	8.5.4.4
8-15	Clusterblöcke nach Überflughäufigkeit . . . . .	476	8.5.4.4
8-16	Moderatoreffekte: Partial- und Subgruppenkorrelationen . . .	479	8.5.5.1
8-17	Beobachtete Korrelationen für Kausalmodell III. . . . .	485	8.5.5.2
8-18	Erwartete Korrelationen laut Kausalmodell III . . . . .	487	8.5.5.2
8-19	Fluglärmwirkungen: Vergleich Vor-/Hauptuntersuchung . . .	492	8.6.2
8-20	„Erträglichkeit Fluglärm“ bei gewichteter Stichprobe . . . .	494	8.6.3

### 8.0.3 Abbildungsverzeichnis

Abb.		S.	Abschnitt
8-1	Interdependenzschema zur Fluglärmwirkung . . . . .	432	8.1.2
8-2	„Globalreaktion-S“ auf Fluglärm: Verteilung der Einzelwerte . .	462	8.5.2.5
8-3	Konzepte zur Moderatorwirkung . . . . .	478	8.5.5.1
8-4	Modell der Fluglärmwirkung I. . . . .	483	8.5.5.2
8-5	Modell der Fluglärmwirkung II . . . . .	485	8.5.5.2
8-6	Modell der Fluglärmwirkung III . . . . .	487	8.5.5.2

8.1

3272

## 8.1 Ziel interdisziplinärer Analysen

Zuständig für die „Organisation der interdisziplinären Zusammenarbeit“ und in diesem Rahmen für die interdisziplinären statistischen Analysen war die Organisatorische Sektion des Fluglärmprojekts (vgl. 2.1.3).

Bei der Darstellung dieser Analysen wird einiges wiederholt, das von anderen Sektionen schon abgehandelt wurde, doch erschien dies notwendig, um Vorgehen und Resultate im Folgenden verständlich zu machen.

Die inhaltlichen Resultate zur Fluglärmwirkung sollen erst nach ausführlicher Erörterung der theoretischen, methodischen und organisatorischen Probleme geschildert werden (in 8.5).

### 8.1.1 Interdisziplinäre Fragestellung

Gegenstand des Fluglärmprojekts sind die Auswirkungen des Fluglärms auf den Menschen. Diese Auswirkungen sind teils soziologische, teils psychologische, teils physiologische Vorgänge; sie sind in den vorausgegangenen Kapiteln ausführlich dargestellt worden. Hier interessieren sie vor allem in ihrer wechselseitigen Verknüpfung. Diese Verknüpfungen zu analysieren und in Beziehung zum Fluglärm zu setzen, ist die interdisziplinäre Problemstellung des Projekts.

Den entsprechenden statistischen Analysen liegen folgende (schon einleitend in 1.5 genannte) Fragen zugrunde:

- Welche soziologischen und/oder psychologischen und/oder physiologischen Fluglärmwirkungen sind statistisch eindeutig?
- Bestehen Kontingenzen zwischen derartigen Fluglärmwirkungen (den Reaktionsvariablen der verschiedenen Sektionen)?
- Ab welcher Fluglärmbelastung treten die Reaktionen auf, und wie eng ist die Korrelation zwischen Fluglärm- und Reaktionsvariablen?
- Wieweit werden die Auswirkungen des Fluglärms durch Einflußgrößen der sozialen Umwelt oder psychische und somatische Eigenschaften des betroffenen Menschen (durch Moderatoren) mitbestimmt?
- Welchen relativen Stellenwert haben dabei soziologische, psychologische, physiologische Moderatoren?

Notwendig zur Klärung dieser Fragen war eine Verknüpfung aller Datensätze.

### 8.1.2 Interdependenzschema der Fluglärmwirkung

Wenn im folgenden einige Vorstellungen zur Auswirkung von Fluglärm auf den Menschen angedeutet werden, so ist damit in keiner Weise der Anspruch von wissenschaftlichen Theorien oder eines formalisierten Modells verbunden. Tatsächlich schien eine allgemeine, übergeordnete (auf eine konkrete, flugbelärmte Bevölkerung anwendbare) Theorie nicht verfügbar, zumindest keine auf interdisziplinäre Zusammenhänge zielende; das wurde schon bei der eher auf Erkundung und Bestandsaufnahme zielenden Konzeption der Untersuchung deutlich (vgl. auch 4.1).

Diese theoretische Schwäche – die freilich wesentlich durch die sehr vielschichtige, ‚vorgefundene‘ und experimentell nicht zu beeinflussende Situation bedingt ist – machte sich auch in der großen Vielfalt der untersuchten Variablen bemerkbar.

Die Hauptvorstellung (bei den Analysen der Organisatorischen Sektion) zur Fluglärmwirkung ist die eines komplexen Interdependenz-Systems (wie es ähnlich auch schon andere Sektionen diskutiert haben, vgl. 4.5.1, 5.1.3.3), das die Skizze in Abb. 8-1 veranschaulichen soll.

Ausgangspunkt sind die bisherigen – allerdings nur sozialwissenschaftlichen – Resultate der Fluglärmforschung (zunächst besonders McKENNELL 1963; später u. a. TRACOR Inc. 1970), und auch die Erfahrungen der Hamburger Voruntersuchung: sie zeigen, daß die Korrelationen zwischen Fluglärmkennwerten und Variablen der Gestörtheit durch Fluglärm („annoyance“) unter 0.50 bleiben. Sodann gibt es eine Reihe von Variablen, die zwar nicht mit dem Fluglärm, jedoch mit der Reaktion auf diesen korrelieren, in der Voruntersuchung beispielsweise Lärmempfindlichkeit (generelle), Bildungsstand, Hypochondrie. Verknüpft man Fluglärmvariable und solche Persönlichkeitseigenschaften zur Vorhersage der Fluglärmverärgerung, ergibt sich eine höhere (multiple) Korrelation.

Diesen Sachverhalt soll die Interdependenzskizze darstellen: den Verarbeitungsprozeß von einwirkenden „Stimuli“ (links) zu resultierenden „Reaktionen“ (rechts) beeinflussen Variablen der Umweltbedingungen und der Persönlichkeitsstruktur (unten), die als „intervenierend“ hypostasiert werden; d. h., die Auswirkungen des Fluglärms werden als Funktion beider Arten von Einflußgrößen verstanden.

Die Darstellung impliziert die Annahme, daß der physikalische Stimulus im Allgemeinen keineswegs direkt auf die Reaktion wirkt; vielmehr soll schon die Wahrnehmung des Stimulus als Prozeß aufgefaßt werden, dessen Resultante als ‚interner‘ (selbst erzeugter) Stimulus auf das Verhalten des betroffenen Menschen wirkt.

Untersucht werden auch nicht eigentlich physikalische (bzw. biologisch wirkende) Stimuli, sondern Folgen eines Reizgeschehens mit kognitiver und emotionaler Bedeutung, eben nicht „Schall“, sondern „Lärm“-Ereignisse (vgl. auch 1.2).

Die im Schema angedeuteten inhaltlichen Variablen stellen die – aus den Hypothesen der Sektionen und den Hamburger Resultaten abgeleiteten – Erwartungen vor Beginn der Hauptuntersuchung dar, sie sind zunächst also ‚potentielle‘ Wirkungsgrößen, die es durch die statistischen Analysen zu beschreiben galt. Je mehr interessiert, wie (und nicht nur, ob) eine Fluglärmwirkung zustande kommt, und warum die Reaktion auf Fluglärm auch bei konstantem Stimulus stark variiert, desto mehr wird das Interesse den intervenierenden Einflußgrößen gelten müssen (vgl. auch 1.4.2). Soweit solche Größen operationalisiert und gemessen werden konnten, sollen sie als „Moderatoren“ (die Fluglärmwirkung „moderierend“) bezeichnet werden.

Diese (freilich noch nicht sehr präzise) Vorstellung hat im gewissen Grad auch das Auswertungskonzept der Organisatorischen Sektion bestimmt, besonders die Ausrichtung auf multivariate Methoden bzw. Verfahren der multiplen Prädiktion (vgl. 8.3.1).

(Im Rahmen der statistischen Analysen erwies sich vor allem eine Präzisierung des Moderator-Konzepts als wichtig; darauf wird in 8.5.5 noch eingegangen).

Das Schema zeigt zugleich einige entscheidende Schwierigkeiten für das Fluglärmprojekt auf:

- Denkbar sind zahlreiche Rückkoppelungen, von denen einige angedeutet sind: Umbauten am Haus oder auch die Aktivitäten eines Ortsvereins mögen die Wirkungen des Flugbetriebs verändern; habitualisierte Reaktionen können zu Persönlichkeitseigenschaften werden, die ihrerseits die Verarbeitung ‚neuen‘ Fluglärms beeinflussen; Einstellungen entscheiden vielleicht schon über die Wahrnehmung der Flugzeuge.
- Die Quantifizierung der Stimulus-Seite entspricht nicht notwendig dem tatsächlich einwirkenden oder gar erlebten Fluglärm: der das Individuum erreichende Schall ist einer

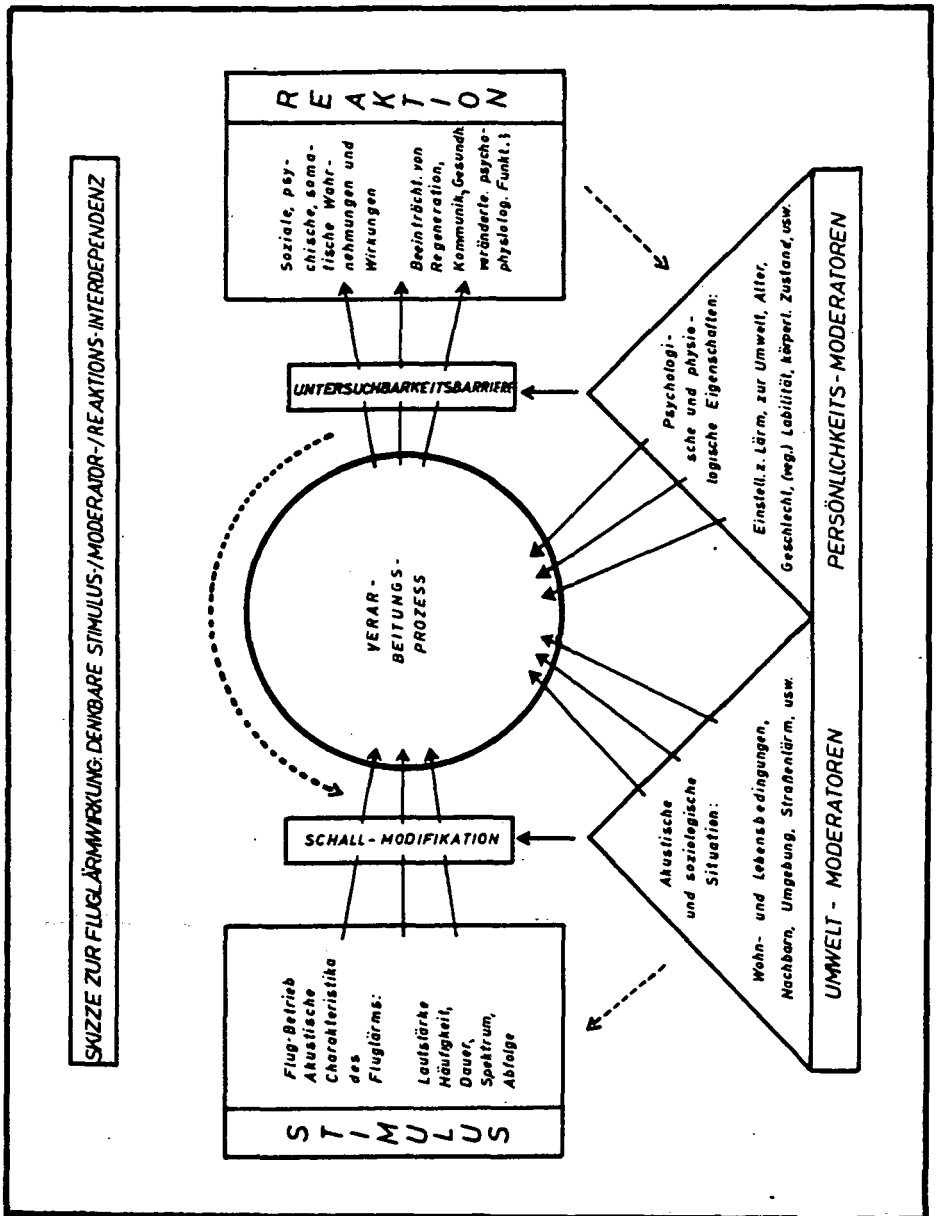


Abb. 8-1: Interdependenzschema der Fluglärmwirkung

4165

Modifikation durch physikalische (besonders bauliche) Effekte (Reflexion, Dämpfung usw.) ausgesetzt („Schall-Modifikation“).

- Der hinreichend validen Quantifizierung der Reaktions-Seite steht entgegen, daß manche – vielleicht entscheidende – unmittelbare Auswirkungen oder Nachwirkungen von den Probanden offensichtlich nicht mitteilbar oder von den Untersuchern nicht erfragbar bzw. meßbar, ja möglicherweise beiden unbekannt sind (Untersuchbarkeitsbarriere“). Ohnehin erfaßt die Untersuchung ja nicht die unmittelbare Lärmwirkung, sondern diese nur in beträchtlicher zeitlicher und räumlicher Verlagerung.

Diese Schwierigkeiten für die Untersuchung – die als Querschnittsbetrachtung nur einen Ausschnitt aus dem angedeuteten Prozeß (bzw. einen bestimmten Zwischen- oder Endzustand) erfassen kann, die an ein ‚vorgegebenes‘ Feld (in dem eine systematische Bedingungsvariation nicht möglich ist) gebunden ist, die die Fluglärmwirkungen auf das Alltagsverhalten nur beschränkt abbilden kann – müssen auch bei der Interpretation ihrer Ergebnisse bedacht werden (vgl. 8.5.2 und 8.6.1).

Schließlich ist noch auf eine entscheidende Prämisse des ganzen interdisziplinären Ansatzes (dessen spezifisches Moment ja in der Verknüpfung der verschiedenen Probanden-Datensätze liegt) hinzuweisen: vorausgesetzt wird nämlich erstens, daß überhaupt Fluglärmwirkungen in den verschiedenen Verhaltensebenen (psychisch, somatisch, sozial) nachgewiesen werden können, und zweitens, daß diese in irgendeiner Form kovariieren. Nur in dem Maße, wie diese (durch die Voruntersuchung noch keineswegs gesicherte) Unterstellung gilt, können die interdisziplinären statistischen Analysen mehr erbringen als die Auswertungen der einzelnen Sektionen.

### 8.1.3 Aufgaben der Organisatorischen Sektion

Die Arbeitsbereiche der Organisatorischen Sektion nach der Realisierung des gemeinschaftlichen Untersuchungsplans (Kap. 2) waren im wesentlichen inhaltliche Koordination und statistische Analysen, und zwar:

- Absprache über die auszuwertenden Probanden und damit Festlegung der End-Samples der Sektionen sowie des interdisziplinären Samples;
- Vorschläge zu den Auswertungsansätzen der Sektionen und deren Koordination;
- Koordination des Datenaustausches und Aufbereitung von Kontrolldaten;
- interdisziplinäre Verknüpfung aller Datensätze und statistische Gesamtanalysen;
- Überlegungen zur Bewertung der intra- und interdisziplinären Resultate über die Belastung und Beeinträchtigung der Bevölkerung durch Fluglärm.

Gegenüber den Auswertungen der Sozialwissenschaftlichen, Psychologischen und Medizinischen Sektion, die ihre Datensätze überwiegend nur zu den Fluglärm-Kennwerten der Akustischen Sektion in Beziehung gesetzt haben, lag der Schwerpunkt der Auswertungen der Organisatorischen Sektion darauf, die Gesamtheit der (soziologischen, psychologischen, physiologischen) Probanden-Daten untereinander und mit dem Fluglärm-Datensatz zu verbinden.

Über die nach Erhebungsabschluß resultierenden Stichproben und das interdisziplinäre Sample ist schon in 2.5.1 berichtet worden; demografische Angaben zu den Stichproben und ein Vergleich mit der Münchner Bevölkerung wurden in 2.5.3 (zusammen mit der Sozialwissenschaftlichen Sektion) gegeben.

(Zum Namen „Organisatorische Sektion“ im Zusammenhang mit der interdisziplinären Auswertung sei angemerkt: die (auf „Organisation der interdisziplinären Zusammenarbeit“ zielende) Bezeichnung wurde während der ganzen Untersuchung und darum auch hier im Bericht beibehalten).

8.2

## 8.2 Organisation der Auswertung

3278

Jede Sektion hat ihre Daten selbst ausgewertet (die Analysen der Organisatorischen Sektion wurden im wesentlichen am Rechenzentrum Hamburg durchgeführt). Auf einige allem Sektionen gemeinsame Auswertungsprobleme soll im folgenden hingewiesen werden.

### 8.2.1 Interdisziplinärer Datenaustausch

Jeder Sektion standen alle Datensätze zur Verfügung. Der Austausch geschah auf Lochkarten, die nach einem gemeinsam abgesprochenen Code gelocht waren, so daß alle Datensätze verknüpfbar waren und beliebige Variablenmengen je Proband zusammengeführt werden konnten.

Grundsätzlich handelte es sich dabei immer um individuelle Datensätze.

### 8.2.2 Vollständigkeit der Probanden-Daten

Der Datensatz einer untersuchten Person konnte aus zwei Gründen unvollständig sein:

- Teile des Untersuchungsprogramms wurden nicht (zumindest nicht in der vorgesehenen Form) durchgeführt (z. B. Verzicht auf Blutprobe oder Lärmstöße oder Ausfall der Stimulus-Vorgabe usw. = „Programmücken“ der Probanden-Statistik in 2.5.2);
- an einer Person wurde zwar das gesamte Programm realisiert, doch wurden nicht alle Reaktionen quantifiziert (z. B. Ankreuzen vergessen, „weiß nicht“-Antworten, Ausfall von Registriergeräten, technische Artefakte usw. = „Datenücken“ in der Probanden-Statistik).

Die Unvollständigkeit der Datensätze zahlreicher Probanden stellte ein ernstes Problem dar. Besonders dann, wenn man eine korrelative Betrachtung ins Auge faßt, ist es kaum möglich, solche Probanden von der Auswertung auszunehmen, weil sonst das nutzbare Auswertungs-Sample zu sehr schrumpft. (Unterstellt man beispielsweise jeder Variable einen Datenausfall von 3 % und deren unabhängige Verknüpfung, so wäre bereits bei 23 Variablen die Wahrscheinlichkeit für eine Person mit komplettem Datensatz nur noch 50 %, bei 77 Variablen unter 10 %).

Von den 379 Probanden, die interdisziplinär vollständig (d. h., sozialwissenschaftlich, psychologisch, medizinisch) untersucht worden waren, hatten nur 266 einen (bis auf Einzellücken) vollständigen Datensatz (vgl. Tab. 2-7 in 2.5.2). Es war darum zu entscheiden, welche der übrigen Probanden völlig selektiert werden sollten oder wie die Lücken zu behandeln seien.

Prinzipiell nicht akzeptabel schienen Programmücken – außer wenn diese am Ende des Erhebungsprogramms aufgetreten waren, also kein Untersuchungsteil mehr folgte – deswegen, weil diese Probanden qualitativ nicht mit anderen vergleichbar sind.

Demgegenüber sollten Probanden mit Datenücken in der Auswertung verbleiben, vor allem, weil der Umfang der Datenücken im Verhältnis zur Menge vorhandener Information im allgemeinen gering war und es angesichts des enormen Erhebungsaufwands nicht angemessen schien, auf Datensätze zu verzichten, die nur in einem begrenzten Teilbereich unvollständig waren. Andererseits könnte dies bedeuten, daß für jede inhaltlich verschiedene Analyse ein anderes Auswertungs-Sample gilt, und die Schwierigkeit bei Korrelationsmatrizen wurden schon angedeutet.



3570

(Die Korrelationen nur aufgrund der jeweils vollständigen Fälle zu berechnen („missing-data“-Programme), ist nicht nur sehr zeitraubend, sondern beeinträchtigt auch deren Vergleichbarkeit; ferner können individuelle Faktorenscores nur geschätzt werden).

Die Organisatorische Sektion entschloß sich deshalb, bei den für die interdisziplinäre Auswertung akzeptierten Probanden die Lücken durch Schätzwerte aufzufüllen und damit einen einheitlichen Datensatz für alle interdisziplinären Analysen zu erzeugen.

Für die Schätzung fehlender Werte gab es folgende (auch kombinierbare) Möglichkeiten:

- Einsetzen eines Mittelwerts (M oder Md oder Mdn), und zwar der Daten-kompletten Gesamtgruppe (N = 266);
- Einsetzen des Mittelwertes aller in der jeweiligen Variable Daten-kompletten Probanden ( $266 < N_i < 379$ );
- Einsetzen des Mittelwertes aller Daten-kompletten Probanden derselben Belärmungsstufe oder desselben Clusters;
- Regressionsstatistische Schätzung aus Variablen, die mit der lückenhaften Variable korreliert sind;
- Individuelle Schätzung (aus dem Datenkontext) bei Variablen, für die je Person mehrere Werte als Zeitreihe vorliegen, anhand der zeitlich umliegenden Variablenwerte.

Die Organisatorische Sektion verfuhr so, daß die – soweit geschehen – die Lückenbehandlung der ‚Daten-liefernden‘ Sektion übernahm, obwohl diese teils verschieden geschah, in allen übrigen Fällen (insbesondere bei medizinischen Variablen) das arithmetische Mittel der in der betroffenen Variable verfügbaren Werte einsetzte.

Das arithmetische Mittel wurde gewählt, weil dadurch zwar die Streuungen, nicht jedoch der Mittelwert des Ausgangskollektivs verändert werden und Korrelationen allenfalls erniedrigt werden könnten.

Ein spezielles Problem stellen 0/1-Variable dar; hier wurde bei echten Lücken die individuell wahrscheinlichere Alternative eingesetzt; bei Befragungssitems galten „weiß nicht“ Antworten oder „unentschieden“- Antworten als Nichtzutreffen = 0.

Die geschilderten Entscheidungen bewirkten, daß von den 379 dreifach untersuchten Probanden nur Probanden mit Programmlücken oder größeren Datenlücken in mehreren Untersuchungsteilen ausgeschieden wurden und statt 266 schließlich 357 Probanden („I-Sample“) für die interdisziplinären Analysen einheitlich herangezogen wurden.

Zugleich wurde mit den anderen Sektionen diskutiert, welche Probanden gemäß der Probandenstatistik (Tab. 2-7) in die Auswertung der jeweiligen Sektionen eingehen sollten.

Die Psychologische Sektion übernahm gänzlich das I-Sample (Verzicht auf 18 Probanden).

Die Sozialwissenschaftliche Sektion rechnete ihre Auswertung mit 660 Probanden, allgemeinere Analysen zusätzlich mit dem I-Sample. Die Medizinische Sektion benutzte je Analyse die jeweils Daten-kompletten Probanden (392 oder weniger).

### 8.2.3 Aufbereitung von Kontrollvariablen

Es wurde schon gesagt, daß die Organisatorische Sektion einige ergänzende Variablen aus Kontrollgründen erfaßt hat. Im einzelnen waren dies:

- (1) Meteorologische Daten: Luftdruck; Temperatur innen; dto. außen; Niederschlag ja-nein; Luftfeuchte innen; dto. außen; Föhn am Untersuchungstag.
- (2) Wohnungscharakteristika: Art des Hauses (Einzel-, Reihen-, Etagen-, Hochhaus); Stockwerk; Fensterart (Größe, Isolation); Außenräume (Balkon, Terrasse Garten); Himmelsrichtung der Wohnseite (gemeinsam von Akustischer und Organisatorischer Sektion erhoben).
- (3) Erhebungsablauf: Tageszeit (1.–5. Intervall); Untersuchungstag (1.–99. Tag); Abstand zum letzten Untersuchungsschritt.

2380

### 8.2.3

Diese Daten wurden der jeweils betroffenen Sektion geliefert. Wesentliche Kontrollvariablen waren ferner (bei den Sektionen selbst vorhanden): Interviewer bzw. Versuchsleiter und die Programmabfolge beim Experiment. Als Kontrollvariablen waren schließlich auch somatische Größen wie Schwerhörigkeit oder Übergewicht konzipiert.

### 8.2.4 Definition von Gruppen verschiedener Belärmung

Bei der Diskussion der Stichprobenkonzeption (vgl. 2.3.2) wurde schon erörtert, daß es trotz des 32-Cluster-Konzepts auch möglich sein sollte, Hauptgruppen der Belärmung zu definieren und zu Gruppenvergleichen (bzw. Unterschiedstests) heranzuziehen.

Es erschien sinnvoll, dies nicht anhand der Voraus-Messungen zu tun, sondern erst anhand der endgültigen Messungen während der Hauptuntersuchung.

Die von Akustischer und Organisatorischer Sektion definierten Gruppen unterschiedlich Lärm-exponierter Probanden – vgl. 3.4.1.2 – werden hier noch einmal aufgelistet:

Tab. 8-1: Akustische Cluster-Sets (Fluglärmstufen)					
Set	Fluglärm	Cluster	Lage	I-Pbn	FB1
A	‚gering‘	09, 12, 18, 23, 25, 30, 31, 32	Nord	91	65,1
B	‚mittel‘	19, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 29	West	88	74,6
C	‚stark‘	05, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 28	Mitte	90	82,7
D	‚sehr stark‘	01, 02, 03, 04, 06, 07, 08, 10	Mitte	88	90,8

Die Cluster-Sets sind so definiert, daß sie akustisch (FB1 = Fluglärmbewertungsmaß 1) etwa gleichabständig, im interdisziplinären Sample gleich groß und geographisch beieinanderliegend sind. (Die Streuung von FB 1 ist allerdings in den Sets ungleich, nämlich von D nach A zunehmend). Sie wurden als unabhängige Variable in Varianz- und Diskriminanzanalysen eingesetzt.

### 8.2.5 Inhaltliche Koordination

Regelmäßige Kommunikation zwischen den auswertenden Teams – die ja in 6 verschiedenen Städten arbeiteten – zielte u. a. auf gemeinsame, die spezifischen Ansätze der einzelnen Sektionen verbindende Analysen und Interpretationen.

Auch die akustischen Kennwerte für die statistischen Analysen wurden gemeinsam abgeprochen (dazu insbesondere ständige Kooperation von Akustischer, Psychologischer, Organisatorischer Sektion\*; vgl. 3.4.1.2).

Zum Aspekt Determination der Reaktion auf Fluglärm ergaben sich vor allem zwischen Psychologischer; Sozialwissenschaftlicher und Organisatorischer Sektion # (deren methodische und statistische Konzepte ähnlich und aufeinander abgestimmt sind) eine enge Zusammenarbeit und gemeinsam realisierte Auswertungsgänge am Großrechenzentrum Berlin (vgl. z. B. 8.5.3).

Resultat der inhaltlichen Koordination sind zu wesentlichen Teilen auch die interdisziplinären Analysen (8.4, 8.5) und die Gesamtbewertung der Fluglärmwirkungen (Kap. 9).

\* Team: H.-O. Finke, R. Guski, B. Rohrmann

# Team: R. Guski, B. Rohrman, R. Schümer, A. Schümer-Kohrs

3570

### 8.3 Methodische Probleme

Hier sollen – außerhalb der eigentlichen Ergebnisdiskussion (8.5) – einige methodische Probleme diskutiert werden, die während der gesamten Auswertungen immer wieder auftraten bzw. prinzipieller Natur sind.

#### 8.3.1 Statistischer (multivariater) Ansatz

Das Auswertungskonzept der Organisatorischen Sektion ist multivariat und korrelationsstatistisch ausgerichtet, d. h., die statistischen Analysen sollen möglichst den Gesamtzusammenhang aller betrachteten Variablen reflektieren.

Dieser Ansatz resultiert unmittelbar aus der Vorstellung, die Betroffenheit durch Fluglärm (einer realen Bevölkerung) sein ein vieldimensionales komplexes Interdependenzgefüge (im Sinne von Abb. 8-1), ebenso freilich aus der großen, theoretisch kaum strukturierten Variablenmenge.

Während beispielsweise ein gezieltes Laborexperiment mit kontrollierten Einflußgrößen, homogen definierten Versuchspersonengruppen und Daten in einer abhängigen Variable relativ unmittelbar in einen Auswertungs-Plan übersetzt werden kann (etwa mehrfaktorielle univariate Varianzanalyse), sind bei der Analyse der Fluglärmwirkung durchaus andere Bedingungen gegeben:

- Die unabhängige Variable Fluglärm liegt in differenzierter Abstufung vor, kann also quasi-kontinuierlich mit den abhängigen Variablen verknüpft werden (worauf der Gesamtplan wesentlich abzielte; vgl. 2.2.4).
- Die Fluglärmwirkung wird in verschiedenen sozialpsychologischen und psychophysiologischen Bereichen betrachtet, d. h., es gibt mehrere abhängige Variablen.
- Die Betroffenheit durch Lärm unterliegt nicht nur dem Fluglärmgrad, sondern zahlreichen anderen Einflußgrößen, eine Beschränkung auf einige wenige unabhängige Variable ist theoretisch kaum zu rechtfertigen.
- Die große Datenvielfalt bedarf einer Strukturierung und Reduzierung, weil zahlreiche Variablen das Gleiche messen, also partiell redundant sind.
- Bei Signifikanztests für Gruppenunterschiede in Einzelvariablen entstehen teststatistische Probleme durch deren allzu große Anzahl und implizite Abhängigkeit.

Die vergleichsweise große Stichprobe ( $N = 357$ ) bewirkt, daß schon geringe Effekte signifikant werden, z. B. Korrelationen ab 0,105 (bei  $\alpha = 5\%$ ), obwohl dies eine Varianzdetermination von nur 1,1 % bedeutet, oder ein t-Test, wo die Bestimmung des  $\Omega^2$ -Kriteriums (der Varianzreduktion durch die Klassifikation  $(s(Y) - s(Y|X))/s(Y)$ , vgl. HAYS, 1966) einen Wert unter 3 % ergibt.

Es erscheint deshalb sinnvoll, das Augenmerk weniger auf die statistische Signifikanz und mehr auf die statistische Relevanz einer Beziehung zu richten, also davon auszugehen, in welchem Grad die Variabilität einer untersuchten Variable durch eine/mehrere andere Variablen determinierbar ist (dabei mag das statistische Verfahren ein Unterschiedstest oder ein Zusammenhangstest sein).

Für die verschiedenen Problemstellungen wurden u. a. folgende Analyseverfahren (Computerprogramme überwiegend nach VELDMAN, 1967) eingesetzt\*:

\* in enger Zusammenarbeit mit Dipl.-Psych. R. Guski (Psychologische Sektion); ferner Mitarbeit von Dipl.-Psych. C. Laemmerhold in der Voruntersuchung und Dipl.-Psych. D. Freitag in der Hauptuntersuchung; eine Programm-Liste findet sich im Annexband, A. 8.3.1

4165

- Bestimmung der Zusammenhänge zwischen allen Variablen: Korrelationsmatrix, und zwar für die Gesamt-Gruppe und für Sub-Gruppen, innerhalb derer unterschiedliche Korrelationen zwischen denselben Variablen denkbar schienen (insgesamt 22; vgl. 8.5.4).
- Die notwendige Variablenreduktion ist, soweit möglich, nicht durch Selektion geschehen, sondern gleichartige Inhalte (kovariierende Größen) sind nach Kriterien der Faktorenanalyse zu übergeordneten Variablen zusammengefaßt worden (vgl. 8.3.3).
- Um die Unterschiede zwischen den Gruppen verschiedener Belärmung zu erfassen und zu klären, welche Variablen einzeln oder im Verbund am besten zwischen den akustischen Cluster-Sets differenzieren, ist (nach einzelner Varianzanalyse) die Methode der multiplen Diskriminanzanalyse benutzt worden (vgl. 8.5.2).
- Ein Hauptziel der Analysen war, die Variabilität der Reaktion auf Fluglärm aufzuklären, also festzustellen, in welchem Grad diese Varianz einerseits Stimulus-bedingt ist und andererseits durch den Einfluß von Moderatoren determiniert wird. Hierzu dienten multiple bzw. kanonische Korrelationen mit wechselnden Prädiktoren- und Kriterien-Sätzen und deren Vergleich untereinander (vgl. 8.5.3; zusätzlich finden sich Versuche mit Methoden der Pfadanalyse in 8.5.5).

Allerdings liegen auch die Schwierigkeiten des geschilderten korrelationsstatistischen Ansatzes auf der Hand, inhaltlicher wie statistischer Art:

- Die genannten Verfahren sind zunächst einmal Interdependenz-, nicht Dependenzanalysen, sie zielen vorwiegend auf deskriptiv-, nicht inferenzstatistische Aussagen, und sie lassen allenfalls dann Ursache-Wirkungs-Interpretationen zu, wenn der theoretische Status einer Variablen ganz eindeutig ist.
- Durch die Zusammenstellung der Variablen einer Analyse – es handelt sich ja inhaltlich immer nur um eine Stichprobe aus der Gesamtheit aller wirkenden Größen – kann die resultierende Struktur manipuliert werden.
- Die vorgesehenen Analyseverfahren verlangen erhebliche statistische Voraussetzungen, besonders hinsichtlich der Linearität der Regression und der Streuungen um die Regressionslinie („Homoscedastizität“).
- Es werden nur Variablen adäquat verarbeitet, die auf äquidistanten und vergleichbaren Skalen quantifiziert sind, denn die üblichen multivariaten Verfahren (insbesondere solche, für die auch Computerprogramme zur Verfügung standen) sind parametrisch.
- Die absoluten Skalenwerte der Variablen geraten außer Betracht.
- Es werden ausschließlich lineare Zusammenhänge erfaßt, und besonders, wenn in Sub-Stichproben unterschiedliche Interdependenzstrukturen gegeben sind, wäre ein linearer Regressionsansatz (für die Gesamtgruppe) problematisch.

Vor allem vom Problem der Datenqualität war die interdisziplinäre Auswertung stark betroffen.

### 8.3.2 Datenqualität – Skalen und Verteilungen

Bei der Zusammenstellung eines interdisziplinären Variablensatzes ergaben sich Daten unterschiedlichster Skalenqualität, d. h., Alternativ-, Kategorial-, Rang- und Intervallskalenwerte.

Wenngleich es für jede Datenqualität angemessene statistische Kennwerte gibt, so tritt doch das Problem auf, daß eine Korrelationsmatrix mit wechselnden Korrelationskoeffizienten in sich nicht vergleichbar ist und streng genommen nicht weiter verarbeitet wer-

4/165

den kann. Wollte man andererseits nur Intervallskalen-Meßwerte für die komplexen Analysen zulassen, so würde das einen vom inhaltlichen Analyseziel her kaum zu rechtfertigenden Variablenverlust bedeuten.

Die Organisatorische Sektion verfuhr deshalb nach einem Kompromiß. Es wurden zwei Arten von Variablen benutzt:

- (I) Intervallskalen-Meßwerte und alle anderen Werte, für die eine äquidistante Skala angenommen werden kann (z. B. die vorgetesteten Antwortskalen der Sozialwissenschaftlichen Sektion, vgl. 4.2.1.1);
- (A) Alternativdaten der Kodierung 0/1; soweit möglich wurden Kategorialwerte auf echte Alternativen reduziert, ferner Verteilungen dichotomisiert, die inadäquat schienen; Variablen mit mehr als 80 % in 0 oder 1 wurden ausgeschieden.

Wendet man nur die Produkt-Moment-Korrelationsformel auf solche Daten an, entstehen dreierlei Koeffizienten:

- Produkt-Moment-Korrelation (I-I)
- Punkt-Biserial-Korrelation (I-A)
- Punkt-Vierfelder-Korrelation (A-A)

Die entstehende Korrelationsmatrix ist dadurch in sich mathematisch konsistent.

Allerdings können die letzten beiden Korrelationskoeffizienten bei ungünstiger Proportion der Alternativvariablen unabhängig von der Stärke des Zusammenhangs nicht 1.0 erreichen (Beispiel: Bei Randsummen von 50:50 und 80:20 kann Phi maximal .50 werden).

Ein weiteres Datenproblem sind die Verteilungen. Bei sehr schiefen oder zweigipfeligen Verteilungen resultieren unter- oder überschätzende Korrelationskoeffizienten, und bei Alternativdaten, wie gezeigt, Begrenzungen des Maximalwerts (zum Problem der Korrelationen vgl. GUILFORD 1965<sup>4</sup>).

Auch Tests auf Abweichung von der Normalität der Verteilungen oder der Homogenität der Varianzen und Kovarianzen und Linearität der Regressionen (Voraussetzungen der multivariaten Verfahren), die zudem wegen der relativ großen Stichprobe sehr leicht signifikant werden, können die Zulässigkeit der Analysen in Frage stellen, insbesondere des multiplen Regressionsmodells (vgl. dazu 4.6.5.1).

Die Organisatorische Sektion hat sich dazu entschlossen, inhaltliche Aspekte über die statistischen Bedenken zu stellen, um möglichst viele Inhalte in den Analysen repräsentieren und die Aussagemöglichkeiten der genannten Methoden nutzen zu können; doch ist nicht zu leugnen, daß dafür keine theoretische (allenfalls die angedeutete pragmatische) Rechtfertigung gegeben werden kann. Zwingende Konsequenz ist allerdings eine äußerst vorsichtige Interpretation der Resultate komplexer Analysen.

### 8.3.3 Zusammenfassende Kennwerte

Die enorme Menge von Probandendaten wurde in den Kapiteln 4, 6, 7 schon deutlich; eine Variablenreduktion und Zusammenfassung zu übergeordneten Aspekten war also für die interdisziplinäre Auswertung sowohl aus ökonomischen und statistischen Gründen zwingend wie auch zur Minderung von Redundanzen. Zugleich stand zu hoffen, daß 'Sekundär-Variablen' größere Reliabilität und Validität haben als einzelne Items.

Die 'Daten-liefernden' Sektionen haben derartige Reduktionen unterschiedlich weitreichend und mit unterschiedlichen Methoden realisiert, so daß nur bedingt kompatible Datensätze resultierten.

### 8.3.3

Folgende Sekundär-Scores bieten sich an:

- Summen-Scores („summed ratings“ eines Item-Blocks oder arithmetische Mittel);
- Composite-Scores („CS“, kovarianzgewichtete Summierung einer Item-Kombination, nach HORST, 1939);

Voraussetzungen für beide: Gleichartige verknüpfbare Skalen der Items (üblicherweise wurden die ursprünglichen Skalen beibehalten); dies gilt nicht für:

- Faktoren-Scores (Grad, in dem bei einer Person ein (hypothetischer, aus den verknüpften Variablen errechneter) Faktor ausgeprägt ist).

Spezielle Schwierigkeiten ergeben sich bei den in Zeitreihe anliegenden physiologischen Meßwerten, z. B. sukzessiv gemessenen Werten in Ruhe- und Belastungssituationen. Die dafür denkbaren ‚Reagibilitätsscores‘ (einzelne Maximal-Differenzen oder summierte Differenzen, jeweils absolut oder mit Vorzeichen; prozentuale Reaktion; Composite- oder Faktor- oder z-Scores für Verlaufswerte; Autonomic Liability Scores; usw.) können hier nicht erörtert werden (vgl. jedoch 5.5.1, 7.3).

Im wesentlichen ist die Organisatorische Sektion so vorgegangen:

- Die resultierenden Variablen sollten Sekundär-Variablen sein, d. h., oberhalb der Item- bzw. Einzelwertebene liegen, aber noch keine inhaltlich komplexen Zusammenfassungen darstellen. Darum wurden vorgefundene Sekundärvariablen möglichst übernommen, nicht hingegen ‚Tertiärvariablen‘ (etwa die der Sozialwissenschaftlichen Sektion, vgl. 4.6.4), und Primärdaten (besonders physiologische der Medizinischen Sektion) wurden zusammengefaßt.
- Sekundärvariablen wurden zumeist als ‚Composite-Scores‘ (vgl. 8.4.2.1, Tab. 8-2) und 5.5.1) bestimmt, und zwar aufgrund der Korrelationsmatrix und orientiert an den Dimensionen einer übergreifenden Faktorenanalyse; seltener als Faktoren-Scores und Summen-Scores.

Anmerkung: Prinzipiell wären (orthogonale) Faktoren-Scores vorzuziehen, weil sie adäquat gewichtete, statistisch unabhängige Kennwerte ergeben; ferner werden die Probleme der Multikollinearität bei multiplen Regressionsanalysen vermieden. Andererseits sind Faktorenlösungen häufig instabil (vgl. 8.3.4 und Annexband, A. 8.3.4) und bei einer undeutlichen (oder orthogonal nicht angemessen beschreibbaren) Struktur können unbefriedigende Lösungen entstehen. Demgegenüber ist die Interpretation der Composite- (oder der Summen-) Scores einfacher, weil nur die vorgewählten Items eingehen.

Ferner ist noch anzumerken, daß eine Übernahme vorgegebener, intradisziplinär definierter Faktoren-Scores-Blöcke (z.B. der sozialwissenschaftlichen Tertiärvariablen) für die interdisziplinäre Auswertung nicht sinnvoll schien. So zeigte sich, daß Interkorrelationsmatrizen, die mehrere Blöcke von in sich unkorrelierten Variablen (aus verschiedenen Sektionen) enthielten, bei weitergehenden multivariaten Analysen interpretatorische Schwierigkeiten bringen (die Nullkorrelationen innerhalb derartiger Blöcke, in gewissem Grad aber auch die Korrelationen zwischen den Blöcken sind ja methodenbedingt). Es kommt hinzu, daß diese Faktorisierungen auf anderen Stichproben beruhen, im 1-Sample also teils veränderte Interkorrelationen resultieren.

### 8.3.4 Stabilität multipler Datenstrukturen

Die Stichhaltigkeit der Untersuchungsergebnisse hängt wesentlich davon ab, ob die den Probanden zugeordneten Daten verlässlich – d. h., prinzipiell reproduzierbar – sind und damit die Aussagen, die aus den Daten abgeleitet werden.

Die Reliabilität der Einzelvariablen war Problem der jeweiligen Sektion (vgl. 4.6.3); zu prüfen war jedoch die Stabilität der durch die multivariaten Verfahren erzeugten bzw. beschrie-

benen Datenstrukturen. Um darüber Aufschluß zu gewinnen, wurde das I-Sample in zwei zufällige Hälften (Split A = 179, Split B = 178 Personen) zerlegt. Für diese beiden Datensplits sind – ähnlich dem Vorgehen der Sozialwissenschaftlichen und der Psychologischen Sektion, vgl. 4.6.5.2.2 und 5.4.3.1 – wesentliche Analysen getrennt gerechnet und die Resultate miteinander verglichen oder kreuzweise miteinander verknüpft worden.

(Als Beispiel soll das Vorgehen zur Prüfung der Stabilität von Factor-Scores kurz angedeutet werden:

- Es können drei Faktorenanalysen (Gesamtgruppe, Splits X, Y gerechnet sowie Lösung X und Y ‚aufeinander-rotiert‘ und deren Ähnlichkeitskoeffizienten bestimmt (oder auch die Zuordnung der einzelnen Items zu den einzelnen Faktoren überprüft) werden.
- Aus den Rohwerten von Split X oder Y und den drei Faktorenmatrizen lassen sich 6 Typen von Faktoren-Scores berechnen, 3 je Person, die theoretisch zu 1,0 korrelieren müßten (dabei teils ‚part-whole‘-Effekt).

Ein analoges Vorgehen ist für multiple/kanonische Regressionsanalysen möglich).

Ergebnisse sollen hier nicht genannt werden (einige Hinweise jedoch in 8.5.4; ferner siehe 4.6.5.2.2 und Annexband A. 4.6.5.2.2 und A. 8.3.4). Insgesamt haben derartige Analysen nicht immer befriedigende Ergebnisse gebracht, jedenfalls dann, wenn die Mehrzahl der Korrelationen einer Matrix sehr niedrig ist (wie meist bei interdisziplinären Variablensätzen); sie legen nahe, multivariate Strukturen nur als Annäherung aufzufassen und vor allem einzelne Betagewichte oder Ladungszahlen in statistischen Modellen nicht überzubewerten. Da alle multivariaten Verfahren auf den Korrelationen zwischen den analysierten Variablen beruhen, sei der trotz 357 Pbn noch sehr große 95 %-Konfidenzbereich angedeutet: er beträgt z. B. bei einer Korrelation von  $r = .50$ : .42 bis .58; bei  $r = .25$ : .15 bis .35. – Signifikanzgrenzen: .11/.13 für 5 %/1 %-Niveau. (Angaben laut DOKUMENTA GEIGY, 1960<sup>6</sup>).

### 8.3.5 Einfluß von Störvariablen

Es war zu prüfen, ob für die in den sogenannten Kontrollvariablen (8.2.3) erfaßten Einflußgrößen Störeffekte auf die eigentlichen ‚thematischen‘ Variablen und damit Konfundierungen der zu untersuchenden Fluglärmwirkungen bewirkt haben.

Die Organisatorische Sektion tat dies für etwa 150 soziologische, psychologische und physiologische Variablen. Soweit dazu nichts von den jeweiligen Sektionen berichtet wurde (vgl. 4.6.6.2 und 4.6.6.3, 5.5.3), sollen einige Resultate hier kurz angedeutet werden (weitere im Annexband, A. 8.3.5):

- Mit den meteorologischen Variablen ergaben sich zwar eine Reihe signifikanter Korrelationen, jedoch war kein Determinationskoeffizient über 3 %, und ebenso zeigten sich keine interpretierbaren Föhneffekte.
- Bauliche und Wohnsituations-Variablen spielen allenfalls in Abhängigkeit von der Variable Haustyp eine Rolle (deren ungleichmäßige Verteilung hinsichtlich der Cluster wurde schon in 2.5.3 erörtert).
- Von der somatischen Variablen hat das Übergewicht erheblichen Einfluß auf physiologische Meßwerte, besonders die Blutdruckgrößen (Korrelationen um .50), was die Verwendung unkorrigierter Werte etwas in Frage stellt. Zu den Hörverlustdaten vgl. 6.6.6.
- Schließlich ist noch zu erwähnen, daß einige physiologische und blutchemische Daten offensichtlich mit fortlaufender Untersuchungszeit systematischen Trends unterlagen (Korrelationen mit ‚Untersuchungstag‘ bis .34). Dies ist besonders dann kritisch, wenn es sich hier um die höchsten Korrelationen einer Variable handelt (z. B. bei Lipid-Daten). Ursache können Versuchsleiter- und Auswerter-Effekte sein; bei den Blutdaten ist an die Probleme beim Einfrieren, Transport usw. zu denken (vgl. 7.5.2).

2380

### 8.3.5

Ähnlich dem Vorgehen der Psychologischen Sektion (vgl. 5.5.3) wurden einige der von der Organisatorischen Sektion definierten physiologischen Variablen von dem Varianzteil befreit, der durch die genannten „Störvariablen“ bedingt ist (Regressionstransformation nach LIE-NERT, 1959).

## 8.4 Interdisziplinärer Variablensatz

Im folgenden wird jener abschließend ausgewählte Variablensatz erläutert, auf dem die in 8.5. dargestellten interdisziplinären Analysen zur Fluglärmwirkung beruhen. (Vorbemerkung: Da die analysierten Variablen in den vorangegangenen Kapiteln schon ausführlich erörtert worden sind, scheint eine teilweise knappe Darstellung gerechtfertigt).

### 8.4.1 Auswahlkriterien

Für die interdisziplinären Auswertungen standen der Organisatorischen Sektion viele hundert Variablen zur Verfügung, die in spezifischer Auswahl für Sonderanalysen herangezogen wurden, die in diesem Bericht nicht dargestellt sind (z.B. Analysen zum Komplex psychovegetative Labilität, zu psychoakustischen Zusammenhängen, u.ä.m.).

Für die abschließenden Gesamtanalysen ist ein begrenzter (und dann durchgängig benutzter) Variablensatz mit folgendem Ziel ausgewählt worden:

- möglichst weitreichende Repräsentierung der Untersuchungsinhalte,
- maximale Variablenzahl in multivariaten Analysen im Verhältnis von 1 : 5 zur Stichprobe (N = 357),
- soweit möglich, Beibehaltung der vorgegebenen Variablen der Sektionen,
- inhaltliche Plausibilität und möglichst geringe Redundanz der Variablen,
- Datenniveau und Skalenqualität einigermaßen gleichwertig (0/1-Daten nur bei nichtersetzbaren Variablen, keine Kategorial- oder Rangdaten).

Zu diesem Zweck wurden (nach den Methoden von 8.3.3) auch eine Reihe neuer, übergreifender Kennwerte definiert.

### 8.4.2 Beschreibung des Enddatensatzes

#### 8.4.2.1 Variablen-Liste „D91“

Die resultierenden (und mit den anderen Sektionen abgesprochenen) 91 Variablen (Satz „D91“) sind in Tab. 8-3 zusammengestellt.

Um einen Hinweis auf die statistische Beschaffenheit der Variablen zu geben, ist dort der Variablentyp – gemäß Tab. 8-2 – angegeben, ferner die Anzahl der verarbeiteten Ausgangsdaten.



2975

Tab. 8-2 Statistischer Typ der ausgewählten Variablen

AW	Alternativdaten 0/1 (ja/nein bzw. Zutreffen/Nichtzutreffen)
IW	Intervallskalen-Werte (normierte Antwortskalen, Abzählungen, physikalische Meßwerte)
SRS	"summated-rating score" (Antwortsumme gleichsinnig gepolter Variablen)
CS	"composite score" (Covarianz-gewichteter Summenwert faktoriell homogener Items); teils T-transformiert
RSA	Reaktions-Summe absolut (addierte Differenzbeträge von Ruhe und Belastung bei physiologischen Verläufen)
FS	"factor-score" (nach „Varimax“-rotierter "principal components solution")
T	Standard-T-Wert ( $T = 50 + 10 z$ )

### 8.4.2.2 Inhaltliche Erläuterungen

Einige inhaltliche Erläuterungen zu Tab. 8-3:

– 6 Variablen quantifizieren den akustischen Stimulus (Nr. 87-91, Nr. 1; Daten laut 3.4.1). Diese (und zahlreiche weitere akustische Parameter) sind allerdings so hoch interkorreliert, daß das Fluglärmbewertungsmaß FB1 allein den Grad des Fluglärms hinreichend beschreibt (vgl. dazu 3.4.2, ferner 8.5.1). Die akustischen Cluster-Sets A, B, C, D dienen nur Klassifikationszwecken.

– 11 einzelne Variablen (Nr. 21-31) oder alternativ der globale Factor-Score „Globalreaktion-S“ = „R1U“ (Nr. 32) beschreiben die sozialwissenschaftlich definierte Reaktion auf Fluglärm (unverändert übernommene Daten, vgl. 4.6.4.3).

– 19 Umwelt- und Persönlichkeitsvariablen (Nr. 2-20, Nr. 33) – entstanden aus akustischen, sozialwissenschaftlichen, psychologischen, arbeitsphysiologischen und medizinischen Daten – stellen potentielle Moderatoren dar (vgl. 4.6.4.2, 5.4, 6.3.2, 7.2.2); auf den besonderen Status von Nr. 17, 18, 33 (Grundlärm, Hörverlust; Furchtassoziation Fluglärm) wird in 8.5.2 noch eingegangen).

Die ersten 11 Variablen dieses Blocks verknüpfen 35 ‚gelieferte‘ Scores (die ihrerseits 171 Primär-Items repräsentieren).

Die Composite-Scores wurden, soweit möglich, analog zu entsprechenden Kennwerten anderer Sektionen definiert; vgl. dazu Tab. 8-4.

– 30 psychophysiologische/psychomotorische Variablen (Nr. 34-63) sind unverändert von der Psychologischen Sektion übernommen worden (siehe dort 5.5.4; die letzten beiden Globalvariablen implizieren einige der vorangegangenen Variablen und waren darum nur alternativ zu diesen einzusetzen).

– 12 Variablen (Nr. 64-75) stellen eine Auswahl und Zusammenfassung aus 158 Meßwerten der medizinischen Experimental-Untersuchung (vgl. 7.2.3.1) dar (von Organisatorischer Sektion nach Diskussion mit Medizinischer Sektion errechnet; EMI-Werte log-transformiert, „RRM“ = ‚mittlerer Blutdruck‘ =  $RRD + 0.43 RRS$  (gemäß WEZLER); „PAQ“ = Puls-Atem-Quotient – gemäß HILDEBRANDT –; vgl. u.a. GEIGY 1960<sup>6</sup>, KEIDEL 1970).

– 5 „RSA“-Werte (Nr. 76-80) sind von der Medizinischen Sektion übernommen (vgl. 7.3).

Diese insgesamt 17 physiologischen Variablen erfassen je Funktion nur eine der jeweiligen Belastungssituationen, und zwar jene, die (aufgrund ausgedehnter Korrelationsanalysen aller Ausgangsdaten wie auch verschiedener Versuche einer Variablen-Verknüpfung) am ehesten eine Fluglärmabhängigkeit verhiessen. (Die Daten aus dem EKG sowie zum hautgalvanischen Reflex waren nicht verfügbar.)

– 6 blutchemische Variablen (Nr. 81-86) entsprechen ebenfalls dem Vorschlag der medizinischen Sektion (vgl. 7.2.2).

## 8.4.2.2

Mit diesen 91 Variablen (im weiteren Text durch „-“ gekennzeichnet) hat die Organisatorische Sektion den Hauptgang der interdisziplinären Auswertung – gemäß dem in 8.3.1 dargestellten Plan – gerechnet. Selektiert man Variable, die durch andere bereits repräsentiert sind (z.B. 21-31, 62, 63, 69, 70, 1, 87, 88, 90, 91), ergeben sich 70 Variablen, was im Verhältnis zu 357 Personen gerade noch akzeptabel erschien.

Tab. 8-3 Variablenliste der Interdisziplinären Auswertung („D91“)

Name (Erläuterungen nächste Seite)	Nr.	m1	m2	Typ
Globalreaktion-S („R1U“)	32	11	37	FS
Wahrgenommene Häufigkeit Fluglärm	21		1	IW
Wahrgenommene Lautheit Fluglärm	22		1	IW
Erträglichkeit Fluglärm	23		1	AW
Bindung an die Gegend	24		4	SRS
Physikalische Folgen von Fluglärm	25		2	SRS
Schmerzen infolge Fluglärms	26		2	SRS
Kommunikationsstörungen infolge Fluglärms	27		4	SRS
Störungen von Ruhe/Entspannung infolge Fluglärms	28		5	SRS
Physikalische Maßnahmen gegen Fluglärm	29		4	SRS
Soziale Maßnahmen gegen Fluglärm	30		5	SRS
Störbarkeit durch Fluglärm	31		8	SRS
Furchtassoziationen Flugzeug	33	2	9	CS
Sozioökonomischer Status, CS	2	4	53	CS
Labilität (Sozialwiss. und Psychol. Fragebogen), CS	3	5	33	CS
Autolärm-Ärger, CS	4	4	11	CS
Wohndauer, CS	5		3	CS
Robustheit gegenüber Lärm, CS	6	4	16	CS
Labilität (Medizinische Anamnese), CS	7	3	15	CS
Bindung an Hausbesitz, CS	8	2	4	CS
Unangenehmheitsurteil zu weißem Rauschen, CS	9		2	CS
Zufriedenheit mit Verkehrslage, CS	10	2	6	CS
Abneigung gegen das moderne Leben, CS	11	4	19	CS
Geschlecht (männlich = 0, weiblich = 1)	12		1	AW
Wohnung im Einzelbau („Haustyp“)	13		1	AW
Schlechter (körperlicher) Zustand	14		1	AW
Übergewicht	15		1	IW
Stroop-Score (Nettowert)	16		22	IW
Grundlärm L	17		2	IW
Hörverlust	18		4	FS
Alter	19		1	IW
Kritikbereitschaft	20		6	SRS
Wörter richtig beim Wörtererkennen	34	2	100	CS
Wörter falsch beim Wörtererkennen	35	2	100	CS
Falsche Reaktionen bei Distraction ohne akust. Inf.	36	1	50	CS
Falsche Reaktionen bei Distraction mit akust. Inf.	37	2	50	CS
Verpaßte Signale bei Distraction ohne akust. Inf.	38	1	50	CS
Verpaßte Signale bei Distraction mit akust. Inf.	39	3	50	CS
Reaktionszeit bei Distraction ohne akustische Inf.	40	7	50	CS
Reaktionszeit bei Distraction mit akustischer Inf.	41	7	50	CS
Anzahl Treffer bei Distraction ohne akustische Inf.	42	7	50	CS
Anzahl Treffer bei Distraction mit akustischer Inf.	43	7	50	CS
Reaktionszeit bei einfachen Stimuli ohne Rauschen	44	2	50	CS
Reaktionszeit bei einfachen Stimuli mit Rauschen 85 dB	45	2	50	CS

1785

Tab. 8-3 Fortsetzung	Nr.	m1	m2	Typ
Ruhe-Pulsfrequenz (Psychologische Sektion)	46	1	4	CS
Tracking-Fehler in Ruhe	47	7	60	CS
Tracking-Fehler zu Anfang von 85-dB-Rauschen	48	3	9	CS
Tracking-Fehler bei 85-dB-Rauschen und Belastung	49	4	12	CS
Tracking-Fehler in Ruhe nach 100 dB	50	2	6	CS
Fingerpulsamplitude in Ruhe	51	7	60	CS
Fingerpulsamplitude zu Anfang von 85-dB-Rauschen	52	3	9	CS
Fingerpulsamplitude bei 85-dB-Rauschen u. Belastung	53	4	12	CS
Fingerpulsamplitude zu Anfang von 100-dB-Rauschen	54	3	9	CS
Kopfpulsamplitude in Ruhe	55	7	60	CS
Kopfpulsamplitude zu Anfang von 85-dB-Rauschen	56	3	9	CS
Kopfpulsamplitude bei 85-dB-Rauschen und Belastung	57	4	12	CS
Muskelaktivität in akustischer Ruhe	58	7	60	CS
Muskelaktivität zu Anfang von 85-dB-Rauschen	59	3	9	CS
Muskelaktivität bei 85-dB-Rauschen und Belastung	60	4	12	CS
Defensivreaktion	61	10	281	CS
Aufmerksamkeitsleistung	62	5	160	CS
Aufmerksamkeitsleistung bei Zusatzgeräusch	63	5	109	CS
Elektromyointegral (EMI) Ruhe, CS	64		5	CS
Systolischer Blutdruck (RRS) Ruhe, CS	65		5	CS
Diastolischer Blutdruck (RRD) Ruhe, CS	66		5	CS
Pulsfrequenz (PF) Ruhe, CS (Medizinische Sektion)	67		5	CS
Atemfrequenz (AF) Ruhe, CS	68		5	CS
Mittlerer Blutdruck (RRM) Ruhe	69	2	10	CS
Puls-Atem-Quotient (PAQ) Ruhe	70	2	10	IW
Elektromyointegral (EMI) Lärmstöße, CS	71		3	CS
Systolischer Blutdruck (RRS) Lärmstöße, CS	72		3	CS
Diastolischer Blutdruck (RRD) Lärmstöße, CS	73		3	CS
Pulsfrequenz (PF) Lärmstöße, CS	74		33	CS
Atemfrequenz (AF) Dauerlärm, CS	75		5	CS
Elektromyointegral (EMI) Lärmstöße, RSA	76		4	RSA
Systolischer Blutdruck (RRS) Lärmstöße, RSA	77		4	RSA
Diastolischer Blutdruck (RRD) Lärmstöße, RSA	78		4	RSA
Pulsfrequenz (PF) Lärmstöße, RSA	79		4	RSA
Atemfrequenz (AF) Dauerlärm, RSA	80		6	RSA
Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit (BSG)	81		1	IW
Gesamt-Cholesterin	82		1	IW
Blutzucker	83		1	IW
Serumtransaminase SGOT	84		1	IW
Leukozyten im Serum	85		1	IW
Gesamt-Eiweiß im Serum	86		1	IW
Mittlere Überflugdauer D	87	1	—	IW
Mittlere Überflugdauer D	88	1	—	IW
Fluglärm-Bewertungsmaß FBI	89	2	—	IW
Überflughäufigkeit H	90	1	—	IW
Mittlerer Überflugpegel L <sub>A</sub>	91	1	—	IW
Akustische Cluster-Sets	1		1	IW

Die Nr. entstammt der internen Nummerierung des interdisziplinären Datensatzes. — Zu Typ vgl. Tab. 8-2. — m1 bezeichnet die verrechneten Größen bei der Bildung eines kombinierten Wertes, m2 die Anzahl der ursprünglichen Items/Messwerte. — Vgl. Tab. 8-6.

Tab. 8-4 Composite-Scores für Persönlichkeitsvariablen		
Comp.-Score (Nr.)	verknüpfte Variablen	Bezugsgröße
Sozioökonomischer Status (2)	„Lebensstandard“, „WBT-Intelligenz“, „Beruf. Position“	„Statusfaktor“ (M1) $r = -. 83$
Labilität ‚S + P‘ (3)	„Hypochondrie“, „Labilität“ (soz. wiss. Befragung); SRS „Stimmungslage“, SRS „Nervosität“, SRS „Befindlichkeit“ (Fragebogen Psychologische Sektion)	„Hypochondrie-Faktor“ (M5) $r = . 73$
Autolärm-Ärger (4)	„Wahrg. Häufigkeit“ u. „Lautheit Autolärm“, „Kommunikationsstörungen“ und „Störungen von Ruhe/Entspannung infolge Autolärms“	–
Wohndauer (5)	„Wohndauer Ortsteil“, „- Haus“, „- München“	„Wohndauer-Faktor“ (M3) $r = . 85$
Robustheit gegenüber Lärm (6)	„Glaube, daß Fluglärm gesundheitsschädlich ist“ (neg.), „Lärmempfindlichkeit“ (neg.), „Lärmgewöhnbarkeit“, „Aspekt des Harmlosen/Flugzeugbild“	„Lärmgewöhnbarkeits-Faktor“ (M2) $r = . 86$
Labilität ‚M‘ (7)	SRS „Beschwerden Kreislauf etc.“, SRS „Beschwerden Magen etc.“, SRS „Beschwerden Schlaf etc.“	(M5) (s.o.) $r = . 20$
Bindung an Hausbesitz (8)	„Besitzer/Mieter“, „Bindung Wohnung“	„Mobilitätsfaktor“ (M4) $r = -. 35$
Unangenehmheit Rauschen (9)	„Unangenehmheitsurteil zu 50 dB“ „- zu 85 dB“ (weißes Rauschen)	–
Zufriedenheit mit Verkehrslage (10)	„Zufriedenheit mit den Verkehrs- u. Einkaufsmöglichkeiten“, „Aspekte des Schönen/Flugzeugbild“	–
Abneigung gegen das moderne Leben (11)	„Wertigkeit des Flugverkehrs“ (neg.), „Abneigung gegen Zivilisation und Technik“, „Mobilität“ (neg.), „Konservativismus“	(M4) (s.o.) $r = -. 64$
Furcht-Assoziationen Flugzeug (33)	„Furcht vor Flugzeugen“, „Aspekt des Bedrohlichen/Flugzeugbild“	–

Items zu „Labilität ‚M‘“ entstammen Zusatzanalyse der medizinischen Anamnese durch Organisatorische Sektion; näheres siehe Annexband, A. 8.4.2.2. – Zu Variablen M1-M5 (sozialwissenschaftlich) vgl. Kap. 4.6.4.2, Tab. 4-6. – Nr. laut Tab. 8-3.

3272

(Anmerkung:

Daß die Organisatorische Sektion die durch die Medizinische Sektion gegebenen Daten teils relativ stark modifiziert hat, ist darin begründet, daß einerseits der Vergleich zwischen den physiologischen Daten von Psychologischer und Medizinischer sowie der Vegetativum-bezogenen Daten von Sozialwissenschaftlicher und Medizinischer Sektion besonders interessierte und andererseits die Daten von den Sektionen sehr unterschiedlich strukturiert wurden, also eine gewisse Angleichung notwendig schien. - Versuche, zu einer funktionsübergreifenden physiologischen Persönlichkeitscharakteristik o.ä. zu kommen - die Psychologische Sektion hatte mit einem solchen Ansatz in der Variable „Defensivreaktion“ einen gewissen Erfolg - brachten allerdings keine brauchbaren Ergebnisse.)

### 8.4.3 Ähnlichkeitsstruktur der Gesamtmatrix

Alle 91 Variablen wurden interkorreliert (im I-Sample, Matrix im Annex-Band, A.8.4.3.0, ferner innerhalb von 22 Sub-Samples, dazu 8.5.4).

Von den 4095 Korrelationen erbringen nur 41 einen Determinationskoeffizienten  $r^2 = .50$  oder mehr (ohne die untereinander stark abhängigen Fluglärmkennwerte sind es noch 31); insignifikant (1%-Schranke bei 0.13) sind 82 % aller Koeffizienten.

#### 8.4.3.1 Faktorenanalyse mit 86 Variablen

Die Matrix repräsentiert also verhältnismäßig wenig Kovarianz, d.h. (reliable Variablen unterstellt) relativ viele unabhängige Dimensionen.

Dies zeigt sich auch in einer Faktorenanalyse („principal component solution“; 5 rechnerisch abhängige Variablen wurden ausgelassen): Setzt man als Kommunalität 1 ein, erklären 25 Faktoren mit Eigenwerten größer 1 erst 2/3 der Gesamtvarianz; setzt man als Kommunalitätsschätzung multiple Korrelationen ein, werden zwar über 4/5 der gemeinsamen Varianz durch 15 Faktoren erfaßt, doch haben nur 37 Variablen Kommunalitäten über 0.50 und 26 solche unter 0.25.

Um eine Übersicht über die inhaltliche Struktur des interdisziplinären Datensatzes zu geben, werden in Tab. 8-5 die generellsten Dimensionen dargestellt (die ersten 10 erwiesen sich in Analysen mit Zufalls-Splits (vgl. 8.3.4) als stabil); die Matrix ist nach „Varimax“-Kriterium rotiert.

(Die Ladungen und Varianzanteile (zwischen 7 und 2 %) werden nicht im einzelnen genannt, da hier nur eine Grobbeschreibung der gemeinsamen Struktur verschiedener Lösungen intendiert ist; näheres im Annex-Band, A.8.4.3.1 sowie A.8.3.4).

In der Tabelle sind insgesamt 61 Variablen erfaßt: Die übrigen 25 haben entweder überhaupt keine Kovarianz oder mehrere mäßige Interkorrelationen, so daß keine stabile Achsenstruktur entsteht.

Hierzu zählen die blutchemischen Variablen (81-86), die physiologischen Reaktionssummen-Kennwerte (76-80), die Kopfpuls-Variablen (55-57), Zustand und Labilität laut Anamnese, ferner einzelne Aspekte wie Hörverlust, Wohnungstyp usw.

Dabei darf nicht übersehen werden, daß die starke Reduktion der ursprünglichen Variablenmenge (u.a. mit dem Ziel geringer inhaltlicher Redundanz) zu der geschilderten Struktur wesentlich beigetragen hat.

Die Analyse zeigt, daß Variablenbereiche, die sich bei spezieller Betrachtung durchaus ausdifferenzieren, im großen Kontext wegen ihrer relativ höheren Ähnlichkeit zu-

1795 -

8.4.3.1

sammenfallen: So laden z.B. alle 11 sozialwissenschaftlich definierten Reaktionsvariablen nach Rotation über .45 auf einem Faktor (vgl. dagegen die Reaktions-Faktorenscores ,R1' - ,R4' in 4.6.4.3, Tab. 4-7; der globale Reaktions-Faktorenscore der Sozialwissenschaftlichen Sektion wird allerdings hiermit bestätigt; er ist (entgegen den Überlegungen in 8.3.3) als einziger der ,Tertiärvariablen' übernommen worden.

Tab. 8-5 Faktorenstruktur des Interdisziplinären Datensatzes (D91)

Hauptvariablen	Kurzbeschreibung des Faktors
28, 90, 27, 91, 31, 87, 25, 24, 21, 23, 26, (30, 22, 29)	Sozialpsychologische Fluglärm-Reaktionen und Fluglärmparameter Häufigkeit, Pegel, Dauer
69, 65, 66, 72, 73, 15, (19)	Blutdruckniveau (bei Ruhe und Lärm) sowie Übergewicht, Alter
42, 38, 39, 43	Leistung (Treffer versus verpaßte Signale) im Distraction-Versuch
6,3,9, (33, 20)	Generelle (Lärm-) Empfindlichkeit und Labilität
16, 11, 2, 19, (36, 37)	Sozial und Intellektuell niedriger Status (und Alter)
67, 74, 46, (70)	Pulsfrequenz (bei Ruhe und Lärm)
68, 70, 75	Atemfrequenz (bei Ruhe und Lärm)
91, 90, 87	Fluglärmparameter (Pegel, Häufigkeit, Dauer)
41, 40, 44, 45	Reaktionszeit (einfach und bei Distraction)
64, 71	Muskeltonus: EMI (bei Ruhe und Lärm)
(61, 49, 48, 60, 58)	Physiologische Defensiv-Reaktion und motorische Komponenten bei Lärm (Muskelaktivität/Tracking)
(34, 35)	Leistung beim Wörtererkennen-Versuch
(17, 8, 5, 4)	Ungünstige Wohnsituation (besonders Verkehrslärm)
(53, 54)	Fingerpulsamplitude bei Lärm

Vgl. Variablenliste = Tab. 8-3. - Variablen in Klammern: Ladungen unter .50 oder instabiler Bezug zum Faktorensystem.

8.4.3.2 Interdisziplinäre Kontingenzen

Die Analyse der Korrelationsmatrix zeigt ferner als prinzipiellen Sachverhalt, daß Sektionsübergreifende Kontingenzen selten sind. Dies gilt für alle Probandendaten (der Zusammenhang mit den Fluglärmdata wird erst in 8.5 dargestellt):

Die sozialwissenschaftlich definierten Reaktionsvariablen und (psycho-) physiologische Variablen, für die ebenfalls eine Beeinflussung durch Fluglärm angenommen wird („Defensivreaktion“, „Blutdruck“), korrelieren zwar signifikant, aber bei  $r = \text{maximal } .15$  nur sehr niedrig miteinander.

Sektionsübergreifend korrelieren die Aufmerksamkeitsleistungen in psychologischen Distraction- und Tracking-Experimenten (zusammengefaßt in den Variablen 62 und 63) mit sozialem und intellektuellem Status sowie mit Alter und Geschlecht ( $r$  jeweils um .20), ferner mit den sozialpsychologischen Reaktionsvariablen ( $r$  um .15), nicht jedoch mit physiologischen Variablen.

3570

Die physiologischen Variablen der Psychologischen Sektion (Muskelaktivität, Pulsfrequenz, Finger- und Kopfpulsamplitude, Nr. 46, 52-60) und die der Medizinischen Sektion (Blutdruck, Muskeltonus (EMI), Puls- und Atemfrequenz, Nr. 64-80) korrelieren so gut wie gar nicht (außer Pulsfrequenz, s. u.), beispielsweise auch nicht die Werte der Muskelaktivität der Psychologischen Sektion und die Elektromyointegrale (Muskeltonus) der Medizinischen Sektion (dies ist theoretisch wohl auch nicht zu erwarten).

So wie hier verschiedene Operationalisierungen der – ursprünglich – selben physiologischen Funktion eindeutig Verschiedenes erfassen, so zeigen sich auch keinerlei Korrelationen jeweils zwischen den Effektivwerten und den Reaktionssummen-Werten (vgl. „RSA“ in Tab. 8-2) der 5 physiologischen Funktionen (unter Lärm) innerhalb der Medizinischen Sektion.

Unter anderem scheinen folgende zwei Gründe für die geringen interdisziplinären Kontingenzen in physiologischen Variablen wesentlich:

- Die Medizinische Sektion hat im wesentlichen mit den absoluten, die Psychologische Sektion mit normalisierten und individuell relativierten Werten gearbeitet (vgl. 5.5.2), so daß schon von daher ein Vergleich kaum möglich ist.
- Schon intradisziplinär zeigen die verschiedenen Funktionen kaum Kovarianz, wenn man die hohe Korrelation der systolischen mit den diastolischen Blutdruckwerten ( $r$  um .75) und einen schwachen Bezug der Pulsfrequenz zu Blutdruck ( $r$  zwischen .15 und .20) ausnimmt. Dieser Sachverhalt ist durchaus bekannt (vgl. z. B. FAHRENBERG, 1967) und insbesondere in 5.4.3.3 schon ausführlich diskutiert worden.

Ähnliche Erfahrungen machte die Organisatorische Sektion bei dem Versuch, zum Komplex psychischer/vegetativer Labilität (111 Items aus sozialwissenschaftlichem und psychologischem Fragebogen sowie medizinischer Anamnese) interdisziplinär definierte Kennwerte zu gewinnen; nur bei inhaltlich identischen Punkten wurden interdisziplinäre Korrelationen von .50 erreicht (vgl. unten); die zunächst gebildeten 8 Kennwerte wurden zu den Variablen 3 und 7 verknüpft: vgl. Tab. 8-4.

Dies alles liegt gewiß nicht nur an der inhaltlichen Unterschiedlichkeit der Untersuchungsprogramme. Die Chancen für relevante Korrelationen sind offensichtlich innerhalb eines zeitlichen und situativen Kontextes (intradisziplinär) größer als über eine Zeitspanne hinweg; hier spielt auch ein Reliabilitätseffekt hinein.

Zur Illustration seien noch Korrelationen für einige Variablen genannt, die von mehreren Sektionen erhoben worden sind:

- Nervosität, erfragt von Sozialwissenschaftlicher, von Psychologischer, von Medizinischer Sektion:  $r = .48 / .54 / .48$  (die Formulierungen der 3 Items waren etwas unterschiedlich);
- Schlafstörungen, erfragt von Sozialwissenschaftlicher und von Medizinischer Sektion (dort zwei Aspekte):  $r = .52 / .49$ ;
- Pulsfrequenz (Ruhe), gemessen von Psychologischer und von Medizinischer Sektion:  $r = .64$ .

(Diese Werte geben zugleich Hinweise auf die Retest-Reliabilität der genannten Variablen.)

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die ausgewählten 91 Variablen eine verhältnismäßig breite und vieldimensionale Charakterisierung der Probanden in sozialer, psychischer und somatischer Hinsicht ermöglichen; die geringen interdisziplinären Kontingenzen mindern jedoch die Möglichkeiten, zu anderen als den intradisziplinären Resultaten zu kommen.

## 8.5 Interdisziplinäre Analysen zur Fluglärmwirkung

Zur Analyse der Auswirkungen von Fluglärm auf den Menschen soll zuerst die Stimulusseite rekapituliert werden (8.5.1), ehe die Reaktionen der Betroffenen dargestellt (8.5.2) und dann deren Modifikation durch Umwelt- und Persönlichkeits-Faktoren beschrieben werden (8.5.3); die Darstellung orientiert sich etwas am vorangestellten Interdependenzschema (8.1.2). In 8.5.4 folgen Subgruppenanalysen, und in 8.5.5 sollen Dependenzanalysen zur Fluglärmwirkung erörtert werden.

Noch ein grundsätzlicher Hinweis: Die statistischen Analysen und Resultate sind hier nur in Auswahl und zumeist knapper Form dargestellt (weitere Informationen finden sich im Annexband, A.8.5); dennoch lassen sich Wiederholungen (von Themen, die schon in den Kap. 3 bis 7 erörtert wurden) nicht vermeiden, wenn der Zusammenhang der Darstellung gewahrt bleiben soll.

### 8.5.1 Validität der Fluglärm-Kennwerte

Ein entscheidendes Ziel des Cluster-Konzepts der Hauptuntersuchung war, die Fluglärm-daten den Probanden möglichst spezifisch zuzuordnen, um den Zusammenhang von Stimulus und Reaktion so differenziert wie möglich analysieren zu können. Entsprechend sind die akustischen Cluster-Meßwerte jedem (der im I-Sample durchschnittlich 11) Cluster-Probanden individuell zugeordnet worden.

Es darf jedoch nicht übersehen werden, daß dies nur eine Näherung ist, und zwar besonders deswegen, weil die Staffelung der 32 Cluster weitaus enger ist als der vermutliche akustische Meßfehler (vgl. 3.4.5), und weil die Mehrzahl der Cluster sich über 2, teils auch 3 der ursprünglichen dB-Linien erstreckt (vgl. 2.3.4).

Ferner ist zu bedenken, daß zufolge unterschiedlich häufiger Abwesenheit (vgl. 4.6.6.2) verschiedene Bewohner eines Clusters trotz gleicher Lärmsituation unterschiedlich stark Fluglärm-betroffen sind, und die Art der Wohnung wie auch Benutzung von Terrasse oder Garten bringen eine weitere Modifikation der Schallauswirkung.

Zwar wurde versucht, derartige Effekte durch die Erhebung entsprechender Variablen – vgl. 8.2.3 – zu kontrollieren, doch die erhaltenen Daten sind nicht exakt genug, um eine Art korrigiertes Fluglärmbelastungsmaß zu ermöglichen. In der Untersuchung der TRACOR Inc., 1970 zeigte sich übrigens, daß Fluglärmkennwerte, die auf dem innen hörbaren Fluglärm beruhen (gemäß „house attenuation correction“), geringer mit „annoyance“ korrelieren als unkorrigierte Fluglärmmaße; entscheidend ist offensichtlich vorwiegend der 'draußen' erlebte Fluglärm.

Es kommt hinzu, daß Personen, die Schallschutzmaßnahmen ergreifen, im Allgemeinen nicht übermäßig zufrieden sind; dies zeigte sich ebenso in der 2. Heathrow-Untersuchung (KNOWLER, 1972).

Die in die Stimulus-Reaktions-Analysen eingehenden Fluglärm-daten sollten in jedem Fall nur als Schätzung der tatsächlichen individuellen Fluglärmbelastung verstanden werden; gegenüber Gruppenvergleichen wie bei der Voruntersuchung stellen sie allerdings eine weitaus spezifischere Information dar. Aus der Darstellung der Akustischen Sektion ging bereits hervor (vgl. 3.4.2.1), daß die verschiedenen Fluglärmvariablen außerordentlich hoch (durchweg über .90) interkorreliert sind, und zwar nicht nur die verschiedenen Globalmaße („Beurteilungsmaße“), sondern schon die eingehenden Komponenten. Überflughäufigkeiten und -Pegel sind – unter den Bedingungen des Münchener Untersuchungsgebiets – also offensichtlich so stark abhängig, daß akustisch spezifische Effekte nicht sehr deutlich werden können.



446<sup>2</sup>

Für die interdisziplinären Analysen bedeutet dies, daß es weitgehend ohne Relevanz ist, welchen Fluglärmkennwert man z. B. in Regressionsmodelle als Prädiktor von Reaktionen einsetzt. Aus diesem Grund wurde im Allgemeinen mit dem Globalmaß „FB1“ gerechnet, das eine erschöpfende Charakteristik der vorhandenen Fluglärmdata darstellt.

Die Analysen machen zugleich aber auch deutlich, daß (innerhalb des gegebenen Pegelbereichs) die Häufigkeit der Überflüge ebenso wichtig für die Störwirkung ist wie deren Lautstärke, ein Fluglärmbeurteilungsmaß also dann am validesten ist (bezogen auf Beeinträchtigungskriterien), wenn es die Häufigkeitskomponente adäquat einbezieht. Will man den Trend interpretieren, daß die meisten Reaktionsvariablen genauso hoch oder etwas höher mit der Überflughäufigkeit als mit dem Überflugpegel korrelieren (und die Überflugdauer ohnehin eine geringere Rolle spielt), kann man vereinfachend sagen: offensichtlich ist die Tatsache eines Überflugs (wenn er erst einmal das 'normale' Geräuschniveau deutlich überschritten hat) zumindest ebenso wichtig wie die spezielle akustische Charakteristik dieses Ereignisses.

Einige Anmerkungen zu den einzelnen Fluglärmparametern:

Insbesondere aus physiologischer Sicht wird im Allgemeinen angenommen, daß Fluglärmwirkungen vor allem von der Intensität der Schallereignisse abhängen, zumindest somatische Wirkungen also adäquater in Abhängigkeit einer Intensitätsskala analysiert würden (vgl. auch 6.6.5).

Aus den Daten der Münchner Untersuchung gibt es dafür allerdings keinerlei Hinweise (sofern physiologische Größen signifikant mit Fluglärm korrelieren, zeigen sich keine Unterschiede hinsichtlich Pegel- oder Häufigkeits-Aspekten).

Ebensowenig können die verfügbaren Daten zur Klärung der 'Äquivalenzfrage' beitragen. Verschiedene Fluglärmbewertungsverfahren (u. a.  $\bar{Q}$ ; vgl. 3.5.1, 3.5.2.2) gehen ja im Prinzip davon aus, daß die Empfindung von X Ereignissen mit Pegel Y dB der von X/2 Ereignissen mit Pegel Y+4 dB 'äquivalent' sei (theoretische Begründung u. a. in BÜRCK et al., 1965). Analysen im Rahmen der Organisatorischen und Diskussionen mit der Akustischen Sektion lassen es zwar nicht allzu plausibel erscheinen, daß die Auswirkungen einer Fluglärmbelastung von z. B. 80 Überflügen mit 99 dB am Tag (was in etwa für die innersten Cluster gilt) gleichwertig einer solchen von 160 Überflügen mit 95 dB wären. Man mag als Hinweis für die Bedeutung des Häufigkeitsaspekts werten, daß die Mittelwertsunterschiede der sozialpsychologischen „Globalreaktion-S“ und der physiologischen „Defensivreaktion“ in den Sets von D-C über C-B nach B-A zunehmen, wie es auch die Set-Differenzen in der Überflug-„Richthäufigkeit“ tun (D-C = 8.2, C-B = 14.3, B-A = 37.5), während die Set-Differenzen im „Überflugpegel L“ abnehmen (D-C = 6.4, C-B = 4.6, B-A = 3.4); diese Differenzen hinsichtlich FB1 (oder  $\bar{Q}$ ) sind etwa gleich. Eine stichhaltige Aussage wäre aber nur möglich, wenn Intensitäts- und Häufigkeits-Effekt in einem entsprechend differenzierten Fluglärmbetrieb systematisch getestet werden können; ebendies war in München (und bei nur 32 Untersuchungspunkten) unmöglich. (Realisierbar war lediglich ein Vergleich verschiedener Häufigkeiten bei niedrigen Pegeln; dazu siehe 8.5.4.3).

Denkbar ist darüber hinaus, daß der Äquivalenzgedanke als Ganzes unangemessen ist (vgl. 1.4.3), oder zumindest, daß sowohl für verschiedene Lärmarten wie auf verschiedenen Intensitätsniveaus unterschiedliche Äquivalenzparameter adäquat wären.

Ein dritter relevanter Fluglärmparameter ist die Überflugdauer. Der international übliche Kennwert („D<sub>10</sub>“) korreliert unter den Bedingungen der Münchner Stichprobe negativ mit der Beeinträchtigung durch Fluglärm; dies ist offensichtlich ein Artefakt der Definition dieses Kennwerts am Spitzenpegel. Die Definition einer Dauer an einem festen Grundpegel („D<sub>80</sub>“, vgl. 3.4.3.2) ergab der Richtung nach sinnvolle Korrelationen (längere Einwirkdauer = größere Verärgerung usw.). Der Zusammenhang ist jedoch

3570

### 8.5.1

schwach; auch hier ist ein durch die Clusterstruktur eingeschleppter Artefakt nicht auszuschließen. Vergleiche von Arealen mit unterschiedlichen Dauern bei sonst gleichen Bedingungen sind nicht hinreichend möglich; deswegen, und weil auch eine schlüssige Vorstellung über den Einfluß des Dauerparameters fehlt, ist auf eine Verwendung von „D<sub>10</sub>“ und „D<sub>90</sub>“ in den interdisziplinären Analysen meist verzichtet worden. (Möglicherweise wäre als Dauerkennwert die effektive Zeit, in der ein Überflugpegel aus dem aktuellen örtlichen Grundpegel herausragt, die psychologisch sinnvollste Größe; dergleichen ließ sich jedoch unter den technischen Bedingungen in München nicht bestimmen).

Es ist noch anzumerken, daß einige Analysen (zusammen von Akustischer, Psychologischer und Organisatorischer Sektion) mit 'relativierten' Fluglärmparametern gerechnet wurden. Unterstellt man, daß die Wirkung des Fluglärms durch das übrige Lärmgeschehen mitbestimmt ist, sind zwei Vorstellungen denkbar:

- die Wirkung des Fluglärms sei umso größer, je mehr er aus dem 'normalen' Grund- und Umgebungslärm herausragt;
- bei gleichem Fluglärm seien diejenigen betroffener, die 'zusätzlich' stärkerem Verkehrs- und Umgebungslärm ausgesetzt sind.

Es erwies sich jedoch, daß entsprechend definierte Kennwerte modifizierte Pegelmaße geringer mit Beeinträchtigungs-Variablen korrelieren als die originalen Pegelmittelwerte der Cluster (vgl. 3.4.4.2).

Ebenso wie FB1 für korrelative Analysen, so kann auch die Set-Einteilung (erläutert in 8.2.4 für Gruppenvergleiche als valide Charakterisierung der Fluglärmsituation akzeptiert werden (als 4-stufige Variable aufgefaßt, ergibt sie annähernd gleich hohe Korrelationen zu Reaktionen wie FB1).

Die Set-Mittelwerte von FB1 sind in etwa gleichabständig (Differenzen = 8.1, 8.1, 9.5), die Streuungen allerdings beträchtlich verschieden (1.3, 1.8, 2.6, 4.1 von Set D nach Set A). Die Variationsbreite der Fluglärmbelastung fiel insgesamt etwas geringer aus, als zunächst geplant war (vgl. 2.3.2.2), zumindest in den Pegelmittelwerten der Cluster. Die theoretischen, aus den Vormessungen abgeleiteten Schätzwerte sahen zwischen 75 und 107 dB(A) für die Cluster vor (vgl. 3.2.2.2), die späteren Meßresultate der Hauptuntersuchung erbrachten Clustermittelwerte ( $\bar{L}_A$ ) zwischen 81 und 100 dB(A) (vgl. 3.4.1.5). Der Grund dafür liegt im unteren Pegelbereich u. a. darin, daß bei einer Meßschranke von etwa 75 dB(A) (technisch notwendig zur Abgrenzung gegen Straßenlärm etc.) Überflugereignisse mit sehr geringen Pegeln von den automatischen Meßstationen nicht mehr erfaßt wurden (was in den Vormessungen eher möglich war), die Pegelmittelwerte in den Clustern mit geringer Fluglärmbelastung also etwas überhöht sein dürften. Im oberen Pegelbereich mag eine Rolle spielen, daß in den innersten Clustern von den automatischen Meßstationen mitunter Rollbewegungen auf dem Flughafen selbst oder auch Starts nach Osten (d. h., relativ 'leisere' Ereignisse) erfaßt wurden, was den Pegelmittelwert dieser Cluster verringern muß.

Es ist denkbar, daß aufgrund dieser etwas reduzierten Streuung von  $\bar{L}_A$  (und damit auch FB1) die Stimulus-Reaktions-Korrelationen den 'wahren' Zusammenhang etwas unterschätzen.

### 8.5.2 Kriterien der Fluglärmwirkung

#### 8.5.2.1 Statistische Kennwerte

Hauptziel der Untersuchung ist, die psychischen, somatischen und sozialen Auswirkungen des Fluglärms auf den Menschen zu analysieren.

Nun handelt es sich um eine Querschnittsuntersuchung, deren 'Zugriff' außerdem nicht unmittelbar der eigentlichen Fluglärm-Situation (oder dem Wirkungsverlauf), sondern – in zeitlicher und räumlicher Verlagerung – den zu einem bestimmten Zeitpunkt manifesten Folgen galt; ein strenger 'vorher-nachher'-Vergleich ist also nicht möglich.

Die Konsequenz daraus ist, den Nachweis von Fluglärmwirkungen – von Veränderungen in soziologisch, psychologisch, physiologisch untersuchbaren Bereichen des Menschen – auf den Vergleich von unterschiedlich Fluglärm-exponierten Personengruppen auszurichten, d. h. den Zusammenhang zwischen dem Grad des Fluglärms und den als beeinflusst hypostasierten (abhängigen) Variablen zu ermitteln.

In diesem Sinne soll in den Analysen der Organisatorischen Sektion als Kriterium der Fluglärmwirkung ('Wirkungsvariable', Fluglärm-determinierte Reaktionsvariable) eine Größe gelten, deren Varianz in relevantem Grad durch einen Stimulusparameter determiniert ist.

Für eine solche Aussage wurden folgende Kriterien angesetzt:

- relevante lineare Korrelation mit dem Fluglärmbewertungsmaß FB1 ( $r^2 > .05$ );
- signifikante Varianzanalyse zwischen 4 akustischen Cluster-Sets ( $\text{Alpha} < 1\%$ ;  $\text{Omega}^2$ -Kriterium  $> 5\%$ );
- relevanter Beitrag des Stimulus bei multipler Prädiktion der Reaktionsvariablen.

Dieses Kriterium gilt 'direkten' Fluglärmwirkungen; 'indirekte' Wirkungen werden in 8.5.5 analysiert.

Eine Übersicht über die wichtigsten statistischen Kennwerte (u.a. Gesamt- und Set-Mittelwerte und Kriterium-Korrelationen) für die 91 analysierten Variablen gibt Tab. 8-6.

Für die meisten Variablen sind die Ergebnisse schon aus den vorangegangenen Kapiteln bekannt, jedoch –ausgenommen die psychologischen Variablen – nicht anhand des I-Samples. (Die Korrelationsmatrix der 9 wichtigsten Variablen findet sich in 8.5.5.2, Tab. 8-17; die Gesamtmatrix im Annexband, A.8.4.3.0, Tab. A.8-5.)

(Ein Hinweis zu den Mittelwerten und Standardabweichungen in Tab. 8-6: Da viele Variablen transformiert wurden, insbesondere bei der Bildung von kombinierten Größen, und da häufig auf eine Normierung der Verteilung verzichtet wurde, sind deren M und s nur relativ zu verstehen. Die Fluglärm-Kennwerte sind mit  $N = 357$  verrechnet (nicht mit  $N = 32$  wie in der Akustischen Sektion), da sie ja Probanden-weise zugeordnet wurden).

### 8.5.2.2 Variablen der Fluglärmwirkung

Aus Tab. 8-6 kann entnommen werden, welche Variablen für das I-Sample im Sinne der genannten Kriterien als 'Wirkungsvariablen' gelten können (vgl. die Korrelation mit „FB1“ und die Signifikanz der Set-Unterschiede):

- (1) Eindeutig gilt dies nur für die 11 schon von der Sozialwissenschaftlichen Sektion beschriebenen Reaktionsvariablen, bzw. die zusammenfassende „Globalreaktion-S“ und ferner für die von der Psychologischen Sektion dargestellte „Defensivreaktion“ beim Einsetzen von (Labor-)Lärm. Die Korrelationen mit dem Stimulus erreichen im I-Sample maximal .59 („Kommunikationsstörungen infolge Fluglärms“), und für die „Globalreaktion-S“ gilt .58.

Die Variation dieser Reaktion (das Ausmaß der verbal geäußerten Beeinträchtigung, Gestörtheit, Verärgerung) ist also maximal zu  $1/3$  ( $r^2 = .34$ ) durch den Belärmungsgrad determiniert; der Determinations-Koeffizient für die psychophysiologische „Defensivreaktion“ bleibt knapp unter  $5\%$ . In den englischen Heathrow-Untersuchungen (McKENNELL, 1963; KNOWLER, 1972) und den amerikanischen Unter-

## 8.5.2.2

Tab. 8-6 Statistische Kennwerte für Variablen des Datensatzes „D91“

Genauere Bezeichnung der Variablen in Tab. 8-3; „FBI“ = Var. 89, „RIU“ = Var. 32; N im I-Sample = 357, in den Cluster-Sets D/C/B/A = 88/90/88/99.

Variable (Kurzname)	Nr. (D 91)	I-Sample		Korr. mit		Mittel in den Sets				Sign. $\alpha$
		M	s	FBI	RIU	D	C	B	A	
Globalreaktion-S	32	-.01	.92	-.58	100	-.61	-.33	.17	.71	0
Wahrg. Häuf. FL	21	3.6	1.3	.44	-63	4.1	4.0	3.7	2.7	0
Wahrg. Lauth. FL	22	4.6	.74	33	-47	4.8	4.7	4.7	4.2	0
Erträglichkeit FL	23	.70	.46	-38	69	.48	.58	.84	.90	0
Bindung Gegend	24	3.1	1.1	-50	65	2.4	2.9	3.4	3.8	0
Physik. Folgen FL	25	2.7	1.4	44	-66	3.5	3.1	2.3	2.0	0
Schmerzen FL	26	1.4	.85	28	-65	1.7	1.6	1.3	1.1	0
Kommunik. stör. FL	27	3.4	1.2	59	-70	4.1	3.8	3.3	2.3	0
Stör. Ruhe FL	28	2.6	1.2	42	-85	3.1	2.8	2.4	1.8	0
Phys. Maßn. FL	29	.27	.60	24	-50	.47	.34	.16	.12	0
Soz. Maßn. FL	30	.36	.74	29	-54	.58	.59	.17	.10	0
Störbarkeit FL	31	3.3	1.1	43	-86	3.8	3.6	3.2	2.7	0
Furchtassoz. FL	33	48.2	9.0	20	-41	49.3	49.7	47.7	46.1	3
Status, CS	2	49.6	7.1			48.7	49.1	50.7	49.8	
Labilität „S+P“, CS	3	49.5	7.4		-19	49.1	49.9	49.3	49.7	
Autolärmärger, CS	4	49.3	8.0	11	-27	51.3	48.1	50.7	47.3	0
Wohndauer, CS	5	49.5	8.5	18	-20	49.8	52.2	49.5	46.7	0
Robusth. g. Lärm, CS	6	49.5	6.8		40	49.7	49.2	49.7	49.3	
Labilität „M“, CS	7	49.4	7.3	-11		49.2	48.5	49.3	50.5	
Bind. an Haus, CS	8	49.7	7.8			47.2	52.2	48.6	50.7	0
Unang. Rausch., CS	9	49.5	8.5		-15	49.3	50.9	48.2	49.7	
Zufr. Verkehr, CS	10	49.4	7.3		13	50.8	49.1	49.7	48.1	
Abneig. Modern., CS	11	49.5	7.0		-17	49.3	50.5	49.2	49.1	
Geschlecht	12	.53	.50			.57	.51	.49	.54	
Einzelbau	13	.60	.59	34	-27	.82	.91	.22	.45	0
Schl. Zustand	14	.12	.33			.15	.11	.07	.15	
Übergewicht	15	105.3	18.4			106.4	107.8	101.6	105.3	
Stroop-Score	16	111.8	38.3			117.0	107.4	108.9	113.9	
Grundlärm L90	17	37.5	3.3			37.8	36.1	39.4	36.9	0
Hörverlust	18	30.0	9.9			31.2	30.7	29.6	28.5	
Alter	19	37.6	10.7		-16	38.2	37.5	37.4	37.5	
Kritikbereitsch.	20	52.2	4.4			51.3	52.2	52.4	52.6	
Wörter richtig	34	50.4	9.9			49.3	49.9	50.8	51.4	
Wörter falsch	35	49.5	9.9			50.1	47.7	49.9	50.2	
Falsche R., Di. oA	36	49.9	8.7			49.7	51.3	49.6	48.7	
Falsche R., Di. mA	37	50.7	8.7			51.4	50.7	50.7	50.1	
Verpaßte S., Di. oA	38	50.0	10.1		-16	50.9	49.2	50.4	49.7	
Verpaßte S., Di. mA	39	50.3	9.8			52.2	49.8	49.9	50.5	
Reakt. Z., Distr. oA	40	49.7	10.1			50.9	49.4	48.5	49.8	
Reakt. Z., Distr. mA	41	50.2	10.0			50.7	50.9	48.9	50.3	
Treffer, Distr. oA	42	50.3	9.7		14	49.9	50.7	50.0	50.6	
Treffer, Distr. mA	43	50.0	9.9		14	48.5	50.5	50.1	50.8	
Reakt. Z. einf. oA	44	50.5	10.3			50.4	50.8	50.4	50.3	
Reakt. Z. einf. mA	45	51.4	9.7			51.8	52.5	50.4	50.8	

Tab. 8-6, Fortsetzung

Variable Kurzname	Nr (D91)	I-Sample		Korr. mit		Mittel in den Sets				Sign. $\alpha$
		M	s	FB1	R1U	D	C	B	A	
Ruhe-Pulsfrequenz	46	49.9	10.1		13	49.7	48.5	50.8	50.4	
Track, Fehler Ruhe	47	49.9	10.2	17		51.0	51.9	49.6	47.3	1
Track, F. Anf. 85	48	50.3	9.9			50.3	49.7	50.7	50.8	
Track, F. 85+B	49	50.1	10.3			51.1	50.0	50.8	48.6	
Track, F. n. 100	50	50.1	9.9			50.4	48.8	50.1	51.0	
Finger Ampl. Ruhe	51	49.7	9.9		11	48.5	51.2	49.2	50.0	
Finger Amp. Anf. 85	52	49.8	9.9			49.5	48.0	50.9	50.6	
Finger Amp. 85+B	53	50.3	10.1			49.9	51.2	50.6	49.5	
Finger Amp. Anf. 100	54	49.6	10.0			49.4	50.0	51.2	47.7	
Kopf Ampl. Ruhe	55	51.1	9.8			52.4	51.3	50.2	50.7	
Kopf Amp. Anf. 85	56	50.2	9.8			48.6	50.6	50.5	50.9	
Kopf Amp. 85+B	57	49.5	9.9			49.4	50.6	48.0	49.9	
Muskelaktiv. Ruhe	58	49.5	10.2			48.2	49.4	47.9	52.4	1
Muskelakt. Anf. 85	59	49.7	9.8			50.4	50.0	49.0	49.5	
Muskelakt. 85+B	60	50.6	9.9	14		52.3	51.0	50.1	48.9	
Defensivreaktion	61	52.2	10.6	21	-15	54.9	53.3	51.7	49.0	0
Aufmerksamk. Ruhe	62	95.2	31.7		14	92.4	96.5	95.5	96.5	
Aufmerksamk. Ger.	63	89.3	31.3		15	84.2	89.5	92.7	90.9	
EMI Ruhe, CS	64	72.3	19.9			70.5	71.4	72.0	75.3	
RRS Ruhe, CS	65	126.1	15.5			129.6	124.9	122.8	127.0	2
RRD Ruhe, CS	66	81.8	10.3		-13	83.9	81.5	80.6	81.1	
PF Ruhe, CS	67	69.9	10.1		12	70.2	69.0	69.3	70.9	
AF Ruhe, CS	68	15.0	2.8			14.8	15.0	15.1	15.3	
RRM Ruhe	69	100.8	11.8			103.5	100.1	98.7	100.8	5
PAQ Ruhe	70	47.9	11.0		13	49.0	47.1	47.3	48.0	
EMI Lärmstöße, CS	71	72.0	22.2	-12		69.9	71.3	70.2	76.6	5
RRS Lärmstöße, CS	72	50.1	9.9			52.4	49.5	47.9	50.6	2
RRD Lärmstöße, CS	73	50.0	9.8		15	52.2	49.3	48.9	49.4	
PF Lärmstöße, CS	74	68.4	10.0		11	68.8	67.5	67.5	69.8	
AF Dauerlärm, CS	75	14.9	3.2		-13	14.8	15.2	14.9	14.8	
EMI Lärmstöße, RSA	76	39.0	29.1			36.2	42.0	41.3	36.5	
RRS Lärmstöße, RSA	77	13.8	9.7			14.9	13.3	12.5	14.5	
RRD Lärmstöße, RSA	78	8.7	5.8	12	-15	9.5	8.8	8.7	7.8	
PF Lärmstöße, RSA	79	7.8	5.3			8.4	7.0	8.1	7.8	
AF Dauerlärm, RSA	80	7.7	6.1			8.6	6.8	7.6	7.8	
Blutsenkung BSG	81	6.7	6.0			6.9	6.7	6.5	6.6	
Cholesterin	82	226.7	49.8			225.2	220.3	235.5	225.9	
Blutzucker	83	107.0	28.8			108.6	106.5	106.1	107.0	
Transaminase SGOT	84	9.5	4.8			9.5	9.3	9.8	9.5	
Leukozyten	85	63.7	14.1			65.73	61.04	64.18	64.04	
Gesamteiweiß	86	7.8	0.7	12		8.0	7.8	7.8	7.7	4
Überflugdauer D <sub>10</sub>	87	16.1	5.0	-85	50	10.2	15.3	16.4	22.2	0
Überflugdauer D <sub>80</sub>	88	16.4	4.3	43	-26	18.7	17.6	13.7	15.3	0
Überflughäuf. H <sub>81</sub>	90	6555	2915	98	-57	9586	8408	5887	2436	0
Überflugpegel L <sub>A</sub>	91	89.7	5.9	96	-55	98.0	91.2	86.6	83.2	0
Fluglärmmaß FB1	89	78.5	10.5	100	-58	90.8	82.7	75.6	65.1	0
Sets ABCD	1	2.5	1.1	95	-54	4	3	2	1	0

Korrelationen ohne führende Null und Dezimalpunkt; aufgeführt sind nur signifikante Werte ( $\alpha < 5\%$ ).  
 - Die Signifikanz der Mittelwertsunterschiede zwischen den Sets wurde varianzanalytisch geprüft (siehe Alpha, rechts außen).

suchungen der TRACOR Inc. (1970, 1972) zeigte sich, daß die "annoyance" zu 20 bis 25 % durch den Fluglärmgrad determiniert ist; die höheren Determinationskoeffizienten mögen auf dem andersartigen Stichprobenkonzent (2.2.4) beruhen. Eine Interpretation der genannten Fluglärmwirkungen wurde bereits gegeben (4.6.5.2 5.6.1); zu beachten ist noch, daß die „Defensivreaktion“ mit den sozialpsychologischen Reaktionen kaum korreliert (zwischen .04 und .16; mit „Globalreaktion-S“ -.15)

- (2) Bei einer Reihe weiterer Variablen bestehen statistisch gesicherte Beziehungen zum Fluglärmgrad, ohne daß sie als Fluglärmbeeinflußt gelten können (vgl. Tab. 8-6):
- Die Variable „Wohnung im Einzelbau“ (versus Etagen- oder Hochhaus) zeigt einen ‚Pseudo-Fluglärmeffekt‘, weil sie über die Cluster nicht ausbalancierbar war; dies wurde schon erläutert (2.5.3).
  - Die „Wohndauer“ zeigt eine signifikante und gegen die Erwartung verlaufende Korrelation mit FB1; der Bezug ist nicht linear; dies erklärt sich dadurch, daß im Set C besonders viele ältere, lang bewohnte Einfamilienhäuser vorkommen (91 %) und in Set A Neubauviertel (teils erst jüngst bezogen) dominieren; damit korrespondiert, daß die „Bindung an Haus (-Besitz)“ in Set C am höchsten ist. (Würde Fluglärm die Wohndauer beeinflussen, wäre eher zu erwarten, daß diese in ‚lauten‘ Sets am niedrigsten ist: dort müßten dann mehr Umzüge gegeben sein).
  - Der „Grundlärm  $L_{90}$ “ (der ja ebenfalls keine Variable der Fluglärmwirkung sein kann) ist in den Sets B und D 2-3 dB(A) lauter als in A und C; dies liegt bei Set B am verkehrsreichen Stadtring (z.B. Cluster 27, 26, 22); in Set D sind die Umgebungslärmdaten u.a. durch eine Ausfallstraße und einen Bahnübergang (z.B. Cluster 7, 8, 2), teils wohl auch durch spezifische Flughafeneffekte (Standläufe) bedingt (was für die  $L_{10}$ -Grundlärmwerte noch etwas stärker gilt; vgl. auch 3.4.4).
  - Damit dürfte auch die (schwache) Scheinbeziehung zwischen Fluglärm und „Autolärm-Ärger“ zusammenhängen (der in Set D und B am höchsten ist; Korrelation zu „Grundlärm  $L_{90}$ “ = .28; „Autolärm-Ärger“ und Fluglärm-„Globalreaktion-S“ korrelieren -.27). Denkbar ist freilich auch, daß die Befragten verschiedene Lärmarten nicht immer differenzieren.
- (3) Für eine dritte Gruppe von Variablen sind nur schwache Signifikanzen gegeben und die genannten Relevanzkriterien nicht erfüllt, doch werden sie teils als „Wirkungsvariablen“ hypostasiert:
- „Trackingfehler in Ruhe“ wurde zur Quantifizierung der schon genannten „Defensivreaktion“ benutzt (korreliert jedoch nur schwach mit dieser); die Variable zeigt einen signifikanten, eher nichtlinearen Set-Effekt. Die signifikante Korrelation von „Muskelaktivität unter 85 dB und Belastung“ scheint der Psychologischen Sektion weniger als Hinweis auf eine selbständige Fluglärmreaktion denn als Teil einer generellen defensiven Haltung des Organismus gegenüber Belastungen infolge von Fluglärm interpretierbar.
  - Die „Furchtassoziationen Flugzeug“ können als (weniger eindeutige) Reaktion auf Fluglärm verstanden werden; die beiden eingegangenen Komponenten (vgl. Tab. 8-4) der Sozialwissenschaftlichen Sektion korrelieren in deren Stichprobe allerdings geringer mit FB1 und wurden dort als nicht eindeutig klassifizierbar aus dem engeren Reaktionsblock ausgenommen (vgl. 4.6.4.1).
  - Für Blutdruck und Muskeltonus sind funktionelle Veränderungen aufgrund der Fluglärmbelastung erwartet worden. Von den im Experimentalprogramm der Medizinischen Sektion gemessenen Variablen zeigen jedoch nur einige schwache (zumeist nicht monotone und unsystematische) Set-Effekte. Eine sichere Inter-

4/165

pretation im Sinne einer Fluglärmwirkung erscheint der Organisatorischen Sektion nicht möglich zu sein.

Einige Anmerkungen dazu:

Die einzige eindeutig lineare Beziehung zum Fluglärmgrad besteht für die Summe der absoluten Reaktionen („RSA“) des „diastolischen Blutdrucks, Lärmstöße“ ( $r = .12$ ; Varianzanalyse zwischen Sets jedoch insignifikant).

In der medizinischen Stichprobe treten die Effekte teils anders auf oder sind z.B. nur für eines der Geschlechter signifikant. (Angenommen wurde eine erhöhte Aktivierung; vgl. 7.1 und hinsichtlich der Muskelaktivitätsvariablen der Psychologischen Sektion 5.1.3.1; 5.2.1).

Die Blutdruckwerte sind u.a. relativ stark von Übergewicht, Geschlecht und Alter abhängig (vgl. 8.3.5), und da diese (hier konfundierenden) Variablen in den Sets etwas differieren, ist nicht ganz auszuschließen, daß dadurch gewisse Verzerrungen der Korrelation zwischen Fluglärm und Blutdruck induziert werden; allerdings sind diese oder andere demografische Set-Unterschiede (vgl. 2.5.3) zu gering, um zu erklären, daß der hinsichtlich Blutdruck von Set D bis B deutliche Trend in Set A umbricht.

- Bei den blutchemischen Variablen zeigt sich im I-Sample ein signifikanter monotoner Zusammenhang zwischen „FB1“ und „Gesamteiweiß“. Dieser Befund scheint jedoch (wie in 7.5.2 erläutert wird) theoretisch nicht interpretierbar. Die in den Analysen der Medizinischen Sektion errechneten, nichtlinearen Seteffekte in „Gesamt-Cholesterin“ und der Tansaminase „SGOT“ (vgl. 7.4.4 und 7.5.2) konnten im I-Sample nicht gesichert werden.

Im Gegensatz zu den Kriterien laut (1) ist für die Variablen laut (3) der Fluglärmgrad in multiplen Regressionen nicht der wichtigste, sondern nur ein mäßiger (oder ungeeigneter) Prädikator (gemäß Betagewichten); doch sollen die diskutierten Effekte als Trends verstanden werden (diese Variablen also zunächst wie Reaktions-Variablen benutzt werden).

Alle bislang diskutierten Variablen betreffen extraaurale Wirkungen. Zu erwähnen ist aber auch der audiometrische Befund, daß der durchschnittliche „Hörverlust“ von Set A nach Set D ziemlich gleichmäßig, jedoch nur schwach und statistisch insignifikant, zunimmt (vgl. Tab. 8-6; signifikant ist jedoch die Zunahme des Probanden-Anteils mit überdurchschnittlichem Hörverlust laut PFANZAGL-Trendtest). Eine derartige direkte Fluglärmwirkung auf das Gehör wird von physiologischer Seite im Allgemeinen auch nicht angenommen (dazu seien die einwirkenden Spitzenpegel nicht laut und vor allem nicht häufig genug); für diese Variable war eher ein die Fluglärmwirkung moderierender Effekt unterstellt worden (vgl. auch 1.4.5).

Eine Interpretation ist schwierig, weil „Hörverlust“ – vom statistisch eliminierten Alters-effekt abgesehen – nur mit einer Variable relevant korreliert, nämlich „Status“ ( $r = -.27$ ). Hierin dürfte sich ausdrücken, daß höhere Bildung und Motivation instruktionsabhängige Hörschärfemessungen meist verbessern; auch mögen unter den Status-niedrigen Probanden eher solche mit berufsbedingten Hörschäden zu erwarten sein. Daß der mittlere „Status“ in den Sets D und C etwas niedriger als in A und B liegt, kann ev. den schwachen Seteffekt im „Hörverlust“ mitbedingen. Nicht ganz auszuschließen ist auch, daß der Hörverlust-Befund darin begründet ist, daß Personen mit empfindlichen Gehör sich eher zum Wegzug aus einem Fluglärm-exponierten Gebiet entschließen mögen.

Dennoch muß dieser Befund zumindest als Verdachtsmoment verstanden werden: eine Fluglärmwirkung kann hier nicht ausgeschlossen werden. Auf den Vergleich des Hörverlust-Niveaus der Münchner Stichprobe mit Normwerten ist in 6.6.6 eingegangen worden.

## 8.5.2.3 Multivariater Set-Vergleich

Um die Gesamtheit der Fluglärmwirkungen zum Grad des Fluglärms in Beziehung zu setzen und ihren relativen Stellenwert statistisch zu analysieren, wurden zwei Ansätze gerechnet, eine Diskriminanzanalyse mit 21 ‚Wirkungsvariablen‘ (bzw. Variablen, die als solche eingestuft wurden) zwischen den Sets und eine kanonische Korrelationsanalyse mit 3 Fluglärmmaßen und 21 ‚Wirkungsvariablen‘; siehe Tab. 8-7, angegeben sind nur die signifikanten Lösungen (2 der 3 Trennfunktionen und die 1. der kanonischen Variaten). Die Gewichte für die einzelnen Variablen zeigen, daß auch im interdisziplinären Kontext die sozialpsychologischen (von den Probanden verbal geäußerten) Reaktionen auf Fluglärm dominieren.

Tab. 8-7 Multivariate Analysen der Fluglärmwirkung				
<i>ANALYSE</i>	<i>DISKRIMINANZ-</i>		<i>KANONISCHE</i>	
<i>SAMPLE</i>	<i>ANALYSE</i>		<i>KORRELATIONEN</i>	
<i>N</i>	Sets A, B, D, D		I-Sample	
<i>Trennfunktion/Variate</i>	88, 90, 88, 91		357	
<i>Determination</i>	1.	2.	1.	
	80%	15%	$R_c^2 = .51$	
<i>Fluglärmparameter</i>	<i>Ladungen</i>		<i>Betagew. Ladungen</i>	
90 Überflughäuf. H <sub>81</sub>			99	99
91 Überflugpegel L <sub>A</sub>			11	93
88 Überflugdauer D <sub>80</sub>			11.	41
<i>Wirkungsvariablen</i>				
21 Wahrg. Häuf. FL	64	30	28	64
22 Wahrg. Lauth. FL	44	41	21	46
23 Erträglichkeit FL	-52	33	-18	-52
24 Bindung Gegend	-67	31	-36	-69
25 Physik. Folgen FL	61	-30	14	61
26 Schmerzen FL	40	-16	.	38
27 Kommunik. stör. FL	82	12	69	83
28 Stör. Ruhe FL	57	.	-21	56
29 Phys. Maßn. FL	33	-23	.	33
30 Soz. Maßn. FL	42	-21	12	41
31 Störbarkeit FL	58	.	-11	59
33 Furchtsoz. FL	23	.	.	26
47 Track. Fehler Ruhe	24	.	18	25
58 Muskelaktiv. Ruhe	-20	-28	.	-15
61 Defensivreaktion	31	.	20	30
76 EMI Lärmstöße, RSA	.	19	.	.
77 RRS Lärmstöße, RSA	.	-25	-16	.
78 RRD Lärmstöße, RSA	15	.	.	18
82 Cholesterin	.	21	.	.
84 Transaminase SGOT	.	.	.	.
86 Gesamteiweiß	19	-16	22	16
<i>Signifikanz (Alpha)</i>	.00	.00	.00	

Gewichte (ab .10) ohne führende Null und Dezimalpunkt; Betagewichte und Ladungen numerisch verschieden normiert.



(In der Tabelle geben die „Ladungen“ an, in welchem Grad eine einzelne Variable mit der Trennfunktion bzw. der verknüpfenden Dimension korreliert ist; die „Betagewichte“ stellen normierte Gewichte für eine Prädiktion des einen durch den anderen Variablensatz dar, orientiert am Informationsbeitrag zur Vorhersage).

Dabei entsprechen die Ladungen (auch beim Gruppenvergleich durch die Diskriminanzanalyse) in der Relation weitgehend den Einzelkorrelationen mit FB1 in Tab. 8-6, und auch hier zeigt sich, daß die Überflughäufigkeit („ $H_{81}$ “) etwas enger mit den Reaktionen verknüpft ist als der Pegel („ $\bar{L}_A$ “). Zugleich demonstrieren die Betagewichte, daß die akustische Information mit dem Aspekt „ $H_{81}$ “ weitgehend erschöpft ist. Auffällig ist noch, daß eine so schwach Fluglärm-korrelierte Größe wie „Gesamt-Eiweiß“ ein erwähnenswertes Betagewicht zeigt: Es handelt sich um einen von den verbalen Reaktionsvariablen unabhängigen Aspekt, der darum zur Verbesserung der Prädiktion beitragen kann (allerdings inhaltlich nicht sicher zu interpretieren ist).

Die Korrelationen zwischen den Wirkungsvariablen aus verschiedenen Sektionen sind generell äußerst niedrig (maximal .15) oder insignifikant (vgl. 8.4.3.2).

Vergleicht man die verschiedenen Reaktionen untereinander, so wird deutlich: je komplexer, je ‚kompensierbarer‘, je weniger ‚trivial‘ eine Fluglärmwirkung, desto geringer ist die Korrelation mit dem Fluglärmgrad (FB1).

- Am stärksten Stimulus-abhängig sind die „Kommunikationsstörungen“ ( $r = .59$ , Determinationskoeffizient = 34%); sie stellen den unmittelbarsten Eingriff in das tägliche Leben dar, sind (wenn es um die schon physikalisch bedingten Störungen von Radiohören und Fernsehen geht) in der Tat selbst bei größter Toleranz ‚nicht zu übersehen‘ und ‚nicht zu überhören‘.
- Wie sehr „Störungen von Ruhe und Entspannung“ empfunden werden, ist dagegen eher persönlichkeitsbedingt, ebenso, wie stark die emotionale Verärgerung („Störbarkeit“) ‚durchschlägt‘ (oder die Unzufriedenheit mit einer Fluglärm-exponierten Wohngegend); andererseits ist der Verursacher offenkundig, und es kostet wenig Aufwand, ihn verbal haftbar zu machen: So resultieren niedrigere, noch etwa halb so große Determinationskoeffizienten (17-18 %).
- Ob man „Maßnahmen gegen Fluglärm“ (von Beschwerden bis zu Vereinsaktivitäten) ergreift, ist zunächst von der Betroffenheit abhängig – die subjektiv bereits erheblich streut –, doch gewiß ebenso von finanziellen, sozialen, intellektuellen Möglichkeiten usw.:  $r^2$  ist nochmal halbiert (8-9 %).
- Auf der vermutlich indirektesten Wirkungs-Ebene, den physiologischen Auswirkungen, halbiert sich die durch den Fluglärmgrad determinierte Reaktionsvarianz weiterhin: auf 4 1/2 % bei der „Defensivreaktion und noch mehr bei einigen medizinischen Variablen, die als Trend interpretiert wurden (etwa 2 %).

Der geschilderte Sachverhalt legt die Interpretation nahe, daß eine Fluglärmwirkung empirisch umso schlechter zu sichern ist, je geringer ihr thematischer Bezug ist und je ‚mittelbarer‘ sie ist, je mehr Faktoren den beeinträchtigten Bereich oder die betroffene Funktion beeinflussen, und je komplexer die Rückkoppelungen sind – wie es das hypo-stasierte Interdependenzschema in Abb. 8-1 deutlich machen sollte.

#### 8.5.2.4 Diskussion physiologischer Resultate

Wie ist es unter diesen Umständen zu interpretieren, daß generellere, von psychologischer wie medizinischer Seite unterstellte Veränderungen physiologischer Funktionen (abgesehen von der spezifischen Defensiv-Reaktion unmittelbar beim Einsetzen von (Labor-) Geräuschen) nicht eindeutig zu sichern waren?

Die naheliegendste Ursache ist natürlich, daß Fluglärm die hypostasierten Wirkungen nicht hat. Aus der Sicht der Organisatorischen Sektion scheinen jedoch ebenso andere (inhaltliche wie methodische) Gründe denkbar (die teils auch schon von den anderen Sektionen erörtert wurden):

- der Betroffene hat keine ‚Einsicht‘ in die physiologischen Vorgänge, kann diese (anders als verbale Reaktionen) weniger steuern oder deutlich machen;
- die Wirkungen existieren nur in der aktuellen Situation, nicht jedoch als manifeste Dauereffekte (Laborversuche zielen also ins Leere);
- die im Labor gesetzten Stressoren lösen die fluglärmverknüpften Effekte nicht aus (oder andere, nicht untersuchte);
- diese Stressoren lösen immer entsprechende Reaktionen aus, unabhängig vom Fluglärmgrad (da keine Adaption stattfindet);
- die physiologischen Variablen werden so sehr durch die unmittelbare (experimentelle) Situation determiniert, daß Fluglärmeffekte nicht zum Tragen kommen;
- die Lärmwirkung wird von generellen Einflußgrößen zugedeckt oder kompensiert (Adaptionsmechanismen sind ebenso vorstellbar wie Effekte intervenierender Größen);
- andere Umwelt- bzw. Großstadt-Stressoren haben die gleichen Folgen wie Fluglärm;
- individualspezifische Reaktionsmuster stehen einer generellen Kovariation von Fluglärmgrad und physiologischen Lärmfolgen entgegen;
- es sind andere als die untersuchten Funktionen/körperlichen Bereiche beeinträchtigt (allerdings war das Programm sehr umfassend);
- die Daten enthalten zuviele Stichproben- und Meßfehler;
- die Auswertungsmethodik war nicht differenziert genug;
- selbst im Areal mit relativ geringstem Fluglärm sind die Bewohner schon Betroffene, Unterschiede ergäben sich nur gegenüber Personen aus völlig unbelärmten Gebieten.

Die Wichtigkeit dieser (gegebenenfalls wohl interagierenden) Effekte ist aus den Daten dieser Untersuchung heraus schwer zu entscheiden.

Ein entscheidender Unterschied zu den verbal erfaßten Reaktionen liegt gewiß darin, daß nur diese direkt auf Fluglärm spezifiziert werden konnten.

Immerhin gewinnen angesichts dieser „Untersuchbarkeitsbarriere“ (vgl. Abb. 8-1; in 8.6.1 wird auf die grundsätzlichen Schwierigkeiten des Untersuchungsansatzes noch ausführlicher eingegangen) selbst schwache Hinweise auf physiologische Fluglärmwirkungen an Bedeutung, und wenn diese sich nicht beweisen ließen, so muß das nicht beweisen, daß Fluglärm solche Wirkungen nicht hat.

Die gegenüber einem Feldforschungsprojekt unter ganz anderen Bedingungen arbeitende Experimentalforschung hat ja auch vielfältigst Lärmwirkungen beschreiben können (vgl. z.B. als Übersicht KRYTER 1970).

So wenig also Bagatellisierungen angemessen erscheinen, so muß doch andererseits gesehen werden, daß manche populären bzw. nichtwissenschaftlichen Aussagen über Fluglärmwirkungen wie auch vielleicht spektakuläre Einzelfälle kein angemessenes Bild liefern, der Sachverhalt eben statistisch betrachtet keineswegs eindeutig ist, soweit es den somatischen Aspekt der Gesundheitsbeeinträchtigung betrifft.

Zum Abschluß der Betrachtung von Reaktionen auf Fluglärm soll noch eine weitere Wirkungsmöglichkeit erörtert werden:

Bei der Diskussion der physiologischen Resultate ist zu überlegen, ob Veränderungen in den physiologischen Funktionen möglicherweise nicht direkt vom Stimulus Fluglärm ausgelöst werden, sondern indirekt von der emotionalen Reaktion auf Fluglärm, also z.B. Blutdruckerhöhungen eine Art Sekundär-Reaktion darstellen (ähnliche Überlegungen sind u.a. auch für die Aufmerksamkeitsleistungen angestellt worden, vgl. 5.6.3). Anhalts-

punkte für diese Möglichkeit lassen sich aus Tab. 8-8 ersehen, wo Blutdruck und die „Globalreaktion-S“ zueinander in Beziehung gesetzt sind.

Tab. 8-8 Blutdruck und Fluglärm-Verärgerung

Blutdruckvariable Nr.	Mittelwerte in Subgruppen lt. „Globalreaktion-S (RIU)“				s total	Korrelation mit „RIU“	
	--	-	+	++		r	r <sup>2</sup>
65 RRS Ruhe, CS	129.6	124.7	125.6	126.0	15.5	-.05	.00
66 RRD Ruhe, CS	84.9	82.0	80.9	82.2	10.3	-.13	.02
72 RRS Lärmstöße, CS	53.4	48.9	49.7	49.6	9.9	-.10	.01
73 RRD Lärmstöße, CS	53.3	50.1	49.2	47.9	9.8	-.15	.02
77 RRS Lärmstöße, RSA	14.4	15.1	13.4	11.7	9.7	-.10	.01
78 RRD Lärmstöße, RSA	9.6	9.2	8.9	5.9	5.8	-.15	.02

Zu CS und RSA vgl. Tab. 8-2; Globalreaktion-S ist umgekehrt gepolt (- = negative, + = keine negative Reaktion); hier in 4 Stufen eingeteilt: R 1 U = < - 1.0/- 1.0 ... 0.0/0.1 ... 1.0/ > 1.0.

Der Zusammenhang ist für die diastolischen Werte in unifaktoriellen Varianzanalysen und als Korrelationskoeffizient knapp signifikant (Alpha unter 5 %; N = 60/105/140/52 bzw. 357).

Einer Interpretation stehen allerdings zwei Bedenken entgegen. Zunächst ist die statistische Relevanz der Effekte äußerst gering; das zeigt schon der Vergleich der Gesamtstreuung und der Differenzen der vier Subgruppen-Mittelwerte, und für die Varianzanalysen bleibt das Omega-Quadrat-Kriterium unter 3 %. Inhaltlich gesehen ist keineswegs sicher, ob der beobachtete Zusammenhang tatsächlich eine Wirkungskette Fluglärm-Verärgerung-Blutdruckerhöhung bedeutet. Ebenso ist nämlich denkbar, daß der Fluglärm in Abhängigkeit vom Blutdruck eine Ärgerreaktion hervorruft, nämlich eine verstärkte bei Personen mit hohem Blutdruck. In einer solchen Interpretation wäre die Blutdruck-Variable also als eine die Fluglärmwirkung ‚moderierende‘ Einflußgröße zu verstehen (die ihrerseits nicht mit dem Fluglärmgrad korreliert ist.)

Auf diese Frage – die statistisch (anhand der bisher genannten Analysen) kaum zu entscheiden ist – soll nach der Darstellung der Moderator-Effekte noch einmal eingegangen werden (in 8.5.5).

### 8.5.2.5 Zusammenfassung der Fluglärmwirkungen

Zur Frage nach den Kriterien der Fluglärmwirkung ist zusammenfassend zu sagen: Sicher definierbar sind nur eine starke – sehr allgemeine – sozialpsychologische Verärgerungsreaktion sowie eine schwächere – eher spezielle – (psycho-)physiologische Defensivreaktion bei Einsetzen von Laborlärm, wobei diese Aspekte nahezu unabhängig voneinander sind ( $r = .15$ ); die übrigen (motorischen, physiologischen, blutchemischen) Trends erscheinen insgesamt unsicher.

Wahrnehmung und Bewertung des Fluglärms als störende Lebensbedingung setzen schon bei relativ geringer Fluglärmbelastung (d.h., in den Clustern des Set A) ein; die Zunahme

190

8.5.2.5

an Personen, die sich beeinträchtigt fühlen, und ebenso derer, die eine physiologische Abwehrreaktion gegen Lärm zeigen, ist annähernd linear mit wachsendem Fluglärm.

Auf die Frage nach einer 'kritischen Grenze' solcher Fluglärmwirkungen soll erst später (in 8.6.2) eingegangen werden.

Versuche, interdisziplinär definierte Reaktionsvariablen zu erstellen, scheitern vor allem, weil zwei wesentliche Annahmen – daß Fluglärmwirkungen in verschiedenen Verhaltensbereichen gesichert werden könnten und diese kovariieren würden (vgl. 8.1.2) – weitgehend unbestätigt blieben.

Unter dem Gesichtspunkt von Reaktionsketten sollen die Variablen der Fluglärmwirkung in 8.5.5 analysiert werden.

8.5.3 Moderatoren der Reaktion auf Fluglärm

Die Reaktion auf Fluglärm reicht von stärkster Betroffenheit bis zu völligem Gleichmut, und auch innerhalb ein und derselben Lärmstufe – also bei nahezu konstantem Reiz – besteht eine große Streuung. Abb. 8-2 soll dies anhand der „Globalreaktion-S“ demonstrieren, in der jeder der 357 Probanden markiert wurde.

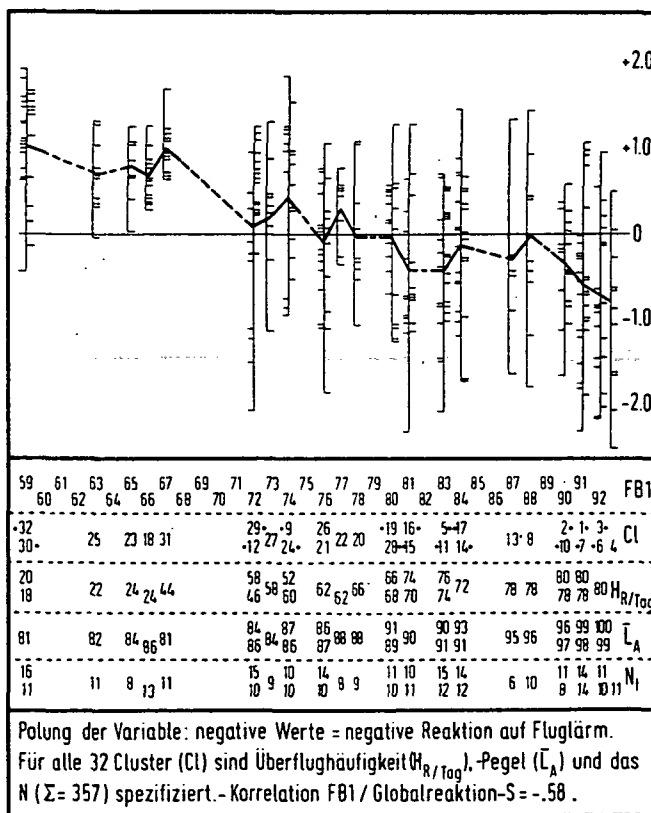


Abb. 8-2: Globalreaktion-S: Verteilung der Einzelwert

L/46?

Es ist also zu fragen, wie diese Variation zustandekommt. Da die Korrelation mit dem Fluglärmgrad .58 beträgt, sind 34 % der Varianz stimulusdeterminiert, 2/3 also zunächst unaufgeklärt. Im folgenden soll nun erörtert werden, welchen Einfluß und welchen relativen Stellenwert soziologische, psychologische und physiologische Einflußgrößen auf die Fluglärmwirkung haben (in sozialwissenschaftlichem Rahmen ist dies schon geschehen; vgl. 4.6.5.3 und 4.6.5.4, ferner auch 5.6.2).

Prinzipiell kann jeder Variable, die mit einer Wirkungsvariablen korreliert, ein die Verarbeitung des Fluglärms ‚moderierender‘ Effekt unterstellt werden. Dabei tritt sogleich das Problem auf, Reaktionsvariablen und ‚Moderatoren‘ (womit zunächst nur die Reaktionsvariabilität modifizierende Größen gemeint sind) gegeneinander abzugrenzen.

Eine sozialpsychologische Variable mag die inhaltlichen Schwierigkeiten andeuten, nämlich „Bindung an die Gegend“, die ursprünglich als Moderator-Variable konzipiert wurde und nun als charakteristische Reaktionsvariable interpretiert werden muß (weil in der Operationalisierung die Ausrichtung auf eine Bewertung der Gegend ‚an sich‘, unabhängig vom Fluglärm, nicht gelang): ist ein Proband schlecht auf die Gegend zu sprechen, weil er durch Fluglärm gestört wird, oder fühlt er sich durch Fluglärm gestört, weil er mit der Gegend (aus sonstigen Gründen) unzufrieden ist? In diesem Beispiel kann man argumentieren, daß der Fluglärmärger das primäre Moment ist, die Unzufriedenheit mit einer schlechten Wohngegend hingegen sekundär, denn die generellen Wohnbedingungen streuen über die Cluster hinweg nur zufällig, weshalb eine Korrelation um Null zwischen der ‚eigentlichen‘ „Bindung an die Gegend“ und „FB1“ resultieren müßte (statt .50).

Aus dieser Überlegung ist als erstes ‚provisorisches‘ Kriterium abgeleitet worden, daß eine Variable, die mit dem Fluglärm relevant korreliert (im Sinne von 8.5.2), nicht als Moderator interpretiert werden sollte (was noch nicht heißt, daß jede mit dem Fluglärm null-korrelierende Variable als Moderator wirken muß).

Faßt man außerdem nur solche Variablen als (potentielle) Moderatoren auf, für die eine theoretische Überlegung einen intervenierenden Effekt denkbar erscheinen läßt, so ergibt sich in Verbindung mit den statistischen Kriterien (eine fluglärm-determinierte Variable ist Reaktion, eine mit Reaktionen korrelierende und nicht fluglärm-determinierte Variable kann Moderator sein) eine erste Abgrenzung.

Allerdings zeigte schon das Blutdruck-Beispiel in 8.5.2, daß das prinzipielle Problem weder statistisch noch inhaltlich eindeutig zu lösen ist. Es offenbart sich hier – wie schon bei der Variablen-Auswahl –, daß das Verständnis der Variablen und ihrer Interdependenzen ohne einigermaßen schlüssige Theorien, nur aufgrund von Plausibilitätsannahmen und ad-hoc-Interpretationen, unbefriedigend bleiben muß (in 8.1.2 ist dies bereits angesprochen worden).

Vorerst offen bleibt die Funktion eines Moderators bei der Fluglärmwirkung: wirkt er als additives Moment (eine Reaktion abschwächend oder verstärkend), ist er Voraussetzung einer Reaktion (ohne den sie gar nicht, oder in Abhängigkeit von dem sie in verschiedener Art ausfallen kann), steuert er den Reaktionsverlauf?

Nach der Darstellung der multiplen Prediktion der Fluglärmreaktion (durch Variablen, die mit Reaktionen korrelieren), soll – in 8.5.5 – die Frage des ‚Wirkungsmodells‘ von Moderatoren noch einmal aufgegriffen und eine Präzisierung versucht werden.

Obwohl eine bestimmte Variable sowohl Reaktion wie Moderator sein kann – entsprechend der theoretischen Rolle, die ihr hinsichtlich einer Beziehung von unabhängiger und abhängiger Variable zugeschrieben wird – wurde doch eine Einteilung gesucht, um im Analyse-Programm, besonders bei multiplen Regressionsmodellen, einigermaßen eindeutige

4462

8.5.3

Kriterien- und Prädiktoren-Variablen einsetzen zu können und die Interpretation von Scheinkorrelationen zu vermeiden.

Deswegen wurden alle Variablen, die als ‚Wirkungsvariablen‘ zumindest denkbar schienen, nicht auch als Prädiktoren anderer Reaktionen auf Fluglärm eingesetzt (womit die Möglichkeit von ‚internen‘ Reaktionsketten außer Acht bleibt).

Für die abschließenden multivariaten Analysen verblieben 50 Variablen, davon 21 zum Aspekt Fluglärmwirkung und 29 zum Aspekt ‚Determinanten‘ dieser Wirkungen (gemeinsam von Sozialwissenschaftlicher, Psychologischer und Organisatorischer Sektion abgesprochen). Teilweise sind die (potentiellen) Moderatoren in ‚soziale‘ (demographische Variable, sozialpsychologische Attitüden) und ‚somatische‘ (körperliche Moderatoren eingeteilt worden).

Von den experimentellen und physiologischen Daten sind Variable, die unter Ruhebedingungen gewonnen wurden und möglicherweise als situationsunabhängige Persönlichkeitscharakteristika gelten können, zur Determination der Reaktionsvariabilität herangezogen worden (nicht hingegen solche, die nur aktuelle ‚situative‘ Varianz zu repräsentieren scheinen).

Im folgenden sollen die wichtigsten Analysen (hier zunächst linear-additive Ansätze) in Auszügen genannt werden (wobei wiederum Überschneidungen zu den anderen Sektionen unvermeidlich sind).

- (1) Tabelle 8-9 zeigt 7 multiple und 3 kanonische Korrelationen mit wechselnder Prädiktoren- und Kriterienauswahl aus der beschriebenen Variablenmenge. Bei der Prädiktion der sozialpsychologischen „Globalreaktion-S“ (1. Spalte) leistet erwartungsgemäß die globale Fluglärmvariable „FB1“ (die ja einzeln schon .58 korreliert) den dominierenden Beitrag. Einen wesentlichen Stellenwert haben aber auch eine Reihe von sozialpsychologischen sowie einige biologische Persönlichkeitseigenschaften, wobei „Robustheit gegenüber Lärm“ (einzeln mit .40 interkorreliert) in fast allen Analysen hinter FB1 das zweithöchste Gewicht aufweist. (Diese Variable hat jedoch einen nicht ganz so großen Stellenwert wie die analoge Größe „M2“ (vgl. Tab. 8-4) der Sozialwissenschaftlichen Sektion (siehe 4.6.5.3).
- (2) Eine Diskriminanzanalyse zwischen zwei Gruppen mit negativer versus nicht-negativer (sozialpsychologischer) Reaktion auf Fluglärm (N = 165/192) verdeutlicht dies. Die Ladungen der Variablen auf der Diskriminanzfunktion (keine Tab., s. jedoch Annexband, A. 8.5.3) und die genannten Regressionsanalysen geben (vereinfacht) etwa folgendes Bild: Geringere Betroffenheit, Gestörtheit, Beeinträchtigung durch Fluglärm erleben Personen, die (generell) wenig lärmempfindlich sind, die glauben, sich an Lärm gewöhnen können, die Gesundheitsgefährdung durch Fluglärm geringer einschätzen, sich nicht so sehr über Autolärm ärgern und sich weniger von ihm betroffen fühlen, noch nicht so lange in der Gegend wohnen, in ihrer Umwelt, im technischen Fortschritt und im Luftverkehr positive Aspekte sehen, geringeren Konservatismus und stärkere Mobilität zeigen, bessere Aufmerksamkeitsleistungen erbringen, seltener über vegetative Beschwerden klagen und etwas niedrigeren Ruhe-Blutdruck haben, außerdem eher jüngere und weibliche Personen.
- (3) Wie sich die genannten Eigenschaften gegenseitig bedingen, ist nicht sicher zu sagen – manche (z. B. Aufmerksamkeitsleistungen) sind wohl nicht als direkt intervenierend, sondern eher als Korrelat anderer Moderatoren zu verstehen –, doch da keine der Variablen mit dem Fluglärm korreliert (d. h. sie in allen Cluster-Sets etwa gleich ausgeprägt sind), muß es sich mit gewisser Wahrscheinlichkeit um allgemeine Persönlichkeitscharakteristika handeln. Man mag sie grob mit ‚genereller Robustheit gegen-

über den Belastungen der Umwelt' umschreiben, wobei u. a. Aspekte der 'Lärmbewältigung' (was bei einem Stimulus „Fluglärm“ auch nahelag), dann (etwas schwächer) des 'Lebensstils' und vielleicht des 'Vegetativums' deutlich werden.

Tab. 8-9 Interdisziplinäre Prädiktion der Fluglärm-Wirkungen

Korrelation	Multiple											
	R <sup>2</sup>	63	55	45	37	38	16	10	17	68	64	56
<b>Kriterien-Gewichte</b>												
21 Wahrge. Häufig. FL										14	15	25
22 Wahrge. Lauth. FL												23
23 Erträglichkeit FL										-33	-27	-22
24 Bindung Gegend										-57	-60	-45
25 Physik. Folgen FL										19	22	22
26 Schmerzen FL										-14	-12	
27 Kommunik. stör. FL										30	35	63
28 Stör. Ruhe FL										31	25	-11
29 Phys. Maßn. FL										15		
30 Soz. Maßn. FL										13	13	15
31 Störbarkeit FL										31	33	
33 Furchtassoz. FL						100				34	36	
17 Track. Fehler Ruhe										13	14	20
53 Muskelaktiv. Ruhe											-10	
61 Defensivreaktion							100			18		15
76 FMI Lärmstöße, RSA												
77 RRS Lärmstöße, RSA												
78 RRD Lärmstöße, RSA								100				
82 Cholesterin												
84 Transaminase SGOT												
86 Gesamteiweiß									100			25
32 Globalreaktion-S	100	100	100	100						/	/	/
<b>Prädiktoren-Gewichte</b>												
2 Status, CS		/	/	-10	-21				-15			/
3 Labilität 'P+S', CS	-15	/	-31	/				-21		/	/	19
4 Autoärmärger, CS	-22	-23	/						11	15	19	18
5 Wohndauer, CS		/	/					-27	-16	-18		11
6 Robusth. g. Lärm, CS	37	-45	/	/	-51	-10			27	-40	-44	/
7 Labilität 'H', CS		/	/	/				-11	11		/	/
8 Bind. an Haus, CS		/	/	-11	15	17					/	/
9 Unangen. Rausch. CS		/	/	/				15			/	/
10 Zufr. Verkehr, CS	-19	23	/	/						-21	-24	/
11 Abneig. Modern., CS	-17	-17	/	/	61	27			-21	21	22	/
12 Geschlecht	19	/	19		10				-39	-14	-12	-17
14 Schl. Zustand		/	12	/	12				-16		/	/
15 Übergewicht		/	/	/					32		/	/
16 Stroop-Score		/	/	/		11	-14				/	/
19 Alter			-19	-21	-24		-33					
20 Kritikbereitschaft		/	/	/	11	-11	22	-26			/	/
35 Wörter falsch		/	/	/	12						/	/
36 Falsche R-, Di. oA		/	/	/			24	48			/	/
40 Reakt. Z. Distr. oA		/	/	/		-15					/	/
42 Treffer, Distr. oA		/	/	/	-15	-34		25	-12	/	/	/
46 Ruhe-Pulsfrequenz		/	14	/	-11		-11		-12	/	-13	
51 Finger Ampl. Ruhe	11	/	11	/	-12	-17	-23		-11	/		
55 Kpof Amplit. Ruhe		/	/	/	11	36	-13	-18		/	/	
64 CMI Ruhe, CS		/	-12	/			-24			/	/	
65 RRS Ruhe, CS	16	/	21	/		-35			-10	/	-13	
66 RRD Ruhe, CS	-17	/	-21	/				32		15	/	15
68 AF Ruhe, CS	12	/	12	/				11		11	/	12
83 Blutzucker		/	/	/				52	-13		/	
89 Fluglärmmaß FB1	-74	-81	-82	-96	30	52	28	26	75	79	91	

Betagewichte ab 0.10 (ohne Null und Dezimalpunkt); alle Korrelationen signifikant; Variablenamen vgl. Tab. 8-3; / = Variable nicht benutzt. Ein Gewicht von 100 bezeichnet das Kriterium einer multiplen Regression.

4462

- (4) Der moderierenden Effekt der wichtigsten intervenierenden Variable „Robustheit gegenüber Lärm“ sei an der Reaktionsvariablen „Erträglichkeit des Fluglärms“ demonstriert: Im I-Sample nennen 70 % den Fluglärm „noch erträglich“, in den zwei leiseren Sets (A+B) sogar 86 %, in den beiden lauten Sets (C+D) nur noch 54 %. Während nun die „Robustheit gegenüber Lärm“ in den beiden genannten Lärmstufen durchschnittlich völlig gleich ist ( $\bar{X}$  je 49.5), nennt die Teilgruppe der besonders Robusten (Teilung nach Median) den Fluglärm zu 87 % „erträglich“ (sogar zu 95 %, wenn es Probanden aus den leiseren Sets sind, sonst zu 78 %); die Gegengruppe der Lärmempfindlichen findet dies nur zu 53 % (bzw. 77 % in den Sets A+B und nur 30 % in den Sets C+D).  
Die Zufallswahrscheinlichkeit dieser Wechselwirkung (2faktorieller varianzanalytischer Plan) ist unter .001.
- (5) Drei weitere Regressionsmodelle in Tab. 8-9 (2. bis 4. Zählspalte) zeigen die Prädiktion der sozialpsychologischen Reaktion durch die schon genannten speziellen Prädiktorensätze, nämlich Attitüden, somatische, demografische Variablen; die Relevanz dieser Moderatoren (und damit das resultierende  $R^2$ ) nimmt dabei (in der genannten Abfolge) ab.
- (6) Im 5. Regressions-Modell ist das Kriterium: „Furchtassoziationen Flugzeug“. Daß diese Variable keine eindeutige Fluglärmreaktion ist (vgl. Punkt (3) in 8.5.3), zeigt sich auch hier, denn „FB1“ hat nur ein mäßiges Betagewicht, während wesentliche Determinanten „Abneigung gegen das moderne Leben“ und „Robustheit gegen Lärm“ sind.
- (7) Das 6.-8. Modell (in Tab. 8-9) zeigen, daß für die „Defensiv-Reaktion“ (vgl. 5.6.2, Tab. 5-9) auch bei interdisziplinärem Prädiktorensatz der Fluglärm eindeutig der wichtigste Prädiktor ist, nicht jedoch für die beiden (nur knapp signifikanten) medizinischen Kriterien. Daß die Prädiktorengewichte bei der „Defensivreaktion“ deutlich anders sind als bei der sozialpsychologischen „Globalreaktion-S“, bestätigt noch einmal die weitgehende Unabhängigkeit beider Aspekte. In allen 3 Modellen gelingt nur eine mäßige Varianzaufklärung trotz 29 Prädiktoren; dies gilt besonders für die „RRD“-Variable, deren höchste Einzelkorrelation .16 beträgt, und zwar mit „Blutzucker“ (deswegen das relativ hohe Betagewicht).
- (8) Das kanonische Modell (rechts in Tab. 8-9) für 29 x 21 Variablen (29 Prädiktoren, 21 Kriterien) demonstriert, daß (in der Hauptlösung, 7 weitere signifikant) vor allem die sozialpsychologischen Fluglärmwirkungen und die Defensivreaktion determinierbar sind, nicht hingegen die in 8.5.2 als Trend interpretierten 7 physiologischen Variablen, und daß außer dem Stimulus vor allem sozialpsychologische Persönlichkeitseigenschaften wesentliche Betagewichte haben. Die letzten beiden (ebenfalls kanonischen) Modelle benutzen die Sätze 'sozialer' und 'somatischer' Prädiktoren.

(Eine methodische Nachbemerkung: Betagewichte sind relativ instabile Größen; sie drücken nicht die generelle Beziehung zum Kriterium aus, wie die einzelnen Korrelationen oder die „Ladungen“ in Diskriminanzanalysen usw., sondern den auf die anderen Prädiktoren relativierten Prädiktionsbeitrag, der trotz hoher Korrelation niedrig sein kann, wenn andere Variablen dasselbe leisten; entscheidend ist vor allem die Reihenfolge der Prädiktoren gemäß ihrer Prädiktionsleistung; hinzuweisen ist auch darauf, daß hoch interkorrelierte Prädiktoren („Multikollinearität“) verzerrte Regressionskoeffizienten bewirken können. Betagewichte sollten also nicht überinterpretiert werden).

In der nächsten Tabelle, 8-10, werden noch einmal die errechneten Determinationskoeffizienten zusammengestellt.



2380

Tab. 8-10 Multiple Determination der Reaktion auf Fluglärm

Prädiktoren	Kriterien	r	r <sup>2</sup>
1 'Global-Stimulus' = FB1	1 Defensivreaktion	22	05
1 'Global-Stimulus' = FB1	1 Globalreaktion-S	58	34
5 Moderatoren 'demograf.'	1 Globalreaktion-S	23	05
6 dito plus FB1	1 Globalreaktion-S	61	37
6 Moderatoren 'sozialpsych.'	1 Globalreaktion-S	48	23
7 dito plus FB1	1 Globalreaktion-S	74	55
13 Moderatoren 'somatische'	1 Globalreaktion-S	34	12
14 dito plus FB1	1 Globalreaktion-S	67	45
28 Moderatoren 'Satz SPM'	1 Globalreaktion-S	58	34
29 dito plus FB1	1 Globalreaktion-S	79	63
70 Moderatoren 'gr. Satz'	1 Globalreaktion-S	70	49
71 dito plus FB1	1 Globalreaktion-S	82	66
3 Stimuli: H <sub>81b</sub> , L <sub>A</sub> , D <sub>80</sub>	21 Reaktionen	71	51
12 Mod. 'soziale' + FB1	21 Reaktionen	80	64
14 Mod. 'somat.' + FB1	21 Reaktionen (Tab. 8-9)	75	56
29 Mod. (Tab. 8-9) + FB1	21 Reaktionen	82	68

Die verschiedenen Variablen-Sätze werden im Text erläutert.

Als Resümee zu 8.5.3 ist zu sagen, daß die Varianz der Fluglärmwirkung durch zwei gleichstarke Komponenten bestimmt ist: jeweils mit der sozialpsychologischen „Globalreaktion-S“ korrelieren .58 einerseits das „Fluglärmbewertungsmaß 1“, andererseits der Satz von 29 soziologischen, psychologischen und physiologischen Moderatoren; beide Komponenten determinieren also je 1/3 der Varianz. Verknüpft man beide Prädiktorenmengen, ergibt sich als maximale Determination 63 % (bzw. 68 % bei kanonischer Korrelation mit dem Satz aller Reaktionsvariablen), da die beiden Aspekte statistisch (entsprechend der Moderator-Definition) fast unabhängig sind; etwa 1/3 der Reaktionsvarianz bleibt unaufgeklärt. Entscheidenden Stellenwert als Moderatoren haben sozialpsychologische Attitüden, doch spielen – besonders bei der psychophysiologischen „Defensivreaktion“ – auch biologische Charakteristika eine mitbestimmende Rolle.

Anzumerken ist, daß die Analysen der Sozialwissenschaftlichen Sektion mit 660 Pbn (vgl. 4.6.5.4) zu durchaus ähnlichen Resultaten führen (sofern es sich um gleichartige Variablen handelt). Vgl. ferner 5.6.2.

In diesem Zusammenhang sei ferner darauf hingewiesen, daß die – im methodischen Ansatz ähnlichen – amerikanischen Untersuchungen (TRACOR Inc., 1970, und TRACOR Inc., 1972; vgl. 2.5.3.2) und die Münchener Untersuchung im wesentlichen ähnliche Aussagen erbringen, insbesondere den Sachverhalt bestätigen, daß Fluglärmvariablen und Persönlichkeitseigenschaften gleichermaßen die Reaktion auf Fluglärm determinieren (die Sozialwissenschaftliche Sektion hat dies an einigen ihrer Variablen diskutiert; vgl. 4.6.5.2.1.2 und 4.6.5.3.1).

Ergänzende sozialwissenschaftliche Analysen zum Vergleich von TRACOR- und DFG-Daten (von R. SCHÜMER) finden sich in einem gesonderten Band des DFG-Forschungsberichts Fluglärmwirkungen.

Das – in 8.1.2 (und Abb. 8-2) dargestellte – Konzept zur Fluglärmwirkung, das Moderatoren entscheidenden Stellenwert einräumt, ist durch die geschilderten Resultate bestätigt

8.5.3

2082

worden: die Bedingungen des Reagierens auf Fluglärm werden besser beschreibbar. Dieses Konzept soll, nach einigen Subgruppenanalysen (vgl. besonders 8.5.4.2), in 8.5.5 präzisiert werden.

8.5.4 Analysen innerhalb von Substichproben

In 8.5.1/2/3 sind Stimuli, Reaktionen und Moderatoren der Fluglärmwirkung anhand der Daten des I-Samples analysiert worden; hier sollen die gleichen Variablen unter dem Blickpunkt von spezifischen Teilgruppen des I-Samples behandelt werden.

8.5.4.1 Kennwerte der Substichproben

Aus mehreren Gründen sind Analysen in Substichproben gerechnet worden:

- Nichtlineare Beziehungen zum Fluglärm können durch Mittelwertvergleiche zwischen den 4 akustischen Sets festgestellt werden; ferner die Gleichartigkeit der Fluglärmwirkung bzw. ihrer Determination durch Moderatoren auf verschiedenen Fluglärmstufen.
- Spezielle Wirkungsvariablen, die im Gesamtsample nicht signifikant mit dem Fluglärm verknüpft (z. B. durch Stichprobenheterogenität konfundiert) sind, werden möglicherweise erst in Substichproben offenbar; dies gilt besonders dann, wenn in Subgruppen gegensinnige Stimulus-Reaktions-Korrelationen bestehen (dann ergäbe sich im I-Sample eine Nullkorrelation, und Regressionsanalysen wären wirkungslos).
- Moderatorvariablen könnten bei bestimmten Probandengruppen unterschiedlich mit den Wirkungsvariablen in Beziehung stehen oder diese Reaktionen nur in Wechselwirkung mit dem Fluglärmgrad beeinflussen (in der Gesamtgruppe wären die Zusammenhänge dann möglicherweise 'zgedeckt'); vor allem auf solchen Annahmen beruhte die Definition einiger Substichproben.

Tab. 8-11 zeigt die analysierten Substichproben.

Abk.	Variable und Kriterium	N
ABCD	1 akustische Cluster-Sets (vgl. Tab. 8-1)	91/88/90/88
No/We	90 Vergleich nördlicher/westlicher Cluster (siehe Tab. 8-14)	52/59
RIU-/RIU+	32 negative/neutrale sozial-psychologische „Globalreaktions-S“ (Vorzeichen des FS)	165/192
DR+/DR-	61 stärkere/schwächere „Defensivreaktion“ (laut Median)	174/183
Lab/Stab	3 psychovegetative „Labilität „S+P““ vs. Stabilität Median)	167/190
RL+/RL-	6 größere/geringere „Robustheit gegen Lärm“ (Median)	165/192
M/F	12 „Geschlecht“: Männer/Frauen	169/188
WiE/WiB	13 „Wohnung im Einzelbau“ versus im Block bzw. Etagenhaus	204/153
RR+/RR-	65 Teilgruppen mit hohem/ mit niedrigem Blutdruck	55/57
X/Y	- Zufall-Splits des I-Samples	179/178

4165

Auf die Resultate in den Sub-Stichproben kann wegen deren großen Umfangs nur in gro-  
ben Zügen eingegangen werden.

Die Mittelwerte aller 91 Variablen für die Sets waren schon aus Tab. 8-6 zu ersehen; sie  
zeigten einige U-förmige Beziehungen besonders für physiologische Variablen (signifikant  
bei Variable Nr. 4,5,8,17, erläutert in 8.5.2; ferner bei Nr. 47, 58, 65, 69, 71, 72 und nicht  
signifikant noch bei einigen blutchemischen Variablen; dazu vgl. 7.4.5).

In Tab. 8-12 werden die Mittelwerte in den anderen Substichproben genannt (jedoch nur  
für 21 wichtigere Variablen); sie geben u. a. Hinweise auf die soziologische Charakteristik  
dieser Gruppen.

Die Korrelationen zwischen „Globalreaktion-S“ sowie „FB1“ und 19 Variablen verschie-  
dener Sektionen sind für die 22 Sub-Samples in Tab. 8-13 angeführt.

Signifikant auf 5%/1 %-Niveau sind Korrelationen ab .11/.13 im I-Sample, ab .15/.20 für  
zwei dichotomisierte Gruppen (N um 180), in den Sets ab .21/.27  
(.24/.30 für die Gruppen No/We und RR+/RR-).

Ganz rechts in Tab. 8-13 stehen die Korrelationen im I-Sample.

Bei dem Vergleich eines Zusammenhangs in zwei Substichproben (N je um 180) ist das  
große Konfidenzintervall zu beachten: gegenüber einen r-Wert von .50 wären erst .64 oder  
.33 signifikant verschieden, gegenüber r = .25 Werte über .44 oder unter .05. Bei Set-Ver-  
gleichen weichen von r = .50 bzw. .25 signifikant ab: .69 bzw. .49 oder .26 bzw. -.04.

(Alle Angaben 5 %-Signifikanzniveau; Testung über Z-normalisierte Korrelationskoeffizien-  
ten gemäß FISHER; vgl. GUILFORD 1965<sup>4</sup>). Tatsächlich sind die meisten Differenzen in  
Tab. 8-13 insignifikant.

Zur Demonstration sind in Tab. 8-13 Korrelationen aus den Zufall-Splits X und Y (vgl.  
8.3.4) angeführt (der Vergleich legt nahe, Korrelationsunterschiede vorsichtig zu interpre-  
tieren).

### 8.5.4.2 Resultate in Substichproben gemäß Moderatorvariablen

In den Gruppierungen, die weder durch Stimulus- noch durch Reaktionskriterien definiert  
sind (5. bis 8. Gruppierung in Tab. 8-11), ergeben sich folgende Resultate (vgl. Tab. 8-12,  
8-13):

- (1) Die Moderator-Analysen zu 8.5.3 hatten ergeben, daß Personen mit ‚genereller Robust-  
heit gegenüber den Belastungen der Umwelt‘ den Fluglärm als weniger störend und  
belästigend empfinden; man kann annehmen, daß sie dem Stimulus vergleichsweise  
geringere ‚Beachtung‘ schenken.

Die Gruppierung nach der wichtigsten der entsprechenden Variablen, ‚Robustheit  
gegenüber Lärm‘, und ebenso nach ‚Labilität ‚S+P‘‘ scheint diese Annahme zu  
stützen. Sowohl für die vegetativ ‚Labilen‘ wie für die Lärmempfindlichen (‚RL-‘)  
ist der Zusammenhang von ‚FB1‘ und sozialpsychologischer Reaktion höher als in  
den Gegengruppen (dies gilt für die ‚Globalreaktion-S‘, aber auch für fast alle Ein-  
zelreaktionen). Der Moderatoreffekt – das die ‚eigentliche‘ Stimulus-Reaktions-  
Beziehung verändernde Moment – liegt also auf Seiten der Lärmrobusten (‚RL+‘)  
möglicherweise darin, den Fluglärmgrad eher zu ignorieren oder zu pauschalisieren  
(die Korrelation sinkt auf -.51). Demgegenüber ist die signifikant höhere Korrela-  
tion von -.69 zwischen FB1 und sozialpsychologischer Reaktion bei den Lärmemp-  
findlichen der höchste überhaupt beobachtete Stimulus-Reaktions-Zusammenhang  
(zumindest im I-Sample; vgl. zum Genannten auch 4.6.6.5).

Die hier geschilderte Beziehung gilt nicht für den physiologischen Aspekt der Flug-  
lärmwirkung. Anzumerken ist jedoch, daß der Zusammenhang der ‚Defensivreak-  
tion‘ mit der ‚Globalreaktion-S‘ nur bei den Lärmempfindlichen signifikant ist  
(.22; im I-Sample .15).

Tab. 8-12 Mittelwerte wichtiger Variablen in Substichproben

Split-Variablen (Nr.) (vgl. Tab. 8-11)	(32) -R/U+	(61) +DR	(12) M	(3) Lab	(6) -RL+	(13) WIE	WIB	(90/91) No	We	(65/66) -RR+	F	Sample
<i>Betrachtete Variable</i>												
3 Labilität 'P+S', CS	50.4	48.7	51.1	47.7	-	50.8	48.0	50.0	48.8	48.8	49.9	49.5
5 Wohndauer, CS	51.0	48.2	49.6	49.4	49.9	49.2	49.6	51.2	47.2	48.8	51.0	49.5
6 Robust.g.Lärm, CS	46.9	51.7	48.8	50.2	48.3	50.5	-	49.1	50.0	48.5	50.3	49.5
10 Zufu. Verkehr, CS	48.5	50.2	49.1	49.7	48.9	49.9	48.2	49.6	49.1	49.4	52.5	49.4
11 Abneig.Modern., CS	50.4	48.8	51.0	47.9	51.2	48.0	50.0	49.8	49.1	48.2	50.5	49.5
12 Geschlecht	.50	.55	.52	-	.59	.47	.55	.54	.51	.93	.45	.53
18 Hörverlust	30.5	29.6	29.2	30.8	30.6	29.5	30.0	30.3	29.6	29.6	29.5	30.0
19 Alter	38.9	36.6	38.1	37.2	38.5	36.9	36.2	38.3	36.8	33.7	45.2	37.6
32 Globalreaktion-S	-	-	.12	.10	-19	.15	-33	.37	-26	.32	.44	.21
33 Furchtasoz. FL	51.7	47.0	50.4	48.1	50.0	46.6	50.6	45.3	49.7	46.2	47.6	47.1
42 Treffer, Distr. oA	48.9	51.6	48.8	51.7	49.7	50.8	49.7	51.0	49.8	50.9	49.7	49.9
47 Track.Fehler Ruhe	50.5	49.4	50.6	49.3	50.0	49.9	49.5	50.4	50.9	49.7	50.0	49.4
58 Muskelaktiv.Ruhe	48.7	50.1	46.8	52.0	49.1	49.8	48.8	50.2	49.6	49.4	53.4	47.7
60 Muskelakt. 85+B	51.1	50.1	51.7	49.5	50.3	50.8	50.9	50.2	51.0	50.1	49.4	49.5
61 Defensivreaktion	54.2	50.5	-	-	52.2	52.2	52.9	51.4	53.2	50.9	49.6	50.9
65 RRS Ruhe, CS	126.5	125.7	124.7	127.4	125.8	126.3	125.6	126.6	126.7	125.2	126.9	120.4
66 RRS Ruhe, CS	83.0	80.7	81.5	82.1	81.9	81.7	81.7	81.9	82.0	81.4	79.9	79.8
71 EMI Lärmstöße, CS	71.5	72.5	70.7	73.3	75.3	69.2	73.7	70.0	72.4	71.6	75.8	70.1
77 RRS Lärmstöße, RSA	14.8	12.9	15.3	12.4	14.1	13.6	14.3	13.2	13.7	14.0	15.8	12.8
78 RRS Lärmstöße, RSA	9.3	8.1	8.4	8.9	8.7	8.6	8.9	8.4	8.9	8.4	8.4	8.0
86 Gesamtweiß	7.8	7.8	7.8	7.9	7.7	7.9	7.8	7.9	7.8	7.8	7.6	7.7

Mittelwerte in den Cluster-Sets: vgl. Tab. 8-6. - Hinweise auf Signifikanzen im Annex-Band, A 5.6.3 (Varianzanalysen).

Tab. 8-13 Interkorrelationen wichtiger Variablen in Substichproben

Split-Variable (Nr.) (vgl. Tab. 8-11)	(11)		(32)	(61)	(12)	(3)	(6)	(13)	(90/91)	(65/66)	(-)		Sample
	D	C	-RIU +	+DR -	F	Lab	-RL +	Wie	No	-RR +	X	Y	
<b>Korrelierte Variable</b>	<b>Korrelationen mit „Fluglärmbewertungsmaß FBj“ (89)</b>												
32 Globalreaktion-S	-28	-44	(-27 -45)	-53 -61	-60 -56	-62 -56	-69 -51	-50 -55	-33 -44	-57 -63	-62 -54	-58	
47 Track, Fehler, Ruhe	.	.	23	22	10 26	.	.	.	21	.	16 18	17	
58 Muskelaktiv. Ruhe	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-10 -11	-10	
60 Muskelakt. 85+B	.	.	.	.	21	.	21	22	21	.	28 16	14	
61 Defensivreaktion	.	20	.	.	24 18	19 24	21 21	13 27	24	.	34 11	31 22	
66 RRD Ruhe, CS	.	.	.	21	.	.	.	.	-20	-37	25	12	
71 EMI Lärmstöße, CS	.	.	-20	.	-20	.	.	-25	-20	-20	-15 -10	-12	
77 RRS Lärmstöße, RSA	-27	11 -10	19	.	.	.	.	.	.	( 20 )	13 12	12	
78 RRD Lärmstöße, RSA	.	.	.	.	.	21	.	.	.	.	10 14	12	
86 Gesamtweiß	.	.	.	21	.	.	.	.	.	.	25 11	18	
5 Wohndauer, CS	-22	-26	33	22	13 22	.	.	37	24 -12	.	.	.	
6 Robusth.g. Lärm, CS	.	.	28	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
33 Furchtassoz. FL	.	13 31	.	12 23	22 16	33	28	.	25	.	21 19	20	
<b>Korrelierte Variable</b>	<b>Korrelationen mit „Globalreaktion-S“ (32)</b>												
3 Labilität „P+S“, CS	-39	-21	-23	-23 -10	-20 -19	-18 -25	-20	-25	-35	-35	-19 -19	-19	
5 Wohndauer, CS	-12	-33	.	-15 -23	-14 -26	-33	-28 -10	-31	-25	.	-23 -16	-20	
6 Robusth.g. Lärm, CS	68	55 28	33	46 36	37 45	39 38	( 15 23)	54 16	38 26	43 44	40 40	40	
10 Zufr. Verkehr, CS	34	32 12	19	.	.	.	21	22	32 18	.	13 14	13	
11 Abneig. Modern, CS	.	.	.	-23 -10	.	-21	.	.	-22 -13	.	-29 -16	-20	
12 Geschlecht	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
19 Alter	-20	-16 -12	-21	.	.	.	.	.	.	.	-24	-16	
33 Furchtassoz. FL	-36	-37 -20	-38	-18 -27	-33 -38	-48 -37	-41 -37	-41 -33	-47 -15	-48	-40 -44	-41	
42 Treffer, Distr. oA	16	15 12	24	.	33	.	21	.	30 17	24	14 14	14	
58 Muskelaktiv. Ruhe	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
61 Defensivreaktion	12	-32	.	.	-21	.	22	.	-36	.	-23	-15	
66 RRD Ruhe, CS	-14	-31	.	.	.	.	.	.	-17 -32	( -22)	-17	-13	
77 RRS Lärmstöße, RSA	-11	-40	.	.	.	.	.	.	-40	.	-11 -10	-10	
78 RRD Lärmstöße, RSA	-16	-26	.	-24	.	.	.	-10 -21	.	( -21)	-14 -17	-15	

Signifikanz: s. Text. - Werte in Fettdruck: signifikant auf 5 %-Niveau. Übrige Werte (ab .10) nur zu Vergleichszwecken. Vgl. Tab. 8-6

4/462

Bemerkenswert scheint ferner, daß in beiden hier betrachteten „Empfindlichen“-Gruppen die Variable „Furchtassoziationen bei Flugzeugen“ in signifikanter Kontingenz mit „FB1“ steht, während die Gegengruppen solche Assoziationen signifikant seltener zeigen (Tab. 8-13) und auch nicht vom Ausmaß des Fluglärms abhängig machen. Die zunächst unklare Bewertung der Furcht-Variable (vgl. 8.5.2) kann nun präzisiert werden: „Furchtassoziationen bei Flugzeugen“ ist nur für psycho-vegetativ Labile und gegenüber Lärm empfindlichen Personen eindeutig als Kriterium der Fluglärmwirkung zu interpretieren (und steht hier auch in engerem Zusammenhang mit der „Globalreaktion-S“).

- (2) Zwischen Männern und Frauen bestehen – hinsichtlich der untersuchten Interdependenzen – keine relevanten Unterschiede (entsprechendes gilt auch für Altersgruppen (nicht in Tab. 8-13)); Geschlecht und Alter sind also im wesentlichen keine konfundierenden Größen in den multivariaten Analysen.
- (3) Auf die ungleichmäßige Verteilung der Variable „Haustyp“ (und der davon abhängigen Größen) ist wiederholt hingewiesen worden (vgl. 2.5.3, 8.5.2). Der Vergleich zweier entsprechender Sub-Stichproben („WiE“, „WiB“ in Tab. 8-12, 8-13) zeigt nun, daß zumindest die Hauptkorrelation („FB1“-„Globalreaktion-S (R1U)“) etwa gleich ist (-.50, -.55, im I-Sample -.58). Zwei Partialkorrelationen unterstützen dies, nämlich „FB1“-„R1U“ ohne „Haustyp“-Einfluß = -.53, und die (Schein-) Korrelation zwischen „R1U“ und „Haustyp“ sinkt bei Herauspartialisierung von „FB1“ von -.31 auf -.10 (insignifikant). Die übrigen Korrelationsunterschiede korrespondieren – besonders hinsichtlich „Wohndauer“ und „Robustheit gegen Lärm“ – mit Unterschieden zwischen den Sets (Einzelhäuser dominieren in den Sets D, C und Wohn-Blocks in den Sets B, A; und da die neueren Blocks in den äußeren Clustern liegen, ergibt sich der paradoxe Zusammenhang „Wohndauer“-„FB1“ von .37).
- (4) Zwei Sondergruppen sind Hypotoniker und Hypertoniker, nämlich 55 Probanden mit hohem Blutdruck („RRS in Ruhe“ über 139 mm Hg) und 57 Probanden mit niedrigem Blutdruck („RRS-Ruhe“ unter 111 mm Hg); die Daten entstammen dem Experiment der Medizinischen Sektion.

Tab. 8-12 zeigt zunächst die (bekannte und schon in 8.3.5 genannte) Abhängigkeit des Blutdrucks von Alter und Geschlecht: Die Gruppe „RR+“ enthält nur halb so viele Frauen wie die Gruppe „RR-“ und ist signifikant (im Mittel um 12 Jahre) älter (auch hinsichtlich Übergewicht besteht ein signifikanter Unterschied); dieser Sachverhalt begrenzt die Vergleichsmöglichkeiten.

Darüberhinaus ist aus Tab. 8-13 eine Auswirkung hinsichtlich von Variablen aus dem psychologischen Experiment der Psychologischen Sektion zu ersehen, die aus dem genannten Geschlechts- und Alterseffekt nicht zu erklären ist: Bei Probanden mit hohem Blutdruck besteht eine signifikante Korrelation zwischen „Defensiv-Reaktion“, „Muskelaktivität in Ruhe“ bzw. „bei 85 dB und Belastung“ mit „FB1“ ( $r = .34, -.46, .28$ ); diese Zusammenhänge sind im I-Sample wesentlich schwächer (in der Gruppe „RR-“ insignifikant).

Obwohl Hypotoniker eine intensivere „Defensivreaktion“ zeigen, ist der Zusammenhang dieser Variable mit Fluglärm nur bei Hypertonikern eindeutig, kann strenggenommen nur hier von einer Fluglärmwirkung gesprochen werden (vgl. dazu 5.6.3). Daß Personen mit hohem Blutdruck eine stärkere Verärgerungsreaktion zeigen (Tab. 8-12), ging schon aus der Diskussion in 8.5.2 (Tab. 8-8) hervor.

446<sup>2</sup>

Auf den Zusammenhang des Blutdrucks einerseits mit der „Defensivreaktion“, andererseits mit der „Globalreaktion-S“ wird in 8.5.5.1 noch einmal eingegangen.

- (5) Schließlich ist noch einmal im Zusammenhang zu prüfen, wieweit es Subgruppenspezifische ‚Wirkungsvariablen‘ gibt.
- Die sozialwissenschaftlichen Reaktionsvariablen korrelieren signifikant in allen Subgruppen (außer teils in den Sets, was aber durch die im Set verminderte Stimulus-Streuung erklärt ist) mit „FB1“.
  - Dies gilt mit Einschränkungen auch für die psychologische „Defensivreaktion“.
  - Zu „Furchtassoziationen Flugzeug“ vgl. (1).
  - Einige der schon diskutierten Pseudo-Fluglärmwirkungen (8.5.2, Punkt (2)) treten teils auch in Sub-Samples auf; für diese Variablen gelten jedoch auch hier die genannten Argumente.
  - Keine der als ‚Trends‘ der Fluglärmwirkung interpretierten physiologischen Variablen erreicht in Subgruppen die gesetzten Kriterien (etwa  $r^2 > .05$ ). Hinsichtlich der elektromyographischen Daten zeigen sich einige Korrelationen über .20, jedoch uneinheitlich; außerdem entspricht das negative Vorzeichen nicht den Erwartungen.
- Der „Hörverlust“ korreliert in keiner Subgruppe signifikant mit „FB1“. – Man kann also sagen, daß zumindest durch die hier aufgesplitteten Variablen keine relevante Fluglärmwirkung ‚zudeckt‘ gewesen ist.

Ergänzend sei noch erwähnt, daß durch 2faktorielles Varianzanalysen geprüft wurde, ob bestimmte Moderatoren die Reaktion auf Fluglärm nur linear (bzw. als Wechselwirkung mit dem Fluglärm) beeinflussen (1. Faktor jeweils „FB1“, 2. Faktor wechselnde Moderatoren). Zu diesen von der Psychologischen Sektion durchgeführten Analysen vgl. 5.6.3. Hinsichtlich der Haupt-Reaktionen zeigten nur die schon in 8.5.3 erörterten Moderatoren signifikante Interaktionen mit FB1 (ein Beispiel wurde in 8.5.3 unter (4) erläutert). Eine Ausnahme ist die „Labilität ‚M‘“ (Diese Variable zeigt einen (sehr schwachen) Zusammenhang gegen die Erwartung mit „FB1“, was bedeuten würde, daß mehr Fluglärm geringere Labilität (körperliche Beschwerden) hervorruft; das erscheint unplausibel).

Zu beobachten ist die Wechselwirkung mit „FB1“ auf die abhängige Variable „Globalreaktion-S“, derzufolge die ‚Labilen‘ bei höherem Fluglärm verärgerter, bei geringerem Fluglärm weniger verärgert reagieren als die Gegengruppe. (Möglicherweise sind die ‚Labilen‘ reagibler, können also auf unterschiedliche Grade von Fluglärmbelastung intensiver reagieren? ).

### 8.5.4.3 Resultate in Subgruppen gemäß Reaktionsvariablen

Aus den Tab. 8-12, 8-13 und 8-14 sind die Effekte der Gruppierung nach „Globalreaktion-S“ (dazu vgl. 4.6.6.6) und nach „Defensivreaktion“ zu ersehen.

- (1) Einige Variablen korrelieren nur bei den geringer Fluglärmverärgerter mit „FB1“, wobei dessen positive Korrelation mit „Robustheit gegen Lärm“ zunächst paradox erscheint. (Oder haben bzw. entwickeln die ‚Fluglärm-resistenten‘ Probanden (R1U+) eine um so größere generelle Lärmrobustheit, je stärkerem Fluglärm sie ausgesetzt sind? U. a. hierzu wäre eine Längsschnittstudie vonnöten).
- In diesem Zusammenhang ist auch auffällig, daß nur bei der durch Fluglärm gestörten und verärgerter Teil-Gruppe der Einfluß dieses wichtigstens Moderators erhalten bleibt ( $r = .38$  mit „Globalreaktion-S“, im I-Sample .40); die linear-additive Wirkung von „Robustheit gegenüber Lärm“ gilt offenbar nicht im gesamten Reaktionsbereich. Zu erwähnen ist noch, daß in der Gruppe ‚R1U+‘ die sozialpsychologische „Global-

reaktion-S" höher mit „FB1“ korreliert ( $-.45$  statt  $-.27$ ; die Reduktion gegenüber  $-.58$  erklärt sich aus der Varianzbescheidung durch die Subgruppenbildung): Die Betrachtung der 11 Einzelreaktionen zeigt (nicht in Tab. 8-13 enthalten), daß in der Gruppe ‚R1U+‘ konkrete (mehr kognitive) Fluglärmwirkungen meist höher mit dem Stimulus korrelieren (z.B. Kommunikationsstörungen  $.53$  statt  $.19$ ), während in der Fluglärm-empfindlichen Gruppe (‚R1U-‘) die ‚emotionalen‘ Fluglärmwirkungen stärker Stimulus-determiniert sind (z.B. Erträglichkeit Fluglärm  $-.27$  statt  $-.08$ ).

- (2) Die Klassifikation nach Stufen der „Defensivreaktion“ bewirkt kaum Heterogenitätseffekte; so gibt es auch keine Belege für die Möglichkeit, daß Probanden mit unterschiedlich intensiver Reaktion im physiologischen Bereich eine unterschiedliche Struktur der sozialpsychologischen Fluglärmverarbeitung aufweisen.
- (3) Die multiplen Regressionen in Tab. 8-14 nach ‚R1U-‘ und ‚DR-‘-Gruppen zeigen keine interpretierbaren Unterschiede.

#### 8.5.4.4 Resultate in Substichproben gemäß Stimulusvariablen

Fragestellung ist hier, ob die Moderatoren der Fluglärmwirkung auf verschiedenen Fluglärmstufen unterschiedlichen Einfluß auf die Reaktionen haben.

Deshalb sollen in den akustischen Cluster-Sets insbesondere einige multiple Regressionen verglichen werden, die in Tab. 8-14 aufgeführt sind.

- (1) Hinsichtlich der sozialpsychologischen „Globalreaktion-S“ (zu vergleichen mit der ersten Analyse in Tab. 8-9) fällt zunächst auf, daß der Determinationskoeffizient in den Sets mit  $.70/.58/.55/.68$  zwar in derselben Größenordnung liegt wie der Wert  $.63$  beim I-Sample, jedoch leicht U-förmig verläuft. Die Erklärung dafür liegt u.a. darin, daß die beiden wichtigsten Prädiktoren gegenläufige Trends haben (vgl. auch Tab. 8-13): Die Korrelationen mit dem Kriterium „Globalreaktion-S“ fallen bei „FB1“ ( $-.44/-.28/-.13/-.28$ ) und steigen bei „Robustheit gegenüber Lärm“ ( $.33/.28/.55/.69$ ) zum lauten Set hin, so daß sich in die mittleren Sets eine geringe Gesamtprädiktion ergibt.
- (2) In der multiplen Prädiktion wird die Set-spezifische Relevanz der generellen Lärmempfindlichkeit noch deutlicher: die Betagewichte fallen in D bis A monoton von  $.65$  bis  $.15$  ab (vgl. 4.6.6.4, Abb. 4-5). Je stärker also der Fluglärm, desto stärker macht sich die „Robustheit gegen Lärm“ bemerkbar, während diese Persönlichkeitseigenschaft bei geringerem Fluglärm offensichtlich nicht zum Tragen kommt (kommen kann). Dabei ist noch zu beachten, daß diese Variable – wie schon für das Gesamt-Sample – auch innerhalb der Sets nicht mit FB1 korreliert ist (im übrigen auch keine großen Streuungsunterschiede zeigt:  $s = 7.5/6.6/5.9/6.9$  von D nach A).
- (3) Der Stimulus hat in den Sets entsprechend seiner reduzierten Streuung natürlich einen geringeren Einfluß und ist nicht mehr der ‚beste‘ Prädiktor, hat jedoch auch mit sinkendem Fluglärmgrad (Sets B, A) noch ein relevanteres Betagewicht; dies mag damit zusammenhängen, daß die Streuung von FB1 (im Sample  $s = 10.0$ ) von Set D nach Set A auf  $1.3/1.8/2.6/4.1$  zunimmt. Mit der zu den weniger lauten Sets hin steigenden Streuung mag zugleich erklärt werden, daß auch dort – trotz des viel geringeren Fluglärmniveaus – eine große Reaktionsvariabilität besteht (gegenüber  $.92$  noch  $.88/.80/.64/.75$ , von D nach A).
- (4) Von den übrigen Prädiktoren leisten jene, die in der Gesamtgruppe nächst „FB1“ und „Robustheit gegenüber Lärm“ die höchsten Gewichte hatten (Nr. 4, 10, 12, 11, 65, 66 in Tab. 8-9), auch in den Sets Beiträge zur Determination der „Globalreaktion-S“. Daß die Betagewichte des Blutdruck von D nach A zunehmen, Blut-



1487

druck also – wenn überhaupt – eher in ‚leiseren‘ Sets als Moderator anzusehen ist, überrascht etwas, weil ein solcher Einfluß eher unter der Bedingung starker Fluglärmbelastung plausibel schiene.

Tab. 8-14 Multiple Prädiktion der Fluglärmwirkung in Substichproben

Kriterium	„Globalreaktion-S“						„Defensivreaktion“					
	D	C	B	A	DR-	DR+	D	C	B	A	RIU+	RIU-
Substichproben	84	76	74	82	81	81	54	65	60	63	43	47
Korrelation R							29	43	36	40	18	22
R <sup>2</sup>	70	58	55	68	65	65						
Prädiktoren-Gewichte												
2 Status, CS	-14			-18	-10				15		-11	
3 Labilität ‚P+S‘, CS	20					-18	-30		-12			-25
4 Autolärmräger, CS	-14	-37	-28	-27	-31	-16		-25				-24
5 Wohndauer, CS			-18				-36		13	-40	-44	
6 Robust.g.Lärm, CS	65	57	28	15	33	40		-15				
7 Labilität ‚M‘, CS									31			
8 Bind. an Haus, CS	-14		19	-15			16		-10	17	19	12
9 Unangen.Rausch. CS				-16			-24			-11		-22
10 Zufr. Verkehr, CS	36	23	15	20	16	22		-14	10			
11 Abneig.Modern., CS		-29	-28	-22	-15	-17	11	23	33		19	20
12 Geschlecht	13		27	14	17	17	26	-28	11			13
14 Schl. Zustand	16					12	15	20	-30	-12	-10	
15 Übergewicht		21		15				15	-18			-11
16 Stroop-Score			11	-42	-17		22	-27	17	14		
19 Alter	-16		25				-15	23		37	25	
20 Kritikbereitsch.		25					-12				-13	
35 Wörter falsch	-12								19			
36 Falsche R., Di. oA	11	21	-37			-12	35	-24	-12	-26		-11
40 Reakt. Z., Distr. oA		18		-28			-31	-15		23	19	-46
42 Treffer, Distr. oA	26	23	-18				19	-27	-48	-38	-35	-31
46 Ruhe-Pulsfrequenz	17			-13		13				22		
51 Finger Ampl. Ruhe			14		11	12		11	-13	-20		-13
55 Kopf Amplit. Ruhe	10	-15					19	42		34	34	34
64 EMI Ruhe, CS	-10							-11	12		11	
65 RRS Ruhe, CS			11	38	12	23	-11	-27	-15	-33	-17	-28
66 RRD Ruhe, CS		-11	-28	-33	-14	-26	42	-15		-12	-27	26
68 AF Ruhe, CS		-22	-24			-25			18	-15		19
83 Blutzucker		-18							20			
89 Fluglärmmaß FBI	-30		-38	-37	-76	-64			47		41	26

Betagewichte ab 0.10 (ohne Null und Dezimalpunkt); alle Korrelationen signifikant; Variablenamen: vgl. Tab. 8-3; Substichproben: vgl. Tab. 8-11

- (5) Die Setvergleiche legen nahe, daß die sozialpsychologischen Fluglärnwirkungen für verschiedene Lärmstufen unterschiedliche inhaltliche Qualität haben; die Sozialwissenschaftliche Sektion hat dies ausführlicher erörtert (vgl. 4.8.7.4, 4.8.5.6): offensichtlich ist z. B. die sozialpsychologische „Globalreaktion.“ bei starkem Fluglärm etwas mehr emotional geprägt, bei geringerem Fluglärm dagegen eher an den Wahrnehmungen und konkreten Folgen, wie etwa Kommunikationsstörungen, orientiert.
- (6) Bei der multiplen Prädiktion der „Defensivreaktion“ überrascht, daß diese in den Sets weit besser multipl. determinierbar ist als im I-Sample (dort nur  $R^2 = .16$ , vgl. Tab. 8-9). Der Stimulus hat nur in Set B ein relevantes Gewicht. Eine Interpretation wird durch die sehr verteilten und zwischen den Sets durchweg unterschiedlichen (teils das Vorzeichen wechselnden) Betagewichte erschwert. Einzig der Beitrag des „RRS-Ruhe“-Blutdrucks zur Vorhersage der „Defensivreaktion“ (der wohl u. a. gefäßregulatorisch bedingt negative Zusammenhang ist in 5.6.2 erörtert worden) bleibt in allen Sets erhalten. (Vgl. auch 8.5.4.2, (4).)

- (7) Eine gesonderte Analyse stellt der Nord/West-Vergleich („No/We“) dar. Ziel war, einen Vergleich nur unter dem Aspekt der Überflughäufigkeit zu ermöglichen, den Aspekt Überflugpegel hingegen konstant zu halten (das Problem ist mit Partialisierungen nicht zu lösen, da im Gesamt-Sample beide Variablen so hoch korreliert sind, daß ein ‚Herausziehen‘ der einen Variable in der anderen nahezu keine systematische Varianz mehr beläßt).

Zu diesem Zweck hat die Organisatorische Sektion Paare von Clustern gesucht, wo der Flugverkehr gleichen Pegel und verschiedene Häufigkeiten aufweist; dies war Smal möglich, jedoch nur im geringer belärmten Teil des Stichprobenareals, nämlich für Cluster im seltener überflogenen nördlichen Ast (ein Teil von Set A) und im westlichen Ast (Teil von Set B; vgl. auch 2.3.4).

Geografisches Areal		Cluster				Fluglärmmaße			Reaktionen		
		N	LA	H <sub>81</sub>	FB1	(21)	(23)	(27)			
No	09 12 18 23 25	52	84.9	316	67.9	2.9	.85	2.7			
We	21 24 26 27 29	59	85.4	537	74.2	3.7	.86	3.3			

(21) = „Wahrg. Häuf. FL“; (23) = „Erträglichkeit FL“;  
 (24) = „Kommunikationsstörungen FL“ (vgl. Tab. 8-6).

Signifikanztests zeigen nun, daß nur 2 Variablen (auf dem 1 %-Niveau) signifikant unterschiedlich ausfallen: wie zu erwarten die subjektiv wahrgenommene Flughäufigkeit; ferner eine der wichtigsten Reaktionsvariablen, „Kommunikationsstörungen durch Fluglärm“, die ja auch im Hauptsample enger an die Häufigkeit als an den Pegel gebunden ist. Hingegen bleiben die eher emotionalen Komponenten der Fluglärmverärgerung (ebenso „Globalreaktion-S“ sowie die „Defensivreaktion“) insignifikant (wobei allerdings das kleine N zu berücksichtigen ist).

Die Ergebnisse bedeuten, daß sich – zumindest bei solchen Lautstärken (85 dB (A)) – der Häufigkeitsunterschied kaum auswirkt: Beide Gruppen nennen den Fluglärm zu 85 bzw. 86 % „noch erträglich“.

Dies widerspricht der in 8.5.1 geäußerten Vermutung über die Relevanz des Häufigkeitsflusses. Allerdings ist denkbar, daß das Intensitätsniveau hier so relativ niedrig war, daß die Überflüge psychologisch nicht immer evident werden, der Sachverhalt also z. B. bei einer Fluglärmbelastung wie in Set C oder D anders aussähe.

Zum hier versuchten Vergleich ist noch anzumerken, daß die Klassifizierung der beiden Cluster 09 und 12 problematisch ist: diese liegen im Grenzbereich zwischen Westast und Nordast (vgl. Abb. 2-6 in 2.3.4), und zumindest die Überflugpegel waren bei der Stichprobenplanung höher erwartet worden, als später gemessen wurde; möglicherweise unterschätzen die Lärmdaten die tatsächliche Lärmbelastung.

Da allerdings (wie schon erörtert) eine analoge Prüfung auf höherem Pegelniveau ebenso wenig möglich ist wie ein Vergleich zweier Pegelstufen bei konstanter Häufigkeit – die Charakteristik des Münchner Flugbetriebs läßt das nicht zu –, muß der relative Stellenwert beider Fluglärmgrößen vorerst offen bleiben.

Als Resümee der Subgruppen-Betrachtung ist zu sagen, daß das Zusammenwirken von Stimulus und Moderatoren hinsichtlich der betrachteten Fluglärmfolgen teilweise spezifischer beschrieben werden kann. Dabei waren die Differenzen zur Gesamtgruppe im wesentlichen nur quantitativ, qualitative Unterschiede – etwa echt gegenläufige Korrelationen in zwei korre-

3272

spondierenden Samples – dagegen selten, auch konfundierende Effekte wurden nicht entdeckt. (Die zuvor dargelegten Aussagen zur Fluglärmwirkung (8.5.2., 8.5.3) sind also zumindest nicht entkräftet worden).

Anzumerken ist noch, daß die Subgruppenanalysen insbesondere der Sozialwissenschaftlichen Sektion (4.6.6) zu im Allgemeinen gleichartigen Ergebnissen geführt haben, obwohl die Stichproben unterschiedlich umfangreich sind und vor allem die benutzten Moderatorvariablen inhaltlich differieren; dies kann als Stützung der geschilderten Resultate aufgefaßt werden.

### 8.5.5      **Dependenzanalysen zur Fluglärmwirkung (GUSKI & ROHRMANN)**

Die dargestellten Analysen der Auswirkung von Fluglärm auf den Menschen beruhen im wesentlichen auf Korrelationen. Ein Korrelationskoeffizient sagt zunächst nichts über die Ursache-Wirkungs-Relation der betrachteten Variablen aus, er konstatiert lediglich eine Kovariation, d. h., eine Interdependenz.

Die Schwäche der bisherigen Resultate liegt nun wesentlich darin, daß der theoretische Status der benutzten Variablen nicht immer hinreichend klar ist; auch Annahmen über die zeitliche Abfolge der betrachteten Größen (und damit ein Kausalindiz) sind nur selten möglich.

Als eindeutig mag gelten, daß der Stimulus Fluglärm die hier untersuchten Verhaltensvariablen beeinflusst, aber nicht seinerseits von diesen abhängt: Diese Unterstellung liegt allen Analysen zugrunde, und Korrelationen mit Fluglärmparametern werden stets gerichtet interpretiert. (Theoretisch sind freilich sehr wohl Rückkopplungen denkbar; vgl. 8.1.2). Weniger sicher ist die Definition der Reaktionsvariablen; sie geschah mehr durch statistische als durch theoretische Kriterien (vgl. z. B. 5.6.2, Anfang 8.5.2).

Ebensowenig ist die Abgrenzung der Moderatoren als eindeutig zu bezeichnen; nicht immer ist klar, wie Stimulus und Moderatoren interagieren, und vor allem, wie der Moderator auf die Reaktionsvariablen wirkt (vgl. 8.5.3): Hier wurde gesetzt, daß Moderatoren nicht mit Fluglärm korreliert (also gleichermaßen externe Einflußgrößen) sein sollten, und zunächst von linear-additiven Wirkungen ausgegangen.

Im folgenden soll nun versucht werden, die Vorstellungen zur Moderatorwirkung etwas zu präzisieren, und durch Verfahren zur Prüfung ‚kausaler‘ Abhängigkeiten einige Dependenzmodelle zur Fluglärmwirkung zu entwickeln und zu testen.

#### 8.5.5.1      **Vorstellungen zur Moderatorwirkung**

Im Anschluß an die Überlegungen in 1.4.2., 5.6.3 und 8.5.3 sollen 4 Vorstellungen diskutiert werden, die in Abb. 8.3 grafisch veranschaulicht sind (im folgenden sei S = Stimulus, R = Reaktion, M = Moderator).

Dazu sei das Beispiel aus Kap. 1 aufgenommen, in dem es um den Einfluß der Moderatorvariable „Ängstlichkeit“ auf Leistungsverhalten ging:

- Unterstellt man, daß Fluglärm grundsätzlich leistungsmindernd wirkt, und daß dieser Effekt bei ängstlichen Menschen noch verstärkt und bei nicht ängstlichen abgeschwächt wird, so ‚regelt‘ der Moderator „Ängstlichkeit“ gewissermaßen wie ein Verstärker oder ein Widerstand das Ausmaß der Fluglärmwirkung.
- Unterstellt man, daß Fluglärm nur bei ängstlichen Menschen leistungsmindernd wirkt,

3272

8.5.5.1

bei den übrigen Personen hingegen keinen Einfluß auf die Leistung hat, könnte man die Funktion dieses Moderators ‚einschaltend‘ nennen.

- Unterstellt man, daß Fluglärm bei ängstlichen und nicht ängstlichen Menschen gegenseitige Wirkungen hat, etwa (durch Aktivierungseinflüsse) leistungsmindernd im einen Fall (‚R-‘) und leistungsverbessernd im anderen Fall (‚R+‘), wäre ein ‚umschaltender‘ Moderatoreinfluß gegeben.
- Unterstellt man, daß Fluglärm die Ängstlichkeit der Personen erhöht (Ängstlichkeit also eine Fluglärmwirkung ausdrückt), und daß diese Reaktion ihrerseits eine Leistungsminderung hervorruft, hätte die Ängstlichkeit als ‚Primärreaktion‘ eine ‚vermittelnde‘ Funktion; die ‚Sekundärreaktion‘ wird dann als nur indirekt vom Fluglärm abhängig verstanden, und ‚R1‘ als Moderator von ‚R2‘.

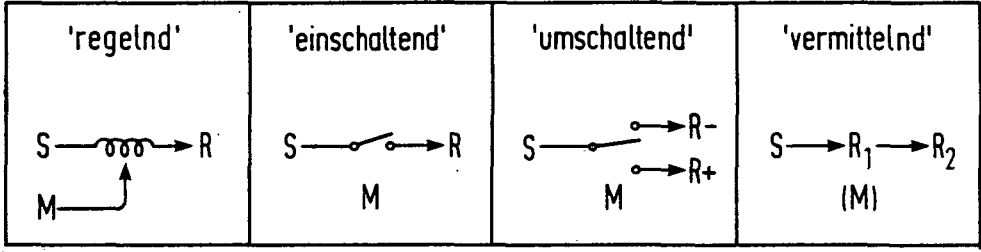


Abb. 8-3: Konzepte zur Moderator-Wirkung

Anhand dieser – zweifellos vereinfachenden, nicht disjunkten und kombinierbaren – Vorstellungen lassen sich einige Konsequenzen für die zu erwartenden statistischen Zusammenhänge zwischen Stimulus, Moderator und Reaktion formulieren und damit Hinweise auf die Angemessenheit der diskutierten Konzepte gewinnen (vgl. im folgenden Abb. 8-3):

- Wenn der Moderator als ‚Regler‘ wirkt, sollten Stimulus wie Moderator substantiell mit der Reaktionsvariable korrelieren ( $r_{SR} > 0$ ,  $r_{MR} > 0$ ), während der Zusammenhang  $r_{SM}$  irrelevant erscheint. Diese Vorstellung impliziert, daß ein solcher Moderator die ‚eigentliche‘ S-R-Beziehung gewissermaßen verwässert oder verzerrt, nämlich teils verstärkt, teils abschwächt. Daraus läßt sich die Erwartung ableiten, daß die partielle Korrelation  $r_{SR.M}$  (der Zusammenhang zwischen Stimulus und Reaktion ohne Einfluß des Moderators) größer als die unkontrollierte Beziehung  $r_{SR}$  ist. Zugleich wäre plausibel, daß in Teilgruppen, die sich hinsichtlich der Moderatorausprägung unterscheiden,  $r_{SR}$  mindestens ebenso substantiell wie in der Gesamtgruppe ausfällt.
- Wenn der Moderator als ‚Einschalter‘ wirkt, dann ist in der Subgruppe mit substantieller Moderatorausprägung sowohl eine stärkere Reaktion als auch ein relevanter Zusammenhang zwischen Stimulus und Reaktion zu erwarten ( $r_{SR, M+} > 0$ ), während in der Subgruppe mit geringer Moderatorausprägung kein Zusammenhang zwischen Stimulus und Reaktion vorhanden sein dürfte ( $r_{SR, M-} \approx 0$ ).
- Wenn der Moderator als ‚Umschalter‘ wirkt, wäre der Stimulus-Reaktions-Zusammenhang verdeckt,  $r_{SR}$  also (scheinbar) irrelevant, und nur die Moderator-Reaktions-Korrelation  $r_{MR}$  (zumindest aber  $r_{MR.S}$ ) sichtbar. In Subgruppen mit hoher/geringer Moderatorausprägung (M+, M-) müßten sich relevante (und gegensinnige) Korrelationen  $r_{SR, M+}$  bzw.  $r_{SR, M-}$  ergeben.

Der komplexere Fall, daß die beiden alternativen Reaktionen nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ verschieden sind, soll hier ausgelassen werden; Anmerkungen

2380

dazu finden sich im Zusammenhang mit dem Problem spezifischer Reaktionsmuster in 5.4.3.3.

- Wenn der Moderator – hier eine Reaktion 1 – als ‚Vermittler‘ wirkt, wären  $r_{SR_1}$  und  $r_{R_1R_2}$  größer als  $r_{SR_2}$  zu erwarten, da diese letztere Beziehung nur durch Vermittlung über  $R_1$  zustande kommt, und als Partialkorrelation ( $r_{SR_2.R_1}$ ) ohne Einfluß des ‚Vermittlers‘  $R_1$  müßte die Beziehung zwischen Stimulus und Reaktion 2 in dem Maß gegen Null gehen, wie sie durch  $R_1$  bedingt ist.

Die Darstellung der Ergebnisse besonders in 8.5.3 und 8.5.4 dürfte schon deutlich gemacht haben, daß bei komplexen und interdependenten Wirkungsstrukturen mit vielen Variablen eindeutige Aussagen schwierig sind (gerade multivariate Verfahren berücksichtigen ja die gegenseitige Beeinflussung der betrachteten Variablen und können somit nicht die scheinbare Eindeutigkeit der Resultate univariater Ansätze bringen); dies gilt auch für die hier ins Auge gefaßten Korrelationsvergleiche. Obwohl die aus den diskutierten Vorstellungen abgeleiteten Annahmen nicht allzu stringent sind, sollen im Folgenden einige Variablenbeziehungen unter den genannten Gesichtspunkten betrachtet werden, um die Interpretation empirisch vorfindbarer Moderatorwirkungen zu präzisieren.

In Tab. 8-16 sind für 6 Variablen-Tripel Gesamt- sowie Partial- und einige Subgruppen-Korrelationen gemäß starker/schwacher Ausprägung der jeweils dritten Einflußgröße angegeben.

- (1) Im 1. Beispiel geht es um den Einfluß des Moderators „Robustheit gegenüber Lärm“, der bisher als ‚verstärkend/abschwächend‘ interpretiert worden ist. Dies wird durch die oben erörterten Kriterien zumindest nicht widerlegt:  $r_{SR.M}$  ist (wenn auch nur um .05) höher als  $r_{SR}$  (-.63, -.58), und in beiden Subgruppen gemäß Moderator (Lärmempfindliche, Lärmrobuste) ist  $r_{SR}$  substantiell.

Tab. 8-16 Moderator-Effekte: Partial- und Subgruppen-Korrelationen

	Variable X	Variable Y	Variable Z	$r_{XY}$	$r_{XY.Z}$	$r_{XY,Z-}$	$r_{XY,Z+}$
1	FB1	Globalreaktion-S	Robusth. g. Lärm	<u>-58</u>	<u>-63</u>	<u>-69</u>	<u>-51</u>
	Robusth. g. L.	Globalreaktion-S	FB1	<u>40</u>	<u>49</u>	<u>32</u>	<u>62</u>
2	FB1	Furchtassoz. FL	Robusth. g. Lärm	<u>20</u>	<u>21</u>	<u>28</u>	<u>09</u>
	Robusth. g. L.	Furchtassoz. FL	FB1	<u>-36</u>	<u>-36</u>	<u>-25</u>	<u>-45</u>
3	FB1	Defensivreaktion	RRS Ruhe	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>-04</u>	<u>34</u>
	RRS Ruhe	Defensivreaktion	FB1	<u>-08</u>	<u>-10</u>	<u>-16</u>	<u>-08</u>
4	FB1	Muskelaktiv. Ruhe	RRS Ruhe	<u>-10</u>	<u>-11</u>	<u>15</u>	<u>-46</u>
	RRS Ruhe	Muskelaktiv. Ruhe	FB1	<u>06</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>-09</u>
5	FB1	Globalreaktion-S	Furchtassoz. FL	<u>-58</u>	<u>-56</u>	-	-
	FB1	Furchtassoz. FL	Globalreaktion-S	<u>20</u>	<u>-06</u>	<u>08</u>	<u>04</u>
	Globalr.-S	Furchtassoz. FL	FB1	<u>-41</u>	<u>-38</u>	<u>-38</u>	<u>-36</u>
6	FB1	Globalreaktion-S	RRD Lärm, RSA	<u>-58</u>	<u>-58</u>	<u>(-57)</u>	<u>(-63)</u>
	FR1	RRD Lärm, RSA	Globalreaktion-S	<u>12</u>	<u>04</u>	<u>14</u>	<u>01</u>
	Globalr.-S	RRD Lärm, RSA	FB1	<u>-15</u>	<u>-10</u>	<u>-04</u>	<u>03</u>

Z- und Z+ bezeichnet Subgruppen gemäß geringer/größerer Ausprägung der jeweiligen Variable Z, die in Tab. 8-11 spezifiziert sind. - Signifikante Korrelationen sind unterstrichen. - Zu den Variablen vgl. Tab. 8-6 in 8.5.2.1.

4462

Hingegen widersprechen die Daten der ‚Einschalt‘-Vorstellung; die beiden anderen Konzepte sind hier von vornherein inadäquat.

Das Ausmaß der sozialpsychologischen Reaktion auf Fluglärm ist also gleichermaßen vom Ausprägungsgrad des Stimulus wie der Moderatorvariablen abhängig. In diesem Zusammenhang sei auf das ‚Komponenten-Modell‘ der Sozialwissenschaftlichen Sektion verwiesen (vgl. 4.6.5.5, Tab. 4-31 und Abb. 4-5; der analoge Moderator ist dort ‚M2‘) und insbesondere auf das in 4.6.6.4.2 diskutierte multiplikative Modell; die hier dargestellte Regler-Vorstellung impliziert dies Modell. Derartige ‚regelnde‘ Wirkung eines Moderators wie im Beispiel (1) läßt sich für eine Reihe weiterer Moderatoren aufzeigen.

- (2) Das zweite Beispiel soll die ‚einschaltende Wirkung des Moderators ‚Robustheit gegenüber Lärm‘ in der Beziehung zwischen ‚FB1‘ und den ‚Furchtassoziationen Flugzeug‘ demonstrieren: die Beziehung zwischen Moderator und Reaktion ist deutlich enger als die zwischen Stimulus und Reaktion, und auf der Stufe geringer Moderatorausprägung (d. h., bei den Lärmempfindlichen) ist die Korrelation zwischen Stimulus und Reaktion substantiell (.28), während sie auf der Stufe hoher Moderatorausprägung gegen Null geht. Derselbe Moderator hat hier also eine andere Funktion als in Beispiel (1). (Vgl. 8.5.4.2, (1); einen derartigen ‚Einschalt‘-Effekt kann eine Partialkorrelation nicht aufdecken).
- (3) Wie (2) auf sozialpsychologischer Ebene, so zeigt Beispiel (3) auf physiologischer Ebene eine ‚Einschalt‘-Wirkung, nämlich des Moderators ‚Systolischer Blutdruck, Ruhe (CS)‘ in der Beziehung zwischen ‚FB1‘ und der ‚Defensivreaktion‘: der Zusammenhang zwischen der ‚Defensivreaktion‘ und ‚FB1‘ ist bei den Personen mit geringem Ruheblutdruck fast Null und bei Personen mit hohem Ruheblutdruck deutlich enger als in der Gesamtgruppe. Allerdings ist die Korrelation zwischen Moderator und Reaktion – entgegen den oben formulierten Erwartungen – kleiner als der Zusammenhang zwischen Stimulus und Reaktion. Mögliche Gründe für diese Unstimmigkeiten sind bereits in 5.6.3 erörtert worden.
- (4) Ein mit den theoretischen Voraussagen für Konsequenzen der ‚Umschalt‘-Wirkung übereinstimmendes empirisches Beispiel ist in den Daten nicht angetroffen worden. Nur Teile der Voraussagen treffen auf das vierte Beispiel zu: die Beziehung zwischen ‚FB1‘ und der elektrischen ‚Muskelaktivität in Ruhe‘ ist in der Gesamtstichprobe insignifikant, jedoch ist sie gegenläufig, wenn man die Gesamtgruppe in Teilgruppen an Hand des ‚Systolischen Ruheblutdrucks‘ aufspaltet: nun zeigt sich eine substantielle, negative Beziehung zwischen ‚FB1‘ und der elektrischen ‚Muskelaktivität in Ruhe‘ in der Gruppe mit hohem Ruheblutdruck, während in der Gruppe mit niedrigem Ruheblutdruck ein positiver Trend sichtbar wird; diese Korrelation (15) ist jedoch insignifikant. Möglicherweise ist die unterschiedliche Stärke der Beziehungen im Sinne der in 5.6.3 hypostasierten größeren Lärm-Empfindlichkeit der Hypertoniker gegenüber den Hypotonikern zu erklären, eine sichere Interpretation für eine Umkehr der Beziehung zwischen Fluglärm und ‚Muskelaktivität in Ruhe‘ kann im Augenblick jedoch nicht gegeben werden.
- (5) Das fünfte Beispiel soll die Wirkungsweise eine ‚Vermittlers‘ in einer Reaktionskette demonstrieren: sowohl die ‚Globalreaktion-S‘ als auch die ‚Furchtassoziationen Flugzeug‘ werden als Fluglärmwirkungen betrachtet. Nachdem unter (2) gezeigt wurde, daß die Furcht-Komponente der Reaktion auf Fluglärm vor allem bei den Lärmempfindlichen deutlich wird, interessiert hier die Interaktion mit der globalen Gestörtheit. Dazu ergeben die Daten, daß die Variable ‚Furchtassoziationen‘ weder ‚Regler‘ noch ‚Vermittler‘ der ‚Globalreaktion-S‘ ist:  $r_{XY} = r_{XY.Z}$ . Für die ‚Einschal-

2/462

ter' oder die 'Umschalter'-Vorstellungen ist die Stimulus-Reaktionsbeziehung zu hoch, aber die 'vermittelnde' Funktion der „Globalreaktion-S“ in der Beziehung zwischen „FB1“ und den „Furchtassoziationen“ als einer ‚Sekundärreaktion‘ scheint plausibel, denn bei Herauspartialisierung des Effektes der „Globalreaktion-S“ aus der Beziehung zwischen FB1 und „Furchtassoziationen“ geht diese Korrelation gegen Null. (Außerdem sind wie postuliert  $r_{SR}$  und  $r_{R_1R_2}$  größer als  $r_{SR_2}$ , nämlich  $-.58$  und  $-.41$  gegenüber  $.20$ ).

Zur „Globalreaktion-S“ ergaben im übrigen zahlreiche weitere Partialkorrelationen, daß deren Abhängigkeit von „FB1“ offensichtlich durch keine anderen Einflußgrößen ‚vermittelt‘ wird, die erlebte Beeinträchtigung und Verärgerung durch Fluglärm also offensichtlich eine ‚Primärreaktion‘ darstellt.

- (6) Das letzte Beispiel gilt dem Blutdruck. Schon in 8.5.2 war gefragt worden, ob die Blutdruckvariablen als Fluglärmreaktionen oder als Moderatoren der Fluglärmwirkung betrachtet werden sollen; die sehr geringen Kontingenzen der Blutdruckgrößen mit „FB1“ wie mit der „Globalreaktion-S“ machen jedoch eine Interpretation schwierig.

Da sich die Korrelation „FB1“-„Globalreaktion-S“ in Abhängigkeit vom Blutdruck praktisch nicht verändert, scheint zunächst sicher, daß hier weder ein ‚regelnder‘ noch ein ‚einschaltender‘ oder ein ‚vermittelnder‘ Modatoreinfluß des Blutdrucks gegeben ist.

Demgegenüber zeigt sich, daß die signifikante (sehr schwache) Korrelation von „FB1“ mit „RRD Lärmstöße, RSA“ verschwindet, wenn die „Globalreaktion-S“ herauspartialisiert wird: die Beziehung ist möglicherweise ‚vermittelt‘.

(Nach den Subgruppenkorrelationen könnte man die „Globalreaktion-S“ möglicherweise auch als ‚Einschalter‘ der diastolischen Blutdruckreaktion betrachten; dieser Begriff ist allerdings auf Variable zugeschnitten worden, die ihrerseits nicht mit dem Stimulus korrelieren).

Zweifelsohne ist kein sicherer Schluß möglich (hinsichtlich „RRD Ruhe“ ergeben sich im übrigen dieselben Relationen); wenn überhaupt, so scheint die schwache diastolische Blutdruckerhöhung, die mit dem Ausmaß der Alltagsflugbelärmung kovariert, keine direkte, sondern eher eine indirekte Fluglärmwirkung zu sein.

Insgesamt ist festzuhalten, daß im Datensatz der interdisziplinären Auswertung ganz überwiegend ‚regelnde‘ Moderatorwirkungen zu beobachten sind, die drei anderen Wirkungsweisen dagegen sehr selten; diese Tatsache mag als Hinweis für die weite Anwendbarkeit des multiplen Regressionsmodells verstanden werden, das solche Moderatorwirkung reflektieren kann.

Die Resultate über indirekte Fluglärmwirkungen (‚vermittelte‘ Sekundärreaktionen) sollen im folgenden benutzt werden, um die Dependenz der Fluglärmreaktionen im Zusammenhang zu analysieren.

### 8.5.5.2 Der Versuch einer Kausalanalyse von Fluglärmreaktionen (GUSKI, PATTERSON\* & ROHRMANN)

Die in 8.5.5.1 verwendete Methode der Herauspartialisierung von Moderatoren aus der Beziehung zwischen Stimulus und Reaktion ist in den Sozialwissenschaften seit etwa 1960

\* Harold PATTERSON (Co-Autor der amerikanischen Fluglärmuntersuchungen der TRACOR Inc. (1970, 1972), der sich 1972/3 in der BRD aufhielt, zählt nicht zum Team des DFG-Projekts, war jedoch an der Konzeption, Prüfung und Darstellung der folgenden Pfad-Modelle wesentlich beteiligt.

446<sup>2</sup>

benutzt worden, um Rückschlüsse auf kausale Beziehungen zwischen Variablen aus nicht-experimentellen Situationen ziehen zu können. Der bei solchen Analysen verwendete Kausalitätsbegriff erhebt jedoch nicht den Anspruch, etwa in der Beziehung zwischen X und Y erst dann X als den Verursacher von Y anzuerkennen, wenn sicher ist, daß X die notwendige und hinreichende Voraussetzung für Y ist; vielmehr soll auf der Basis von Korrelationen und der Kenntnis der zeitlichen Verhältnisse zwischen den Variablen die Richtung und die Stärke der Wirkung von X auf Y festgestellt werden, und Partialkorrelationen mit einer dritten Variable Z können Aufschluß über eine möglicherweise durch Z vermittelte Wirkung von X auf Y geben.

Die Richtung einer Wirkung kann im einfachen Fall einer Korrelation zwischen einer unabhängigen und einer abhängigen Variable durch logische Gründe bestimmt werden. So ist für die Analyse der Fluglärmwirkung gesetzt worden, daß der Grad der physikalischen Fluglärmbelastung nicht durch den Ausdruck verbaler Verärgerung änderbar, also X unabhängig von Y ist, wohl aber erlebte Verärgerung und Beeinträchtigung abhängig vom Fluglärm sind, d. h., X auf Y wirkt. Die Stärke dieser Wirkung kann jedoch nicht unbedingt aus der Korrelation zwischen beiden Variablen geschlossen werden, denn offensichtlich wirken auch noch andere Variablen moderierend im Wirkungsgefüge zwischen X und Y, etwa im Sinne von ‚Reglern‘, ‚Einschaltern‘, ‚Umschaltern‘ oder ‚Vermittlern‘ (vgl. Abb. 8-3).

Beschäftigt man sich zunächst mit der Frage, für welche unserer Reaktionsvariablen ‚direkte‘ (durch den Stimulus hervorgerufene) oder ‚indirekte‘ (durch eine Reaktion vermittelte) Fluglärmwirkungen angenommen werden können, so genügt es zunächst, diejenigen Variablen herauszusuchen, die entweder mit dem Stimulus oder mit einer sicheren Reaktion signifikant korrelieren (ohne per Konstruktion von dieser abhängig zu sein) und die Partialkorrelation als Prüfmethode für ‚Vermittler‘-Wirkungen anzuwenden, wie es in 8.5.5.1 geschehen ist: da sich erwies, daß die Partialkorrelation zwischen dem „Fluglärm-Bewertungsmaß 1 (FB1)“ und der „Globalreaktion-S (RIU)“ in allen Variablen-Tripeln mit jeweils „Defensivreaktion (DEF)“, „diastolischem Blutdruck Ruhe, CS (RRD)“, „Furchtassoziationen Flugzeug (FAF)“, oder „Aufmerksamkeitsleistung in Situationen mit Geräusch (AUF)“ als potentiellerm Vermittler zwischen „FB1“ und „RIU“ stabil bleibt, muß man annehmen, daß „RIU“ eine direkte Fluglärmwirkung darstellt, die zumindest durch die hier herangezogenen Variablen nicht vermittelt wird. Stellt man ähnliche Fragen für die Beziehungen zwischen „FB1“ und „DEF“ oder „FB1“ und „AUF“ oder „FB1“ und „RRD“ (die ja nicht allzustark sind), so ist festzustellen, daß wohl die Beziehung zwischen „FB1“ und „Defensivreaktion“ stabil bleibt, wenn man den Einfluß der ‚direkten‘ Fluglärmwirkung „RIU“ herauspartialisiert, nicht aber die Beziehung zwischen „FB1“ und „AUF“ oder „RRD“: die Partialkorrelationen gehen in die Nähe von Null zurück. Somit scheinen innerhalb des hier betrachteten Variablensatzes nur die „Globalreaktion-S“ und die „Defensivreaktion“ ‚direkte‘ Fluglärmwirkungen zu sein, dagegen die Blutdruckerhöhung und die Aufmerksamkeitsverschlechterung, die auch mit dem Grad des Fluglärms korrelieren, eher ‚indirekte‘, stärker an die „Globalreaktion-S“ gebundene Fluglärmwirkungen zu sein.

Dieses, aus Partialkorrelationen abgeleitete Modell der Fluglärmwirkungen ist in Abbildung 8-4 einerseits durch Verwendung unterschiedlicher Entfernungen der Reaktionen von „FB1“, andererseits durch Applikation von Pfeilen unterschiedlicher Stärke zwischen den Variablen dargestellt. Der Pfeil soll die Richtung der Wirkung von der ‚Ursache‘ zum ‚Effekt‘, einen ‚Pfad‘, darstellen, und die Stärke der Pfeile entspricht dem absoluten Wert der (mit 100 multiplizierten) Pfadkoeffizienten, die an die Pfeile angetragen sind. (Zu den in 8.5.5.2 benutzten Variablenabkürzungen vgl. Tab. 8-17).



2677

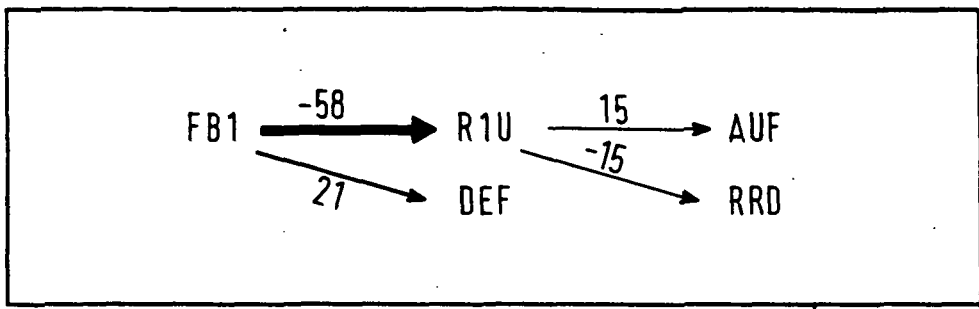


Abb. 8-4: Modell der Fluglärmwirkung I

Die Pfadkoeffizienten entsprechen der Stärke einer Wirkung und werden durch spezielle Verfahren errechnet (zur pfadanalytischen Methodik vgl. BLALOCK, 1961, 1971; BLALOCK & BLALOCK, 1968; BORGATA & BOHRSTEDT, 1969, 1970):

Pfadkoeffizienten entsprechen dann einfachen Korrelationen, wenn eine Variable nur durch eine einzige andere Variable (und durch Meßfehler) beeinflusst wird. Liegen mehrere Einflußgrößen vor (zum Beispiel wird in dem der Abbildung 8-4 zu Grunde liegenden Modell I eine Beeinflussung von „RRD“ durch „FB1“ und „R1U“ angenommen), dann entsprechen die Pfadkoeffizienten standardisierten Betagewichten aus multiplen Regressionsanalysen, in denen alle mit dem Endglied der Wirkungskette direkt verbundenen Variablen (von der ersten ‚Ursache‘ bis zur ‚Wirkung‘) Prädiktoren sind. Die Pfadkoeffizienten geben an, in welchem Ausmaß eine Variable Y von einer anderen Variable X abhängt, unabhängig davon, wie weit Y noch von anderen Variablen abhängt.

Für die Überprüfung eines durch theoretische Überlegungen definierten und mit Pfadkoeffizienten quantifizierten Modells von Kausalketten gibt es Falsifikationsmöglichkeiten: man kann mit Hilfe der Pfadkoeffizienten Modellgleichungen aufstellen, in denen die ‚Wirkungen‘ als Linearkombinationen von ‚Ursachen‘ und Fehlervarianz ausgedrückt werden, wie es auch im allgemeinen Regressionsmodell geschieht. Man hat bei der Pfadanalyse zusätzlich die Möglichkeit, die Notwendigkeit schwacher ‚Ursachen‘ zu überprüfen, in dem man diese fortläßt (die Wirkung als Null annimmt) und versucht, trotzdem die Wirkung vorherzusagen. Wenn beispielsweise der Ruheblutdruck eines Menschen allein aus der Kenntnis seiner Flugbelärmung und seiner Verärgerung über Fluglärm vorhergesagt werden soll, so kann man die Pfadkoeffizienten als Gewichte für die Variablen ‚Fluglärm‘ und ‚Verärgerung‘ benutzen und die gewichteten Größen aufaddieren:

$$RRD = P_{RRD,R1U} \times R1U + P_{RRD,FB1} \times FB1 + e,$$

wobei  $P_{RRD,R1U}$  den Pfadkoeffizienten von R1U nach RRD,  $P_{RRD,FB1}$  den Pfadkoeffizienten von FB1 nach RRD darstellt, FB1, R1U und RRD die jeweiligen Werte des Fluglärmgrades, der „Globalreaktion-S“ und des „diastolischen Ruheblutdrucks“, und e ist die Restvarianz. Nach HEISE (1969) läßt sich folglich aus der Kenntnis der Pfadkoeffizienten auch die Korrelation zwischen den Variablen rückrechnen. Setzen wir zum Beispiel für die Rückrechnung der Korrelation zwischen „RRD“ und „FB1“ die im Modell I angegebenen Pfadkoeffizienten in folgende Gleichung ein

$$r_{FB1,RRD} = P_{RRD,FB1} + P_{RRD,R1U} \times P_{FB1,R1U},$$

dann erhalten wir, da wir keinen direkten Pfad von FB1 nach RRD annehmen

$$r_{FB1,RRD} = 0 + (-.15 \times -.58) = .09,$$

was in diesem Fall exakt der empirisch beobachteten Korrelation entspricht.

4462

Damit hat man eine Methode, Korrelationskoeffizienten aus der Kenntnis von Pfadkoeffizienten zu schätzen und die Übereinstimmung zwischen den empirisch beobachteten und den nach dem Modell zu erwartenden Korrelationen zu überprüfen. Ist die Abweichung zwischen empirischen und theoretischen Korrelationen auch nur in einem Fall signifikant, soll das Modell als falsifiziert gelten; umgekehrt ist die Übereinstimmung jedoch kein Beweis für die Richtigkeit des Modells. Das in Abb. 8-4 dargestellte Modell I zur Fluglärmwirkung impliziert Korrelationen, die maximal 0.08 von den empirischbeobachteten abweichen, und das ist (bei  $\alpha = .05$ ) nicht signifikant: mithin haben wir keine Evidenz, das Modell zurückzuweisen.

Schon in 8.5.2 ist auf den relativ unklaren Status der Variable „Furchtassoziation Flugzeug“ hingewiesen worden (die von der Sozialwissenschaftlichen Sektion aus dem engeren Block der Fluglärmreaktionen ausgenommen wurde; vgl. 4.6.4.1).

In der amerikanischen Untersuchungen der TRACOR Inc. wird die Furcht vor Flugzeugabstürzen als primäre Fluglärmreaktion interpretiert, die ihrerseits die verbal geäußerte Verärgerung über Fluglärm wesentlich mitbestimmt. Die in München erfaßten „Furchtassoziationen“ (FAF) korrelieren nur zu .20 mit dem Fluglärm-Stimulus, wohl aber  $-.41$  mit „RIU“.

Im 5. Beispiel des vorangegangenen Abschnitts (vgl. Tab. 8-16) war gezeigt worden, daß die Korrelation „FB1“–„RIU“ bei Herausparsialisierung von „FAF“ praktisch unverändert bleibt, die Korrelation „FB1“–„FAF“ ohne „RIU“ hingegen stark sinkt, die hier erhobene Variable „Furchtassoziationen“ also als ‚indirekte‘ Fluglärmreaktion zu interpretieren ist (die im übrigen vorwiegend bei lärmempfindlichen Menschen zum Tragen kommt).

Während also nach den TRACOR-Ergebnissen zu interpretieren wäre, daß die „annoyance“ durch eine Verringerung von Furchtgefühlen hinsichtlich Flugzeugen reduziert werden könnte, muß nach den Münchener Daten eher das Gegenteil angenommen werden.

Man mag sich fragen, wie sich die schon als ‚indirekte‘ Fluglärmwirkungen bekannten Variablen „Aufmerksamkeitsleistungen“ (AUF) und „Diastolischer Blutdruck, Ruhe“ (RRD) verhalten: werden sie stärker durch „RIU“ oder durch „FAF“ beeinflusst? Hierzu sind verschiedene Pfadanalysen gerechnet worden, und dasjenige Modell, das die geringsten Abweichungen zu den beobachteten Korrelationen erbrachte, ist in Abb. 8-5 als Modell II dargestellt. Auch nach diesem Modell ist die mit Fluglärm schwach verknüpfte Blutdruck-erhöhung eher eine Folge der Verärgerung, aber die Ursache für eine Verschlechterung der „Aufmerksamkeitsleistungen“ ist nach diesem Modell eher in der hinter den „Furchtassoziationen“ stehenden Verhaltenstendenz zu sehen, weniger in der Verärgerung über Fluglärm. Die Differenz zwischen beobachteter und erwarteter Korrelationsmatrix ist für das Modell II in keinem Fall größer als 0.09 (d. h., insignifikant).

Eine in den bisherigen Betrachtungen zu kausalen Modellen der Fluglärmwirkung unberücksichtigte Frage ist die nach der durch das Modell erklärten Varianz zwischen den Variablen. Die in 8.5.3 dargestellten Ergebnisse zeigen, daß die durch das Quadrat der einfachen Korrelation ausgedrückte gemeinsame Varianz zwischen Fluglärm-Stimulus und Fluglärm-Reaktion maximal 34 Prozent beträgt (vgl. Tab. 8-10), und daß diese erklärte Varianz der Reaktion auf etwa 66 Prozent steigt, wenn diese Verhaltensweise außer durch den Fluglärmgrad auch noch durch linear-additiv wirkende Moderatoren vorhergesagt wird. Die Varianz der experimental-psychologischen und -physiologischen Variablen ist auch bei multipler Prädiktion nicht einmal zu 20 Prozent aufklärbar. Naturgemäß gilt dieser Sachverhalt auch in den Pfadanalysen, denn da diese Methode die Prinzipien der multiplen Regression benutzt, ist die durch pfadanalytische Modelle erklärte Varianz der abhängigen Variablen

1190

gleich dem Quadrat der multiplen Korrelation der ‚bewirkten‘ Variable mit allen ihren ‚Ursachen‘ (und um so kleiner, je weniger ‚Ursachen‘ in das Modell einbezogen werden).

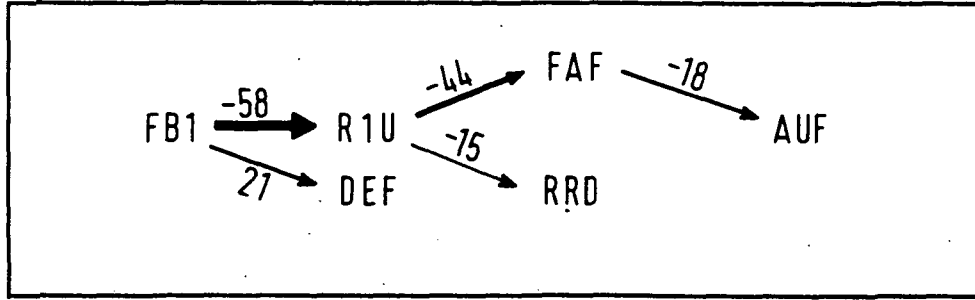


Abb. 8-5 Modell der Fluglärmwirkung II

Es ist nun zu fragen, in welchem Verhältnis die ‚direkte‘ oder ‚indirekte‘ Wirkung des Fluglärms auf Reaktionsvariablen zur Mit-Wirkung der bekannten Moderatoren auf diese Variablen steht. Wenn wir die nicht-erklärte Varianz der Fluglärm-Reaktionsvariablen möglichst gering halten wollen, müssen wir die wichtigsten Moderatoren der ‚direkten‘ oder ‚indirekten‘ Fluglärmwirkung mit zur Prädiktion der Effekte heranziehen. Diese Moderatoren sind vor allem „Robustheit gegenüber Lärm (ROB)“, „Alter (AGE)“ und „Geschlecht (SEX)“. Zur besseren Evaluierung des dritten Modells der Fluglärmwirkung ist in Tabelle 8-17 die Korrelationsmatrix zwischen den beteiligten Variablen angegeben, und Abbildung 8-6 gibt das Modell der Fluglärmwirkung auf die bisherigen Reaktionsvariablen (R1U, DEF, FAF, AUF und RRD) unter Einbeziehung der wichtigsten Moderatoren wieder.

Tab. 8-17 Beobachtete Korrelationen zu Kausalmodell III

Nr.	Variable		FB1	ROB	AGE	SEX	R1U	FAF	AUF	RRD	DEF
89	Fluglärm-Bewertungsmaß	FB1	1.00	-.01	.02	.03	-.58	.20	-.09	.09	.21
6	Robustheit geg. Lärm, CS	ROB	-.01	1.00	-.21	-.10	.40	-.36	.04	-.01	-.04
19	Alter in Jahren	AGE	.02	-.21	1.00	.01	-.16	.20	-.15	.35	.08
12	Geschlecht (1=w, 0=m)	SEX	.03	-.10	.01	1.00	.04	.21	-.18	-.20	.05
32	Globalreaktion-§	R1U	-.58	.40	-.16	.04	1.00	-.41	.15	-.15	-.15
33	Furchtassoziationen FL	FAF	.20	-.36	.20	.21	-.41	1.00	-.21	.06	.11
63	Aufmerksamkeitsleistung	AUF	-.09	.04	-.15	-.18	.15	-.21	1.00	.00	-.10
66	RRD Ruhe, CS	RRD	.09	-.01	.35	-.20	-.15	.06	.00	1.00	-.04
61	Defensivreaktion	DEF	.21	-.04	.08	.05	-.15	.11	-.10	-.04	1.00

Das hier dargestellte Modell ist schrittweise (bei wechselnden Annahmen über Existenz und Richtung von Pfaden) auf 9 Variablen ausgebaut worden und soll die Dependenzanalysen abschließen.

(In diesem Modell wird die Korrelation von 2 ‚Ursachen‘, nämlich von ROB und AGE (.21), namhaft gemacht und in die Rückrechnung der Korrelationen einbezogen; im übrigen wer-

den die ‚Ursachen‘ als nullkorreliert gesetzt. Zur Bestimmung der ‚Wirkungen‘ vgl. Annexband, A.8.5.5.2.)

Als wichtigster Moderator sowohl der „Globalreaktion-S“ als auch der „Furchtassoziationen Flugzeug“ kann die „Robustheit gegenüber Lärm“ gelten: Fluglärm führt im Allgemeinen zu höherem Ärger über Fluglärm, aber die Persönlichkeitsvariable „Robustheit gegenüber Lärm“ wirkt in dieser Beziehung als Regler: bei ‚robusteren‘ Menschen ist der Zusammenhang zwischen Fluglärm und Verärgerung abgeschwächt, bei ‚nicht robusten‘ Menschen verstärkt. In ähnlicher Weise wirkt die „Robustheit“ in der Beziehung zwischen „RIU“ und „FAF“ bei ‚robusteren‘ Menschen führt die Verärgerung zu weniger starken „Furchtassoziationen“ als bei ‚nicht robusten‘ Menschen. Außerdem sind auch „Alter“ und „Geschlecht“ Größen, die auf die Beziehung zwischen „RIU“ und „FAF“ regelnden Einfluß haben. Diese Mit-Determination der „Furchtassoziationen“ und der „Globalreaktion“ vor allem durch „ROB“ wirkt sich natürlich auf die Pfadkoeffizienten von den Primär- zu den Sekundär-Reaktionen aus, denn nun werden die Sekundär-Reaktionen auch durch alle ‚Ursachen‘ der Primär-Reaktionen mit beeinflusst, weiterhin durch die nur die Sekundär-Reaktionen steuernden Moderatoren. Die Wirkung der durch die unabhängigen Variablen „FB1“ und „ROB“ determinierten Variable „RIU“ auf „RRD“ sinkt um .05 gegenüber einer nur durch „FB1“ determinierten Ursache „RIU“. Andererseits steigt die Wirkung der durch die „Robustheit“ mit-determinierten „Globalreaktion-S“ auf die „Aufmerksamkeitsleistung“: von .07 im zweiten Modell (in dem dieser Pfad wegen seiner geringen Höhe fortgelassen werden konnte, ohne die Reproduktion der Korrelationsmatrix zu gefährden) auf .14, und die Wirkung der durch „ROB“ mit-determinierten „Furchtassoziationen“ auf die „Aufmerksamkeitsleistung“ sinkt auf  $-0.14$ , so daß nun nicht mehr behauptet werden kann, schlechtere „Aufmerksamkeitsleistungen“ (in Situationen mit Geräusch) seien primär durch „Furchtassoziationen“ bewirkt; offensichtlich sind die hier gemessenen Leistungen zunächst durch das Geschlecht, dann durch „Furchtassoziationen“ und „RIU“ (Verärgerung) im gleichen (geringen) Maße, schließlich noch durch das „Alter“ verursacht. In ähnlicher Weise zeigt sich, daß „RRD“ (diastolischer Ruheblutdruck) zunächst durch das Alter, dann durch das Geschlecht, und zuletzt durch Verärgerungsreaktionen über Fluglärm („RIU“) verursacht wird. Auch die Wirkung von „RIU“ auf die „Furchtassoziationen“ sinkt etwas, wenn man „Alter“ und „Geschlecht“ mit zur Prädiktion der „Furchtassoziationen Flugzeug“ heranzieht, aber „RIU“ bleibt immer noch der Hauptverursacher der „FAF“, wie auch weiterhin „FB1“ die einzig relevante der hier untersuchten Ursachen für die „Defensivreaktion“ bleibt.

Wie der Vergleich von Tab. 8-17 mit Tab. 8-18 zeigt, ist die maximale Differenz zwischen empirisch beobachteten und durch das Modell III implizierten Korrelationskoeffizienten .11, d. h., insignifikant ( $\alpha = 5\%$ ); mithin kann auch das 3. Modell als nicht falsifiziert akzeptiert werden.

(Grundsätzlich sollte freilich nicht übersehen werden, daß auch dieses Modell nur einen mäßigen – teils sogar äußerst geringen – Varianz-Anteil der betrachteten Variablen ‚erklärt‘; vgl. dazu die im Annexband, A.8.5.5.2, Tab. A.8-8 und Abb. A. 8-1 genannten Residuen).

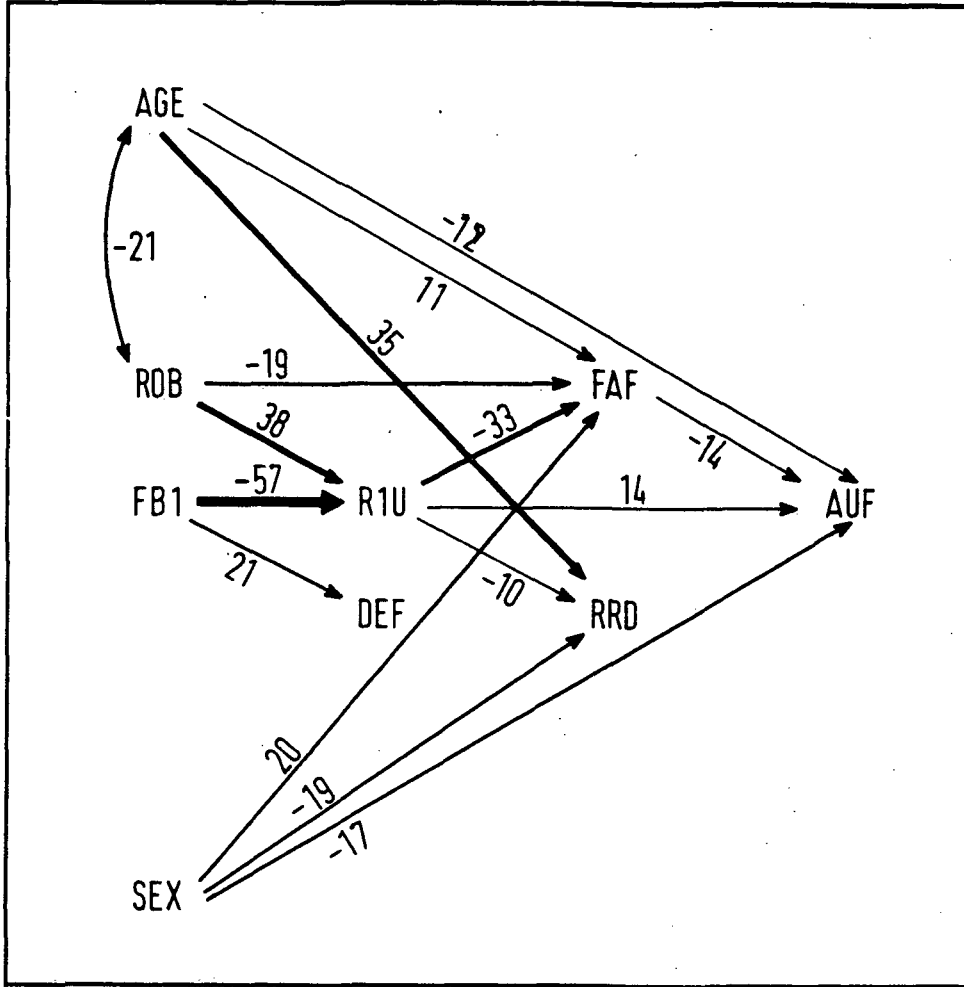


Abb. 8-6: Modell der Fluglärmwirkung III

Tab. 8-18 Erwartete Korrelationen zu Kausalmodell III

Nr.	Variable	FB1	ROB	AGE	SEX	R1U	FAF	AUF	RRD	DEF	
89	Fluglärm-Bewertungsmaß	FB1	1.00	-.01	.02	.03	.57	20	-.12	.06	.21
6	Robustheit geg. Lärm, CS	ROB	-.01	1.00	-.21	-.10	.39	-.36	.15	-.09	-.00
19	Alter in Jahren	AGE	.02	-.21	1.00	.01	-.09	.18	-.16	.36	.00
12	Geschlecht (1=w, 0=m)	SEX	.03	-.10	.01	1.00	-.06	.24	-.21	-.18	.01
32	Globalreaktion-S	R1U	-.57	.39	-.09	-.06	1.00	-.42	.22	-.12	-.12
33	Furchtassoziationen FL	FAF	.20	-.36	.18	.24	-.42	1.00	-.26	.06	.04
63	Aufmerksamkeitsleistung	AUF	-.12	.15	-.16	-.21	.22	-.26	1.00	-.04	-.02
66	RRD Ruhe, CS	RRD	.06	-.09	.36	-.18	-.12	.06	-.04	1.00	.01
61	Defensivreaktion	DEF	.21	-.00	.00	.01	-.12	.04	-.02	.01	1.00

Die dargestellten Versuche zur Kausalanalyse der Fluglärmwirkungen helfen, die jeweiligen Abhängigkeiten innerhalb der Reaktionsvariablen besser zu erkennen (dies leisten die Regressionsanalysen nicht), so daß die am Ende von 8.5.2 gegebene Zusammenfassung der Fluglärmwirkungen nunmehr spezifiziert werden kann:

Die Pfad-Modelle weisen darauf hin, daß es innerhalb des betrachteten Variablensatzes zwei direkte Fluglärm-Auswirkungen gibt: erstens die Verstärkung der verbal geäußerten Verärgerung und Beeinträchtigung durch Fluglärm, zweitens (in schwächerem Ausmaß) die Verstärkung der physiologischen Abwehrreaktionen beim Einsetzen von Geräusch. Während die letztgenannte „Defensivreaktion“ auf die übrigen betrachteten Variablen keinen Einfluß ausübt, ergeben sich aus der Verärgerung über Fluglärm weitere Folgen, welche mithin ‚indirekte‘ Fluglärm-Wirkungen sind: erstens eine Tendenz zu „Furchtassoziationen“ hinsichtlich Flugzeugen, zweitens eine (schwache) Verschlechterung der „Aufmerksamkeitsleistung“ in Situationen mit Geräusch, welche in gleichem Grade auch durch die „Furchtassoziationen“ bewirkt wird, drittens eine (schwache) Erhöhung des „diastolischen Ruheblutdrucks“. Die ‚indirekten‘ Fluglärmwirkungen Aufmerksamkeitsverschlechterung und Blutdruckerhöhung sind jedoch in noch stärkerem Maße durch Alter und Geschlecht bedingt.

## 8.6 Stellenwert und Konsequenzen der Untersuchung

Zum Abschluß der Darstellung interdisziplinärer Analysen sollen – aus der Sicht der Organisatorischen Sektion – einige Punkte zum Stellenwert der Untersuchung und den Konsequenzen ihrer Resultate erörtert werden.

### 8.6.1 Grundsätzliche Begrenzungen der Untersuchung

Trotz des großen Aufwands und der Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen sind der Generalisierbarkeit der Untersuchung Grenzen gesetzt.

- (1) Fluglärm ist ein weitverbreitetes Problem und keineswegs auf einige Großstädte beschränkt: man denke nur an die zahlreichen Bundeswehr- und Natoflugplätze und an die militärischen Übungsflüge (viele Tief-, teils auch Überschallflüge), die zudem meist Landstriche betreffen, die sonst besonders ruhig sind; auch der Betrieb der zahlreichen Sportflugplätze wird für viele Menschen eine Störung bedeuten. Da hier sowohl die akustische Charakteristik als auch der sozialpsychologische (und ökonomische) Stellenwert der Lärmquelle anders sein dürften, wären auch andere Fluglärmwirkungen zu erwarten.

Untersucht wurden nur Großstadtbewohner (Hamburg und München); die Reaktion einer ländlichen Bevölkerung beispielsweise auf die Lärmbelastung eines neuen Großflughafens ist (schon wegen der andersartigen Umwelt und der demografischen Unterschiede) nicht sicher vorherzusagen.

- (2) In diesem Bericht ist schon wiederholt der Sachverhalt erörtert worden, daß die Untersuchung nur einen ‚ex-post-Zugriff‘ ermöglicht (vgl. insbesondere 1.4.6). Untersuchungsthema ist die Wirkung von Fluglärm auf den Menschen, tatsächlich

untersucht sind jedoch keine unmittelbaren Auswirkungen, sondern langfristige Folgen zeitlich zurückliegender Flugbelärmung.

Was während eines Überflugs im Menschen ‚passiert‘, ist ja mit den üblichen Methoden wissenschaftlicher Forschung, zumindest einer repräsentativen Großuntersuchung, kaum zu erfassen; erfaßt werden vielmehr einerseits verbale Schilderungen, d. h., Erinnerungen, und andererseits erworbene, bleibende Veränderungen der Einstellungen, des Verhaltens, physiologischer Reaktionen, usw.

Die analysierten Variablen der Fluglärmwirkung betreffen also (im Sinne von 1.4.6) nicht Reaktionen auf aktuelle Beschallung, sondern Nachwirkungen überdauernder Art.

Auch im Labor ‚nachvollziehende‘ Experimente mit Lärmgabe können zwar solche Veränderungen oder Dauereffekte sichtbar machen, nicht aber das auslösen, was alltäglich im Fluglärm-betroffenen Menschen vorgeht.

Hier wird ein weiterer Unterschied deutlich. Ebenso, wie ‚Laborlärm‘ den ‚Alltagslärm‘ allenfalls simulieren kann, so wird, durch die Implikationen des experimentellen Ansatzes bedingt, weit eher ‚Laborverhalten‘ als ‚Alltagsverhalten‘ sichtbar werden können.

Dadurch unterscheidet sich das Fluglärmprojekt in seiner ‚angewandten‘ d. h., hier: auf ein ‚vorgefundenes‘ Feld bezogenen Fragestellung deutlich von der ‚grundwissenschaftlichen‘ (experimentellen, Wirkungsgrößen ‚setzenden‘) Lärmforschung: je mehr Fluglärm als eingebettet in das konkrete Bedingungsgefüge von Mensch und Umwelt, als Teil der Alltagsrealität, betrachtet wird, desto schwieriger ist der Untersuchungsansatz, desto weniger eindeutig werden die Resultate sein.

Bei der Auswahl der Untersuchungs-Variablen wie bei den statistischen Analysen wurde versucht, möglichst viele situationale und personale Faktoren einzubeziehen; doch einer Erfassung spontaner und aktueller Reaktionen stand die methodisch und experimentell notwendige Standardisierung des Untersuchungsprogrammes eindeutig entgegen.

(Die hier erörterten Schwierigkeiten waren im Schema von Abb. 8-2 als „Untersuchbarkeitsbarriere“ bezeichnet worden).

Die Konsequenz für die Bewertung der Resultate ist: Die Untersuchung von Fluglärm kann im wesentlichen nur Aussagen über manifeste Nachwirkungen von Fluglärm machen, und nur solche konnten statistisch gesichert werden, die sich gegenüber der Vielfalt anderer Einflußgrößen ‚durchsetzen‘ (vgl. 8.5.2.4 und 9.3.2).

Ein Schluß auf Art und Ausmaß der unmittelbaren Wirkungen während Fluglärm ist kaum möglich; die konkrete Alltagssituation ist anders determiniert, und möglicherweise sind ganz andere als die hier untersuchten Verhaltensbereiche betroffen.

Die Validität der dargestellten Aussagen ist also in ebendem Maße begrenzt, wie standardisierte Interviews und experimental-psychologische und -physiologische Techniken das betroffene Alltagsverhalten erfassen können.

- (3) Das Fluglärmprojekt ist als Querschnittsstudie angelegt worden, nicht zuletzt, weil es primär auf manifeste Fluglärmfolgen abzielt. Über deren Genese kann es mithin keine direkten Aussagen ermöglichen; wie sich Einstellungen zum Fluglärm bilden oder ändern, welche psychischen und somatischen Anpassungs- oder Sensibilisierungsprozesse längerfristig ablaufen, muß zunächst offenbleiben.

Die Tatsache, daß Wohndauer (ebenso Alter) mit der „Globalreaktion-S“ korrelieren, zeigt, daß die Verärgerung und Gestörtheit durch Fluglärm mit der Zeit eher zuzu-

4462

### 8.6.1

nehmen scheint. Daß experimentell eindeutige Lärmfolgen (vgl. die Zusammenstellung in KRYTER, 1970) als Fluglärm-Nachwirkungen nicht oder kaum manifest werden, wirft die Frage nach Art der Adaptationsmechanismen auf, doch ebenso sehr nach psychischen und physischen ‚Kosten‘ dieser Prozesse (im Sinne von GLASS & SINGER, 1972), d. h., der Bewältigung von Stressoren (vgl. die Diskussion in 1.4.6 und in 9.3.3).

Allenfalls die Verzogenen-Befragungen im Rahmen des sozialwissenschaftlichen Untersuchungsteils sind als Schritt über den reinen Querschnittsaspekt hinaus zu betrachten (eine Befragungswiederholung stellten die Retests dar, doch dienen diese anderen methodischen Zwecken). Dennoch können die Ergebnisse kaum etwas zur Entwicklung der Verarbeitung von Fluglärm beitragen, weil die Stichprobe (entsprechend der ‚Trägheit‘ amtlicher Karteien) keine jüngst zugezogenen Personen (ohne jede Erfahrung bzw. Gewöhnung an Fluglärm) enthalten konnte.

Die genannten drei prinzipiellen Begrenzungen (auf den begrenzten Altersrahmen wurde schon in 2.5.1 hingewiesen) des Untersuchungsansatzes geben den Rahmen für die Generalisierbarkeit der erzielten Resultate.

Einige Konsequenzen für die Planung von Lärmuntersuchungen sollen in 8.6.4 gezogen werden. Eine ausführliche Darstellung der „Anwendbarkeit“ der Ergebnisse dieses ‚Problemorientierten‘ Forschungs-Projekts (und der dabei auftretenden theoretischen Fragen) gibt Kap. 9.

### 8.6.2 Ausmaß der erfaßten Fluglärmgrade

Die Belastung durch Fluglärm reicht vom gelegentlichen Sportflugbetrieb einer Kleinstadt bis zur Situation an internationalen Großflughäfen, wo täglich Hunderte von Starts, Landungen und örtlichen Bewegungen Fluglärm nahezu in Dauerlärm übergehen lassen. Aus dieser großen Variationsbreite ist durch die Münchener Untersuchung nur ein Ausschnitt erfaßt worden.

- (1) Innerhalb der BRD stellt München (ebenso wie Hamburg) einen mittleren Fluglärmgrad dar: der Luftverkehr ist in Frankfurt zumindest doppelt, in kleineren Flughäfen (etwa Nürnberg oder Bremen) kaum halb so stark. Noch weit größer sind Verbreitung und Ausmaß des Luftverkehrs in den USA. Anhand der Fluglärmuntersuchungen der TRACOR Inc. (1970, „Seven-Cities-Study“, große Flughäfen; 1972, „Two-Cities-Study“, kleine Flughäfen) sei ein Vergleich zu München angestellt. Der kleinste der untersuchten Flughäfen, Reno, wies (1967) etwa 50 Bewegungen/Tag auf bei einer Fluglärmbelastung von CNR = 90 bis 115); für Denver, den kleinsten Flughafen der „Seven-Cities-Study“, sind etwa 350 Bewegungen/Tag und CNR um 100 angegeben; beim größten untersuchten Flughafen (Kennedy Airport New York) werden (1969) etwa 1100 Bewegungen/Tag genannt und CNR-Werte zwischen 95 und 140 für das Stichprobengebiet (Modus um 115). Dem sind etwa 160 Bewegungen/Tag in München gegenüberzustellen; die geschätzten CNR-Werte für die Cluster (laut 3.6.2) liegen zwischen 95 und 125, im Mittel bei 110. Schon wegen der unterschiedlichen Stichprobenkonzeption (vgl. 2.3.2.2 und 2.3.5.2) sind diese Daten nicht exakt vergleichbar; doch ohne Frage hat z. B. die amerikanische „Seven-Cities-Study“ sowohl geringere wie weitaus höhere Fluglärmbelastungen zum Gegenstand gehabt.



Von den Befragten in Reno wurden 14 %, in Denver 27 %, in New York 63 % als „highly annoyed“ klassifiziert. Diese Angaben beruhen auf der „annoyance-G“-Skala der TRACOR-Untersuchung. Eine analoge Information aus den Münchner Daten abzuleiten, ist methodisch und nicht zuletzt wegen denkbarer nationaler Unterschiede kaum statthaft. Es mag darum allenfalls als Hinweis gelten, daß gemäß einer kombinierten Variable aus „Kommunikationsstörungen“ und „Störungen von Ruhe und Entspannung“ durch Fluglärm (dies entspräche am ehesten „annoyance-G“) etwa 30 % im Münchener Stichprobengebiet als überdurchschnittlich belästigt gelten können. (Dieser Wert entsteht bei Daten-Gewichtung gemäß der Bevölkerungsdichte je Set; in der untersuchten Stichprobe (I-Sample) gilt 47 %).

Grob vereinfacht scheint die Münchener Untersuchung auf einer Fluglärmsituation zu beruhen, die etwa zwischen der „Two-Cities-“ und der „Seven-Cities-Study“ einzuordnen ist.

- (2) Bei der Hauptuntersuchung ist (wie auch in den amerikanischen TRACOR-Untersuchungen) de facto auf eine echte Kontrollgruppe (ein Fluglärm-freies Areal) verzichtet worden, d. h., die Variationsbreite des Fluglärms ist (aus den in 2.2.2 und 2.3.5.3 genannten Gründen) im untersten Bereich beschnitten worden.

Sofern es nichtlineare Lärmwirkungen gäbe, die innerhalb des erfaßten Spektrums der Fluglärmbelastung keine Varianz zeigen (d.h., in allen Sets gleich stark sind), könnten Fluglärmeffekte unentdeckt bleiben.

Prinzipiell ist dieser Einwand nicht auszuräumen (besonders wenn man an schwierig zu sichernde physiologische Effekte denkt).

Allerdings erscheint eine solche Interpretation nicht allzu realistisch; daß im Extremgruppenplan der Hamburger Voruntersuchung Fluglärmwirkungen quantitativ wie qualitativ nicht besser gesichert werden konnten, und daß innerhalb der 4 Sets der Münchener Hauptuntersuchung einige der hypostasierten Reaktionsvariablen signifikant U-förmig oder sogar gegensinnig zu den Hypothesen ausgeprägt sind, spricht jedenfalls eher dagegen.

Zu bedenken ist auch, daß nur im gewählten Untersuchungsgebiet der Untersuchungsgegenstand Fluglärm das dominante Lärmereignis darstellt. Eine Fluglärmwirkung, die ausschließlich unterhalb des untersuchten Fluglärm-Spektrums einen Lärmbedingten Zuwachs zeigt, wäre nicht sicher zu interpretieren, bzw. gegen Einflüsse des übrigen Verkehrslärms abzugrenzen (eine wirklich „ruhige“ Wohngegend ist ohnehin in modernen Großstädten kaum noch anzutreffen).

Dennoch ist einzuräumen, daß die Variationsbreite des Fluglärms nicht im ursprünglich gewünschten Ausmaß in der Stichprobe realisiert werden konnte (einige Gründe sind in 8.5.1 genannt worden).

- (3) Hinweise darauf, wieweit ‚oberhalb‘ einer echten Null-Gruppe die Fluglärmbelastung und Belästigung des Münchener Untersuchungsgebiets einzustufen sind, ergeben sich aus einem Vergleich mit Resultaten aus Hamburg (IRLE & ROHRMANN, 1968).

Das Experimentalgebiet (EG) der Voruntersuchung war relativ groß (bedingt durch die demografisch sehr spezifische Stichprobendefinition, vgl. 2.2.3); es entspricht deshalb akustisch am ehesten Set C der Hauptuntersuchung.

Das Ausmaß des Flugverkehrs war in Hamburg 1966 annähernd so groß wie 1969 in München.

Die Betrachtung einiger Reaktionsvariablen, die in beiden Untersuchungen gleichartig definiert waren, zeigt nun (Tab. 8-19), daß die Daten für die Kontrollgruppe (KG) aus Hamburg verhältnismäßig plausibel an die Ergebnisse von Set A ‚anschließen‘.

3272

Untersuchung Stichprobe	München					Hamburg	
	I	D	C	B	A	EG	KG
23 „Erträglichkeit Fluglärm“ (%)	85	47	62	85	95	66	95
27 „Kommunikationsstörungen FL“	3.4	4.1	3.8	3.3	2.3	3.6	1.5
28 „Störungen Ruhe/Entspann. FL“	2.6	3.1	2.8	2.4	1.8	2.8	1.3

Die Variablen 23, 27, 28 sind in Hamburg und München durch dieselben Items operationalisiert worden.

Betrachtet man die Hamburger Kontrollgruppe sozusagen als 5. Set, ergibt sich für die intensivste Fluglärmwirkung „Kommunikationsstörungen“: 4.1/3.8/3.3/2.3/1.5 (Skala: 5 = sehr . . . 3 = mittelmäßig . . . 1 = nicht). Für die „Erträglichkeits“-Frage ergaben sich in Set A und Hamburger Kontrollgruppe gleiche Werte. Verallgemeinert man diese Trends (selbstverständlich ist eine solche Gegenüberstellung problematisch und auch in keiner Weise als ‚Beweis‘ gemeint), dann ist zu vermuten, daß Häufigkeit und Intensität zumindest derartiger sozialpsychologischer Fluglärmwirkungen jenseits Set A nicht stärker abfallen als etwa von B nach A.

Welche Konsequenzen haben die dargestellten Sachverhalte für die Bewertung der Resultate?

Zweifellos ist der analysierte Fluglärmbereich für größere Verkehrsflughäfen der BRD hinreichend charakteristisch: höhere Grade sind nur für sehr geringe Bevölkerungsanteile gegeben (niedrigere Grade lassen sich nicht hinreichend von anderen Lärmquellen unterscheiden).

Dennoch stellt München offensichtlich nur einen begrenzten Ausschnitt aus dem mittleren Bereich denkbarer Fluglärmgrade dar.

Die Gültigkeit der erzielten Resultate ist mithin strenggenommen auf eben diesen Ausschnitt beschränkt.

Zwar stellen Stichprobendefinition und demografische Struktur des Münchener Untersuchungsgebiets eine Generalisierbarkeit auf andere Großstädte der BRD nicht prinzipiell in Frage. Dennoch sind in diesem Zusammenhang zwei Hinweise aus den genannten TRACOR-Untersuchungen beachtenswert:

- Bei der multiplen Prädiktion der „annoyance“ leistet die Variable „city of residence“ einen relevanten Beitrag, drückt also Stadt-spezifische Wirkungen aus.
- Für Stichproben mit großer und mit geringer Fluglärmbelastung (1. und 2. Untersuchung) zeigen sich unterschiedliche Moderatoren-Muster, und bei kleineren Flughäfen ist die prozentuale Anzahl der stark Verärgerten geringer als bei größeren Flughäfen und dem gleichen Fluglärmgrad CNR.

Sodann beschränkt die Begrenztheit der Stimulus-Variation die Aussagemöglichkeiten über den Intensitätsverlauf von Fluglärmreaktionen; beobachtet wurden nur lineare Stimulus-Reaktions-Relationen, doch sind ‚Knicks‘ unterhalb oder oberhalb des untersuchten Fluglärmbereichs nicht auszuschließen.

Beispielsweise ist nicht ausgeschlossen, daß in München nur der lineare Teil einer insgesamt positiv akzelerierten oder S-förmigen Beziehung sichtbar geworden ist.

Im Zusammenhang mit dem Ausmaß von Fluglärm sei abschließend noch auf eine häufig gestellte Frage eingegangen.

3867

Gefragt wird, ob es eine akustisch definierbare ‚kritische Grenze‘ – wie sie etwa hinsichtlich der Beurteilung von Arbeitslärm festgelegt wurde (VDI-Richtlinie 2058) – für Fluglärmbelastung gibt. Unter (u. a.) drei Voraussetzungen schiene das denkbar:

- wenn die Gesundheitsbeeinträchtigung durch Fluglärmfolgen eindeutig (durch einen kritischen Wert auf einer entsprechenden Skala) definierbar wäre;
- wenn eine definierte Auswirkung eindeutig einer akustischen Charakteristik zugeordnet werden könnte;
- wenn oberhalb eines akustischen Grenzwerts die Fluglärmwirkungen eindeutig häufiger/stärker aufträten als unterhalb dieser Schwelle.

Die Betrachtung der Daten zeigt nun, daß dieser Anspruch nicht erfüllt werden kann:

- Hinreichend eindeutig gesichert und interpretierbar sind die von den Probanden beschriebenen Beeinträchtigungen des psychischen, physischen und sozialen Wohlbefindens; doch diese sind – ebenso wie die physiologische Defensivreaktion – im wesentlichen nur auf einer relativen und graduellen Skala quantifizierbar. Ein Fluglärm-bedingtes Krankheitssyndrom im somatischen Sinn läßt sich nicht beschreiben.
- Die beschriebenen Fluglärmfolgen stehen nur in mäßigem Zusammenhang mit Fluglärm, ihre Variation ist nur teilweise durch den Fluglärmgrad bedingt (zu 1/4 bis 1/3 bei den sozialpsychologischen Variablen, nur zu 5 % bei der Defensivreaktion); d. h., ein und dieselbe Gestörtheit/Beeinträchtigung durch Fluglärm tritt bei überaus unterschiedlichem Lärmgrad auf (wie Abb. 8-2 deutlich macht).
- Alle erfaßten Fluglärmwirkungen sind im wesentlichen linear mit dem Lärmgrad verknüpft (zumindest in der hier untersuchten Stichprobe (vgl. oben); es gibt auch keine hinreichend deutlichen ‚Knicks‘ des Reaktionsverlaufs). Vgl. hierzu 4.6.5.2.1.3, 5.6.4.

Es kommt hinzu, daß solche ‚kritischen Punkte‘ in verschiedenen Reaktionsvariablen keineswegs am selben akustischen Punkt auftreten müßten, ohne Frage sind auch die verschiedenen Fluglärmwirkungen (von den unmittelbar Betroffenen wie von der Gesellschaft als Ganzem) sehr unterschiedlich tolerierbar.

Es ist offensichtlich, daß eine solche Frage nicht statistisch entschieden werden kann (selbst wenn es ‚Knicks‘ gäbe, könnten sie kein allein bestimmendes Kriterium sein, denn nicht akzeptable Fluglärmwirkungen mögen schon unterhalb dieses Punktes auftreten). Entscheidend sind hier vielmehr ‚Setzungen‘ der Gesellschaft (anhand der Daten der Wissenschaft, wie sie etwa dieses Forschungsprojekt zu gewinnen suchte).

Auf dieses Problem (das u. a. in 1.3 schon angesprochen wurde) wird unter stärker theoretischem Gesichtspunkt in 9.3.1 eingegangen.

### 8.6.3 Fluglärmwirkungen und Bevölkerungsverteilung

Die bisher in diesem Bericht gemachten Aussagen sind im wesentlichen relative Aussagen, sie vergleichen beispielsweise den prozentualen Anteil gestörter, verärgelter, beeinträchtigter Personen, oder die Durchschnittswerte in den entsprechenden Variablen, für verschiedene Fluglärmstufen des Stichprobengebiets.

Im folgenden sollen einige Hinweise gegeben werden, wie derartige Aussagen auf die Bevölkerung zu beziehen sind.

- (1) Zunächst sei in Erinnerung zurückgerufen, daß die Stichprobenziehung hierarchisch erfolgte, und zwar primär nach Fluglärm-Repräsentativität und sekundär nach Bevölkerungs-Repräsentativität. Intendiert war ja, daß alle (verfügbaren) Lärmstufen gleich-

3570

mäßig im Sample realisiert sind, doch bedeutete dies, daß mit zunehmendem Fluglärmgrad auch eine zunehmende Überrepräsentierung der entsprechend betroffenen Bevölkerung bewirkt wurde: in den inneren dB-Streifen lagen stets nur wenige, in den äußeren bis zu 100 Punkte, wie Tab. 2-2 in 2.3.4 zeigt. (Diese Gewichtung war ein entscheidender Gesichtspunkt der Untersuchungskonzeption; vgl. 2.2.4). Es scheint jedoch möglich, das Meinungsbild einer ohne Rücksicht auf die akustische Schichtung zusammengesetzten Stichprobe theoretisch rückzurechnen.

Dazu sei angenommen, daß jedes Cluster repräsentativ für seinen dB-Streifen ist. Gewichtet man nun die Reaktionsdaten jeden Clusters mit der Anzahl der Personen, die es repräsentiert, so mag dies als Schätzung für die durchschnittliche Bevölkerungsreaktion des betrachteten Gesamtareals gelten.

Das soll – als Beispiel – für eine relevante und zugleich statistisch einfache Variable gezeigt werden, nämlich „Erträglichkeit Fluglärm“.

(Dabei wurden die Werte der 100-Personen-Punkte je Cluster-Streifen laut Tab. 2-2 einem ‚Dreierausgleich‘ (gleitender Mittelwert über je drei Cluster; vgl. Annexband, A.8.6.3) unterzogen, um die Bevölkerungsdichte-Schätzung anhand der jeweils umliegenden Streifen auszugleichen (auch die tatsächlichen Cluster bedecken ja teils zwei oder drei Streifen), und die gewichteten Mittel der Produkte von Bevölkerungsdichte und Reaktionsmaß je Cluster-Streifen bestimmt.

% der Pbn, die Fluglärm „erträglich“ nennen	Set				total
	A	B	C	D	
im I-Sample	90	84	58	48	70
im Sozialwissenschaftlichen Sample	90	82	60	47	70
auf Bevölkerung umgerechnet	95	85	62	47	85

Tab. 8-20 zeigt als Ergebnis, daß innerhalb eines Sets (d. h., bei 8 gewichteten Clustern) die „noch erträglich“-Antworten nur um 0/2/3/5% zwischen Stichprobe und Bevölkerungs-Umrechnung differieren, über das Gesamtgebiet hinweg allerdings um 15% (der Gewichtungseffekt ist naturgemäß innerhalb der Sets geringer als im ganzen Stichprobengebiet). Theoretisch finden also 85% der Bevölkerung des Untersuchungsareals (vgl. Abb. 2-2 oder 2-6) den Fluglärm „noch erträglich“.

Generalisiert man diesen Gewichtungseffekt auf andere Variablen, so sind für die stark belärmten Sets D und C keine größeren Veränderungen durch entsprechende Gewichtung zu erwarten (da in D und C die Bevölkerungsanzahl je Cluster-Streifen nur gering streut). Die z. B. in Tab. 8-6 angegebenen Kennwerte für die Reaktionen auf Fluglärm sind entsprechend zu bewerten (für die Bevölkerung des Untersuchungsareals als Ganzem also etwas niedriger anzusetzen, als die Stichprobe ausweist).

- (2) Die unterschiedliche Anzahl der von einem Cluster repräsentierten Einwohner hat eine weitere, entscheidende Konsequenz.

Es ist in der Darstellung der Untersuchungsergebnisse gezeigt worden (z. B. 8.5.2), daß der Anteil der Personen, die durch Fluglärm beeinträchtigt sind, mit Verringerung des Fluglärms gleichmäßig (in etwa linear) abnimmt.

Da aber die Anzahl der je Fluglärmstufe gegebenen Einwohner mit sinkendem Fluglärm (entsprechend dem Flächenwachstum) immer größer wird, steigt auch die ab-

solute Zahl der durch Fluglärm beeinträchtigten Personen an, obwohl deren relativer Anteil fällt (erst bei geringem Belärmungsgrad kehrt sich diese Beziehung wieder um; vgl. auch Tab. 2-2).

Der hier angedeutete Sachverhalt soll im Kapitel über die Anwendung der Ergebnisse ausführlicher – anhand der Clustersets – dargestellt werden (vgl. 9.2.6.2).

- (3) Zu unterscheiden ist also zwischen dem Ausmaß von Fluglärmwirkungen nach dem Grad der Schwere (vom Scheibenklirren bis zum gesundheitlichen Schaden) und im quantitativen Sinne (nämlich nach der Anzahl der Betroffenen).

Die Auswirkungen des Fluglärms sollten deshalb im Zusammenhang mit der Bevölkerungsverteilung gesehen werden.

Die Lage des Flughafens München-Riem demonstriert dies (vgl. Abb. 2-2):

- Abgesehen von den kleinen Ortsteilen Gronsdorf und Riem, rückt die Besiedlung dort am dichtesten an den Flughafen heran (Kirchtrudering), wo die meisten Starts erfolgen.
- Die wichtigste Abflugrichtung (W/SW) zielt auf seit langem dichtbesiedelte Stadtgebiete (Ramersdorf, Harlaching usw.).
- Die zumindest von 1/4 der westlich startenden Maschinen benutzte Nordabbiegeroute zielt auf Stadtteile, in denen eine intensive Neubautätigkeit stattgefunden hat (vgl. Tab. 2-2, wo die Einwohnerdichtepunkte für die Zeit vor/nach 1961 aufgeteilt sind).

Besonders eklatant ist dieser Sachverhalt bei der neuen Trabantenstadt „Neu-Perlach“: Diese für mehrere zehntausend Bewohner konzipierte (in dieser Untersuchung noch nicht erfaßte) Vorstadt liegt überwiegend innerhalb des Fluglärmareals; in der Betroffenheit durch Fluglärm ist zumindest der nördliche Teil von Neu-Perlach mit Set B zu vergleichen.

Die Konsequenzen des hier diskutierten Zusammenhangs sind auch zu beachten, wenn die Flugverkehrsentwicklung und die Bevölkerungsentwicklung betrachtet werden.

Bedenkt man, daß je nach Besiedlungsdichte die Anzahl beeinträchtigter Anwohner im Verhältnis zum Wachstum des Luftverkehrs überproportional zunehmen kann, dann kommt der Besiedlungsplanung besondere Bedeutung zu.

#### 8.6.4 Folgerungen für die Planung von Lärmuntersuchungen

Die bisherigen Erörterungen von 8.6 dürften deutlich gemacht haben, daß eine Vielzahl von Fragen unbeantwortet sind. Auf die Konsequenzen der unbefriedigten Theorienbildung wird in Kap. 9 noch ausführlich eingegangen. Hier sollen – aus der Sicht der Organisatorischen Sektion, die in besonderem Maße mit Problemen der Untersuchungskonzeption und -Realisation befaßt war – einige Folgerungen für die Planung von Lärmuntersuchungen angesprochen werden.

- (1) Methodisch erscheinen als besonders notwendige Ergänzung und Erweiterung des Fluglärmprojekts:
- Längsschnitt-Analysen über einen längeren Zeitraum hinweg, um den Prozeß der Anpassung an Umweltlärm zu studieren.
  - Zielgruppen von Personen, die noch nicht an starke Lärmbelastung gewöhnt sind (Neu-Zugezogene oder auch Einwohner, die erstmals einer neu auftretenden Lärmquelle ausgesetzt sind; die Wirkungen von bleibendem oder vorübergehendem Lärm mögen dabei verschieden sein).

4165

8.6.4

– Unmittelbare Erfassung von Reaktionen auf Lärm, vor allem auf Alltagslärm (durch individuell eingesetzte Techniken von Explorationen, Verhaltensbeobachtungen oder -Protokollen, bis hin zur telemetrischen Erfassung von physiologischen Lärmwirkungen in der konkreten Alltagssituation).

- (2) Inhaltlich sind zahlreiche Punkte u. a. schon in 4.7 und 5.6.4 genannt worden; wesentlich erscheint besonders eine Ausrichtung auf die stärkere Erfassung ‚alltäglicher‘ Lärmwirkungen.

Hinzuweisen ist auch darauf, daß die sozialen und wirtschaftlichen Auswirkungen in einem Lärm-exponierten Gebiet (etwa für einen Wohnungs- oder Hausbesitzer) bisher nicht erfaßt wurden (ebensowenig natürlich die Implikationen für den Lärmerzeuger). In einem größeren Rahmen wäre darüber hinaus zu fragen, welcher Stellenwert einem Stressor Fluglärm (oder Lärm allgemein) im Verhältnis zu anderen Umweltbelastungen (des beruflichen wie privaten Lebens) zukommt.

- (3) Organisatorisch hat das Team des Fluglärmprojekts viele Erfahrungen erst sammeln müssen (schon der Aufbau dieses Forschungsberichts wird deutlich gemacht haben, daß die Struktur vielleicht ‚föderalistisch‘, keinesfalls ‚zentralistisch‘ zu nennen ist). Ohne Frage wären viele Resultate des Projekts ohne den interdisziplinären Forschungsansatz nicht möglich geworden. Der Nutzen einer Kombination verschiedenster Hypothesen, Methoden, Interpretationen wird jedoch nur mit dem Aufwand einer überaus weitreichenden Kooperation voll wirksam werden können.

Hier seien nur kurz die wichtigsten Erfahrungen angedeutet: sie lassen eine durchgehend einheitliche Stichprobe für alle Analysen, volle inhaltliche Integration von Befragungen wie Messungen und eine zentrale Auswertung aller Sektionen eines derartigen interdisziplinären Forschungsprojekts wesentlich erscheinen.

8.6.5 **Schlußbemerkungen**

Abschließend soll noch einmal verdeutlicht werden, welche Gesichtspunkte bei der Interpretation der interdisziplinären Analysen der Organisatorischen Sektion wesentlich scheinen.

Grundsätzlich betrachtet unterliegen die Bewohner Fluglärm-exponierter Gebiete einer Umweltbelastung, für die sie selbst nicht unmittelbar verantwortlich sind.

Lärm – verstanden als nichtgewünschter akustischer Reiz – wird oktroyiert, es gibt keine Wahl zwischen Wahrnehmung und Nichtwahrnehmung (man kann die Augen, aber nicht die Ohren verschließen). Die meisten Menschen haben aus ökonomischen Gründen praktisch kaum die Möglichkeit, sich einer Lärmbelastung durch Umzug zu entziehen, und der Aufbau individueller physikalischer Barrieren ist aufwendig und einschränkend zugleich, kann also vom Lärmempfänger kaum erwartet werden.

Ein anderer Aspekt ist der Anspruch des Menschen auf gesunde Lebensbedingungen. Die Weltgesundheitsorganisation definiert Gesundheit sehr weitreichend: nicht nur als „Freisein von Krankheiten“, sondern als Zustand „optimalen physischen, psychischen und sozialen Wohlbefindens“.

Entsprechend ist Fluglärm in diesem Kapitel unter dem Gesichtspunkt eines Risiko-Faktors untersucht worden. Statistisch unklare Befunde stellten oft die Alternative, entweder als Fluglärmwirkung zu konstatieren, was mit gewisser Wahrscheinlichkeit zufällig bedingt ist, oder das Fehlen eines Effekts zu behaupten und damit möglicherweise eine existente

3867

Fluglärmwirkung unentdeckt bzw. unbenannt zu lassen (auf diese Entscheidungsrisiken, deren Wahrscheinlichkeiten mit Alpha und Beta bezeichnet werden, wird in 9.2.2 näher eingegangen).

Wenn in den dargestellten Analysen Reaktionsvariablen erörtert wurden, deren Fluglärm-Determiniertheit schwach oder nach strengen statistischen Normen nicht hinreichend gegenüber der Zufallshypothese gesichert ist, so in der Überlegung, daß bei einem Risikofaktor statt der Schädlichkeit eher die Unschädlichkeit nachgewiesen werden sollte, und mit dem Ziel, ‚eindeutige‘ wie ‚denkbare‘ Fluglärmwirkungen an den Daten deutlich zu machen (und in ihrer Wechselwirkung mit anderen Einflußgrößen zu zeigen).

Insgesamt ist Fluglärm als Kausalfaktor von Gesundheitsbeeinträchtigungen (im oben genannten Sinne) auf sozialpsychologischer Ebene – Beeinträchtigungen von Kommunikation, Wohlbefinden und Regeneration – kaum bestreitbar, auf physiologischer Ebene im wesentlichen nur plausibel gemacht worden.

Wieweit unter diesen Umständen die Belastung der Bevölkerung durch Fluglärm noch ‚zumutbar‘ ist, ob eine Reduzierung des Lärms beim ‚Sender‘ zu fordern, ob eine Minderung der Lärmfolgen beim ‚Empfänger‘ zu erreichen ist, ja, wieweit solche Fragen überhaupt in die Fachkompetenz des Teams dieser Untersuchung fallen, soll im abschließenden Kapitel (9) über „die Anwendbarkeit der Ergebnisse“ behandelt werden.

Dabei mag deutlich werden, daß Lärminderung nicht nur ein ‚technisch‘, sondern auch ‚gesellschaftlich‘ zu lösendes Problem ist.

### 8.7. Zusammenfassung

- (1) Zuständig für die „Organisation der interdisziplinären Zusammenarbeit“ und in diesem Rahmen für die interdisziplinären statistischen Analysen war die „Organisatorische Sektion“ des Fluglärmprojekts.
- (2) Die Aufgabenstellung bestand – neben Initiativen zur statistischen und inhaltlichen Abstimmung der intradisziplinären Auswertungen – in der interdisziplinären Verknüpfung der Datensätze aller Sektionen. Zu klären war, wie die soziologischen/psychologischen/physiologischen Reaktionsvariablen mit den akustischen Stimulus-Variablen und untereinander kovariieren, wieweit die Auswirkungen des Fluglärms durch Einflußgrößen der sozialen Umwelt oder psychische und somatische Eigenschaften des betroffenen Menschen mitbestimmt sind, und welchen relativen Stellenwert diese Moderatoren haben.
- (3) Theoretischer Ausgangspunkt ist die Vorstellung eines komplexen Interdependenzsystems, das Moderatoren entscheidenden Einfluß auf den Prozess der Verarbeitung von einwirkenden Stimuli zu resultierenden Reaktionen zuweist und denkbare Rückkoppelungen zwischen den verschiedenen Einflußgrößen zeigt. – Dieses Konzept (und der Stichprobenansatz) bestimmten die Ausrichtung der statistischen Analysen auf multivariate Verfahren.
- (4) Die interdisziplinären Analysen beruhen auf 357 Probanden mit komplettiertem Datensatz und benutzen 91 Variablen (in denen mehrere Hundert Ausgangsdaten zusammengefaßt sind).
- (5) Als Fluglärmwirkung sicher definierbar sind eine starke – sehr allgemeine – sozialpsychologische Verärgerungsreaktion sowie eine schwächere – eher spezielle – (psycho-)physiologische Defensivreaktion bei Einsetzen von Labörlärm, wobei diese As-

3867

8.7

pekte nahezu unabhängig voneinander sind. (Die sozialpsychologische Reaktion läßt sich in zahlreichen Einzelkomponenten beschreiben; eine Reihe weiterer physiologischer Variablen, etwa Blutdruck, Hörverlust, zeigt einen Trend zur Fluglärm-Abhängigkeit).

Wahrnehmung und Bewertung des Fluglärms als störende Umweltbedingung setzen schon bei relativ geringer Fluglärmbelastung ein; die Zunahme an Personen, die sich beeinträchtigt fühlen, und ebenso derer, die eine physiologische Abwehrreaktion gegen Lärm zeigen, ist annähernd linear mit wachsendem Fluglärm.

- (6) Die Variabilität dieser Reaktionen auf Fluglärm ist nur teilweise Stimulus-bedingt. In multiplen Regressionsmodellen läßt sich die sozialpsychologische Globalreaktion zu je etwa 1/3 durch den Fluglärmgrad und durch einen Satz von sozialen/psychischen/somatischen Moderatoren determinieren. Entscheidenden Stellenwert als Moderatoren haben sozialpsychologische Attitüden (insbesondere die generelle Robustheit gegenüber Lärm; konservative Tendenzen; ferner psychovegetative Labilität), doch spielen – besonders bei der psychophysiologischen Defensivreaktion – auch somatische Charakteristika (etwa Blutdruck) eine mitbestimmende Rolle.
- (7) In den untersuchten Daten wirkt ein Moderator zumeist ‚regelnd‘ (abschwächend oder verstärkend) auf eine Fluglärmreaktion, doch lassen sich auch andere Wirkungsmodelle differenzieren, etwa ‚einschaltende‘ Wirkung (eine Reaktion tritt nur in einer bestimmten Subgruppe auf), ‚umschaltende‘ Wirkung (je nach Moderator-Ausprägung resultieren verschiedenartige Reaktionen auf Fluglärm), sowie ‚vermittelnde‘ Wirkung (eine primäre Reaktion ist Moderator einer sekundären).
- (8) Derartige Reaktionsketten werden in mehreren pfadanalytischen Modellen beschrieben. Ein Modell der Fluglärmwirkung mit neun Variablen, das mit der empirischen Interkorrelationsmatrix in Einklang ist, zeigt: Innerhalb des untersuchten Datensatzes gibt es zwei ‚direkte‘ Fluglärmwirkungen, erstens die Verstärkung der verbal geäußerten Verärgerung und Beeinträchtigung durch Fluglärm, zweitens (in schwächerem Ausmaß) die Verstärkung der physiologischen Abwehrreaktionen beim Einsetzen von Geräusch. Die Verärgerung durch Fluglärm hat ihrerseits Folgewirkungen auf drei ‚indirekte‘ Fluglärmwirkungen, nämlich Furchtassoziationen, Aufmerksamkeitsminderung, Blutdruckerhöhung. Zugleich macht das Modell den Einfluß der hier einbezogenen Moderatoren auf die genannten Reaktionen deutlich. Die Robustheit gegenüber Lärm moderiert die Verärgerung durch Fluglärm und die Furchtassoziationen hinsichtlich Flugzeugen; Alter und Geschlecht beeinflussen alle drei ‚indirekten‘ Fluglärmwirkungen.
- (9) Abschließend diskutiert werden der Stellenwert der Untersuchung (erfaßt wurde ein mittlerer Ausschnitt denkbarer Fluglärmgrade, untersucht wurden längerfristige Auswirkungen zeitlich zurückliegender Flugbelästigung an Großstadtbewohnern) und einige Konsequenzen für die Bewertung der Resultate, insbesondere die Interaktion von Bevölkerungsverteilung und absoluter Anzahl der durch Fluglärm Betroffenen. Da mit abnehmender Fluglärmbelastung zwar der relative Anteil gestörter Bewohner sinkt, deren absolute Zahl aber ansteigt (erst bei geringen Lärmgraden kehrt sich diese Beziehung wieder um), kommt der Besiedlungsplanung ebensolche Bedeutung zu wie der Planung des Luftverkehrs.



## 8.7 Summary

- (1) The 'Organizational Section' of the project was responsible for organizing the interdisciplinary cooperation and, in this respect, for the interdisciplinary statistical analyses.
- (2) Besides suggestions to the statistical and conceptual cooperation between the analyzing sections, the task was to integrate the sets of data of the various sections as an interdisciplinary approach. It was to be analyzed how the sociological/psychological/physiological reaction variables covary both with the acoustical stimulus variables and with each other; to what extent the effects of aircraft noise are code-terminated by influences of the social environment or by psychic or somatic attributes of the individual concerned, and what relative weights these moderators have.
- (3) The underlying concept is the assumption of a complex system of interdependent variables, in which moderators are being attributed a decisive influence on the process of turning effective stimuli into resulting reactions, and which allows for possible feedback between the various kinds of influence. — This concept (together with the sampling approach) determined the orientation of the statistical analyses toward multivariate procedures.
- (4) The interdisciplinary analyses are based on 357 respondents with complete data sets and use 91 variables (combining some hundred initial data).
- (5) Unquestionable effects of aircraft noise are a severe, very general sociopsychological reaction of annoyance and a weaker, rather specific (psycho)-physiological defense reaction to (laboratory-)noise. These two aspects are nearly independent of each other, though. (The sociopsychological reaction can be considered in terms of several single components. A number of further physiological variables, like blood pressure or hearing loss, shows a tendency toward being dependent on aircraft noise). Perception and evaluation of aircraft noise as a disturbing environmental condition already appear under relatively low exposure to aircraft noise; both the number of persons feeling disturbed/impaired and the number of those exhibiting a physiological defense reaction to noise rise approximately linearly with aircraft noise increasing.
- (6) The variability in these reactions to aircraft noise is only partly dependent on the stimuli. In multiple regression models the sociopsychological global reaction can be determined by the noise level and by a set of social/psychological/somatic moderators, each accounting for one third of the variance. Of decisive importance as moderators are sociopsychological attitudes (especially the general indifference to noise, conservative tendencies, and further, psychovegetative lability), but also somatic characteristics (like blood pressure) have an intervening effect, particularly on psychophysiological defense reaction.
- (7) In the present data a moderator mostly has a 'regulating' effect (attenuating or intensifying) on the reaction to aircraft noise; but other impact models can be differentiated as well, such as a 'switch on' effect (reaction appears only in a certain subgroup), a 'switch over' effect (depending on the level of the moderator, different reactions to aircraft noise result) or a 'mediating' effect (an initial reaction works as moderator of a secondary reaction).
- (8) Such chains of reactions are being described in various path models. One of these models of the effects of aircraft noise (using nine variables), which corresponds to the empirical intercorrelation matrix, shows: Within the surveyed data set there are

two 'direct' effects of aircraft noise; firstly, an intensification of verbalized annoyance and impairment by aircraft noise, and secondly, (weaker) the intensification of the physiological defense reaction to (laboratory) noise. The annoyance by aircraft noise furthermore causes impacts on three 'indirect' effects of aircraft noise, namely fear associations, lessening of attention, and increase in blood pressure. In addition, the model shows the impact of three moderators on the reactions: Indifference to noise moderates annoyance by aircraft noise and fear associations concerning aircraft; age and sex influence all of the three 'indirect' effects of aircraft noise.

- (9) Finally, the relevance of the study is discussed (the study covers a medium spectrum of possible noise levels and considers long-term effects of former exposure to aircraft noise on a large city population) as well as some of the consequences for the evaluation of the results, especially the interaction of the distribution of population and the absolute number of people affected by aircraft noise. The fact that the relative number of inhabitants disturbed by aircraft noise decreases to the degree that noise level decreases, the absolute number of same, however, increases (only with low noise levels this relationship is reversed), points to the importance of both the planning of air traffic and town planning.

## **FLUGLÄRMWIRKUNGEN**

**eine interdisziplinäre Untersuchung über die  
Auswirkungen des Fluglärms auf den Menschen**

### **KAPITEL 9**

#### **DIE ANWENDBARKEIT DER ERGEBNISSE**

**Martin Irle**

(9.4, 9.6: Martin Irle & Bernd Rohrmann)

*Skip to p 540*

9.0

9.0 Inhalts-, Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

9.0.1	Inhaltsverzeichnis/Contents . . . . .	503
9.0.2	Tabellenverzeichnis . . . . .	504
9.0.3	Abbildungsverzeichnis . . . . .	504
9.1	<i>Die Transformation von Wissenschaft in Technik</i>	
9.1.1	Theorienorientierte Forschung . . . . .	505
9.1.2	Problemorientierte Forschung . . . . .	506
9.1.3	Praktische Anwendung von Wissenschaft . . . . .	508
9.2	<i>Zentrale methodische Probleme der praktischen Anwendung</i>	
9.2.1	Die „Objektivität“ von empirischen Daten . . . . .	510
9.2.2	Statistische Fehler erster (Alpha) und zweiter (Beta) Art . . . . .	511
9.2.3	Abbildung und Konstruktion von Realität . . . . .	513
9.3	<i>Die Grenzen der Zumutbarkeit von Fluglärm</i>	
9.3.1	Die Nichtauffindbarkeit „kritischer Grenzen“ . . . . .	514
9.3.2	Das Problem der derzeitigen Nichtanwendbarkeit von einigen Ergebnissen somatischer Fluglärmwirkungen . . . . .	515
9.3.3	Kognitive Variablen als primäre Reaktionen . . . . .	518
9.3.4	Adaptivität oder Defensivität der Reaktionen auf Fluglärm . . . . .	519
9.4	<i>Ausgewählte Ergebnisse des Forschungsprojektes (Irlé &amp; Rohrman)</i>	
9.4.1	Die Auswahl und Behandlung der Reaktionsvariablen . . . . .	520
9.4.2	Reaktionen auf Fluglärm . . . . .	521
9.4.3	Moderationen der Reaktionen auf Fluglärm . . . . .	525
9.4.4	Exkurs: Vorhersehbarkeit und/oder Steuerbarkeit des Auftretens von Lärm als Moderatoren . . . . .	526
9.5	<i>Alternativen von Interventionen gegen Fluglärm-Wirkungen</i>	
9.5.1	Die passive Alternative . . . . .	527
9.5.2	Die Moderator-Alternative . . . . .	528
9.5.3	Die Reaktions-Alternative . . . . .	528
9.5.4	Die Stimulus-Alternative . . . . .	529
9.6	<i>Beziehungen der Ergebnisse dieses Forschungs-Projekts über Fluglärm-Wirkungen zum „Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm“ vom 30. März 1971 (Irlé &amp; Rohrman)</i>	
9.6.1	Die Fragwürdigkeit ausschließlich akustischer Fluglärm-Maße . . . . .	531
9.6.2	Die Charakteristik der zwei Lärmschutzzonen des Lärmschutzbereiches . . . . .	532
9.6.3	Die absoluten Anteile der durch Fluglärm gestörten Personen . . . . .	534
9.7	<i>Schlußbemerkungen</i>	
9.8	<i>Zusammenfassung/Summary</i>	

<b>9.0.1</b>	<b>Contents</b>	
9.0.2	List of tables . . . . .	504
9.0.3	List of illustrations . . . . .	504
9.1	<i>Transformation of science into technology</i>	
9.1.1	Theory-oriented research . . . . .	505
9.1.2	Problem-oriented research . . . . .	506
9.1.3	Application of science to real life problems . . . . .	508
9.2	<i>Central methodological problems of applied science</i>	
9.2.1	The 'objectivity' of empirical data . . . . .	510
9.2.2.	Statistical errors type 1 (alpha) and type 2 (beta) . . . . .	511
9.2.3	Mapping and construction of reality . . . . .	513
9.3	<i>Tolerance limits of aircraft noise.</i>	
9.3.1	The absence of 'critical limits' . . . . .	514
9.3.2	Why some of the results concerning somatic effects of aircraft noise are not applicable at present . . . . .	515
9.3.3	Cognitive variables as primary reactions . . . . .	518
9.3.4	Adaptation or defense reactions to aircraft noise . . . . .	519
9.4	<i>Selected results of the research project</i>	
9.4.1	Selection and handling of the reaction variables . . . . .	520
9.4.2	Reactions to aircraft noise . . . . .	521
9.4.3	Moderators of the reactions to aircraft noise . . . . .	525
9.4.4	Excursion: Perceived predictability and/or controlability of noise incidence as moderators . . . . .	526
9.5	<i>Alternative measures against effects of aircraft noise</i>	
9.5.1	The passive alternative . . . . .	527
9.5.2	The moderator alternative . . . . .	528
9.5.3	The reaction alternative . . . . .	528
9.5.4	The stimulus alternative . . . . .	529
9.6	<i>How the present findings relate to the "Act for the protection from aircraft noise" of 30 march 1971</i>	
9.6.1	Problems of using exclusively acoustical measures of aircraft noise . . . . .	531
9.6.2	Characterization of the two noise protection zones of the noise protection area . . . . .	532
9.6.3	Absolute portion of persons disturbed by aircraft noise . . . . .	534
9.7	<i>Conclusions</i>	
9.8	<i>Summary</i>	

## 9.0.2

<b>9.0.2</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>Abschnitt</b>	<b>Seite</b>
Tab. 9-1	Zuordnung der Cluster zu kritischen Fluglärmbereichen	9.6.2	533
Tab. 9-2	Fluglärmgestörte in kritischen Fluglärmbereichen	9.6.2	533
Tab. 9-3	Bevölkerungszahlen in Fluglärmarealen	9.6.3	534
Tab. 9-4	Schätzung Fluglärm-Gestörter in der Bevölkerung	9.6.3	535
<b>9.0.3</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>		
Abb. 9-1	Betroffene je Fluglärmstufe, Variablenblock 1	9.4.2	522
Abb. 9-2	Betroffene je Fluglärmstufe, Variablenblock 2	9.4.2	523
Abb. 9-3	Betroffene je Fluglärmstufe, Variablenblock 3	9.4.2	524

„Eine empirische Wissenschaft vermag niemanden zu lehren, was er *soll*, sondern nur, was er *kann* und – unter Umständen – was er *will*.“ (Max WEBER, 1968). Es erscheint notwendig, oder doch zumindestens angebracht, einer Analyse und Diskussion der Anwendbarkeit der Ergebnisse dieses Forschungsprojektes einige methodologische Erörterungen voranzustellen, aus denen die Leser zentrale Probleme sogenannter angewandter Forschung kennenlernen können. Dieser Vorspann soll den Lesern helfen zwischen demjenigen zu unterscheiden, was empirische Forschung leisten kann und demjenigen, was praktisch und nützlich mit solchen Forschungsergebnissen getan werden kann.

## 9.1 Die Transformation von Wissenschaft in Technik

Mit dem vorangestellten MAX-WEBER-Zitat wird die Argumentation aufgegriffen und fortgesetzt, die unter 1.3 „Zur Problematik ‚kritischer Grenzen der Lärmbelästigung‘ und der ‚Zumutbarkeit‘“ eingeleitet wurde. Um die Eigenart dieses Forschungsprojektes zu verdeutlichen, muß die Klassifikation von empirischer Wissenschaft in Grundlagenforschung und Angewandte Forschung noch ein wenig detaillierter beschrieben werden. Grundlagenforschung kann zweifach orientiert sein.

### 9.1.1 Theorienorientierte Forschung

Der Forscher kennt eine Theorie (oder hat diese selbst formuliert) und ist bestrebt zu erfahren, welchen empirischen Gehalt diese Theorie besitzt. Er plant und unternimmt Forschungen mit dem Ziel, den Erklärungswert oder die empirische Brauchbarkeit dieser Theorie zu testen. Derartige Forschung kann als *theorienorientiert* bezeichnet werden. Entsprechende realwissenschaftliche Theorien, aus welcher Einzelwissenschaft sie immer stammen mögen, können geeignet sein, unsere allgemeine Kenntnis der Realität zu erweitern. Schon allein aus logischen Gründen läßt sich nicht ableiten, welche konkreten und spezifischen Probleme sich mit einer solchen Theorie lösen lassen werden. Die Folgerungsmengen von derartigen Theorien sind unendlich groß; sie lassen eine prinzipiell unbegrenzte Menge technischer Anwendungen zu. In moralisch-politischer Hinsicht ist jede realwissenschaftliche Theorie ambivalent; ihre gesellschaftliche Relevanz ist nicht vorhersehbar und vorherbestimmbar. Es ist nicht einmal entscheidbar, ob eine bestimmte Theorie dieser Art überhaupt jemals zur Lösung spezieller praktischer Probleme eingesetzt werden kann oder nicht. Dennoch kann sie einen hohen Erkenntniswert besitzen, wie z. B. eine biologische Theorie, welche die Entstehung der Arten pflanzlicher und tierischer Organismen erklärt, oder eine astronomische Theorie, welche die Entstehung und Entwicklung von Sonne-Planeten-Systemen im Weltraum erklärt.

Politikern als Repräsentanten einer Gesellschaft fällt es immer wieder um so schwerer, Mittel für den Aufwand derartiger Forschung freizumachen, je geringer ihnen die Chance erscheint, daß die Erträge solcher Forschung zur Lösung aktueller praktischer Probleme beitragen könnten. Es gibt jedoch keine logischen Kriterien, nach denen solche Chancen bestimmbar wären (ALBERT, 1972 b). Bezieht man sich jedoch nicht auf empirische Forschung zur Prüfung der Erklärungskraft einer einzigen Theorie, sondern auf derartige Forschung im allgemeinen, so kann man sehr wohl annehmen, daß diejenige Gesellschaft – unter ansonsten gleichartigen Bedingungen – besser imstande sein wird, aktuelle Probleme

### 9.1.1

zu lösen, deren Erkenntnisniveau aufgrund eines solchen Arsenalen an Theorien höher ist als das anderer Gesellschaften. Diese Gesellschaft wird auch die allgemeine Problemlösungskapazität anderer Gesellschaften in dem Maße erhöhen, in dem Wissenschaft öffentlich ist und kommuniziert wird. Gesellschaften, welche sich theorienorientierte Grundlagenforschung weitgehend versagen, weil sie ihnen als eine Art von nicht leistbarem Luxus erscheint, begeben sich in Abhängigkeit von Gesellschaften mit hohem Niveau der Grundlagenforschung.

### 9.1.2 Problemorientierte Forschung

Grundlagenforschung – entsprechend der üblichen Benutzung dieser Bezeichnung – kann neben *theorienorientierter Forschung* im obigen Sinne als *problemorientierte Forschung* verstanden werden. In diesem Fall werden nicht Theorien gesucht und gefundene Theorien empirisch daraufhin geprüft, ob sie konkrete Sachverhalte erklären können, ob und wie sie erklärt werden können. Die Bezeichnung *problematischer Sachverhalt* ist zweideutig. Sie kann meinen, daß ein konkreter Sachverhalt bislang unerklärlich ist oder bisher vergeblich zu erklären versucht wurde; sie kann meinen, daß ein (noch) nicht (befriedigend) erklärter Sachverhalt zu einem Problem erhoben wird, das praktisch bewältigt und gelöst werden soll. Die wissenschaftliche Einsicht ist dann so dringlich, daß eine Gesellschaft Mittel für den Aufwand zur Forschung dieses Problems bereitstellt. Für den ersten Fall gilt, daß jegliche unerklärten Sachverhalte auf ihre Erklärung harren; für den zweiten Fall gilt, daß in einer Gesellschaft Rangordnungen darüber aufgestellt werden können, welche unerklärten Sachverhalte als mehr oder weniger *problematisch* im praktischen Sinne bewertet werden, so daß mehr oder weniger und früher oder später Mittel zu ihrer Erforschung bereit gestellt werden sollen.

Politischer Einfluß auf theorienorientierte Forschung wäre jedoch in jedem Falle totalitär: Es gibt keine politischen Bewertungskriterien, nach denen sich eine Rangreihe materiell zu fördernder Theorienprojekte herstellen ließe. Da die Folgerungsmengen aus Theorien im logischen Sinne prinzipiell unendlich groß sind, läßt sich nicht vorhersagen, welchen Wert eine Theorie in Anwendungen zur Lösung praktischer Probleme haben wird. Materielle Förderung theorienorientierter Forschung kann nur nach wissenschaftsinternen Kriterien erfolgen, z. B. nach logisch prüfbaren Qualitäten der jeweiligen Theorie und nach dem methodologischen Niveau der Strategien der empirischen Prüfung der jeweiligen Theorie. Es verbleibt nur die politische Entscheidung in einer Gesellschaft, welchen materiellen Aufwand man im Prinzip bereit ist, für theorienorientierte Forschung zu leisten. Der Ertrag eines solchen Aufwandes besteht in erster Linie in Erkenntniserweiterung. Die Frage, ob solche Erkenntniserweiterung praktisch verwendbar sei, ist nicht im voraus beantwortbar. Die Förderung von theorienorientierter Forschung dennoch von einer positiven Beantwortung einer solchen Frage abhängig zu machen, resultiert in Geboten und Verboten von möglicher Erkenntnis und ist deshalb totalitär.

Theorienorientierte Forschung, welche gegenwärtig nahezu ausschließlich öffentliche Mittel zur Finanzierung ihres Aufwandes erhalten kann, ist fast ebenso ausschließlich *Antragsforschung*. Problemorientierte Forschung ist weit häufiger, unter Umständen sogar überwiegend, *Auftragsforschung*. Aus der Erfahrung eines Teams, dessen Mitglieder vor Inangasetzung dieses Projektes in hohem Maße theorienorientierte Forscher waren und zum Teil auch heute sind, darf darauf hingewiesen werden, wie unbefriedigend es für alle Beteiligten – Auftraggeber und Auftragnehmer – ist, daß problemorientierte Auftragsforschung nicht öffentlich ausgeschrieben zu werden pflegt. Für den vorliegenden problematischen



Sachverhalt mußte die DFG, welche sich praktisch ausschließlich mit Antragsforschung befaßt, ihr bekannte Forscher bitten, „Anträge“ zu stellen, um ihnen einen „Auftrag“ geben zu können.

Soweit und in dem Maße, in dem problemorientierte Forschung durch nennenswerten Aufwand belastet ist, bestimmen weitgehend die Öffentlichkeit oder ihre politischen Repräsentationen, welche unerklärten Sachverhalte so problematisch sind, daß Forschung zur Lösung ihrer Problematik, das heißt zur Erklärung dieser Probleme durch Bereitstellung von Mitteln für deren Forschungsaufwand in Gang gesetzt und vorangetrieben wird. Die *Konsequenzen der Wirkungen von Fluglärm sind ein solches Problem*. Ein gängiger Irrtum, dem viele politisch engagierte Forscher wie die öffentlichen Repräsentanten einer Gesellschaft erliegen, ist die Erwartung, daß derartige problematische Sachverhalte jeweils durch eine einzige Theorie erklärt und damit gelöst werden könnten. Diese Auffassung verleitet dazu, zuerst das konkrete und spezielle Problem zu erfassen und sodann nach einer neuen Theorie zu suchen, die dieses Problem erklären kann, das heißt das Erkenntnisniveau, bezogen auf diesen Sachverhalt, erhöhen zu können. Jedoch ist dann das Risiko extrem hoch, eine „Theorie“ zu erfinden, deren Folgerungsmenge nicht nur endlich, sondern so extrem gering ist, daß nahezu nur dieser spezielle problematische Sachverhalt „erklärt“ werden kann.

Aus der „Erklärung“ des konkreten Sachverhaltes wird dann nichts anderes als eine Beschreibung des Sachverhaltes in anderen Worten. Wissenschafts-Laien schöpfen zumeistens sehr schnell Verdacht, wenn ihnen derartige Resultate angeboten werden: Sie protestieren dagegen, daß allseits Bekanntes pseudo-„wissenschaftlich“ in einer fast unverständlichen Kunstsprache vorgetragen wird, was sie schon selbst in ihrer Sprache beschreiben können. Der problematische Sachverhalt wird nicht erklärt, sondern nur neu definiert und klassifiziert.

Praktische Probleme haben sehr regelmäßig diese Eigenschaft, die von Wissenschaftstheoretikern (ob Positivisten, kritischen Rationalisten oder Neo-Marxisten und Idealisten) oft übersehen wird. Ein identifizierter oder festgelegter, problematischer Sachverhalt ist nicht durch eine einzige Theorie allein erklärbar. Es gibt so wenig *eine Theorie* der Bildung oder Bildungsreform, wie es eine Theorie der Pflanzen oder des Pflanzenwachstums gibt oder eine Theorie des Verhaltens unter Fluglärm oder der Änderungen eines solchen Verhaltens. Es gibt *nicht eine Theorie* des Ottomotorgetriebenen Kraftfahrzeuges, und es gibt *nicht eine Theorie* der Wohnsituation in den Slums für ausländische Arbeitnehmer in der BRD oder für Obdachlose mit BRD-Staatsangehörigkeit. Nicht nur für diese Beispiele gilt, daß zur Erklärung problematischer Sachverhalte eine *Kombination von Theorien* herangezogen werden muß. *Problemorientierte* Forschung besteht zuvörderst in der Suche nach einer Theorienkombination, welche den problematisierten Sachverhalt erklären kann.

Theorie- und problemorientierte Forschung werden hier als Grundlagenforschung verstanden. Oder richtiger, die Unterscheidung zwischen „reiner“ oder Grundlagenforschung und angewandter Forschung wird für irrelevant erachtet. *Jeder empirische Umgang mit realwissenschaftlichen Theorien ist Anwendung*. Forschung und Anwendung sind insoweit synonym, als jede Forschung eine Art von Anwendung ist. Eine Theorie wird in empirischer – experimenteller oder nicht-experimenteller, im Labor oder in der „Natur“ stattfindender – Forschung reflexiv angewendet, um ihren Erklärungswert für problematische, empirische Sachverhalte zu prüfen. Ein problematischer empirischer Sachverhalt wird durch die Anwendung von einer, häufiger von einer Kombination von zwei oder mehr als zwei Theorien in empirischer Forschung zu erklären versucht.

## 9.1.3 Praktische Anwendung von Wissenschaft

Im üblichen Sprachgebrauch existiert eine dritte Form der Anwendung: Unter der Voraussetzung, daß ein Satz von Theorien existiert, die auf ihren Erklärungswert ausreichend erfolgreich empirisch geprüft worden sind und welche sich zur Lösung einer Klasse problematischer Sachverhalte in empirischer Forschung bewährt haben, können solche Kombinationen von Theorien zu einer weitem Form ihrer Anwendung herangezogen werden: *Theorien werden angewendet durch Transformationen in Techniken*. Techniken sind *Handlungsanweisungen*. Da Theorien unendliche Folgerungsmengen enthalten, ist die Zahl der aus ihnen abgeleiteten Mengen von Handlungsanweisungen ebenfalls im Prinzip beliebig groß. Mit einer realwissenschaftlichen, in empirischer Forschung bewährten Theorie läßt sich prinzipiell in sehr vielen Alternativen zur *Praxis* Stellung nehmen. Die Transformationen von Theorien in Techniken kann der Strategie der *Intervention* und/oder der Strategie der *Konstruktion* folgen (ALBERT, 1964). Intervention ändert vorgefundene Praxis; Konstruktion schafft neue Praxis. (In diesem Sinne ist experimentelle Forschung häufiger Konstruktion und korrelative Feldforschung häufiger Intervention). Die zu Beginn dieses Kapitels zitierte Aussage von MAX WEBER findet damit ihre Begründung und wird einsichtig: Dieses Forschungs-Team hat problemorientierte Forschung getrieben. Dazu hat es teilweise Ad-Hoc-Theorien, oder auch singuläre Hypothesen erfinden müssen mangels vorhandener empirisch validierter Theorien. Das Team hat Kombinationen von Ad-Hoc-Theorien und singulären Hypothesen postulieren müssen, die aus verschiedenen Wissenschaftsdiziplinen stammen, um den gegebenen problematischen Sachverhalt zu erklären; diese besondere Aufgabe wird vornehmlich im vorausgehenden Kapitel 8 zu lösen versucht. Die Hypothesenkombinationen folgen – unter Einschluß der allgemeinen Sätze über unabhängige Variablen, Moderatoren und abhängige Variablen – als Homologien bestimmten wahrscheinlichkeitstheoretisch begründeten Daten-Prozeduren und -Strukturen.

Wenn diese wissenschaftstheoretische Interpretation von empirischer Forschung zutreffende Aussagen macht, dann kann dieses Forschungs-Team, soweit seine Forschungen ertragreich sind, etwas darüber aussagen, was getan werden kann. Dieses Können hängt ab von der Tatsache, daß Theorien prinzipiell unendliche Folgerungsmengen haben, daß man in entsprechend vielen Alternativen sie auch in der Praxis durch Intervention und Konstruktion anwenden kann. Dieses Können wird jedoch eingeschränkt: Erstens kann sich die Menge der Folgerungen durch eine Kombination von Theorien einschränken; nur eine endliche Zahl von Anwendungen in der Praxis ist möglich. Zweitens können die Ergebnisse der Forschungen nicht oder nicht in akzeptablem Maße valide sein (so wie im Falle des Schneiders von Ulm, dessen Transformation seiner Theorienkombination in die Technik des Fliegens entsprechend kläglich endete). Drittens können Ergebnisse der Forschung nachweisen, daß unter gegebenen Umständen bestimmte Alternativen in der Praxis nicht realisierbar sind (so zur Zeit des Schneiders von Ulm noch nicht die Reise zum Mond). Es fehlen Erkenntnisse, und/oder der Aufwand ist unter keinen Umständen leistbar. Demgemäß können Wissenschaftler eine endliche Menge von Alternativen zur Intervention und/oder zur Konstruktion in der Praxis angeben; damit sagen sie, was man tun kann.

Was getan werden soll, kann der Wissenschaftler in seiner Rolle als Forscher nicht anweisen, gerade weil er eine endliche, wenn nicht beliebig große Menge an alternativen Techniken (intervenierender und/oder konstruierender Art) zur Verfügung hat. Sollte die endliche Menge auf eine einzige Alternative reduziert sein, so ließe sich das leicht aus den Einschränkungen im vorausgehenden Absatz erklären. Wählt ein Forscher unter möglichen Alternativen praktischer Anwendung aus, zeichnet er in dieser Weise eine einzige Alternative aus als diejenige, die in die Tat umzusetzen sei (IRLE, 1971), so handelt er ganz sicherlich nicht

mehr in seiner Rolle als Wissenschaftler. Wie sollen die Empfänger seiner Kommunikation diesen Tatbestand erkennen? Auch wenn der Forscher meint, daß er als politisch engagierter Staatsbürger die relativ beste Alternative zur Transformation in die Praxis anheimstelle, können seine Adressaten schlußfolgern, diese Alternative sei die einzige mögliche und/oder gar die laut Wissenschaft einzig nützliche Alternative, um in der Praxis zu intervenieren oder zu konstruieren. Durch die Auszeichnung einer geringeren Anzahl von Alternativen (im Extremfall einer einzigen Alternative) als der Anzahl möglicher Alternativen schlägt der Wissenschaftler eine elitäre, nicht-demokratische, unter Umständen eine totalitäre oder „technokratische“ Strategie ein. Er legt den praktischen Anwendern eine Praxis-Änderung nahe, die auch dann in ihrer Konsequenz undemokratisch bestimmt ist, wenn dieser Wissenschaftler sich und seine Intention als sogar radikal-demokratisch versteht. Er schränkt die Entscheidungsfreiheit anderer ein, indem er ihnen eine einzige Alternative vorschreibt und ihnen andere Alternativen vorenthält. Er übt *informationelle soziale Macht* aus (IRLE, 1971) und schreibt damit in „präskriptiven“ Sätzen vor, was getan werden soll. Er überträgt sein politisches Engagement in seiner Rolle als Staatsbürger – wie sie jedermann in einer Demokratie wahrnehmen kann – in seine Rolle als Spezialist mit Informationsvorteilen; er manipuliert. In diesem Schlußkapitel sollte deshalb nicht nur eine einzige Alternative zur Intervention in fluglärmgefüllten Umwelten diskutiert werden.

Das Team könnte Konstruktionen ebenso wie Interventionen vorschlagen, z. B. die Einstellung jeglichen Inner-Landes-Flugverkehrs Zug um Zug, so wie neue erdgebundene, mit elektrischer Energie betriebene Schnellverkehrssysteme durch massive öffentliche Investitionen eingerichtet werden. Jedoch begibt es sich mit beispielsweise derartigen Vorschlägen schon in einen Bereich der *Pseudo-Expertise*. Pseudo-Expertisen liegen dann vor, wenn ein Wissenschaftler Alternativen zur Anwendung in der Praxis ansinnt, deren Ableitung aus einer Theorienkombination stammt, in der die Anzahl der Theorien die wissenschaftliche Kapazität dieses Forschers oder Forscher-Teams übersteigt. *Standpunkte* bestimmen *Perspektiven*, aus denen die reale Welt gesehen wird (ALBERT, 1964). Im Forschungsprojekt des Teams, welches hier berichtet, sind keine ökonomischen Datenklassen enthalten, welche die „social cost“-Variablen behandeln, noch solche physikalischen oder chemische Datenklassen, welche Ingenieuren Daten für neue Flugaggregate liefern könnten. Die Kombination von *Wissenschaftsperspektiven* der Physik als Akustik, Physiologie, klinischen Medizin, Psychologie und Mikrosoziologie (Sozialpsychologie) führt zu *partielllem Wissen*. Interventions-Alternativen können nur in der Weise vorgetragen werden, daß dieses Forschungs-Team hinzusetzt, was es über das *Wollen* der Betroffenen annimmt. Je abstrakter und allgemeiner Ziele formuliert werden, umso geringer ist das Risiko von Zielkonflikten. Je konkreter und detaillierter Ziele formuliert werden, oder Subziele zur Erreichung des übergreifenden Zieles bestimmt werden, umso mehr Divergenzen können auftreten (MARCH & SIMON, 1958).

Demgemäß hat der 6. Deutsche Bundestag im GESETZ ZUM SCHUTZ GEGEN FLUG-LÄRM vom 30. März 1971 als Ziel zur Lösung des als problematisch erachteten Sachverhaltes des Fluglärms und seiner Folgen definiert: Die Allgemeinheit in der Umgebung von Flugplätzen soll vor „Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen durch Fluglärm“ (§ 1) geschützt werden. Gefahren, Nachteile und Belästigungen werden jedoch nicht näher bestimmt. Das Gesetz definiert nur operational eine Fläche um Flugplätze herum, die als Bereich gilt, innerhalb dessen Lärmschutz zu gelten hat. Der Umfang dieser Fläche wird bestimmt durch einen äquivalenten Dauerschallpegel, welcher 67 dB(A) übersteigt und von durch Flugzeuge hervorgerufenem Geräusch erzeugt wird (§ 2). (Die Ermittlung dieser Größe wird nicht im Gesetz, sondern in einer Anlage zum § 3 des Gesetzes vorgeschrieben.) Der Lärmschutzbereich wird an der 75 dB

### 9.1.3

(A)-Grenze des äquivalenten Dauerschallpegels in zwei Schutzzonen unterteilt. Die Maßnahmen im Lärmschutzbereich, um Gefahren, Nachteile und Belästigungen zu vermindern oder zu unterbinden, werden genauer vorgeschrieben.

Während also unterstellt wird, daß Gefahren, Nachteile und Belästigungen, also der problematisierte Sachverhalt selbst – *verständlich* sei, wird nur für notwendig erachtet, erstens geographisch zu bestimmen, wo öffentlich Maßnahmen zur Lösung des Problems zu treffen sind und zweitens, welche Maßnahmen zu treffen sind. Dieses Gesetz nennt eine bestimmte Klasse von Maßnahmen nicht, nämlich solche Maßnahmen, welche auf die Verursachung der Gefahren, Beeinträchtigungen und Belästigungen zielen. Das Gesetz zieht die andere General-Alternative einer Sozialtechnik vor, nämlich Maßnahmen zur Abwendung der Wirkungen dieser Verursachung zu ergreifen. Die *unabhängigen Variablen* des Geräusches werden nicht verändert, um dadurch unerwünschte Zustände *abhängiger Variablen* zu ändern (oder nur, insofern dieses Gesetz im zweiten Abschnitt Änderungen des „Luftverkehrsgesetzes“ vornimmt). *Kontextvariablen* sollen derart verändert werden, daß der Einfluß der unabhängigen Variablen auf die abhängigen Variablen vermindert oder eliminiert werden kann. Das schließt nicht aus, daß Legislative und/oder Exekutive anderenorts veranlassen, daß Maßnahmen ergriffen werden, welche direkt auf die Verursachung zielen.

An dieser Stelle sollte verdeutlicht werden, daß das Gesetz zum *Schutz gegen Fluglärm* (also *nicht* ein Gesetz zur Einschränkung oder *Beseitigung von Fluglärm!*) schon bestimmte Techniken in präskriptiven Sätzen formuliert. Die vorliegenden Ergebnisse dieses problemorientierten Forschungsprojektes können für die Praxis verwendet werden, zu Interventionen transformiert werden, ohne isoliert an dieses Gesetz gebunden zu werden. Dieses Gesetz läßt es derart offen, was unter Gefahren, Beeinträchtigungen und Belästigungen verstanden werden soll, daß sich dieses Forschungs-Team, wenn es gefragt wird, was man tun *kann*, nicht in der Lage sieht herauszufinden, was man *will*. In diesem letzten Kapitel des Forschungsberichtes ist es deshalb nicht erlaubt vorzuschreiben, was man tun *soll*, um sagen zu können, was man tun kann. Es ist aber erlaubt, darüber zu spekulieren, was man *wollen kann*. Im Sinne dieser ausführlichen und in ihrer Ausführlichkeit wohl notwendigen einleitenden Auseinandersetzung zur Standortbestimmung von Forschung ist dieses Projekt ein solches *problemorientierter Forschung*, dessen Ergebnisse auf ihre Transformierbarkeit in Techniken geprüft werden können.

## 9.2 Zentrale methodische Probleme der praktischen Anwendung

Im folgenden werden drei zentrale Probleme praktischer Anwendungen von Forschungen dargestellt, die auch und besonders bei diesem Projekt auftreten.

### 9.2.1 Die „Objektivität“ von empirischen Daten

Selbst forschende Wissenschaftler verfallen oft dem Vorurteil, die Qualität von Forschungsergebnissen danach zu beurteilen, welche wissenschaftliche Disziplin diese Daten produziert hat. Es ist hier nicht notwendig, auf das Problem der Theorienreduktion (POPPER, 1966) näher einzugehen. Theorien können von Fall zu Fall durch andere Theorien erklärt werden, indem sie als speziellere Theorie mit engerem empirischen

Geltungsbereich auf eine allgemeinere Theorie mit weiterem empirischen Geltungsbereich zurückgeführt („reduziert“) werden. Etwas anderes ist es, eine Wissenschaft auf eine andere zurückführen zu wollen, indem eine Hierarchie nach der „Härte“ der Fakten postuliert wird, in der üblicherweise als Fernziel angenommen wird, letztendlich müsse jede andere Wissenschaft in die Mikro- oder Kernphysik einmünden, vorerst jedoch Soziologie auf Psychologie, diese auf Physiologie u.s.f. reduziert werden. Eine solche Reduktionsstrategie ist ein Wissenschaftsprogramm, von dem heute niemand sagen kann, ob und wann es realisierbar ist; eine logische Notwendigkeit für dieses Programm ist nicht ableitbar. Dennoch wird oft solchen Daten höhere „Objektivität“ zugebilligt, die aus einer Wissenschaft stammen, die in der programmatischen Rangreihe der Physik benachbarter ist.

Dieses Argument zu einer Variabilität der „Objektivität“ kann zu besonders verhängnisvollen Fehleinschätzungen von Forschungsergebnissen führen, wenn Daten aus Verhaltens- und Sozialwissenschaften (z.B. Psychologie, Sozialpsychologie und Soziologie) mit solchen aus der Physiologie verglichen werden. Werden homologe psychologische und physiologische Ergebnisse entdeckt, so wird unterstellt, daß es gelungen sei, die psychologischen Daten zu „objektivieren“; oder die einen Daten seien „nur“ subjektiv, die anderen jedoch objektiv. Objektivität im methodologischen Sinne kann aber nur meinen, daß die jeweiligen empirischen Forschungsdaten unabhängig von subjektiven Einflüssen des messenden Forschers allein mithilfe der objektiven Meßinstrumente gewonnen werden.

In einem ganz anderen Sinne kann man tatsächlich Subjektivität und Objektivität von Daten verstehen. Dieses Forschungsprojekt kennt Objekt Daten, z.B. akustische Daten, welche in dieser Untersuchung die unabhängigen Variablen beschreiben, bzw. einen Teil der Moderator-Variablen; es kennt Subjekt Daten, physiologische, klinische, psychologische und sozialwissenschaftliche Daten, welche in dieser Untersuchung die abhängigen Variablen oder Reaktions-Variablen und einen Teil der Moderator-Variablen beschreiben. Wenn nun zum Beispiel *verbales* Verhalten als eine Reaktionsform der „Subjekte“ registriert wird, so sind derartige empirische Daten prinzipiell nicht subjektiver, nicht weniger objektiv und nicht weniger „hart“ als andere Reaktionsformen. Die Reliabilität und Validität aller registrierten empirischen Daten bezeichnen neben anderen Kriterien in besonderem Maße die Qualität der benutzten Meßinstrumente. Verhaltenswissenschaften (in dieser Untersuchung die psychologischen und sozialwissenschaftlichen Sektionen) sind nicht notwendig und ausschließlich auf verbales Verhalten angewiesen; organische Wissenschaften (hier: Physiologie und klinische Medizin) können sich auch verbalen Verhaltens zur Registrierung ihrer abhängigen Variablen bedienen, so z.B. in den Ergebnissen der Anamnesen.

Hieraus folgt, daß Praktiker für die Ergebnisse des Gesamtprojektes nicht eine Wertung begründen und vornehmen können, die deshalb zu einer Unterschätzung der Wichtigkeit der Wirkungen von Fluglärm führen, weil die größere Menge dieser Ergebnisse für abhängige Variablen gefunden werden, die über verbales Verhalten gemessen worden sind.

### 9.2.2 Statistische Fehler erster ( $\alpha$ ) und zweiter ( $\beta$ ) Art

Ergebnisdaten empirischer Forschung werden gemäß der Hypothesen, in deren Eigenschaft als Fragen an die Natur wahrscheinlichkeitstheoretisch begründeten Prozeduren

unterworfen, um Entscheidungen treffen zu können, ob diese Hypothesen angenommen oder aufrecht erhalten werden dürfen, oder ob sie zurückgewiesen werden müssen (BREDENKAMP, 1972). Die vorausgehenden Kapitel haben mit der großen Menge solcher Prozeduren bekannt gemacht, denen die „Roh-Daten“ dieses Forschungsprojektes unterworfen wurden. Auch die Laien unter den Lesern haben ganz sicherlich bemerkt, daß solche statistischen Prozeduren nicht ganz simpel die Antworten ermöglichen: Ja, diese Hypothese ist wahr; sie kann den untersuchten empirischen Sachverhalt erklären. Oder: Nein, die Hypothese ist nicht wahr.

Faktisch wird bei jeder Signifikanzprüfung ein Paar statistisch definierter Hypothesen untersucht, die Null- und die Alternativ-Hypothese. Die Null-Hypothese erklärt, daß eine Variable die Verteilung einer Zufallsvariablen in einer Population annimmt. Die Alternativ-Hypothese konstatiert in irgendeiner Form eine nichtzufällige Verteilung. Der Forscher sucht zumeist solche statistischen Informationen, die ihm erlauben, die Alternativ-Hypothese annehmen zu können. Der Fehler erster Art besteht darin, aufgrund von Stichprobendaten aus der Population eine Entscheidung zugunsten der Alternativ-Hypothese zu fällen, obwohl tatsächlich die Null-Hypothese zutrifft. Umgekehrt bezeichnet der Fehler zweiter Art eine Entscheidung zugunsten der Null-Hypothese, obwohl die Alternativ-Hypothese zutrifft.

Es ist üblich, daß der *theorieorientierte Forscher* die Strategie verfolgt, den Fehler erster Art möglichst klein zu halten. Er verfolgt eine konservative Strategie, die es ihm erschwert, sich für seine Alternativ-Hypothese zu entscheiden, die er aus der Theorie abgeleitet hat, welche er auf ihren empirischen Erklärungswert prüfen will. Er mindert das Risiko, seine Theorie ungerechtfertigt durch empirische Daten zu stützen, indem er sich nicht ohne weiteres davon abbringen läßt, daß die registrierten empirischen Daten auch durch den Zufall erklärt werden können. Der *problemorientierte Forscher* mag scheinbar etwas risikoreicher verfahren. Er kennt den bisherigen Erklärungswert der angewendeten Theorien; er akzeptiert größere Zufallswahrscheinlichkeiten, also höhere Risiken, dem Fehler erster Art zu erliegen, wenn alle, oder doch die Mehrheit der statistischen Tests der Kombination von Hypothesen zur Erklärung des problematischen Sachverhaltes für die Annahme dieser Alternativ-Hypothesen sprechen.

Für den praktischen Anwender, für den Technologen wirft die Null-Hypothesen-Strategie größere Probleme auf. Die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Fehler erster Art auftreten kann, ist immer bekannt, da sie als akzeptables „Signifikanz-(bzw. Verlässlichkeits-) Niveau“ festgelegt wird; die Wahrscheinlichkeit des Fehlers zweiter Art ist jedoch häufig nicht bekannt (BREDENKAMP, 1972). Je kleiner der  $\alpha$ -Fehler (erster Art) gewählt wird, umso größer ist unter sonst gleichen Umständen der  $\beta$ -Fehler (zweiter Art). Der *Technologe* gerät in die Gefahr, Forschungsergebnisse nicht ernst zu nehmen, weil und indem er sie durch Zufallsverteilungen erklärt. Diese Strategie kann noch plausibel sein, wenn er *Konstruktionen* neuer Realitäten beabsichtigt und deren Mißlingen hohe negative Konsequenzen nach sich ziehen kann. (Niemand fliegt zum Mond – im Extremfall – nach dem Prinzip von Versuch und Irrtum). Wenn er jedoch durch *Interventionen* steuernd in gegebene Realitäten einzugreifen beabsichtigt, wird er unter bestimmten Bedingungen relativ hohe Wahrscheinlichkeiten eines  $\alpha$ -Fehlers zuzulassen bereit sein müssen. Nämlich, wenn durch Interventionen vorhandene Gefahren oder Beeinträchtigungen, also als negativ bewertete Zustände verändert werden sollen, wenn also eine gegebene Sachlage durch Schwächung oder Eliminierung ihrer Verursachungen verbessert werden soll, dann muß auch relativ unwahrscheinlichen Ursachen nachgegangen werden. *Dann müssen auch Theorien bzw. aus ihnen abgeleitete Hypothesen als zutreffend akzeptiert werden, obwohl die relativ hohe Wahrscheinlichkeit des Fehlers erster Art ( $\alpha$ ) diese Entscheidung*

dem theorien- und problemorientierten Forscher verbieten würde. Ein spektakulärer und tragischer problematischer Sachverhalt der jüngsten Geschichte mag diese Argumentation illustrieren: Bis zur Stunde dürfte der Fehler erster Art in allen Forschungsprojekten sehr hoch sein, in denen entschieden wurde, daß Thalidomid gemäß dieser oder jener Theorie unter bestimmten Randbedingungen spezifische Mißbildungen intrauterin verursacht. Hätte man sich an diese hohen Wahrscheinlichkeiten des Fehlers erster Art gehalten und sich jeweils – vorläufig – für die Annahme der Null-Hypothese entschieden, wären also die Produktion und die Distribution von thalidomidhaltigen Medikamenten nicht eingestellt worden, so könnten diese Mißbildungen weiterhin in großer Menge auftreten oder auch nicht. Niemand kann das heute mit ausreichender, wahrscheinlichkeitstheoretisch begründeter Sicherheit entscheiden. Der intervenierende Technologe erhält also in derartigen Fällen weit mehr die Rolle des Kriminalisten, der aufdeckend, vorbeugend und verhindernd tätig wird, als die Rolle eines Richters, der über Wahrheiten entscheidet. Mit anderen Worten, eine praktische Anwendung der Ergebnisse dieses Forschungsprojektes zu Wirkungen von Fluglärm kann und muß Alternativen zur Vermeidung von Gefahren, Nachteilen und Belästigungen anbieten, sobald und soweit Annahmen über das Wollen gemacht werden können, deren Realisierungschance minimal sein kann, weil das Risiko, falsch zu entscheiden, hoch ist: Die empirischen Prüfungen der zu Technik-Transformationen herangezogenen Hypothesen sind mit relativ hohen Wahrscheinlichkeiten von Fehlern erster Art behaftet.

### 9.2.3 Abbildung und Konstruktion von Realität

Experimentelle Forschung kann Hypothesen aus einer Theorie anwenden und dadurch Realitäten – im Labor – konstruieren. Solche Realitäten sind nicht Abbild oder Rekonstruktion eines problematischen Sachverhaltes in der „Natur“. Wenn die experimentellen Ergebnisdaten erlauben, die Hypothesen aufrecht zu erhalten, so kann man eher geneigt sein, diese Theorie auch außerhalb des Labors in vorgefundenen Realitäten zur Intervention praktisch anzuwenden.

Die Experimentalmethode kann andererseits benützt werden, um vorgefundene problematische Sachverhalte unter besser kontrollierbaren Bedingungen im Labor nachzubilden oder zu *simulieren*. In solchen Fällen werden nicht Hypothesen auf ihren Erklärungswert geprüft, sondern dieser problematische Sachverhalt wird analysiert, um ihn einsichtig zu machen,

Dieses Projekt bezieht seine Ergebnisdaten aus Feldstudien und aus konstruierenden und simulierenden Experimenten. Dieser Tatbestand ist so wichtig für die Aufgabe, die Untersuchungsergebnisse auf ihre praktische Anwendbarkeit zu prüfen, daß er an dieser Stelle noch einmal erwähnt sein sollte.

## 9.3 Die Grenzen der Zumutbarkeit von Fluglärm

Im ersten Kapitel (siehe 1.3) wurde schon dargelegt, daß die akustischen bzw. Schall-Ereignisse und die physiologisch, klinisch-medizinisch, psychologisch und/oder sozialwissenschaftlich (sozialpsychologisch) definierten potentiellen Reaktionen nicht einer Art von ‚Alles-oder-Nichts-Prinzip‘ folgen. Tatsächlich hat sich in diesem Forschungsprojekt über

Wirkungen des Fluglärms keine Reaktionsvariable entdecken lassen, die erst bei einem bestimmten Niveau der Schallintensität, -dauer und/oder -häufigkeit meßbar auftritt, von da ab jedoch in konstanter Stärke auftritt, unabhängig von Steigerungen der Reizniveaus.

### 9.3.1 Die Nichtauffindbarkeit „kritischer Grenzen“

Es gehört heute eigentlich schon zur Allgemeinbildung zu wissen, daß viele Medikamente, bzw. in ihnen enthaltene chemische Verbindungen bei entsprechenden Dosierungen therapeutisch und bei höheren Dosierungen toxisch wirksam sind. Mit anderen Worten, von einer bestimmten – wenn auch interindividuell variierenden – Stimulus-Intensität an setzt eine weitere Reaktion des Organismus ein, die sich grob und laienhaft als Vergiftung bezeichnen läßt. Im ersten Kapitel (siehe 1.3) wurden Beispiele von „Belastbarkeit“ aus der Ingenieurwissenschaft (bzw. aus der physikalischen Technologie) vorgeführt, um das Problem kritischer Grenzen zu charakterisieren. Durch das mehr oder weniger abrupte Auftreten einer Reaktion auf einen Stimulus hin wird aber keineswegs zwangsläufig irgend etwas indiziert, aus dem allein technologische Interventionen oder Konstruktionen ableitbar sind.

Kritische Grenzen der Belastbarkeit können z. B. ebenso als „Sollbruchstellen“ verstanden werden, so bei der Konstruktion eines Flugzeugrumpfes oder als „Knautschzonen“, so bei der Konstruktion einer Kraftfahrzeugkarosserie. Bestimmte toxische Wirkungen eines Medikaments werden in einer Güterabwägung um seiner therapeutischen Effekte willen in Kauf genommen. Je nach gegebenen Charakteristika des Grundgeräusches wird der von überfliegenden Flugzeugen erzeugte Schall wahrgenommen oder nicht wahrgenommen: Wahrnehmungsschwellen gehören in vereinfachender Beschreibung zu derartigen ‚Alles-oder-Nichts-Reaktionen‘, bei denen kritische Grenzen existieren.

Kritische Grenzen können analog zu Wahrnehmungsschwellen verstanden werden: Die Intensität (oder eine andere Eigenschaft) eines Reizes muß bis zu einem bestimmten Wert, der Schwelle ansteigen, ehe eine Reaktion erfolgt. Ein solcher Schwellenwert streut jedoch intraindividuell um einen Mittelwert und ebenso interindividuell um einen Mittelwert. Es ist relativ willkürlich, ob man in einer solchen Schwellen- oder Grenzzone diesen interindividuellen Mittelwert als Schwelle oder Grenze festlegt, oder einen Wert, der niedriger oder höher liegt als dieser Mittelwert. Diese Entscheidung wird von der Absicht des Verwenders dieser kritischen Grenze her begründet. Führt der Reiz zu einer bedrohlichen oder schädigenden Reaktion, so wird man geneigt sein, die kritische Grenze weit tiefer als am Mittelwert anzusetzen. (Z. B. wird die ‚Durchschlagkraft‘ des Thalidomid (Reiz) sicherlich schon dann als unzumutbar angesehen werden, wenn nur ein Prozent oder weniger der Föten organische Schäden (Reaktion) erleiden wird.) Die normative Festlegung des kritischen Wertes in einer solchen Grenzzone wird durch das *Risiko* bestimmt, welches man einzugehen gewillt ist.

Solche kritische Grenzen oder Grenzzonen liefern nicht aus sich selbst heraus Anweisungen zum praktischen Handeln, zur Transformation einer wissenschaftlichen Einsicht in eine Technik. Soweit jedoch involvierte Variablen – ob unabhängige bzw. ‚Stimulus‘-Variablen oder abhängige bzw. ‚Reaktions‘-Variablen – durch Interventionen beeinflussbar sind, kann Wissenschaft Vorschläge machen, wie, mit welchem Aufwand und welchen Konsequenzen solche Interventionen vorstatten gehen können.

Selbstverständlich sind die potentiellen Reaktions-Variablen dieses Forschungsprojektes über Wirkungen des Fluglärms nicht nur unter derjenigen Perspektive zur empirischen Prüfung ausgewählt worden, welche theoretisch begründbare Hypothesen über den Zu-



sammenhang von Fluglärm und solchen Variablen liefern, sondern auch unter derjenigen Perspektive, nach der es sich um praktisch unerwünschte Reaktionen handeln kann. Das Forschungs-Team hat also implizit unterstellt, was man politisch wollen kann und deshalb faktisch nur solche potentiellen Reaktionen auf Fluglärm untersucht, deren Auftreten eher verhindert als gefördert werden soll. Theoretisch denkbar und empirisch prüfbar sind auch solche Reaktionen, die praktisch erwünscht sein könnten.

Wenige oder gar nur eine der potentiellen Reaktionsformen könnten derart ausfallen, daß sie dem Kriterium einer kritischen Grenze genügen. Diese mögen Reaktionen sein, deren Verhinderung praktisch nicht sonderlich vorrangig erscheint, weil Aufwand und Ertrag ihrer Verhinderung ein Ergebnis erbringen, das politisch uninteressant und/oder unerwünscht sein kann. Uninteressant wäre das Ergebnis, wenn es sich um Reaktionen handelt, die als Anteil des Gesamtes aller potentiellen Reaktionen in einer Bewertungs-Rangreihe als besonders ‚harmlos‘ angesehen werden; in einer Güterabwägung von positiv und negativ bewerteten Konsequenzen des Flugverkehrs könnte man geneigt sein, sie in Kauf zu nehmen. Unerwünscht wäre das Ergebnis, wenn es sich um Reaktionen handelt, deren Verhinderung einen derart hohen Aufwand erfordern würde, daß man sie eher in Kauf nehmen möchte. — Es wird hier nicht diskutiert, wer zu derartigen Entscheidungen in einer Gesellschaft legitimiert ist oder legitimiert sein sollte; es wird verdeutlicht, daß derartige Entscheidungen sich nicht — wie von selbst — aus Ergebnissen wissenschaftlicher Aktivität ergeben.

Die Ergebnisse dieses Forschungsprojektes bewahren seine Bearbeiter vor dem Kurzschluß, ‚kritische Grenzen‘ als Anwendungs-Entscheidungen anzubieten und damit zu verordnen, was man tun soll. *Keine der empirisch untersuchten, potentiellen Reaktions-Variablen nimmt diese Charakteristik an, daß sie als ‚Alles-oder-Nichts-Reaktion‘ von einem bestimmten Stimulus-Niveau an auftritt.* Damit erschweren die Ergebnisse dieses Forschungsprojektes aber auch die Formulierung von Aussagen darüber, was man tun kann. Praktische Interventionen als Transformationen von Forschung in Technik lassen sich nur als eine Anzahl von Alternativen und deren Kombinationen darstellen.

### 9.3.2 Das Problem der derzeitigen Nichtanwendbarkeit von einigen Ergebnissen somatischer Fluglärmwirkungen

Im achten Kapitel (siehe 8.5.2.4) wurde detailliert dargelegt, welche Gründe es haben mag, daß derart wenige chronische somatische Wirkungen von Fluglärm nachgewiesen werden können. Aus experimentellen Untersuchungen ist hinlänglich bekannt, welche vielfältigen und erheblichen Reaktionen auf Lärm erfolgen. Solche somatischen Lärmwirkungen treten auch nach den Ergebnissen in diesem Projekt auf, jedoch vor allem unter oder unmittelbar nach akuter Beschallung im Versuchsraum. Dagegen spielt die Tatsache, aus welchem Cluster-Set (A, B, C oder D) die Versuchspersonen stammen, in welchem Maße sie chronisch einer Beschallung durch Flugaggregate unterliegen, nur sehr selten und in schwacher Ausprägung eine nachweisbare Rolle dafür, wie ihre physischen Reaktionen ausfallen, ob im Zusammenhang mit akuter Labor-Beschallung oder ohne diese. In vielen Fällen reagieren solche Personengruppen nicht nachweisbar anders, die intensiver dem Fluglärm ausgesetzt sind, als diejenigen, die ihm gering ausgesetzt sind, (wie in Set A und der Kontrollgruppe aus der Hamburger Voruntersuchung). Das heißt aber nur, daß chronische physische Wirkungen von Fluglärm allein in geringfügigem Maße nachweisbar sind.

Aus diesen Ergebnissen kann nicht der Schluß gezogen werden, daß akuter Fluglärm in dem Maße, wie er für Anwohner des Münchener Flughafens auftritt, 'unwirksam' ist, indem dieses Projekt keine Effekte nachweisen kann. Während der Reaktionsmessungen in der Untersuchungsstation fand dieser Fluglärm nicht statt. Unmittelbar während der Beschallung durch überfliegende Flugzeuge in den Wohnungen konnten diese physischen Reaktionen nicht gemessen werden. Der Aufwand zur Herstellung und zum Transport eines solchen Laboratoriums von Wohnung zu Wohnung und sein Einsatz zu Meßreihen pro Person über längere Zeitphasen hinweg würde allerdings immer noch nicht demjenigen gleichgekommen sein, der z. B. für kernphysikalische Forschung geleistet werden darf. Auch wenn sich nur sehr wenige, schwache somatische Effekte zeigen, die chronischen Charakter haben, also in der Untersuchungsstation mit oder ohne Anreizung durch akut erzeugten 'Labor-Lärm' auftreten, ist der Schluß abwegig, daß auf Fluglärm somatisch so gut wie nicht reagiert wird. Richtig ist, daß sich die Annahmen nur sehr spärlich bestätigen lassen, daß solche Wirkungen, falls sie auftreten, chronisch auftreten, sich also auch dann noch nachweisen lassen, wenn unmittelbar kein Fluglärm auftritt.

Das Projekt-Team hat nicht angenommen, daß die untersuchten, potentiellen physischen Reaktionen vornehmlich oder gar ausschließlich vom Fluglärm hervorgerufen werden. Eine solche Annahme wäre absurd. Alle untersuchten, potentiellen somatischen Reaktionen sind hypothetisch – und oft empirisch nachgewiesen – auch Reaktionen auf andere Ursachen. Solche Ursachen mögen zu einem Teil Stressoren durch solchen Lärm sein, der durch andere Beschallungsereignisse chronisch hervorgebracht wurde. Zu einem anderen Teil mag es sich um andere Stressoren handeln, die ebensolche Reaktionen hervorbringen können. Ohne solche Zweitursachen (nicht Moderatoren!) konstant halten zu können, wird die Aufgabe ganz erheblich erschwert, den Einfluß von Fluglärm auf diese somatischen, potentiellen Reaktionen nachzuweisen. Prinzipiell können drei typische Sachverhalte eingetreten sein: Entweder sind die Intensitäten aller solcher Zweitursachen so verteilt wie die Intensitäten des Fluglärms über die Sets A bis D; in einem solchen Falle hätten sich Effekte zeigen müssen, die zumindestens zum Teil sogar fälschlich dem Fluglärm zugeschrieben hätten werden können. Oder die Intensitäten solcher Zweitursachen sind genau umgekehrt verteilt; in diesem Falle hätten sich möglicherweise Effekte zeigen müssen, die den Hypothesen dieses Projekt-Teams geradezu entgegenlaufen. Beide Annahmen sind sehr unwahrscheinlich; andere Stressoren, die ebensolche Wirkungen wie Fluglärm auf somatische Reaktionen betroffener Personen hervorrufen, dürften kaum ihrer Intensität nach in einem Zusammenhang stehen – ob positiv oder negativ – mit der Beschallung durch Antriebsaggregate von Verkehrsflugzeugen.

Die dritte Annahme dagegen, daß andere Ursachen für solche potentiellen Reaktionen, die auf Fluglärm ebenfalls erwartet werden, sich in ihrer Intensität völlig zufällig verteilen, bezogen auf die Variationen der Intensität von Fluglärm, ist plausibel. Wenn dem so ist, dann erhöhen diese Zweitursachen die Fehlervarianz; oder tatsächlich vorhandene Effekte des Fluglärms gehen unter in zufällig streuenden anderen Ursachen für eben dieselben Reaktionen, wobei diese Zufälligkeit durch die auf die Variationen des Fluglärms bezogene Stichprobe mitbedingt ist. Das heißt, daß eine Reihe von Hypothesen sich nicht haben bestätigen lassen: Somatische Wirkungen chronischer Art, hervorgerufen durch Eigenschaften der Beschallung durch Fluglärm lassen sich nur in wenigen Fällen und in geringem Ausmaß nachweisen.

Die Beurteilung dieser Ergebnisse ist nicht so einfach, wie das üblicherweise unter Mißverständnissen methodologischer bzw. wissenschaftstheoretischer Einsichten angenommen wird. Eine Reihe von Hypothesen über somatische Fluglärmwirkungen konnte nicht bestätigt werden. Das drückt sich darin aus, daß die Null-Hypothese aufrecht erhalten bleibt,

nach der keine Beziehungen zwischen Fluglärm und solchen physischen Reaktionen bestehen. Die Tatsache, daß man diese Null-Hypothese aufrecht erhalten muß, beinhaltet jedoch nicht zwangsläufig den empirischen Beweis, daß Fluglärm solche Effekte nicht hervorbringen kann. Oder, die Aufrechterhaltung der Null-Hypothese liefert nicht den Gegenbeweis, daß nämlich eine vermutete Ursache nichts mit einer vermuteten Wirkung zu tun hat. Sie liefert nur Informationen darüber, daß solche Hypothesen weiterhin Spekulationen bleiben; sie liefert keine Informationen, daß das Gegenteil dieser Hypothesen wahr ist; sie liefert Informationen, nach denen weiterhin Unwissenheit über die Richtigkeit oder Falschheit dieser Hypothesen existieren muß. Durch den Zwang zur Aufrechterhaltung einer Null-Hypothese ist keineswegs eine Gegenhypothese zur ursprünglichen Hypothese bestätigt.

Nach dem Verständnis der Medizin – und nicht nur der Medizin – handelt es sich bei diesem Projekt um eine epidemiologische Untersuchung. Der Nachweis, daß z. B. Thalidomid bestimmte Mißbildungen intrauterin hervorruft, scheint ausreichend sicher geführt worden zu sein, wie hoch die ‚Durchschlagkraft‘ dieser chemischen Verbindungen ist; es ist noch unsicher, wie hoch der Anteil der betroffenen Ungeborenen ist, die auf Thalidomidgaben an die Mütter zu bestimmten Zeitpunkten der Zellteilung und -organisation mit jeweils spezifischen Mißbildungen reagieren. Die ‚Durchschlagkraft‘ des *Fluglärms*, bezogen auf somatische Veränderungen von humanen Organismen, kann nicht einmal so überzeugend nachgewiesen werden wie diejenige von Thalidomid. Sogar, wenn nachweislich nur ein Prozent der Neugeborenen von Müttern, die thalidomidhaltige Medikamente einnahmen, mißgebildet gewesen wären – und obendrein ein halbes Prozent Neugeborener, deren Mütter solche Medikamente nicht einnahmen, so daß in diesen Fällen die Ursachen der Mißbildung woanders hätten gesucht werden müssen –, hätte man vermutlich praktisch, d. h. politisch entschieden, auf dieses Risiko zu verzichten und zumindestens thalidomidhaltige Medikamente nicht mehr an schwangere Frauen zu verabreichen.

Die somatischen Reaktionen auf Fluglärm in diesem Forschungsprojekt sind insgesamt nicht so stark, soweit sie überhaupt nachweisbar sind, daß unmittelbar Anwendungen für die Praxis vorgeschlagen werden könnten. Alle diese Reaktionen können durch anderen Lärm als Fluglärm ebenso verursacht werden und ebenso durch direkte Umweltstressoren nicht-akustischer Art. Derartige Zweit- und Drittursachen konnten nicht als Quasi-Störfaktoren konstant gehalten werden, weil solche Faktoren im Sinne unabhängiger Variablen nur in beschränktem Umfang und nur durch Anamnesen registriert werden konnten (z. B. Lärm am Arbeitsplatz). Dieser Tatbestand kann nicht diesem Forschungsteam angelastet werden. Der Aufwand, die zentrale unabhängige Variable, nämlich die Beschallung durch Flugaggregate für die potentiell hierauf reagierenden Menschen, unabhängig von diesen Reagierenden zu registrieren, war schon extrem hoch, bezogen auf übliche Aufwände für Forschungsvorhaben ähnlicher Art (siehe hierzu Kapitel 2 und 3). Weitere potentielle Stressoren zu registrieren, und zwar durch direkte Messungen und nicht durch kognitive Urteile der betroffenen Personen über das Vorhandensein solcher Stressoren, war wegen des extrem hohen zusätzlichen Aufwandes ausgeschlossen. Kognitive Urteile der Befragten über andere potentielle Ursachen in diesem Forschungsprojekt sind jedoch schon Reaktionen auf solche Ursachen. Diese möglichen Konfundierungen von Ursachen und Wirkungen in den Meßverfahren können in besonderem Maße dafür verantwortlich sein, daß eine Reihe von physischen Reaktionen in der Stichprobe dieses Projektes auftreten, die zwar nach bisheriger Kenntnis u. a. von Lärm als Stressor abhängig sind, aber nicht spezifisch auf Variationen der Intensität und/oder Häufigkeit von Fluglärm zurückgeführt werden können.

### 9.3.2

Aus solchen Nicht-Befunden somatischer Beeinträchtigungen können demnach ebensowenig praktische Anwendungen hergeleitet werden, den Fluglärm zu verringern, wie die Zunahme seiner Intensität und/oder Häufigkeit zu vermehren. *Die Ergebnisse des medizinischen Untersuchungsteiles (siehe Kapitel 7) dieses Projektes geben keine Veranlassung in der Weise sorglos zu intervenieren, daß Steigerungen von Fluglärm nach Intensität und/oder Häufigkeit zugelassen werden dürfen.* Durch nichts läßt sich die Annahme begründen, daß keine klinischen Befunde, durch Fluglärm verursacht, an betroffenen Personen auftreten werden, wenn dieser gesteigert wird, weil bei dem derzeitigen Intensitäts- und/oder Häufigkeitsniveau eben diese Befunde nur sehr eingeschränkt nachweisbar sind.

Die Hypothesen für den medizinisch-klinischen Teil dieses Forschungsprojektes lassen u. a. erwarten, daß Fluglärm die Quote von Herz-Kreislaufkrankungen und von zentralnervöser Übererregbarkeit erhöht, oder doch zumindestens Vorstufen solcher Defizite herbeizuführen geeignet ist. Tatsächlich berichten die Untersuchungspersonen von *Schlafstörungen*, und zwar in steigendem Maße mit der Zunahme von Fluggeräuschen, ferner wird der Trend einer Blutdruckbeeinflussung sichtbar. Diese und andere Ergebnisse sind jedoch (siehe Kapitel 7) nicht eindeutig oder noch gar nicht interpretierbar. Angesichts der Tatsache, daß jedoch solche noch nicht erklärbaren Effekte auftreten, sind weitere gezielte empirische Studien notwendig, um derartige physiologisch registrierte Effekte verständlich zu machen.

*Die derzeitige Nichtanwendbarkeit medizinischer Ergebnisse dieses Forschungsprojektes begründet keine Schlußfolgerung, daß Fluglärm somatisch unproblematisch sei und daß deshalb weder weiterer Aufwand von Forschung zur Problemlösung im Sinne von Erklärungen, noch weiterer Aufwand zu praktischen Interventionen zur Beseitigung des Problems geleistet werden müsse.*

### 9.3.3

#### Kognitive Variablen als primäre Reaktionen

Im vorausgehenden Kapitel (siehe 8.5.2.3) wurde die Vermutung angestellt, daß der Fluglärmgrad (FB1) umso höher mit Reaktionsvariablen korreliert, je weniger komplex diese seien. Die kognitiven (und emotionalen) Reaktionen sind durchweg verbal als Beschreibung der eigenen Befindlichkeiten und/oder der Umweltsituation registriert worden, welche auf diese Befindlichkeiten einwirken. Insofern sind diese kognitiv-emotionalen Reaktionen oder verbalisierten Urteile ‚triviale‘ Reaktionen; sie sind Beschreibungen und Bewertungen wahrgenommener Stimulus-Situationen.

‚Informationen‘ (hier in der Hauptsache akustische Informationen) erreichen den Organismus. Der Organismus könnte solche Informationen u. a. derart physiologisch verarbeiten, daß psychologisch gar nichts passiert. Das heißt, kognitiv (in ihrem Bewußtsein) existiert für die Person keine Einsicht in Veränderungen physischer Befindlichkeiten ihres Organismus, die (hier) durch Fluglärm hervorgerufen werden. Selbstverständlich führen Schallereignisse dieser Charakteristik zu akustischen Informationen, welche Wahrnehmungsschwellen erheblich überschreiten, das heißt über neurophysiologische Reaktionen auch zu psychologischen (wahrnehmungsmäßigen und kognitiven) Reaktionen führen. Gemeint ist, daß solche ‚Informationen‘ aus der Umwelt vielfältige somatische Reaktionen hervorbringen können, von denen wieder nur ein bestimmter Anteil die psychologische, kognitive Repräsentation verursacht.

Neuere empirische Untersuchungen, vor allem von Sozialpsychologen, demonstrieren sehr eindeutig, daß die Schlußfolgerung falsch ist, kognitive (und wahrnehmungsmäßige)

Reaktionen seien prinzipiell sekundäre und den organischen Informations-Verarbeitungsprozeß abschließende Reaktionen, also gewissermaßen das jeweils letzte Glied einer Kette. ZIMBARDO (1969) führt Experimente im Rahmen der Theorie der kognitiven Dissonanz vor, in denen sich physiologisch gemessene Hunger- und Durstintensitäten je nach Lösungen kognitiver Konflikte ohne Zufuhr von Nahrung oder Flüssigkeit verändern. SCHACHTER (1971) berichtet von Experimenten im Rahmen der Attributionstheorie, in denen die Unspezifität physiologisch definierter Erregungen gezeigt wird, welche die Versuchspersonen an sich selbst wahrnehmen und die sich als zueinander völlig konträre Emotionen oder Affekte etablieren, je nach plausibler kognitiv gegebener Erklärung, welche die jeweilige Versuchsperson hierzu findet. Mit anderen Worten, kognitive Reaktionen können primär ihrerseits Reaktionen hervorrufen; sie sind nicht bloß subjektives Abbild der Welt und insofern nicht im geringsten ‚trivial‘.

Eine der Aufgaben der interdisziplinären Datenanalyse bestand darin festzustellen, ob und welche somatischen Reaktionen sekundärer Art durch primäre kognitive Reaktionen, jetzt als Moderatoren oder Glieder in einer Verursachungskette, in Gang gesetzt werden. Es ist in diesem Fall nicht gelungen, solche Reaktionsketten nachzuweisen, es sei denn in nur unbedeutender Form (siehe 8.5.2). Auch hier zeigt sich erneut, daß Lärmfolgen, die experimentell zum Teil in massiver Form nachweisbar sind (KRYTER, 1970), sich in einer korrelativen Feldstudie nicht oder nur spurenweise nachweisen lassen. Auch diese Ergebnisse reichen nicht aus, um Alternativen für Sozialtechniken zur praktischen Anwendung vorschlagen zu können. *Erhebliche kognitiv-emotionale Reaktionen auf Fluglärm lösen ihrerseits nicht ausreichend nachweisbar psycho-somatisch erklärbar physische Reaktionen aus, die technologisch verwertbar sind. Daraus läßt sich nicht folgern, die kognitiv-emotionalen Reaktionen selbst seien unproblematisch und damit praktisch belanglos.*

#### 9.3.4            **Adaptivität oder Defensivität der Reaktionen auf Fluglärm**

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes stellt sich an verschiedenen Stellen die Frage, ob die Reaktionen auf den Stressor Fluglärm der äußeren Umwelt in adaptiver Weise reagiert wird (siehe 5, 6 und 7). Lassen sich adaptive und defensive Reaktionen eindeutig voneinander unterscheiden? Wie immer eine Theorie Adaptationen erklären mag, diese bestehen nach allgemeinem Verständnis darin, daß eine bestimmte Reaktionsvariable sich anfangs dem Auftreten einer Ursachenvariablen folgend ändert, um sich dann über eine Zeitphase hinweg wieder auf ihren Ausgangswert einzupendeln. Im Falle des Fluglärms würde das heißen: Je länger eine Person – gemessen durch die Wohndauer in Flughafennähe – dem Fluglärm in hohem Maße ausgesetzt ist, umso mehr müßten ihre Reaktionen wieder denjenigen solcher Vergleichspersonen ähnlich sein, die diesem Fluglärm nur in geringem Maße und obendrein nur sehr kurzfristig ausgesetzt sind. *Die Nichtnachweisbarkeit der Abhängigkeit bestimmter Reaktionsvariablen vom Fluglärm nach Dauer und Intensität kann nicht durch Adaptation erklärt werden, weil eine Interaktion von Dauer und Intensität der Flugbelärmung inbetracht gezogen werden muß;* es sei denn, man postuliert sehr kurze Zeit-Phasen für die Vollendung von Adaptationsvorgängen und interpretiert: Es können keine Ergebnisse festgestellt werden, weil in allen Fällen eine Adaptation schon abgeschlossen ist. Eine solche Immunisierungsstrategie wird niemand verfolgen wollen, um seine Hypothesen, seine theoretischen Annahmen aufrecht erhalten zu können.

### 9.3.4

Die Adaptation an veränderte Umweltbedingungen erfordert – nach allgemein akzeptierten theoretischen Annahmen – einen mehr oder minder großen Aufwand. Die Wiederherstellung oder Aufrechterhaltung eines Gleichgewichtes in einer Dimension verursacht Defizite (oder Kosten) in einer anderen Dimension. Auch nachweisbare adaptive Reaktionsformen auf Fluglärm könnten nicht ausschließen, daß in anderen Reaktionsdimensionen etwas geschieht, was den Adaptationen genau zugegen läuft.

Sind defensive Reaktionsformen das Gegenteil adaptiver Reaktionsformen? Ja und nein! Defensive Reaktionen können so verstanden werden, daß Informationsaufnahmen blockiert werden, womit in anderen Reaktionsfeldern Reaktionen aufrechterhalten oder wiederhergestellt werden können, die bei Einwirkung eines Umweltstressors sonst beeinträchtigt sein könnten. Mit anderen Worten: *Durch Defensivreaktionen an einem Ort werden Adaptationsreaktionen an einem anderen zu erklären versucht.* Diese Blockaden gegen Informationen erfordern ihrerseits einen Aufwand, der sich als Defizit an dritten Orten niederschlagen müßte. Adaptationen – hier an Fluglärm – sind ein Ergebnis, Defensiven sind dagegen ein Weg, ein solches Ergebnis zu erreichen. Nicht eine isoliert betrachtete Reaktionsvariable verhält sich adaptiv oder defensiv, sondern Adaptivität einer Reaktion wird bedingt u. a. durch Defensivität einer anderen Reaktion.

GLASS & SINGER (1972) führen theoretische Erwägungen und empirische Daten vor, die auch für die Ergebnisse dieses Forschungsprojektes und deren Verwertung in praktischen Anwendungen wichtig sind: Die Aufrechterhaltung bestimmter einfacher Aufgabenleistungen unter Lärmbedingungen führt zur Minderung komplexerer Leistungen nach Verschwinden der Belärmungssituation. *Bewältigung der Situation in einer Hinsicht führt zur Erschöpfung in anderer Hinsicht.*

## 9.4 Ausgewählte Ergebnisse des Forschungsprojektes (IRLE & ROHRMANN)

Im folgenden sollen nicht die schon in den vorausgehenden Kapiteln dargestellten Ergebnisse noch einmal zusammengefaßt werden. Diese Ergebnisse werden also weder vollständig noch verkürzt wiederholt. Vielmehr sollen wenige Reaktionsvariablen in Zusammenhang mit bisherigen Maßnahmen oder Vorschlägen zu Maßnahmen schematisch durchgeführt werden.

### 9.4.1 Die Auswahl und Behandlung der Reaktionsvariablen

Es werden einige solcher Reaktionsvariablen ausgesucht, die dem Kriterium eines linearen Bezuges zum Fluglärmbewertungsmaß „FBI“ genügen und ausreichend eindeutig interpretierbar sind:

- (1) „Kommunikationsstörungen infolge Fluglärm“
- (2) „Störungen von Ruhe und Entspannung infolge Fluglärm“
- (3) Fluglärm als „störende Lebensbedingung“ (Spontannennungen)
- (4) „Störbarkeit durch Fluglärm“
- (5) Negative „Bindung an die Gegend“
- (6) Nicht-„Erträglichkeit von Fluglärm“
- (7) „Defensiv-Reaktion“.

Ferner wird eine Variable hinzugenommen, deren korrelativer Zusammenhang mit „FB1“ zwar insignifikant ist, die jedoch einen signifikanten Trend über die vier Sets hinweg zeigt: (8) „Hörverlust“.

Diese Variablen werden auf prozentuale Aussagen umgerechnet. Als Reaktionswerte werden bestimmt:

bei den Variablen (1), (2), (4), (5) der %-Anteil derer je FB1-Stufe, die einen Wert oberhalb des Skalen-Neutralitätspunktes haben;

bei den Variablen (3) und (6) die Prozentzahl der Bejahungen; bei den Variablen (7) und (8) die Prozentzahl der Personen, deren Wert oberhalb des Verteilungsmedians liegt (die statistisch überdurchschnittliche Werte haben).

In den Abb. (9-1, 9-2 und 9-3) sind diese Variablen über den physikalischen Kennwerten (den 20 FB1-Stufen) aufgetragen. Dabei werden die 20 Einzelwerte je Variable durch eine linear angepaßte Gerade ersetzt, um zu einer vereinfachten (von der Individualstreuung befreiten) Darstellung zu kommen (vgl. jedoch die Abb. 4-3, 4-4, 5-17 und 8-2, in denen der Zusammenhang von Stimulus und Reaktion für die Skalenwerte gezeigt wird). Der FB1-Skala werden in Abb. 9-1 hinzugefügt: (1) Die zugehörigen Cluster; (2) die Flughäufigkeiten (pro Tag); (3) die Pegel-Mittelwerte  $\bar{L}_A$ ; (4) die  $\bar{Q}$ -Werte und der (5) „Noise and Number Index“ (siehe Kapitel 3.4 und 3.5 zu diesen 5 Indices).

Zusätzlich enthält diese Abbildung 9-1: (1) Die zwei Schutzzonen des Lärmschutzbereiches gemäß dem „Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm“ vom 30. III. 1971, § 2; (2) den kritischen Bereich der höchst zumutbaren Belastung gemäß der Anwendungs-Alternative des WILSON-COMMITTEES und (3) zwei anhand der US-amerikanischen NEF-Alternative definierte Zonen. Außerdem werden in diesen drei Abbildungen die absoluten Anzahlen der Probanden pro FB1-Stufe aufgetragen (für die Variablen (1)–(6) laut Sozialwissenschaftlichem Datensatz mit  $N = 660$ , für (7) und (8) laut I-Stichprobe mit  $N = 357$ ).

Auf diese Weise können bisher bekannte Alternativen von Sozialtechniken mit ausgewählten Ergebnissen dieses Forschungsprojektes verglichen werden. Dabei wird sich zeigen, daß die Alternativen von Sozialtechniken relativ homogen sind.

#### 9.4.2 Reaktionen auf Fluglärm

In der Abb. 9-1 werden diejenigen drei Reaktionsvariablen noch einmal (schematisiert) vorgeführt, welche Wahrnehmung und Folgen des Fluglärms betreffen, nämlich *Beschreibungen von Verhaltenskonsequenzen der Stimulusituation* sind, bzw. dessen, was man unter diesen Bedingungen tun kann oder nicht tun kann. In der Abb. 9-2 werden vornehmlich – ebenfalls durch verbale Reaktionen operationalisiert – *Beschreibungen der eigenen motivational-emotionalen Befindlichkeiten* der Probanden unter solchen Konsequenzen geliefert, also Standpunkte zu einer generellen Annäherungs/Vermeidungstendenz solcher Ereignisse. In der Abb. 9-3 werden zwei Variablen dargestellt, von denen die eine – „Hörverlust“ – *physiologische Eigenschaftsänderungen* mit Konsequenzen der psychischen Verhaltensweisen beschreibt und die andere – „Defensiv-Reaktion“ – ebenfalls eine physiologisch meßbare Reaktionsform beschreibt, welche auch für die psychologische Informationsaufnahme und -verarbeitung bedeutsam ist. Im vierten bzw. fünften Kapitel dieses Berichtes sind unter anderem diese und weitere Reaktionsvariablen (ebenso die wahrgenommene Lautheit und Häufigkeit des Fluglärms) schon detailliert analysiert worden (vgl. 4.6.5.2, 5.6.1 und 6.6).

9.4.2

Die Abb. 9-1 zeigt noch einmal in schematisierter Form, in welchem Maße Fluglärm Verhaltensweisen der von ihm Betroffenen beeinträchtigt. Am stärksten betroffen wird

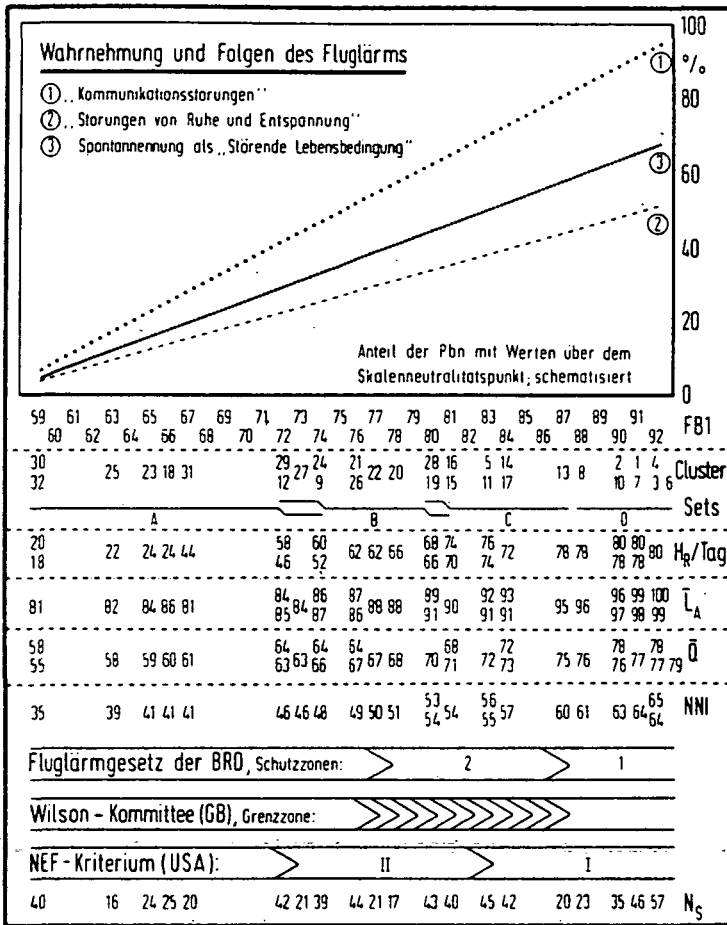


Abb. 9-1: Betroffene je Fluglärmstufe, Variablenblock 1

diese Bevölkerung durch Störungen der Kommunikation. Diese „Kommunikationsstörungen durch Fluglärm“ setzen schon bei erheblichen Anteilen der Bevölkerung ein, die nach dem „FB1“-Kriterium dem Fluglärm relativ nicht einmal sehr extrem ausgesetzt sind. Aus Abb. 9-1 ist leicht ablesbar, daß in ganz erheblichem Maße „Kommunikationsstörungen infolge Fluglärms“ auch außerhalb einer Schutzzone 2 gemäß dem „Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm“ auftreten. „Störungen von Ruhe und Entspannung infolge Fluglärms“ und Spontan-Nennungen von Fluglärm als Ursache von „Störenden Lebensbedingungen“ steigen zwar etwas schwächer mit steigenden FB1-Werten, betreffen jedoch ebenfalls erhebliche Anteile der Bevölkerung außerhalb der Schutzzone 2.

Man mag diese Ergebnisse für nicht so schwerwiegend halten mit dem Argument mangelnder Reliabilität und Validität der Daten. Das Team hatte in jeder Beziehung keine Chance, den Aufwand systematischer Beobachtungen der betroffenen Bevölkerung über längere Zeitphasen hinweg in deren Wohnungen bei ihren Verrichtungen unter Ruhe und Belär-



mung zu leisten, wobei die Anwesenheit des Beobachters ein neuer validitätsmindernder Störfaktor hätte sein können. Selbstverständlich registrieren die Daten ‚nur‘ Erlebnisse (kognitiv-emotionale Reaktionen) der Betroffenen; selbstverständlich wurden damit nur Selbsturteile der Betroffenen gewonnen.

Selten kann mit der Interview-Fragebogen-Methode so sorgfältig und aufwendig gearbeitet werden wie in diesem Projekt. Die in Kapitel 4 dargestellten methodischen Vorarbeiten, um reliable und valide Meßskalen zu erreichen, können in nur wenigen Forschungsprojekten in ähnlichem Maße geleistet werden. Die wissenschaftliche Effizienz der Interview-Fragebogen-Methode ist in solchen methodologisch und testtheoretisch weniger aufwendigen Studien schon unbestritten (so z. B. in der Erforschung der Bedingungen des politischen Wählerverhaltens). – Man mag diese Ergebnisse für nicht so schwerwiegend halten, weil sie nur psychologisch beschreibbare Beeinträchtigungen der betroffenen Bevölkerung in ihren Verhaltensaüßerungen betreffen, nicht aber physiologische, physisch krank machende Schädigungen. Eine wissenschaftliche Begründung für Bewertungsdifferenzen von somatischen und psychischen Beeinträchtigungen kann jedoch schwerlich geliefert werden. Hierzu sei noch einmal an den in Kapitel 1 (siehe 1.4.5) zitierten Gesundheitsbegriff der World Health Organization erinnert, der unter Gesundheit neben physischem auch *psychisches* und *soziales Wohlbefinden subsumiert*.

Die Abb. 9.2 zeigt noch einmal in schematisierter Form, in welchem Maße Fluglärm motivational-emotionale Reaktionen bei den von ihm Betroffenen auslöst. Ablehnende Orientierungen und Vermeidungstendenzen steigen in der betroffenen Bevölkerung mit zuneh-

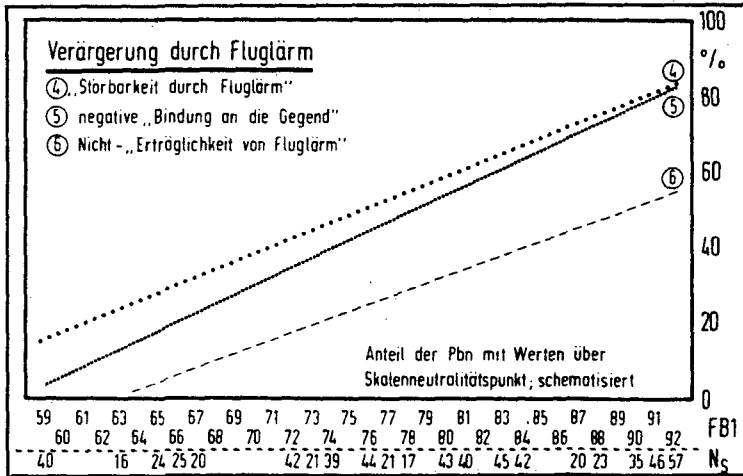


Abb. 9-2: Betroffene je Fluglärmstufe, Variablenblock 2

mender Flugbelärmung sehr erheblich an. Auch hier setzen die „Störbarkeit durch Fluglärm“ und die negative „Bindung an die Gegend“ schon sehr früh so massiv ein. Aus Abb. 9-2 ist ablesbar, daß in ganz erheblichem Maße „Störbarkeit durch Fluglärm“ und „Unzufriedenheit mit der (eigenen) Wohngegend“ (siehe Tab. 4-5 zur näheren Charakterisierung dieser Variable „Bindung an die Gegend“) auch außerhalb einer Schutzzone 2 gemäß dem „Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm“ auftreten; die Nicht-„Erträglichkeit von Fluglärm“ wird außerhalb dieser Zone ebenfalls noch von bemerkenswerten Anteilen der betroffenen Bevölkerung erlebt.

9.4.2

Die Abb. 9-3 zeigt noch einmal in schematisierter Form, in welchem Maße Fluglärm solche physiologischen Funktionen bei den Betroffenen beeinflusst, welche ihrerseits eng mit psychologisch beschreibbarem Verhalten (z. B. der Wahrnehmung) verbunden

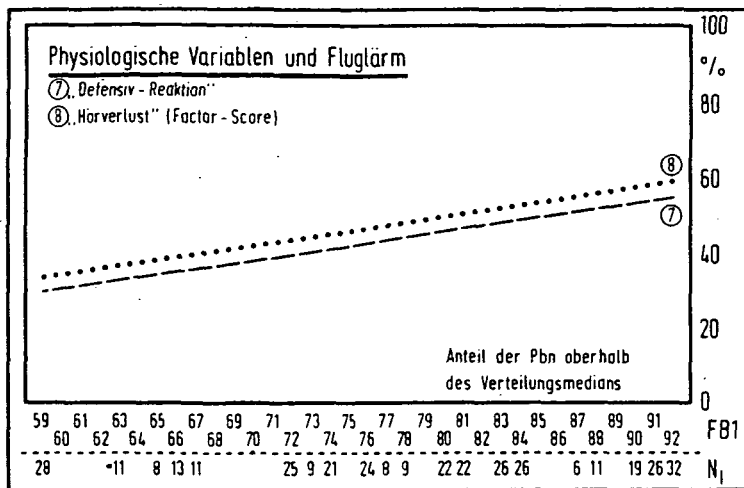


Abb. 9-3: Betroffene je Fluglärmstufe, Variablenblock 3

sind. Dabei wachsen „Hörverluste“ und „Defensiv-Reaktionen“ nicht annähernd so massiv mit steigender Flugbelärmung an, indiziert durch „FB1“-Werte, wie die oben dargestellten sozialpsychologischen Reaktionen.

Die Werte für diese beiden somatischen Variablen sind nicht mit den Ja/Nein-Informationen (bzw. Zutreffen/Nichtzutreffen) der Variablen von Abb. 9-1 und 9-2 zu vergleichen. Aus Abb. 9-3 ist abzulesen, wieviel Personen dazu *tendieren*, stärker defensiv zu reagieren, und wieviele einen stärkeren Hörverlust *als der Durchschnitt* der Untersuchungsgruppe zeigen. Die Wahrscheinlichkeit für eben diese Sachverhalte, so zeigt Abb. 9-3, steigt mit zunehmender Fluglärmbeeinträchtigung an; (wäre kein Fluglärm einfluß gegeben, so wären die Geraden Waagerechte bei etwa 50 %, gemäß der Kennwertdefinition durch Teilung am Median).

Bei stärkerem Fluglärm neigen also immer mehr Betroffene zu einer defensiven Blockierung von Informationsaufnahme Prozessen, zeigen weniger adaptative Techniken zur Bewältigung von Fluglärm (dazu ausführlicher 5.6.4). Es wurde schon gesagt, daß der Zusammenhang des Hörverlustes mit dem Fluglärmgrad sich gegenüber der Individual- und Fehlervarianz nicht durchsetzt, d. h. statistisch insignifikant ist. Man wird hier (in dem zunehmenden Trend in Abb. 9-3) zunächst nur ein Verdachtsmoment sehen können, das weiterer Erforschung bedarf (vgl. die Diskussion in 6.6).

Sekundär-Auswertungen des Datenmaterials dieses Projektes und gezielte Anschlußuntersuchungen erscheinen notwendig, wenn man von einer sozialtechnologischen Perspektive her bedenkt, daß auch im Falle der Thalidomid-Einwirkungen solche in mühsamer Fahndung gefundene Moderatoren spezifizieren können, unter welchen Bedingungen Thalidomid „durchschlägt“, wie SCHEUCH zeigen konnte.<sup>1</sup> Aller Wahrscheinlichkeit

<sup>1</sup> Unveröffentlichtes Gutachten; Publikation bei Hain, Meisenheim, angekündigt.

nach ist mit *Hörverlusten und Defensiv-Reaktionen, kodeterminiert durch Fluglärm, auch schon bei Bevölkerungsanteilen außerhalb der Schutzzone 2 zu rechnen.*

Das „Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm“, die technologischen Alternativen des WILSON-Committees in England und die NEF-Grenzen in den USA legen voneinander differierende Schutzzonen fest, die weder nach US-amerikanischen, englischen, noch dieser deutschen Untersuchung *kritische Grenzen* bezeichnen. *Die Entscheidung, wohin die Grenze der Zumutbarkeit gelegt wird, ist in jedem Falle eine praktische oder politische Entscheidung. Die hier herangezogenen zentralen Ergebnisse dieses Forschungsprojektes liefern den Politikern<sup>1</sup> neue Informationen, mit deren Hilfe die bisher benutzten Unzumutbarkeits-Kriterien (also Bewertungs-Kriterien) neu bedacht, gegebenenfalls präzisiert und revidiert werden können.* Die Frage, was man wollen kann, ist besser als bisher beantwortbar.

#### 9.4.3 Moderationen der Reaktion auf Fluglärm

Als Moderatoren werden in diesem Projekt solche Variablen definiert, deren Zusammenhang mit den Stimulusvariablen nach Null tendiert bei gleichzeitig erheblichem Zusammenhang mit den Reaktions-Variablen, die ihrerseits definitionsgemäß in erheblichem Zusammenhang mit den Stimulusvariablen stehen müssen; Moderatoren liefern demgemäß einen Stimulus-unabhängigen (hier also Fluglärmunabhängigen) Beitrag zur Erklärung der Variationen der Reaktions-Variablen. Die theoretische und empirische Problematik der Moderatoren werden ausführlich in Kapitel 4 (siehe 4.6.6), Kapitel 5 (siehe 5.4.3.4, 5.6.2 und 5.6.3) und in Kapitel 8 (siehe 8.5.3 und 8.5.5) dargestellt. Der Strategie dieses Kapitels folgend sollen auch die Ergebnisse zu Moderator-Einwirkungen nicht in verkürzter Form zusammengefaßt werden; vielmehr sollen diese ebenfalls für Aspekte potentieller Transformationen in Anwendungen aufbereitet werden.

In Kapitel 8 (siehe 8.5.5.1 und Abb. 8-3) werden vier Modelle vorgeführt, nach denen die Wirkung von Moderatoren auf Reaktionsvariablen denkbar ist. Alle dort vorgeführten Modelle, das Regler-, das Vermittler-, das Einschalt- und das Umschalt-Modell können als Erklärungskonzepte nützlich sein. Offensichtlich variiert die Art des Moderatoreinflusses von einer Reaktions-Variablen zur anderen; unter Umständen ist es notwendig, ein generelleres Modell zu entwickeln, das diese vier Modelle als Spezialfälle enthält. In diesem Projekt konnten solche Fragen der theorienorientierten Grundlagenforschung nicht entschieden werden. Wie sich zeigt, ist die Beantwortung dieser Frage im Rahmen der Ergebnisse dieses Forschungsprojektes aber auch nicht akut. *Denn solche potentiellen Moderatoren, die als soziologische und/oder demographische Variablen klassifiziert werden können, erhöhen die Erklärbarkeit des Auftretens von Reaktionen auf Fluglärm nur minimal.* Bei solchen Moderatoren könnte praktisch eingegriffen werden, indem solchen Personen der Wegzug aus flugbelärmten Wohngebieten erleichtert oder der Zuzug erschwert würde, die nach ihren Merkmalsausprägungen auf solchen Moderatoren so zu charakterisieren wären, daß ihre Reaktionen auf Fluglärm besonders stark ausfallen würden. Das Gleiche gilt für die Beeinflussbarkeit physiologisch definierter Moderatoren. Wenn die Beeinflussung dieser Moderatoren nennenswerte Effekte versprechen würde, müßte ein Anwender alsbald grundrechtlich gegebene Randbedingungen beachten.

*Die Varianzen der Reaktionsvariablen werden in beträchtlichem Maße außer durch den Fluglärm selbst durch solche Moderatoren gebunden, die sozialpsychologisch als Attitüden (oder soziale Einstellungen) zu definieren sind (siehe 4.6.5.3).* Ein Eingriff in Moderatoren dieser Klasse würde z. B. Beeinflussungsstrategien über Massenkommunikations-

1 In dem hier gemeinten Sinn ist jeder Staatsbürger ein Politiker, nicht nur sein Repräsentant.

### 9.4.3

Medien erfordern, um solche Attitüden derart zu ändern, daß sie Werte annehmen, von denen her die Wirkungen des Fluglärms auf die Reaktionen abgeschwächt, zumindestens jedoch nicht verstärkt werden.

Vorerst bleibt festzuhalten, daß bei auf allen Stufen konstant gehaltenem Fluglärm die Reaktionen der jeweils Betroffenen ganz erheblich streuen. In den Extremfällen gilt: *Sogar bei extremer Betroffenheit durch Fluglärm gibt es geringe Anteile dieser Betroffenen, die minimale Reaktionen zeigen; sogar bei minimaler Betroffenheit durch Fluglärm gibt es geringe Anteile der Betroffenen, die maximale Reaktionen zeigen.*

### 9.4.4 Exkurs: Vorhersehbarkeit und/oder Steuerbarkeit des Auftretens von Lärm als Moderatoren

Es ist nicht Aufgabe dieses abschließenden Kapitels, neue Ergebnisse einzuführen und obendrein noch solche Ergebnisse, die nicht aus diesem Projekt stammen. In diesem besonderen Falle sollte jedoch auf Ergebnisse aus experimentellen Untersuchungen zum Problem von *Umwelt-Stressoren* hingewiesen werden, weil diese Untersuchungen mit „noise“ als Stressor starteten und weil sie mit der Untersuchung des Einflusses von Moderatoren einsetzten, die als konstante Randbedingungen für die Verarbeitung von Fluglärm eine bedeutende Rolle spielen.

Alltagsbeobachtungen führen dazu, daß sich aufmerksame Beobachter dagegen sträuben könnten, Lärm allzu ernst zu nehmen. Selbsterzeugter Lärm und/oder aus eigenem Antrieb aufgesuchter Lärm scheinen den Vermeidungstendenzen zu widersprechen, die unter Flug- oder anderem Verkehrs- und Industrielärm auftreten. GLASS & SINGER (1972) weisen nach, daß Lärm vor allem abhängig vom kognizierten Kontext, in dem die Betroffenen diese Beschallung wahrnehmen und abhängig von der Komplexität des Verhaltens oder der Handlungen, die während der unmittelbar nach der Beschallung vorstatten gehen, je nachdem zu Defiziten führt oder ohne Einfluß bleibt.

Von den Betroffenen vorhersagbares, das heißt terminierbares Auftreten von Lärm und dessen Auftreten und Nichtauftreten von den Betroffenen sogar selbst gesteuert werden kann, verursacht sogar unter hohen Pegeln kaum Leistungsdefizite, während umgekehrt schwache Lärmstufen schon solche Leistungsdefizite erzeugen können, wenn nur die Betroffenen dem Auftreten dieses Lärmes ohnmächtig ausgesetzt sind. Genau diese Bedingung ist bei Fluglärm gegeben: Die Betroffenen haben sicherlich nicht den gesamten Fahrplan von Starts (oder Landungen) parat, einen Fahrplan, der ohnehin nur in Annäherung eingehalten wird. Noch sicherer sind die Betroffenen nicht in der Lage, das Auftreten von Fluglärm selbst zu beeinflussen, weder die Menge noch die Zeitpunkte dieser Beschallungen. *Fluglärm ist ein Umweltstressor, dem die von ihm Betroffenen passiv durch mangelnde Vorhersagbarkeit und Kontrolle ausgeliefert sind.* Die Tatsache, daß es Beschallungsereignisse gibt, die den Betroffenen Spaß machen, oder sie zumindestens nicht stören, weil die Auftrittszeitpunkte dieser Ereignisse ihnen bekannt sind oder sie sogar Ereignisse und Zeitpunkte des Auftretens selbst bestimmen können, gibt keine Argumente dafür her, daß negative, abweisende Reaktionen gegen Fluglärm belanglos seien.

Diese Ergebnisse von GLASS & SINGER (1972) bestätigen nur die Hypothesen dieses Forschungsprojektes, daß Reaktionen auf Fluglärm vollständig nur im Zusammenhang mit Moderatoren beschrieben werden können. Die von diesen Autoren in Experimenten untersuchten Moderatoren ‚Vorhersagbarkeit‘ und ‚Kontrolle‘ sind im Falle des Fluglärms nicht Variablen, sondern Konstanten an einem Extrempunkt der Skalen, die eine

derartige potentielle Variation darstellen. Es erscheint extrem unwahrscheinlich, das heißt aussichtslos, diese Moderatoren in der Praxis zu variieren. Die von Fluglärm Betroffenen müßten anderenfalls Einmütigkeit über den Flugplan ihres Flughafens erreichen und dessen Einhaltung erzwingen können. Sie müßten diesen Zustand sogar für wünschenswert halten, so wie sehr hohe Anteile der Bevölkerung Westberlins wahrscheinlich die ‚Rosinen-‘ und ‚Kohlenbomber‘ ersehnten. GLASS & SINGER (1972) haben nicht empirisch untersucht, ob das Akzeptieren von Lärm als Signal für die Erreichung gewünschter Ziele ein Moderator ist, der analog wie Vorhersagbarkeit und/oder Steuerbarkeit des Auftretens von Lärm wirkt.

## 9.5 Alternativen von Interventionen gegen Fluglärm-Wirkungen

### 9.5.1 Die passive Alternative

Eine der *Alternativen*, die man wollen kann, ist diejenige, *nichts zu tun*. Eine solche Alternative ist begründbar, wenn man die Fluglärmfolgen, wie sie in diesem und anderen Forschungsprojekten vorgeführt werden, so einschätzt, daß die Aufwände zur Herabsetzung oder gar zur Eliminierung dieser Folgen an den Betroffenen angesichts der erwartbaren Ergebnisse zu hoch erscheinen. Oder, der Anteil der Gesamtbevölkerung, welcher Fluglärm in der Umgebung von Flughäfen ausgesetzt ist, kann als zu gering im Verhältnis zu den Anteilen derjenigen angesehen werden, die direkt bzw. indirekt aus dem Flugverkehr positiv bewertete Ergebnisse erzielen.

Wie aus Tab. 4-15 (in 4.6.5.2.1.2) ersichtlich ist, sind die sozialen Maßnahmen, welche die Betroffenen gegen den Fluglärm ergreifen, zwar – möglicherweise noch – relativ eingeschränkt. Von den sechs registrierten Klassen solcher Maßnahmen werden nur diejenigen beiden von erheblicheren Anteilen der betroffenen Bevölkerung ausgeführt, die sich durch Reaktivität auszeichnen („eine Protestveranstaltung besuchen“) und/oder sich durch Unverbindlichkeit und mangelnde Gezieltheit auszeichnen („die Sache mit dem Nachbarn besprechen“). Mit der Wahl der Alternative, nichts zu tun, könnte man demnach erwarten, daß hohe Anteile der Betroffenen diesen Zustand nicht ihrerseits durch direkte politische Aktionen zu ändern versuchen würden.

Tatsächlich ist jedoch Nichtstun nur dann Nichtstun, wenn ein paar Randbedingungen der Flugbelästigung konstant erhalten blieben; das hieße: Die Menge von Starts und Landungen verändert sich nicht. Die Lautstärke und -charakteristik (Frequenzspektrum) der startenden und landenden Flugzeuge verändert sich nicht. Die Start- und Landetechniken ändern sich nicht (Überflughöhe, Steig- und Fallwinkel). Die Isolierung der Wohnungen der Betroffenen gegen Schallereignisse von außerhalb dieser Wohnungen bleibt konstant. Die soziologisch beschreibbare und/oder demographische Zusammensetzung dieser Bevölkerung ändert sich nicht; die absolute Menge der betroffenen Personen bleibt konstant. Die sozialen Attitüden (oder Orientierungen zur Umwelt oder Bewertungen dieser Umwelt) dieser betroffenen Bevölkerung ändern sich nicht. Mit anderen Worten: *Eine Alternative, nicht zu intervenieren, garantiert nur dann den Statusquo, wenn dieser nicht durch andere Ereignisse verändert wird. In diesem Falle der Fluglärmwirkungen auf Menschen bedeutet das, daß Stimulus- und Moderatorvariablen im Sinne dieses Forschungsprojektes Konstanten über die Zeit hinweg sind. Eine solche Annahme ist irrealistisch.*

## 9.5.2

### 9.5.2 Die Moderator-Alternative

Eine *andere Alternative der Intervention* bestände darin, Fluglärmwirkungen dadurch herabzusetzen, daß *Moderatoren* so *verändert* werden, daß sie Werte erreichen, die gemäß den Ergebnissen dieses Forschungsprojektes, die Reaktionen auf Fluglärm zur Nicht-Gestörtheit hin beeinflussen. Nicht ganz exakt, aber vielleicht verständlicher heißt dieses, daß man die Kodetermination von Fluglärmwirkungen durch Moderatoren quasi aufzuheben versucht, so daß der Fluglärm wegen der Moderatoren seine Wirkungen nicht entfalten kann. Unter allen in diesem Forschungsprojekt untersuchten Moderatoren zeigen jedoch vornehmlich diejenigen Moderatoren kodeterminierende Eigenschaften, die als Attitüden oder Werthaltungen der betroffenen Personen klassifiziert werden können. Wenn man sie derart ändern will, daß sie eher Reaktionen auf Fluglärm vermindern, so bedarf es nicht nur erheblicher Aufwände für werbeartige Maßnahmen in Massenkommunikationsmedien. Die Maßnahmen müßten wiederum aus Theorien abgeleiteten Hypothesen folgen, wobei es sich um Theorien von Attitüden handelt, auf die man sich zwar oft beruft, die aber bisher außerhalb der theorienorientierten Labor-Forschung kaum ernsthaft angewendet wurden. Eine Anwendung dieser Alternative ist *risikoreich*; die Ergebnisse einer Anwendung sind nur in vager Form vorhersagbar. Außerdem bedeutet die Anwendung einer solchen Alternative, mit der Orientierungen, Attitüden und Bewertungen von Menschen zu ändern gesucht werden, einen gezielten Eingriff in die kognitiv-emotionale Struktur des Betroffenen. Es handelt sich um die Ausübung sozialer Macht, deren Legitimität bzw. Illegitimität prüfbar und entscheidbar ist.

## 9.5.3

### Die Reaktions-Alternative

Eine *dritte Alternative* ist diejenige, solche *Reaktionen* (oder Wirkungen des Fluglärms) *direkt zu ändern*, welche in Handlungen bestehen, die direkt oder indirekt auf die Ursache rückwirken. Das erscheint auf den ersten Blick paradox zu sein, ist aber keineswegs abwegig. An die potentiellen und tatsächlichen sozialen Maßnahmen der Betroffenen wurde soeben erinnert. Es handelt sich dabei um die *Klasse der sozialen Einflußversuche* auf andere, welche ihrerseits die Stimulus-Situation selbst, also den Fluglärm vermindern können.

Eine zweite Klasse dieser Maßnahmen, so wie sie in den Erhebungen dieses Forschungsprojektes auftritt, besteht in der *Veränderung der physischen Umgebung in der Weise, daß Barrieren zwischen Stimulus-Sender und den Empfängern errichtet werden*. Oder, die Betroffenen ändern die Umwelt für sich selbst in der Weise, daß die Lärm-Informationen ihre Empfangsorgane nicht mehr in der Intensität wie zuvor erreichen können: *Die Reaktion verändert den Stimulus*. Aus Tab. 4-15 ist zu ersehen, daß solche Maßnahmen zwar zunehmend mit der Steigerung des Fluglärms, aber insgesamt nur in bescheidenem Maße von den Betroffenen vorgenommen werden. Man könnte also die Betroffenen anregen, ob durch Ersatz der Aufwände und/oder durch soziale Einflußversuche („Aufklärung“), die Menge und Stärke solcher Reaktionen zu steigern, welche das Medium zwischen Sender und Empfänger undurchlässiger machen.

Bei der Wahl einer solchen Alternative ist zu beachten, daß nicht nur die *Intensität* der Schallereignisse, sondern auch die *Häufigkeit* ihres Auftretens eine Ursache für die Reaktionen der Betroffenen ist. Im dritten Kapitel (siehe besonders 3.6.3) wird dasjenige Fluglärmmaß empirisch bestimmt, welches die Reaktionen am besten vorhersagt. Dieses Maß „FB1“ setzt sich aus einer Lautstärke- und aus einer Häufigkeits-Komponente zu-

sammen. Diese hier behandelte Interventions-Alternative zielt also nur auf eine Herabsetzung der Lautstärkenkomponente.

Auch bei konstant bleibender Häufigkeit oder Überflüge könnte diese Alternative nur einen Anteil der Reaktion auf Fluglärm eliminieren, und das nur in solchen Jahreszeiten, in denen sich das tägliche Leben der Betroffenen vornehmlich innerhalb ihrer geschlossenen Wohnungen abspielt, also die Barrieren gegen Lärm voll wirksam sein können. Aber auch in einem solchen Falle muß bedacht werden, daß die Betroffenen sich durch den Fluglärm nicht nur innerhalb ihrer Wohnung mehr oder minder gestört fühlen, sondern auch in ihrer Wohngegend. Sie wissen, daß der Fluglärm weiterhin da ist (so wie der im Luftschutzbunker lebende Mensch weiß, daß der Bombenkrieg damit nicht beendet ist).

#### 9.5.4 Die Stimulus-Alternative

Es verbleibt eine vierte und letzte Alternative der Intervention, nämlich diejenige, die Stimulus-Situation selbst, vornehmlich nach *Lautstärke* und/oder *Häufigkeit* der durch Flugzeuge auftretenden *Beschallungsereignisse* zu ändern. Eine Anwendung dieser Alternative, die sich nicht wie die vorausgehenden Alternativen auf Reaktionen oder Modulatoren richtet, wird in Betracht ziehen müssen, daß nach den Experimentaldaten von GLASS & SINGER (1972) für bestimmte Reaktionen auf Lärm vor allem die Nichtvorhersagbarkeit und/oder Steuerbarkeit des Auftretens von Lärm verantwortlich sind und weit weniger die Stärke des Lärms. (Die Autoren haben die Häufigkeit des Auftretens von Lärm in ihren Untersuchungen nicht systematisch variiert und damit nicht als unabhängige Variable untersucht, sondern nur die Intensität.) Die zweite und teilweise auch noch die dritte Alternative (siehe oben) betreffen weitgehend die Transformation von Theorien mit Forschungsergebnissen der Verhaltens- oder Sozialwissenschaften in Techniken. Aber auch diese Alternativen verlangen schon den Einsatz einer weiteren Datenklasse aus einer anderen Wissenschaftsperspektive, die in diesem Forschungsprojekt nicht zum Zuge kam, nämlich die vor allem wirtschaftswissenschaftliche Perspektive, unter der Alternativen im Vergleich von Aufwand und Ertrag privater und/oder öffentlicher Maßnahmen beurteilt werden, womit die *Mechanik der Güterabwägung* geleistet werden soll. (Sie bestimmt jedoch ebensowenig wie irgendeine andere Wissenschaftsperspektive, wie Erträge und Aufwände zu deren Erreichen auf einer Wertskala angeordnet werden sollen.)

Diese vierte Alternative bedarf zusätzlich und vornehmlich ingenieur-technologischer (zum Unterschied von sozial-technologischen Transformationen) Maßnahmen, die nur von der Physik und Chemie her geleistet werden können. Vom Team dieses Forschungsprojektes können also nur noch solche Details dieser Alternative aufgezählt werden, die jedem aufmerksamen Laien bekannt sind. Man könnte für den Kurzstreckenverkehr (innerhalb der BRD) Propellermaschinen erneut einsetzen. (Natürlich wäre ein solcher tentativer Vorschlag schon deshalb unreal, weil solche Fluggeräte nicht mehr mit dem Fassungsvermögen an Passagieren hergestellt werden, die zur Abwicklung des Flugverkehrs ohne Vermehrung der Flüge von Flughafen zu Flughafen notwendig wären.) Man könnte beschleunigt senkrechtstartende und -landende Fluggeräte entwickeln. (Auch hier würde die Kompetenz dieses Forschungs-Teams erheblich überschritten; Laien können nicht beurteilen, unter welchem Aufwand das möglich wäre.) Man könnte durch neue ingenieur-technische Erfindungen den Geräusch-Pegel der Düsen weiter herabsetzen. (Als Laien wissen die Mitglieder dieses Teams nur, daß dergleichen schon fast kontinuier-

lich gelungen ist von den Düsen der ersten Generation bis zu denjenigen der dritten Generation, soweit es sich um Unterschall-Geschwindigkeits-Jets handelt.) Mit anderen Worten: Dieses Team kann diese Alternative der Herabsetzung oder Konstanthaltung der Intensität des Fluglärms als ein Mittel zur Lösung des Problems der Wirkungen von Fluglärm vorschlagen; aber es kann keine Aussagen machen, welche ingenieur-technischen und welche haushaltswirtschaftlichen (private und/oder öffentliche) Konsequenzen die Wahl dieser Alternative haben könnte. In allen diesen Fällen müßte dieses Team Fragen stellen, wo Antworten von ihm erwartet werden, so auch Fragen der wirtschaftlichen Konsequenzen eines Nachtflugverbotes (oder dessen Verschärfung und Erweiterung), der Strenge der Kontrolle über die Einhaltung von Antilärmvorschriften beim Landen und Starten u. s. f.

Diese Fragen haben die Politiker an andere Wissenschaftler zu stellen, wenn und sobald sie diese Alternative in Betracht ziehen. Grundsätzlich muß bei der Stimulus-Alternative beachtet werden, daß sie sich auf *Lärmerzeuger* – den Flugbetrieb – bezieht, aber auch auf *Lärmverteiler*. Als Lärmverteiler kann man diejenigen Instanzen bezeichnen, die durch ihre Maßnahmen den Lärm an die Bevölkerung heranbringen oder die Bevölkerung an den Lärm heranbringen. Eine Klasse von Interventionen könnte also die Wahl und Verteilung der Flugpfade betreffen, eine andere Klasse die Planung und Anlage von Siedlungen in Lärmexponierten Arealen.

Es ist fast trivial darauf hinzuweisen, daß eine *weitere Alternative der Intervention in einer Kombination* von Teilen oder der Gesamtheit dieser Alternativen bestehen kann. Es ist fast ebenso trivial darauf hinzuweisen, daß man auch eine *Alternative der Konstruktion von Realitäten* statt solcher der Intervention wollen könnte, z. B. durch Einrichtung einer elektrisch betriebenen erdgebundenen Schienenbeförderung von Personen und Gütern mit Hochgeschwindigkeiten, welche den Kurz- und Mittelstreckenverkehr durch Flugzeuge im mitteleuropäischen Ballungsraum ablöst. *In jedem Falle muß man unterscheiden zwischen denjenigen Techniken, die aus den Forschungsergebnissen dieses und ähnlicher Projekte durch Transformationen herstellbar sind und solchen Techniken, die externen Charakter haben, bezogen auf dieses und verwandte Forschungsprojekte.* Bei jeglichen in diesem Sinne externen Techniken befindet sich dieses Forschungs-Team zwangsläufig und unmittelbar in der Rolle von Staatsbürgern als Politikern; es kann nicht mehr kraft Kompetenz durch einen Informationsvorteil urteilen.

## 9.6 Beziehungen der Ergebnisse dieses Forschungs-Projektes über Fluglärm-Wirkungen zum „Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm“ vom 30. März 1971 (IRLE & ROHRMANN)

Dieses Forschungsprojekt wurde nicht im Hinblick auf dieses oder irgendein Gesetz hin projektiert. Es wurde zu einem Zeitpunkt konzipiert und installiert, an dem ein solches Gesetz noch nicht vorbereitet wurde. So langwierig üblicherweise der Weg eines Gesetzes zu seiner Verabschiedung ist, dieses Gesetz wurde verabschiedet, bevor die Ergebnisse dieses Forschungsprojektes in publikationsreifer Form vorlagen. Demgemäß kann dieses Gesetz sich nicht auf diese Forschungsergebnisse beziehen und deshalb nicht eine alternative Transformation in eine normative Anweisung zur Technik sein, die teilweise aus den Forschungsergebnissen dieses Projektes hergeleitet wird (soweit es sich um Informationen darüber handelt, was man wollen kann).



### 9.6.1 Die Fragwürdigkeit ausschließlich akustischer Fluglärm-Maße

*Die Ergebnisse dieses Projektes lassen es im Prinzip fragwürdig erscheinen, ob man als Maßstab für Maßnahmen gegen Fluglärm ausschließlich eine akustische, also physikalische Datendistribution, das heißt ein Meßverfahren benutzen kann, das nur Charakteristika der Stimulus-Situation erfaßt, einerlei welches Maß (siehe Kapitel 3) ausgewählt wird. Im dritten Kapitel (siehe 3.4.2.1 mit Tab. 3-6, 3.5 und 3.6) wird nachgewiesen, daß die akustischen Beurteilungsmaße untereinander und die Beurteilungsmaße mit den Einzelvariablen Pegel und Häufigkeit so hoch korrelieren, daß sie in der Regel Werte über 0.96 erreichen. Es ist also relativ beliebig, welches Maß für den Stimulus Fluglärm eingesetzt wird. Durch einen Austausch verwendeter akustischer Maße läßt sich kaum eine bessere Beschreibung der Stimulus-Situation erreichen.*

Von diesen Maßen korreliert „FB1“ am höchsten mit der „Globalreaktion-S“ (siehe 3.6.3); diese Korrelation ist aber nur geringfügig höher als die von anderen Maßen. Vor allem aber ist die Korrelation von  $r = 0.56$  (siehe Tab. 4-12) bzw.  $r = 0.58$  (siehe Tab. 8-6) je nach Berechnung in der S- oder I-Stichprobe zwischen „FB1“ und „Globalreaktion-S“ nur so hoch, daß ungefähr ein Drittel der Varianz der „Globalreaktion-S“ durch den Stimulus erklärt werden kann.

Nur eine abstrakte ‚Idealperson‘ reagiert auf Fluglärm derartig, daß ihre Reaktion den Stimulus so „veridikal“ (dieses ist ein Terminus der Wahrnehmungspsychologie) beschreibt, daß diese Reaktion allein und ausschließlich vom physikalisch beschriebenen Stimulus her vorhersagbar wäre. Die Psychologen und Sozialpsychologen in diesem Forschungsteam – und nicht nur sie – hätte es nach allen bisherigen fachwissenschaftlichen, empirischen und theoretischen Kenntnissen überraschen müssen, wenn eine solche Veridikalität hätte nachgewiesen werden können. *Die Definitionen der Lärmschutzbereiche des „Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm“ in ausschließlich akustischen Maßen sind extrem grobe Annäherungen an das, was auf der Seite der Reaktionen tatsächlich geschieht.* Jeder Versuch zur Verbesserung solcher akustischer Maße, bis sie die Stimulus-Situation, d. h. die gesendeten Informationen, so beschreiben, daß sie praktisch exakt genug auch die Reaktionen, d. h. die empfangenen und verarbeiteten Informationen beschreiben, ist nach allen wahrnehmungs- und sozialpsychologischen Theorien und nach allen empirischen Forschungsergebnissen zur Prüfung des realwissenschaftlichen Erklärungsgehaltes dieser Theorien zum Scheitern verurteilt (siehe 9.4.3). Und dieser Satz gilt auch für die konkreten Ergebnisse dieses Forschungsprojektes, wobei diese Ergebnisse demonstrieren können, welche Moderatoren die Reaktionen kodeterminieren.

Der durch dieses Gesetz definierte Umfang des Lärmschutzbereiches (siehe § 2 des Gesetzes) in zwei Schutzzonen (begrenzt durch einen äquivalenten Dauerschallpegel von 75 dB(A) = „Schutzzone 1“, bzw. von 67 dB(A) = „Schutzzone 2“) führt zu Konsequenzen, wie sie schon weiter oben in diesem Kapitel dargestellt wurden: Erhebliche Reaktionen, die ganz allgemein als Störungen durch Fluglärm definiert werden können, ereignen sich unterhalb und weit unterhalb der 67 dB(A)-Grenze, also außerhalb der Schutzzone 2, innerhalb derer gemäß § 5 (2) des Gesetzes auch weiterhin neue Wohnungen errichtet werden dürfen, indem unter § 5 (2) nur für die Schutzzone 1 die Errichtung von Wohnungen gesetzlich untersagt wird. Wenn dieses Kriteriumsmaß beibehalten wird, bestehen geringe Chancen, daß unter Zunahme der Häufigkeit des Luftverkehrs und gleichermaßen möglicher Abnahme der Geräuschstärke pro Überflug (durch Düsen der dritten und vielleicht einer vierten Generation) sich die Grenze zwischen Schutzzonen 1 und 2 nicht derart verändert, daß der Umfang der Schutzzone 1 verklei-

### 9.6.1

nert wird, gemäß Festsetzungen nach § 4 (2) und (3) dieses Gesetzes. Es ist denkbar und naheliegend, daß die Häufigkeit rascher zunimmt als die Intensität abnimmt. In dem Maße, in dem sich der Start- und Landeverkehr z. B. in München-Riem steigert, ohne daß die Schallintensität dieser Flugbewegungen entsprechend rapide abnimmt, schrumpfen niemals die Umfänge der Schutzzonen 1 und 2, sondern sie wachsen möglicherweise an. Ohne Änderung des Gesetzes könnten sodann heute Wohnungen in der Schutzzone 2 errichtet werden, die morgen in der Schutzzone 1 liegen. Ebenso könnten Wohnungen (existierende oder neuerbaute) erstmals in die Schutzzone 2 hineingeraten, wobei erhebliche Anteile der Bewohner dieser Wohnungen schon außerhalb der normativ definierten Schutzzone 2 Gestörtheits-Reaktionen gegenüber Fluglärm gezeigt haben. Nach Kenntnis dieses Forschungs-Teams liegt die Maximalbelastung der einzigen Start-/Landebahn in München-Riem bei knapp 25 Starts und/oder Landungen pro Stunde (auf dem Rhein-Main-Flughafen Frankfurt mit zwei Bahnen entsprechend bei 48–50 Starts und/oder Landungen). Die jährliche Menge von Starts und/oder Landungen in München-Riem steigt seit Jahren rapide an (und hat die Maximalbelastung des Flughafens rund um die Uhr noch keineswegs erreicht). Es existieren Schätzungen, die von 1972 auf 1980 eine Zunahme um 50 % der Starts und/oder Landungen vorhersagen. Von 1969 (Zeit der empirischen Erhebungen) bis 1972 hat sich die Zahl der Starts und Landungen schon ungefähr verdoppelt.

Derzeitige Maße der Lärmbelastung (z. B. Kombinationswerte von Häufigkeit und Lautstärke der Schallereignisse in akustischen Maßen) mögen zur Zeit trotz der erheblichen Streuungen der Reaktionsdaten um ihre Mittelwerte, die auf diese akustischen Maße bezogen werden können, noch als Schätzung für die Beeinträchtigung der Bevölkerung akzeptiert werden. *Es ist jedoch in keiner Weise auszuschließen, daß dieses Verhältnis zwischen Stimulus- und Reaktionsdaten sich möglicherweise in einer relativ kurzen Zeitspanne ändert und neu konstituiert*, z. B. durch neu etablierte, attitudenartige Moderatoren, wie allgemein hohes ‚Umweltschutzbewußtsein‘ und gesteigertes Bedürfnis nach einem höheren Niveau der ‚Lebensqualität‘.

### 9.6.2 Die Charakteristik der zwei Lärmschutzzonen des Lärmschutzbereiches

Die soeben angestellten Überlegungen lassen sich in tabellarischer Form verdeutlichen. In 9.4.2 ist bereits demonstriert worden (anhand der Abbildungen 9-1, 9-2, und 9-3), wie das Ausmaß von Fluglärmwirkungen auf das hier diskutierte Gesetz bezogen werden kann. Aus Tab. 9-1 ist zu ersehen, welche Cluster dieses Forschungsprojektes in die Schutzzone 1 und welche in die Schutzzone 2 des „Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm“ fallen.

Das englische „Committee on the problem of noise“ hat (1963) den Bereich zwischen  $NNI = 50$  und  $NNI = 60$  als „maximum acceptable level“ für den Heathrow-Airport bewertet. Behandelt man den Bereich ab  $NNI = 50$  wie eine Schutzzone 2 und den Bereich ab  $NNI = 60$  wie eine Schutzzone 1, so ergibt sich für den Flughafen München-Riem dieselbe Zuordnung der Cluster wie bei den Schutzzonen des „Gesetzes zum Schutz gegen den Fluglärm“ welche durch die Grenzen der äquivalenten Dauerschallpegel ( $= \bar{Q}$ ) von 67 dB(A) bzw. 75 dB(A) festgelegt werden. Zwei aus den US-amerikanischen „Noise-Exposure Forecast“-Kriterium abgeleitete Bereiche kritischer Fluglärmbelastung ( $NEF > 30$  als „normally unacceptable“ und  $NEF > 40$  als „clearly unacceptable“) würden im Falle des Flughafens München-Riem dazu führen, daß ein weiteres Cluster in den engeren kritischen Bereich fallen würde und einige weitere Cluster in den weiteren Grenzbereich

fallen würden, die nach den Kriterien des geltenden Gesetzes außerhalb dieser Zone liegen. (Allerdings enthält die Tab. 9-1 für die NEF-Werte nur Schätzungen; vgl. 3.5.2.8). Die Cluster-Sets dieses Projektes (siehe hierzu die Abbildungen 9-1, 9-2, 9-3) sind selbstverständlich nicht in Abhängigkeit von den Schutzzonen 1 und 2 oder dem Gebiet jenseits der Schutzzonen definiert.

Auf die kritischen Bereiche laut Tab. 9-1 zeigt Tab. 9-2 3 Reaktionsvariablen, deren Betroffenheitsmaße in der Zone 1 und der Zone 2 angegeben werden; die Areale gemäß NEF (NEF > 40 = 1; NEF > 30 = 2) werden ebenfalls aufgeführt.

Tab. 9-1: Zuordnung der Cluster zu kritischen Fluglärmbereichen

Zuordnung gemäß	Bereich 1	Bereich 2
Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (BRD)	03 04 06 01 07 02 10 08 (13)	13 14 17 05 11 15 16 19 28 20(22 26)
Committee on the Problem of Noise (GB)	03 04 06 01 07 02 10 08	12 14 17 05 11 15 16 19 28 20(22)
Noise-Exposure-Forecast Kriterium (NEF) (USA)	03 04 06 01 07 02 10 08 13	14 17 05 11 15 16 19 28 22 21 26

Gemäß  $\bar{Q}$  (BRD) sind Cluster zugeordnet, die die kritischen Werte 67 und 75 übersteigen (Cluster 13, 22, 26 liegen auf der Grenze). – Das britische Committee nennt NNI = 50–60 die höchst zumutbare Belastung; dies wird hier als Bereich 2 klassiert, lautere Cluster als Bereich 1. – Die NEF-Werte der Cluster sind geschätzt. – Vgl. Abb. 9-1.

Es zeigt sich, daß die Schutzzone 1 des Lärmschutzbereiches nach § 2 des „Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm“ sich gut deckt mit dem Cluster-Set D dieses Forschungsprojektes. Nach Schätzung leben etwa 2000 Einwohner in diesem Bereich. Weit über Dreiviertel von ihnen beklagen „Kommunikationsstörungen durch Fluglärm“; mehr als die Hälfte beklagt „Störungen von Ruhe und Entspannung durch Fluglärm“ bzw. beurteilt den Fluglärm als nicht erträglich. (Es sei noch einmal daran erinnert, daß es sich hier nur um ausgewählte Reaktionsvariablen handelt.)

Tab. 9-2: Fluglärm-Gestörte in kritischen Fluglärmbereichen

Areal:	BRD-Schutzzonen		NEF-Kriterium	
	1	2	1	2
Prozent der Fluglärmgestörten laut:				
Kommunikationsstörungen durch FL	85	77	81	72
Störungen von Ruhe/Entspannung	54	36	51	36
Aussage, FL sei „nicht erträglich“	52	38	48	29

Je Bereich wurde der %-Anteil derer bestimmt, die in den Reaktionsvariablen einen Wert oberhalb des Skalenmittelwertes aufweisen. Daten laut I-Sample (N = 357). – Für das britische Kriterium ergeben sich dieselben Werte wie für die BRD-Schutzzonen; vgl. Tab. 9-1.

### 9.6.2

Die Schutzzone 2 deckt sich gut mit dem Cluster-Set C und den ersten beiden Clustern von Cluster-Set B. In diesem Bereich leben geschätzt ungefähr 20 000 Einwohner. Noch immer über Dreiviertel von ihnen beklagen „Kommunikationsstörungen durch Fluglärm“, und mehr als ein Drittel beklagt „Störungen von Ruhe und Entspannung durch Fluglärm“ bzw. beurteilt den Fluglärm als nicht erträglich.

Bedingt durch die andersartige Definition von NEF finden sich in Tab. 9-2 durchweg scheinbar ‚günstigere‘ Werte für die drei Reaktionsvariablen als für die Schutzzonen des „Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm“. Dieser Schein trägt; die NEF-Bereiche legen strengere Maßstäbe zur Festlegung der Schutzbedürftigkeit an (siehe hierzu auch Abb. 9-1).

Diese Vergleiche demonstrieren noch einmal, *daß die Festlegung von Schutzzonen auf Entscheidungen beruht, die nicht von den Forschungsdaten allein begründet werden können.*

### 9.6.3 Die absoluten Anteile der durch Fluglärm gestörten Personen

Die Stichprobenziehung dieses Forschungs-Projektes folgte einer präzisen Anweisung (siehe auch Kapitel 2.): Basiseinheiten hatten Cluster ansteigender Flugbelärmung zu sein. Innerhalb solcher Cluster waren nach dem Umfang identisch große Personenstichproben zu ziehen. Hierdurch sollte erreicht werden, daß die Zahl der Probanden pro Grad des Fluglärms möglichst gleich groß ausfällt. Eine solche Stichprobenstrategie führt dazu, daß pro Cluster der Umfang des zu repräsentierenden Bevölkerungsanteiles (Größe des Universums) variiert, während die jeweiligen Stichproben fast konstant groß ausfallen. Es ist notwendig, die potentiellen Verwender dieses Forschungsberichtes vor einem so verständlichen wie dennoch irigen Fehlschluß zu bewahren (siehe auch 8.6.3): Für beieinanderliegende Cluster mag das Universum noch ungefähr gleich groß sein. Pro Cluster-Set trifft dieses keinesfalls zu. Da sich diese Cluster und Cluster-Sets als Zusammenfassung von Clustern ungefähr gleicher Beschallung quasi-konzentrisch um den Flughafen lagern, wächst die pro Cluster und Cluster-Set abgedeckte Fläche – weil ein Set jeweils nach der dortigen Fluglärm-Stärke definiert wird – von Cluster-Set D nach Cluster-Set A erheblich an. Entsprechend wachsen aber die Bevölkerungs-Universen von Cluster D nach Cluster A, weil die Cluster und ebenso die Cluster-Sets akustisch, nicht aber nach ihrer Fläche oder Bevölkerungszahl gleichabständig sind.

Tab. 9-3: Bevölkerungszahlen in Fluglärmarealen

Cluster-Set	D	C	B	A
Fluglärmbewertungsmaß FB1	90.8	82.7	75.6	65.1
Überflugpegel LA	98.0	91.2	86.6	83.2
Überflüge pro Tag	79.5	75.0	61.8	31.3
Bevölkerung (geschätzt)	2000	15000	44000	45000

Die Einwohnerzahlen sind aus den bei der Stichprobenplanung (Anfang 1969) benutzten Daten (vgl. Tab. 2-2) geschätzt worden.

Aus Tab. 9-3 ist ohne weiteres ersichtlich, wie erheblich die absoluten Bevölkerungszahlen von Cluster-Set D nach A über C und B ansteigen (siehe auch Kapitel 2.3.4 und insbesondere Tab. 2-2). Es wäre also ein eklatantes Mißverständnis, aus beliebigen korrelativen Beziehungen zwischen Fluglärm-Variation, Moderator- und Reaktions-Variation zu schließen, es handle sich Stufe für Stufe um praktisch gleich große Bevölkerungsanteile. (Die Bevölkerung steigt trotz Flächenzuwaches von B nach A nur noch kaum an, weil A größere unbesiedelte Flächenanteile als B enthält.) Unterstellt man, daß man den Betroffenen-Anteil eines Stichproben-Sets (die Prozentzahl der Gestörten, Verärgerten usw.) auf das zugehörige Universum verallgemeinern kann, so läßt sich der absolute Bevölkerungsanteil dieses Setareals schätzen, der eine entsprechende Reaktion zeigt.

Tab. 9-4: Schätzung Fluglärm-Gestörter in der Bevölkerung

Cluster-Set	D	C	B	A
Bevölkerung (geschätzt)	2000	15000	44000	45000
Anzahl der Fluglärmgestörten laut:				
Kommunikationsstörungen durch FL	1700	11800	26900	9900
Störungen von Ruhe/Entspannung	1100	5700	11500	7900
Aussage, FL sei „nicht erträglich“	1000	6300	7100	4500

Verfahren: pro Set wurde der %-Anteil derer bestimmt, die in den Reaktionsvariablen einen Wert oberhalb des Skalenneutralitätspunktes aufweisen, und dieser mit der Bevölkerungszahl multipliziert. Berechnung laut Daten des I-Samples (N = 357); Rundung auf 100.

Tab. 9-4 demonstriert, daß auch die absoluten Zahlen derjenigen ansteigen, die über „Störungen von Ruhe und Entspannung durch Fluglärm“ über „Kommunikationsstörungen durch Fluglärm“ klagen und aussagen, der Fluglärm sei nicht erträglich. Aus Abb. 9-1 und 9-2 ist zu ersehen (und aus den Originaldaten in den Kapiteln 4, 5 und 8), wie diese Reaktionen (und selbstverständlich weitere, zu dieser Demonstration nicht herangezogene Variablen) in der analysierten Stichprobe mit dem Fluglärm korrelieren, wie also stärkerer Fluglärm mehr und stärkere Gestörtheitsreaktionen hervorbringt als schwächerer Fluglärm. Dieser relativen Abnahme von Gestörtheitsreaktionen mit abnehmender Belärmung läuft jedoch eine ganz erhebliche absolute Zunahme der Anteile von Personen mit Gestörtheits-Reaktionen entgegen. *Die absoluten Bevölkerungszahlen, die durch Fluglärm in Ruhe und Entspannung, in ihren Kommunikationen gestört werden und den Fluglärm als unerträglich beurteilen, sind größer in weiterer Entfernung vom Flughafen als in seiner unmittelbaren Umgebung.* Wegen der geringeren Besiedlungsdichte und der Reaktionsabnahme mit geringeren „FB1“-Werten sind die absoluten Anzahlen gestörter Bewohner im Cluster-Set A geringer als in B. Sie sind im Cluster-Set B am größten und in A etwas größer (Störungen Ruhe/Entspannung) bzw. etwas kleiner (Kommunikationsstörungen, Nicht-Erträglichkeit von Fluglärm) als in C. Erst in Arealen, wo die Überflughäufigkeiten rapide abnehmen, und die Überflugpegel sich den Verkehrslärmspitzen annähern, geht die absolute Anzahl der fluglärmgestörten Einwohner zurück. Solche Daten – die erheblichen Anzahlen durch Fluglärm gestörter Menschen außerhalb der Schutzzone 2 und die schnell ansteigenden absoluten Anzahlen von Gestörten mit der Wohnentfernung vom Flughafen – erlauben Prognosen über Fluglärmwirkungen, wenn die Häufigkeit der Überflüge weiterhin ansteigt und wenn auf solchen Flächen, innerhalb und auch außerhalb der Schutzzone 2, weitere Wohnsiedlungen errichtet werden, soweit sie nicht schon besiedelt sind (siehe hierzu auch 8.6.3).

## 9.7 Schlußbemerkungen

Dieses problemorientierte Forschungsprojekt dürfte einer der bisher ganz wenigen Versuche sein, in dieser interdisziplinären Breite einen problematischen Sachverhalt, nämlich die Wirkungen von Fluglärm auf Menschen, unter mehreren Aspekten in solcher Detailliertheit der Fragestellungen zu analysieren und diese ineinandergreifenden Untersuchungen an ein und derselben Datenquelle, einer Stichprobe von durch Fluglärm betroffenen Menschen vorzunehmen. Allein die Organisationsprobleme eines solchen Unternehmens waren so neu wie außerordentlich hoch. Sie waren, da jede Vorerfahrungen fehlten, nur durch Erfahrungssammlung in einer Voruntersuchung in den Griff zu bekommen. Die Analyse und Inbeziehungsetzung der empirischen Datenvielfalt erforderte, vor allem für die interdisziplinäre Auswertung der Daten, ein analoges Maß an organisatorischer und methodischer Raffinesse.

Angesichts dieses hohen Aufwandes mögen dem Leser die Ergebnisse dieses Forschungsprojektes zu geringfügig ausgefallen sein. Die Menge und Stringenz der Ergebnisse ist aber nicht nur eine einfache Funktion des Umfangs eines solchen Projektes. Sie ist u.a. ebenso eine Funktion des Arsenal vorhandener realwissenschaftlicher Theorien, die auf diesen problematischen Sachverhalt anwendbar sind. Dieses Projekt demonstriert auch – unbeabsichtigt –, daß der Stand problemrelevanter Theorienentwicklung nicht so hoch ist, wie er zur Lösung der Aufgabe dieses Projektes erwünscht ist. Das Projekt demonstriert damit von angewandter Forschung her, wie nachteilig eine Geringschätzung theorienorientierter Forschung gerade für die Lösung praktischer Aufgaben ist.

Die vorliegenden Ergebnisse können nur geringfügig zur Theorienentwicklung beitragen; hierzu mußten die Fragestellungen dieses Projektes gemäß Themenstellung auch viel zu sehr auf Anwendungsbereiche hin fokalisiert werden. Es bleibt zu hoffen, daß das vorliegende Datenarsenal in Sekundäranalysen auch auf theorienorientierte Fragestellungen hin ausgewertet werden kann und zu Anschluß-Studien anregt. In dem vorliegenden Forschungsbericht sind bei weitem nicht alle Fragen beantwortet, die man an die Rohdaten stellen kann, und sie können es auch nicht sein. Das gilt für alle beteiligten Wissenschaftsdisziplinen mit ihren Perspektiven, wie für Versuche disziplinen-übergreifende Theorien am Datenmaterial zu prüfen, oder durch die Datenkonstellationen inspiriert, neu zu formulieren.

Insoweit handelt es sich um Erkenntnis-Entscheidungen (ALBERT, 1968, S. 55ff.). Für den Anwender der Ergebnisse dieses Projektes, richtiger: für den Praktiker, der Interventionen zum Fluglärmsachverhalt plant und möglicherweise Informationen aus diesem Projekt gewinnen kann, stellt sich das Problem von Handlungs-Entscheidungen (IRLE, 1971, S. 141ff.). Der erkenntnisorientierte Wissenschaftler kann seine Entscheidungen über die Wahrheit seiner Erkenntnisse revidieren und sich leichter mit vorläufiger und geringer Gewißheit abfinden, ob seine Erkenntnis-Entscheidung richtig ist. Der handlungsorientierte Praktiker verlangt hohe Gewißheit, da seine Handlungs-Entscheidungen durch ihnen folgende Handlungen (Interventionen in Realität oder Konstruktion von Realität) weniger revidierbar, wenn nicht irreversibel sind. Dieser Praktiker mag urteilen, daß dieses Projekt ihm weniger Informationen und weniger Gewißheit liefert, als er sucht. Es erhöht dennoch sein Informationsniveau für seine Handlungs-Entscheidungen, verglichen zu dem Niveau, das er ohne die Existenz eines solchen Forschungsprojektes haben kann. Er wird auch darüber informiert, was man derzeit über Fluglärm und seine Wirkungen auf Menschen wissen kann und was man demgemäß praktisch wollen kann, wenn man Handlungs-Entscheidungen auf Erkenntnis gründen will.

## 9.8 Zusammenfassung

- (1) Es wird zwischen Theorie- und problemorientierter Forschung unterschieden; das Fluglärmprojekt wird der problemorientierten Forschung zugerechnet. Diese besteht in der Suche nach einer Theorienkombination, welche den problematisierten Sachverhalt ‚Fluglärmwirkungen auf den Menschen‘ erklären kann.
- (2) Es wird wissenschaftstheoretisch begründet, warum das Fluglärmteam aufgrund der empirischen Ergebnisse nicht sagen kann, was man tun *soll*, sondern nur, was man tun *kann*.
- (3) Bei diesem problemorientierten Forschungsprojekt wird der Wissenschaftler stärker als bei theorienorientierter Forschung das Risiko fürchten müssen, einen existierenden Effekt als zufällig zu bezeichnen, d. h. (durch übermäßige Sicherung gegen den ‚Alpha-Fehler‘) einem ‚Beta-Fehler‘ zu erliegen: die Kosten (das Risiko, z. B. eine Gesundheitsgefährdung unentdeckt zu lassen) sind u. U. sehr groß.
- (4) Der Umstand, daß Effekte des Fluglärms auf somatische Variablen nur in geringem Maße nachgewiesen werden konnten, sollte nicht zu dem Schluß führen, daß solche Effekte (im Sinne eines Gesundheitsrisikos) nicht existent seien oder gar deren Nicht-Existenz bewiesen sei.
- (5) An 8 sozialpsychologischen und physiologischen Variablen der Reaktion auf Fluglärm wird demonstriert, wieviel Prozent der Untersuchten auf verschiedene Stufen der Fluglärmbelastung als überdurchschnittlich betroffen (gestört und beeinträchtigt) gelten müssen. Dabei zeigt sich, daß in stark belärmten Arealen mehr als 3/4 der Bewohner ihre Lebensbedingungen als beeinträchtigt empfinden, und daß auch außerhalb von Schutzbereichen, wie sie in der BRD, in Großbritannien und den USA definiert wurden, erhebliche Anteile der Bevölkerung von Fluglärmfolgen betroffen sind. Diese Informationen mögen als Entscheidungshilfe für Unzumutbarkeitskriterien herangezogen werden.
- (6) Die Reaktion auf Fluglärm wird entscheidend durch Moderatoren (vor allem durch Attitüden zur sozialen Umwelt) mitbestimmt; dies bewirkt: Selbst bei maximaler Fluglärmbelastung gibt es Personen mit geringen Reaktionen, sogar bei minimalem Fluglärm gibt es Personen mit extrem negativer Reaktion auf diesen Umweltstressor.
- (7) Da die Varianzen der Reaktion auf Fluglärm nur zu etwa 1/3 durch den Grad des Fluglärms bestimmt sind, sind die Definitionen der Lärmschutzbereiche des „Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm“ in ausschließlich akustischen Maßen allenfalls grobe Annäherungen an das, was auf der Seite der Reaktionen tatsächlich passiert.
- (8) Es werden verschiedene Handlungs- bzw. Interventions-Alternativen gegen Fluglärm und seine Auswirkungen auf den Menschen diskutiert. Neben der Alternative, nicht zu intervenieren, sind genannt:
  - *Die Moderatoralternative:* Es könnte versucht werden, bestimmte, die Wirkung von Fluglärm moderierende, Variablen so zu beeinflussen, daß sie Werte annehmen, die nach den Ergebnissen des Projekts zu einer Veränderung von Fluglärmreaktionen in Richtung auf Nichtgestörtheit führen. (Auf die Fragwürdigkeit der Legitimität einer solchen Alternative wird hingewiesen).
  - *Die Reaktionsalternative:* Die Betroffenen könnten solche Reaktionen auf Fluglärm zeigen, daß (durch sozialen Einfluß auf andere) eine Minderung des Fluglärms erreicht wird, oder daß sie die physikalische Umgebung durch Bar-

rieren zwischen Stimulus-Sender und Empfänger verändern (z. B. Durchführung von Schallschutzmaßnahmen).

- *Die Stimulusalternative*: Diese könnte darin bestehen, die Lautstärke und Häufigkeit der durch Flugzeuge auftretenden Beschallungsereignisse zu vermindern. Die Stimulusalternative ist ebenso auf Lärmerzeuger (Flugzeuge) wie auf Lärmverteiler (z. B. Planer von Siedlungen) bezogen. Bei einer solchen Alternative wären in besonderem Maße zugleich wirtschafts- und ingenieurwissenschaftliche Perspektiven zu bedenken; für alle denkbaren Maßnahmen (etwa Änderungen von Art und Ausmaß des Flugbetriebs, ebenso von Fluggeräten) wäre eine Güterabwägung zu leisten.
- (9) Der Zusammenhang von Bevölkerungsverteilung und Fluglärmwirkung wird an den 4 akustischen Cluster-Sets (D/C/B/A) demonstriert. Da die absolute Bevölkerungszahl zu den geringer belärmten Sets hin beträchtlich zunimmt (etwa entsprechend deren größerer Fläche), sind dort zwar *relativ* weniger, *absolut* gesehen aber weitaus mehr Personen in ihrer Kommunikation gestört und in ihrer Ruhe und Entspannung beeinträchtigt (in Set C etwa 5 mal so viele wie in Set D, in Set B etwa 3 mal so viele Personen wie in Set C).  
Dieser Sachverhalt erlaubt Prognosen über Fluglärmwirkungen, die bei der weiteren Zunahme des Luftverkehrs wie auch der Besiedlungsdichte zu erwarten sind.

## 9.8 Summary

- (1) When distinguishing between theory-oriented and problem-oriented research the project 'aircraft noise' fall into the latter category. It is the aim of the present research to establish a combination of theoretical concepts which is able to explain the incidence of 'effects of aircrafts noise on the population'.
- (2) Reasons of scientific logic are presented to explain why on the basis of the empirical findings, the research team can only say what *can* be done, not, however, what *should* be done.
- (3) In this problem-oriented project – more than in theory-oriented research – the scientist will have for fear the risk of assessing an actual effect as random, i. e. (by excessive provision not to fall into a type one error, he will commit a type two error: The costs (risk, f. i. to leave actual health impairment undiscovered) may be rather high.
- (4) Even if only minor effects of aircraft noise on somatic variables could be shown, this ought not to lead to the conclusion that such effects (in terms of health risk) were non-existent or that their non-existence would have been proven.
- (5) With respect to eight sociopsychological and physiological variables concerning reaction to aircraft noise it has been demonstrated how much of the respondents on various levels of noise exposure have to be regarded as affected above average (disturbed and impaired). It appears that in highly noise-exposed areas more than 3/4 of the inhabitants considered their environmental conditions as impaired and that also outside protected areas as they are defined in West Germany, Great Britain and the U. S. A., a considerable percentage of the population is affected by the consequences of aircraft noise. This information may aid decisions as to the stipulation of critical tolerances.



- (6) Reaction to aircraft noise is decisively codetermined by moderators (above all by attitudes toward the social environment). It follows from this that while even under maximum noise exposure some individuals may show only slight reactions, there are others, who even under minimum aircraft noise exposure may show extremely negative reactions to this environmental stressor.
- (7) As the level of aircraft noise accounts for only one third of the variance in the reactions to aircraft noise, definitions of noise-protection areas based exclusively on acoustical measures, such as in the 'Act for the protection from aircraft noise', are at best rough approximations to the manifold reactions aircraft noise may actually entail.
- (8) Various alternatives of action or intervention with respect to aircraft noise as well as the impact of the latter on the population is being discussed. Besides the alternative of abstaining from intervention altogether, the following alternatives are mentioned:
- *The moderator alternative:* It might be thought to influence certain variables moderating the effect of aircraft noise in such a way that these variables take on values which according to the present findings lead to a modification of reactions to aircraft noise toward non-disturbance. (The doubtful legitimacy of such an alternative is being pointed out).
  - *The response alternative:* The individuals affected might show reactions to aircraft noise of a kind that (by social influence on others) an attenuation of the aircraft noise is being achieved, or that they modify the physical environment by putting barriers between the source of the stimulus and the receiver (f. i. by installing sound insulation devices).
  - *The stimulus alternative:* This alternative could mean to reduce loudness and frequency of the sound incidence caused by aircraft. This alternative applies to the source of noise (aircraft) and to the distributors of noise (f. i. physical planners) alike. In particular, it involves economic aspects as well as aspects of engineering; for all conceivable measures (such as modifications of organization and amount of air traffic or of aircraft and pertaining equipment) a cost-benefit calculation ought to be made.
- (9) The relationship between distribution of population and the effects of aircraft noise has been demonstrated taking the four acoustical cluster sets (D/C/B/A). Since the absolute number of individuals increases considerably toward the less noise-exposed clusters (f. i. on account of their larger extension) the population there feeling disturbed in their communication and impaired in their rest and recreation, while it is less numerous in *relative* terms is considerably larger in *absolute* terms (in set C about five times as many as in set D; in set B about three times as many as in set C).  
This fact allows for predictions of effects of aircraft noise to be expected on behalf of the further increase of air traffic as well as of the greater density of population.

3272

## FACHWORT- UND ABKÜRZUNGS-VERZEICHNIS zum DFG-Forschungsbericht Fluglärmwirkungen

(Redaktionsteam: Hans-Otto FINKE, Rainer GUSKI, Helmut JÖRGENS, Bernd ROHRMAN  
Anke SCHÜMER-KOHRIS & Rudolf SCHÜMER)

Die folgenden Fachworterklärungen können und sollen nur einen groben Anhaltspunkt geben; sie sind im wesentlichen auf Laien (zumindest des jeweiligen Fachgebiets) ausgerichtet. Dabei sind einige Erläuterungen sehr stark auf den Gebrauch der Begriffe im Rahmen des Fluglärmprojektes zugeschnitten (in anderem Zusammenhang mag eine andere Bedeutung gelten); soweit möglich, wurde auf charakteristische Kapitel (Abschnitts-Nummern) verwiesen. Ein Pfeil verweist auf andere Stichworte des Fachwortverzeichnis. Einige wichtigere Abkürzungen sind hier (alphabetisch eingegliedert) ebenfalls angeführt.

**A (Set):** Hier: Untersuchungs-Teilgebiet mit der geringsten Fluglärmbelastung (der 4-  
Sets).

**Adaptation:** Nachlassen einer Reaktion bei wiederholter Darbietung eines Reizes, Manche Autoren verstehen auch die Änderung eines Reaktionsgefüges (Nachlassen einer Reaktion X, Ansteigen einer Reaktion Y) als Adaption.

**Aktivierung, Aktivierung:** Zentralnervöser Vorgang, bei dem physiologische Einheiten des Körpers erregt werden, bzw. in Funktion treten. Im Zusammenhang mit der Reizung von Sinnesorganen unterscheidet man die positiv-hinwendende → Orientierungs-Aktivierung von der negativ-abwehrenden → Defensiv-Aktivierung. Siehe 5.1.3.1.

**Äquivalenter Dauerschallpegel:** Pegel eines zeitlich konstanten Geräusches, der dem zeitlich schwankenden Schallpegel des Schallereignisses in seiner Wirkung gleichwertig (äquivalent) sein soll (DIN 45641); wird zur Beurteilung von Arbeits- und Verkehrslärm (VDI-Richtlinie 2058 sowie 2569 und 2573 (beide Entwurf)), aber auch für Fluglärm (Störindex  $\bar{Q}$ , Fluglärmgesetz) verwendet.

**Alpha:** Statistisch: Wahrscheinlichkeit, mit der ein behaupteter Effekt durch Zufall erklärbar ist (→ Signifikanz).

**ARAS:** Abkürzung für „ascending reticular activation system“: unspezifisches → Aktivierungssystem in der Formatio reticularis, das z. B. bei Reizung von Sinnesorganen auch zunächst unbeteiligte sensorische und motorische Einheiten in Erregung versetzt.

**Artikulations-Index (AI):** Verschiedene Verfahren zur Kennzeichnung der Sprachverständlichkeit unter Störgeräusch. In 15–20 Frequenzbänden (→ Frequenzanalysen) wird der Abstand von Sprach- und Störpegel in geeigneter Weise zu einem Beurteilungswert zusammengefaßt; → SIL. Siehe 3.5.3

**A-Schallpegel:** → Schallpegel

**Attitude:** Einstellung, Haltung gegenüber Sachverhalten der sozialen Umwelt.

**Audiogramm:** Bei der Prüfung der Hörschärfe eines Menschen mit Hilfe von Audiometern erstellte grafische Darstellung der Hörschärfe bzw. deren Minderung (des „Hörverlustes“) bei verschiedenen Tonfrequenzen.

**B (Set):** Hier: Untersuchungs-Teilgebiet mit zweitgeringster Fluglärmbelastung (der 4 → Set)

4165

- Betagewicht:** Koeffizient, der den Beitrag einer (→ Prädiktor-) Variablen bei der Vorhersage einer anderen Variablen (→ Kriterium) angibt. Betagewichte werden bei → Regressionsanalysen und → Diskriminanzanalysen bestimmt.
- Beurteilungsmaß, Beurteilungsverfahren:** Akustisch: Geräuschkennwert, der mit bestimmten Rechenverfahren aus akustischen Einzelvariablen (Pegel, Häufigkeit, Dauer, Zeit der Schallereignisse) gebildet wird. Siehe 3.5.
- Blutdruck:** Der vom Herz-Kreislauf-System abhängige (arterielle) Blutdruck, der nach der Methode von RIVA-ROCCI (RR) an einem Oberarm gemessen wird, und zwar in der üblichen Weise während des Herzschlages (systolisch) und in der Pause zwischen zwei Herzschlägen (diastolisch); der Blutdruck wird mittelbar durch hormonale und nervale Faktoren bestimmt und ist so in besonderer Weise vom → vegetativen (autonomen) Nervensystem beeinflusst. Siehe 7.1.2.2.4.
- BSG:** Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit; gemessen wird in einer ungerinnbar gemachten Blutsäule in mm, wie tief die festen (korpuskulären) Blutbestandteile nach einer bzw. zwei Stunden nach unten gesunken sind. Indikator für die Aktivität mancher pathologischer Prozesse.
- C (Set):** Hier: Untersuchungs-Teilgebiet mit zweitstärkster Fluglärmbelastung (der 4 → Sets).
- Chi-Quadrat-Test:** Statistisches Verfahren zur Prüfung der → Signifikanz von Häufigkeitsunterschieden (Vergleich beobachteter mit hypothetisch zu erwartenden Häufigkeiten).
- Cholesterin:** Ein in allen Zellen des Organismus vorkommender fettähnlicher Stoff (Lipoid). Spielt u. U. bei der Entstehung der Arteriosklerose eine Rolle.
- Cluster:** Hier: einzelnes Untersuchungsareal der Hauptuntersuchung, in dem örtlich 'gebündelt' eine Teilstichprobe gezogen und ein akustischer Meßpunkt eingerichtet wurde (zus. 32 Cluster; siehe 2.3.1).
- Clustering:** Eine Tendenz des Menschen, ungeordnet wahrgenommenes Material geordnet wiederzugeben.
- Cluster-Set:** → Set.
- Cold-pressure-Test:** Ein Test, der die Reagibilität des → Blutdrucks beurteilen läßt; dieser wird unter bestimmten Bedingungen (Eintauchen einer Hand in Eiswasser) gemessen, bei gewissen Voraussetzungen kann dabei ein deutlicher Anstieg des Blutdrucks („Blutdruckkrise“) erfolgen.
- Composite-Score:** Zusammenfassender Summenwert, in den mehrere Variablen entsprechend ihren Anteilen an der gemeinsamen Varianz der Variablen gewichtet eingehen.
- CS:** → Composite-Score
- D (Set):** Hier: Untersuchungs-Teilgebiet mit stärkster Fluglärmbelastung (der 4 → Sets).
- Dauer,  $D_{10}$ ,  $D_{80}$ :** → Überflugdauer.
- dB, dB (A), dB (lin):** → Schallpegel
- Defensivreaktion:** Physiologische Reaktion bei Einsetzen eines Geräusches, umfaßt (in dieser Untersuchung) ein Abfallen der Pulsfrequenz, der → Fingerpuls- und der Kopfpulsamplitude, weiterhin einen Anstieg der elektrischen → Muskelaktivität und der Fehlerquote beim motorischen Zielverfolgen; (→ Aktivierung). Siehe 5.1.3.1.

4165

**Dermographismus:** Nach mechanischer Reizung auftretende sichtbare Hautreaktion infolge Änderung der Hautdurchblutung. Erlaubt Rückschlüsse auf die Reagibilität des → vegetativen Nervensystems.

**Determination:** Statistisch: Grad, in dem die → Variabilität einer analysierten Variable durch Kenntnis einer/mehrerer anderer Variablen bestimmbar ist.

**Determinationskoeffizient:** Quadrat eines → Korrelationskoeffizienten.

**DFG:** Abkürzung für Deutsche Forschungsgemeinschaft.

**Diskriminanzanalyse:** Statistisch: → multivariates Verfahren, bei dem mehrere einzelne Variablen jeder Person so gewichtet in eine kombinierte Größe („Diskriminanzfunktion“) verrechnet werden, daß der Unterschied (hinsichtlich dieser Kenngröße) zwischen zwei oder mehr Personen-Gruppen statistisch maximal ist. Die Gewichte können als → Betagewichte oder → Ladungen angegeben werden.

**Distraction:** Ablenkung der konzentrierten Wahrnehmung durch Reize, die für eine bestimmte Aufgabe nicht relevant sind, beispielsweise durch Lärm. Siehe 5.1.3.2.

**Dystonie:** Störung der Wechselbeziehungen zwischen sympathischer und parasympathischer Erregung; → vegetatives Nervensystem.

**Eiweiß (Gesamt-Eiweiß):** → Serum-Protein.

**EKG:** Elektrokardiogramm; die Aufzeichnung des vom Herzen bei seiner Tätigkeit erzeugten Aktionsstroms mittels Elektroden, die an Arme und Beine (Extremitäten-EKG) oder an die Brustwand angelegt werden (Brustwand-EKG).

**EMI, Elektromyointegral:** Maß des quantitativen Verhaltens der mittels Elektromyographie erfaßten → Muskelaktivität. Siehe 7.2.3.1.

**Eosinophile:** Untergruppe der → Leukozyten. Verminderung der Eosinophilen: Eosinopenie.

**Faktorenanalyse:** Statistisch: Rechenprozedur, die aus einer Menge korrelierter Variablen ein reduziertes System statistisch unabhängiger („orthogonaler“, nicht korrelierender) Kenngrößen, die „Faktoren“ („Dimensionen“ oder „Achsen“ eines hypothetischen Variablenraumes) definiert. Für jede der ursprünglichen Variablen ist der Zusammenhang mit jedem der Faktoren (die → „Ladung“) bestimmbar; für das Achsensystem ist eine → „Rotation“ üblich.

**Faktorenscore:** Grad, in dem bei einer Person ein (hypothetischer) → Faktor ausgeprägt ist. Wird üblicherweise als (individuell zugeordneter) → z-Wert ausgedrückt.

**FB1, Fluglärm-Bewertungsmaß 1:** Empirisch gewonnenes → Beurteilungsmaß, das bei den Daten der Hauptuntersuchung die höchste Korrelation mit der Beeinträchtigung erreicht. Siehe 3.4.2.2.

**Filter:** 1. → Schallpegel; 2. → Filtertheorie

**Filtertheorie:** Eine Theorie, die – unter der Voraussetzung, daß der Mensch Informationen nur von einem Sinneskanal auf einmal verarbeiten kann – ein Stellglied (Filter) im zentralen Verarbeitungsprozeß annimmt, das darüber bestimmt, welche Information weiter verarbeitet werden soll. Siehe 5.1.3.2.

**Fingerpulsamplitude (FPA):** Durch die Pulswelle verursachte systolische (→ Blutdruck) Ausdehnung der arteriellen Blutgefäße im Bereich des Fingers; hier: der Fingerbeere des linken Zeigefingers. Verringerung der Fingerpulsamplitude bei Lärm wird als Teil des physiologischen → Aktivations-Komplexes aufgefaßt.

4165

**FL:** Hier: Abkürzung für Fluglärm.

**Flimmerverschmelzungsfrequenz:** Diejenige Frequenz von Lichtblitzen, bei der das menschliche Auge die einzelnen Blitze nicht mehr voneinander unterscheiden kann und als kontinuierlich brennendes Licht wahrnimmt.

**Frequenzanalyse:** Akustisch: Zerlegung von Schallvorgängen in Anteile bei verschiedenen Frequenzen. Das Geräusch wird mit – Filtern konstanter absoluter Bandbreite (z. B. 10 oder 100 Hz) oder mit Filtern konstanter relativer Bandbreite (z. B. 1 Oktave oder Dritteloktave) analysiert und der Anteil im jeweiligen Frequenzbereich bestimmt. Die Darstellung heißt Frequenzspektrum.

**Frequenzspektrum:** – Frequenzanalyse.

**F-Test:** Statistisches Verfahren zur Prüfung der → Signifikanz von → Varianzunterschieden.

**Gamma-Globulin:** Ein Teil (eine „Fraktion“) der Globuline, hochmolekularer Eiweißkörper im Blutserum (→ Serumproteine), der besonders bei entzündlichen Prozessen vermehrt ist.

**Globalreaktion-S:** Hier: Globales Maß (→ Faktorenscore) für die Reaktion auf Fluglärm; erster unrotierter → Faktor einer Analyse von Reaktionsvariablen des sozialwissenschaftlichen Fragebogens; wichtigste Komponenten: wahrgenommene Folgen des Fluglärms (Störungen von Ruhe, Entspannung, Kommunikation; Schmerzen); Gefühle der Verärgerung; Unzufriedenheit mit der Wohngegend. Abkürzung RIU. Siehe 4.6.4.3.

**Grundgeräusche, Grundlärm:** Geräusche von verschiedenen Richtungen und Quellen – vorwiegend die Summation aller Verkehrsgeräusche der Umgebung. Meßwerte:  $L_{10}$ ,  $L_{90}$ ; siehe 3.4.4. – Bei der Analyse der Fluglärmwirkung gilt als „Grundlärm“ aller nicht vom Luftverkehr verursachter Lärm in der Wohngegend der Probanden.

**H<sub>81</sub>:** → Überflughäufigkeit.

**Hautstromänderung:** Änderungen eines Schwachstroms, den man durch einen bestimmten Hautbereich (vorzugsweise mit Hilfe von zwei Elektroden an Fingerbeere und Handrücken) fließen läßt; diese werden durch psychische und körperliche Reize ausgelöst und als Reaktionsparameter des → vegetativen Nervensystems verwendet.

**Homogenität:** Die Homogenität einer Variablen, die aus mehreren → Items gebildet wurde, entspricht dem Ausmaß, in dem die in die Variable eingehenden Einzelitems etwas ähnliches messen. Prüfung: z. B. → Trennschärfenkoeffizienten, → Faktorenanalyse der Einzelitems.

**Homöostase:** Gleichgewichtszustand der Körperfunktionen, insbesondere des Hormonhaushalts und des → vegetativen Nervensystems.

**Hypertonie:** Jede Form eines vorübergehend oder dauernd über die Norm erhöhten → Blutdrucks; die Ursachen können in Nierenerkrankungen, Gefäßkrankheiten oder hormonellen Störungen liegen, Bluthochdruck kann aber auch durch Fehlsteuerungen im Nervensystem bedingt sein (erhöhter Sympathicotonus); man spricht dann von einer „essentiellen“ Hypertonie (siehe 7.1.2.2.4). → Vegetatives Nervensystem.

**Hypothalamus:** Teil des Zwischenhirns mit Zentren für die wichtigsten → vegetativen Regulationsvorgänge.

**Hz:** Abkürzung für Hertz (Schwingungen pro Sekunde).

**Interaktion:** → Wechselwirkung.

4165

**Interferenzneigung:** Menschen mit dieser Persönlichkeitseigenschaft neigen dazu, sich durch für eine Aufgabe irrelevante Reize ablenken zu lassen. Wird durch den STROOP-Farbwörter-Test gemessen.

**Interkorrelation:** → Korrelation.

**Interkorrelationsmatrix:** → Matrix, in der die → Interkorrelationen angeordnet sind.

**Intervenierende Variable:** Hier verstanden als theoretische Einflußgröße, die die Verarbeitung des Stimulus (Fluglärm) zur → Reaktion (Fluglärmwirkung) beeinflusst bzw. mitbestimmt; vgl. → Moderator.

**I (-Sample):** Hier: Interdisziplinär untersuchte und ausgewertete Probandengruppe der Hauptuntersuchung (N = 357).

**Item:** Im Fragebogen Fragebogenunterpunkt oder Einzelfrage innerhalb eines Frageblocks.

**Konfigurationsfrequenzanalyse:** Statistisches Verfahren zur Prüfung von Häufigkeitsunterschieden bestimmter Ereigniskonfigurationen zwischen verschiedenen Gruppen (Bedingungen); Test über → Chi-Quadrat.

**Konfundierung (Kontamination):** Beeinflussung von Untersuchungsgrößen durch Faktoren, die in ein zu untersuchendes Abhängigkeitsgefüge unkontrolliert eingreifen.

**Korrelation:** Zusammenhang zwischen zwei Variablen; → Korrelationskoeffizient.

**Korrelationskoeffizient:** Maß für den Zusammenhang zweier Variablen (Meßwertreihen) X und Y. Die am häufigsten benutzten Koeffizienten (z. B. → Produktmoment-Korrelation) beziehen sich auf → lineare Korrelationen und sind üblicherweise so normiert, daß sie zwischen -1 und +1 variieren; dabei weisen positive Werte auf eine gleichsinnige Beziehung (je größer X, desto größer Y), negative Werte auf eine gegensinnige Beziehung hin (je größer X, desto kleiner Y); Werte um Null bedeuten keinen Zusammenhang.

**Korrelation, kanonische:** Maß für den Zusammenhang zwischen zwei Sätzen von Variablen; die Variablen in jedem Satz werden so gewichtet, daß sich ein maximaler Zusammenhang zwischen den beiden Variablensätzen ergibt. Den Variablen werden entsprechende → Ladungen oder → Betagewichte zugeordnet.

**Korrelation, multiple:** Korrelation zwischen mehreren (→ Prädiktor-) Variablen einerseits und einer (→ Kriteriums-) Variablen andererseits. Die Prädiktorvariablen werden (in einer Linearkombination) so verknüpft, daß sich ein maximaler Zusammenhang zwischen den Prädiktorvariablen und dem Kriterium ergibt. Der entsprechende multiple Korrelationskoeffizient ist so definiert, daß er Werte zwischen 0 (kein Zusammenhang) und 1 (perfekter Zusammenhang) annehmen kann.

**Korrelation, partielle:** Zusammenhang zwischen zwei Variablen X, Y, wenn eine oder mehrere andere Variablen konstant gehalten werden bzw. ihr Einfluß auf den Zusammenhang X-Y eliminiert wird.

**Kovarianz:** Maß für die Tendenz zweier Variablen, gleichsinnig zu variieren.

**Kriterium (Kriteriumsvariable):** Jene Variable, die in Regressionsanalysen aus einer oder mehreren (→ Prädiktor-) Variablen vorhergesagt werden soll.

**Labilität, psychovegetative:** Tendenz, auf relativ geringe Belastungen überstark zu reagieren (bei „emotionaler“ Labilität wird insbesondere an Gefühlsschwankungen gedacht).

3867

**Ladung:** Maß, das angibt, inwieweit eine Variable durch eine Dimension (bzw. einen Faktor) beschrieben werden kann.

**Faktorenladung:** Ausprägungsgrad einer Variablen auf einem → Faktor (entspricht ihrer Korrelation mit diesem).

**Kanonische Ladung:** Die kanonische Ladung einer Variablen gibt an, in welchem Ausmaß diese Variable jene Dimensionen widerspiegelt, die den Zusammenhang zwischen zwei Variablenätzen, die in der → kanonischen Korrelation zueinander in Beziehung gesetzt werden, am besten beschreibt.

**Leukozyten:** Weiße Blutkörperchen; hierunter werden mehrere Arten der festen, geformten Blutbestandteile verstanden; bei infektiösen (bakteriellen) Erkrankungen zumeist über ihren Normbereich erhöht.

**Linearität:** Eine Beziehung zwischen zwei Variablen gilt dann als linear, wenn sie durch eine Gerade (bzw. lineare Funktion) dargestellt werden kann. Als nicht-linear bzw. kurvilinear wird eine Beziehung zwischen Variablen genannt, wenn diese besser durch eine nicht-lineare Funktion (z. B. U-Kurve) darstellbar ist.

**Matrix:** Schema aus Spalten und Zeilen, in deren Feldern (Zellen) Werte (z. B. Häufigkeiten, Koeffizienten) in vereinbarter Anordnung stehen. Matrizen ermöglichen überschaubare Anordnungen mehrdimensionaler Zusammenhänge und vereinfachte Rechenoperationen.

**Moderator:** Bei der Analyse der Fluglärmwirkung hier operational definiert als Variable, die – ohne selbst mit dem Stimulus Fluglärm korreliert zu sein – die Korrelationen zwischen Fluglärm und dessen Auswirkungen verändert („moderiert“); siehe 4.1.3.1, 8.1.2 und 8.5.5.1.

**Multikollinearität:** Statistisch: Tatbestand linearer Abhängigkeit von → Prädiktorvariablen untereinander.

**Multivariate Methoden:** Statistische Analyseverfahren, in denen mehrere Variablen je Person verarbeitet und zueinander in Beziehung gesetzt werden (z. B. → multiple/kanonische Korrelation, → Partialkorrelation, → Faktorenanalyse, → Diskriminanzanalyse). Ausgangspunkt: → Interkorrelationsmatrix der je Person betrachteten Variablen.

**Muskelaktivität, elektrische:** Mit Hilfe von Elektroden gemessene Aktivität von Muskeln, in Ruhe oder Bewegung (hier: aufgeklebte Oberflächenelektroden am Unterarm). Gilt als Teil des physiologischen → Aktivations-Komplexes. Die Messung wird als Elektromyographie bezeichnet (EMG = Elektromyogramm). Vgl. → EMI.

**N:** Statistisch: Stichprobenumfang (Anzahl von Probanden oder Ereignissen).

**Omega-Quadrat:** Statistisch: Grad der Varianzreduktion in einer Variable Y durch die Klassifikation der Werte nach X.

**Orientierungsreaktion:** Physiologische Reaktion beim Einsetzen einer schwachen bis mittelstarken Reizung. Umfaßt u. a. motorische Hinwendung zum Stimulus, Abfall der → Fingerpulsamplitude, Anstieg der elektrischen → Muskelaktivität und der Kopfpulsamplitude; ist mit PAWLOWS „Neugier-Reflex“ verwandt, vgl. → Aktivation.

**Parasympathicus:** → vegetatives Nervensystem.

**Pb, Pbn:** Proband(en), Untersuchungsperson(en).

**Pegel:** → Schallpegel.

3827

**Pfadanalyse:** Besteht darin, daß man empirische Korrelationsmuster mit theoretisch zu erwartenden vergleicht; basiert auf Annahmen über die möglichen wechselseitigen Abhängigkeiten. Siehe 8.5.5.2.

**Prädiktor (-variable):** Variable, die zur Vorhersage einer anderen herangezogen wird (→ Regressionsanalyse).

**Produktmoment-Korrelationskoeffizient:** Maß für die → lineare → Korrelation zwischen zwei Meßwertreihen.

**$\bar{Q}$ :** → äquivalenter Dauerschallpegel.

**Reaktion:** Änderung einer Funktion oder Verhaltensweise durch einen Stimulus. Bei der Analyse der Fluglärmwirkung: Größen, deren Ausprägungsgrad als abhängig vom Einwirkungsgrad des Fluglärms verstanden wird ('Wirkungsvariablen').

**Regression:** Methode, um aus den Werten einer oder mehrerer Variablen die Werte in einer anderen zu schätzen. Die Regressionsgleichung beschreibt die Schätzmethode.

**Regressionskoeffizienten:** → Betagewichte.

**Reliabilität:** Ausmaß, in dem ein Meßinstrument bei wiederholter Messung (→ Retest) zu ähnlichen ('stabilen') Ergebnissen führt.

**Retest:** Wiederholung einer Messung nach einer gewissen Zeit; ermöglicht die Abschätzung, inwieweit eine Messung reproduzierbar (→ reliabel) ist.

**Richthäufigkeit:** Hier: Normierte Häufigkeit von Überflügen, bei der die absolute Häufigkeit an den flughafennächsten Meßpunkten gleich 100 % gesetzt wurde. Siehe 3.4.1.2.

**Rotation:** Veränderung des in einer → Faktorenanalyse errechneten Achsensystems (z. B. → „Varimax“-Rotation), mit dem Ziel, Faktoren mit möglichst eindeutigen → Ladungen der Variablen zu erhalten.

**RR:** Abkürzung für → Blutdruck.

**RIU:** Abkürzung für → Globalreaktion-S.

**Schallpegel, Schalldruckpegel, bewerteter Schalldruckpegel:** Allgemein: Logarithmiertes Verhältnis einer Feldgröße zu einer gleichartigen Bezugsgröße (DIN 5493). Schallpegel werden in dB angegeben. Beim Schalldruckpegel sind die in Beziehung gesetzten Größen Schalldrücke, beim bewerteten Schalldruckpegel wird der Schalldruck frequenzabhängig mit einer Bezugskurve bewertet. In der Geräuschemessung wird vorzugsweise die Bewertungskurve A verwendet – der sich ergebende Wert wird A-bewerteter Schalldruckpegel oder kurz A-Schallpegel genannt (DIN 45633). Der A-Schallpegel berücksichtigt die mittleren Frequenzen gegenüber dem unbewerteten Schallpegel (dB (lin)) relativ stärker (DIN 45633).

**Serum:** Die von geformten Bestandteilen freie, nicht mehr gerinnende Blutflüssigkeit.

**Serum-Proteine:** Die im Serum kolloidal gelösten Eiweißkörper, die sich aus niedermolekularen (Albuminen) und höhermolekularen Proteinen (Globulinen) zusammensetzen.

**Set:** Hier: Zusammenfassung von Untersuchungsarealen ähnlicher Fluglärmsituation in der Hauptuntersuchung (Sets A, B, C, D mit je 8 Clustern; Lärmbelastung von A nach D steigend). Siehe 3.4.1.5, 8.2.4.

**SGOT, SGPT:** → Transaminasen.

**Signifikanz:** Sicherheit eines statistischen Ergebnisses (Unterschieds, Zusammenhangs); ein Effekt gilt als signifikant, wenn seine Zufallswahrscheinlichkeit → „Alpha“ kleiner



als 0.05 oder 0.01 ist (5 %-/1 %-Signifikanz- bzw. 95 %-/99 %-Verlässlichkeitsniveau); Prüfung durch „Signifikanz-Tests“. (Eine nicht nachgewiesene Signifikanz ist kein Beweis für das Fehlen des Effektes.)

**SIL:** → Speech Interference Level.

**Skala:** Instrument zur Quantifizierung von Variablen.

**Speech Interference Level (SIL):** Verfahren zur Kennzeichnung der Sprachverständlichkeit unter Störgeräusch; → AI. Der SIL-Wert wird als Mittelwert der 3 Oktavpegel des Störgeräusches im Bereich 600–4800 Hz berechnet. Siehe 3.5.3.

**Spitzenpegel:** Maximal erreichter → Schallpegel eines zeitlich veränderlichen Schallereignisses. Zur Kennzeichnung der Fluglärmbelastung wird der Spitzenpegel als Einzelvariable verwendet oder nach geeigneter Mittelung in → Beurteilungsverfahren verrechnet.

**Stabilität:** → Reliabilität.

**Standardabweichung:** → Streuung.

**Statement:** Behauptung, zu der ein Proband sich zustimmend oder ablehnend äußern kann; spezielle Form eines → Items.

**Stimulus:** Auf Funktionen/Verhaltensweisen einwirkender Reiz. Bei der Analyse der Fluglärmwirkung: der auf die untersuchte Bevölkerung einwirkende Fluglärm (Häufigkeit, Intensität, Dauer usw. von Überflügen).

**Streuung:** Statistisch: Maß für die durchschnittliche Abweichung der individuellen Meßwerte vom Gesamtmittelwert in einer Variable; Kurzbezeichnung:  $s$  ( $s^2$ : → Varianz).

**Sympathicus:** → vegetatives Nervensystem.

**Test:** Statistisch: Prüfung, ob ein statistisches Ergebnis (z. B. Unterschied, Zusammenhang) durch Zufall erklärbar oder → „signifikant“ ist.

Biometrisch: standardisiertes Verfahren zur Messung physischer oder psychischer Eigenschaften (Leistungen, Einstellungen).

**Tracking:** Motorisches Zielverfolgen, bei dem der Mensch versuchen muß, eine Linie oder eine Sollmarke durch kontinuierliches Bewegen eines Hebels oder Knopfes nicht zu verlassen.

**Transaminasen:** Stoffwechsellenzyme, die u. a. im Serum in einer bestimmten Menge immer nachweisbar sind und bei bestimmten Krankheitszuständen (Lebererkrankungen, Herzinfarkt) vermehrt vorkommen; z. B. Serum-Glutamat-Oxalacetat-Transaminase = SGOT, Serum-Glutamat-Pyruvat-Transaminase = SGPT.

**Transformation:** Statistisch: Die Veränderung von Meßwerten (z. B. Fragebogenvariablen, physiologischen Verlaufswerten usw.). Lineare Transformation: Veränderung einer Variable in der Weise, daß die relativen Abstände der Meßwerte zueinander erhalten bleiben (z. B. Standardisierung, → z-Werte). Nichtlineare Transformation: z. B. Normalisierung einer nicht normalen Verteilung (etwa: logarithmische Transformation, Flächentransformation). Ziel einer Transformation ist es häufig, die Normierung der Variablenwerte auf einen bestimmten Mittelwert und eine bestimmte Standardabweichung zu erreichen.

**Trennschärfe:** Ausmaß, in dem ein Einzelitem einer zusammenfassenden Variablen das gleiche wie diese mißt (d. h. mit dieser korreliert).

2975

**t-Test:** Statistisches Verfahren zur Prüfung der → Signifikanz eines Mittelwertsunterschieds zweier Stichproben hinsichtlich einer Variablen.

**Überflugdauer:** Zeitraum eines Schallereignisses über einer bestimmten Pegelstufe (z. B.:  $D_{10}$  als Zeit, in der ein Pegelwert, der 10 dB unter dem → Spitzenpegel liegt, überschritten wird;  $D_{80}$  als Zeit, in der ein vorgegebener Pegelwert von 80 dB(A) überschritten wird).

**Überflughäufigkeit:** Zahl der Überflüge während einer bestimmten Bezugszeit (Stunde, 16 Stunden, 24 Stunden, Nacht);  
Hier: relativierte Häufigkeit (vgl. → Richthäufigkeit) oder Häufigkeiten von Überflügen bestimmter Mindestpegel (z. B. ab 81 dB(A) = „ $H_{81}$ “).

**Validität (Gültigkeit):** Ausmaß, in dem eine Variable (Aussage, → Test) tatsächlich das charakterisiert, was durch sie erfaßt werden soll.

**Varianz:** Maß für die Variabilität einer Variablen; Kurzbezeichnung:  $s^2$  (s: → Streuung).

**Varianzanalyse:** Statistisches Verfahren, das den Effekt einer oder mehrerer Einflußgrößen (und ggf. deren → Wechselwirkungen) auf eine abhängige Variable (auf deren Variabilität) untersucht, d. h., die Mittelwertsunterschiede der Daten verschiedener Bedingungsstufen/-Kombinationen prüft und Signifikanz-Aussagen ermöglicht.

**Varimax-Rotation:** → Rotation.

**Vegetatives(autonomes) Nervensystem:** Jene Teile des Nervensystems, die die vorwiegend unbewußt ablaufenden physiologischen Funktionen regulieren, bestehend aus einem sympathischen (im Wesentlichen → aktivierenden) und einem parasympathischen (im Wesentlichen restituierenden) Anteil; diese bedingen meist, jedoch nicht ausschließlich, gegensätzliche Reaktionen. → Dystonie.

**VI:** Versuchsleiter.

**$V_p, V_{pn}$ :** Versuchsperson(en).

**Wechselwirkung (Interaktion):** Effekt zweier oder mehrerer unabhängiger Einflußgrößen auf eine abhängige Variable, der nicht additiv aus der Wirkung der einzelnen Einflußgrößen erklärbar ist.

**Weisses Rauschen:** Ein Geräusch, in dem alle hörbaren → Frequenzen mit gleichen Energieanteilen vorkommen. Wird in der Lärmforschung oft als sogenannter „neutraler Schall“ verwendet.

**z-Wert:** Standardisierter Variablenwert (je Rohwert: Differenz zum Mittelwert der Verteilung, dividiert durch deren Standardabweichung).

1790

## LITERATURVERZEICHNIS

zum DFG-Forschungsbericht Fluglärmwirkungen.

Das folgende Literaturverzeichnis gilt für alle Kapitel dieses Berichts.

- Albert, H.*: Probleme der Theorienbildung, Entwicklung, Struktur und Anwendung sozialwissenschaftlicher Theorien; in: *Albert*; 1964.
- Albert, H. (Ed.)*: Theorie und Realität; Tübingen 1964.
- Albert, H.*: Traktat über kritische Vernunft; Tübingen 1968.
- Albert, H.*: Wissenschaft, Technologie und Politik; in: *Albert*; 1972, (a).
- Albert, H.*: Konstruktion und Kritik – Aufsätze zur Philosophie des kritischen Rationalismus; Hamburg 1972.
- Albert, H.*: Aufklärung und Steuerung – Gesellschaft, Wissenschaft und Politik in der Perspektive des kritischen Rationalismus; in: *Ortlieb, Molitor & Krone*, 1972, (b).
- Amt für Kommunale Grundlagenforschung und Statistik München (Ed.)*: Münchener Statistik; Heft Januar/Februar, 1968.
- Andreeva-Galanina, E. C., Alekseev, S. V., Kadyskin, A. V., & Voroncov, V.M.*: Elektrophysiologische und biochemische Untersuchungen des Gehirns bei Einwirkung unterschiedlicher Geräusch-Parameter im Experiment; *Gigiena truda i professional' nye zabolevaniya*, 14, Nr. 7, 39–42, 1970.
- Anokhin, P.K.*: Problems of Higher Nervous Activity; Moskau 1949.
- Anokhin, P.K.*: Internal Inhibition as a Physiological Problem; Moskau 1959.
- Anthony, A.*: Effects of Noise on Eosinophil Levels of Audiogenic-Seizure-Susceptible and Seizure-Resistant Mice; *Journal of the Acoustical Society of America*, 27, 1150–1153, 1955.
- Anthony, A., & Babcock, S.*: Effects of Intense Noise on Adrenal and Plasma Cholesterol of Mice; *Experientia*, 14, 103–105, 1958.
- Arnold, M.B. (Ed.)*: Nebraska Symposium on Motivation; Lincoln 1968.
- Ax, A.F.*: The Physiological Differentiation Between Fear and Anger in Humans; *Psychosomatic Medicine*, 15, 433–442, 1953.
- Ax, A.F., Singer, S.J., Zachary, G., Gudobra, R.D., & Gottlieb, J.S.*: Psychophysiological Data Retrieval and Utilization; *Annals of the New Academy of Science*, 115, 890–904, 1964.
- Bauer, K.F. (Ed.)*: Medizinische Grundlagenforschung, Band III; Stuttgart 1960.
- Bennet, E.*: Some Tests for the Discrimination of Neurotic from Normal Subjects; *British Journal of Medical Psychology*, 20, 271–277, 1945.
- Beranek, L.L., Kryter, K.D., & Miller, L.N.*: Reaction of People to Exterior Aircraft Noise; *Noise Control*, 5, 287–324, 1959.
- Bishop, D.E.*: Judgments of the Relative and Absolute Acceptability of Aircraft Noise; *Journal of the Acoustical Society of America*, 40, 108–122, 1966.
- Bitter, C.*: La Gene due au Bruit des Avions; *Revue d'Acoustique*, 10, 88–96, 1970.

595

- Blalock, H.M. Jr.*: Causal Inferences in Non-experimental Research; Chapel Hill 1961.
- Blalock, H.M. Jr.*: Causal Models in the Social Sciences; Chicago/New York 1971.
- Blalock, H.M. Jr., & Blalock, A.B. (Eds.)*: Methodology in Social Research; New York 1968.
- Borgatta, E.F., & Bohrnstedt, G.W. (Eds.)*: Sociological Methodology; San Francisco 1969.
- Borgatta, E.F., & Bohrnstedt, G.W. (Eds.)*: Sociological Methodology; San Francisco 1970.
- Borsky, P.N.*: Community Aspects of Aircraft Annoyance: A Report from the NORC of Chicago and Bolt, Beranek and Newman to the NACA; in: CHABA-Report No. 4, 7-9, 1954.
- Borsky, P.N.*: Community Reactions to Air Force Noise (I. Basis Concepts and Preliminary Methodology. II. Data on Community Studies and their Interpretation; Rept. TR60-689 (II), Contract AF41 (657-79); National Opinion Research Center, University of Chicago, Chicago 1961.
- Borsky, P.N.*: Community Reactions to Sonic Booms in the Oklahoma City Area; National Opinion Research Center, University of Chicago, Chicago 1965.
- Bowsher, J.M., Copeland, W.C., & Robinson, D.W.*: On Judging the Noise from Live Aircraft; National Physical Laboratory, AP/2, 1961.
- Bowsher, J.M., Johnson, D.R., & Robinson, D.W.*: A Further Experiment on Judging the Noisiness of Aircraft in Flight; *Acustica*, 17, 245-267, 1966.
- Brambring, D.*: Verhalten des Kreislaufs, der Atmung und des reflektorischen Muskeltonus bei andauerndem und unterbrochenem Industrielärm; Dissertation, Bonn 1965.
- Brazier, M.A. (Ed.)*: Central Nervous System and Behavior III; Madison 1960.
- Bredenkamp, J.*: Der Signifikanztest in der psychologischen Forschung; Frankfurt 1972.
- Brengelmann, J.C., & Brengelmann, L.*: Deutsche Validierung von Fragebogen der Extraversion, neurotischen Tendenz und Rigidität; *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 7, 291-331, 1960.
- Broadbent, D.E.*: Effects of Noise on Behavior; in: *Harris*, 1957.
- Broadbent, D.E.*: Perception and Communication; London 1958.
- Broadbent, D.E.*: Decision and Stress; London 1971.
- Bürck, W.*: Fluglärm in der Sicht von Mensch und Technik; *Kampf dem Lärm*, 4, 130-138, 1969.
- Bürck, W., Grützmacher, M., Meister, F.J., Müller, E.-A., & Matschat, K.*: Fluglärm, seine Messung und Bewertung, seine Berücksichtigung bei der Siedlungsplanung, Maßnahmen zu seiner Minderung; Gutachten erstattet im Auftrage des Bundesministers für das Gesundheitswesen, Göttingen 1965.
- Bundesgesetzblatt*, Jhrg. 1971, Teil 1: Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (S. 282 ff.).
- Burns, W.*: Noise and Man; London 1968.
- Carlson, G. & Ronge, H.*: Attitude and Opinion Studies on Human Reactions to Aircraft Noise; Lund 1962.

1785

Carlson, L.A., Levi, L., & Orö, L.: Stressor Induced Changes in Plasma Lipids and Urinary Excretion of Catecholamines, and their Modification by Nicotinic Acid; in: *Levi*, 1972.

Committee on the Problem of Noise: Noise – Final Report; Her Majesty's Stationery Office, London 1963.

Cederlöf, R., Johnsson, E., & Sörensen, S.: On the Influence of Attitudes to the Source of Annoyance Reactions to Noise; *Nordisk Hygienisk Tidskrift*, 48, 16–59, 1967.

Cronbach, L.J.: *Essentials of Psychological Testing*; New York 1960.

Dheuss, E.: München – Strukturbild einer Großstadt; Stuttgart 1968.

DIN 45633 Blatt 1: Präzisionsschallpegelmesser; 1970.

DIN 45641: Mittelung zeitlich schwankender Schallpegel; Entwurf 1971.

Edwards, A.L., & Kilpatrick, F.P.: A Technique for the Construction of Attitude Scales; *Journal of Applied Psychology*, 32, 374–384, 1948.

Eiff, A.W.v.: Klinische Aspekte des Muskeltonus; in: *Bauer*, 1960.

Eiff, A.W.v.: Der Gewöhnungseffekt in der therapeutisch-klinischen Forschung, III. Conf. Hungarica pro Therapia et Investigatione; in: *Pharmacologia*, 127, 1964.

Eiff, A.W.v.: Funktionsspezifische Effekte und Gewöhnungsphänomene bei Lärm von unterschiedlicher Zeitstruktur; in: *Psychologische Fragen der Lärmforschung*, 109–118, 1964.

Eiff, A.W.v.: Zentralnervöse Beeinflussung des Elektromyogramms; Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für innere Medizin, 71, 160, 1965.

Eiff, A.W.v.: Experimentelle Analyse einer vegetativen Regulationsstörung; Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für innere Medizin, 73, 42, 1967.

Eiff, A.W.v.: Gegenwärtige Vorstellungen zur Pathogenese der essentiellen Hypertonie; *Hippokrates*, 43, 18–30, 1972.

Eiff, A.W.v., & Meyer-Eppler, W.: Elektromyointegrator, ein Gerät zur quantitativen Auswertung von Muskelaktionsströmen; *Klinische Wochenschrift*, 34, 486, 1956.

Eiff, A.W.v., Frotscher, U., & Hopp, K.: Die Bedeutung des Untersuchers und der Technik des Blindversuchs im kurzdauernden pharmakologischen Experiment; *Klinische Wochenschrift*, 49, 1153, 1971.

Eiff, A.W.v., Quint, H., & Kloska, G.: *Essentielle Hypertonie*; hrsg. v. Eiff, A.W.v., Stuttgart 1967.

Eiff, A.W.v., Plotz, E.J., Beck, K.J., & Czernik, A.: The Effect of Estrogens and Progestins on Blood Pressure Regulation of Normotensive Woman; *The American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 109, 887–892, 1971.

Eysenck, H.J.: siehe *Brengelmann, J.C., & Brengelmann, L.*, 1960.

Fahrenberg, J.: *Psychophysiologische Persönlichkeitsforschung*; Göttingen 1967.

Fahrenberg, J.: Die Bedeutung individueller Unterschiede für die Methodik der Aktivierungsforschung; in: *Schönplflug*, 1969.

Fahrenberg, J., & Myrtek, M.: Zur Methodik der Verlaufsanalyse, Ausgangswerte, Reaktionsgrößen (Reaktivität) und Verlaufswerte; *Psychologische Beiträge*, 10, 58–77, 1967.

200

- Fahrenberg, J., & Selg, H.*: Freiburger Persönlichkeitsinventar (FPI); Göttingen 1970.
- Finke, H.-O.*: Fluglärmmessungen in der Umgebung des Hamburger Flughafens, Bericht zum DFG-Projekt Fluglärmforschung; unveröffentlicht, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig 1967.
- Finke, H.-O., & Martin, R.*: Fluglärmmessungen in Wohngebieten; Kampf dem Lärm, 17(1), 1970.
- Finkle, A.L., & Poppen, J.R.*: Clinical Effects of Noise and Mechanical Vibrations of a Turbo-Jet Engine on Man; Journal of Applied Physiology, 1, 183-204, 1948.
- Firestone, C.*, in: Laryngoscope, 48, 146, 1938.  
(Zit. nach *Finkle & Poppen*, 1948.)
- French, N.R., & Steinberg, J.C.*: Factors Governing the Intelligibility of Speech Sounds; Journal of the Acoustical Society of America, 19, 90-119, 1947.
- Friedman, M., Byers, S.O., & Brown, A.E.*: Plasma Lipid Responses of Rats and Rabbits to an Auditory Stimulus; American Journal of Physiology, 212, 1174-1178, 1967.
- Fröberg, J., Karlsson, C.-G., Levi, L., Lidberg, L., & Seeman, K.*: Conditions of Work, Psychological and Endocrine Stress Reactions; Archives of Environmental Health, 21, 789-797, 1970.
- Galloway, W.J., & Bishop, D.E.*: Noise Exposure Forecasts - Evolution, Evaluation, Extensions, and Land Use Interpretations; Report FAA-No-70-9, Contract FA68WA-1900, 1970.
- Gebhardt, F.*: Über die Ähnlichkeit von Faktormatrizen; Psychologische Beiträge, 10, 591-599, 1968.
- Geigy AG (Ed.)*: Dokumenta Geigy - Wissenschaftliche Tabellen; Basel 1960.
- Germana, J.*: Central Efferent Processes and Autonomic-Behavioral Integration; Psychophysiology, 6, 78-90, 1969.
- Gittleman, B., Shatin, L., Bierenbaum, M.L., Fleischman, A.I., & Hayton, T.*: Effects of Quantified Stressful Stimuli on Blood Lipids in Man; Journal of Nervous and Mental Disease, 147, 196-201, 1968.
- Glaser, E.M.*: Die physiologischen Grundlagen der Gewöhnung; Stuttgart 1968.
- Glass, D.C., & Singer, J.E.*: Urban Stress - Experiments on Noise and Social Stressors; New York 1972.
- Graham, J.D.P.*: High Blood Pressure after Battle; Lancet, I, 239, 1945.
- Griffiths, J.D., & Langdon, F.J.*: Subjective Response to Road Traffic Noise; Journal of Sound and Vibration, 8(1), 1968.
- Guilford, J.P.*: Personality; New York 1959.
- Guilford, J.P.*: Fundamental Statistics in Psychology and Education; New York 1965.
- Gulian, E.*: Effects of Noise on Arousal Level in Auditory Vigilance; Acta Psychologica, 33, 381-393, 1970.
- Harris, C.M. (Ed.)*: Handbook of Noise Control; New York/London/Toronto 1957.
- Hays, W.L.*: Statistics for Psychologists; New York 1963.

- Hazard, W.R.*: Predictions of Noise Disturbance near Large Airports; *Journal of Sound and Vibration*, 15(4), 425–445, 1971.
- Heise, D.H.*: Problems in Path Analysis and Causal Inference; in: *Borgatta & Bohrnstedt*, 1969.
- Heitbrink, G.*: Die Bestimmung des Ruhezustandes am Verhalten vegetativer Funktionen; Dissertation, Bonn 1969.
- Henry, J.P., Cassel J.C.*: Psychosocial Factors in Essential Hypertension: Recent Epidemiologic and Animal Experimental Evidence; *American Journal of Epidemiology*, 90, 171, 1969.
- Hörmann, H., & Osterkamp, U.*: Über den Einfluß von kontinuierlichem Lärm auf die Organisation von Gedächtnisinhalten; *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 13, 31–38, 1966.
- Hörmann, H., & Zahn, H.E.*: Der Einfluß von Fluglärm auf die Organisation von Gedächtnisinhalten; Bericht zum 25. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie, 363–369, 1967.
- Horst, A.P.*: Obtaining a Composite Measure from Different Measures of the Same Attributes; *Psychometrika*, 1, 53–60, 1936.
- Hrubes, V., & Benes, V.*: Über den Einfluß wiederholter Lärmbelastung auf Ratten; *Acta Biologica et Medica Germanica*, 15, 592–596, 1965.
- Irle, M.*: Macht und Entscheidungen in Organisationen; Frankfurt 1971.
- Irle, M., & Rohrmann, B.*: Gesamtbericht über die Hamburger Voruntersuchung zum DFG-Projekt Fluglärmforschung der sozialpsychologischen Sektion; unveröffentlicht, Mannheim/Hamburg 1968.
- ISO-Recommendation R 507: Procedure for Describing Aircraft Noise around an Airport; 1967.
- ISO-Recommendation R 1761: Monitoring Aircraft Noise around an Airport; 1970.
- Jansen, G.*: Zur Entstehung vegetativer Funktionsstörungen durch Lärmeinwirkung; *Archiv für Gewerbepathologie und Gewerbehygiene*, 17, 238–261, 1959.
- Jansen, G.*: Zur nervösen Belastung durch Lärm; Beihefte zum Zentralblatt für Arbeitsmedizin und Arbeitsschutz, 9, 1967.
- Jansen, G.*: Experimenteller Beitrag zur „Konstanz vegetativer Schallreaktionen“; *Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Arbeitshygiene*, 6. Jg. 10, 255–259, 1971.
- Jansen, G., & Hoffmann, H.*: Einfluß der Bedeutungsgehalte von Geräuschen und der Persönlichkeitsdimensionen auf lärmbedingte psychosomatische Reaktionen; XVII<sup>e</sup> Congres international de Psychologie appliquee, Liege, 25–30 Juillet, 1971.
- Jansen, G., Klosterkötter, W., & Reineke, R.*: Experimentelle Untersuchungen zur Kompensation lärmbedingter Gefäßreaktionen; *Schriftenreihe: Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Arbeitshygiene*, 29, 303–330, 1969.
- Jansen, G., Rosen, S., Schulze, J., Plester, D., & El-Mofty, A.*: Vegetative Reactions to Auditory Stimuli; *Transactions American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology*, 445–455, May–June 1964.
- Jones, R.M. (Ed.)*: Nebraska Symposium on Motivation; Lincoln 1959.

- 7196
- Josse, R.*: La Gene Causee par le Bruit des Avions; Cahier de Centre Scientifique et Technique du Batiment No 100, Cahier 869, Paris 1969.
- Karagodina, I.L., Soldatkina, S.A., Vinokur, I.L., & Klimukhlin, A.A.*: Auswirkungen des Fluglärms auf die Bevölkerung in der Nachbarschaft eines Flughafens; *Gigiena i Sanitariya* 34, 25-30, 1969.
- Keidel, W.*: Lehrbuch der Physiologie; Stuttgart 1970.
- Khomulo, P.S., Rodionova, L.P., & Rusinova, A.P.*: Über Veränderungen des Lipidstoffwechsels beim Menschen während verlängerter Einwirkung von Industrielärm auf das Zentralnervensystem; *Kardiologia Polska*, 7, 35-38, 1967.
- Kipp, F.*: Hearing Impairment Caused by Aircraft Noise; U. S. Army, 1946. (Zit. nach *Finkle & Poppen*, 1948.)
- Klimuhin, A., & Ossipov, G.*: Measuring and Evaluation of Aircraft Noise in Flight; 6th International Congress on Acoustics, F-3-2, Tokyo 1968.
- Klix, F.*: Information und Verhalten; Berlin 1971.
- Klosterkötter, W.*: Gesundheitliche Bedeutung des Lärms; Bericht 32. Tagung, Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie, Zentralblatt für Bakteriologie, 212, 336-353, 1970.
- Knowler, A.E.*: The Second Noise and Social Survey around Heathrow, London Airport; in: Proceedings of the 7th International Congress on Acoustics, Vol. 2; Budapest 1971.
- Kodama, H.*: Psychological Effects of Aircraft Noise upon Inhabitants of an Airport Neighborhood; a paper presented at the XVII International Congress of Applied Psychology, Liege, Belgium, July 1971.
- König, J.-G.*: Vegetative Reaktionen bei Rechentest und Belärmung; Dissertation, Bonn 1967.
- Kryter, K.D.*: Scaling Human Reactions to the Sound from Aircraft; *Journal of the Acoustical Society of America*, 31, 1415-1429, 1959.
- Kryter, K.D.*: Concepts of Perceived Noisiness, their Implementation and Applications; *Journal of the Acoustical Society of America*, 43(2), 1968.
- Kryter, K.D.*: The Effects of Noise on Man; New York 1970.
- Kryter, K.D.*: A Note on the Quantity (Effective) Perceived Noisiness and Limits of Perceived Noise Level; *Journal of Sound and Vibration*, 25(3), 383-393, 1972.
- Lacey, J.I., & Van Lehn, R.*: Differential Emphasis in Somatic Responses to Stress; *Psychosomatic Medicine*, 14, 73-81, 1952.
- Lazarus, R.S.*: Emotions and Adaptation: Conceptual and Empirical Relations; in: *Arnold*, 1968.
- Lehmann, G.*: Medizinische Grundlagen der Lärmbekämpfung; in: Bericht über den 1. Internationalen Kongreß für Lärmforschung; Zürich/Stuttgart 1960.
- Lehmann, G.*: Einwirkungen des Lärms auf den Menschen; Köln/Opladen 1961.
- Lehmann, G., & Meyer-Delius, J.*: Gefäßreaktionen der Körperperipherie bei Schalleinwirkung; Forschungsberichte des Wirtschafts- und Verkehrsministeriums NRW, Nr. 517 Köln/Opladen 1958.



1190

*Lehmann, G., & Tamm, J.*: Die Beeinflussung vegetativer Funktionen des Menschen durch Geräusche; Forschungsberichte des Wirtschafts- und Verkehrsministeriums NRW, Nr. 257 Köln/Opladen 1956.

*Lehrman, D.S., Hinde, R.A., & Shaw, E.* (Eds.): *Advances in the Study of Behavior*; New York 1965.

*Levi, L.* (Ed.): *Stress and Distress in Response to Psychosocial Stimuli*; Suppl. No. 528 to *Acta Medica Scandinavica*, 191, 1972.

*Lienert, G.A.*: Über die Anwendung von Variablen-Transformationen in der Psychologie; *Biometrische Zeitschrift*, 4, 145-181, 1962.

*Lienert, G.A.*: Die Konfigurationsfrequenzanalyse – ein neuer Weg zu Typen und Syndromen; *Zeitschrift für klinische Psychologie und Psychotherapie*, 19, 99-115, 1971.

*Likert, R.*: A Technique for the Measurement of Attitudes; *Archives of Psychology*, 22, No. 140, 1-55, 1932.

*Lundberg, B.*: Internationale Planung auf längere Sicht zur Begrenzung des Fluglärms; 2. Internationaler Kongreß für Lärmbekämpfung 1962, Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung, 1963.

*Lynn, R.*: *Attention, Arousal, and the Orientation Reaction*; Oxford 1966.

*Malmö, R.B.*: Activation, a Neuropsychological Dimension; *Psychological Review*, 66, 367-386, 1959.

*March, J.G., & Simon, H.A.*: *Organizations*; New York 1958.

*Marulli, A.*; in: *Giornale di Medicina Militare*, 85, 127, 1937. (Zit. nach *Finkle & Poppen*, 1948.)

*Mc Kennell, A.C.*: Aircraft Noise Annoyance around London (Heathrow) Airport; Central Office of Information, London 1963.

*Mc Kennell, A.C.*: Methodological Problems in a Survey of Aircraft Noise Annoyance; *The Statistician*, 19, 1-33, 1969.

*Mehnert, H., Sewering, H., Reichstein, W., & Vogt, H.*: Früherfassung von Diabetikern in München 1967/68; *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 93, 2044-2050, 1968.

*Meister, F.J.*: Probleme der Schallbewertung, Untersuchung der bisherigen akustisch-physiologischen Bewertungsverfahren, insbesondere des Zeit- und Intensitätseinflusses bei Wechselbeschallung; Köln/Opladen 1967.

*MIL Research Ltd.*: Second Survey of Aircraft Noise Annoyance around London (Heathrow) Airport; Her Majesty's Stationery Office, London 1971.

*Moruzzi, G., & Magoun, M.D.*: Brain Stem Reticular Formation and Activation of the EEG; *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology Journal*, 1, 455-473, 1949.

*Müller, W.*: Bildung und Mobilitätsprozeß – Eine Anwendung der Pfadanalyse; *Zeitschrift für Soziologie*, 1, 65-84, 1972.

*Muller, J.L.*: Calculations of Aircraft Noise Duration; *Journal of Sound and Vibration*, 16(4), 1971.

*Muller, J.L., & Niekerk, C.G. van.*: Further Development in the Assessment of Aircraft Noise Disturbance; CSIR-Report MEG 656, Pretoria, South Africa, 1968.

*Nitschkoff, S., & Kriwizkaja, G.* : Lärmbelastung, akustischer Reiz und neurovegetative Störungen; Leipzig 1968.

*Nitschkoff, S., Kriwizkaja, G., & Gnüchtel, U.* : Über neurovegetative Schäden und histomorphologische Veränderungen im Gehirn der Ratte bei Einwirkung akustischer Reize; *Acta Biologica et Medica Germanica*, 19, 33-45, 1967.

*OECD, Committee for Scientific Research*: Research on the Methodological Framework of Social Surveys on Reactions on Aircraft Noise; SR(63)27, Paris 1963.

*Ortlieb, H.D., Molitor, B., & Krone, W.* (Eds.): *Hamburger Jahrbuch für Wirtschafts- und Gesellschaftspolitik*, 17. Jahr; Tübingen 1972.

*Pawlik, K.* : Dimensionen des Verhaltens, eine Einführung in Methodik und Ergebnisse faktorenanalytischer psychologischer Forschung; Bern/Stuttgart 1968.

*Popper, K.* : Logik der Forschung; Tübingen 1966.

*Psychologische Fragen der Lärmforschung*, Kolloquium Berlin-Steglitz; Deutsche Forschungsgemeinschaft, Bad Godesberg 1964.

*Rabbitt, P.* : Recognition: Memory for Words Correctly Heard in Noise; *Psychonomic Science*, 6, 383-384, 1966.

*Robinson, D.W.* : Towards an Unified System of Noise Assessment; *Journal of Sound and Vibration*, 14(3), 1971.

*Robinson, D.W., & Dadson, R.S.* : Re-determination of the Equal-Loudness Relations for Pure Tones; *British Journal of Applied Physics*, 7, 166-181, 1956.

*Robinson, D.W., & Dadson, R.S.* : Threshold of Hearing and Equal-Loudness Relations for Pure Tones, and the Loudness Function; *Journal of the Acoustical Society of America*, 29, 1284-1288, 1957.

*Robinson, D.W., Bowsher, J.M., & Copeland, W.C.* : On Judging the Noise from Aircraft in Flight; *Acustica*, 13, 324-336, 1963.

*Rosen, S.* : Noise, Hearing and Cardiovascular Function; in: *Welch & Welch*, 1970.

*Rylander, R., Sörensen, S., & Kajland, A.* : Annoyance Reactions from Aircraft Noise Exposure; *Journal of Sound and Vibration*, 24(4), 419-444, 1972.

*Sackler, A.M., & Weltmann, S.* : Endokrine Aspekte bei Gehör-Stress; *Aerospace Medicine*, 31, 749, 1960.

*Sader, M.* : Lautheit und Lärm; Göttingen 1966.

*Schachter, S.* : Emotion, Obesity, and Crime; New York 1971.

*Scheuch, E.K.*, unter Mitarbeit von *Daheim, H.* : Sozialprestige und soziale Schichtung; *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, Sonderheft 5, 65-103, 1961.

*Schneirla, T.C.* : An Evolutionary and Developmental Theory of Biphasic Processes Underlying Approach and Withdrawal; in: *Jones*, 1959.

*Schneirla, T.C.* : Aspects of Stimulation and Organization in Approach-Withdrawal Processes Underlying Vertebrate Behavioral Development; in: *Lehrman, Hinde & Shaw*, 1965.

*Schönplflug, W.* (Ed.): *Methoden der Aktivierungsforschung*; Bern 1969.

1190

*Sokolov, E.N.*: Orienting Reflex and Problems of Higher Nervous Activity; Moskau 1958.

*Sokolov, E.N.*: Neuronal Models and the Orienting Reflex; in: *Brazier (Ed.)*, 1960.

*Sokolov, E.N.*: Perception and the Conditioned Reflex; Oxford 1963.

*Stanosek, J.*; in: *Acta Biologica et Medica Germanica*, 13, 331, 1964 (Zit. nach *Nitschkoff & Kriwizkaja*, 1968.)

*Statistisches Amt der Landeshauptstadt München*: Statistisches Handbuch der Landeshauptstadt München; München 1964.

*Stern, R.M., Gaupp, L., & Leonard, W.*: A Comparison of GSR and Subjective Adaptation to Stressful Stimuli; *Psychophysiology*, 7, 3-9, 1970.

*Strachov, A.B., Korsunova, V.I., & Antakova, N.V.*: Morphologische Veränderungen der zentralen Strukturen des akustischen Analysators bei dauernder Lärmeinwirkung; *Bulletin' Eksperimental' noj Biologii i Mediciny*, 35, 95-97, 1970.

*Taylor, P.A.*: The Use of Factor Models in Curriculum Evaluation, A Mathematical Model Relating two Factor Structures; *Educational and Psychological Measurement*, 27, 305-321, 1967.

*Teichner, W.H.*: Interactions of Behavioral and Physiological Stress Reactions; *Psychological Review*, 75, 271-291, 1968.

*Terentev, V.G., Seludjakov, E.E., & Sviridova, E.S.*: Reaktion des Nerven- und Kreislaufsystems des Menschen auf die Einwirkung von Fluglärm; *Voенно-Medicinskij Zhurnal (Moskva)*, Nr. 6, 55-58, 1969.

*Thurstone, L.L.*: The Measurement of Social Attitude; *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 26, 249-269, 1931.

*Tibblin* 1972; in: *Levi*, 1972.

*Tracor, Inc.*: Community Reaction to Airport Noise, Final Report, Volume I; Austin 1970.

*Tracor, Inc. (Connor, W.K., & Patterson, H.P.)*: Community Reaction to Aircraft Noise Around Smaller City Airports; Austin 1972.

*Treptow, K., Hecht, K., & Baumann, R.*: Der Einfluß starker akustischer Reize auf die kurzfristige glykämische Regulierung bei nüchternen Hunden; *Acta Biologica et Medica Germanica*, 16, 423-439, 1966.

*VDI-Richtlinie 2058*: Beurteilung und Abwehr von Arbeitslärm; Blatt 1 = Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft; Entwurf August 1971; Blatt 2 = Beurteilung von Arbeitslärm hinsichtlich Gehörschäden; Oktober 1970.

*Veldman, D.J.*: Fortran Programming for the Behavioral Sciences; New York/London 1967.

*Vetter, H.*: Wahrscheinlichkeit und logischer Spielraum – Eine Untersuchung zur induktiven Logik; Tübingen 1967.

*Wachholder, K., & Kuhnke, E.*: Das „normale“ weiße Blutbild und seine Veränderung unter dem Einfluß langdauernden seelischen Drucks und akuter Aufregung; *Klinische Wochenschrift*, 33, 571-574, 1955.

*Ward, W.D., Glorig, A., Sklar, D.L.*: Temporary Threshold Shift from Octaveband Noises, Applications to Damage Risk Criteria; *Journal of the Acoustical Society of America*, 31, 522, 1959.

- Waters, D.M., & Bottom, C.G.*: The Influence of Background Noise on Disturbance due Aircraft; 7th International Congress on Acoustics, 25N4, Budapest 1971.
- Weber, M.*: Die „Objektivität“ sozialwissenschaftlicher Erkenntnis; in: *Winkelmann*, 1968.
- Webster, J.C.*: Updating and Interpreting the Speech Interference Level (SIL); *Journal of the Audio Engineering Society*, 18(2), 1970.
- Weede, E.*: Zur Methodik der kausalen Abhängigkeitsanalyse (Pfadanalyse) in der nicht experimentellen Forschung; *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, 22, 532–550, 1970.
- Welch, B. & Welch, A.S.*: *Physiological Effects of Noise*; 1970.
- Wenger, M.A.*: Studies of Autonomic Balance in Army Air Force Personnel; *Comparative Psychologic Monographs*, 19, No. 4, 1948.
- Wezler, K., & Böger, A.*: Die Dynamik des arteriellen Systems; *Ergebnisse der Physiologie*, 41, 292–606, 1939.
- Williams, C.E., Pearson, K.S., & Hecker, M.H.L.*: Speech Intelligibility in the Presence of Time-varying Aircraft Noise; *Journal of the Acoustical Society of America*, 50 (2), 1971.
- Williams, C.E., Stevens, K.M., Hecker, M.H.L., & Pearsons, K.S.*: The Speech Interference Effects of Aircraft Noise; Rept. FAA/DS-67-19, Contract FA66WA-1566, Federal Aviation Administration, Washington 1967.
- Winer, B.J.*: *Statistical Principles in Experimental Design*; New York 1962.
- Winkelmann, J.* (Ed.): *Max Weber, Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre*; Tübingen 1968.
- Wyon, D.P.*: Studies of Children under Imposed Noise and Heat Stress; *Ergonomics*, 13, 598–612, 1970.
- Young, R.W.*: Effective Duration of an Aircraft Flyover; 6th International Congress on Acoustics; Tokyo 1968.
- Young, R.W., & Peterson, D.*: On Estimating Noisiness of Aircraft Sounds; *Journal of the Acoustical Society of America*, 45 (4), 834–836, 1969.
- Zimbardo, P.G.*: *The Cognitive Control of Motivation*; Glenview, Ill. 1969.