

Institut für Landtechnik der Technischen Universität München

Gasförmige Emissionen aus Haltungssystemen für Legehennen

Stefan Neser

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Agrarwissenschaften (Dr. agr.) genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. H.-R. Fries

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c.(AE Keszthely) J. Schön
2. Univ.-Prof. Dr. Th. Jungbluth,
Universität Hohenheim
3. Univ.-Prof. Dr. U. Schmidhalter

Die Dissertation wurde am 8. November 2000 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 11. Januar 2001 angenommen.

**Für
Claudia
und
Anna-Lena**

Danksagung

Nach dem Abschluss dieser Arbeit danke ich allen, die zum Gelingen beigetragen haben.

Mein Dank gilt Herrn o. -Univ.-Prof. Dr. agr. Hans Schön für die Überlassung des Themas sowie Herrn Univ.-Prof. Dr. Th. Jungbluth für die Übernahme des Koreferates.

Mein herzlicher Dank gilt allen Kollegen der Landtechnik Weihenstephan, namentlich Frau Dipl.-Ing. agr. Barbara Rathmer, Frau Dipl.-Ing. agr. Silvia Schattner, Herrn Dipl.-Phys. Georg Depta, Herrn Dipl.-Ing. agr. Walter Grotz und Frau Dipl.-Ing. (FH) Sabine Becher, die mich in fachlichen Fragen unterstützten.

Da ein großer Teil dieser Arbeit im Bereich der Methodenentwicklung und Messtechnik lag war die Unterstützung von Dr. agr. Hans Stanzel von großer Bedeutung.

Ich danke Herrn Dr. agr. Andreas Gronauer, der diese Arbeit betreut hat, für seine unermüdlige Bereitschaft zur Diskussion. Durch seine kritischen Anregungen ergaben sich immer wieder neue Ansätze.

Für die Unterstützung des Forschungsvorhabens durch die Landwirtschaftlichen Lehranstalten Triesdorf, namentlich Herrn Dr. Horst v. Zerboni und Herrn Hans-Joachim Schleicher bedanke ich mich sehr herzlich.

Besonderer Dank gilt dem Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen für die Finanzierung sowie dem Bayerischen Landesamt für Umweltschutz, vertreten durch Frau Dr. Nadja Sedlmaier und Herrn Dipl.-Ing. Roman Koch, für die fachliche Begleitung dieses Forschungsvorhabens.

Meiner Familie gebührt großer Dank für die geduldige, langjährige Unterstützung.

Weihenstephan, im September 2000

Stefan Neser

Inhalt

| | | |
|---------|-----------------------------------------------------|----|
| 1 | Einleitung..... | 13 |
| 1.1 | Ammoniakemissionen..... | 13 |
| 1.2 | Lachgasemissionen | 15 |
| 1.3 | Methanemissionen | 16 |
| 2 | Stand des Wissens..... | 19 |
| 2.1 | Haltungsverfahren..... | 19 |
| 2.1.1 | Käfighaltung | 20 |
| 2.1.2 | Volierenhaltung..... | 23 |
| 2.1.3 | Bodenhaltung | 23 |
| 2.1.4 | Freilandhaltung bzw. intensive Auslaufhaltung | 25 |
| 2.2 | Rechtliche Rahmenbedingungen | 25 |
| 2.2.1 | Bundes-Immissionschutzgesetz (BImSchG) | 25 |
| 2.2.2 | Rechtsvorschriften zum Tierschutz..... | 28 |
| 2.2.3 | Maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK)..... | 28 |
| 2.3 | Emissionen..... | 29 |
| 2.3.1 | Bildungsmechanismen | 29 |
| 2.3.2 | Quellentypen..... | 34 |
| 2.3.3 | Messverfahren..... | 34 |
| 2.3.3.1 | Volumenstrommessung..... | 35 |
| 2.3.3.2 | Gaskonzentrationsmessung..... | 36 |
| 2.3.4 | Emissionsraten | 43 |
| 2.3.4.1 | Ammoniak..... | 44 |
| 2.3.4.2 | Distickstoffoxid..... | 45 |
| 2.3.4.3 | Methan | 45 |
| 2.3.5 | Verfahrenstechnische Konsequenzen | 45 |
| 3 | Zielsetzung..... | 47 |
| 4 | Material und Methode..... | 50 |
| 4.1 | Stallungen | 50 |

| | | |
|---------|----------------------------------------|----|
| 4.2 | Verfahrenskenndaten | 53 |
| 4.2.1 | Tiere | 53 |
| 4.2.2 | Fütterung | 53 |
| 4.2.3 | Leistungsdaten | 54 |
| 4.3 | Messtechnik | 55 |
| 4.3.1 | Gaskonzentrationsmessung | 55 |
| 4.3.1.1 | Probenentnahme und Probenleitung | 55 |
| 4.3.1.2 | Messstellenumschaltung | 56 |
| 4.3.1.3 | FTIR-Spektrometer | 57 |
| 4.3.2 | Volumenstrom | 59 |
| 4.3.2.1 | Messimpeller | 59 |
| 4.3.2.2 | Kalibration | 60 |
| 4.3.2.3 | Kohlendioxidbilanz | 63 |
| 4.3.3 | Randparameter | 64 |
| 4.4 | Statistische Auswertung | 65 |
| 5 | Messverfahren | 67 |
| 5.1 | Adaption der Messverfahren | 67 |
| 5.1.1 | Gaskonzentrationsmessung | 67 |
| 5.1.2 | Volumenstrommessung | 72 |
| 5.1.2.1 | Messimpeller | 72 |
| 5.1.2.2 | Kohlendioxidbilanz | 74 |
| 5.2 | Diskussion der Messverfahren | 78 |
| 5.2.1 | Gaskonzentration | 78 |
| 5.2.1.1 | Querempfindlichkeit | 79 |
| 5.2.1.2 | Nachweisgrenzen | 79 |
| 5.2.1.3 | Gesamtbewertung FTIR | 80 |
| 5.2.2 | Messimpeller | 81 |
| 5.2.2.1 | Technischer Aufwand | 81 |
| 5.2.2.2 | Zeitliche Auflösung | 82 |
| 5.2.2.3 | Kalibration | 82 |

| | | |
|---------|-------------------------------------------------|-----|
| 5.2.3 | CO ₂ -Bilanz..... | 82 |
| 5.2.3.1 | Technischer Aufwand..... | 82 |
| 5.2.3.2 | Zeitliche Auflösung..... | 83 |
| 5.2.3.3 | Kalibration bzw. Korrektur..... | 83 |
| 6 | Emissionen..... | 85 |
| 6.1 | Konzentrationen..... | 85 |
| 6.1.1 | Kohlendioxid (CO ₂)..... | 85 |
| 6.1.2 | Wasserdampf (H ₂ O)..... | 88 |
| 6.1.3 | Distickstoffoxid (N ₂ O)..... | 90 |
| 6.1.4 | Ammoniak (NH ₃)..... | 94 |
| 6.2 | Volumenströme..... | 97 |
| 6.3 | Emissionsraten..... | 101 |
| 6.3.1 | Kohlendioxid (CO ₂)..... | 101 |
| 6.3.2 | Distickstoffoxid (N ₂ O)..... | 104 |
| 6.3.3 | Ammoniak (NH ₃)..... | 107 |
| 6.4 | Randparameter..... | 109 |
| 6.4.1 | Stalltemperatur..... | 109 |
| 6.4.2 | Ausscheidungen..... | 113 |
| 6.5 | Diskussion der Emissionsraten..... | 114 |
| 6.5.1 | Hochrechnung der Emission auf Jahresniveau..... | 114 |
| 6.5.2 | Stickstoffbilanz..... | 117 |
| 7 | Ausblick..... | 119 |
| 8 | Zusammenfassung..... | 121 |
| 9 | Literatur..... | 123 |
| 10 | Summary..... | 131 |
| 11 | Anhang..... | A-1 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Verteilung anthropogener Ammoniakemissionen in Deutschland 1996 (nach UBA, 1998)..... | 14 |
| Abbildung 2: Verteilung anthropogener Lachgasemissionen in Deutschland (nach UBA, 1996)..... | 16 |
| Abbildung 3: Verteilung anthropogener Methanemissionen in Deutschland (nach UBA, 1993)..... | 17 |
| Abbildung 4: Flat-deck-Stall, (systematisch)..... | 21 |
| Abbildung 5: Stufenkäfig (systematisch)..... | 21 |
| Abbildung 6: Etagenkäfig mit Kotlängsförderung (systematisch)..... | 22 |
| Abbildung 7: Voliere (nach SAINSBURY, 1992)..... | 23 |
| Abbildung 8: Bodenhaltung von Legehennen (systematisch) | 24 |
| Abbildung 9: Mindestabstandskurve nach TA-Luft | 27 |
| Abbildung 10: Harnsäureabbau zu Ammoniak u. Kohlendioxid (nach GROOT KOERKAMP, 1994)..... | 30 |
| Abbildung 11: Einflussparameter auf die NH ₃ -Emission (nach GROOT KOERKAMP, 1994) | 31 |
| Abbildung 12: Stufen des anaeroben Abbaus komplexer organischer Substanzen bei der Bildung von Methan (HEYER, 1990) | 32 |
| Abbildung 13: Ammoniakemissionsraten aus unterschiedlichen Haltungssystemen (Literaturübersicht) | 44 |
| Abbildung 14: schematische Darstellung der Versuchsstallungen | 50 |
| Abbildung 15: Käfighaltung für Legehennen (Schnitt) | 51 |
| Abbildung 16: Volierenhaltung für Legehennen (Schnitt) | 52 |
| Abbildung 17: Bodenhaltung für Legehennen (Schnitt)..... | 53 |
| Abbildung 18: beheizbarer Probennahmeschlauch, schematischer Aufbau (Schnitt) | 55 |
| Abbildung 19: Ablauf der Messstellenumschaltung (1 h) | 56 |
| Abbildung 20: Strahlengang im FTIR-Spektrometer K300..... | 57 |
| Abbildung 21: Auswertung von IR-Spektren nach dem Lambert-Beerschen Gesetz am Beispiel CO ₂ | 58 |
| Abbildung 22: Aufbau des Messimpellers (schematisch)..... | 60 |
| Abbildung 23: Strahlengang bei der Laser-Doppler-Anemometrie (Zweistrahlmethode), nach [FIEDLER, 1992] | 61 |
| Abbildung 24: Windkanal zur Kalibration der Messimpeller..... | 62 |
| Abbildung 25: Beispiel der Kalibrierfunktion eines Messimpellers..... | 62 |
| Abbildung 26: CO ₂ -Produktion in Abhängigkeit von der Lebendmasse bei Legehennen | 64 |
| Abbildung 27: Konzentrationsschwankung auf Grund des Wechsels der ausgewerteten Linie | 70 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 28: Prinzip der Basislinienkorrektur | 71 |
| Abbildung 29: Strömungsprofil im Windkanal ($\bar{v} = 4,0 \text{ m s}^{-1}$) | 73 |
| Abbildung 30: CO ₂ -Konzentration [Vol.-%] in Abhängigkeit des Fortluftvolumenstroms [$\text{m}^3 (\text{h } 500 \text{ kg})^{-1}$] (Stundenmittelwerte)..... | 75 |
| Abbildung 31: Vergleich des gemessenen (Messimpeller) mit dem errechneten (CO ₂ -Bilanz) Fortluftvolumenstromes [$\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$], Stundenmittelwerte..... | 76 |
| Abbildung 32: CO ₂ -Konzentration [Vol.-%] in Abhängigkeit des Fortluftvolumenstroms [$\text{m}^3 (\text{h } 500 \text{ kg})^{-1}$], (Tagesmittelwerte) | 77 |
| Abbildung 33: Vergleich des gemessenen (Messimpeller) mit dem errechneten (CO ₂ -Bilanz) Fortluftvolumenstromes [$\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$], Tagesmittelwerte | 78 |
| Abbildung 34: Kohlendioxidkonzentration in Abhängigkeit von der Kotmasse im Stall (Käfighaltung)..... | 84 |
| Abbildung 35: Kohlendioxidkonzentration in Abhängigkeit von der Kotmasse im Stall (Volierenhaltung)..... | 84 |
| Abbildung 36: Kohlendioxidkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Frühjahr)..... | 86 |
| Abbildung 37: Kohlendioxidkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Sommer)..... | 87 |
| Abbildung 38: Kohlendioxidkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Winter) | 87 |
| Abbildung 39: Wasserdampfkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Frühjahr)..... | 88 |
| Abbildung 40: Wasserdampfkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Sommer)..... | 89 |
| Abbildung 41: Wasserdampfkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Winter) | 89 |
| Abbildung 42: Distickstoffoxidkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Frühjahr)..... | 91 |
| Abbildung 43: Distickstoffoxidkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Sommer)..... | 91 |
| Abbildung 44: Distickstoffoxidkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Winter) | 92 |
| Abbildung 45: Ammoniakkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Frühjahr)..... | 94 |
| Abbildung 46: Ammoniakkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Sommer) | 95 |
| Abbildung 47: Ammoniakkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Winter)..... | 96 |
| Abbildung 48: Fortluftvolumenstrom aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Frühjahr)..... | 98 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 49: Fortluftvolumenstrom aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Sommer)..... | 99 |
| Abbildung 50: Fortluftvolumenstrom aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Winter)..... | 100 |
| Abbildung 51: Kohlendioxid-Emissionsraten aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Frühjahr)..... | 102 |
| Abbildung 52: Kohlendioxid-Emissionsraten aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Sommer)..... | 103 |
| Abbildung 53: Kohlendioxid-Emissionsraten aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Winter)..... | 103 |
| Abbildung 54: Distickstoffoxid-Emissionsraten aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Frühjahr)..... | 105 |
| Abbildung 55: Distickstoffoxid-Emissionsraten aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Sommer)..... | 105 |
| Abbildung 56: Distickstoffoxid-Emissionsraten aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Winter)..... | 106 |
| Abbildung 57: Ammoniak-Emissionsraten aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Frühjahr)..... | 107 |
| Abbildung 58: Ammoniak-Emissionsraten aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Sommer)..... | 108 |
| Abbildung 59: Ammoniak-Emissionsraten aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Winter)..... | 109 |
| Abbildung 60: Temperaturverläufe in verschiedenen Haltungsverfahren für Legehennen (Frühjahr)..... | 110 |
| Abbildung 61: Temperaturverläufe in verschiedenen Haltungsverfahren für Legehennen (Sommer)..... | 111 |
| Abbildung 62: Temperaturverläufe in verschiedenen Haltungsverfahren für Legehennen (Winter)..... | 111 |
| Abbildung 63: Aussentemperaturspanne (Mittelwert \pm Standardabweichung) im 8-jährigen Jahresmittel..... | 115 |
| Abbildung 64: Jahresverlauf des Fortluftvolumenstromes, der NH ₃ -Konzentration und der NH ₃ -Emissionsrate in einem Käfighaltungssystem (interpoliert)..... | 116 |
| Abbildung 65: Mittlere Stickstoffbilanz bei der Eierproduktion in verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen..... | 117 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelle 1: | Kritische Belastungsgrenzen für Stickstoffeinträge in Ökosysteme (Nilsson und Grennfelt, 1988)..... | 13 |
| Tabelle 2: | Ammoniakemissionen der einzelnen Tierarten (UBA, 1996) | 14 |
| Tabelle 3: | Legehennenhaltung nach Haltungsformen in Deutschland 1997 (Betriebe > 3000 Haltungsplätze) (verändert nach ZMP 1998) | 19 |
| Tabelle 4: | Typische Kenndaten für die Bodenhaltung (BOXBERGER, 1986)..... | 24 |
| Tabelle 5: | Maximale Gaskonzentrationen nach der Kälber- und Schweinehaltungsverordnung..... | 28 |
| Tabelle 6: | Verschiedene Quelltypen in der Landwirtschaft (nach DEPTA ET AL., 1996)..... | 34 |
| Tabelle 7: | Messtechnik zur Bestimmung der Luftrate in Ställen (nach van Ouwerkerk 1993 und Fiedler 1992)..... | 35 |
| Tabelle 8: | Messtechnik zur Bestimmung der Ammoniakkonzentration in der Abluft von Ställen (verändert nach VAN OUWERKERK, 1993) | 43 |
| Tabelle 9: | Futterinhaltsstoffe des Legehennenalleinfutters:..... | 54 |
| Tabelle 10: | Leistungskenndaten | 54 |
| Tabelle 11: | Messbereich der wichtigsten Gase mit dem K300 in der Gaszellenkonfiguration (7,2 m Pfadlänge)..... | 59 |
| Tabelle 12: | Probleme bei ersten Arbeiten mit dem FTIR-Spektrometer K300..... | 68 |
| Tabelle 13: | ausgewählte Wellenzahlen [cm^{-1}] für versch. Gaskomponenten..... | 68 |
| Tabelle 14: | Absorptionsbereiche und Querempfindlichkeiten (nach RUSSWURM,1996) | 79 |
| Tabelle 15: | Hintergrundkonzentrationen (nach SEINFELD, 1998) und untere Nachweisgrenze..... | 80 |
| Tabelle 16: | Mittlere CO_2 -Konzentration in der Fortluft div. Haltungssysteme für Legehennen..... | 88 |
| Tabelle 17: | Mittlere H_2O -Konzentration in der Fortluft div. Haltungssysteme für Legehennen..... | 90 |
| Tabelle 18: | Mittlere N_2O -Konzentration und Anteil der gesichert Messzyklen in der Fortluft div. Haltungssysteme für Legehennen | 93 |
| Tabelle 19: | Mittlere NH_3 -Konzentration in der Fortluft div. Haltungssysteme für Legehennen..... | 96 |
| Tabelle 20: | Mittlere Fortluftvolumenströme aus div. Haltungssystemen für Legehennen..... | 100 |
| Tabelle 21: | Mittlere CO_2 -Emissionsraten aus div. Haltungssystemen für Legehennen..... | 104 |
| Tabelle 22: | Mittlere N_2O -Emissionsraten aus div. Haltungssystemen für Legehennen | 106 |
| Tabelle 23: | Mittlere NH_3 -Emissionsraten aus div. Haltungssystemen für Legehennen | 109 |
| Tabelle 24: | Temperaturen (Außen- und Stalltemperaturen)..... | 112 |
| Tabelle 25: | Analysenergebnisse der Kotproben aus div. Haltungssystemen für Legehennen..... | 113 |
| Tabelle 26: | Mittlere Emissionsraten im Vergleich..... | 116 |

Tabellenverzeichnis (Anhang)

| | |
|-------------------------------------------------------------------|------|
| Tabelle A- 1: Statistische Kennzahlen Ammoniakkonzentration..... | A-1 |
| Tabelle A- 2: Statistische Kennzahlen Ammoniakemissionsrate | A-2 |
| Tabelle A- 3: Rohdaten Käfighaltung, Frühjahrmessung | A-3 |
| Tabelle A- 4: Rohdaten Käfighaltung, Sommermessung | A-8 |
| Tabelle A- 5: Rohdaten Käfighaltung, Wintermessung..... | A-13 |
| Tabelle A- 6: Rohdaten Bodenhaltung, Frühjahrmessung | A-17 |
| Tabelle A- 7: Rohdaten Bodenhaltung, Sommermessung | A-21 |
| Tabelle A- 8: Rohdaten Bodenhaltung, Wintermessung | A-25 |
| Tabelle A- 9: Rohdaten Volierenhaltung, Frühjahrmessung..... | A-29 |
| Tabelle A- 10: Rohdaten Volierenhaltung, Sommermessung | A-33 |
| Tabelle A- 11: Rohdaten Volierenhaltung, Wintermessung..... | A-37 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|----------------------|-------------------------------------------------------------|
| \bar{x} | Mittelwert |
| % | Prozent, von Hundert |
| Δt | Temperaturdifferenz |
| $^{\circ}\text{C}$ | Grad Celsius |
| μg | Mikrogramm |
| a | Jahr |
| Abb. | Abbildung |
| C | Konzentration |
| C | Kohlenstoff |
| CH_4 | Methan |
| CO | Kohlenstoffmonoxid |
| CO_2 | Kohlendioxid |
| d | Tag |
| dt | Dezitonne |
| etc. | et cetera |
| FTIR | Fourier-transformierte Infrarotspektroskopie |
| FTIR | Fourier-transformierte Infrarotspektroskopie |
| g | Gramm |
| h | Stunde |
| H_2O | Wasser |
| Hz | Hertz |
| incl. | inklusive |
| K | Kelvin |
| kg | Kilogramm |
| l | Liter |
| LDA | Laserdoppleranemometer |
| LDL | untere Nachweisgrenze (lower detection limit) |
| LM | Lebendmasse |
| LM | Lebendmasse |
| Max. | Maximum |
| MBA | unter der Hintergrundkonzentration (much below ambient air) |
| Min. | Minimum |

| | |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Mio. | Million |
| N | Stickstoff |
| N ₂ O | Distickstoffmonoxid, Lachgas |
| NDIR | Nicht-dispersive Infrarotspektroskopie |
| NH ₃ | Ammoniak |
| NH ₄ ⁺ | Ammonium-Ion |
| N _t | Gesamt-Stickstoff |
| PAS | Fotoakustische Infrarotspektroskopie |
| pH | pondus hydrogenium, negativer Exponent der Hydronium-Ionen - Konzentration |
| ppmv, ppm | parts per million |
| R ² | Bestimmtheitsmaß |
| s | Standardabweichung |
| s | Sekunde |
| S. | Seite |
| SNR | Signal- zu Rausch- Verhältnis (signal to noise ratio) |
| TS | Trockensubstanz |
| UBA | Umweltbundesamt |
| UV | Ultraviolett |
| Vol. | Volumen |
| W | Watt |
| z.B. | zum Beispiel |
| \dot{V} | Volumenstrom |
| \dot{E} | Emissionsrate |

1 Einleitung

Die Bedeutung der Landwirtschaft als Emittent ökosystem- und klimarelevanter Gase ist seit Jahren unbestritten. Insbesondere die Komponenten NH_3 , N_2O und CH_4 sind in diesem Zusammenhang von Bedeutung.

1.1 Ammoniakemissionen

Der jährliche atmosphärische Stickstoffeintrag erreicht derzeit auf vielen Standorten Größenordnungen von 30-40 kg N ha⁻¹ (NH_y - und NO_x -N); dies übersteigt den Stickstoffbedarf des Waldes um das zwei bis fünffache (BMELF, 1995). In einigen sensibleren Ökosystemen liegen die kritischen Belastungsgrenzen für Stickstoffeinträge noch niedriger. Eine Übersicht über verschiedene Ökosysteme und deren kritische Eintragungsmengen zeigt Tabelle 2. Bei Gegenüberstellung der tatsächlichen Gesamt-N-Depositionen von 30-40 kg N (ha a)⁻¹ sind für diese Ökosysteme bereits die kritischen Depositionsmengen überschritten.

Tabelle 1: Kritische Belastungsgrenzen für Stickstoffeinträge in Ökosysteme (Nilsson und Grennfelt, 1988)

| Natürliche Ökosysteme | kritische Depositionsmenge (NH_y und NO_x) in kg (ha a) ⁻¹ |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| reiche Laubwälder | < 20 |
| Nadelwälder | 10-15 |
| Litorella | 3-7 |

Darüber hinaus schädigen hohe örtliche NH_3 - Konzentrationen in der unmittelbaren Umgebung intensiver Tierhaltung in Kombination mit Staubemissionen Kultur- und Nutzpflanzen..

Neben den Umweltaspekten sollten die Ammoniakkonzentrationen vor dem Hintergrund der Tiergesundheit und somit aus Gründen der Rentabilität möglichst niedrig gehalten werden.

Nach den Angaben des Umweltbundesamtes (UBA, 1998) betragen 1996 die Gesamt-Ammoniakemissionen aller bekannten Quellen in Deutschland 651.000 t. Davon entfallen 533.000 t (81 %) auf die Tierhaltung, 71.000 t (11 %) auf die Mineraldüngeranwendung, 10.000 t (2 %) auf Industrieprozesse und 37.000 t (6 %) auf sonstige Quellen (UBA, 1998). Die Verteilung der anthropogenen Ammoniakemissionen ist in der Abbildung 1 dargestellt.

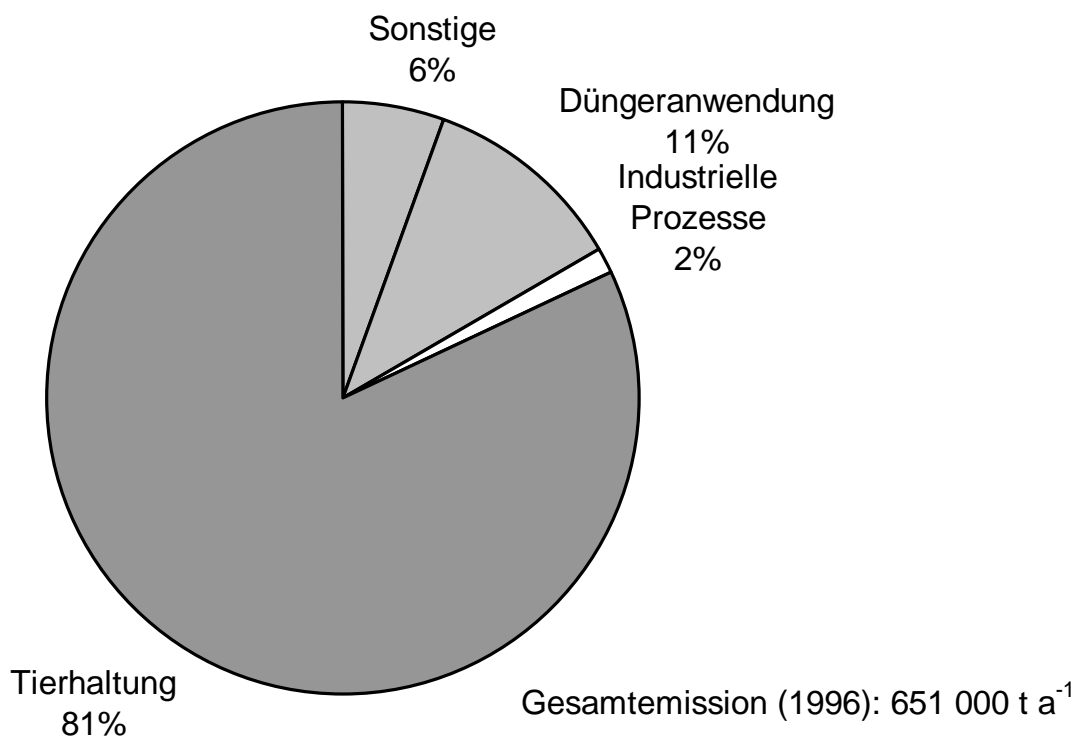


Abbildung 1: Verteilung anthropogener Ammoniakemissionen in Deutschland 1996 (nach UBA, 1998)

Die Verteilung der Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung ist in Tabelle 2 dargestellt. Die Geflügelhaltung trägt in relativ geringem Umfang zur Gesamtemission an NH₃ bei, als Hauptemittent ist die Rinderhaltung zu sehen.

Tabelle 2: Ammoniakemissionen der einzelnen Tierarten (UBA, 1996)

| Tierart | Emissionsfaktor [kg NH ₃ (Tier Jahr) ⁻¹] | NH ₃ -Emission [t a ⁻¹] | Anteil an der Gesamt-Tier-NH ₃ -Emission [%] |
|----------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Rinder | 23,04 | 363.900 | 68 |
| Schweine | 5,36 | 132.700 | 25 |
| Geflügel | 0,25 | 25.700 | 5 |
| Pferde | 12,20 | 6.600 | 1 |
| Schafe | 1,70 | 3.900 | 1 |

Nach anderen Berechnungen (ISERMANN, 1994) schwanken die NH₃-Emissionen aus der Tierhaltung zwischen 400.000 und 600.000 t NH₃ a⁻¹. Diese Emissionen können nach dem Ort

ihrer Entstehung eingeteilt werden in NH_3 -Emissionen, die aus dem Stall stammen bzw. die bei der Lagerung und bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern entstehen. Eine Differenzierung in Nutzungsrichtung der Tiere, Haltungssystem und Entmistungsart wird jedoch nicht vorgenommen. Der Anteil des Geflügels an den NH_3 -Emissionen aus dem Stall beträgt nach diesen Berechnungen ca. 10 %. Bei der Lagerung entstehen aus dem Geflügelkot ca. 7 % der NH_3 -Lagerungsverluste und bei der Ausbringung 8 % der gesamten NH_3 -Ausbringungsverluste. Eine Angabe der Emissionen nur für Legehennen ist mit dem vorhandenen Datenmaterial nicht möglich.

1.2 Lachgasemissionen

Auf Grund der hohen atmosphärischen Verweilzeit von N_2O ist ein kontinuierlicher Anstieg (0,25% pro Jahr) der atmosphärischen Konzentration zu beobachten (ENQUETE-KOMMISSION „SCHUTZ DER ERDATMOSPHERE“ DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES, 1994). N_2O ist einerseits im Bereich der Stratosphäre am Abbau der Ozonschicht beteiligt, andererseits bewirkt es im Bereich der Troposphäre eine Erhöhung des anthropogenen Treibhauseffektes. Für N_2O errechnet sich ein globales Erwärmungspotenzial (GWP) von 270. (Zum Vergleich: GWP von CO_2 : 1, (SEINFELD UND PANDIS, 1998)). Seine Verweilzeit beträgt 130 Jahre. Der Anteil des N_2O am anthropogenen Treibhauseffektes liegt bei rund 6%.

Die Verteilung der anthropogenen Quellen ist Abbildung 2 zu entnehmen. Nach Schätzungen der Enquetekommission erreichen die Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft 107.000 t a^{-1} (incl. Bodennutzung) und liegen somit um ca. 40% über dem Niveau, das vom UBA (1993), auf der Basis Mineraleinsatz berechnet, angegeben wird. Eine weitere Berechnungsmöglichkeit für die Lachgasemissionen besteht darin, die Höhe der Emissionen über den Anteil der N_2O -Emissionen aus dem N-Gehalt der anfallenden Wirtschaftsdüngeremenge zu berechnen. Nach SÖNTGERAT ET AL. (1992) und LUFÄ OLDENBURG (1992), die mit einer N_2O -N-Emissionsrate von 0,1 - 1,6 % des im Wirtschaftsdünger enthaltenen N_{ges} (s.a. EICHNER, 1990; BOLLE, 1986; BOUWMAN, 1990) rechnen, ergeben sich N_2O -Emissionen aus der Tierhaltung von 2.000 - 35.000 t N_2O . Nach der hier beschriebenen Berechnungsmöglichkeit ergeben sich für die Geflügelhaltung ca. 7 % der N_2O -Emissionen aus der Tierhaltung. Eine Aufteilung in einzelne Verfahrensabschnitte (Stall, Lagerung, Ausbringung) kann mit dem vorhandenen Datenmaterial nicht durchgeführt werden; ebenso ist die Quantifizierung der Legehennenhaltung allein nicht möglich.

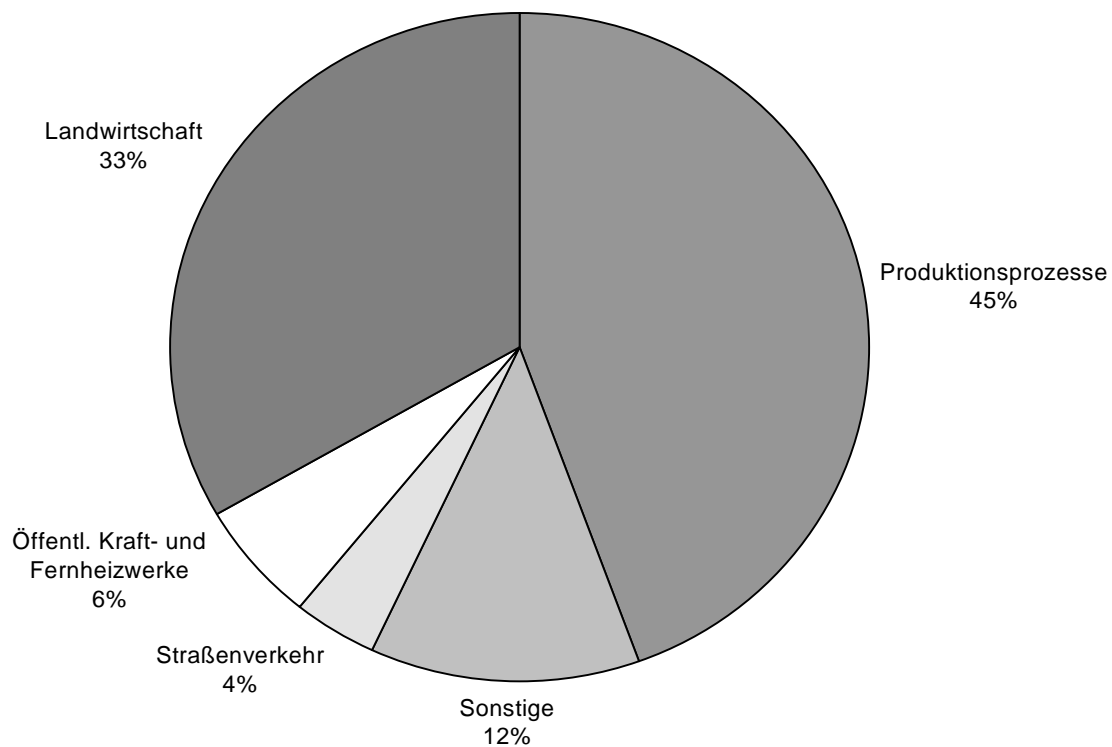


Abbildung 2: Verteilung anthropogener Lachgasemissionen in Deutschland (nach UBA, 1996)

Nach VAN DEN WEGHE (1995) liegen weltweit keine wissenschaftlichen Arbeiten vor, die eine Abschätzung der gesamten Lachgasemissionen aus Fest- und Flüssigmistverfahren der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung zulassen würden. Einzelne Versuchsergebnisse weisen aber darauf hin, dass unter bestimmten Verfahrensbedingungen erhebliche Lachgasemissionen auftreten können (HOY, MÜLLER UND WILLIG, 1997; GROENESTEIN, OOSTHOEK, UND VAN FAASSEN, 1993).

1.3 Methanemissionen

CH₄ gilt nach CO₂ als zweitwichtigstes Treibhausgas der Atmosphäre. Die Wirkung des Methans vollzieht sich in erster Linie im Bereich der Troposphäre durch die Erhöhung des anthropogenen Treibhauseffektes. Der Anteil des Methans am anthropogenen Treibhauseffekt beträgt ca. 12 % (UBA, 1996). Sein globales Erwärmungspotenzial (GWP) beträgt 63. Nach BMU (1993) lagen die CH₄-Emissionen für die BR Deutschland 1990 bei 6000 t, ca. ein Drittel davon ist auf die Landwirtschaft zurückzuführen (Abbildung 3).

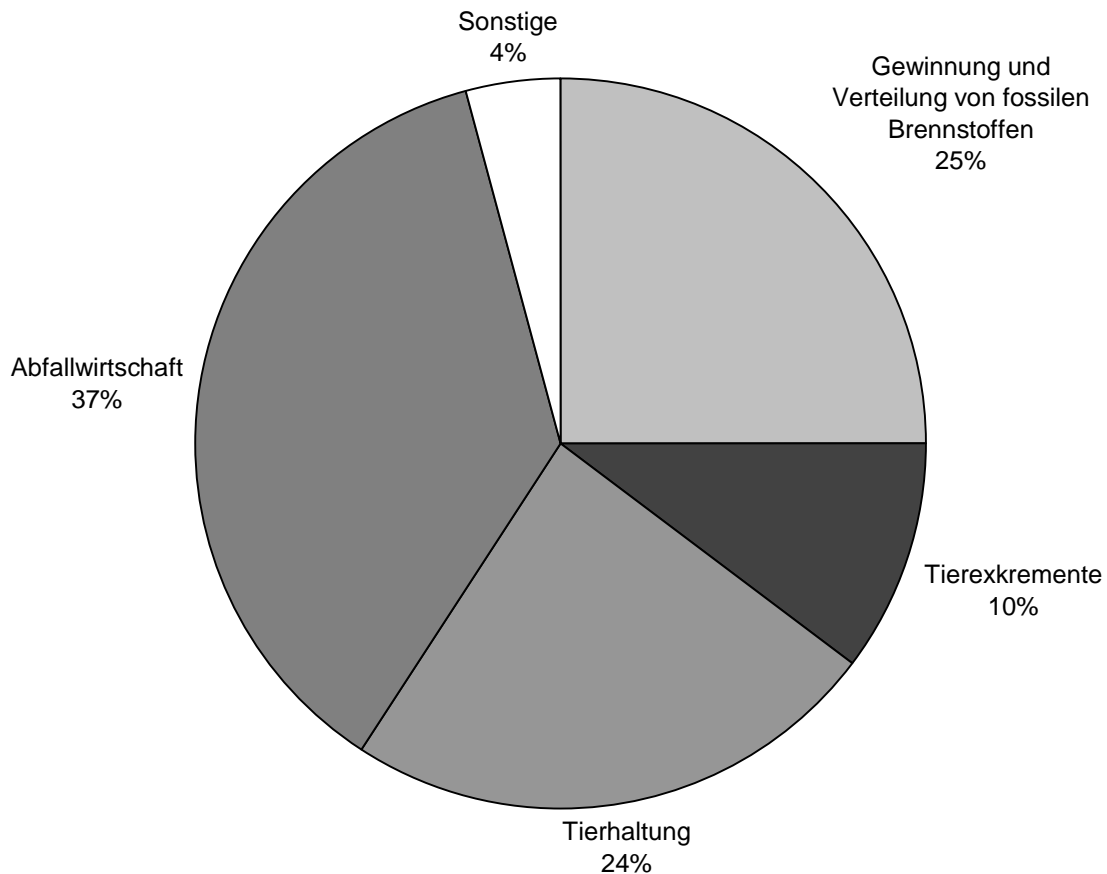


Abbildung 3: Verteilung anthropogener Methanemissionen in Deutschland (nach UBA, 1993)

Die Geflügelhaltung nimmt mit 1,14% einen sehr geringen Anteil ein. Entsprechend dem Dritten Bericht der Enquete-Kommission hat der Anteil der Exkreme von Geflügel mit $145.200 \text{ t CH}_4 \text{ a}^{-1}$ bzw. 3,8 % der exkrementbedingten Emissionen ebenfalls eine geringe Bedeutung. Nach Berechnungen des Umweltbundesamtes (UBA, 1996) betragen die CH_4 -Emissionen aus der Tierhaltung für 1994 1660000 t , nach analogen Berechnungen für 1996 bewegen sich diese Emissionen auf demselben Niveau.

Tierspezifische Emissionsraten zur Berechnung der Emissionen bei der Fermentation geben CRUTZEN et al. (1986) und BOUWMAN (1991) an. Die Emissionen aus den Exkrementen werden über den Mistanfall/Tier und die CH_4 -Emissionsrate aus dem Mist berechnet¹ oder nach HEYER (1994) über die potenzielle CH_4 -Produktion und einen CH_4 -Konversionsfaktor, der von der Exkrementart abhängig ist. Nach der hier beschriebenen Berechnungsmöglichkeit ergibt sich für die Geflügelhaltung insgesamt ein Anteil von ca. 1 % an der CH_4 -Emission der

¹ Umweltbundesamt, mündliche Mitteilung 1997, Herr Strogies

Tierhaltung. Eine separate Betrachtung der Legehennenhaltung ist anhand des vorhandenen Datenmaterials nicht möglich.

2 Stand des Wissens

Die Bewertung von Tierhaltungsverfahren hinsichtlich der Emissivität umwelt- und klimarelevanter Gase erfordert die Betrachtung verschiedener Haltungssysteme (2.1), geltender rechtlicher Rahmenbedingungen für die landwirtschaftliche Praxis (2.2), der zu Grunde liegenden Bildungsmechanismen einzelner Gaskomponenten (2.3.1), der Qualität einzusetzender Messmethoden (2.3.3), und den Stand der Emissionsratenanalyse im In- und Ausland (2.3.4).

2.1 Haltungsverfahren

In der Legehennenhaltung dominiert in den Betrieben mit über 3000 Hennenplätzen die Käfigbatteriehaltung mit über 90% (Tabelle 3), bei Haltungskapazitäten unter 3000 Hennenplätzen haben Bodenhaltungs- und Freilandhaltung ein etwas höheres Gewicht. In der BRD werden ca. 5 Mio. Legehennen in Beständen unter 3000 Tiere gehalten, dies entspricht ungefähr 8% der gesamten Legehennen².

Tabelle 3: *Legehennenhaltung nach Haltungsformen in Deutschland 1997 (Betriebe > 3000 Haltungsplätze) (verändert nach ZMP 1998)*

| | Gesamtzahl | Prozent |
|-----------------------------------------------------|------------|---------|
| Betriebe insgesamt | 1361 | 100,0 |
| Haltungsplätze insgesamt in 1000 Stück | 39676 | 100,0 |
| Käfigbatteriehaltung | | |
| Betriebe | 1242 | 91,3 |
| Haltungsplätze in 1000 Stück | 35575 | 89,7 |
| Volierenhaltung | | |
| Betriebe | 12 | 0,9 |
| Haltungsplätze in 1000 Stück | 108 | 0,3 |
| Bodenhaltung | | |
| Betriebe | 166 | 12,2 |
| Haltungsplätze in 1000 Stück | 2512 | 6,3 |
| intensive Auslaufhaltung und Freilandhaltung | | |
| Betriebe | 105 | 7,7 |
| Haltungsplätze in 1000 Stück | 1481 | 3,8 |

² mündliche Mitteilung 1995, Dr. Damme, Bayer. Landesanstalt für Tierzucht, Kitzingen

Die Haltungsverfahren werden im Folgenden nach ihrer Intensität gereiht.

2.1.1 Käfighaltung

Rund 90 % aller Legehennen in der BRD werden in Käfigen gehalten. Die Gründe hierfür sind produktionstechnische Vorteile, wie z.B. ein geringer Arbeitszeitaufwand auf Grund des hohen Mechanisierungsgrades, die bessere Futtermittelverwertung als bei Boden- oder Freilandhaltung, sauberere Eier bei geringerem Anteil an beschädigten Eiern (SCHOLTYSSSEK 1987) und nicht zuletzt die besseren hygienischen Bedingungen durch die Trennung der Tiere von den Exkrementen. Allerdings darf nicht außer Acht gelassen werden, dass die Henne in der Käfighaltung wichtige Verhaltensmuster nicht durchführen kann. Auch deshalb schreibt die Verordnung zum Schutz von Legehennen bei Käfighaltung (BGBL, 1987) Mindestanforderungen fest, die neben der Beschaffenheit der Käfige auch die Beleuchtung, das Stallklima, die Fütterung und Pflege, die Überwachung der Anlage und die Aufzeichnungspflicht beinhalten.

Je nach Anordnung und Funktion einer Käfiganlage wird unterteilt in:

- Flachkäfig (flat deck),
- Stufenkäfig,
- Etagenkäfig mit Kotlängsförderung und
- Etagenkäfig mit Kotfallschacht.

Flat-deck-Anlage:

Die Käfige sind in einer Ebene, meist zu Viererreihen nebeneinander, angeordnet. Der Kot wird in einem Kotgraben unter den Käfigen oder auf dem Stallboden gelagert. Die Fütterung und Eiersammlung erfolgt vollautomatisch. Somit kann eine Arbeitskraft bis zu 20.000 Tiere versorgen. Die Besatzdichte beträgt 12 Tiere/m². Vorteile der Flat-deck-Anlage sind die gute Mechanisierbarkeit und die einfache Klimatisierung, nachteilig wirkt sich die verhältnismäßig geringe Besatzdichte aus. Flat-deck-Anlagen haben in der Praxis heute kaum mehr Verbreitung und werden vermehrt durch mehrstöckig angeordnete Anlagen ersetzt.

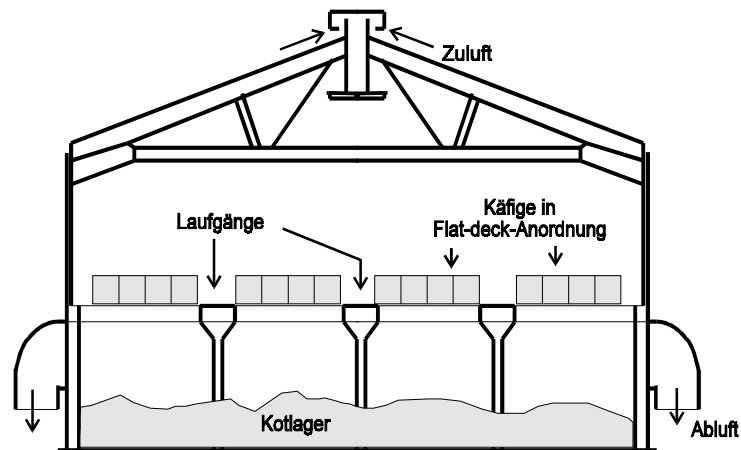


Abbildung 4: Flat-deck-Stall, (systematisch)

Stufenkäfig:

Die Käfige werden derart gestapelt, dass der Kot in einen Kotbunker unter den Käfigen fallen kann. Die Käfige können zur Entmistung mit dem Frontlader abgebaut werden.

Bisher waren zwei oder drei Etagen üblich, heute werden auch vierstöckige Stufenkäfige eingesetzt. Um Grundfläche einsparen zu können, wurden die semi-stepped cages entwickelt. Die oberen Käfige überlappen teilweise die darunter liegenden. Die Besatzdichte liegt in zweistöckigen Anlagen bei 10 Tieren/m² (SCHOLTYSSEK 1987).

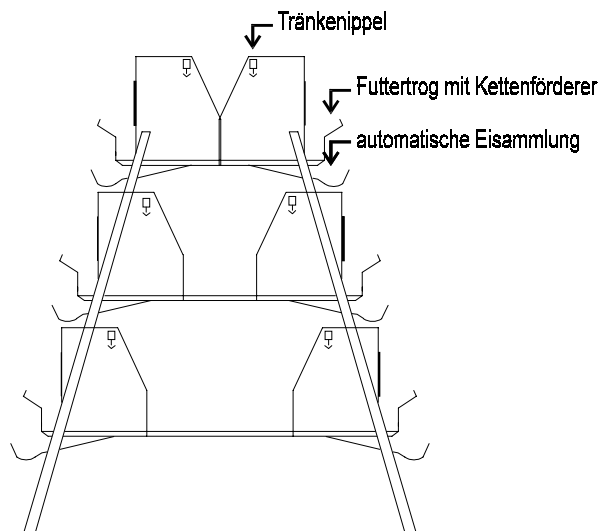


Abbildung 5: Stufenkäfig (systematisch)

Die Vorteile dieses Haltungsverfahrens liegen in der guten Ausnutzung vorhandener Gebäude, da keine festen Mechanisierungsachsen nötig sind. Daraus ergibt sich auch ein verhält-

nismäßig geringer Kapitalbedarf (Boxberger 1986). Wird der Kot im Stall gelagert, können Probleme mit der Klimatisierung (Schadgasgehalt) auftreten.

Etagenkäfig mit Kotlängsförderung:

Etagenkäfige mit Kotlängsförderung bestehen aus Käfigen, die in Doppelreihen mit den Rückwänden zueinander stehen. Die Höhe kann zwischen 3 bis >6 Etagen variieren. Ab 3 Etagen muss durch geeignete Vorrichtungen oder Maßnahmen eine Überwachung der Tiere durch unmittelbares Betrachten der Hennen auf allen Etagen sichergestellt sein (VERORDNUNG ZUM SCHUTZ VON LEGEHENNEN BEI KÄFIGHALTUNG DES BGBL, 1987).

Fütterung, Wasserversorgung und Eiersammlung sind automatisiert. Der Kot fällt entweder etagenweise auf feste Platten und wird in Längsachse mehrmals täglich geräumt (Nasskot) oder wird auf Rundumbändern im Stall vorgetrocknet und in größeren Zeitintervallen abgeräumt. Als Vorteil der Etagenordnung kann die gute Stallraumausnutzung gelten, negativ ist der hohe Mechanisierungsaufwand zu bewerten, der eine Mindestgröße von 3000 Tieren/Stall erfordert (Abbildung 6)

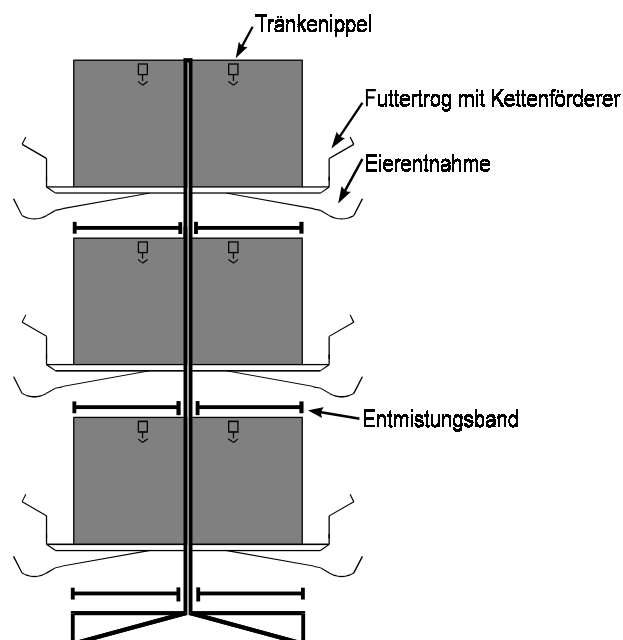


Abbildung 6: Etagenkäfig mit Kotlängsförderung (systematisch)

Neuere Entwicklungen in der Käfighaltung bieten mehr Raum pro Tier (800 cm²/Tier) und haben auch einige strukturelle Verbesserungen in der Ausgestaltung der Käfige. Diese „ausgestalteten Käfige“ bieten den Tieren Einstreu, Sitzstangen und einen Nistkasten.

2.1.2 Volierenhaltung

Die Volierenhaltung (Abbildung 7) stellt ein Bodenhaltungssystem mit verbesserter Raumausnutzung durch die räumliche Anordnung der Sitzstangen und der Versorgungseinrichtungen dar. Damit verbindet dieses System die Vorteile der Käfighaltung (hohe Belegdichte) und der Bodenhaltung (Bewegungsfreiheit, Umweltreize). Allerdings ist ein erhöhtes Krankheits- und Verlustrisiko zu befürchten. Es können 10-15 Tiere/m² Stallfläche gehalten werden (SCHOLTYSSSEK 1987). Eine Sonderform der Volierenhaltung stellt der Tired-Wire-Floor (TWF) dar (Abbildung 7). Drahtgitterböden auf mehreren Ebenen kennzeichnen dieses System. Daher ergeben sich häufig hohe Besatzdichten von 20 Tieren/m² Stallfläche. Diese wurden inzwischen weiterentwickelt (z.B. Dr. Hans Kier-System, Dänemark).

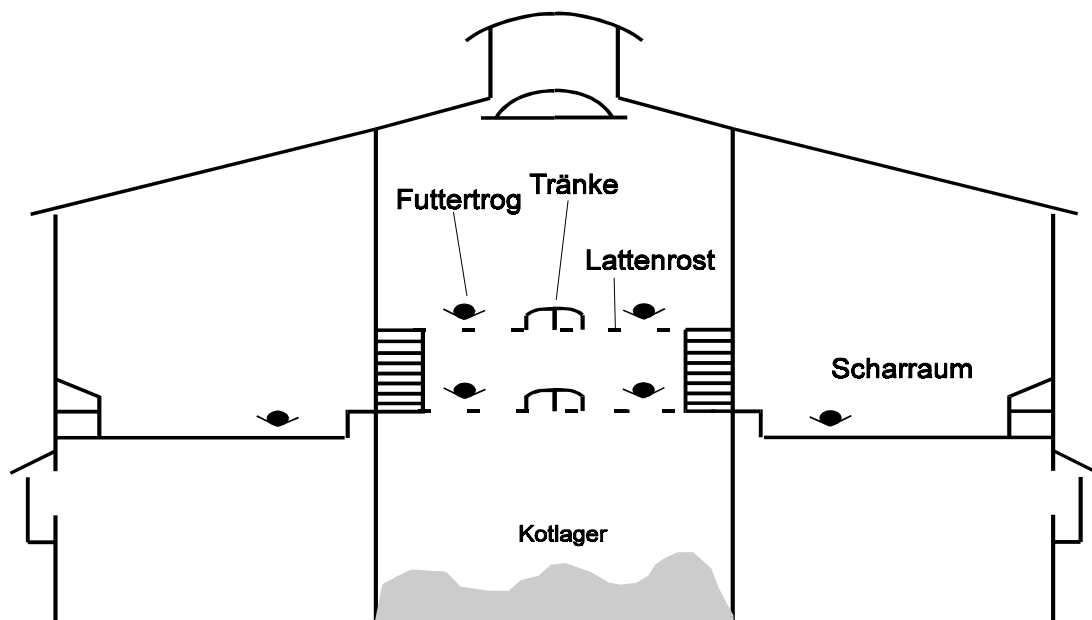


Abbildung 7: Voliere (nach SAINSBURY, 1992)

2.1.3 Bodenhaltung

In der Bodenhaltung werden die Hühner auf Tiefstreu gehalten. Als Einstreu dienen meist Stroh, Hobelspäne oder Sand. Die Tiefstreu wird nach einem Umtrieb entfernt. 60-70% der Stallfläche nimmt eine mit Sitzstangen (1m Sitzstange für 5 Hennen) versehene Kotgrube (bis 80 cm hoch) ein, die den gesamten Kot einer Legeperiode aufnimmt (Abbildung 8).

Die Kotgrube ist mit einem Drahtgeflecht (Maschenweite: 2,5x2,5 cm) überspannt. Zur Eiablage sind im Stall, vorwiegend an den Längsseiten, Einzelnester (4-5 Hennen pro Nest) oder Gemeinschaftsnester (1 m² für 50 Hennen) angebracht.

Je Quadratmeter Stallgrundfläche können ohne Belüftungsanlage bis 4 Legehennen und mit einer installierten Klimaanlage bis 7 Tiere gehalten werden (DLG-PFLICHTENHEFT FÜR DIE GEFLÜGELHALTUNG, 1989).

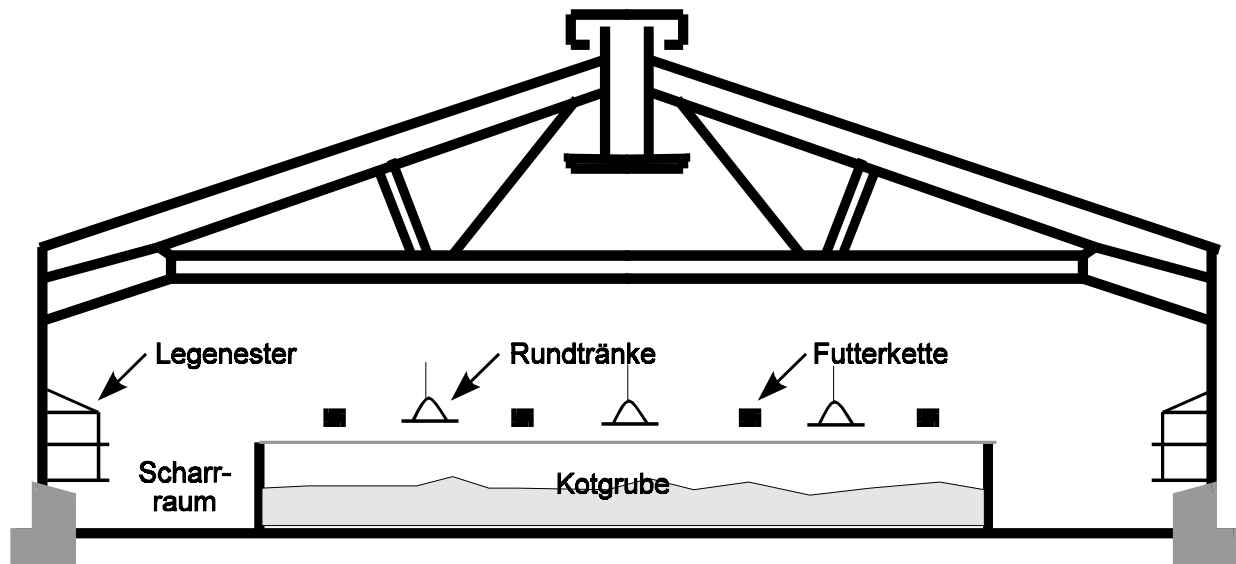


Abbildung 8: Bodenhaltung von Legehennen (systematisch)

Die wichtigsten Kenndaten der Bodenhaltung von Legehennen sind in folgender Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 4: Typische Kenndaten für die Bodenhaltung (BOXBERGER, 1986)

| | |
|------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Belegdichte | 6 Hennen/m ² |
| Scharfläche | mind. 30% der Bodenfläche |
| Kotgrube | max. 70% der Bodenfläche |
| Beleuchtung | 0,75-1,0 W/m ² (max. 16 h) |
| Fressplatzbreite bei Futtertrögen/Tränkerinnen | 12 cm/Henne |
| Tränkenippel | 50 Tiere/Tränke |
| Sitzstangen | |
| Material | Holz |
| Maße | 5 x 6 cm, Kanten abgerundet |
| Abstand | 35 cm |
| Kotgrabengeflecht | |
| Maschenweite | 2,5 x 2,5 cm |
| Drahtstärke | 2 mm |
| Legenester | 4 Hennen/Schlupf |

2.1.4 Freilandhaltung bzw. intensive Auslaufhaltung

Wie aus Tabelle 3 ersichtlich, haben die Freilandhaltung bzw. die intensive Auslaufhaltung in Deutschland relativ geringe Verbreitung. Nur 7,7% der Betriebe mit über 3000 Hennenplätzen halten ihre Tiere ganz oder teilweise in diesen Systemen. Dies entspricht 3,8% der Hennenplätze.

Der Begriff Freilandhaltung ist in diesem Zusammenhang auch nicht ganz zutreffend, da die Tiere nicht ununterbrochen im Freien gehalten werden. Von ALTRICHTER UND BRAUNSBERGER (1992) wird daher die Bezeichnung Auslaufhaltung vorgeschlagen.

Bei Auslaufhaltung sind pro Henne ca. 25 m² Auslauffläche erforderlich, eine Einteilung der Fläche ist als Vorbeugemaßnahme gegen Überbeanspruchung und Krankheiten anzuraten. Ein sicherer Zaun ist dringend erforderlich, erhöht jedoch die Kosten dieses Haltungssystems. Besonderes Augenmerk ist bei der Genehmigung dieser Systeme auf den Schutz des Grundwassers zu legen.

2.2 Rechtliche Rahmenbedingungen

In diesem Kapitel werden Gesetze, Verordnungen und Richtlinien erläutert, die Grenzwerte für Ammoniakkonzentrationen in Innenräumen festlegen, bzw. wegen der Ammoniakemissionen Mindestabstände von Geflügelställen zum Wald vorschreiben. Indirekte Grenzwerte werden in der Hennenhaltungsverordnung sowie in der MAK-Liste (Maximale Arbeitsplatzkonzentration) festgelegt, Mindestabstände in der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft) (GMBL., 1986) und im Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) (BGBL. I, 1990).

2.2.1 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)

Das BImSchG vom 15.03.1974 in der Fassung vom 14.05.1990 (BGBL. I, 1990) und speziell die Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA-Luft, (BGBL., 1985) schreiben bei der Geflügelhaltung einen Mindestabstand der Geflügelhaltungsanlagen zu Wald vor. Die für die Emissionsproblematik relevanten Paragraphen des BImSchG und der TA-Luft sind im Folgenden in Auszügen dargestellt.

Auszug aus BImSchG vom 15.03. 1974 in der Fassung vom 14.05.1990 (BGBl. I, 1990):

§1 Zweck des Gesetzes

Zweck dieses Gesetzes ist es, den Menschen, Tieren und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre, sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen und, so weit es sich um genehmigungspflichtige Anlagen handelt, auch vor Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen, die auf andere Weise herbeigeführt werden, zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen.

[...]

Weitere Paragraphen des BImSchG behandeln die Begriffsbestimmung (§ 3), Genehmigung (§ 4), Pflichten der Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen (§ 5), Pflichten der Betreiber nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen (§ 22) und Anforderungen an die Errichtung, die Beschaffenheit und den Betrieb nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen (§ 23).

In der vierten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4.BImSchV) vom 24.07.1985 (BGBl I, S. 1585) zuletzt geändert durch VO am 16.12.1996) werden im Anhang 7 dieser Verordnung die Bestandsgrößen genehmigungsbedürftiger Anlagen festgelegt:

Anhang:

[...]

7.1 (Spalte 1) Anlagen zum Halten oder zur Aufzucht von Geflügel oder zum Halten von Schweinen mit

- a. 20.000 Hennenplätzen,
- b. 40.000 Junghennenplätzen,
- c. 40.000 Mastgeflügelplätzen,
- d. 20.000 Truthühnermastplätzen,
- e. 2.000 Mastschweineplätzen oder
- f. 750 Sauenplätzen einschließlich dazugehöriger Ferkelaufzuchtplätze (Ferkel bis weniger als 30 Kilogramm Lebendgewicht) oder
- g. 6.000 Ferkelplätze für getrennte Aufzucht (Ferkel von 10 bis weniger als 30 Kilogramm Lebendgewicht)

oder mehr; bei gemischten Beständen werden die Vom-Hundert-Anteile, bis zu denen die vorgenannten Platzzahlen jeweils ausgeschöpft werden, addiert; erreicht die Summe der Vom-Hundert-Anteile einen Wert von 100, ist ein Genehmigungsverfahren durchzuführen. [...]

9.36 (Spalte 2) Anlagen zur Lagerung von Gülle mit einem Fassungsvermögen von 2500 m³ oder mehr.

[...]

In der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA-Luft) vom 27.02.1986 und 04.04.1986 (GMBL, 1986 S. 95 ff u. 202) werden u.a. die Mindestabstände von Geflügelställen zu Wald geregelt:

„3.3.7.1.1 Anlagen zum Halten von Schweinen oder zum Halten oder zur Aufzucht von Geflügel

Mindestabstand

Bei der Errichtung der Anlagen sollen die sich aus dem Diagramm ergebenden Mindestabstände zur Nächsten vorhandenen oder in einem Bebauungsplan festgesetzten Wohnbebauung nicht unterschritten werden. Der sich aus dem Diagramm ergebende Mindestabstand gilt bei Anlagen zum Halten oder zur Aufzucht von Geflügel auch für den Abstand zum Wald. Der Mindestabstand kann unterschritten werden, wenn das geruchsintensive Abgas in einer Abgasreinigungsanlage behandelt wird; der Geruchsminderungsgrad der Abgasreinigungseinrichtung ist in Abhängigkeit von der Geruchszahl des Rohgases festzulegen.

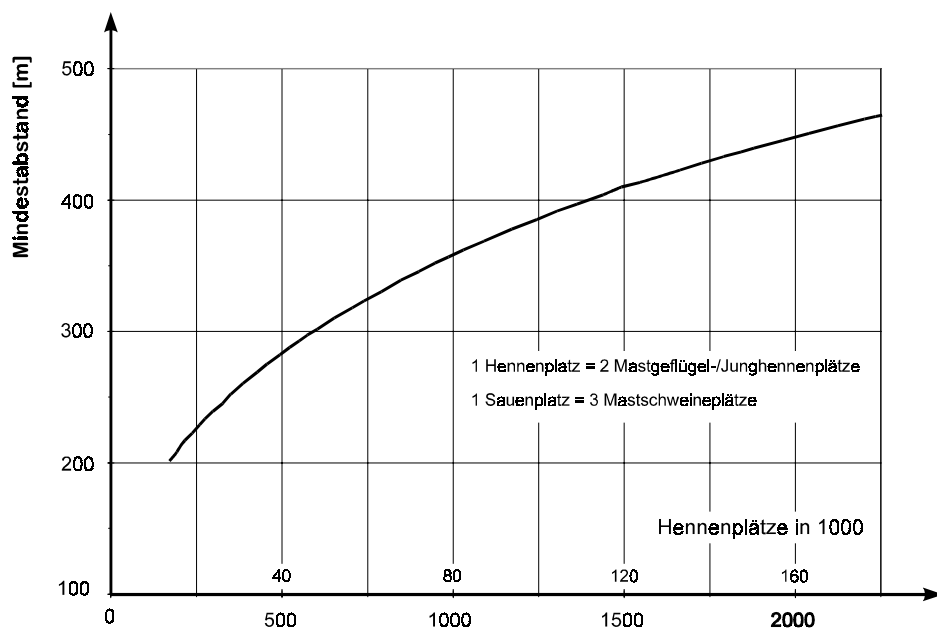


Abbildung 9: Mindestabstandskurve nach TA-Luft

2.2.2 Rechtsvorschriften zum Tierschutz

Rechtsvorschriften zum Tierschutz existieren sowohl für Kälber (KälberhaltungsVO), Schweine (SchweinehaltungsVO) und Hühner (HennenhaltungsVO).

Entsprechend den beiden erstgenannten Verordnungen werden Obergrenzen für die Schadgaskonzentration im Tierbereich angegeben (*Tabelle 5*). Die Hennenhaltungsverordnung (BGBL, 1987) schreibt in § 4 Stallklima vor, dass

„[...] durch Isolation, und Ventilation des Stalles sichergestellt sein muß, dass Luftzirkulation, Staubgehalt, Temperatur, relative Luftfeuchte und Gaskonzentration in einem Bereich gehalten werden, der für die Hennen unschädlich ist. [...]“ .

Genauere Angaben darüber, wie hoch diese Gaskonzentrationen sein sollen, sind in dieser Verordnung nicht enthalten, eine Änderung dieser Verordnung analog der Werte in *Tabelle 5* wird jedoch diskutiert.

Tabelle 5: Maximale Gaskonzentrationen nach der Kälber- und Schweinehaltungsverordnung

| Gas | Konzentration [ppm] |
|------------------|---------------------|
| NH ₃ | 20 |
| CO ₂ | 3000 |
| H ₂ S | 5 |

2.2.3 Maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK)

Für den Menschen ist die Maximale Arbeitsplatzkonzentration von Bedeutung:

„Der MAK-Wert ist die höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes als Gas, Dampf oder Schwebstoff in der Luft am Arbeitsplatz, die nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnis auch bei wiederholter und langfristiger, in der Regel achtstündiger Exposition, jedoch bei Einhaltung einer Wochenarbeitszeit von 40 Stunden [...] im allgemeinen die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt und diese nicht unangemessen belästigt.“ (DFG, 1996).

Der MAK-Wert für Ammoniak liegt seit 1996 bei 20 ppm, bis 1995 betrug er 50 ppm - diese Konzentration ist also auch relevant im Stallbereich, in dem sich für Stallarbeiten wie Tierkontrolle oder Fütterung Personen längere Zeit aufhalten. Nach der MAK-Liste gehört Ammoniak in die Kategorie I (lokal reizende Stoffe), bei der die Kurzzeitwerthöhe von 2 MAK

(hier: 40 ppm) und die Kurzzeitwertdauer von 5 min nicht überschritten werden soll (DFG, 1996).

2.3 Emissionen

2.3.1 Bildungsmechanismen

Im Folgenden Kapitel sollen die Bildungsmechanismen der wichtigsten Schadgase, die in der Tierhaltung, insbesondere der Legehennenhaltung emittiert werden, behandelt werden. Erst die Kenntnis der Umsetzungsvorgänge ermöglicht ein sinnvolles Eingreifen in Produktionsabläufe, um Schadgasemissionen zu mindern.

Ammoniak (NH₃):

Das Ausmaß der Ammoniakbildung wird von verschiedenen Parametern beeinflusst. Dies sind verfahrenstechnische, fütterungstechnische und physiologische Parameter, die in die Bildung des Ammoniaks und auf seinem Weg aus dem Stall in die Umwelt eingreifen.

Ammoniak entsteht aus den Exkrementen bzw. den vom tierischen Organismus nicht genutzten Nahrungsbestandteilen. Die Stickstoffkomponenten Harnsäure, Harnstoff, Ammonium bzw. Ammoniak und unverdautes Protein stellen die möglichen Quellen einer Ammoniakverflüchtigung dar, wobei Harnsäure und unverdautes Eiweiß mit annähernd 70% bzw. 30% den Hauptanteil an der Gesamt-Stickstoff-Fraktion in Geflügelkot darstellen. Der erste Ansatz einer Minderung der Ammoniakabgasung liegt also in einer Verringerung des Stickstoffgehaltes im Kot durch bedarfsgerechte Fütterung. Der Abbau der Harnsäure zu Ammoniak und Kohlendioxid verläuft meist unter aeroben Bedingungen, wobei auch Wasser einen wichtigen Faktor darstellt.



Das Enzym Uricase, das den Abbau der Harnsäure zum Allantoin katalysiert, ist mikrobieller Herkunft. Wasser stellt, neben der Beteiligung als direkter Reaktionspartner, einen wichtigen Milieufaktor für das Wachstum der Mikroorganismen dar und beeinflusst auch auf diese Weise den Harnsäureabbau (Abbildung 10).

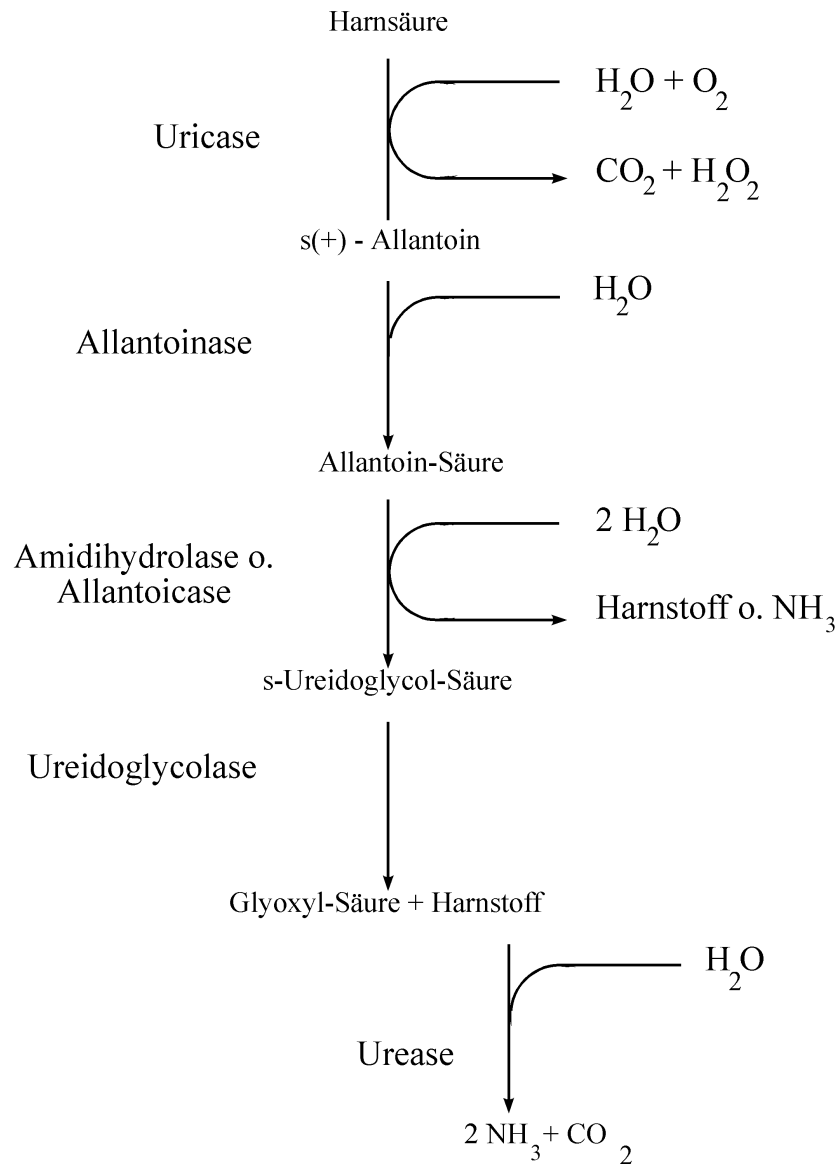


Abbildung 10: Harnsäureabbau zu Ammoniak u. Kohlendioxid (nach GROOT KOERKAMP, 1994)

Der Abbau der Harnsäure zu Ammoniak und Kohlendioxid ist in erster Linie abhängig von der Temperatur, dem pH-Wert und dem Feuchtegehalt (GROOT KOERKAMP, 1994) im Kot. Die die NH_3 -Emission insgesamt beeinflussenden Parameter sind in Abbildung 11 dargestellt.

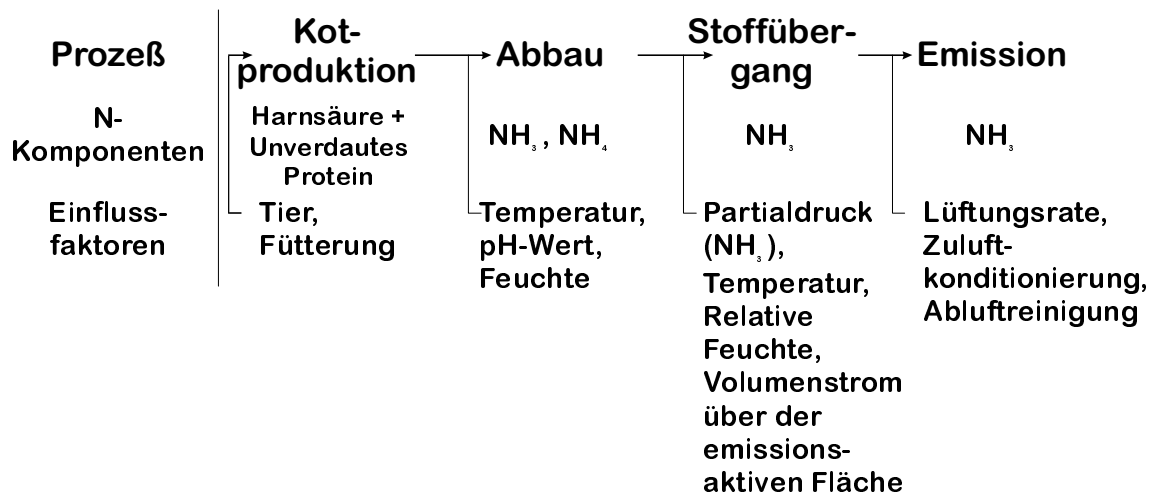


Abbildung 11: Einflussparameter auf die NH_3 -Emission (nach GROOT KOERKAMP, 1994)

Methan (CH_4):

Die Methanbildung vollzieht sich in der Natur überall dort, wo organische Substanz unter anaeroben Bedingungen abgebaut wird (HEYER, 1990). Dies ist im Bereich der landwirtschaftlichen Tierhaltung im intestinalen Trakt von (pflanzenfressenden) Tieren, insbesondere von Wiederkäuer und bei der Lagerung von Exkrementen gegeben. Die anaerobe Mineralisation des organisch gebundenen Kohlenstoffes ist durch folgendes Merkmal gekennzeichnet:

O_2 als Elektronenakzeptor fehlt, stattdessen werden als folgende Verbindungen als alternative Elektronenrezeptoren verwendet.

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| $\text{Mn}^{4+} \rightarrow \text{Mn}^{2+}$ | Manganreduktion |
| $\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2/\text{NH}_4^+$ | Denitrifikation/Nitratammonifikation |
| $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ | Eisenreduktion |
| $\text{SO}_4^{2-}/\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$ | Dissimilatorische Sulfatreduktion |
| $\text{S} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$ | Dissimilatorische Schwefelreduktion und |
| $\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CH}_4$ | Methanogenese |

Der anaerobe Abbau ist prokaryotischen Mikroorganismen vorbehalten. Die Stufen des anaeroben Abbaus komplexer organischer Substanzen zeigt die folgende Abbildung 12.

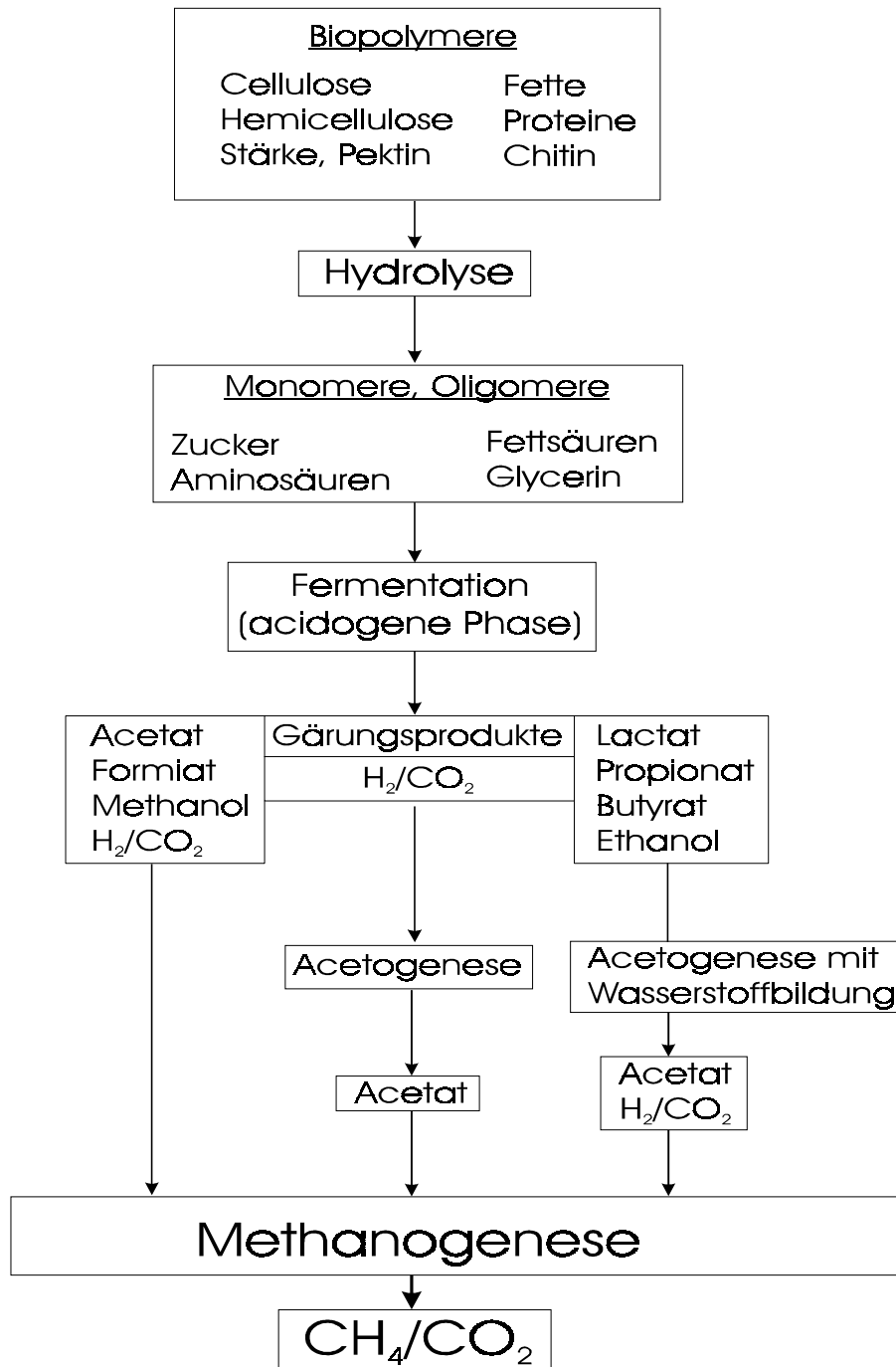


Abbildung 12: Stufen des anaeroben Abbaus komplexer organischer Substanzen bei der Bildung von Methan (HEYER, 1990)

Distickstoffoxid (N₂O):

N₂O entsteht neben den Stickstoffoxiden und molekularem Stickstoff bei der mikrobiellen Umsetzung (Nitrifikation, Denitrifikation) von anorganischen Stickstoffverbindungen in Böden und Gewässern (ENQUETE-KOMMISSION, 1994).

Allerdings sind diese Umsetzungsvorgänge auch bei der Lagerung von tierischen Exkrementen zu erwarten.

Die Bildungsmechanismen sind im Einzelnen:

1. Nitrifikation



Der Schritt, der zu einer N₂O-Bildung führt, ist noch nicht vollständig aufgeklärt.

In landwirtschaftlich genutzten Böden ist die Verfügbarkeit von NH₄⁺ allerdings der entscheidende Faktor, der die Nitrifikation regelt. Nach BEESE (1994) erhöht eine Zufuhr von Harnstoff, Ammoniak oder Ammoniumsulfat in aller Regel die N₂O-Bildung in Böden deutlich. Da der NH₄⁺-Gehalt in Geflügelkot relativ hoch ist, ist eine N₂O-Bildung durch die Nitrifikation zu erwarten.

2. Denitrifikation:

Die mikrobielle Reduktion von Nitrat oder Nitrit zu NO, N₂O oder N₂ unter anaeroben, bzw. mikroaeroben Bedingungen wird Denitrifikation genannt. Die Reaktion erfolgt in folgendem Ablauf:



In Böden wird durch folgende Parameter das N₂O/N₂-Verhältnis bei der Denitrifikation erhöht (nach FIRESTONE UND DAVIDSON, 1989):

| | | | |
|----------------------------------------------------------------------|---|--------------------------------------|---|
| (NO ₃ ⁻) oder (NO ₂ ⁻) | ↑ | O ₂ -Partialdruck | ↑ |
| C-Verfügbarkeit | ↓ | pH | ↓ |
| Temperatur | ↓ | N ₂ O-Reduktase-Aktivität | ↓ |

Ob und in welchem Umfang diese Zusammenhänge auf die Umsetzungsvorgänge im Kot bzw. im Gemisch Kot - Einstreu übertragen werden können, bedarf der weiteren Untersuchung.

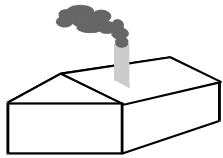
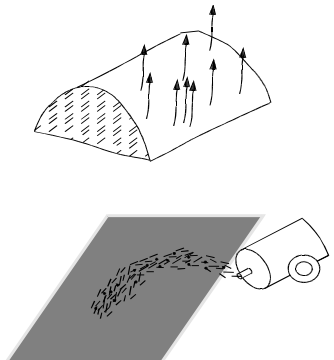
2.3.2 Quelltypen

Bei der Betrachtung von Schadgasemissionen aus der Landwirtschaft bzw. der Tierhaltung ist zwischen verschiedenen Quelltypen zu unterscheiden (DEPTA ET AL., 1996):

- gerichtete Punktquellen
- beschränkte diffuse Quellen
- weit ausgedehnte diffuse Quellen

Anhand der folgenden Tabelle 6 werden diese verschiedenen Quelltypen definiert.

Tabelle 6: *Verschiedene Quelltypen in der Landwirtschaft (nach DEPTA ET AL., 1996)*

| Quelltyp | Beispiel | Konzentrationsverteilung |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Punktquelle, gerichtet |  | homogen, hohe Konzentrationen (z.B. Abluftstrom) |
| diffuse Quelle beschränkt oder weit ausgedehnt |  | inhomogen, stark schwankende Konzentrationen bis herab zu Hintergrundwerten (z.B. Kompostmiete, begüllte Fläche) |

Im Rahmen des hier dargestellten Projektes galt es, aus definierten Punktquellen eines Stalles die Emissionsraten zu bestimmen.

2.3.3 Messverfahren

Die Emissionsratenbestimmung setzt sich aus zwei Schritten zusammen. Zum einen muss die Abluftmenge ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$) erfasst werden, zum anderen müssen die Gaskonzentrationen (g m^{-3}) in dieser Abluft gemessen werden. Die Verrechnung der beiden Messergebnisse führt zur Emissionsrate (g h^{-1}). Die Interpretation von veröffentlichten Emissionsraten in $\text{g (Tierplatz a)}^{-1}$ und insbesondere der Vergleich dieser Messwerte miteinander ist nur möglich, wenn zu diesen Werten auch die Informationen über die angewandte Messtechnik und ihre Genauigkeit vorhanden ist und der Messzeitraum mit den Randbedingungen (Klima etc.) beschrieben wird.

2.3.3.1 Volumenstrommessung

Die Bestimmung des Volumenstroms geführter Ab- oder Zuluft ist ein Gebiet, auf dem schon lange gearbeitet wird. Die meisten Messtechniken sind deshalb etabliert und bedürfen keiner weiteren Ausführung. In der Landwirtschaft bietet sich für Abluftschächte und -kamine vor allem der Messventilator an, der den gesamten Querschnitt des Schachtes erfasst, und das Laser Doppler- Anemometer (LDA), das auch komplizierte Strömungsverhältnisse berührungslos erfassen kann. Wegen seiner hohen Genauigkeit wird dieses Gerät auch zur Kalibrierung einfacherer Geräte verwendet. Die bisher zur Bestimmung des Abluftstromes aus frei belüfteten oder gar offenen Ställen verwendeten Methoden (Tracergas-, CO₂-Bilanz-, Wärmebilanz-Methoden) sind z.T. unzuverlässig. Die folgende Tabelle 7 gibt einen Überblick.

Tabelle 7: Messtechnik zur Bestimmung der Luftrate in Ställen (nach van Ouwerkerk 1993 und Fiedler 1992)

| Messtechnik | Messbereich | Messfehler | Bemerkungen | Eignung |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Messventilatoren | 0,4 - 20 m/s | 1% im Labor, im Stall 5% | Messung über den gesamten Kanal- querschnitt | geführte Lüftung |
| Gesamtdruck- sonden | 1,5 - 50 m/s | 1% bei punktförmi- ger Messung | u.U. Messfehler - 25% bei Flä- chenmessung | |
| Hitzdrahtanem- ometer | 0,05 - 20 m/s | 1,5 - 25 % | Punktmessung | |
| Normblende | > 2m/s (im Stall) | 3-5 % | empfindlich ge- gen Beschädigung am Blendenrand | |
| Differenzdruck | k. A. | 10 % | | geführte Lüftung, u.U. freie Lüftung |
| Staudruck | > 2m/s bei Stallbedingun- gen | 2 % | | |
| Tracergas | > 0 m/h | 5-40 % | Voraussetzung: homogene Durchmischung | freie Lüf- tung |
| CO ₂ -Bilanz | | -40 % | freier Lüftung | freie Lüf- tung, u.U. geführte Lüftung |
| Wärmebilanz | aktuelle Lüftungsrate nur sehr eingeschränkt schätzbar, große Ungenauigkeit | | | |
| LDA | bei f = 1000mm bis zu 291 m/s | 0,1 % | berührungslose Messung | Kalibration am Wind- kanal |
| Flügelrad- Anemometer | 0,2 - 20 m/s | 2 - 25 % bei inho- mogenen Strö- mungsverhältnissen | punktueller - netz- förmige Messung | geführte Lüftung |

2.3.3.2 Gaskonzentrationsmessung

In diesem Kapitel werden einzelne Messmethoden knapp erklärt und kommentiert. Grundsätzlich werden an NH₃-Messgeräte folgende Anforderungen gestellt:

1. Möglichst hohe Genauigkeit in der Konzentrationsbestimmung;
2. hohe zeitliche Auflösung zur Betrachtung von Tagesgängen, (z.B. verursacht durch Tieraktivität und Stallklimasteuerung);
3. einfache Bedienbarkeit.

Daneben ist es von großem Vorteil, wenn sich die Analyse nicht nur auf NH₃ beschränkt, sondern gleichzeitig mehrere Gase erfasst werden können. Auf diese Weise kann erkannt werden, ob eine die Ammoniakemission mindernde Maßnahme die Emission anderer Gase erhöht.

Eine Übersicht über die wichtigsten Gaskonzentrationsmessverfahren, die in Feldversuchen angewandt werden, gibt Tabelle 8 (S. 43).

NH₃-Konverter und NO_x-Analysator:

Dieses Chemolumineszenz-Messprinzip beruht auf der Reaktion von Ozon (produziert von einem Ozongenerator) und Stickoxid (NO) zu NO₂ und Sauerstoff:



Die dabei emittierte Energie $h\nu$ wird in Form von Lichtquanten mit der Frequenz ν ausgesandt. Die Anzahl dieser Lichtquanten pro Zeit und damit die Lichtintensität ist direkt proportional zu der Anzahl der NO-Moleküle. Damit diese Relation gegeben ist, muss in der Reaktionskammer ein Ozonüberschuss herrschen. Außerdem müssen Druck und Temperatur konstant gehalten werden. Vor dem Analysator wird das zu messende Ammoniak in NO umgewandelt. Der Konverter arbeitet katalytisch bei hohen Temperaturen. Von Nachteil ist, dass dabei auch NO₂, HNO₃ und organische Stickstoffverbindungen zu NO reduziert werden. Der Analysator sollte wöchentlich mit einem Prüfgas kalibriert werden, der Konverter alle 6 Monate. Diese Messmethode erfordert also zusätzlich die Anschaffung von Prüfgasen und/oder einer Verdünnungsstation. Zu dem Problem der Querempfindlichkeit mit anderen Stickstoffverbindungen lassen sich in der Literatur keine Aussagen finden; unter diesem Gesichtspunkt ist die vom Hersteller angegebene Messgenauigkeit von 2% des Messbereich-Endwertes vorsichtig zu beurteilen.

Nichtdispersive Infrarot-Fotometrie (NDIR):

Dieses Verfahren beruht auf der Absorption von Infrarotlicht durch das Messgas. Die Schwächung von Strahlung durch ein Gas folgt im Allgemeinen dem Lambert-Beerschen Gesetz:

$$I_{\nu} = I_{0\nu} e^{-\alpha_{\nu} G l c_G} \quad (6)$$

Die ausgesandte Strahlung der Intensität I_0 bei einer bestimmten Frequenz ν des Lichtes ist am Ende einer Wegstrecke l durch das Gas der Konzentration c exponentiell auf die Intensität I abgeschwächt; α ist ein Proportionalitätsfaktor, genannt Absorptionskoeffizient. Sind I_0 , l (oder das Verhältnis von I zu I_0) und α bekannt, kann aus der Bestimmung von I die Konzentration des Gases c errechnet werden. Dabei darf aber der Term $\ln(I/I_0)$ (die "Absorbanz") einen Wert von ca. 0,4 nicht überschreiten, da sonst der Zusammenhang mit dem Produkt aus Länge des Messpfades l und Konzentration des Gases c nicht konstant bleibt. Jedes Gas absorbiert bei charakteristischen Frequenzen. Dispersive Spektroskope senden nur bestimmte Frequenzen des Lichtes durch das Gas zum Empfänger, selektiert durch die Dispersion von an einem Gitter oder einem Prisma gestreuten weißen Licht; bei nicht dispersiven Verfahren wird das Licht zunächst ohne eine Frequenzselektion auf die Messeinrichtung gerichtet. Generell ist eine gute Frequenzauflösung der Messeinrichtung (angegeben in Wellenzahlen·[cm⁻¹]) wichtig, um Querempfindlichkeiten durch die Absorption des Lichtes bei benachbarten Frequenzen durch andere Gase zu vermeiden. Typische NDIR-Geräte arbeiten mit zwei Messstrecken: Eine für Infrarotstrahlung durchlässige Gaszelle wird mit dem zu prüfenden Gas gespült, eine identische zweite Messstrecke enthält ein Referenzgas, mit dessen Hilfe der Wert I_0 gebildet wird. Um eine gewisse Wellenlängenselektivität zu erreichen, werden optische Filter verwendet. Das Gerät muss vor der Inbetriebnahme kalibriert werden; dazu wird mindestens ein Nullgas (ohne NH₃) und ein Prüfgas mit einer Ammoniakkonzentration im oberen Drittel des Messbereiches benötigt. Im Normalfall ist die Kennlinie aber nicht linear, weitere Prüfgaskonzentrationen oder eine Gas-Verdünnungsstation sind nötig. Zwischen den Messungen sollte die Messeinrichtung in periodischen Abständen mit Null- und Prüfgas überprüft werden, um Fehlern durch Verschmutzung und/oder Alterung vorzubeugen. Die Messgenauigkeit hängt sehr stark von der Ausführung der Geräte ab. Die meisten Geräte arbeiten mit optischen Filtern zur Wellenlängenselektion. Sehr gute optische Filter liefern eine Auflösung in der Größenordnung von 100 cm⁻¹, die zur Messung verwendeten Banden haben vor allem bei den Klimagasen und bei NH₃ Strukturen in der Größenordnung von 0,2 cm⁻¹. Bei optischen Filtern ist deshalb mit einer großen Querempfindlichkeit (vor allem mit H₂O

und CO₂) zu rechnen. Um diese Störungen kompensieren zu können, muss entweder die Konzentration der störenden Gase bekannt sein oder die Konzentration der Störgase kann im selben Messzyklus in einem zusätzlichen Bereich gemessen werden, in dem keine weiteren Querempfindlichkeiten auftreten.

Fotoakustische Spektroskopie (PAS):

Das Prinzip dieses Verfahrens ist ähnlich dem der NDIR. Der Detektor besteht aus einer Kammer, die mit Schallwandlern bestückt ist. Diese Kammer wird mit dem zu untersuchenden Gas gefüllt. Das Infrarotlicht wird, bevor es durch ein Fenster in die Kammer fällt, in kleine Lichtimpulse zerhackt (choppert). Dadurch wird die Messkammer periodisch vom Licht getroffen und damit auch periodisch aufgeheizt. Daraus wird eine periodische Druckerhöhung induziert und das sich ausdehnende Gas kann von den Schallwandlern als akustisches Signal gemessen werden. Die Stärke des Signals ist direkt proportional zur Konzentration des zu messenden Gases. Die Wellenlängenselektivität wird durch optische Filter oder durch ein Michelson-Interferometer erreicht. Dabei gilt das bereits für optische Filter Erwähnte. Durch die Verwendung eines Filterkarussells kann die Messeinrichtung für mehrere Gase benutzt werden. Im Vorfeld der Untersuchungen wurde ein PAS-Gerät über ein Jahr getestet (STEGBAUER, 1996). Die Ergebnisse waren so unbefriedigend, dass das Gerät wieder zurückgegeben wurde. Das getestete Modell, welches mit optischen Filtern arbeitet, wurde zur Gas-Emissionsmessung in der Landwirtschaft schon von verschiedenen Institutionen eingesetzt und wird seit Mitte 1996 auch an der LTW getestet. Hier wird die Kompensation von Querempfindlichkeiten nach der zweiten, oben erwähnten Methode, vorgenommen. Die Messgenauigkeit dieser Messmethode kann nur mit einer aufwendigen Kalibration unter Berücksichtigung der Querempfindlichkeit an den Einsatz an landwirtschaftlichen Quellen angepasst werden (KRAHL ET AL. 1995, STEGBAUER 1996).

Filterpackmethode:

Von drei in Serie geschalteten Filtern ist der Erste unbehandelt, der Zweite mit Natriumfluorid, der Dritte mit Zitronensäure imprägniert. Eine definierte Luftmenge wird durch die Filter gesaugt. Danach werden die Filter extrahiert und die Extrakte untersucht:

- Unbehandelter Filter: Sulfat, Chlorid, Ammonium (NH₄⁺);
- Natriumfluorid-imprägnierter Filter: Nitrat, Chlorid;
- Zitronensäure-imprägnierter Filter: Ammonium.

So lässt sich aus der Summe der am unbehandeltem Filter gesammelten und am mit Zitronensäure behandelten Filter umgewandeltem Ammonium-Ionen die Summe der Ammoniak- und Ammonium-Emission feststellen. Der Nachteil dieser kostengünstigen Methode liegt in ihrer schlechten Messgenauigkeit und der Tatsache, dass nur mit sehr hohem Analyseaufwand grobe Tagesgänge aufgenommen werden können.

Denuder-Filterpack:

Bei Denudern handelt es sich um Röhren, deren Oberfläche mit einer Beschichtung versehen ist, an der sich Aerosole oder Gase anlagern. Mit Hilfe einer Waschflüssigkeit oder anderen Verfahren werden die angelagerten Moleküle aus der Röhre entfernt und einer Analyse zugeführt. Der Aufbau eines Denuder-Filterpacks besteht aus zwei Denudern und einem Filterpack. Auf diese Weise lassen sich mehrere Gase gleichzeitig messen. Einer der Denuder ist mit Phosphorsäure imprägniert, daran wird Ammoniak absorbiert. Mit Ammonium belastete Aerosole dissoziieren an der ersten, unbehandelten Schicht des Filterpacks; so kann an einer weiteren, ebenfalls mit Phosphorsäure imprägnierten Filterschicht das restliche Ammoniak gesammelt werden. Für Handhabung, Aufwand und Genauigkeit gilt das schon bei den Filterpacks gesagte.

Annular Denuder und Filterpack:

Annular Denuder bestehen aus zwei konzentrischen Röhren. Dadurch steht eine größere Reaktionsoberfläche zur Verfügung; daraus folgt eine kürzere Messzeit oder eine niedrigere Nachweisgrenze. Sonst gilt das schon oben geschriebene.

Rotierender Wet Annular Denuder:

Diese haben die Form der Annular Denuder, sind aber entlang ihrer Längsachse drehbar gelagert. Im unteren Teil der liegend angebrachten Röhre befindet sich eine Absorptionsflüssigkeit; durch die Rotation werden die Röhrenwände immer wieder frisch benetzt. Die maximale Beladung ist durch die Konzentration und Menge der Flüssigkeit bestimmt. Nach einer festgelegten Zeit wird die Flüssigkeit abgelassen und analysiert. Von OUWERKERK (1993) wird ein rotierender Denuder mit Online-Auswertung vorgestellt. Dabei wird die Absorptionsflüssigkeit langsam durch die Röhre gepumpt. Das zu Ammonium hydrolysierte Ammoniak aus der durch die Röhre gepumpten Messluft wird nach dem Denuder durch die Zugabe von Natronlauge wieder ausgegast und diffundiert durch eine semipermeable Membran in einen Wasserstrom, wo es wieder als Ammonium absorbiert wird. In diesem Wasserstrom wird die Leitfä-

higkeit gemessen und daraus auf die Anzahl der Ammonium-Ionen rückgeschlossen, die ein Maß für die Ammoniakkonzentration in der Stallluft ist. Diese Leitfähigkeit kann kontinuierlich gemessen und online in eine Konzentration umgerechnet werden.

Thermodenuder:

Es handelt sich um einen Annular Denuder, der mit einer Vanadium-Verbindung beschichtet ist. Das Ammoniak wird an dieser Schicht adsorbiert. Nach der Spülung des Denuders mit der Stallluft wird er in einen auf 700 °C erhitzten Ofen geschoben, dabei desorbiert das Ammoniak und setzt sich in NO_x um, welches mit einem geeigneten Detektor gemessen wird.

Gaswaschflaschen:

Eine konstante Luftmenge wird durch Flaschen gesaugt, die z.B. mit Schwefel- oder Borsäure definierter Konzentration gefüllt sind. Das Ammoniak wird in der Säure gebunden und kann danach durch Titration oder Fotometrie bestimmt werden. Vor die Messeinrichtung muss ein Filter gesetzt werden; auch dieser Filter sollte wie in der Filterpack-Methode auf Ammonium untersucht werden. Wichtig für eine hohe Messgenauigkeit ist es auch, den Luftdurchfluss genau einzustellen. Dazu bieten sich z.B. kritische Kapillaren an. Da die Konzentrationsbestimmung recht aufwendig ist, wird normalerweise mit einem niedrigen Luftdurchsatz über längere Zeit gearbeitet. Daher lassen sich keine Tagesgänge verfolgen.

Gasspürröhrchen ("Drägerröhrchen"):

Diese arbeiten mit Gasindikatoren. Von kleinen Glasröhrchen werden die Enden abgebrochen; mit Hilfe einer kleinen Hand-Balgpumpe wird Luft durch das Röhrchen geleitet. Entsprechend der Gaskonzentration tritt eine fortschreitende Verfärbung am Indikator auf. Die Konzentration kann an einer Skala abgelesen werden. Neben den inhärenten Messunsicherheiten des Indikators tragen vor allem die über die Anzahl der Pumpbewegungen nur schlecht definierte Gasmenge und die Skalierung zum Messfehler bei, die nur für Normluftdruck und -temperatur gilt. Wegen der geringen Kosten und der einfachen Handhabung werden diese Geräte aber für erste Abschätzungen gerne eingesetzt.

Elektrochemische Zellen:

Ammoniak diffundiert durch eine Teflonmembran in eine Zelle, die mit einem Elektrolyt gefüllt ist. In diesem Elektrolyt findet eine Redoxreaktion statt. Über eine Anode und eine Kathode ist ein Spannungsfeld im Elektrolyt aufgebaut; die bei der Redoxreaktion entstandenen Ionen wandern in diesem Feld zur Anode oder Kathode. Der dabei fließende Strom wird gemessen und ist ein Maß für die Ammoniakkonzentration. Mit Hilfe einer dritten Referenz-

Elektrode wird die Spannung im Elektrolyt gemessen und konstant gehalten. Dabei ist die Wahl des Elektrolyts und des Elektrodenmaterials sehr wichtig, um die Redoxreaktion von Stör gasen (z.B. H_2S oder SO_2) zu verhindern. Außerdem ist die Reaktion druck- und vor allem temperaturabhängig. Deshalb muss die Temperatur der Zelle entweder konstant gehalten werden oder eine Schwankung kompensiert werden. Dabei wird normalerweise nicht berücksichtigt, dass die Temperaturkoeffizienten des Nullpunktes und der Steigung der Kalibriergerade unterschiedlich sein können. Die Kalibriergerade selber muss mit einem Nullgas und einem Prüfgas bekannter Konzentration bestimmt werden. Der Test eines solchen Gerätes in Vorversuchen verlief unbefriedigend (STEGBAUER, 1996). Die großen Querempfindlichkeiten und hohe Drift machen dieses Gerät für Messungen im Stallbereich ungeeignet.

Passive Sammler:

Diese bestehen aus einem inerten Material mit bekannten Diffusionseigenschaften und einer Reaktionsschicht am Boden des Sammlers. Für die Reaktionsschicht kommen ähnliche Materialien wie in den Filterpackungen oder Denudern in Frage. Diese Anordnung wird eine definierte Zeit der zu messenden Luft ausgesetzt. Die Ammoniakkonzentration in der Luft ist dann proportional zu dem Produkt aus Ammoniakmenge in der Reaktionsschicht und Diffusionswiderstand des inertem Materials. Dieser Zusammenhang gilt allerdings nur bis zu einer bestimmten Beladung der Messpackung, die nur geschätzt werden kann. Der Diffusionswiderstand ist stark abhängig von den Gegebenheiten der Überströmung der Messpackung. Außerdem kann sich der Diffusionswiderstand in der stark staubbelasteten Stallluft mit der Zeit ändern. Dieser Tatsache wird mit Mehrschicht-Filtern Rechnung getragen.

Differenzielle optische Absorptions-Spektroskopie (DOAS):

Auch die DOAS-Messtechnik beruht auf der Absorption von Strahlung nach dem oben schon erläuterten Lambert-Beerschen Gesetz. Die Strahlungsquelle arbeitet allerdings nicht im infraroten, sondern im UV-Bereich. Die meisten Moleküle absorbieren in beiden Bereichen (z.B. Ammoniak), andere nur in einem. Wieder befindet sich das Messgas zwischen Strahler und Empfänger. Dabei kann entweder ein offener Pfad von bis zu einigen Kilometern oder eine Gaszelle, in der der Lichtstrahl hin und her gespiegelt wird und die mit dem Gas gespült wird, verwendet werden. Nachdem das Licht den Messpfad durchlaufen hat, wird es zur Frequenzselektion in ein dispersives Gitter- oder Prismenspektrometer eingekoppelt und von einer Fotodiode in seiner Intensität bestimmt. So lässt sich die Intensität gegen die Frequenz des Lichtes auftragen und daraus die Konzentration des Gases bestimmen. Zur Kalibrierung kann entweder mit einer Gaszelle gearbeitet werden oder es werden Spektren-Bibliotheken

verwendet, die auf Aufnahmen von Reingasen in Gaszellen basieren.

Fouriertransformierte Infrarotspektroskopie (FTIR) zur Multigasanalyse:

Wie das NDIR oder PAS arbeitet das FTIR-Spektrometer im Infrarot- Bereich. Zur Wellenlängenselektion wird ein Michelson-Interferometer verwendet. Dadurch lässt sich eine Auflösung erreichen, die der Breite der Absorptionslinien der für die Landwirtschaft interessanten Spurengase entspricht oder diese übertrifft. Da das gesamte Spektrum der Lichtquelle verwendet wird, geht dieser Vorteil mit einem besseren Signal-zu-Rausch-Verhältnis (SNR) einher. Die aufgenommenen Spektren können digital aufgezeichnet und abgespeichert werden und zeitgleich oder später auf alle im Bereich infraroter Strahlung absorbierenden Gaskomponenten untersucht werden (Multigasanalyse). Daher wurde im Rahmen dieser Arbeit die Fouriertransformierte Infrarotspektroskopie eingesetzt. Das FTIR- Gerät wird im Kapitel „4.3.1.3 FTIR-Spektrometer“ genauer beschrieben.

Tabelle 8: Messtechnik zur Bestimmung der Ammoniakkonzentration in der Abluft von Ställen (verändert nach VAN OUWERKERK, 1993)

| Messmethode | Messbereich [mg/m ³] | Messfehler ¹⁾ | Auflösung | Quersensitivität | Drift | Kalibrierung |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------|
| NH ₃ -Konverter + NO _x -Analyzer | 0,020 - 1000 | -2 | kontinuierlich | Amine, NO _x , NH ₄ ⁺ -aerosol | 1% d ⁻¹ | 4 x pro Monat |
| Nichtdispersive Infrarot-Fotometrie | 0,38 - 76 | -5 | kontinuierlich | CO ₂ , H ₂ O, Carbonsäuren | - 0,14 | 4 x pro Monat |
| Fotoakustische Spektroskopie | > 76 | -3 | kontinuierlich | CO ₂ , H ₂ O | - | - |
| Filterpack-Methode und div. Denuder-techniken | variabel | 2 - 10 | je nach Probenahmedauer u. Durchfluss | - | - | - |
| Thermodenuder | 0,002 - 0,8 | -5 | 5 min | Amine | -1 | 4 x pro Monat |
| Gaswasch-Flaschen | 0,001 - 140 | -5 | 10 min | NH ₄ ⁺ -aerosol | - | bei jeder Serie |
| Gasspühhörchen | 0,15 - 113 | 10 - 20 | 1-10 min | Amine, H ₂ O | - | - |
| Elektrochem. Zellen | 7,6 - 76 | 5-15 | 10 | Amine, NO _x , H ₂ S, SO ₂ | -1 | 0,3 x pro Monat |
| passive sampler | 0,26 - 1350 | 5 - 15 | 10 - 60 min | - | - | - |
| DOAS (Pfadlänge 0,5 m) | 0,012 - 190 | -10 | kontinuierlich | NO _x | 1,5 ppm/m | - |
| FTIR (K300) | 0,09 - 600 (je nach Pfadlänge) | 0,5 - 3 | ca. 3 min (bei 100 scan/min.) | gering bei CO ₂ und H ₂ O | keine | 0,5 – 0,3 x pro Jahr |

¹⁾: [% vom Messwert]

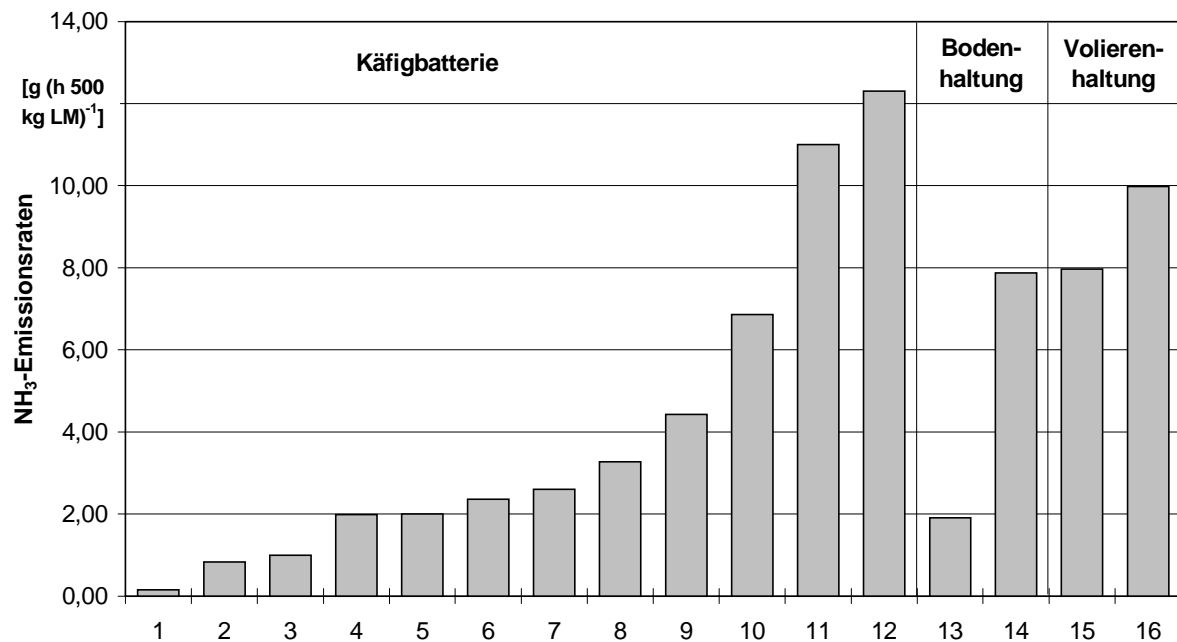
2.3.4 Emissionsraten

Die Literaturdaten zu den Emissionsraten der wichtigsten klima- und ökosystemrelevanten Gase aus der Legehennenhaltung bieten ein indifferentes Bild. Die angegebenen Spannen sind äußerst weit und erlauben oftmals keine deutliche Unterscheidung der einzelnen Haltungssysteme oder der angewandten Minderungsmaßnahmen. Dies ist vor allem bei dem Schadgas Ammoniak der Fall. Zu Methan und Distickstoffoxid liegen bisher kaum Untersuchungen vor.

2.3.4.1 Ammoniak

Insbesondere die Käfigbatteriehaltung für Legehennen wurde bereits vielfach im Hinblick auf NH_3 -Emissivität untersucht. Dennoch bestehen große Unterschiede in den Aussagen, die sich zum Teil sogar widersprechen.

Abbildung 13 zeigt die Problematik.



| | | | | | |
|---|-------------------------|------------------------|----|------------------------|-------------|
| 1 | Eerden et al. (1981) | mit Tagesmistanfall | 9 | Kowalewsky (1981) | Flüssigmist |
| 2 | Petersen, Flügge (1993) | Modellstall mit Kottr. | 10 | Phillips et al. (1995) | Winter |
| 3 | Eerden et al. (1981) | mit Mistlagerung | 11 | MVROM (1993) | k.A. |
| 4 | Oldenburg (1991) | k.A. | 12 | Phillips et al. (1995) | Sommer |
| 5 | Oldenburg (1992) | k.A. | 13 | Kowalewsky (1981) | k.A. |
| 6 | Kroodsma et al. (1988) | k.A. | 14 | Oldenburg (1991) | k.A. |
| 7 | Petersen, Flügge (1993) | Modellstall o. Kottr. | 15 | Phillips et al. (1995) | Winter |
| 8 | Eerden et al. (1981) | mit Trockenmistlager | 16 | Phillips et al. (1995) | Sommer |

Abbildung 13: Ammoniakemissionsraten aus unterschiedlichen Haltungssystemen (Literaturübersicht)

Die Unterschiede in den Literaturangaben sind sowohl auf unterschiedliche Haltungsverfahren, Fütterung und Randparameter, als auch auf die unterschiedlichen eingesetzten Messmethoden zurückzuführen. Die in der Niederländischen Ammoniakrichtlinie (MVROM, 1993) angegebenen Werte haben ihre Grundlage z.T. in Schätzungen bzw. Konventionen.

2.3.4.2 Distickstoffoxid

Angaben zu den N₂O-Emissionsraten aus der Legehennenhaltung stehen nur in sehr geringem Umfang zur Verfügung. Insbesondere ist eine Unterscheidung einzelner Haltungsverfahren nicht möglich. Das UBA (1996) rechnet insgesamt mit einer N₂O-Flussrate von 1,6 % der Ammoniakflussrate aus einem landwirtschaftlichen Betrieb. Dieser Ansatz lässt aber keine Differenzierung der Haltungsverfahren, der einzelnen Verfahrensschritte (Stall, Kotlager, Ausbringung) oder gar die Bewertung eventueller emissionsmindernder Maßnahmen zu. Darüberhinaus pflanzen sich die Unstimmigkeiten der Ammoniakemissionsratenbestimmung auf diese Weise fort. Lediglich SNEATH ET AL. (1996) geben für Käfigbatterie und Voliere Werte in Höhe von 0,59 g/h 500 kg an, wobei nicht nachzuvollziehen war, ob diese Daten auf Messungen oder Schätzungen beruhen.

2.3.4.3 Methan

Ähnlich wie für die N₂O-Emissionsraten stellt sich der Kenntnisstand für die Methanemissionsraten dar. Es stehen kaum Daten zur Verfügung, die sich nach verschiedenen Haltungssystemen differenzieren lassen.

Aus dieser inhomogen verteilten und spärlichen Datenbasis können derzeit nur mit großen Fehlern behaftete Hochrechnungen auf Gesamtemissionspotenziale einer Region, eines Landes oder auch auf die Welt bezogen durchgeführt werden. Unter anderem deshalb ergeben sich auch die teilweise erheblichen Differenzen z.B. zwischen Angaben des IPCC (1992), den Angaben im Dritten Bericht der ENQUETE-KOMMISSION „SCHUTZ DER ERDATMOSPHERE DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES (1994), des BMU (1993) u. a.. Die Bewertung verfahrenstechnischer und organisatorischer Maßnahmen innerhalb landwirtschaftlicher Produktionsketten ist auf Grund dieser Datenbasis teilweise unmöglich. Für zielgerichtete Entwicklungen in der Landwirtschaft würden diese Ergebnisse jedoch dringend benötigt.

2.3.5 Verfahrenstechnische Konsequenzen

Kenntnisse zu verfahrenstechnischen Einflussmöglichkeiten bei verschiedenen Haltungsverfahren sind bisher meist nur monokausal betrachtet worden.

Landwirtschaftliche Verfahrensabläufe sind dadurch gekennzeichnet, dass aus unterschiedlichen Emissionsquelltypen unterschiedliche Massenströme einer Vielzahl von Komponenten in unterschiedlichen Zeitintervallen freigesetzt werden. Darüber hinaus zeigt sich zunehmend, dass emissionsmindernde Maßnahmen in einem Verfahrensteilschritt sowohl die Emissionen in nachfolgenden Teilschritten erhöhen können (z.B. Emission Stall ↓, Emission Mistlager + Mistausbringung ↑), als auch die Emissionsminderung einer Komponente mit der Erhöhung

der Emissionsrate einer anderen Komponente korrespondieren kann (z.B. NH_3 -Emission \downarrow , N_2O -Emission \uparrow). Aus diesen Zusammenhängen leiten sich Konsequenzen und Anforderungen sowohl an die Methoden zur Emissionsratenanalyse als auch an die Art der gesamten Versuchsfragestellung ab. Übergreifend stellt sich zudem die Frage, mit welcher Datenqualität Emissionsraten sowohl auf Grund der Messtechnik als auch des gesamten Versuchsaufbaues bestimmt werden sollten.

Die Einordnung verschiedener Haltungssysteme bezüglich ihrer Emissivität wird in Zukunft im Hinblick auf die Rechts- und Planungssicherheit für den Betreiber und für die Genehmigungsbehörde an Bedeutung zunehmen.

3 Zielsetzung

Bezugnehmend auf die in der Einleitung bereits dargestellte Situation zeigt sich, dass die Landwirtschaft, insbesondere die Tierhaltung in erheblichem Maße an der anthropogenen Emission direkt und indirekt klimarelevanter Gase beteiligt ist. Zur Minderung dieser Emissionsanteile ist es grundlegend, diese Emissionen und die bestimmenden Einflussgrößen zu quantifizieren, um Minderungsstrategien zu entwickeln.

Besonders die Geflügelhaltung sowie die von ihnen ausgehenden NH_3 -Emissionen waren in den vergangenen Jahren Gegenstand der Forschung. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen kein einheitliches Bild (Abbildung 13). Die Bewertung von Klimagasemissionen (CH_4 , N_2O) aus der Legehennenhaltung wurde bisher vernachlässigt.

Die Problematik der Emissionsratenbestimmung aus landwirtschaftlichen Quellen und im Besonderen aus der Tierhaltung hat drei Hauptgründe:

Die **Rahmenparameter** der untersuchten Objekte sind nicht vergleichbar. Im landwirtschaftlichen Bereich sind dies neben den klimatischen Unterschieden (Außenklima und Stallklima) auch Unterschiede in den Haltungstechniken, im Fütterungsregime, im Lüftungsregime und im Tiermaterial. Dieser Komplex lässt sich unter dem Oberbegriff Betriebseinflüsse zusammenfassen. Insbesondere zeigt sich auch, dass Modellversuche im kleinen Maßstab zwar gut dazu dienen können, theoretische Grundlagen z.B. die Bildungsmechanismen zu erarbeiten, die Übertragung auf die Praxis aber nur sehr eingeschränkt möglich ist. Diese Situation führt letztendlich zu den hohen Spannweiten beim regionalen und überregionalen „Upscaling“.

Die eingesetzte **Messtechnik** ist nur teilweise vergleichbar. Die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen sind mit unterschiedlichen Messfehlern behaftet. Im Zusammenhang mit der Konzentrationsmessung sind in erster Linie Querempfindlichkeiten zu nennen, die einen Teil der Abweichungen erklären können. Für den Bereich der Volumenstrommessung aus dem Stallsystem werden unterschiedliche Messverfahren bis hin zur Modellierung auf Kohlendioxid- oder Wärmebilanzbasis eingesetzt. Die Bilanzansätze sind meist mit hohen Ungenauigkeiten verbunden.

Die **Messperioden**, anhand derer eine Aussage möglichst über eine mittlere Emissionsrate pro Jahr und Tier getroffen werden soll, sind oft zu kurz. Gerade die Schadgaskonzentration in der Abluft unterliegt in Abhängigkeit von Temperatur- und Lüftungseffekten einer deutlichen Tages- und auch Jahresdynamik, auch haltungstechnische Bedingungen haben hier deutlichen Einfluss. Dies bedeutet, dass längere Messperioden bei unterschiedlichen Witterungssi-

tuationen nötig sind, um die gesamte Variabilität des Emissionsgeschehens abdecken zu können.

Die aktuellen Entwicklungen der rechtlichen Rahmenbedingungen lassen einen Strukturwandel in der Legehennenhaltung erwarten. Der „Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zur Festlegung von Mindestanforderungen zum Schutz von Legehennen in verschiedenen Haltungssystemen“ [(98/C 123/10) KOM (1998) 135 - 98/0092(CNS)], der von der Kommission am 12. März 1998 vorgelegt wurde, kommt zu dem Schluss, dass „Hennen in den gängigen Batteriekäfigen unzulänglich geschützt sind und dass diese Käfigsysteme bestimmten Bedürfnissen dieser Tiere nicht gerecht werden“. Daher wird vorgeschlagen, Käfige nur noch zuzulassen, wenn bestimmte strukturelle Anforderungen (Legenest, Einstreu, Sitzstangen) und ein größeres Raumangebot gewährleistet sind. Ob diese so genannten ausgestalteten Käfige („enriched cages“) gegenüber anderen Haltungsverfahren wettbewerbsfähig sind ist fraglich. Es steht daher zu erwarten, dass die bisherige Dominanz der Käfighaltung sich nach der Verabschiedung und Umsetzung einer „Europäischen Verordnung zur Haltung von Legehennen“ zu alternativen Haltungsformen verschieben wird. Die Volierenhaltung als tiergerechtes Haltungssystem wird dann die Käfighaltung bis zum Jahre 2009 teilweise ersetzen. Informationen über die Emissivität dieses Verfahrens liegen bisher in nicht ausreichendem Umfang vor, um sie korrekt einschätzen zu können und Minderungspotenziale in der technischen Weiterentwicklung berücksichtigen zu können. Aus den oben genannten Defiziten leitet sich das Hauptziel der vorliegenden Arbeit ab:

„Bewertung verschiedener Haltungsverfahren für Legehennen hinsichtlich ihres Emissionspotenziales umweltrelevanter (NH_3) und klimarelevanter (N_2O , CH_4) Gase“

Dieses Hauptziel gliedert sich in folgende Teilziele:

1. Entwicklung und Validierung einer geeigneten Methode zur Analyse von Multigasemissionen unter Praxisbedingungen,
2. Bestimmung gesicherter Emissionsraten, insbesondere für alternative Haltungssysteme der Legehennenhaltung und
3. Ableitung von Emissionsminderungspotenzialen durch verfahrenstechnische Maßnahmen (Haltungsverfahren).

Diese Zielsetzung soll durch folgenden Lösungsansatz erreicht werden:

- Die **Rahmenbedingungen** der Vergleichsmessungen sollten durch einen einheitlichen Messort möglichst identisch und damit vergleichbar gehalten werden. Um zeitgleich messen zu können, sind die zu vergleichenden Stallsysteme in der selben Gebäudehül-

le anzuordnen. Die Einflüsse durch das Außenklima wirken so auf alle Systeme gleich. Die Größe der Versuchsteile muss einen guten Kompromiss zwischen Modellmaßstab (messtechnische Gründe) und Praxismaßstab (Übertragbarkeit der Ergebnisse) darstellen.

- Die **Messtechnik** muss neben einer gesicherten Multigas- und Volumenstromanalytik auch den Einsatz im Robustbereich „Stall“ erlauben. Durch einen Messstellenumschalter mit entsprechenden Umschaltintervallen ist eine quasi zeitgleiche Konzentrationsmessung an unterschiedlichen Messpunkten in den einzelnen Ställen möglich. Die Gaskonzentrationsmessung sollen mit einem Multikomponentensystem mit möglichst niedrigen Nachweisgrenzen erfolgen. Die Volumenstrombestimmung auf der Basis CO₂-Bilanz ist zu überprüfen.
- Die **Messzeiträume** sollten im Fall der Legehennenhaltung über mindestens eine Koträumperiode (üblicherweise 7 Tage) bei unterschiedlichen Klimabedingungen (Sommer, Winter, Übergangsphase) dauern.
- **Einflussgrößen** auf die Gaskonzentration in der Fortluft und auf die Emissionsraten der unterschiedlichen Haltungsverfahren sollten mit erfasst werden.

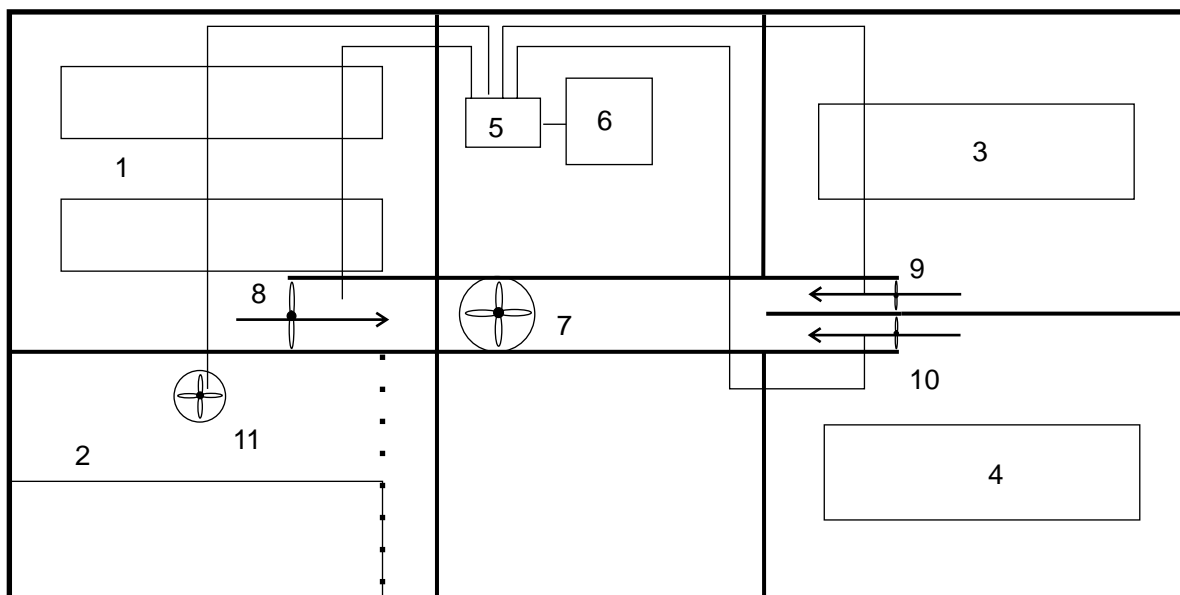
Den Betreibern und den Genehmigungsbehörden werden damit Daten an die Hand gegeben, die eine sichere Planung umweltverträglicher und tiergerechter Anlagen an geeigneten Standorten ermöglichen.

4 Material und Methode

Im folgenden Kapitel werden die in diesem Versuch eingesetzten Messmethoden und die Versuchsobjekte beschrieben.

4.1 Stallungen

Für die Untersuchungen konnte der Versuchsstall für Legehennen der Landwirtschaftlichen Lehr- und Versuchsanstalten des Bezirkes Mittelfranken in Triesdorf genutzt werden. Dieser Stall stellte sich als besonders geeignet heraus, da links und rechts von einem Vorraum in vier getrennten Abteilen drei verschiedene Stallformen (Käfigbatterie, Bodenhaltung und Volierenhaltung) angeordnet sind (Abbildung 14). Das geschlossene Kotlager befindet sich an der Westseite des Gebäudes.



| | | |
|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1 Käfigbatterie | 5 Meßstellenumschalter | 9 Messimpeller (Voliere I) |
| 2 Bodenhaltung | 6 FTIR | 10 Messimpeller (Voliere II) |
| 3 Voliere (teilautomatisiert) | 7 Zentraler Abluftventilator | 11 Abluftventilator und Messimpeller (Bodenhaltung) |
| 4 Voliere (vollautomatisiert) | 8 Messimpeller (Käfigbatterie) | |

Abbildung 14: Schematische Darstellung der Versuchsstallungen

Die Koträumung erfolgt bei der Käfighaltung über Kotbänder direkt in das Kotlager, bei der Volierenhaltung wird der Kot entlang der Längsachse am Stallende abgelegt und von dort

mittels Hofschlepper in das Kotlager transportiert. Der Kot aus der Bodenhaltung wird während der Legeperiode in der Kotgrube des Stallabteils gelagert und nach der Räumung des Abteils mit dem Hofschlepper entnommen und direkt ausgebracht.

Die Entlüftung der Abteile 1, 3 und 4 erfolgt über einen zentralen Lüfter im Unterdruckverfahren. Durch temperaturgesteuerte Stellmotoren an den Klappen der Ansaugöffnungen in den einzelnen Abteilen ist eine individuelle Lüftungsrate für jedes Abteil möglich. Die Zuluft wird durch Rieselkanäle mit geringer Zugluft in das Abteil geführt.

Der Vorraum kann im Winter zur Anwärmung der Zuluft (Heizung und Wärmetauscher) eingesetzt werden. Das Bodenhaltungssystem wird durch einen eigenen Stallventilator ebenfalls im Unterdruckverfahren entlüftet. Anhand der Stalltemperatur wird die Lüfterdrehzahl und somit der Luftdurchsatz geregelt. Eine Anwärmung der Zuluft ist in diesem Abteil nicht möglich.

Käfigbatterie:

In zweireihiger Anordnung befinden sich in diesem Abteil Käfige (Abbildung 15). Der Unterschied besteht in der Funktionsweise der Kotbandtrocknung. Die rechte Käfigreihe ist mit einem Wedelsystem (Fa. Salmet), die linke Käfigreihe mit einem Ventilator (Fa. Specht) ausgerüstet.

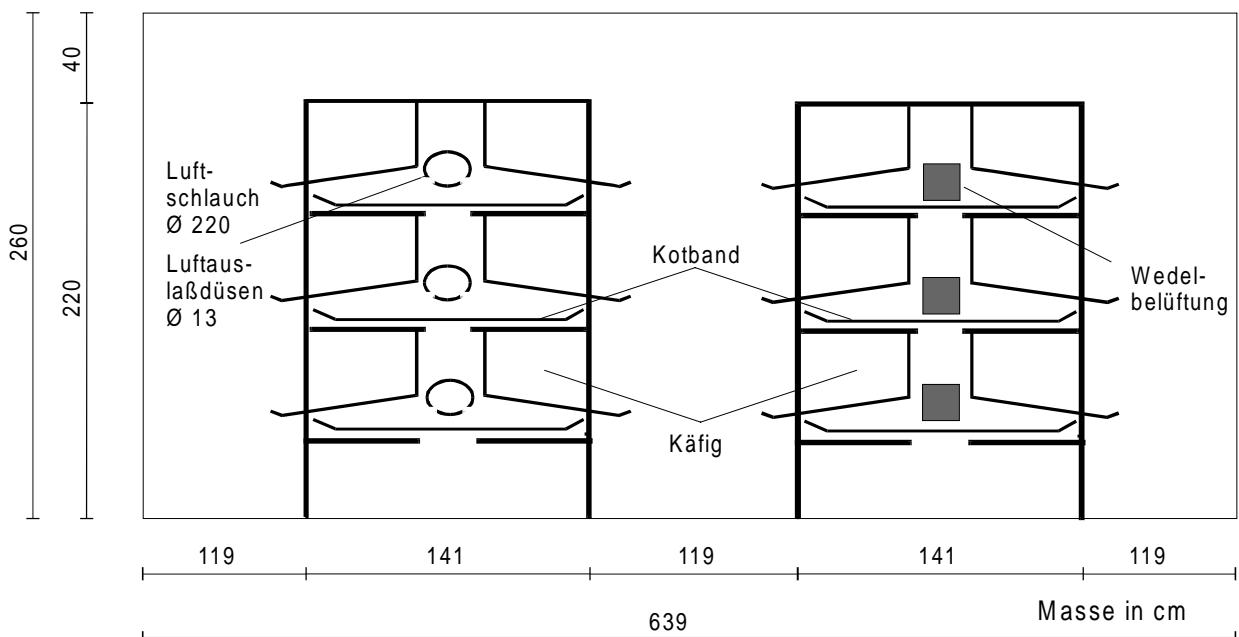


Abbildung 15: Käfighaltung für Legehennen (Schnitt)

Die Fütterung erfolgt über automatische Futterwägen, die Tränke über Nippeltränken. Es werden in jedem Käfig 4 Tiere eingestallt, insgesamt befinden sich max. 720 Tiere in diesem Abteil. Das Absammeln der Eier erfolgt manuell.

Voliere:

Die Sitzstangen befinden sich in der Mitte des Raumes in drei Etagen (Abbildung 16). Unter jeder Etage ist ein Kotband angebracht, das die automatische wöchentliche Entmistung ermöglicht. Die Abrollnester befinden sich an den Seitenwänden, die Eierabsammlung erfolgt über Sammelbänder, sodass ein Betreten der Abteile nicht erforderlich ist.

Die Futtermittellieferung geschieht vollautomatisch mit Futterketten in jeder Etage, die Tränke ist als Nippeltränke ausgebildet. Als Einstreu im Einstreubereich wird bei der Belegung des Stalles einmalig Sand verwendet.

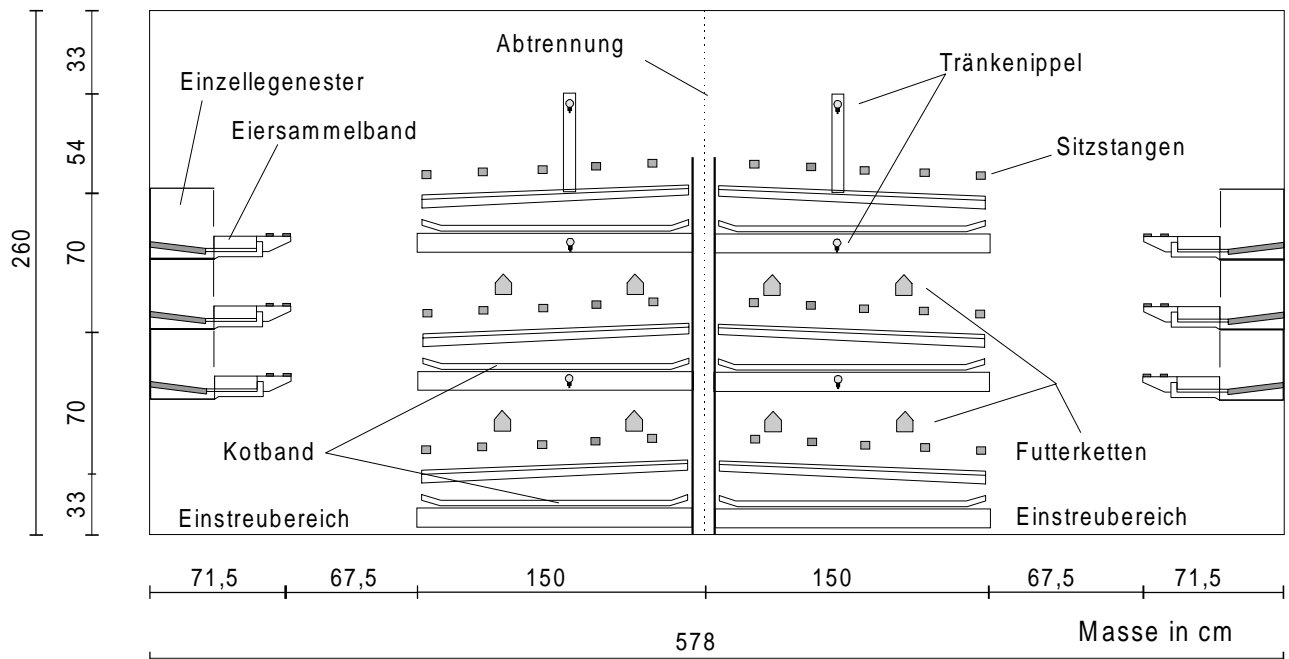


Abbildung 16: Volierenhaltung für Legehennen (Schnitt)

Bodenhaltung:

Das Bodenhaltungsabteil gliedert sich in den Scharraum und die Kotgrube. Die Legenester sind als Abrollnester zum Teil an der Stirnseite, zum Teil über dem Scharraum angebracht. Die erhöhte Kotgrube ist mit kunststoffummantelten Drahtgitterrosten abgedeckt, darüber befinden sich Sitzstangen aus Kunststoff. In diesem Abteil werden maximal 360 Tiere gehalten (Abbildung 17). Die Eierabsammlung wird ebenfalls manuell durchgeführt, wobei eine an

einer Deckenschiene geführte Transporteinheit den Ablauf erleichtert. Die Fütterung erfolgt automatisch über ein Futterband über der Kotgrube, die Wasserversorgung erfolgt über Rundtränken. Als Einstreumaterial im Scharraum wird Sand verwendet.

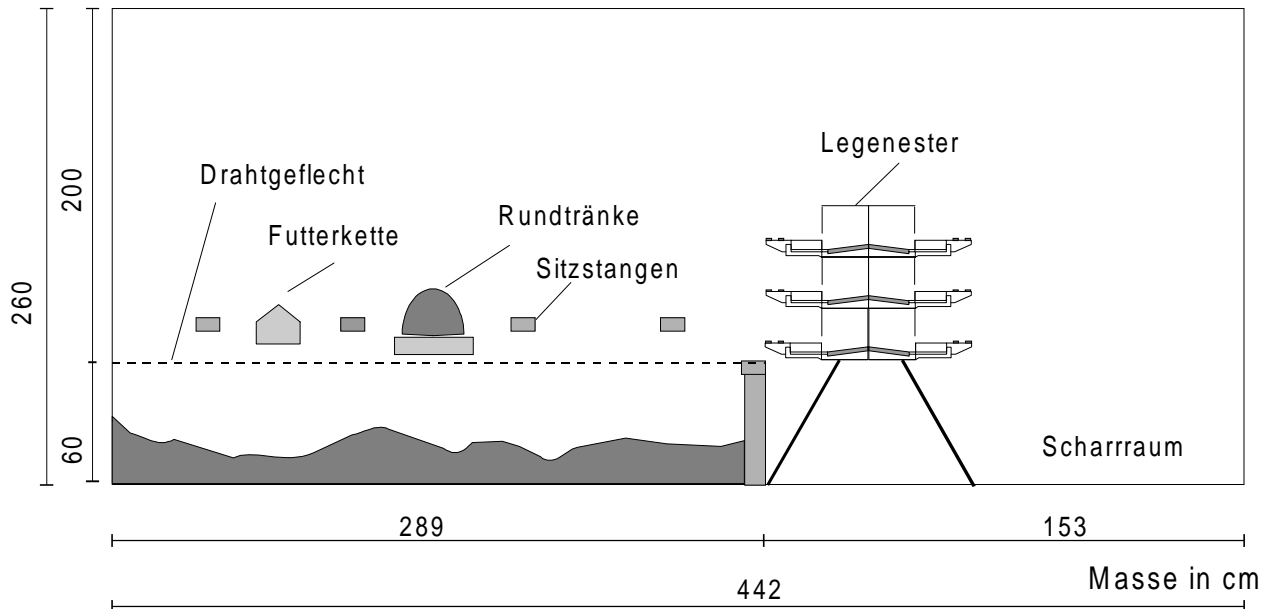


Abbildung 17: Bodenhaltung für Legehennen (Schnitt)

4.2 Verfahrenskenndaten

4.2.1 Tiere

In allen Versuchställen befinden sich einheitlich Legehybriden der Herkunft ISA Warren. Die Hennen werden als Junghennen aufgestellt und werden über eine Legeperiode, d.h. für 12 - 15 Monate genutzt.

4.2.2 Fütterung

Die Legehennen werden alle mit einem Legehennenalleinfutter folgender Zusammensetzung gefüttert: Weizen, Mais, Sojaextraktionsschrot, Maiskleberfutter, Calciumcarbonat, Sonnenblumenextraktionsschrot, Erbsen, Tiermehl, Pflanzenfett, Mineral- und Zusatzstoffmischung, L-Lysin, DL-Methionin. Die Inhaltsstoffe gibt folgende Tabelle 9 an:

Tabelle 9: Futterinhaltsstoffe des Legehennenalleinfutters:

| Inhaltsstoff | Gehalt | Inhaltsstoff | Gehalte |
|--------------|----------|--------------|---------|
| Rohprotein | 17,00 % | Rohasche | 13,00 % |
| Methionin | 0,36 % | Calcium | 3,90 % |
| Rohfett | 4,50 % | Phosphor | 0,55 % |
| Rohfaser | 4,80 % | Natrium | 0,16 % |
| Energie (ME) | 11,00 MJ | | |

4.2.3 Leistungsdaten

Die wichtigsten Leistungsdaten der untersuchten Haltungssysteme sind in Tabelle 10 dargestellt. Der mittlere Futtermittelverbrauch von 120 g /Tier und Tag liegt im Bereich der praxisüblichen Mengen. Unterschiede zwischen Haltungssystemen können nicht nachgewiesen werden. Die Legeleistung (Anzahl der gelegten Eier pro Tier und Tag) ist ebenfalls in den Abteilen auf gleichem Niveau.

Tabelle 10: Leistungskenndaten

| | Tiere pro Abteil | Tiermasse [kg] | Legeleistung [Eier/Abteil d] | Legeleistung [Eier/Tier d] | Eimasse [g] | Futtermittelverbrauch [g/Tier d] |
|------------------------|------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|-------------|----------------------------------|
| Käfighaltung | | | | | | |
| Frühling | 716 | 1,9 | 695 | 0,97 | 59,2 | 130 |
| Sommer | 705 | 1,9 | 648 | 0,92 | 62,4 | 115 |
| Winter | 464 | 1,9 | 372 | 0,80 | 64,7 | k.A. |
| <i>Gesamt</i> | 628 | 1,9 ^a | 572 | 0,90 ^a | 62,1 | 122 ^a |
| Volierenhaltung | | | | | | |
| Frühling | 787 | 2,0 | 739 | 0,94 | 63,4 | 100 |
| Sommer | 781 | 2,0 | 683 | 0,88 | 64,5 | 98 |
| Winter | 768 | 2,1 | 574 | 0,75 | 66,9 | 160 |
| <i>Gesamt</i> | 779 | 2,0 ^b | 666 | 0,85 ^a | 64,9 | 119 ^a |
| Bodenhaltung | | | | | | |
| Frühling | 349 | 1,8 | 333 | 0,95 | 59,7 | 125 |
| Sommer | 318 | 1,8 | 297 | 0,93 | 63,0 | 99 |
| Winter | 313 | 1,9 | 250 | 0,80 | 65,5 | 134 |
| <i>Gesamt</i> | 327 | 1,8 ^a | 293 | 0,90 ^a | 62,7 | 119 ^a |

4.3 Messtechnik

4.3.1 Gaskonzentrationsmessung

Für die Analyse der Gaskonzentration im Abluftvolumenstrom wurde die Messausrüstung an die besonderen Anforderungen des landwirtschaftlichen Robustbereichs angepasst. Im Folgenden werden die einzelnen Komponenten des Messaufbaus beschrieben.

4.3.1.1 Probenentnahme und Probenleitung

Die Probennahme zur Gasanalyse erfolgt an der jeweiligen Ansaugöffnung des Kanals nach der Messturbine. Die Gasprobe wird über einen PTFE-Filter (5,0 μm) und beheizte FEP-Schläuche (Abbildung 18) zu einer Messstellenumschaltung (siehe 4.3.1.2) und von dort in die Zelle des FTIR-Spektrometers geführt.

In einem Isolierschlauch (Tubolit, Wandstärke 8 mm, Durchmesser 45 mm) wird der gasführende Schlauch (FEP, Durchmesser 6 mm, Wandstärke 1 mm) neben zwei Heizschläuchen (Rauclair, Durchmesser 10 mm) geführt (Abbildung 18). Diese Heizschläuche werden über einen Kryothermostat mit einer Heizflüssigkeit (Wasser) mit einer Temperatur von 40 °C am Vorlauf beaufschlagt. Nach ca. 30 Minuten stellt sich im Heizmantel eine Temperatur von 28-32 °C ein. Kondensationserscheinungen in der Gasleitung werden somit vermieden.

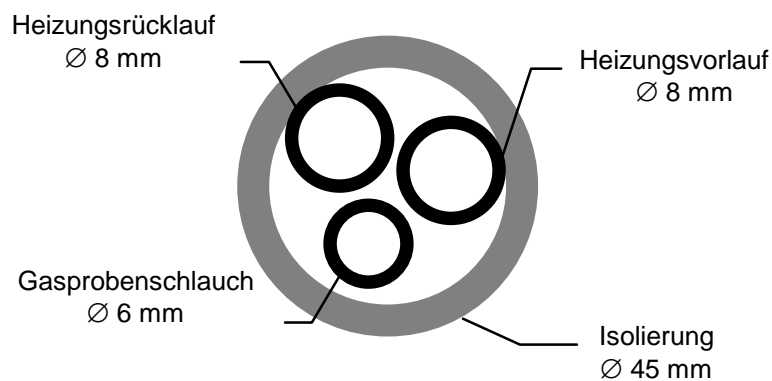


Abbildung 18: beheizbarer Probennahmeschlauch, schematischer Aufbau (Schnitt)

4.3.1.2 Messstellenumschaltung

Der Ablauf der Messung wird durch eine zeitgesteuerte Messstellenumschaltung realisiert. Die Planung und der Bau dieser Messstellenumschaltung aus einer geeigneten Anordnung von elektromagnetischen Ventilen und einer programmierbaren 8-Kanal-Zeitschaltuhr erfolgten an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik in Weihenstephan. In folgender Abbildung 19 ist der Ablauf der Ventilumschaltung im Versuch dargestellt.

Nach einem 5-minütigem Spülzyklus mit Außenluft wird durch ein Magnetventil auf die Gasprobe aus dem Käfig-Batterie-Stall umgeschaltet. Nach 15 Minuten Messdauer schließt sich wiederum eine Spülphase an. Auf diese Weise werden alle drei Stallsysteme abgearbeitet, sodass nach 60 Minuten ein Durchlauf beendet wird und sich der nächste anschließt. In jeweils 15 Minuten werden 3-5 Messwerte erhoben, der Mittelwert daraus wird als Stundenmittelwert für das jeweilige Stallabteil herangezogen.

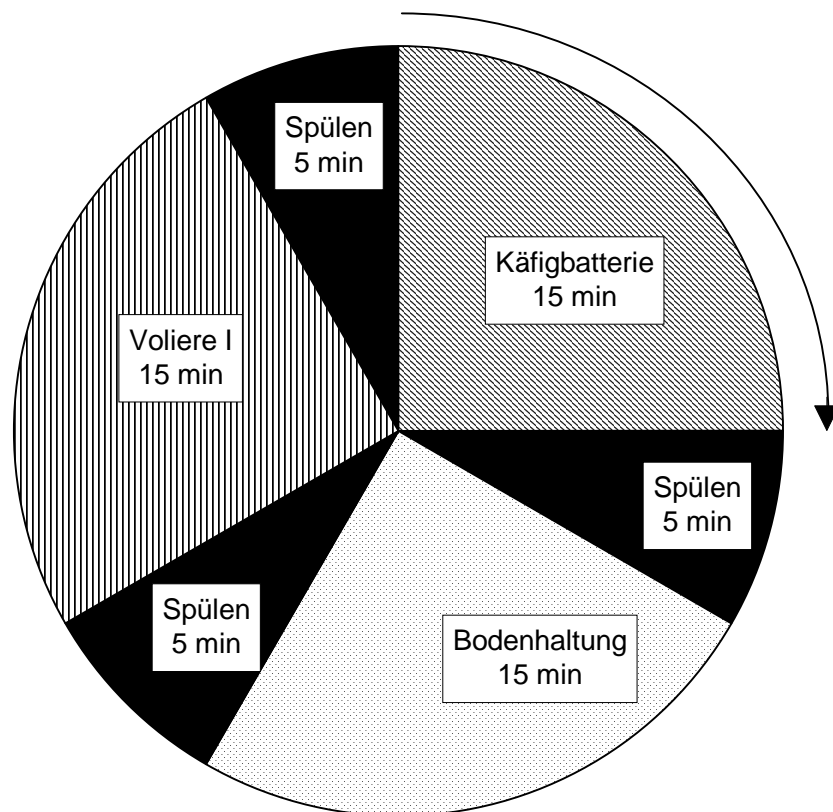


Abbildung 19: Ablauf der Messstellenumschaltung (1 h)

4.3.1.3 FTIR-Spektrometer

Der Aufbau des FTIR-Spektrometers in der Zellenkonfiguration ist der Abbildung 20 zu entnehmen. Das Gaszellenmodul besteht aus einem beheizbarem Glaskolben, der mit dem zu prüfendem Gas beaufschlagt wird. Über eine Anordnung von Spiegeln kann eine theoretische Pfadlänge von 0,8 bis 8,0 m eingestellt werden

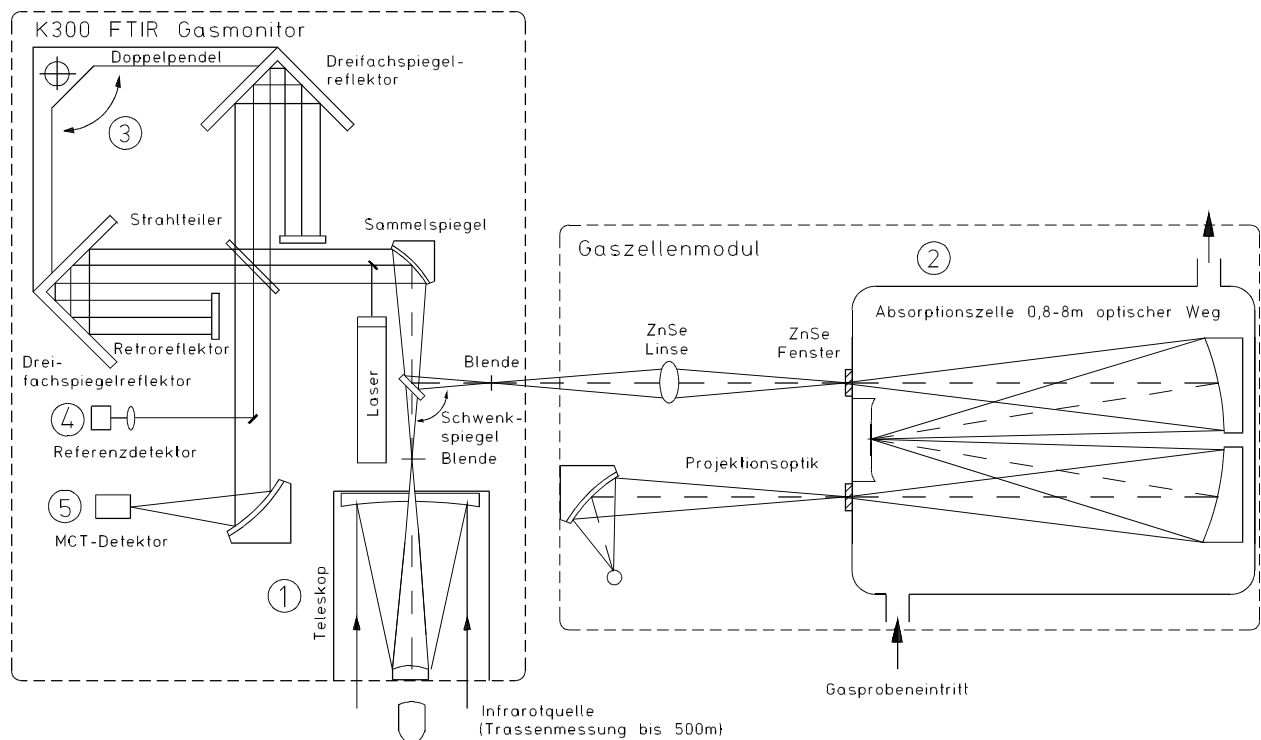


Abbildung 20: Strahlengang im FTIR-Spektrometer K300

Der von einer Infrarotquelle ausgehende Strahlengang wird über einen Schwenkspiegel (zweiter optischer Port) in das Spektrometer eingekoppelt. Über eine als Doppelpendel ausgeführte Spiegelanordnung fällt der Strahl auf einen MCT- (Mercury-Cadmium-Tellurium)-Detektor, der das Spektrum aufnimmt. Zeitgleich wird vom Referenzdetektor ein Referenzspektrum aufgenommen.

Die Auswertung der Spektren erfolgt online anhand des Lambert-Beerschen Gesetzes:

$$I_{(\nu)} = I_{0(\nu)} \cdot e^{-\alpha_{(\nu)}lc} \quad (7)$$

$I_{(\nu)}$ Intensität am Detektor
 ν Wellenzahl
 l Pfadlänge

I_0 Intensität des Strahlers
 α Absorptionskoeffizient
 c Konzentration

Die Auswertesoftware „EVAL“ der Fa. Kayser-Threde ist darauf ausgelegt, in einem Spektrum bis zu neun Gase gleichzeitig auszuwerten. Die Abbildung 21 verdeutlicht das Auswerteprinzip der angewandten Auswertesoftware „EVAL“.

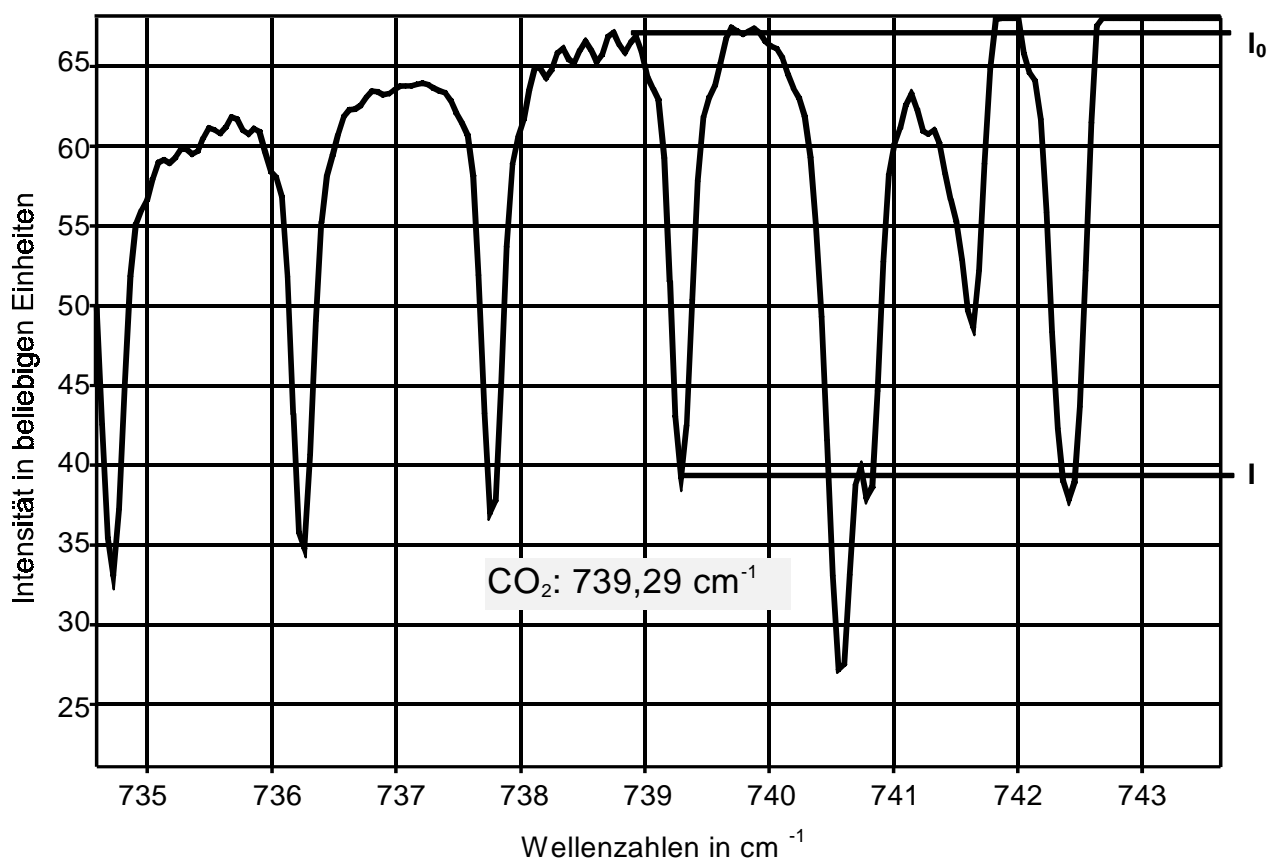


Abbildung 21: Auswertung von IR-Spektren nach dem Lambert-Beerschen Gesetz am Beispiel CO₂

Im Zusammenhang mit der Spektrenanalyse-Software wurden bei der Auswertung der ersten Messkampagne Unregelmäßigkeiten festgestellt. Die Problematik der Gaskonzentrationsmessung und vor allem der Auswertesoftware wurde in intensiven Vorversuchen in der Praxis und an einer Gasmischstation am Institut für Biosystemtechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) behandelt. Die Ergebnisse dieser Vorversuche und die daraus resultierenden Änderungen im Auswerteargorithmus werden im Kapitel 5.1.1 dargestellt. Nach

verschiedenen Test-Messkampagnen, mit denen auch die mögliche Bandbreite der zu erwartenden Gaskonzentrationen und -mischungen erforscht werden sollte, musste der Messbereich einiger Gase erweitert werden. Dazu wurden für NH_3 , CH_4 , N_2O und CO_2 jeweils drei Linien unterschiedlicher Sensitivität ausgewählt, zwischen denen die Software anhand definierter Intensitätsgrenzen der Absorbanz automatisch umschaltet. Die damit erreichten Gesamtmessbereiche gibt Tabelle 11 für eine Pfadlänge von 7,2 m (der Standard-Pfadlänge für die Gaszelle) wieder.

Tabelle 11: Messbereich der wichtigsten Gase mit dem K300 in der Gaszellenkonfiguration (7,2 m Pfadlänge)

| Gas | Min (ppmv) | Max (ppmv) |
|----------------------|------------|------------|
| NH_3 | 0,4 | 60,00 |
| CH_4 | 2,70 | 15000,00 |
| N_2O | 0,28 | 2200,00 |
| CO_2 | 60,00 | 300000,00 |
| H_2O | 323,00 | 6000000,00 |

4.3.2 Volumenstrom

Die Bestimmung des Fortluftvolumenstroms aus einem geschlossenen Stallsystem mit Zwangsentlüftung erfolgte mit Messimpellern, die im Abluftstrom positioniert wurden und den gesamten Querschnitt abdecken. Die Drehzahl der Messimpeller ist ein direktes Maß für den Volumenstrom im Abluftkamin. Der Zusammenhang zwischen Drehzahl des Impellers und dem Volumenstrom wurde in einem Windkanal kalibriert. Als Referenzmessverfahren der Strömungsgeschwindigkeit dient ein berührungslos messendes Laser-Doppler-Anemometer. Somit kann durch das empfindliche Referenzmessverfahren ein robustes, stalltaugliches Messverfahren mit guter Genauigkeit kalibriert werden.

4.3.2.1 Messimpeller

Die im Versuch eingesetzten Messimpeller wurden an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik gefertigt, um eine optimale Anpassung an die Verhältnisse im Abluftkanal der Versuchsstallungen zu ermöglichen. In einen dünnwandigen Blechmantel mit der entsprechenden Nennweite der Abluftschächte wurde an speichenartigen Streben ein Lager montiert, das auf seiner Achse einen handelsüblichen Ventilatorflügel und eine Lochscheibe mit 16 Bohrungen trägt. Mit einem induktiven Näherungsschalter wird die Drehzahl des Ventilatorflügels abgegriffen und als Drehfrequenz mit einem Datalogger aufgezeichnet. Abbildung 22 zeigt den schematischen Messimpeller. Der Vorteil der selbst gefertigten Messimpeller liegt

neben der Größenanpassung vor allem auch in der wesentlich höheren Auflösung des Signals der Drehzahl. Während handelsübliche Messventilatoren aus dem Stalllüfterbau nur 1 bzw. 3 Signale pro Lüfterumdrehung aufweisen ermöglicht die Lösung der Landtechnik Weihenstephan eine Auflösung von 16 Signalen pro Umdrehung. Der untere Messbereich ist somit wesentlich tiefer als bei den herkömmlichen Geräten.

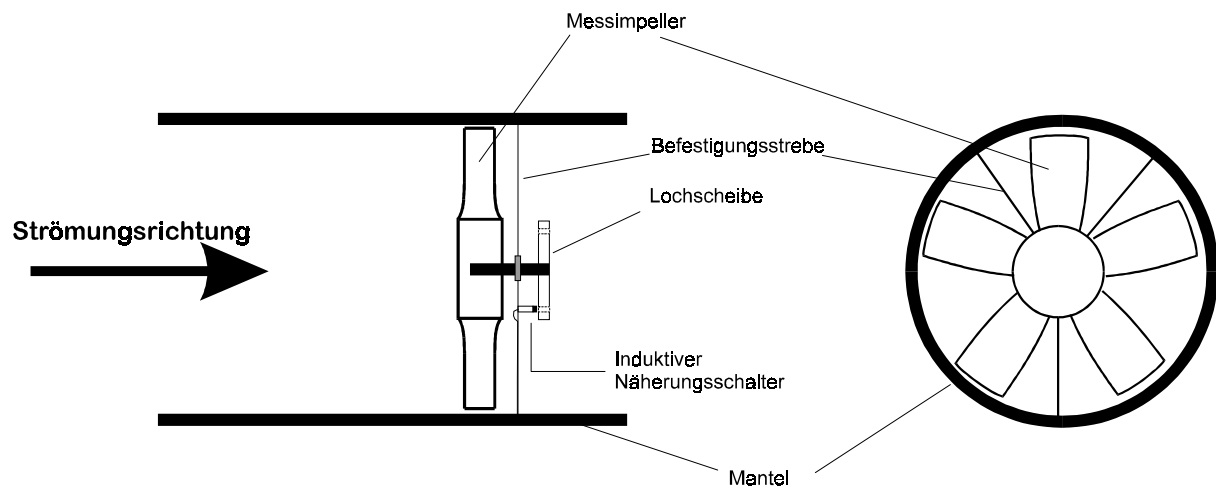


Abbildung 22: Aufbau des Messimpellers (schematisch)

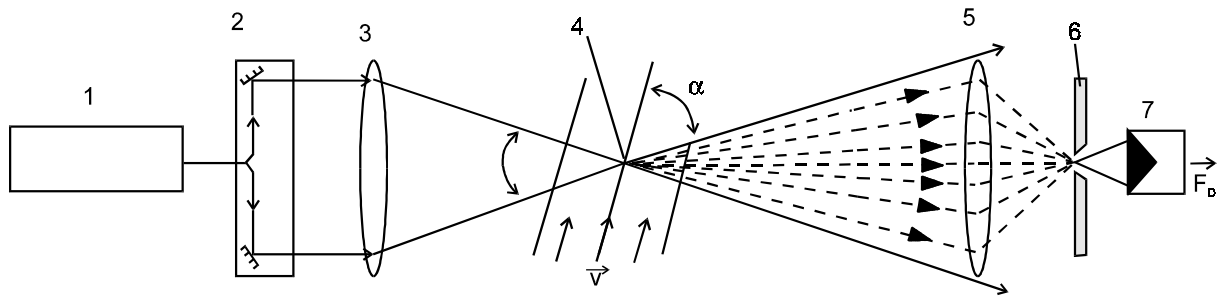
4.3.2.2 Kalibration

Die Kalibration der Messimpeller erfolgt an einem Windkanal, der an der Landtechnik Weihenstephan für diesen Zweck aufgebaut wurde (Abbildung 24). Der zu kalibrierende Messimpeller wird an der Ansaugöffnung montiert. Mit einem regelbaren Lüfter können stufenlos verschiedene Volumenströme eingestellt werden. Die Luft strömt nach der Passage eines Röhrengleichrichters durch eine 8 m lange Beruhigungsstrecke. Am Ausblasende wird die Strömungsgeschwindigkeit mit einem Laserdoppleranemometer (LDA) berührungslos an spezifischen Messpunkten entsprechend der Schwerlinienregel gemessen (VDI, 1983). Grundlage des Verfahrens ist die Anwendung des optischen Doppler-Effektes, der das Vorhandensein von Streuteilchen (z.B. Staubpartikel) im Fluid voraussetzt.

Bei der Zweistrahlmethode wird ein Streuteilchen gleichzeitig von 2 Laserstrahlen, die sich am Messort unter dem Winkel Θ schneiden, beleuchtet (Abbildung 23). Die davon ausgehenden Streuwellen überlagern sich und führen zu einer Differenzfrequenz, die mit der Strömungsgeschwindigkeit im direkten Zusammenhang steht:

$$f_D = (n / \lambda_0) \cdot 2 \cdot v_{\perp} \cdot \sin \Theta / 2 \quad (8)$$

f_D : Doppler-Frequenz [s^{-1}] v_{\perp} : Geschwindigkeit senkrecht zur Messachse [ms^{-1}];
 n : Brechungsindex des Fluids λ_0 Wellenlänge des Laserlichtes im Vakuum [nm];
 Θ : Schnittwinkel der Laserstrahlen

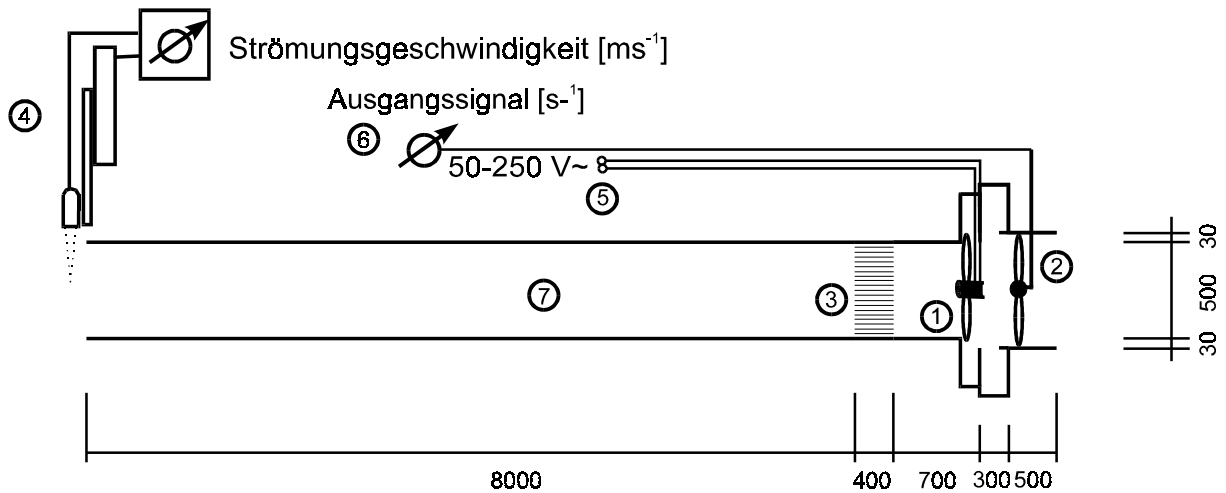


- | | | | |
|-----------------|---------------|-------------------|-------------------|
| 1: Laser | 3: Sendelinse | 5: Empfängerlinse | 7: Photoempfänger |
| 2: Strahlteiler | 4: Messort | 6: Raumfilter | 8: Strahlblende |

Abbildung 23: Strahlengang bei der Laser-Doppler-Anemometrie (Zweistrahlmethode), nach FIEDLER, 1992

Der Messort wird mit einer Traversierung über den Querschnitt des Windkanals geführt (Abbildung 24). Die Wahl der Messorte wird anhand der Schwerlinienregel getroffen, um die mittlere Strömungsgeschwindigkeit im Kanal zu errechnen. Die Laserdoppleranemometrie gilt als Referenzverfahren und bedarf ihrerseits keiner Kalibration. Der Gesamtfehler dieses Messverfahren wird mit < 1% angegeben (FIEDLER, 1992).

Der Mittelwert der Strömungsgeschwindigkeiten an den einzelnen Messpunkten stellt in sehr guter Näherung die mittlere Strömungsgeschwindigkeit im kreisrunden Kanal dar. Mit der Kenntnis der Querschnittsfläche kann der Volumenstrom in [m^3h^{-1}] der aufgezeichneten Drehfrequenz des Messimpellers gegenübergestellt werden.



- ① Lüfter
- ② Meßimpeller
- ③ Röhrengleichrichter
- ④ Laser-Doppler-Anemometer
- ⑤ Frequenzanzeige
- ⑥ Regeltrafo
- ⑦ Windkanal

Abbildung 24: Windkanal zur Kalibration der Messimpeller

Der Regressionszusammenhang zwischen beiden Größen wird im Weiteren als Kalibrierfunktion herangezogen (Abbildung 25).

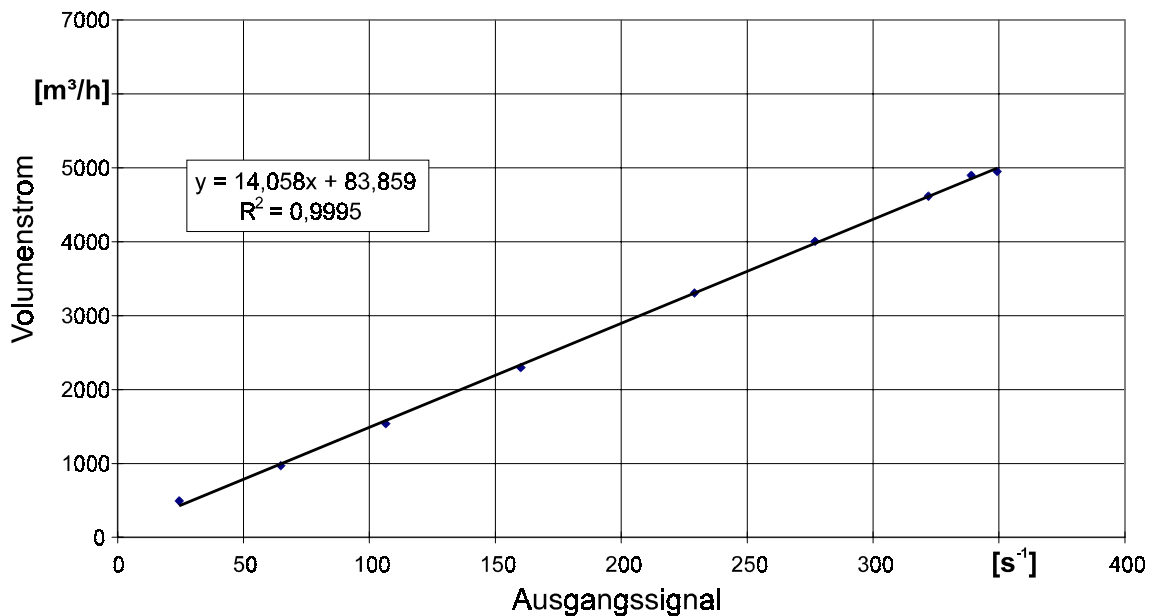


Abbildung 25: Beispiel der Kalibrierfunktion eines Messimpellers

4.3.2.3 Kohlendioxidbilanz

Der erste Ansatz für eine Berechnung des Fortluftstromes anhand der CO₂-Konzentration folgt folgendem Ansatz (nach DIN 18910 (1992)):

$$P_{v, CO_2} = F_v (C_i - C_o) 10^{-6} \quad (9)$$

| | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| P _{v, CO₂} : | CO ₂ -Produktion | [m ³ /h] |
| F _v : | Fortluftstrom | [m ³ /h] |
| C _i : | CO ₂ -Konzentration innen | [ppmv] |
| C _o : | CO ₂ -Konzentration außen | [ppmv] |

Die CO₂-Produktion eines Organismus steht in direktem Zusammenhang mit der Wärmeproduktion, die wiederum eine Funktion der metabolischen Körpergröße darstellt (nach KLEIBER, (1967)).

$$H = b m^{0,75} \quad (10)$$

| | | |
|---|-------------------------------|--------------------------------------------|
| H | Wärmeproduktion (Tagesmittel) | [W] |
| b | Faktor | [W kg ^{0,75}], bei Legehennen: 7 |
| m | Körpergewicht | [kg] |

Die spezifische CO₂-Produktion [m³/Tier h] kann in Abhängigkeit der Masse der Tiere aus Daten von VAN DEN WEGHE (1993) entsprechend folgender Funktion berechnet werden:

$$P_{CO_2} = 2,078 LM^{0,76} \quad (11)$$

| | | |
|-----------------------------|-----------------------------|------------|
| P _{CO₂} | CO ₂ -Produktion | [g/Tier h] |
| LM | Lebendmasse/Tier | [kg] |

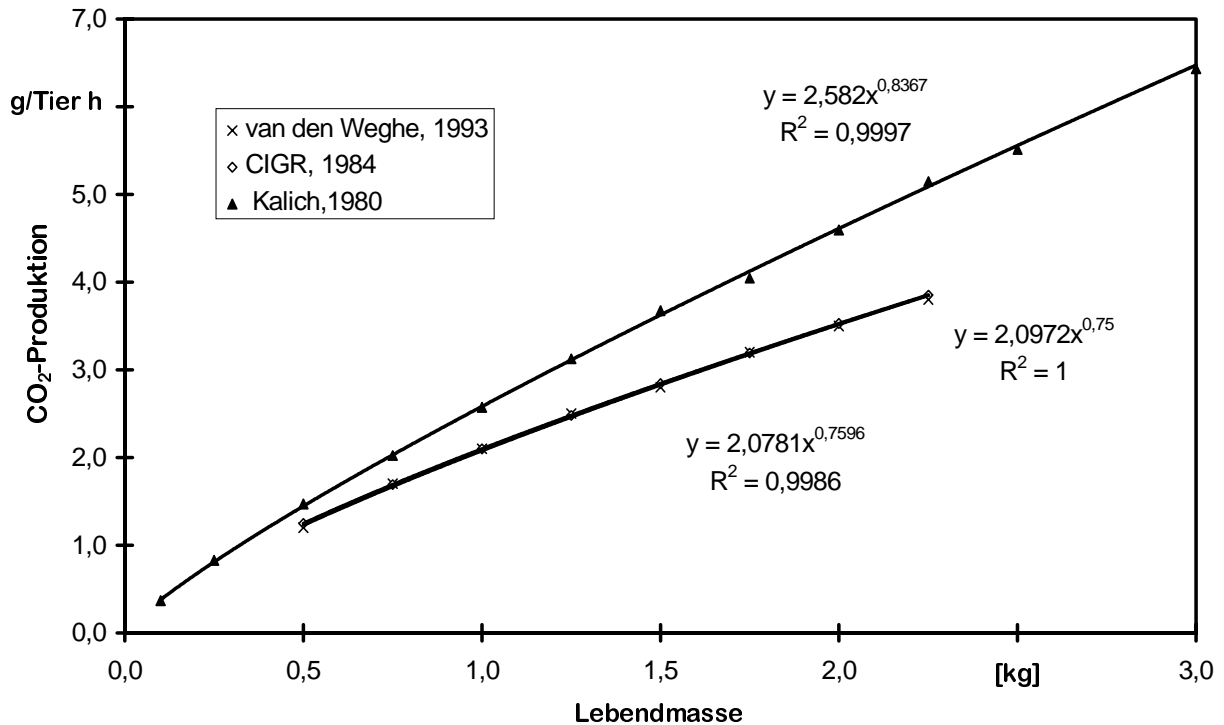


Abbildung 26: CO₂-Produktion in Abhängigkeit von der Lebendmasse bei Legehennen

Die Ergebnisse der CIGR (1984) entsprechen weitestgehend diesen Ansätzen, KALICH (1980) erarbeitete gänzlich andere Zusammenhänge, die auch den metabolischen Faktor von $LM^{0,75}$ nicht erkennen lassen (siehe Abbildung 26):

Für die weiteren Berechnungen werden für die CO₂-Produktion die Angaben der VON VAN DEN WEGHE (1993) verwendet, für die CO₂-Konzentration in der Außenluft (C_a) kann in guter Näherung die CO₂-Hintergrundkonzentration von 356 ppmv (SEINFELD, 1997) angenommen werden.

4.3.3 Randparameter

Zur Einordnung und Interpretation der erzielten Ergebnisse ist die Kenntnis um wichtige Randparameter des Stallsystems, des Stallklimas aber besonders auch der tierphysiologischen Parameter äußerst wichtig, da diese Größen oftmals direkte oder indirekte Einflussgrößen der Emissionsentstehung sind.

Klimagrößen:

Die Außentemperatur und die damit verknüpfte Stalltemperatur hat bei zwangsbelüfteten Ställen in zweierlei Hinsicht Einfluss auf die Höhe der Emissionen. Zum einen wird die Höhe

der Lüftungsrate an dieser Größe geregelt, zum anderen stellt die Temperatur eine der Haupteinflussgrößen für die Bildung der Schadgase (insbesondere Ammoniak) dar.

Die Temperatur wird daher an drei Messstellen erhoben: Im Tierbereich eines jeden Stallsystems, im Abluftvolumenstrom und die Außentemperatur in 20 cm über Grund am Stallgebäude. Die Messung wurde mit Pt₁₀₀-Messfühlern durchgeführt, die Aufzeichnung erfolgt mit Dataloggern kontinuierlich.

Die Luftfeuchte und der Schadgasgehalt im Stall wurde im Zuge der Gasanalytik (FTIR) im Abluftstrom ermittelt.

Leistungsdaten:

Die Leistungsdaten wurden für den Bereich der Legehennenhaltung über den gesamten Versuchszeitraum aufgezeichnet. Neben der Legeleistung (Zählung der Eier/Tag und stichprobenartige Wägung) wird auch der Futterverbrauch erhoben. Dazu wird der gesamte Futtertransport in den Stall mit einer Kippwaage (Auflösung: 10 kg) erfasst. Die Aufteilung auf die einzelnen Stallabteile wird über Zählwerke an den Förderschnecken gemessen.

Kot:

Die angefallene Kotmenge wird im Versuchszeitraum bei den Systemen mit kontinuierlicher Koträumung (Voliere und Käfigbatterie) bei der Räumung gewogen, im Bodenhaltungssystem nach Angaben von KIRCHGESSNER (1987) abgeschätzt.

Der Kot aus allen Systemen wird bei jedem Versuchszeitraum beprobt, diese Proben werden auf folgende Parameter untersucht: Trockenmassegehalt, pH-Wert, gesamter Stickstoffgehalt und Ammonium-Stickstoffgehalt. Stichprobenartig wurde auch der Nitrat-Stickstoff und der Kohlenstoffgehalt bestimmt.

4.4 Statistische Auswertung

Im Allgemeinen ist bei der statistischen Bewertung von Daten davon auszugehen, dass diese unter gleichen Bedingungen gewonnen wurden. Die Reihenfolge der einzelnen Daten der Stichprobe spielt dann keine Rolle für die anschließende statistische Analyse. Bei der Betrachtung von meteorologischen Daten im weitesten Sinne ist dies so nicht der Fall. Die Reihenfolge der erhobenen Daten hat eine große Bedeutung, da die einzelnen Werte von einander nicht unabhängig sind. Die Werte sind reihenkorreliert bzw. autokorreliert (PRECHT 1993). Schadgaskonzentrationen in der Fortluft aus Stallungen, die Lüftungsrate und somit auch die Emissionsraten aus Stallungen sind autokorreliert. Der Prozess einer gasförmigen Emission (z.B. NH₃, CH₄, N₂O) wird von verschiedenen zeitabhängigen Prozessen wie der Temperatur,

der Lüftungsrate und dem Koträumungsintervall bestimmt (GROOT KOERKAMP, 1998), sodass ein Zeitreihenmodell zur Interpretation der Daten in den Mittelwertsvergleich einzubeziehen ist.

Der Vergleich der Messdaten (Konzentrationen, Emissionsraten, Temperaturen) wurde mit dem Verfahren "GLM - Allgemein mehrfaktoriell" in Form einer Regressionsanalyse und einer Varianzanalyse für die abhängige Variable durchgeführt. Als feste Faktoren wurden das Stallsystem und die Messperiode verwendet. Da sich bei der NH₃-Konzentration und der NH₃-Emissionsrate eine eindeutige Abhängigkeit von der Dauer des Entmistungsintervalls zeigt wurde dieser Effekt als linearer Zusammenhang in das Modell als Kovariate eingefügt.

Der Ansatz für dieses Modell lautet:

$$Y = \mu + \alpha + \beta + \gamma + E \quad (12)$$

Y: beobachteter Wert μ : Gesamtmittel α : Effekt des Haltungsverfahrens
 β : Effekt der Jahreszeit γ : Effekt des linearen Anstiegs der NH₃-Konzentration bzw. Emission in Abhängigkeit von der Zeit seit dem letzten Entmisten
E: Versuchsfehler

Die Ergebnisse der mittleren Emissionsraten sowie der Untersuchungen der Rahmenparameter wurden auf einem Signifikanzniveau von 5% getestet. Die statistische Auswertung wurde mit dem Softwarepaket [®]SPSS für Windows, Version 8.01 der SPSS Inc. durchgeführt. Abgesicherte Unterschiede werden durch unterschiedliche Kleinbuchstaben (^{a, b, c}) gekennzeichnet.

5 Messverfahren

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit teilen sich in zwei Bereiche (siehe 3. Zielsetzung). Die eingesetzte Messtechnik musste an die landwirtschaftlichen Bedingungen angepasst und validiert werden. Insbesondere in der Gaskonzentrations-Analytik stellten sich mehrere Fragen zum Thema „Spektrenauswertung“. Da diese Fragen deutlichen Einfluss auf die Qualität der Konzentrationsbestimmung haben, war einerseits eine Verbesserung der mit dem Spektrometer ausgelieferten Auswertesoftware „EVAL“ und andererseits eine Kalibration an einer Gasmischstation zur Ausarbeitung von gerätespezifischen Absorptionskoeffizienten nötig.

Im Zusammenhang mit der Volumenstrombestimmung der Fortluft aus den einzelnen Stallsystemen werden zwei messtechnische Verfahren herangezogen, die im Folgenden auch vergleichend gegenübergestellt werden. Die relativ aufwändige Methode der Messimpellertechnik soll hier als Referenzverfahren dienen, an dem die CO₂-Bilanzmethode gemessen wird.

Die in drei Messperioden erarbeiteten Gaskonzentrationswerte in der Fortluft und die zusammen mit der Luftwechselrate errechneten Emissionsraten aus den drei untersuchten Haltungssystemen Käfighaltung, Bodenhaltung und Volierenhaltung für Legehennen werden dargestellt und verglichen.

5.1 Adaption der Messverfahren

Die Sicherung der Qualität der Konzentrationsmessung im Zusammenhang mit der Emissionsratenbestimmung an Legehennenstallungen stellt die Grundlage für die anwendungsorientierte Fragestellung nach der Emissivität verschiedener Haltungssysteme für Legehennen dar. Auf eine Darstellung der Probleme und ihrer Lösungen kann nicht verzichtet werden, da nur so eine Einordnung der Ergebnisse der Konzentrationswerte und damit auch der Emissionsraten möglich ist. Die Ergebnisse der Optimierung der Messverfahren und deren Güte sind im Folgenden dargestellt. Einen genaueren Einblick in die Thematik der Qualitätssicherung bei FTIR-Messungen gibt DEPTA ET AL. (1997).

5.1.1 Gaskonzentrationsmessung

Die in der folgenden Tabelle 12 dargestellten Problemkreise ergaben sich im Laufe der ersten Arbeiten mit dem FTIR-Spektrometer K300.

Tabelle 12: Probleme bei ersten Arbeiten mit dem FTIR-Spektrometer K300

| Problem | Lösung |
|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| zu enger Messbereich | mehrere Absorptions-Linien pro Stoff |
| Eigenstrahlung | automatische Eigenstrahlungskorrektur |
| Sprung im Analysewert bei versch. Absorptions-Linien | Basislinien-Korrektur |
| Unzureichende Genauigkeit und Übertragbarkeit der HITRAN-Daten | Kalibrierung des Gerätes an Prüfgasen |

Messbereich:

Bei ersten Test-Einsätzen stellte sich heraus, dass der Messbereichs-Umfang einer einzelnen Absorptionslinie pro Gas nicht ausreicht. Wird die Absorbanz $A = \ln(I/I_0)$ zu klein (siehe Gleichung 7), ist das Verhältnis I/I_0 nahe 1 und damit vom spektralen Rauschen kaum zu unterscheiden. Ist es zu groß, ist der Zusammenhang mit der Konzentration nicht mehr linear. Die Schwelle A_{ss} ist abhängig von der Gasart, von der Auflösung und der instrumentellen Linienform-Funktion des einzelnen Gerätes (MOSEBACH ET AL. (1996); DEPTA ET AL. (1997)). Sie liegt in der Größenordnung von $A_S \approx 0,4$. Deshalb wurde die Software so modifiziert, dass pro Gas drei Absorptionslinien zur Verfügung stehen. Die Absorbanz, die jeder Auswertung zu Grunde liegt, wird in der Ausgabedatei zusammen mit der Konzentration angezeigt, um die Güte des einzelnen Konzentrationswertes einschätzen zu können. Tabelle 13 zeigt die Wellenzahlen, die in die Auswertesoftware eingearbeitet wurden. Die Software schaltet ab einer unteren Schwelle der Absorbanz auf die „nächst-empfindlichere“ Absorptionslinie um.

Tabelle 13: ausgewählte Wellenzahlen [cm^{-1}] für verschiedene Gaskomponenten

| Stoff | Linie 1 | Linie 2 | Linie 3 |
|------------------|---------|---------|---------|
| H ₂ O | 1123,8 | 1101,4 | 2023,1 |
| CO ₂ | 944,2 | 2056,7 | 739,3 |
| N ₂ O | 1155,8 | 2550,1 | 2208,6 |
| CO | 2099,1 | | |
| CH ₄ | 2704,7 | 1219,6 | 3038,5 |
| NH ₃ | 1133,9 | 1095,2 | 1103,5 |

Eigenstrahlung:

Messungen mit Prüfgasen (Prüfgasklasse I) wiesen immer gerichtete Abweichungen vom wahren Wert (Prüfgaszertifikat) auf. Als eine Ursache dieser Fehler konnte die Eigenstrahlung des Gerätes erkannt werden.

Unter Eigenstrahlung wird Strahlung verstanden, die nicht vom Infrarotstrahler kommt und die gesamte Messstrecke in der Zelle (s. Abbildung 20) durchläuft, sondern von Bauteilen im Inneren des Gerätes verursacht wird. Als mögliche Strahlungsquelle konnte die Eingangsblende identifiziert werden. Damit wird das Verhältnis I/I_0 und damit die Absorbanz verändert, weil folgende Ungleichung gilt (I_E beschreibt den Eigenstrahlungsanteil):

$$\frac{I}{I_0} \neq \frac{I + I_E}{I_0} \quad (13)$$

Dieser Zusammenhang wurde experimentell bestätigt. Es ergibt sich, dass z.B. die Eigenstrahlung bei 900 cm^{-1} 10 % der Strahlung entspricht, die ein 300 °C heißer Schwarzkörper ausstrahlt, der das gesamte Gesichtsfeld des Teleskops ausfüllt. Um die Eigenstrahlung kompensieren zu können, muss vor der eigentlichen Messung ein Eigenstrahlungs-Spektrum bei ausgeschalteter Strahlungsquelle aufgenommen werden. Eine weitere Messung bei eingeschalteter Strahlungsquelle dient als Referenz, um bei Änderungen der internen Spiegel-Justage oder bei unterschiedlichen Aufstellungen der Strahlungsquelle eine Über- oder Unterkompensation zu vermeiden (DEPTA ET AL., 1997). Das Verfahren wird „Skalierte Eigenstrahlungskorrektur (SEK)“ genannt.

Sprung im Analysewert bei Sprung zwischen den Linien:

Bei den ersten Messungen am Praxisobjekten, wo zum ersten mal nach der Implementierung des Linienwechsels in der Software diese Möglichkeit genutzt wurde, wurden durch den typischen Tagesgang eines Geflügelstalls nicht erklärbare Ergebnisse gefunden.

Bei vielen Messungen schienen sich für das jeweilige Gas zwei Niveaus auszubilden, zwischen denen die Konzentration im zeitlichen Verlauf hin- und herwechselt (Abbildung 27). Eine eingehende Untersuchung ergab, dass diese Niveaus bei jeweils einer bestimmten Absorptionslinie ausgewertet wurden. Ein Wechsel zwischen den verschiedenen Linien bedeutet also einen starken Sprung in der ausgewerteten Konzentration (Abbildung 27).

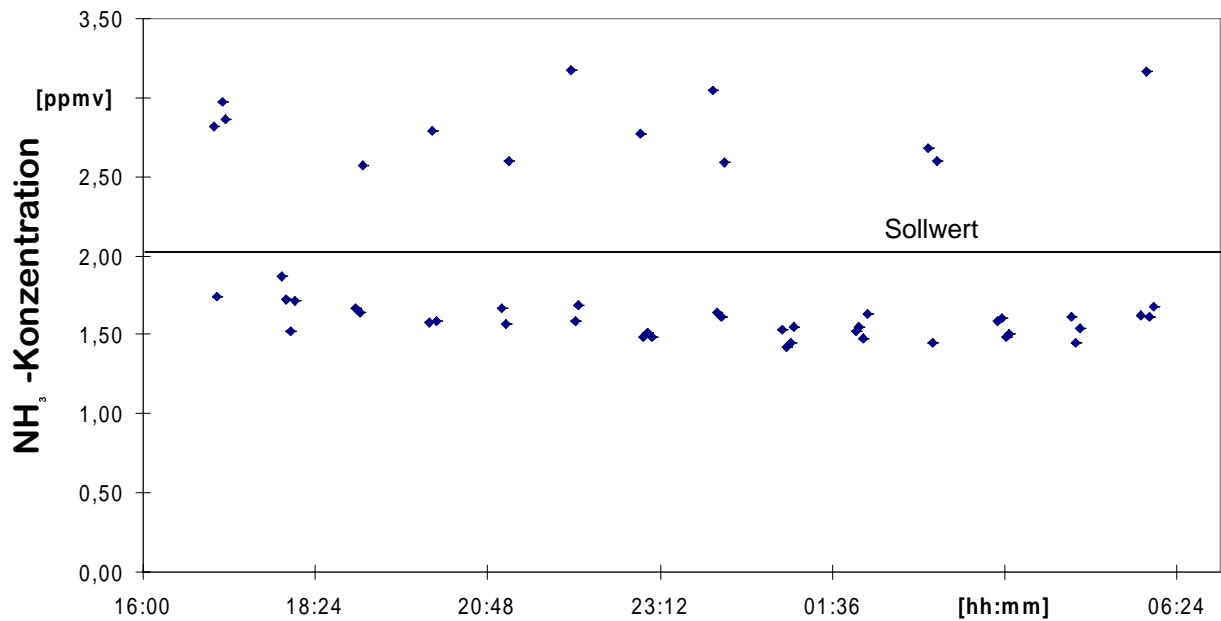


Abbildung 27: Konzentrationsschwankung auf Grund des Wechsels der ausgewerteten Linie

Dieses Verhalten konnte mit Prüfgasen nachvollzogen werden. Die Ursache ist das thermische Grundrauschen des Detektors, das sich auf die jeweiligen Intensitätswerte aufaddiert. Abbildung 28 macht die Verhältnisse deutlich.

Die Software muss zur Konzentrationsbestimmung das Verhältnis von I , der Intensität nach der Absorption durch das Gas bei der bestimmten Wellenzahl der ausgewählten Absorptionslinie, zu I_0 , der Intensität ohne Absorption, bestimmen. Die Basislinie I_0 wird dabei links und rechts der Linie definiert, in dem in einem vorgegebenen Bereich das Maximum der Intensität als Mittelwert bestimmt wird. Dieses Maximum ist aber durch Addition aus dem Grundrauschen $2 I_R$ und I_0 entstanden. Deshalb muss I_R von dem Wert für I_0 abgezogen werden, bevor die eigentliche Auswertung stattfindet, da folgende Ungleichung gilt:

$$\frac{I}{I_0} \neq \frac{I}{I_0 + I_R} \quad (14)$$

Diese Basislinienkorrektur führt zu einer Absenkung aller errechneten Konzentrationswerte, die umso stärker wirkt, je kleiner das Verhältnis I/I_0 ist. Damit fallen die Konzentrationswerte im Rahmen ihrer Fehler wieder zusammen, es entstehen durch die automatische Linienauswahl keine Sprünge in der Konzentrationsauswertung (vergl. Abbildung 27) mehr.

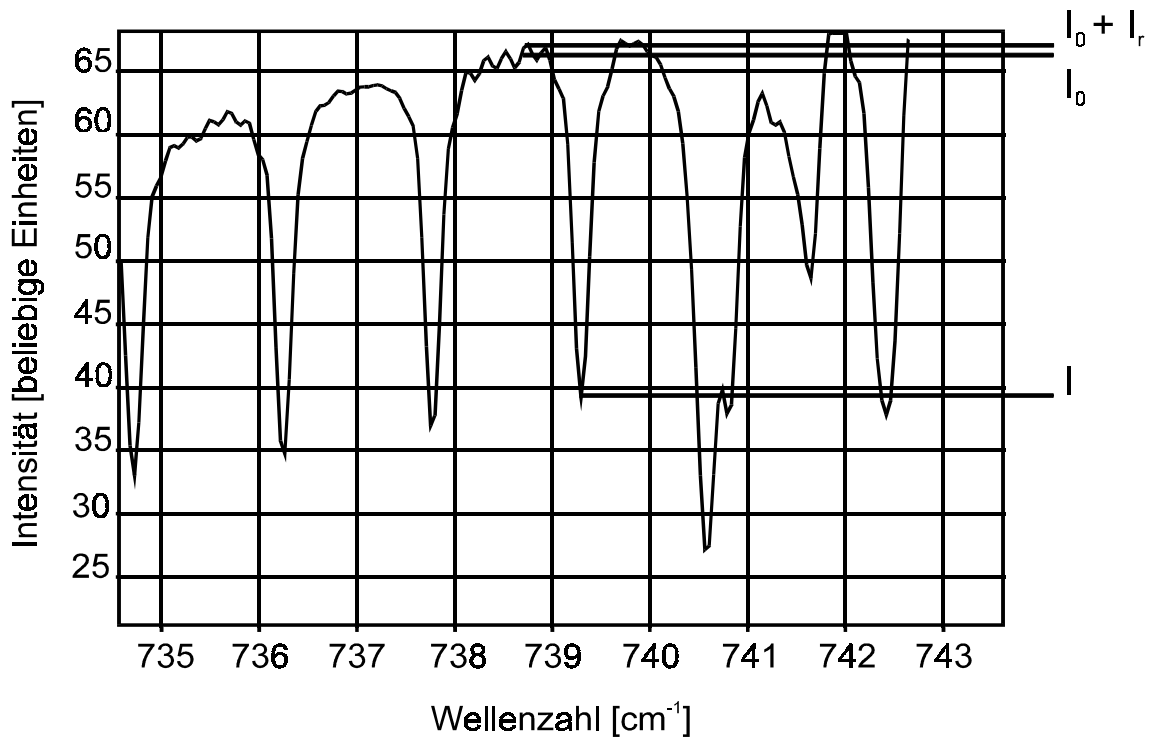


Abbildung 28: Prinzip der Basislinienkorrektur

Unzureichende Genauigkeit und Übertragbarkeit der HITRAN-Daten:

Die zur Auswertung der IR-Spektren benötigten Absorptionskoeffizienten α wurden aus Simulationen mit der Datenbank „Hitran 92“ (ROTHMAN, 1992) entnommen und im Auswertalgorithmus der Software eingesetzt. Die uneingeschränkte Übertragbarkeit der Absorptionskoeffizienten aus der Hitran-Datenbank ist nach diesen Erkenntnissen nicht gegeben, da trotz der im Vorhergehenden geschilderten Optimierungen in der Spektrenauswertung kein befriedigendes Ergebnis in der Auswertung von Prüfgasmessungen erzielt wurde. Aus diesem Grund wurden Kalibrationsroutinen erarbeitet und an der Gasmischstation des Instituts für Biosystemtechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) durchgeführt. Das Ziel dieser Kalibration war die Erarbeitung von gerätespezifischen Absorptionskoeffizienten für die in diesem Forschungsvorhaben interessanten Gaskomponenten unter den für einen landwirtschaftlichen Einsatz üblichen Randbedingungen:

- Messung mit White-Zelle,
- Pfadlänge 7,2 m,
- Zellentemperatur 45 °C und 20 °C und
- Detektorsignal ca. 75% des Messbereichsendwertes.

Die White-Zelle wurde mit Gasen einer bekannten Konzentration in mehreren Stufen beaufschlagt. Aus den aufgenommenen Spektren lässt sich bei den ausgewählten, gasspezifischen Wellenzahlen die Absorbanz ablesen. Die Umformung des Lambert-Beerschen Gesetzes nach dem Absorptionskoeffizienten führt zu folgender Gleichung:

$$\alpha_{\nu G} = \frac{\ln \frac{I}{I_0}}{l \cdot c_G} \quad (15)$$

$\alpha_{\nu G}$: Absorptionskoeffizient für eine best. Wellenzahl ν und ein bestimmtes Gas G
 c_G : Gaskonzentration eines bestimmten Gases G
 l : Pfadlänge (7,2 m)
 $\ln \frac{I}{I_0}$: Absorbanz

Für jedes Gas wurde mit drei Konzentrationen pro Linie ein Kalibrationsdurchgang mit einer Wiederholung durchgeführt. Insgesamt ergaben sich Veränderungen gegenüber den theoretischen Absorptionskoeffizienten aus der HITRAN-Datenbasis. Insbesondere bei CO₂, N₂O und NH₃ stellen sich deutliche Veränderungen bei der „dritten Absorptions-Linie“ dar. Eine gerichtete Abweichung ist allerdings nicht zu erkennen. Der Fehler des Absorptionskoeffizienten geht direkt in die Konzentrationsbestimmung ein (DEPTA ET AL. 1997).

Bei Kohlendioxid waren keine Änderungen notwendig, da bereits die Prüfgasüberprüfung keine Abweichungen ergab.

5.1.2 Volumenstrommessung

5.1.2.1 Messimpeller

Der Volumenstrombestimmung aus den Stallungen geht ein Kalibrationszyklus am Windkanal der Landtechnik Weihenstephan voraus. Dies geschieht vor allem vor dem Hintergrund einer möglichen Veränderung der Kennlinie der Messventilatoren während der Messperiode. Dies kann durch Staubbeladung der Lüfterflügel und durch Veränderungen in der Lagerreibung verursacht werden.

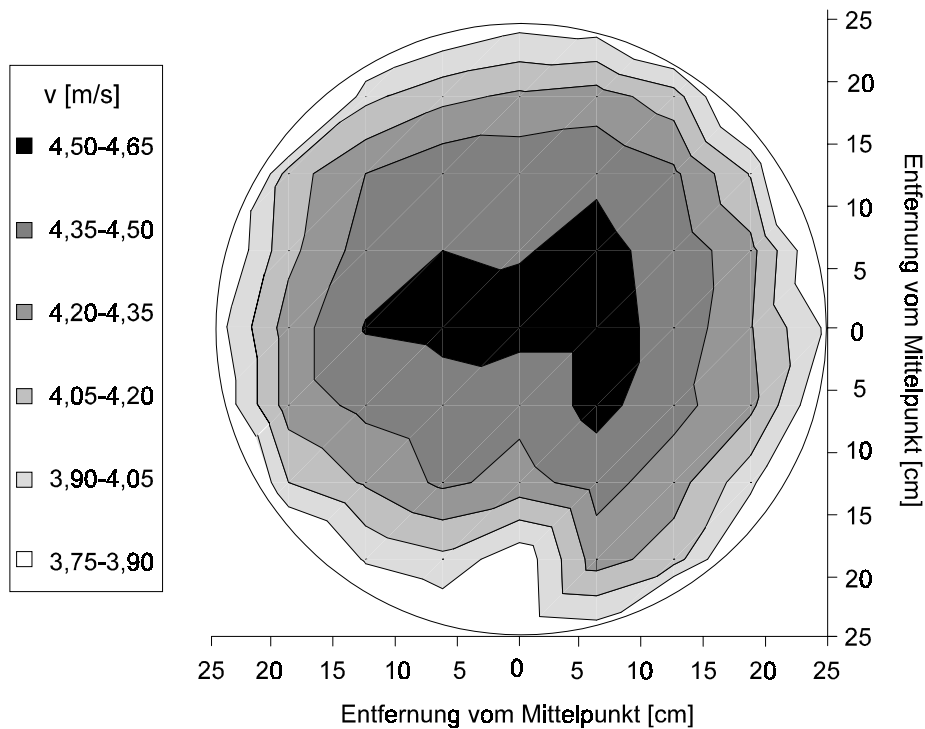


Abbildung 29: Strömungsprofil im Windkanal ($\bar{v} = 4,0 \text{ m s}^{-1}$)

Die Messpunkte des Laser-Doppler-Anemometers werden so gelegt, dass die gemessenen Geschwindigkeit Kreisscheiben gleicher Fläche zugeordnet werden kann. Trotz Verwendung dieser Schwerlinienregel ist auf eine hinreichende Gleichverteilung der Strömungsverhältnisse im Kanal zu achten. Dies wurde durch den Einsatz eines Röhrengleichrichters am Beginn der Beruhigungsstrecke gewährleistet. Abbildung 29 zeigt die Strömungsverhältnisse bei einer mittleren Strömungsgeschwindigkeit von 4 m s^{-1} . Die Störung am unteren Rand des Kanals rührt vom hier eingesetzten Messgerät (Hitzdrahtanemometer) her, dessen Sonde an einem Stab geführt wird.

Die Schwerlinienregel leitet sich folgendermaßen ab: Für kreisförmige Rohre wird der Querschnitt in n flächengleiche Ringzonen unterteilt und jede Ringzone mit einer Messstelle versehen. Die Formel lautet:

$$r_i = R \cdot \sqrt{1 - \frac{(2i - 1)}{2n}} \quad (16)$$

r_i : Radius der i -ten Ringzone

R : Radius des Querschnitts

n : Anzahl der Zonen

Bei turbulenter Strömung, wie sie in diesem Kanal vorherrscht und bei 5 Ringzonen ist der Fehler bezüglich des Messquerschnittes kleiner 1% (FIEDLER, 1992).

Die Kalibration der Messimpeller wurde jeweils vor und nach dem Einsatz durchgeführt. Daraus ergaben sich folgende lineare Kalibrationsgleichungen:

$$y = m \cdot x + b \quad (17)$$

| | | | |
|----|------------------------------------------------|----|-----------------|
| y: | Volumenstrom [m ³ h ⁻¹] | m: | Steigung |
| x: | Drehzahl des Lüfters [s ⁻¹] | b: | Achsenabschnitt |

Die Unterschiede zwischen dem gereinigten und dem ungereinigten Zustand der Messimpeller können als marginal bewertet werden. Zur Auswertung der aufgezeichneten Daten wurden die mittleren Werte aus dem gereinigten Zustand vor dem Einsatz und dem verschmutzten Zustand nach dem Einsatz herangezogen.

5.1.2.2 Kohlendioxidbilanz

Anhand der mittels der Messimpellermethodik kontinuierlich erfassten Fortluftvolumenströme ist es möglich, diese Technik mit der CO₂-Bilanz-Methode zu vergleichen. Wenn die gemessene CO₂-Konzentration in der Fortluft in einem engen Zusammenhang mit dem gemessenen Fortluftvolumenstrom steht, dann kann auch die CO₂-Konzentration bei Kenntnis der aufgestellten Tiermassen und der CO₂-Produktion als indirektes Maß des Luftwechsels herangezogen werden. Die CO₂-Konzentration der Fortluft wurde kontinuierlich gemessen. Der Zusammenhang zwischen der CO₂-Konzentration in der Fortluft und dem mit Messimpellertechnik gemessenen Volumenstrom, bezogen auf 500 kg LM in Stundenmittelwerten ist in Abbildung 30 dargestellt. Die Standardisierung des Fortluftvolumenstromes auf 500 kg LM wurde durchgeführt, um den unterschiedlichen Tierbesatz in den einzelnen Haltungssystemen auszugleichen. Das geringe Bestimmtheitsmaß von 25 % zeigt, dass eine Abschätzung der Luftwechselrate anhand der CO₂-Konzentration in der stündlichen Auflösung unter Praxisbedingungen nicht möglich ist.

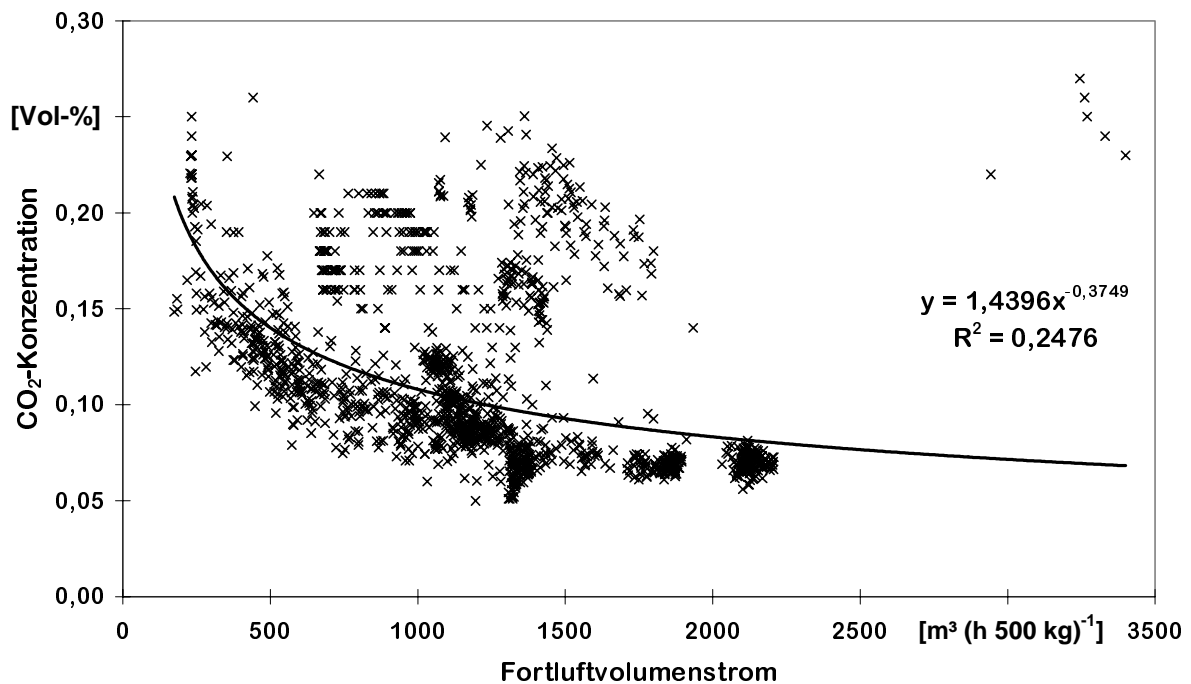


Abbildung 30: CO₂-Konzentration [Vol.-%] in Abhängigkeit des Fortluftvolumenstroms [m³ (h 500 kg)⁻¹] (Stundenmittelwerte)

Bei Gegenüberstellung des gemäß der CO₂-Bilanz errechneten Volumenstromes mit den direkt gemessenen Stundenmittelwerten des Fortluftvolumenstromes [m³ h⁻¹] in Abbildung 31 zeigt sich, dass der Zusammenhang zwischen errechnetem und gemessenem Volumenstrom in der stündlichen Auflösung weder das nötige Bestimmtheitsmaß (R²) noch die erwartete Steigung im Bereich von 1 aufweisen. Diese Abweichung lässt den Schluss zu, dass die CO₂-Bilanzmethode zur Errechnung des Fortluftvolumenstromes aus Ställen in der stündlichen Zeitauflösung nur sehr bedingt geeignet erscheint. Die Gründe sind in erster Linie in der Physiologie der Tiere zu suchen. Die CO₂-Produktion des tierischen Organismus ist sehr stark von inneren und äußeren Faktoren abhängig (STEINHARDT ET AL., 1989) In erster Linie sind hier das Stallsystem, die Jahreszeit bzw. das Außenklima, die Aktivität der Tiere, Stressfaktoren wie z.B. ungünstiges Stallklima, die Fütterung und das Leistungsstadium der Tiere zu nennen.

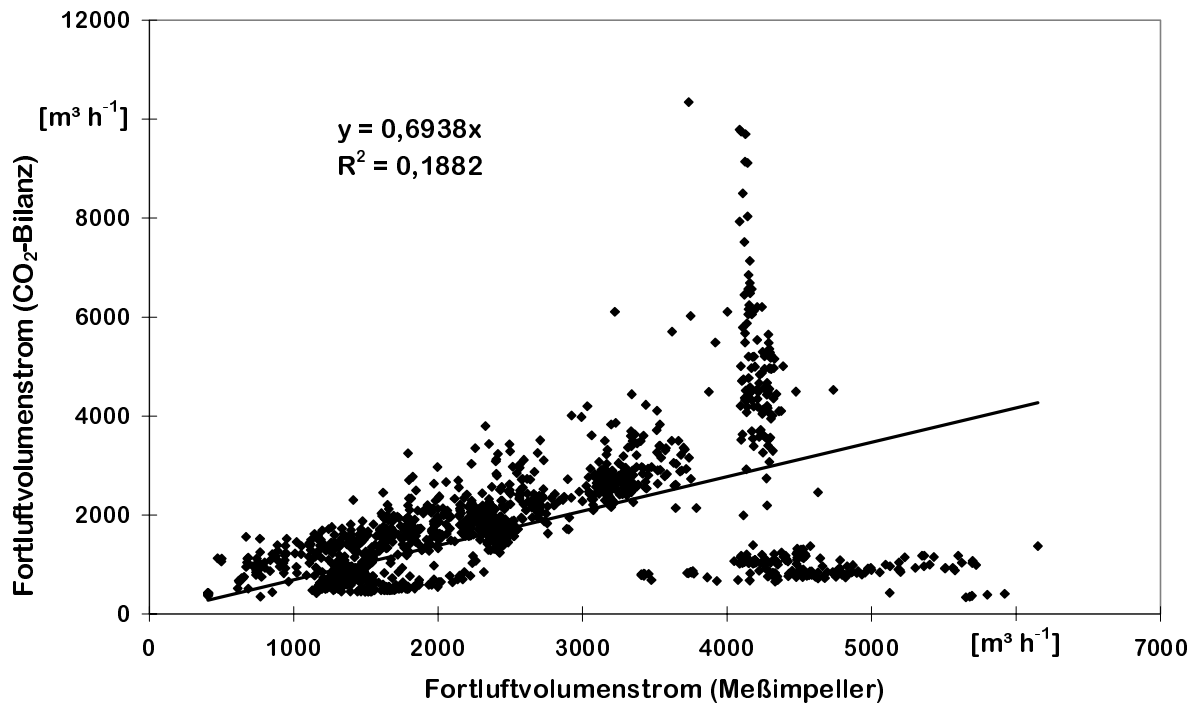


Abbildung 31: Vergleich des gemessenen (Messimpeller) mit dem errechneten (CO₂-Bilanz) Fortluftvolumenstromes [m³ h⁻¹], Stundenmittelwerte

Bei der Betrachtung der Tagesmittelwerte der in Abbildung 30 dargestellten Wertepaare, so ergibt sich zunächst keine deutliche Verbesserung des Zusammenhangs. Das Bestimmtheitsmaß erhöht sich nur in geringem Maße auf 27%. Unter Winterbedingungen bei niedrigen Außentemperaturen führt die Mindestlüftungsrate aus Gründen der Energieeinsparung zu suboptimalen Verhältnissen für das Tier (hohe Schadgasgehalte). Die Reduktion um die Wertepaare aus dem gesamten Datensatz, die unter Außentemperaturbedingungen unter 2 °C gemessen wurden verbessert die Güte der Anpassung auf 88 % (Abbildung 32). Daher ist dieses Verfahren der Volumenstrombestimmung nicht für eine jahreszeitlich durchgängige Messung geeignet.

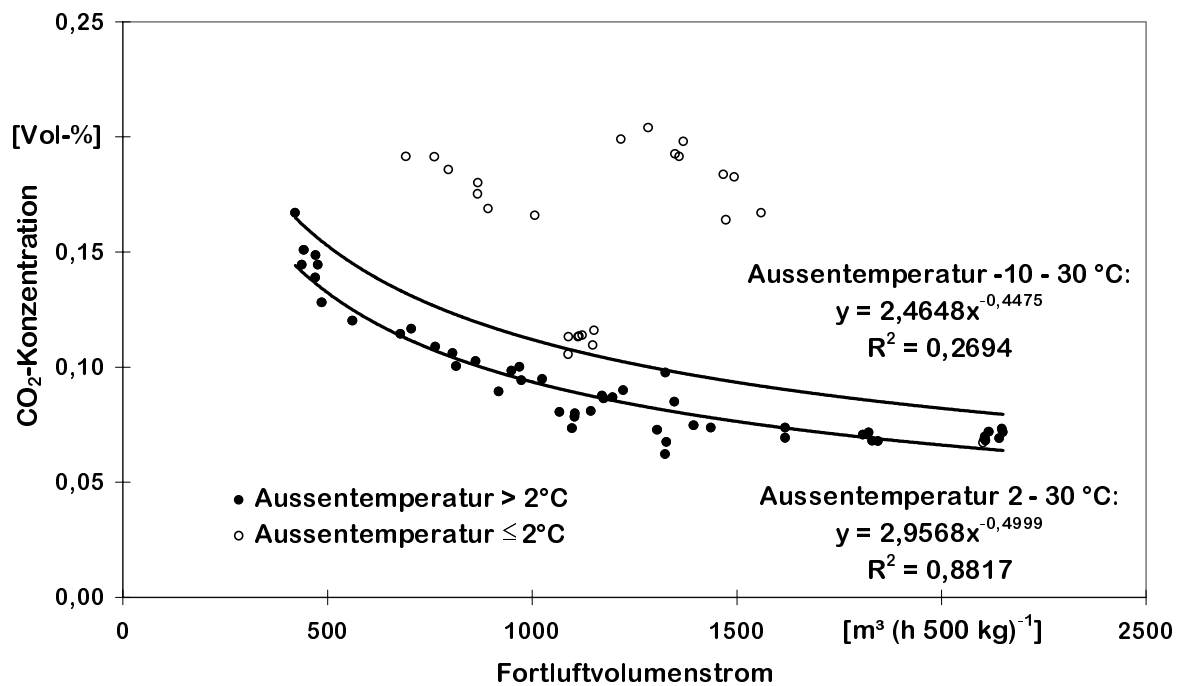


Abbildung 32: CO₂-Konzentration [Vol.-%] in Abhängigkeit des Fortluftvolumenstroms [m³ (h 500 kg)⁻¹], (Tagesmittelwerte)

Die Gegenüberstellung der gemessenen mit den errechneten Fortluftvolumenströmen im Tagesmittel zeigt, dass die CO₂-Bilanzmethode für die Berechnung der mittleren Luftwechselrate nur unter bestimmten Einschränkungen herangezogen werden kann. Unter den bisher bekannten Angaben zur CO₂-Bildung ist in der Praxis mit einer durchschnittlichen Unterschätzung der Luftwechselrate von rund 8 % im Tagesmittel zu rechnen (Abbildung 33).

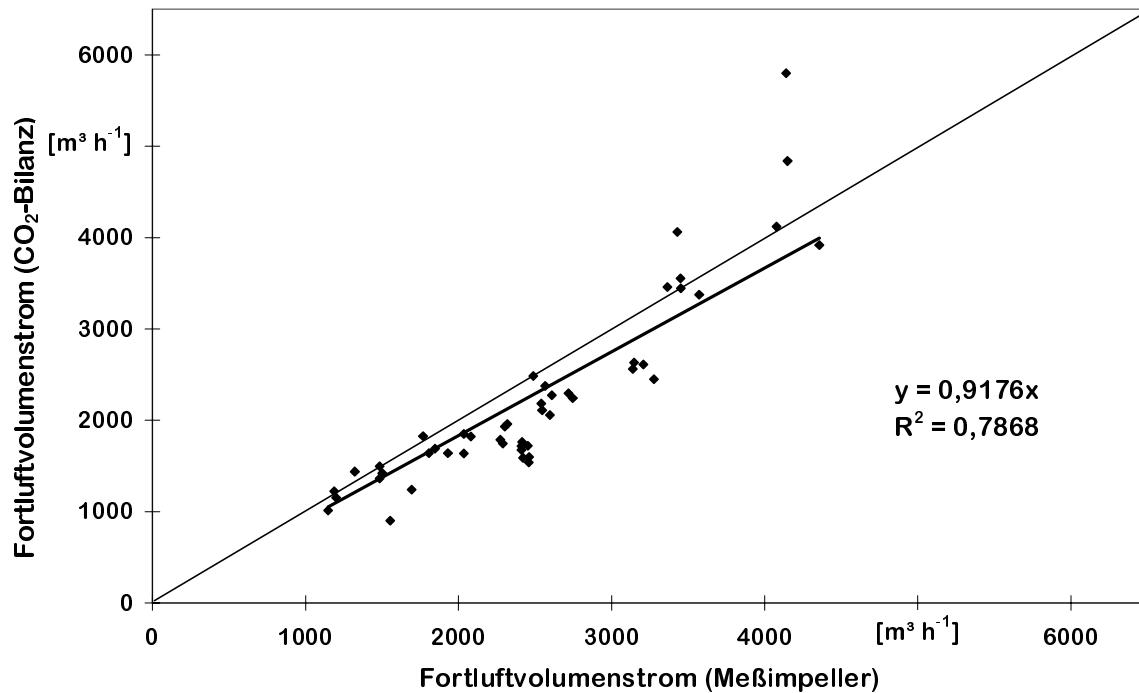


Abbildung 33: Vergleich des gemessenen (Messimpeller) mit dem errechneten (CO₂-Bilanz) Fortluftvolumenstromes [m³ h⁻¹], Tagesmittelwerte

Die Optimierung der Gleichung zur CO₂-Bildung ist vor allem unter der Berücksichtigung des Stallsystems und weiterer Umweltparameter (Schadgasgehalt, Temperatur im Tierbereich) möglich.

Die differenzierte Angabe der CO₂-Produktion kann die CO₂-Bilanzmethode entscheidend verbessern. Insbesondere zur Bestimmung der Lüftungsrate in freibelüfteten Ställen, wo die Anwendung der Messimpellertechnik zur Volumenstrombestimmung nicht möglich ist, stellt eine verbesserte CO₂-Bilanzmethode eine Möglichkeit der Emissionsratenanalyse dar.

5.2 Diskussion der Messverfahren

5.2.1 Gaskonzentration

Die Bestimmung der Gaskonzentrationen in der Fortluft stellt neben der korrekten Messung des Fortluftvolumenstromes die zentrale Frage bei der Emissionsratenanalyse dar. Die Problematik der Messtechnik ergibt sich durch die Rahmenbedingungen, die der Einsatz in der landwirtschaftlichen Tierhaltung mit sich bringt.

5.2.1.1 Querempfindlichkeit

Bei spektrometrischen Messverfahren mit geringerer spektraler Auflösung ($> 1 \text{ cm}^{-1}$) sind bei der Messung verschiedener Gaskomponenten Messfehler auf Grund von Querempfindlichkeiten zu befürchten. Tabelle 14 gibt eine Übersicht über die wichtigsten Absorptionsbereiche und Querempfindlichkeiten von Gaskomponenten mit agrarischer Bedeutung.

Tabelle 14: Absorptionsbereiche und Querempfindlichkeiten (nach RUSSWURM, 1996)

| Stoff | Spektralbereich | | Querempfindlichkeit mit |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|
| | von | bis | |
| H ₂ O | 1010 1415 2180 2720 3547 | 1017 1815 2230 3546 3900 | |
| CO ₂ | 2234 | 2389 | |
| N ₂ O | 2150 | 2200 | H ₂ O, CO ₂ |
| NH ₃ | 1000 | 1100 | H ₂ O |
| CH ₄ | 2980 | 3050 | H ₂ O |
| Spektralbereiche mit totaler Absorption sind fett gekennzeichnet | | | |

Der große Vorteil des im beschriebenen Messaufbau eingesetzten FTIR-Spektrometers liegt in der hohen spektralen Auflösung von $0,6 \text{ cm}^{-1}$ Wellenzahlen. Dies ermöglicht die zeitgleiche Analyse einer Probe auf eine Vielzahl von Komponenten ohne eine Verzerrung der Messwerte durch Querempfindlichkeiten. Die Problematik der Querempfindlichkeit hat bei landwirtschaftlichen Quellen durch die Vielzahl der beigemengten Spurengase eine besondere Qualität. Querempfindlichkeiten können besonders bei Gasen auftreten, die in den Spektralregion absorbieren, die von Wasser- oder Kohlendioxidlinien ganz oder teilweise überlagert sind.

5.2.1.2 Nachweisgrenzen

Die unteren Nachweisgrenzen der Messtechnik bei Spurengasen aus landwirtschaftlichen Quellen liegen im Idealfall deutlich unter der atmosphärischen Hintergrundkonzentration (mba: much below ambient air). Die Nachweisgrenze ist bei dem eingesetzten FTIR-Spektrometer letztendlich eine Funktion der Pfadlänge, die in der verwendeten Form bei 7,2 m liegt. Die daraus resultierenden Messbereiche sind in Tabelle 10 dargestellt und erreichen für die Komponente CH₄ nicht die Hintergrundkonzentration (Tabelle 15).

Tabelle 15: Hintergrundkonzentrationen (nach SEINFELD, 1998) und untere Nachweisgrenze

| Stoff | Hintergrundkonzentration (SEINFELD, 1998) [ppbv] | untere Nachweisgrenze (7,2 m Pfadlänge) [ppbv] |
|------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| CO ₂ | 356 *10 ³ | 60*10 ³ |
| N ₂ O | 311 | 280 |
| NH ₃ | 0,1-10 | 40 |
| CH ₄ | 1720 | 2700 |

Da die Hintergrundkonzentrationen der Spurengase (CH₄, N₂O und NH₃) gerade in agrarisch strukturierten Gebieten nicht immer exakt bekannt sind und die Quellstärke nicht immer hoch genug ist, kann die Messung bei CH₄ und N₂O auch unter der Nachweisgrenze liegen bzw. der Messwert nicht gesichert angegeben werden (siehe Tabelle 15). Bei CH₄ war nur in 4% der Messzyklen eine Konzentration über der Nachweisgrenze messbar, sodass auf eine Darstellung dieser Ergebnisse verzichtet werden muss. Gerade bei dem Spurengas Methan zeigt sich das Defizit der Nachweisgrenze sehr deutlich. In Zukunft ist eine Senkung der unteren Nachweisgrenze durch die Verwendung einer White-Zelle mit längerem Pfad geplant. Dadurch wird ein größeres Zellenvolumen notwendig, das seinerseits wiederum einen Einfluss auf die Ansprechzeiten bzw. notwendigen Spülzeiten des gesamten Systems hat.

5.2.1.3 Gesamtbewertung FTIR

Der Einsatz der Fouriertransformierten Infrarotspektroskopie in der Emissionsratenbestimmung landwirtschaftlicher Quellen ist im Vergleich mit herkömmlichen Verfahren anhand folgender Kriterien einzuordnen:

Multigasmessung:

Es können prinzipiell alle gasförmigen Komponenten einer Gasprobe qualitativ und quantitativ analysiert werden, die im infraroten Spektralbereich typische Absorptionsbanden aufweisen. Dies ist bei den wichtigsten Umwelt- bzw. Klimagasen aus landwirtschaftlichen Quellen (z.B. NH₃, N₂O, und CH₄) der Fall. Auch Wasser und Kohlendioxid als wichtige Parameter des Stallklimas sind mit dieser Messtechnik exakt zu bestimmen.

Defizite bestehen derzeit noch in der Konzentrationsmessung von H₂S mit FTIR. H₂S stellt ebenfalls ein wichtiges Bewertungskriterium für das Stallklima dar und trägt in nicht unerheblichem Maße zur Geruchsemission bei.

Online-Auswertung:

Die Auswertung der zu untersuchenden Proben findet „online“ statt, d.h. die Proben werden am Messort analysiert. Ein Transport der Gasproben in ein Labor und die dabei auftretenden Veränderungen können vermieden werden.

Archivierung:

Durch die Aufzeichnung und Speicherung des gesamten Spektrums einer Gasprobe ist es möglich, die gesamte Information über die Zusammensetzung dieser Probe zu archivieren, d.h. eine Analyse zu einer späteren Zeit auf weitere Komponenten oder nach einer neuen Kalibration ist möglich. Die Aufbewahrung von Rückstellproben bei Gasen ist auf Grund der stattfindenden chemischen und physikalischen Veränderungen von Gasproben in bereits sehr kurzen Zeiträumen von wenigen Tagen nicht möglich, die Speicherung in digitaler Form macht dies erstmals auch in größerem Umfang möglich.

Stalltauglichkeit:

Durch die robuste Bauweise, die Kapselung und Stickstoffspülung des eigentlichen Messgerätes ist das Gerät in hohem Maße stalltauglich, der zur Steuerung und Datenaufzeichnung nötige PC kann entweder als Industrie-PC ausgeführt sein oder aber vom eigentlichen Messgerät abgesetzt aufgestellt werden.

5.2.2 Messimpeller

Der Einsatz von Messimpellern hat sich an geführten Quellen bewährt, wenn der gesamte Querschnitt des fortluftführenden Kanals abgedeckt wird. Dies hat folgende Gründe:

5.2.2.1 Technischer Aufwand

Der technische Aufwand ist insbesondere bei Anlagen mit mehreren Abluftkaminen nicht unerheblich. Darüber hinaus müssen gewisse strömungsmechanische Mindestanforderungen (ungestörte Beruhigungsstrecke) erfüllt werden. Dies und die Zugänglichkeit zu Wartungs- und Überwachungszwecken ist beim Einbau in oftmals verwinkelten Abluftkaminen nur mit gewissen Umbaumaßnahmen möglich. Die korrosive Atmosphäre der Stallluft mit u.U. hohen Staubfrachten macht diese Wartungsmaßnahmen aber zwingend nötig, um Veränderungen in der Kennlinie der Messimpeller zu vermeiden.

5.2.2.2 Zeitliche Auflösung

Durch die Möglichkeit, die Volumenströme bzw. Drehfrequenzen in einer hohen zeitlichen Auflösung aufzuzeichnen ist es möglich, auch kurz- und mittelfristige Veränderungen im Fortluftvolumenstrom zu erkennen.

5.2.2.3 Kalibration

Die Kalibration an einem strömungstechnisch optimierten Windkanal hat sich bewährt. Mit der Laser-Doppler-Anemometrie steht ein berührungsloses Messverfahren zur Verfügung, das die Strömungsverhältnisse im Kanal nicht stört und damit ein hochgenaues Ergebnis liefert. Die Kalibration vor Ort mit dem LDA ist zwar prinzipiell möglich, hat sich aber in den meisten Fällen als nicht nötig erwiesen.

5.2.3 CO₂-Bilanz

Die CO₂-Bilanz als indirektes Messverfahren für den Fortluftstrom aus einem Stall bietet auf den ersten Blick mehrere Vorteile, hat jedoch auch entscheidende Nachteile:

5.2.3.1 Technischer Aufwand

Es sind keine Veränderungen oder Eingriffe in das Lüftungssystem nötig. Da die CO₂-Konzentration bei der Emissionsratenbestimmung aus Stallungen meist standardmäßig mit erfasst wird, ist keine zusätzliche Messgröße zu erheben.

Prinzipiell stellt die CO₂-Bilanzmethode auch eine Möglichkeit dar, die Luftwechselrate in Stallungen ohne geführte Abluft, d.h. in Außenklimaställen mit freier Lüftung zu messen. Die Frage nach den Probennahmeorten und der CO₂-Produktion der Tiere in diesen Haltungssystemen, die einen erhöhten Grundumsatz der Tiere und damit auch eine erhöhte CO₂-Produktion erwarten lassen ist zu klären. FEDDES ET AL. (1984) schlagen für die Volumestrombestimmung nach der CO₂-Bilanzmethode bei Broilern vor, die CO₂-Produktion anhand einer Formel zu berechnen, die nicht direkt das metabolische Körpergewicht, sondern das Lebensalter der Tiere zur Grundlage hat. Bei Legehennen erscheint dies nicht zielführend, da Legehennen bereits die intensive Wachstumsphase der Junghennenaufzucht überschritten haben und eine relativ geringe Zunahme der Lebendmasse aufweisen.

5.2.3.2 Zeitliche Auflösung

Nach den vorgestellten Ergebnissen ist eine zeitliche Auflösung des Fortluftstromes mit hinreichender Genauigkeit anhand der CO₂-Konzentration nur als Tagesmittelwert sinnvoll. Die Fehler, die bei einer höheren zeitlichen Auflösung auftreten (Abbildung 29) liegen mit ca. 30 % im Mittel und 300 % im Maximum. Die Tatsache, dass an den vorgestellten Versuchsobjekten die CO₂-Bilanzmethode auch erst ab Außentemperaturen über 2°C möglich war, schränkt die Anwendungsmöglichkeiten stark ein. Die geringe Eignung der CO₂-Bilanzmethode bei geringen Lüftungsraten beschreiben auch FEDDES ET AL. (1984) bei Broilern.

Die Berechnung der Tagesmittelwerte des Volumenstromes anhand der CO₂-Konzentration bei Außentemperaturen über 2°C führt unter den beschriebenen Bedingungen zu einer Unterschätzung von ca. 8 %. Verbesserungen dieser Messmethode sind in erster Linie durch eine gesteigerte Genauigkeit der Abschätzung der CO₂-Produktion der Tiere möglich. Die Einbeziehung des natürlichen Tag- Nacht- Rhythmus sowie weitere physiologische Parameter (Leistungsstadium, Stress etc.) der Tiere in die Kalkulation erscheint sinnvoll, eine belastbare Datengrundlage fehlt jedoch bisher.

5.2.3.3 Kalibration bzw. Korrektur

Eine Kalibration der CO₂-Bilanzmethode in toto ist unter Praxisbedingungen nicht möglich, die Kalibration der CO₂-Konzentrationsmesstechnik ist jedoch Voraussetzung für den Einsatz dieser Technik.

Die der CO₂-Bilanzmethode ist aus den genannten Gründen bisher nur sehr bedingt zur exakten und belastbaren Bestimmung des Fortluftstromes aus einem Stall geeignet.

Die CO₂-Konzentration im Stall wird in erster Linie von der CO₂-Produktion der Tiere bestimmt. VAN OUWERKERK (1994) nennt am Beispiel der Schweinehaltung neben dieser Quelle auch die mikrobiellen Umsetzungsvorgänge des im Stall zwischengelagerten Kotes. Daher müsste ein direkter Zusammenhang zwischen im Stall befindlicher Kotmasse und der CO₂-Konzentration nachweisbar sein.

Ein Einfluss der im Stall anwachsenden Kotmasse im Zeitraum zwischen zwei Koträumungen auf die CO₂-Konzentration kann jedoch nicht nachgewiesen werden, die mikrobiellen Umsetzungsprozesse im Kot haben keinen direkten Einfluss auf die CO₂-Konzentration in der Fortluft. Weder im Käfig- noch im Volierensystem konnte hier ein Zusammenhang nachgewiesen werden. Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsphasen ergeben sich aus der unter-

schiedlichen Außentemperatur, die die Luftwechselrate und damit auch die CO₂-Konzentration beeinflussen (Abbildung 34, Abbildung 35).

Eine Korrektur in der CO₂-Produktion für die mikrobielle Umsetzung im Kot ist nach diesen Ergebnissen in der Legehennenhaltung (Käfig- und Volierenhaltung) nicht nötig.

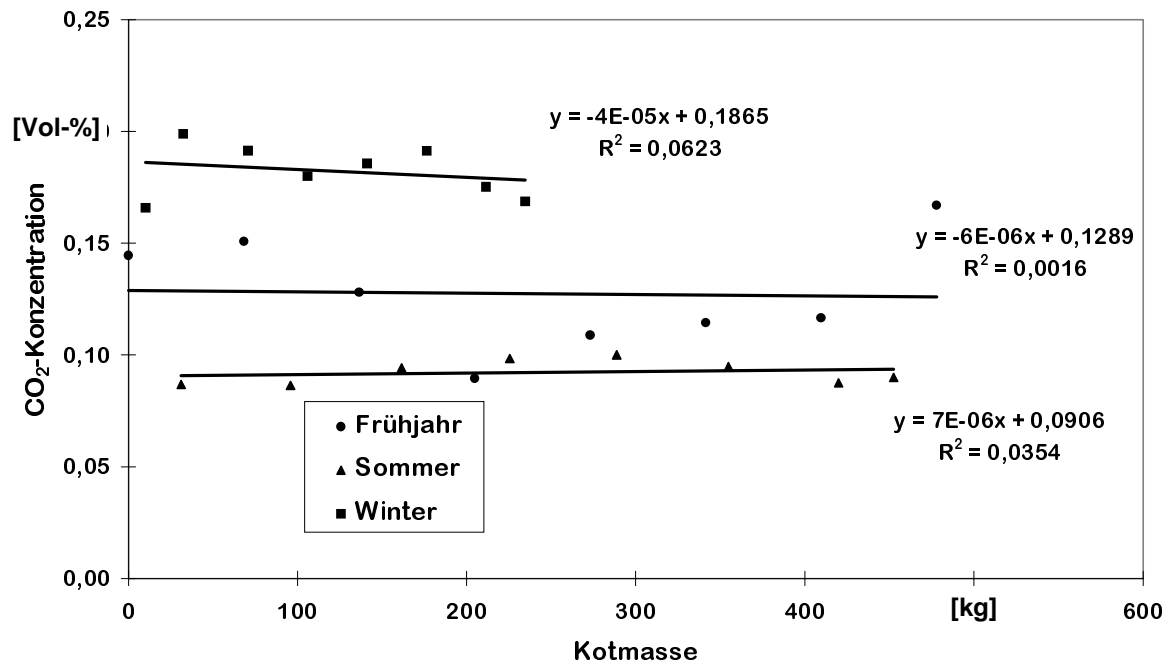


Abbildung 34: Kohlendioxidkonzentration in Abhängigkeit von der Kotmasse im Stall (Käfighaltung)

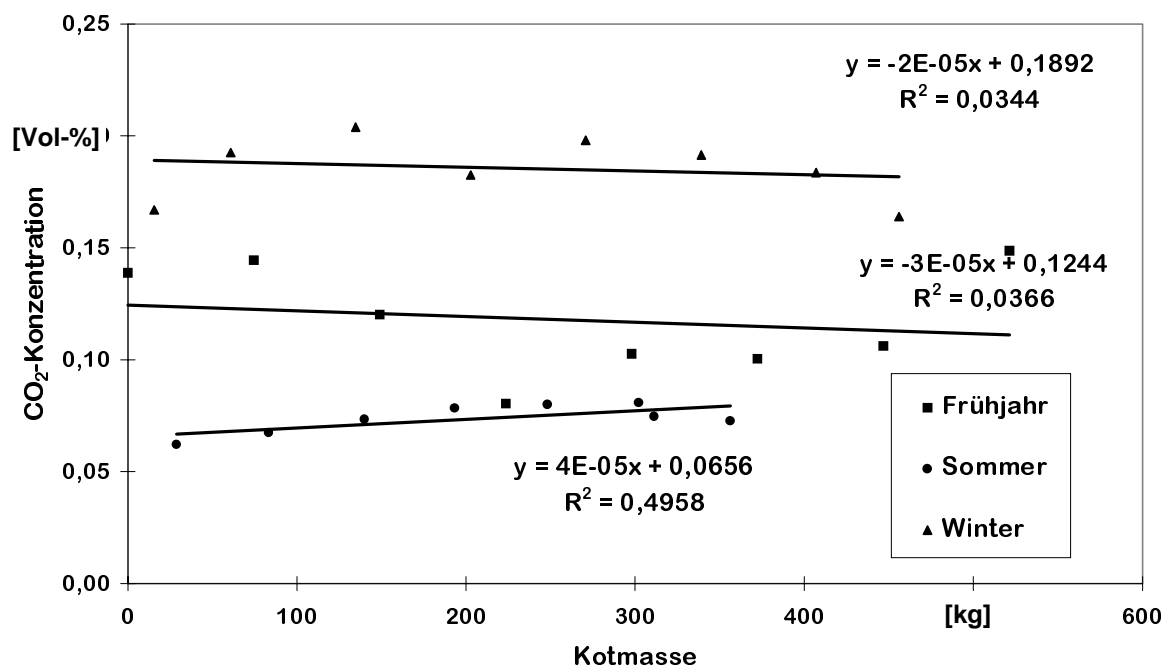


Abbildung 35: Kohlendioxidkonzentration in Abhängigkeit von der Kotmasse im Stall (Volierenhaltung)

6 Emissionen

Die am Versuchsobjekt „Legehennenstall Triesdorf“ gemessenen Emissionsraten ergeben sich als Produkt der Schadgaskonzentrationen und des Volumenstromes. Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Schadgaskonzentrationsmessungen im Fortluftstrom während der Untersuchungszeiträume dargestellt, die Rohdaten der Stundenmittelwerte sind im Anhang in den Tabelle A-3 bis A-11 zusammengefasst.

6.1 Konzentrationen

Die Konzentrationsverläufe der folgenden Komponenten in der Fortluft werden nachfolgend dargestellt:

- Kohlendioxid (CO₂)
- Wasser (H₂O)
- Distickstoffoxid (N₂O) und
- Ammoniak (NH₃).

Gesicherte Differenzen der CH₄-Konzentration zwischen Umgebungsluft und Fortluft aus den Ställen waren in keinem der untersuchten Stallsysteme nachzuweisen. Lediglich in rund 4 % der Messzyklen konnten absicherbar Unterschiede ermittelt werden. Das CH₄-Emissionspotenzial aus den untersuchten Legehennenstallungen ist damit äußerst gering.

6.1.1 Kohlendioxid (CO₂)

Die folgende Abbildung zeigt die Kohlendioxidkonzentration in der Fortluft der untersuchten Haltungssysteme. Während sich die Konzentrationsverläufe in der Käfig- und Volierenhaltung nur geringfügig unterscheiden und einen ausgeprägten Tagesgang zwischen 700 ppmv und 1700 ppmv zeigen, ist die Konzentration in der Bodenhaltung relativ konstant auf einem Niveau von ca. 700 ppmv.

Der geringe Anstieg und diese Konstanz sind auf eine deutlich höhere spezifische Lüftungsrate pro Tier in diesem System zurückzuführen, da mit 14 °C eine wesentlich tiefere Temperatur als Solltemperatur vorgegeben ist (vergl. Käfighaltung: 21 °C). Erst gegen Ende der Messperiode steigt in allen drei Stallsystemen die Konzentration deutlich auf bis zu 2400 ppmv bzw. 1100 ppmv an. Dieser Anstieg resultiert aus einer deutlichen Verringerung der Lüftungsrate (vgl. Abbildung 48) in allen Abteilen (Abbildung 36).

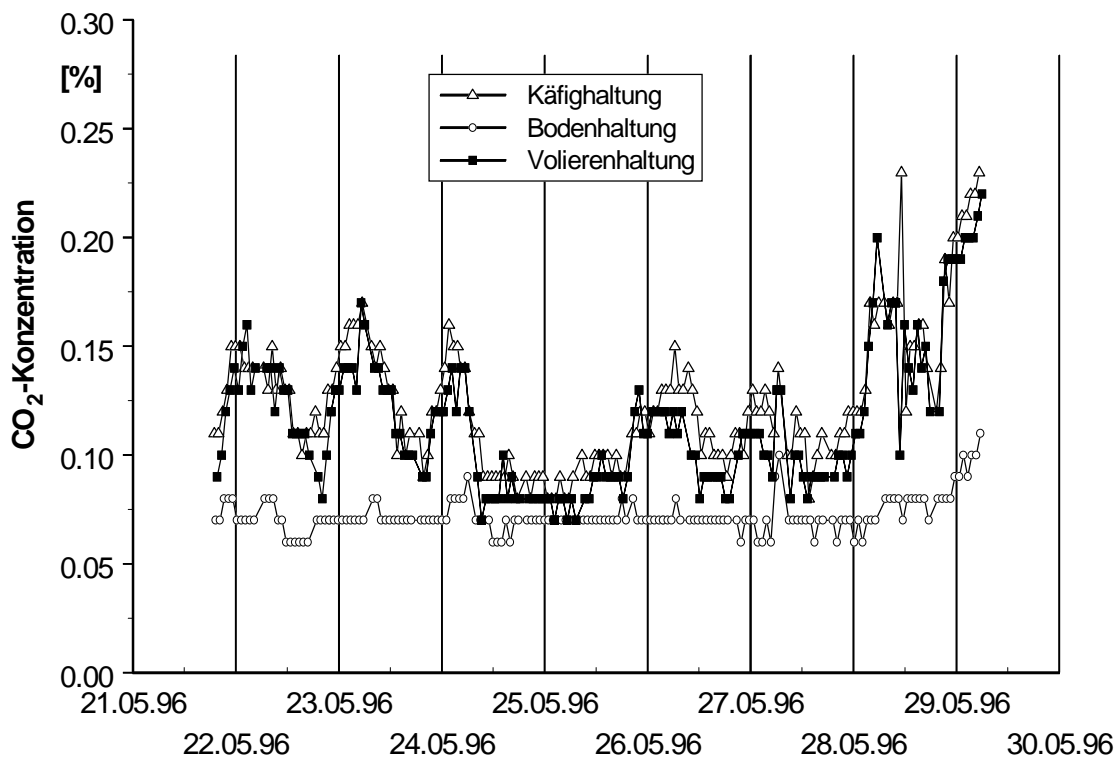


Abbildung 36: Kohlendioxidkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Frühjahr)

Die wesentlich höhere Lüftungsrate im Sommer (Abbildung 37) verursacht eine deutlich verringerte CO₂-Konzentration in der Fortluft. Die Konzentrationen bewegen sich im Bereich zwischen 600 und 1500 ppmv, wobei die Käfighaltung die tendenziell höchsten Konzentrationen und die höchsten Schwankungen im Tagesgang aufweist. Im Mittel liegen die Konzentrationen in der Volieren- und Bodenhaltung bei 700 bzw. 740 ppmv, in der Käfighaltung bei 930 ppmv.

In der Winterperiode (Abbildung 38) liegen die Konzentrationen auf einem wesentlich höheren Niveau als im Sommer. Die temperaturbedingten niedrigen Lüftungsraten sind als Grund für diesen Konzentrationsanstieg anzuführen. Einen Überblick über die mittleren CO₂-Konzentrationen gibt die Tabelle 16.

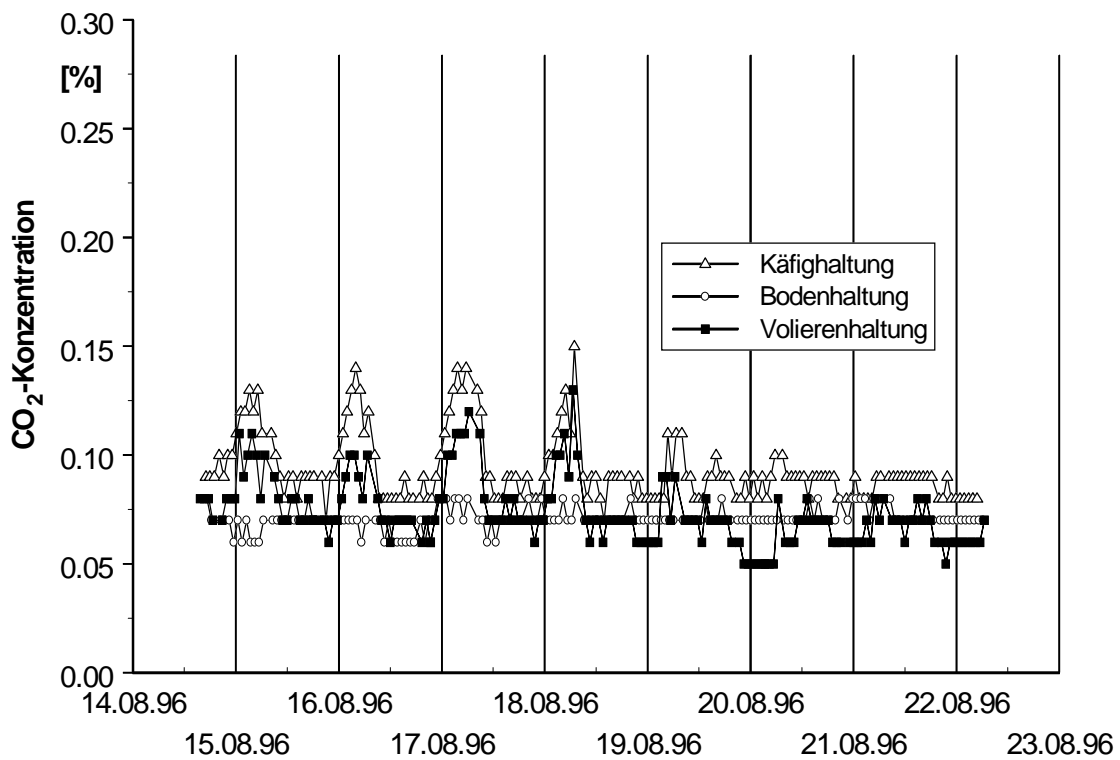


Abbildung 37: Kohlendioxidkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Sommer)

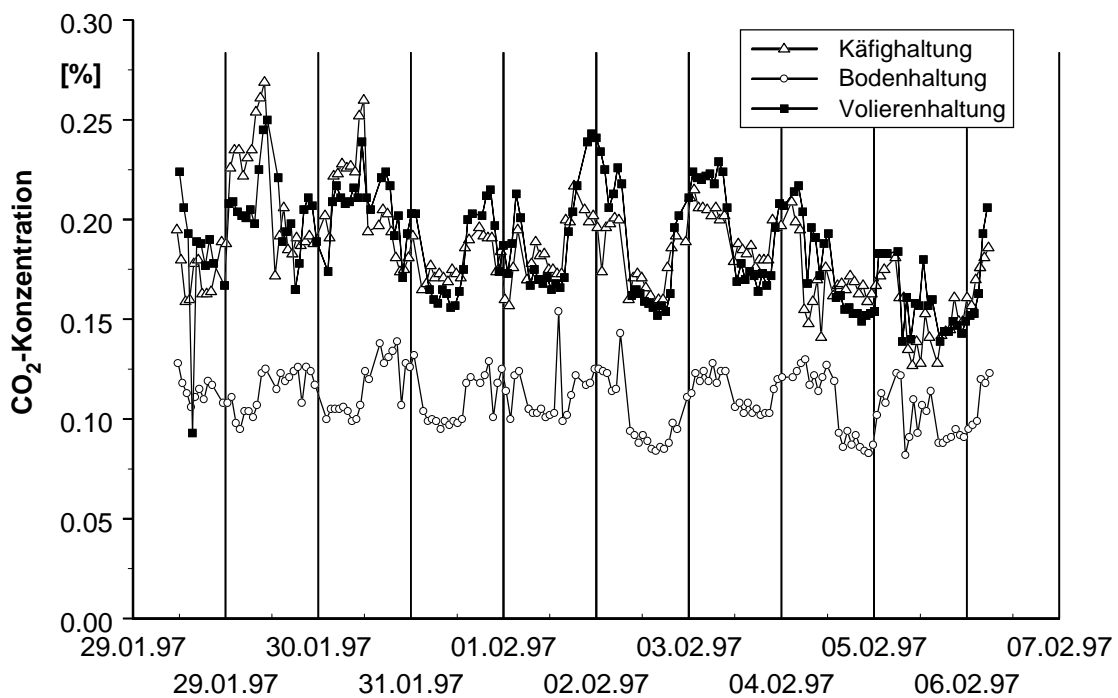


Abbildung 38: Kohlendioxidkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Winter)

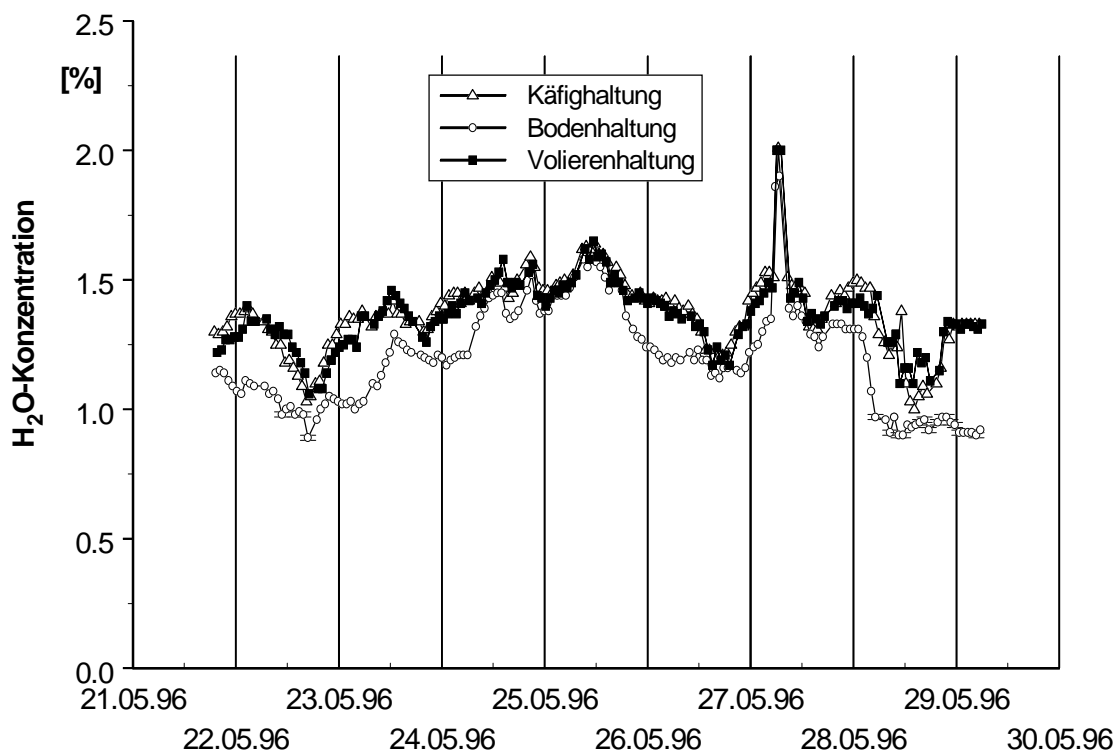
Tabelle 16: Mittlere CO₂-Konzentration in der Fortluft div. Haltungssysteme für Legehennen

| | CO ₂ -Konzentration [%] | | | |
|-----------------|------------------------------------|--------|--------|-------------------|
| | Frühjahr | Sommer | Winter | Mittelwert |
| Käfighaltung | 0,12 | 0,09 | 0,18 | 0,13 ^a |
| Bodenhaltung | 0,07 | 0,07 | 0,11 | 0,08 ^b |
| Volierenhaltung | 0,12 | 0,07 | 0,19 | 0,13 ^a |

6.1.2 Wasserdampf (H₂O)

Die Wasserdampfkonzentrationen können ebenso wie die Kohlendioxidkonzentration als Maß für die korrekte Auslegung der Lüftungsanlage herangezogen werden. Mit dem FTIR-Spektrometer wird die absolute Wasserdampfkonzentration gemessen.

Während der Frühjahrsmessung (Abbildung 39) stellt sich in allen Haltungssystemen eine mittlere absolute Wasserdampfkonzentration in Bereich von 0,8 Vol.-% bis annähernd 2,0 Vol.-% ein. Der Tagesgang ist in allen Haltungssystemen zu erkennen, Unterschiede zwischen den Haltungssystemen werden nicht deutlich. Gleiches gilt auch für die Messungen im Sommer, auf Grund der höheren Temperaturen liegen die Konzentrationsniveaus insgesamt höher (Abbildung 40).

**Abbildung 39:** Wasserdampfkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Frühjahr)

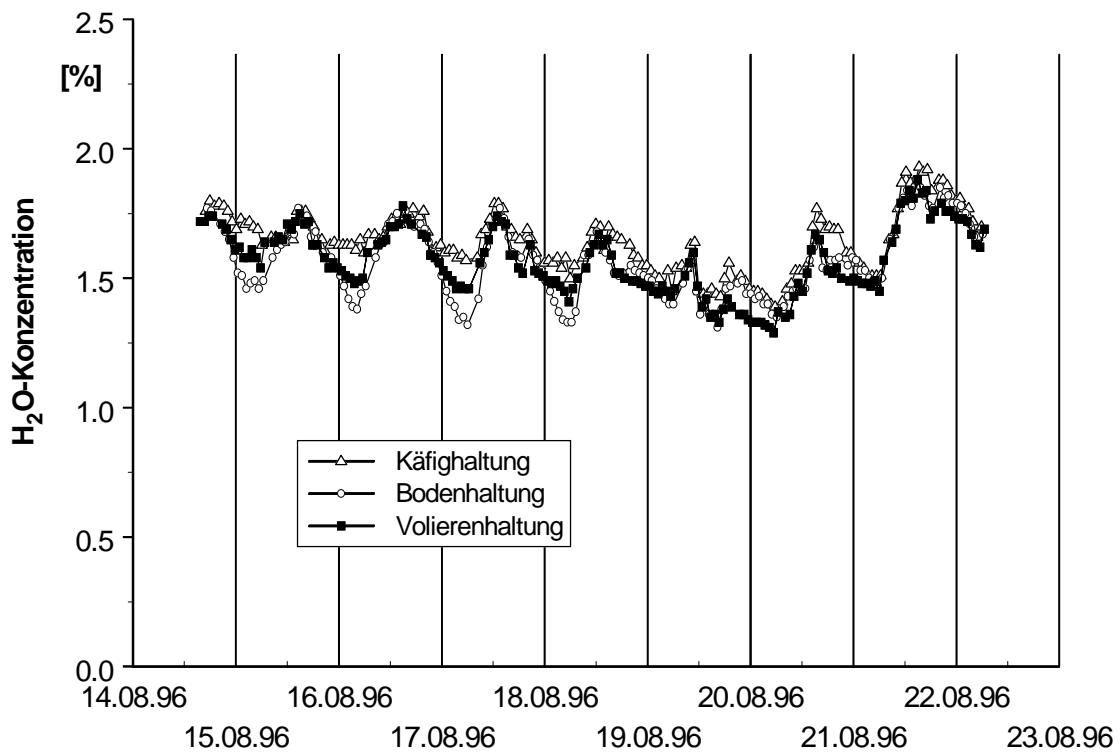


Abbildung 40: Wasserdampfkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Sommer)

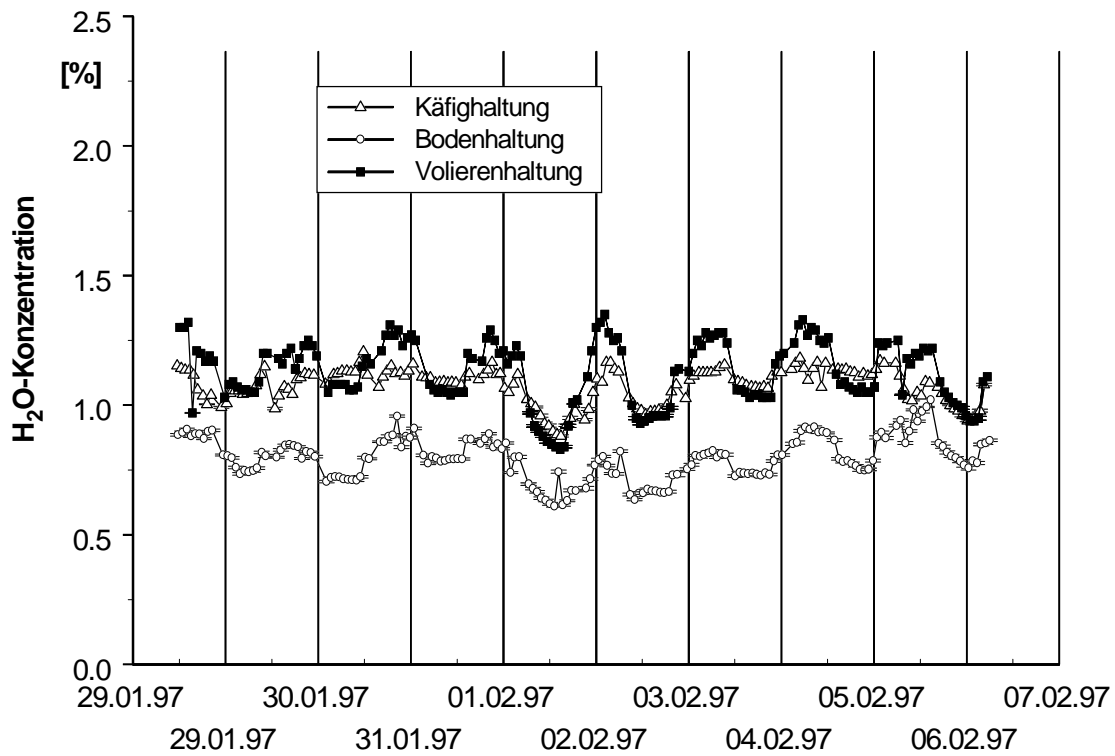


Abbildung 41: Wasserdampfkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Winter)

Die Wasserdampfkonzentrationen während der Wintermessung verlaufen ähnlich wie in Frühjahrs- und Sommermessungen (Abbildung 41).

In Tabelle 17 sind die Mittelwerte der Wasserdampfkonzentrationen in der Fortluft dargestellt.

Tabelle 17: Mittlere H_2O -Konzentration in der Fortluft div. Haltungssysteme für Legehennen

| | H_2O -Konzentration [Vol. -%] | | | |
|-----------------|---------------------------------|--------|--------|-------------------|
| | Frühjahr | Sommer | Winter | Mittelwert |
| Käfighaltung | 1,37 | 1,64 | 1,08 | 1,36 ^a |
| Bodenhaltung | 1,20 | 1,56 | 0,80 | 1,19 ^b |
| Volierenhaltung | 1,37 | 1,57 | 1,13 | 1,35 ^a |

6.1.3 Distickstoffoxid (N_2O)

Die N_2O -Konzentration in der Fortluft ist auf Grund der Klimawirksamkeit des Distickstoffoxids von besonderem Interesse. Prinzipiell besteht bei Haltungssystemen mit der Kotlagerung im Stallbereich ohne Trocknung die Gefahr erhöhter Emissionen, da sich hier ideale Milieubedingungen für die N_2O -Synthese einstellen. Die Problematik der gesicherten N_2O -Analyse mit FTIR liegt in der relativ hohen Nachweisgrenze von 300 ppbv bei Zellenbetrieb mit einer Pfadlänge von 7,2 m. Generell liegt die Nachweisgrenze aber unter der mittleren Hintergrundkonzentration von 311 ppbv (SEINFELD, 1998).

Die Messperiode im Frühjahr führte zu folgenden Ergebnissen (Abbildung 42):

- Keine deutlichen Unterschiede zwischen den Haltungssystemen,
- Konzentrationen nur knapp über der Hintergrundkonzentration, daher
- in ca. 10% der Messzyklen Messergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze (Lower Detection Limit: LDL).
- Tagesgänge nur tendenziell erkennbar.

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Messkampagne im Sommer (Abbildung 43). Die eigentlich durch die höhere Lüftungsrate erwartete niedrigere N_2O -Konzentration stellte sich nicht ein.

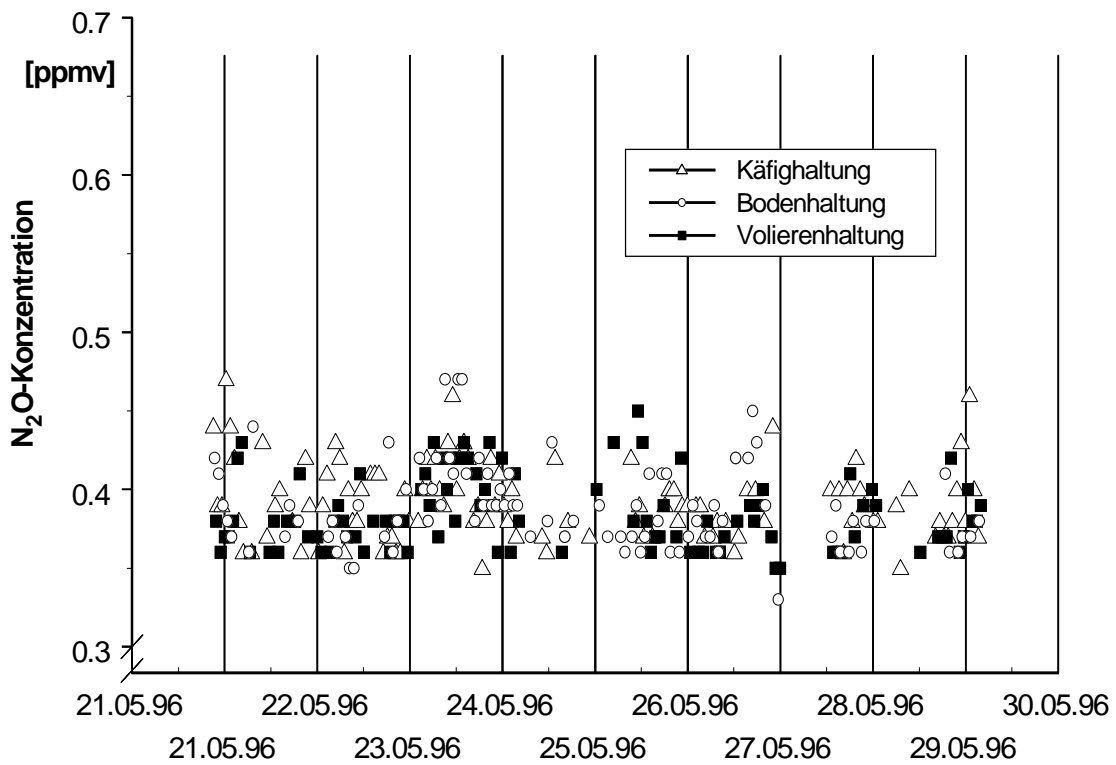


Abbildung 42: Distickstoffoxidkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Frühjahr)

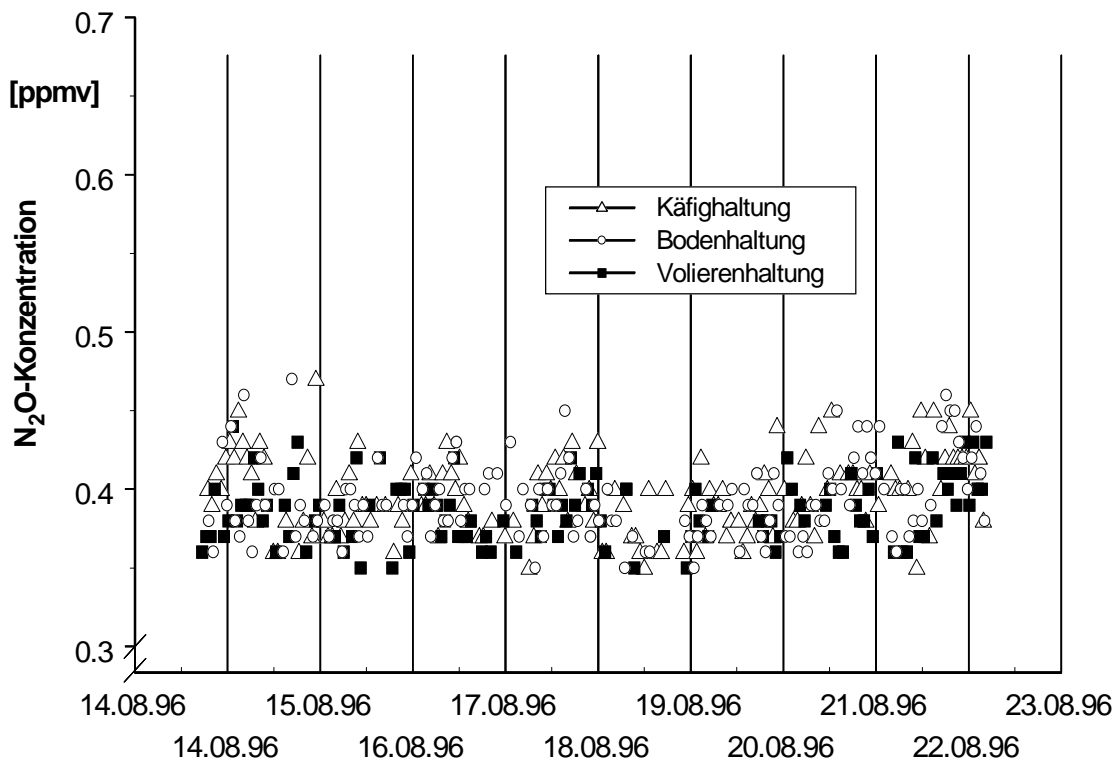


Abbildung 43: Distickstoffoxidkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Sommer)

Die Messung im Winter zeigt deutlich erhöhte Werte der N_2O -Konzentration, besonders im Haltungssystem Bodenhaltung. Dieser Anstieg ist durch die deutlich verringerte Winterlüftungsrate und das erhöhte N_2O -Bildungspotenzial der Bodenhaltung gegenüber den beiden anderen untersuchten Systemen zu erklären. In der Bodenhaltung werden Höchstwerte von 0,6 ppmv erreicht (Abbildung 44).

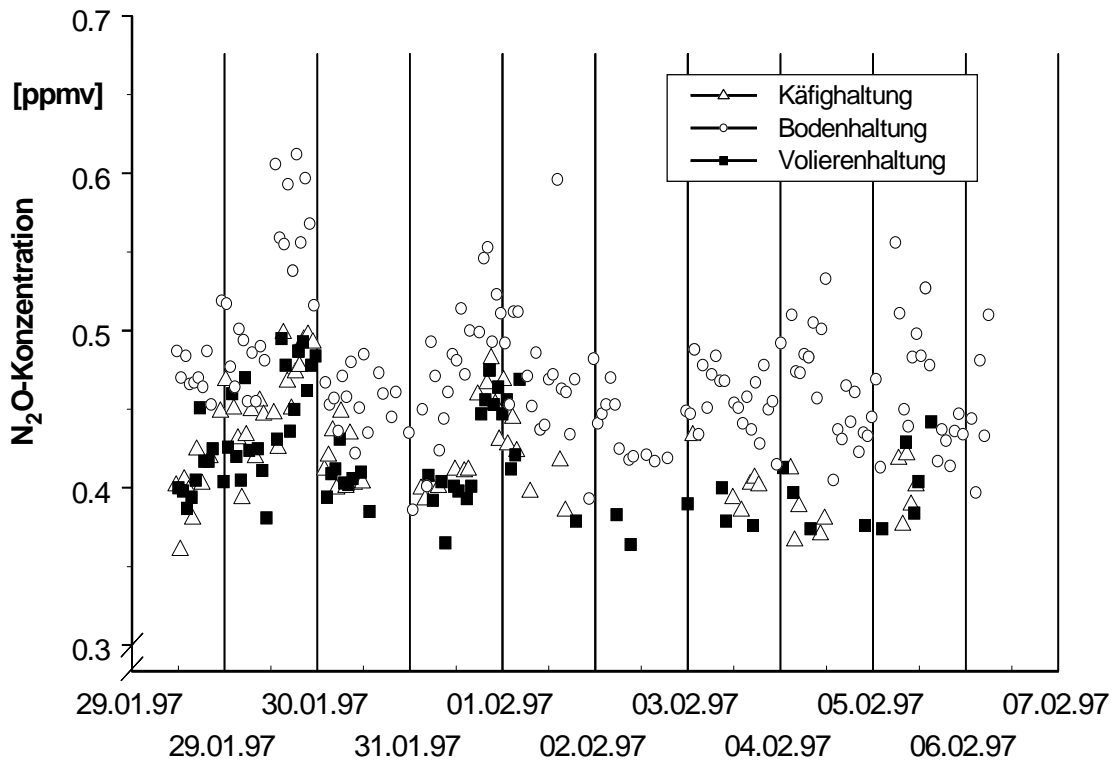


Abbildung 44: Distickstoffoxidkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Winter)

Wie bereits angesprochen wurde, sind bei einigen Messzyklen keine gesicherten Messwerte auszuwerten. Daher sind in Tabelle 18 auch die prozentualen Anteile der gesicherten N_2O -Werte angegeben. In der Wintermessung liegt der Anteil der gesicherten Werte an den gesamten Messzyklen in der Bodenhaltung bei 92 %. Auch dies ist ein Hinweis auf das erhöhte N_2O -Bildungspotenzial des Bodenhaltungssystems. Insgesamt ist der Einfluss des Haltungssystems auf die N_2O -Konzentration in der Fortluft auf dem 95%-Niveau nicht abzusichern (Tabelle 18).

Table 18: Mittlere N₂O-Konzentration und Anteil der gesichert Messzyklen in der Fortluft div. Haltungssysteme für Legehennen

| | N ₂ O-Konzentration [ppmv] | | | |
|-----------------|-----------------------------------------------------|--------|--------|-------------------|
| | Frühjahr | Sommer | Winter | Mittelwert |
| Käfighaltung | 0,39 | 0,40 | 0,42 | 0,40 ^a |
| Bodenhaltung | 0,39 | 0,39 | 0,47 | 0,42 ^a |
| Volierenhaltung | 0,38 | 0,39 | 0,42 | 0,40 ^a |
| | Anteil der gesicherten Messwerte [% der Messzyklen] | | | |
| | Frühjahr | Sommer | Winter | Mittelwert |
| Käfighaltung | 67 | 85 | 42 | 65 |
| Bodenhaltung | 56 | 86 | 92 | 78 |
| Volierenhaltung | 62 | 73 | 42 | 59 |

6.1.4 Ammoniak (NH₃)

Die sowohl aus der Sicht des Umweltschutzes als auch aus der Sicht der Tiergesundheit wichtigste Gaskomponente ist in allen Tierhaltungssystemen Ammoniak. Die NH₃-Konzentration in der Stallatmosphäre ist daher von besonderem Interesse. Die folgenden Abbildungen beschreiben die Konzentrationsverläufe in der Fortluft während der Messperioden.

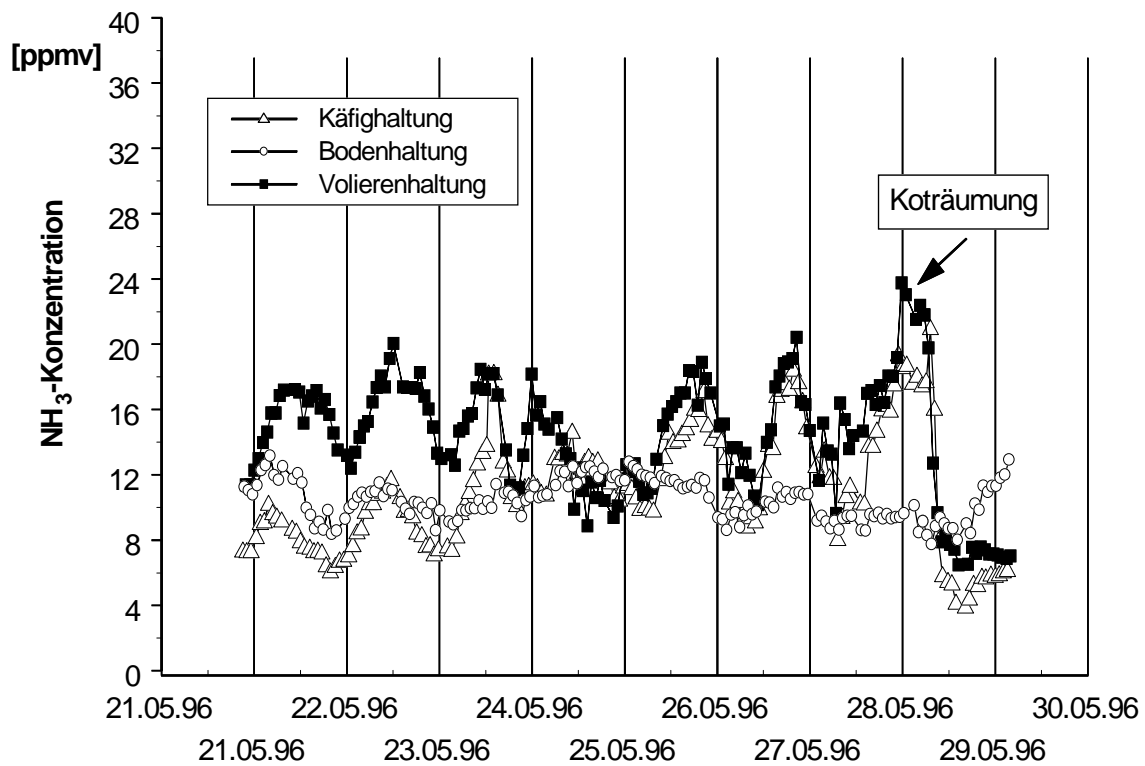


Abbildung 45: Ammoniakkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Frühjahr)

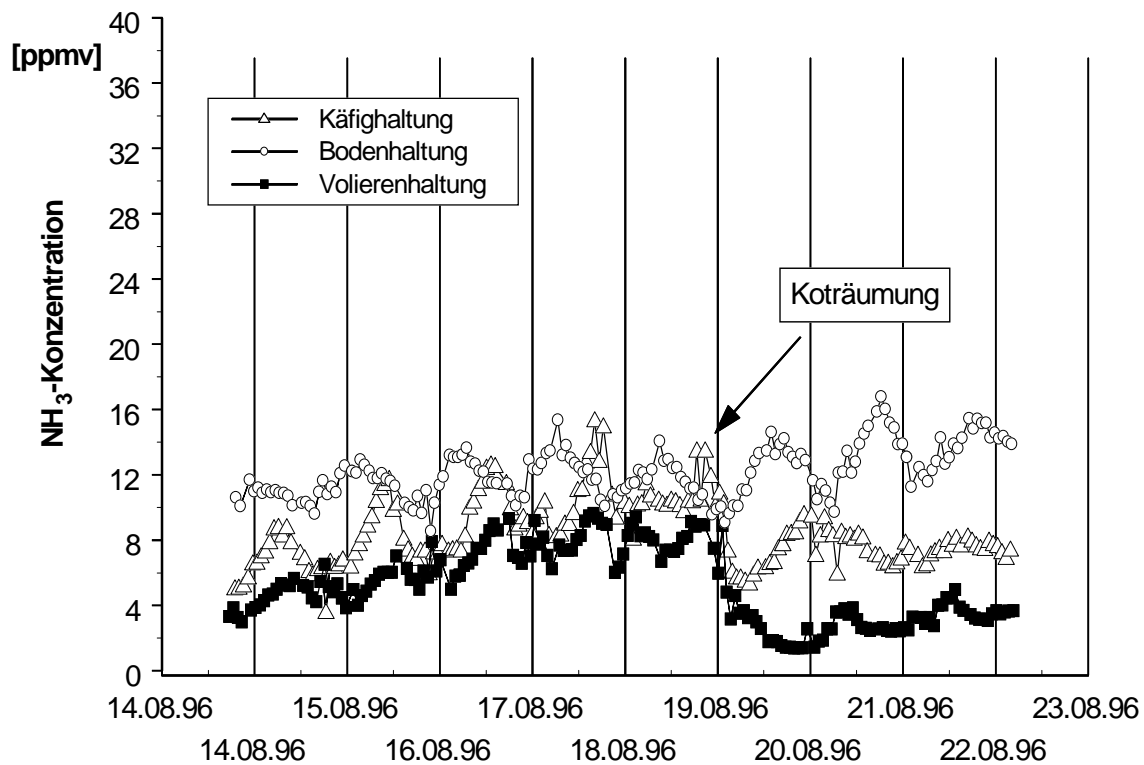


Abbildung 46: Ammoniakkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Sommer)

Während der Frühjahrmessperiode steigt von Messbeginn bis zum Tag der Koträumung die NH_3 -Konzentration in der Fortluft der Volieren- und Käfighaltung kontinuierlich an, allerdings überprägt von den Tagesgängen, die durch die Lüftungsrate und folglich auch durch die Temperatur bedingt sind. Die Maximalkonzentrationen liegen in der Käfig- und Volierenhaltung bei 24 ppmv am Tag der Koträumung. Durch die Koträumung wird die Konzentration nochmals erhöht, wobei die NH_3 -Konzentration im Anschluss an diese Maßnahme wieder auf Werte um 4 ppmv sinkt. Die NH_3 -Konzentration im Bodenhaltungssystem folgt der Lüftungsrate in diurnalen Schwankungen, bleibt aber mehr oder weniger konstant im Bereich zwischen 12 und 8 ppmv (Abbildung 45).

Die Konzentrationsverhältnisse während der Sommermessung liegen auf Grund der höheren Lüftungsrate in allen untersuchten Stallsystemen auf einem etwas tieferen Niveau. Aus verfahrenstechnischen Gründen musste die Koträumung bereits am Tag 6 nach dem Messbeginn durchgeführt werden. Der Konzentrationsabfall durch die Entfernung des Kotes aus dem Volieren- und dem Käfigabteil ist deutlich zu erkennen. Das Konzentrationsniveau der Bodenhaltung liegt in dieser Sommer-Klimasituation über dem der anderen untersuchten Systeme.

Die Konzentrationsverhältnisse in der Wintersituation gestalten sich wiederum anders: Die Käfighaltung mit Kotbandtrocknung liegt bei ca. 20 ppmv. Die beiden anderen Systeme steigen in den Tagesmaxima jeweils auf Werte nahe 40 ppmv. Die Entfernung des Kotes (Käfig- und Volierenhaltung) führt zu einer deutlichen Reduktion der Konzentrationen. Auffällig ist, dass die Tagesgänge im System Käfighaltung eine wesentlich geringere Schwankungsbreite aufweisen als die beiden anderen Systeme (Abbildung 47).

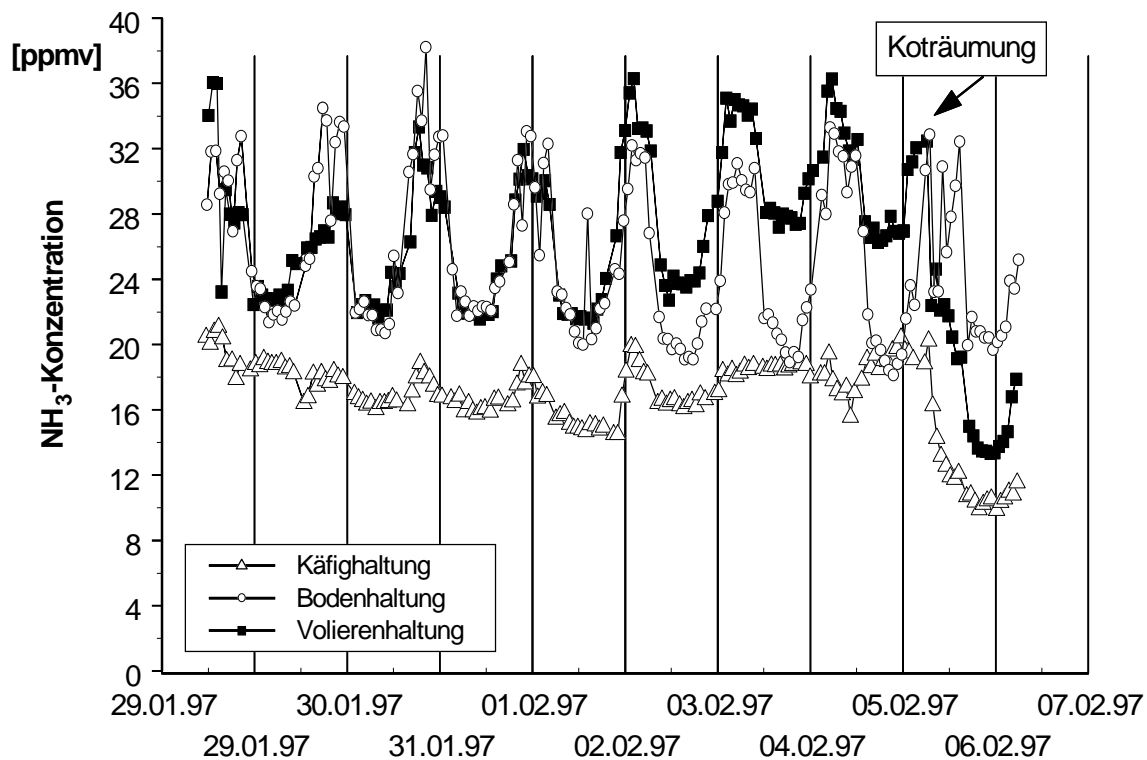


Abbildung 47: Ammoniakkonzentration in der Fortluft verschiedener Haltungssysteme für Legehennen (Winter)

Die mittleren NH_3 -Konzentrationen gibt die folgende Tabelle wieder:

Tabelle 19: Mittlere NH_3 -Konzentration in der Fortluft div. Haltungssysteme für Legehennen

| | NH_3 -Konzentration [ppmv] | | | |
|-----------------|-------------------------------------|--------|--------|--------------------|
| | Frühjahr | Sommer | Winter | Mittelwert |
| Käfighaltung | 12,05 | 8,87 | 16,98 | 12,63 ^a |
| Bodenhaltung | 10,54 | 12,09 | 25,88 | 16,17 ^b |
| Volierenhaltung | 15,15 | 5,55 | 26,54 | 15,75 ^c |

Die Interpretationen der Konzentrationswerte sind erst im Zusammenhang mit den gemessenen Volumenströmen möglich, da Konzentrationsanstiege im System zum einen von den Bildungspotenzialen (bestimmt durch Temperatur, Feuchte, Trockensubstanz des Kotes etc.), zum anderen von der Verdünnung (d.h. von der Lüftungsrate) in der Stallatmosphäre abhängen. Darüber hinaus wirkt die Lüftungsrate direkt auf die Faktoren Temperatur, Feuchte, Trockensubstanzgehalt im Kot etc., und wirkt damit indirekt auf die Bildungsmechanismen der Schadgase.

6.2 Volumenströme

Die Volumenströme aus den Haltungssystemen werden aus den Kalibrationsgleichungen und den gemessenen Drehzahlen errechnet. Die Möglichkeiten der Datenaufzeichnung erlauben eine sehr hohe Datendichte, wobei die Einzelwerte durch Mittelung auf das Messintervall der Gaskonzentrationserfassung abgestimmt werden. Die angegebenen Volumenströme stellen den absoluten Volumenstrom [$\text{m}^3 \text{h}^{-1}$] aus dem jeweiligen Stallsystem dar und sind nicht auf den Tierbesatz standardisiert [$\text{m}^3 (\text{h } 500 \text{ kg LM})^{-1}$].

Die unterschiedlichen Lüftungsraten sind als systembedingt zu sehen, eine aus allen Systemen erzwungene gleiche Luftwechselrate würde es nicht erlauben, die Ergebnisse der Emissionsratenanalyse auf die Praxis zu übertragen.

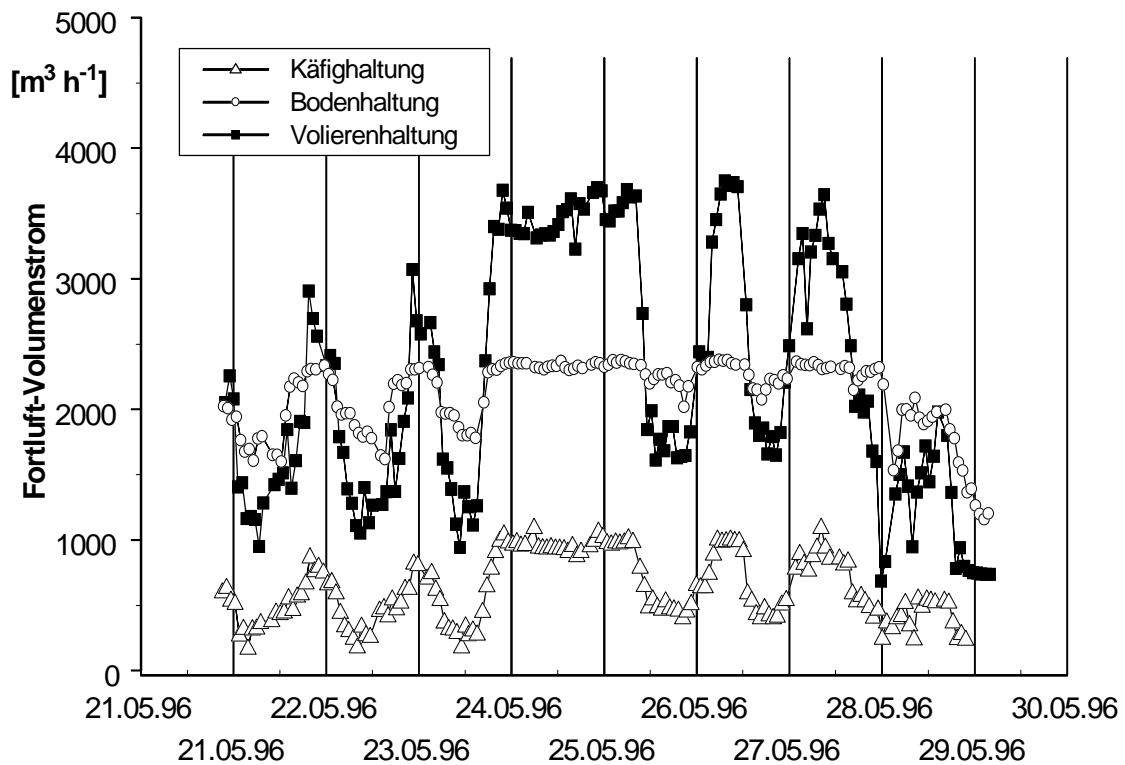


Abbildung 48: Fortluftvolumenstrom aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Frühjahr)

Die Messkampagne im Frühjahr ist von deutlichen Tagesgängen gekennzeichnet, die der Temperatur folgen und auch die Konzentrationsschwankungen der Schadgase NH_3 und CO_2 erklären. Die wärmere Phase in der Mitte der Messperiode ist durch ein Verharren der Lüftungsrate auf einem höheren Niveau zu erkennen (Abbildung 48).

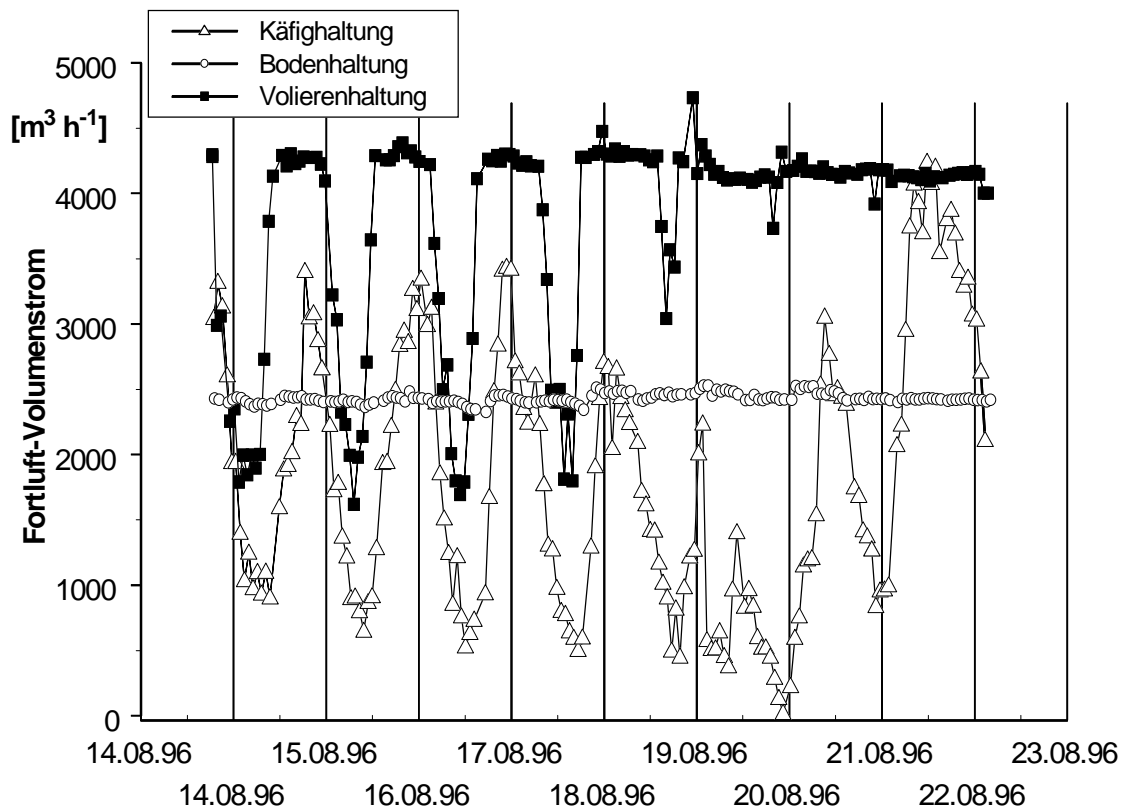


Abbildung 49: Fortluftvolumenstrom aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Sommer)

Die Messkampagne im Sommer führte auf Grund der höheren Temperaturen zu insgesamt deutlich höheren Fortluftvolumenströmen aus den einzelnen Stallabteilen als in der Frühjahrs-situation. In der Bodenhaltung ist kein Tagesgang erkennbar, da die für Bodenhaltungssysteme typische Solltemperatur mit 18 °C deutlich niedriger liegt als die Solltemperatur für Käfig- oder Volierenensysteme (21,5°C). Daher läuft die Entlüftung im Bodenhaltungsabteil über die gesamte Messperiode auf Vollast, während sich in dem Käfig- bzw. Volierenhaltungssystem Tagesgänge auf Grund der nächtlichen Abkühlung zeigen. Der Einbruch am 20.08.1996 im Käfighaltungssystem ist auf einen vorübergehenden Ausfall des Lüfters zurückzuführen. Die folgende Tageszyklen nach der Reparatur zeigen eine erhöhte Lüfterleistung (Abbildung 49).

Die Mindestlüftungsrate im Winterbetrieb liegt in allen drei Haltungssystemen bei rund 30-40% der Sommerlüftungsrate. Tagesgänge sind in allen drei Systemen in geringem Umfang erkennbar (Abbildung 50).

Der Anstieg der Lüftungsrate im Käfighaltungssystem am 29.01.1997 ist auf einen Fehler im Lüftungssystem zurückzuführen. Nach der Reparatur der Klappe herrscht wieder der normale Betriebszustand.

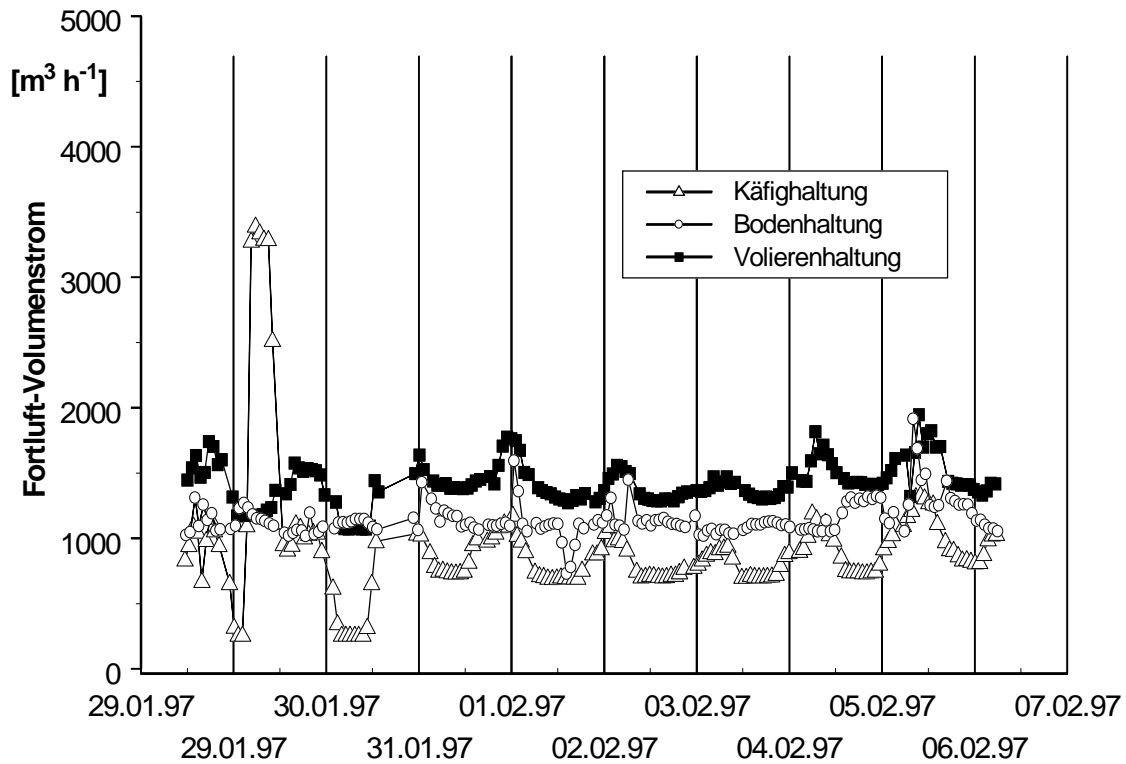


Abbildung 50: Fortluftvolumenstrom aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Winter)

Einen Vergleich der absoluten und standardisierten Lüftungsraten zeigt die Tabelle 20:

Tabelle 20: Mittlere Fortluftvolumenströme aus div. Haltungssystemen für Legehennen

| | Fortluftvolumenstrom [$\text{m}^3 \text{h}^{-1}$] | | | |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|-------------------|
| | Frühjahr | Sommer | Winter | Mittelwert |
| Käfighaltung | 641 | 1841 | 936 | 1139 |
| Bodenhaltung | 2156 | 2431 | 1147 | 1911 |
| Volierenhaltung | 2318 | 3769 | 1421 | 2502 |
| | Fortluftvolumenstrom [$\text{m}^3(\text{h } 500 \text{ kg LM})^{-1}$] | | | |
| Käfighaltung | 365 | 1052 | 530 | 649 ^a |
| Bodenhaltung | 1866 | 2124 | 984 | 1658 ^b |
| Volierenhaltung | 735 | 1196 | 450 | 794 ^{ab} |

6.3 Emissionsraten

Im Folgenden werden die aus den Volumenströmen einerseits und den Konzentrationen im Fortluftstrom andererseits ermittelten Emissionsraten der Komponenten CO₂, H₂O, N₂O und NH₃ aus den Legehennenhaltungssystemen Käfighaltung, Bodenhaltung und Volierenhaltung vergleichend dargestellt. Die Messungen der Methankonzentrationen (6.1) zeigen keine Erhöhung der CH₄-Konzentration in der Fortluft.

Um die Emissionsraten der einzelnen Systeme miteinander vergleichen zu können, müssen die Emissionsraten pro Zeiteinheit auf ein Bezugsmaß standardisiert werden. Als Bezugsgrößen für Emissionsraten sind die folgende Parameter möglich und im europäischen Raum üblich:

- Emission pro Zeiteinheit und Tierplatz bzw. Tier,
- Emission pro Zeiteinheit und Leistungsprodukt oder
- Emission pro Zeiteinheit und Körpermasse

In dieser Arbeit wurde die Körpermasse der Tiere als Bezugsmaß gewählt und die Werte wurden auf 500 kg Lebendmasse (LM) standardisiert. Die Körpermassen der Tiere wurden in den einzelnen Versuchsabschnitten durch Wägung einer Stichprobe (n = 10) in den einzelnen Abteilen bestimmt.

6.3.1 Kohlendioxid (CO₂)

Die CO₂-Emissionsraten aus den verschiedenen Haltungssystemen divergieren während der Messungen im Frühjahr nur in geringem Umfang. Zwischen Volieren- und Käfighaltung sind kaum Unterschiede auszumachen. Das Bodenhaltungssystem liegt ca. 20% über diesen Emissionsraten, und zeigt nur in geringem Umfang eine tageszeitabhängige Schwankung. Der kurzzeitige Anstieg am 27.05.1996 ist durch den Betriebsablauf im System nicht zu erklären. Die CO₂-Emissionsraten aus der Käfig- und Volierenhaltung erreichen zwar im Maximum gegen Mitternacht die durchgängig höheren Werte der Bodenhaltung, fallen aber gegen Mittag wieder auf das niedrigere Niveau im Bereich von 0,4-0,6 kg (h 500 kg LM)⁻¹ (Abbildung 51).

Die Messkampagne im Sommer mit den höheren Luftwechselraten führt zu einer erhöhten CO₂-Emissionsrate in allen untersuchten Systemen. Der Rückgang der CO₂-Emission am 20.08.1996 in der Volierenhaltung steht mit dem gemessenen deutlichen Rückgang der CO₂-Konzentration im Zusammenhang (Abbildung 52).

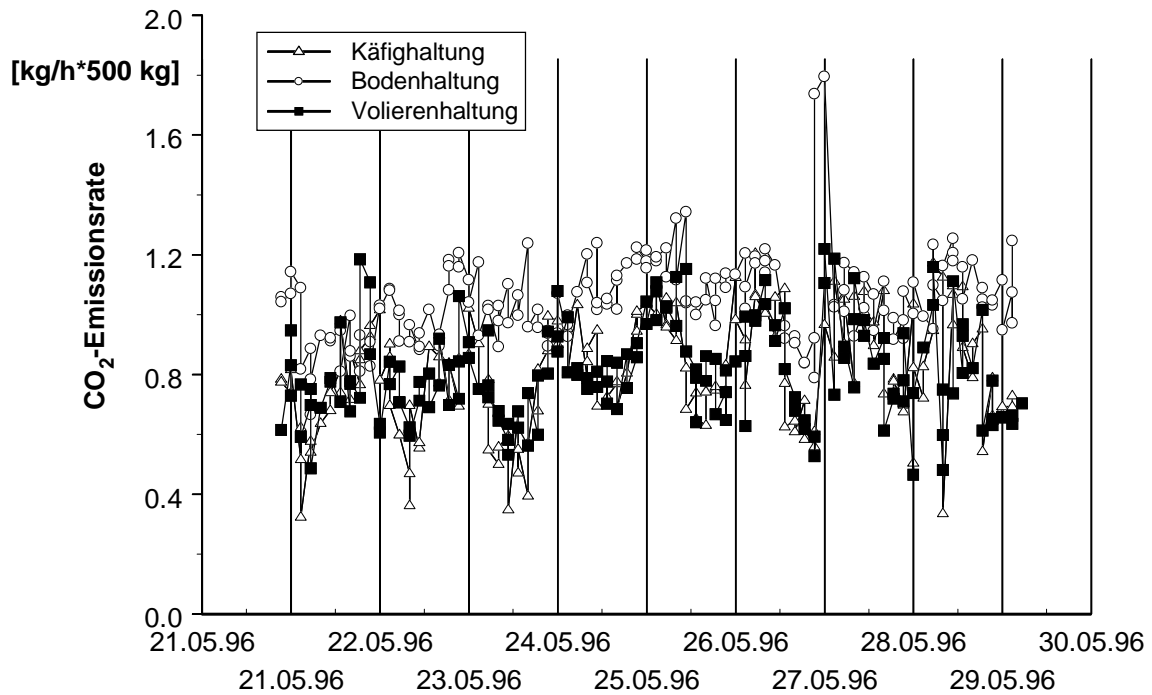


Abbildung 51: Kohlendioxid-Emissionsraten aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Frühjahr)

Die CO₂-Emissionsraten während der Wintermessung (Abbildung 53) liegen trotz der wesentlich geringeren Luftwechselrate auf dem Niveau der Emissionsraten in der Sommerperiode. Dies liegt an der durchschnittlich doppelt so hohen CO₂-Konzentration im Stall während des Winters im Vergleich zum Sommer. Der kurzfristige Anstieg der Emissionsrate aus der Käfighaltung am 30.01.1997 ist durch den Defekt einer Lüftungsklappe und der daraus resultierenden Erhöhung der Lüftungsrate zu erklären.

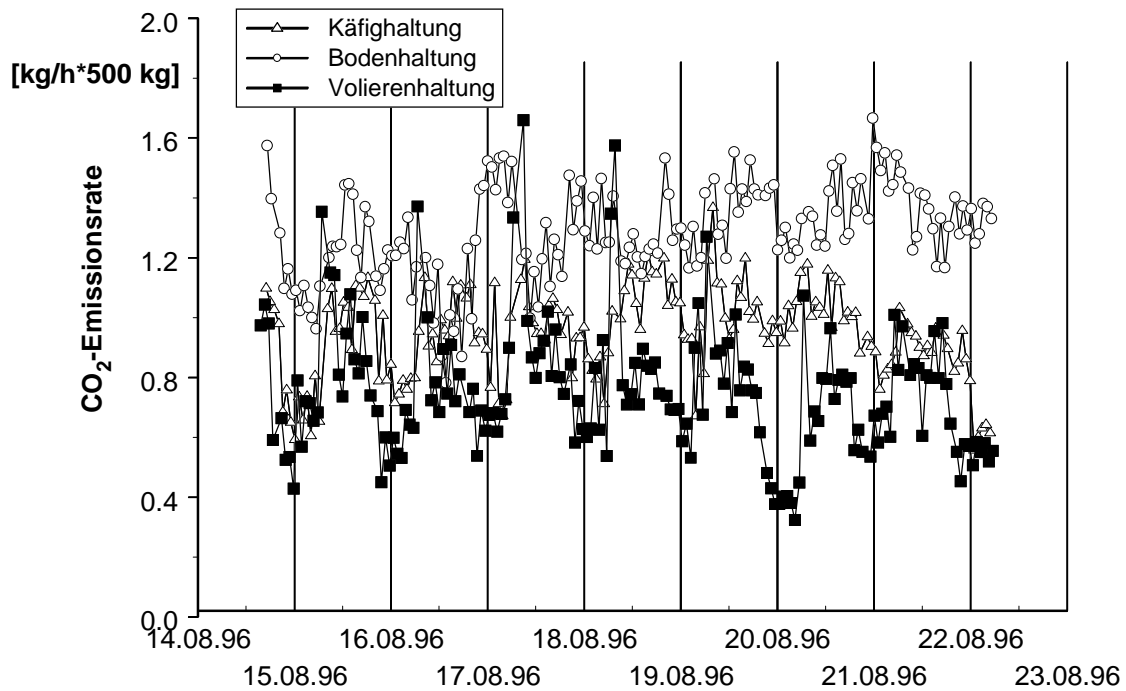


Abbildung 52: Kohlendioxid-Emissionsraten aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Sommer)

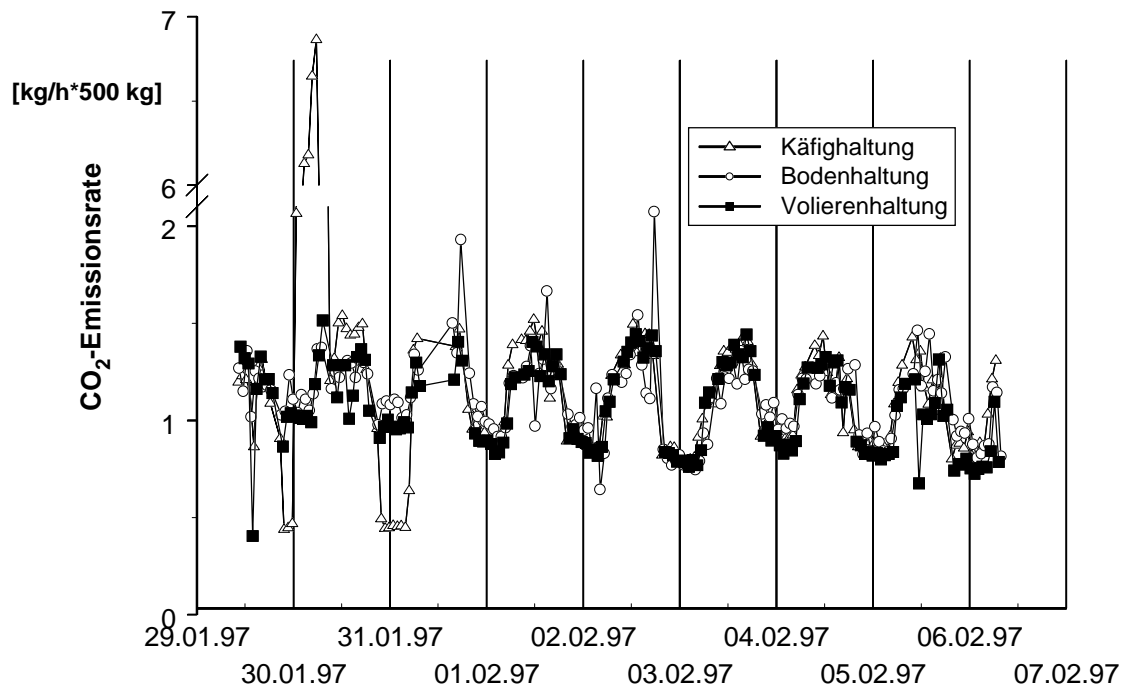


Abbildung 53: Kohlendioxid-Emissionsraten aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Winter)

Die mittleren CO₂-Emissionsraten sind in folgender Tabelle gegenübergestellt:

Tabelle 21: Mittlere CO₂-Emissionsraten aus div. Haltungssystemen für Legehennen

| | CO ₂ -Emissionsrate [kg (h 500 kg LM) ⁻¹] | | | |
|-----------------|------------------------------------------------------------------|--------|--------|-------------------|
| | Frühjahr | Sommer | Winter | Mittelwert |
| Käfighaltung | 0,81 | 0,96 | 1,31 | 1,03 ^a |
| Bodenhaltung | 1,05 | 1,28 | 1,13 | 1,15 ^b |
| Volierenhaltung | 0,82 | 0,77 | 1,09 | 0,89 ^c |

Die CO₂-Emission aus der Volierenhaltung liegt deutlich unter den CO₂-Emissionen der beiden anderen Systeme, am höchsten liegt die Bodenhaltung mit 1,15 kg (h 500 kg LM)⁻¹.

6.3.2 Distickstoffoxid (N₂O)

Die N₂O-Konzentrationen im Fortluftstrom unterscheiden sich nur geringfügig von der Hintergrundkonzentration der Atmosphäre. Darüber hinaus liegt die untere Nachweisgrenze des FTIR-Spektrometers nahe an der Hintergrundkonzentration von 311 ppbv. Dies hat zur Folge, dass sehr niedrige Konzentrationsunterschiede nicht absicherbar detektiert werden können. Die Dynamik im zeitlichen Verlauf der Emissionsraten wird im Folgenden dennoch in interpolierter Form dargestellt, da trotz häufiger Unterschreitungen der Detektionsgrenze, wie sie im Winter bei der Käfig- und Volierenhaltung aufgetreten sind, die gemessenen Konzentrationen nur gering streuen (s<10% des Mittelwertes).

Die Ergebnisse der Messungen im Frühjahr sind in folgender Abbildung 54 dargestellt. Tagesgänge oder ein Zusammenhang mit dem Entmistungsvorgang sind nicht nachzuweisen. Die Emissionsraten in der Volieren- und Käfighaltung nehmen ein geringeres Niveau ein als in der Bodenhaltung. Der Anstieg der Emissionsraten in allen Systemen am 24.05.1996 ist auf eine Zunahme der Lüftungsrate in diesem Zeitraum zurückzuführen. Die Situation im Sommer (höhere Temperaturen, höhere Lüftungsraten) führt auch zu erhöhten Emissionsraten für N₂O, obwohl die Konzentrationsverhältnisse weitgehend unverändert gegenüber der Frühjahrsphase bleiben. Lediglich eine höhere Dichte an gesicherten Messwerten gibt einen Hinweis auf das erhöhte N₂O-Bildungspotenzial (Abbildung 55).

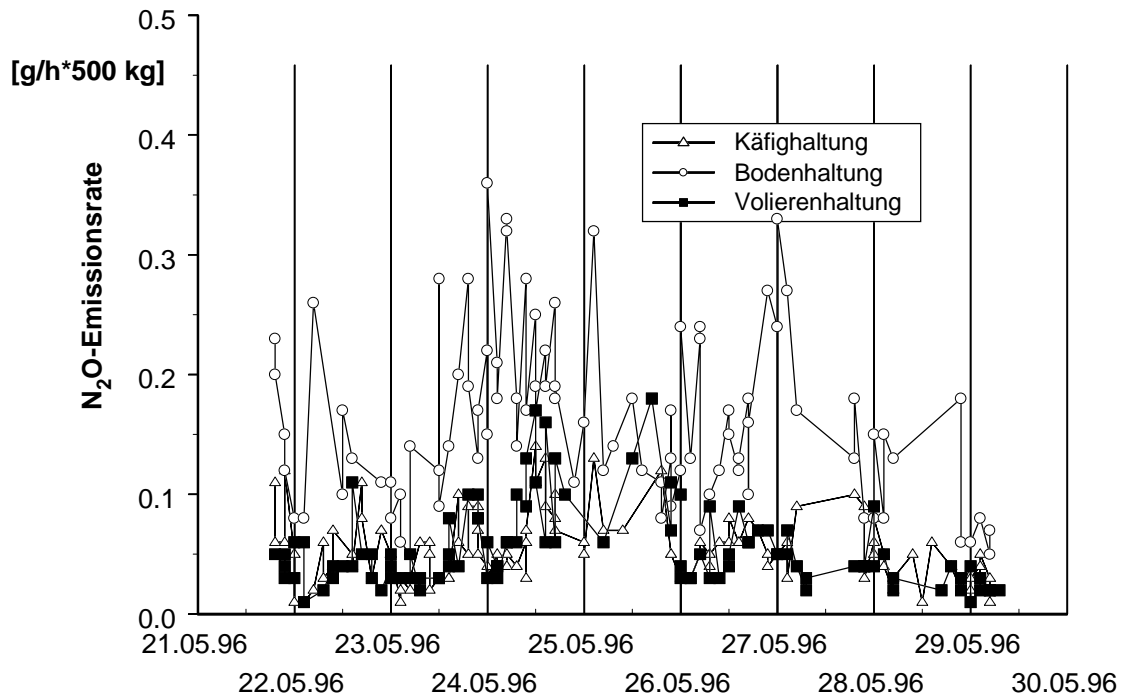


Abbildung 54: Distickstoffoxid-Emissionsraten aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Frühjahr)

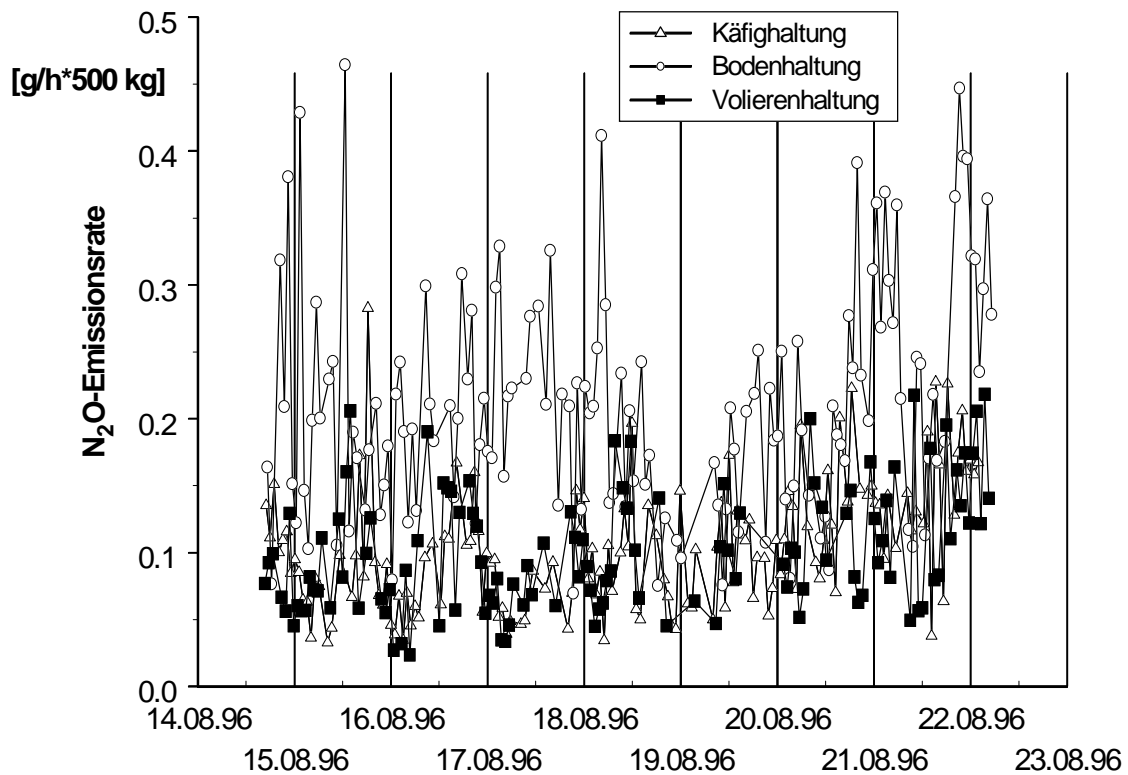


Abbildung 55: Distickstoffoxid-Emissionsraten aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Sommer)

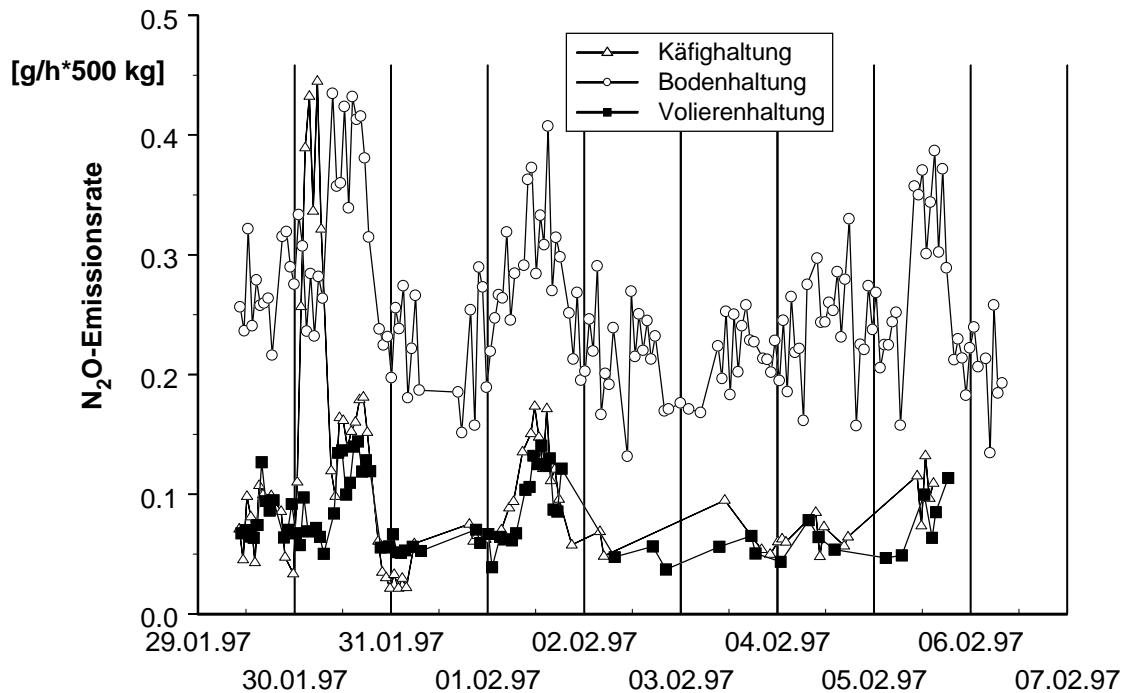


Abbildung 56: Distickstoffoxid-Emissionsraten aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Winter)

Die Messung in der Winterphase ermöglicht an der Fortluft aus Käfig- und Volierenhaltungssystem nur in jeweils 42 % der Messzyklen eine gesicherte N_2O -Analyse (Tabelle 18). Der Konzentrationsmittelwert liegt in dieser Phase allerdings mit 0,42 ppmv deutlich über der Hintergrundkonzentration. Anders verhält es sich bei dem Bodenhaltungssystem. Hier kommt es in der Winterperiode mit verhältnismäßig geringen Luftwechselraten in 92 % der Messzyklen zu einer eindeutigen N_2O -Konzentrationserhöhung (im Mittel 0,42 ppmv). Die mittleren Emissionsraten sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 22: Mittlere N_2O -Emissionsraten aus div. Haltungssystemen für Legehennen

| | N_2O -Emissionsrate [g (h 500 kg LM) ⁻¹] | | | |
|-----------------|--------------------------------------------------------|--------|--------|-------------------|
| | Frühjahr | Sommer | Winter | Mittelwert |
| Käfighaltung | 0,04 | 0,10 | 0,11 | 0,09 ^a |
| Bodenhaltung | 0,17 | 0,20 | 0,26 | 0,21 ^b |
| Volierenhaltung | 0,06 | 0,10 | 0,08 | 0,08 ^a |

6.3.3 Ammoniak (NH₃)

Bei den Ammoniakemissionsraten aus den untersuchten Legehennenstallungen während der Frühjahrmesskampagne sind deutliche Unterschiede erkennbar (Abbildung 57).

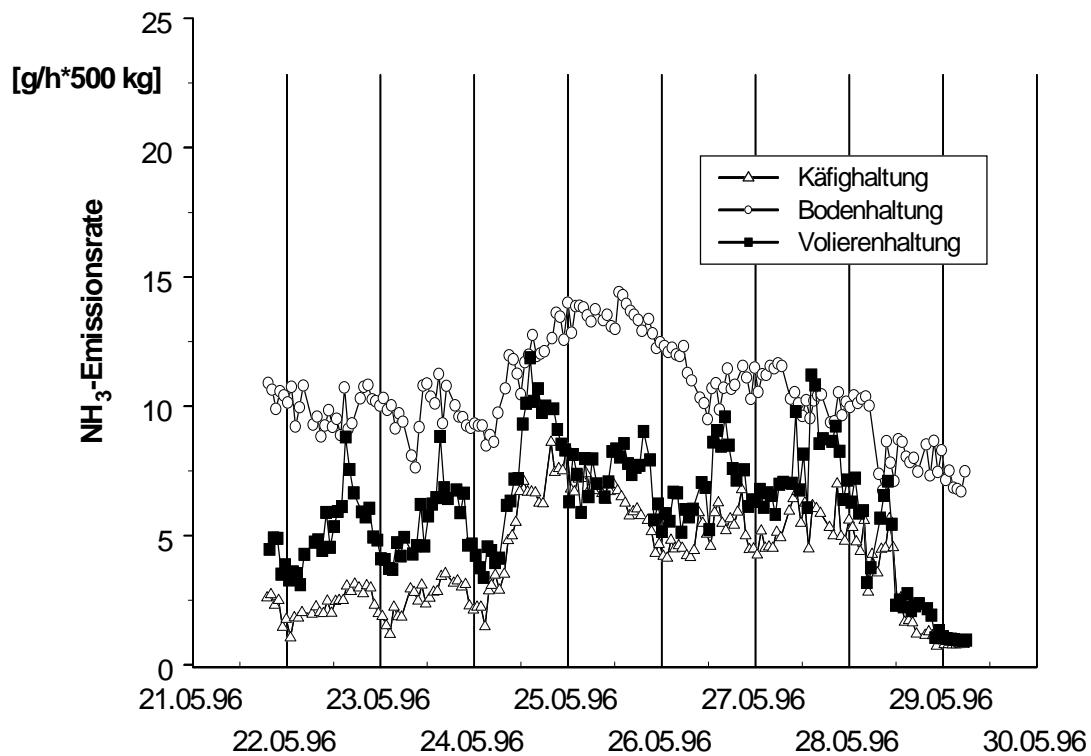


Abbildung 57: Ammoniak-Emissionsraten aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Frühjahr)

Die NH₃-Emissionsrate erreicht im System Bodenhaltung die höchsten Werte, wobei die hohen Lüftungsraten in der Wochenmitte ein 36 Stunden andauerndes Maximum bedingen (Abbildung 57). Dies spiegelt sich auch bei den Verläufen der weiteren Systeme wieder. Die Koträumung am 28.5.96 in Käfig- und Volierenhaltung führt zu einer deutlichen Reduktion der NH₃-Emission.

Während der Sommerphase mit hohen Temperaturen und hohen Lüftungsraten steigt auch in der Bodenhaltung die NH₃-Emissionsrate kontinuierlich an. Die Tagesmaxima der NH₃-Emission erreichen Werte über 20 g (h 500 kg)⁻¹. In den Systemen Volierenhaltung und Käfighaltung wird der Anstieg durch den Entmistungsvorgang am 19.08.1996 unterbrochen, der Anstieg setzt aber v.a. in der Käfighaltung nach kurzer Zeit wieder ein. In der Volierenhaltung beginnt dieser Zyklus wesentlich verlangsamt (Abbildung 58).

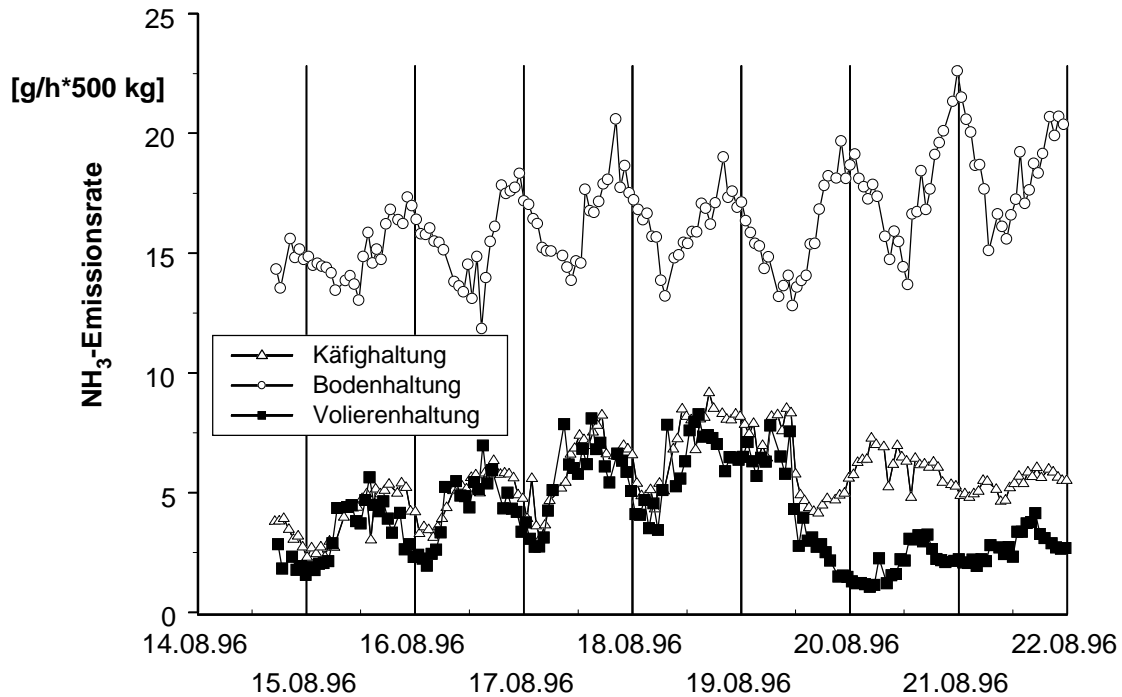


Abbildung 58: Ammoniak-Emissionsraten aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Sommer)

Die NH₃-Emissionsraten in der Winterphase (Abbildung 59) verlaufen insgesamt wesentlich gleichmäßiger als während der Sommerphase. Die Emissionsrate der Bodenhaltung ist gegenüber den Emissionsraten in der Käfig- und Volierenhaltung deutlich erhöht. Der Entmistungsvorgang in Käfig- und Volierenhaltung hat keinen so stark ausgeprägten Einfluss auf die NH₃-Emissionsrate wie in den vorherigen Messkampagnen im Frühjahr und im Sommer.

Die mittleren NH₃-Emissionsraten verdeutlichen die Unterschiede zwischen den Systemen Käfig- und Volierenhaltung nochmals (Tabelle 16). Die Gründe für die hohen Emissionsraten aus dem Haltungssystem Bodenhaltung liegen zum einen in dem hohen NH₃-Bildungspotenzial durch den im Stallabteil gelagerten Kot, zum anderen an der deutlich höheren spezifischen Lüftungsrate.

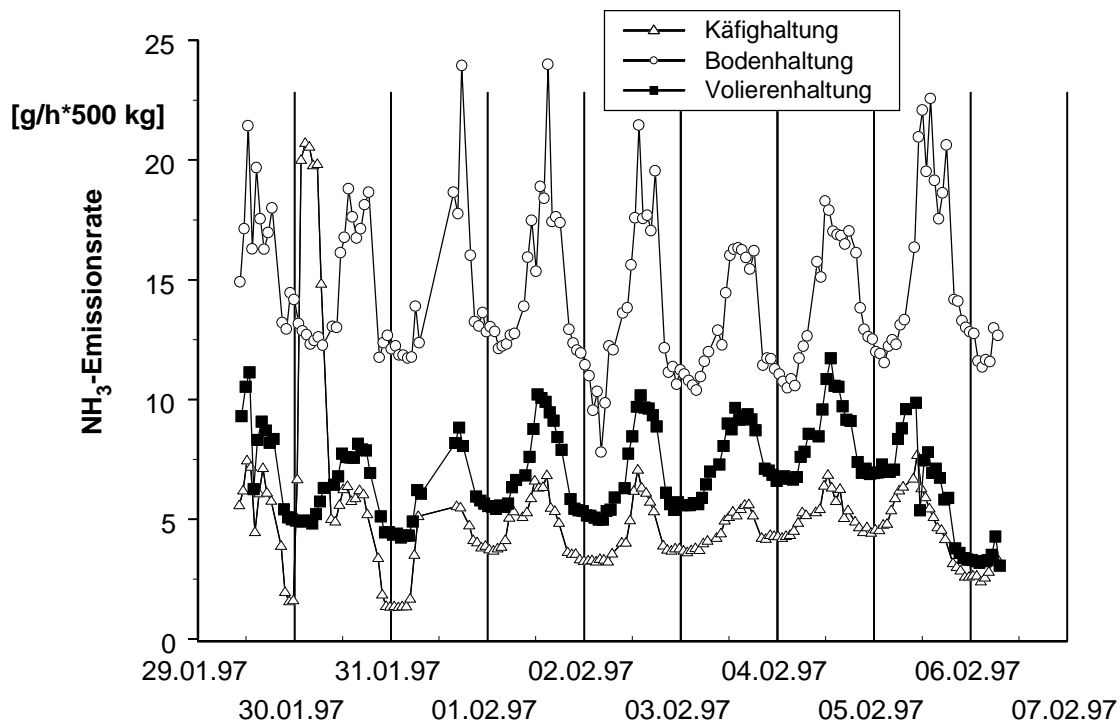


Abbildung 59: Ammoniak-Emissionsraten aus verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen (Winter)

Tabelle 23: Mittlere NH_3 -Emissionsraten aus div. Haltungssystemen für Legehennen

| | NH_3 -Emissionsrate [$\text{g} (\text{h } 500 \text{ kg LM})^{-1}$] | | | |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------------------|
| | Frühjahr | Sommer | Winter | Mittelwert |
| Käfighaltung | 4,25 | 5,99 | 4,99 | 5,08 ^a |
| Bodenhaltung | 10,46 | 16,35 | 14,60 | 13,80 ^b |
| Volierenhaltung | 6,09 | 4,25 | 6,95 | 5,76 ^a |

6.4 Randparameter

6.4.1 Stalltemperatur

Die Temperaturen im Tierbereich stellen in zweierlei Hinsicht ein wichtiges Kriterium für die Interpretation der Ergebnisse dar. Zum einen wird anhand der Temperatur die Lüftungsanlage geregelt, zum anderen ist die Temperatur ein Haupteinflussfaktor auf die Bildungsmechanismen der Schadgase. Somit sind die Emissionsraten immer im Zusammenhang mit den Stall- und auch den Außentemperaturen zu betrachten. Die Außentemperaturen der Messperiode im Frühling schwanken in sehr weiten Bereichen, neben einer kurzen Erwärmung auf Tageshöchstwerte von über 25 °C in der Wochenmitte treten auch Tiefstwerte von nahe 3 °C auf.

Diese Messperiode kann somit als jahreszeitliche Übergangsphase betrachtet werden (Abbildung 60).

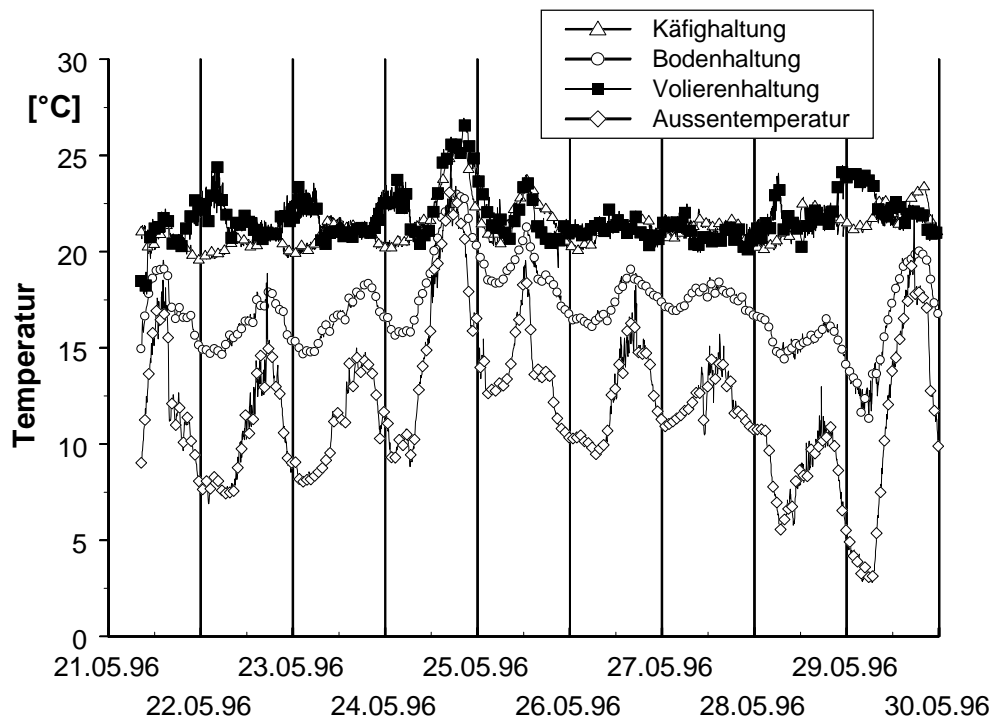


Abbildung 60: Temperaturverläufe in verschiedenen Haltungsverfahren für Legehennen (Frühjahr)

Die Anforderungen an die Regeltechnik der Lüftungsanlage sind unter diesen Bedingungen besonders hoch. Die Temperaturverläufe in den Haltungssystemen Käfig- und Volierenhaltung liegen in einer relativ engen Spanne von 3 K, wobei die Hochtemperaturphase in der Wochenmitte nicht ganz ausgeglichen werden kann. Die Temperatur im Bodenhaltungssystem folgt dem Außenklima wesentlich stärker. Dies ist dadurch zu erklären, dass die Zuluft nicht durch einen Vorraum angewärmt werden kann, wie dies in den Käfig- und Volieren-systemen möglich ist. Der Anspruch an das Thermoregulationsverhalten der Tiere ist in einem naturnahen System wie der Bodenhaltung generell höher.

Die Temperaturverhältnisse der Sommerphase sind von einem stetigen Anstieg der Außentemperatur gekennzeichnet, die Tiefsttemperaturen liegen bei 11 °C, die Höchsttemperaturen erreichen bis zu 30 °C. Die stetige Außentemperaturerhöhung führt zu einem Anstieg der Stallinnentemperaturen, insbesondere in der Käfig- und der Volierenhaltung. Während zu Beginn der Messperiode die Temperatur im Tierbereich noch auf rund 22 °C gehalten werden kann, steigen die Höchsttemperaturen auch im Stall auf annähernd 30 °C (Abbildung 61).

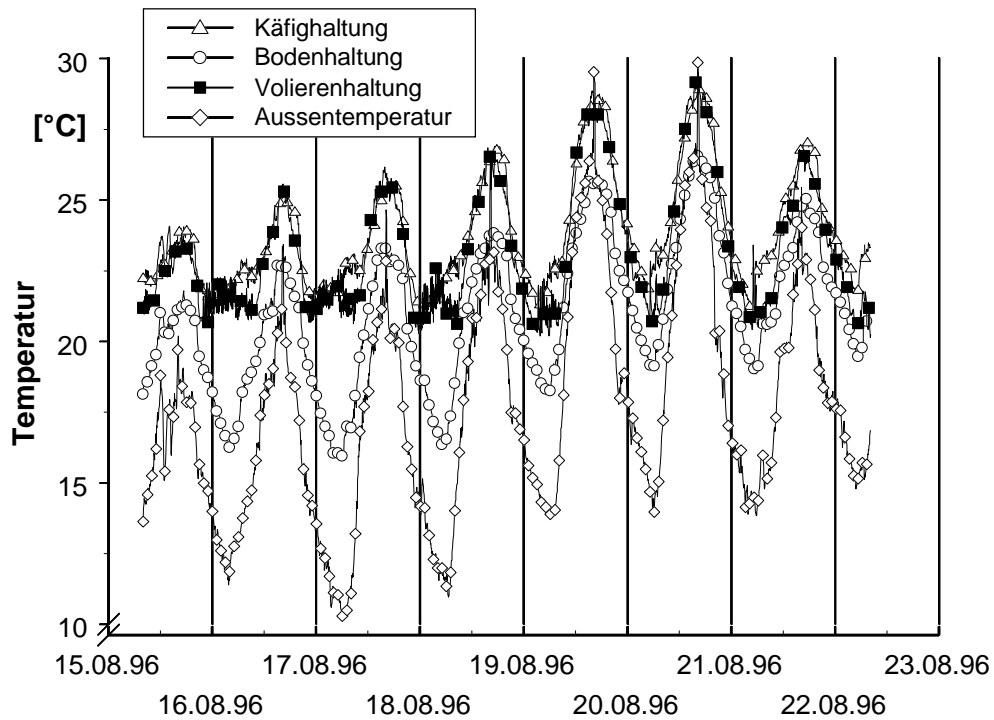


Abbildung 61: Temperaturverläufe in verschiedenen Haltungsverfahren für Legehennen (Sommer)

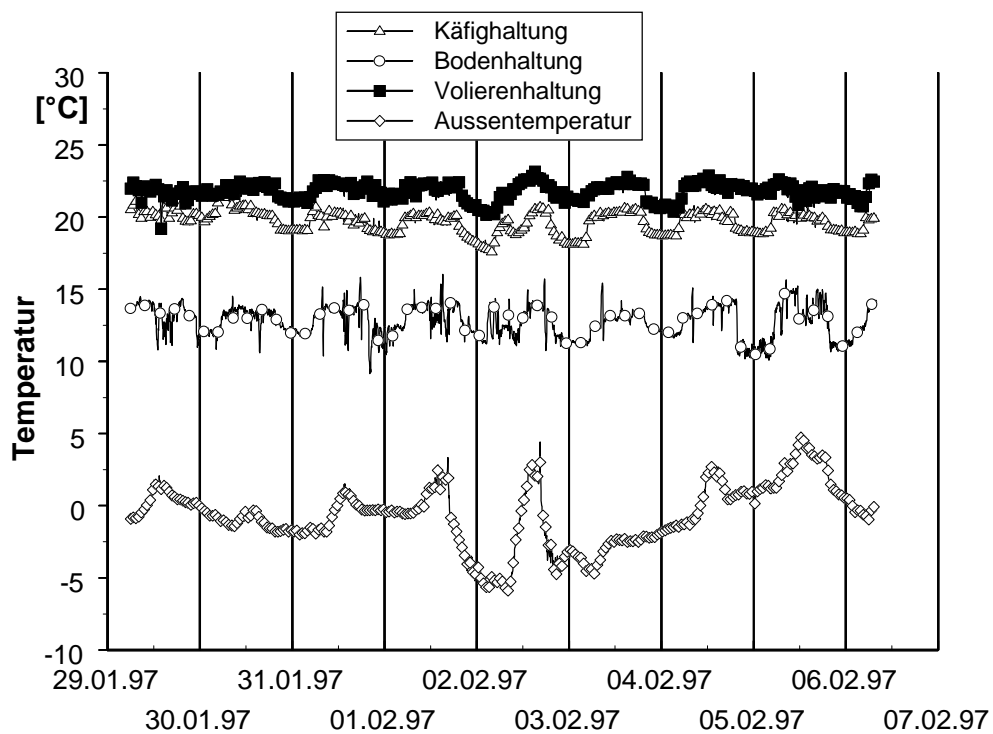


Abbildung 62: Temperaturverläufe in verschiedenen Haltungsverfahren für Legehennen (Winter)

Bei den tiefen Temperaturen der Wintermessungen liegen die Lüftungsraten nahe der Mindestlüftungsrate mit geringen Regelspannen. Die Stallinnentemperaturen bleiben, unabhängig von der Außentemperatur, relativ konstant und zeigen eine tagesabhängige Schwankung von 2 K in Käfig- und Volierenhaltung und von bis zu 4 K in der Bodenhaltung, was hier wieder auf die Zuluftführung direkt von Außen ohne Vorwärmmöglichkeit zu erklären ist. Insgesamt liegt die Stalltemperatur in der Bodenhaltung gegenüber den anderen Haltungssystemen deutlich niedriger (Abbildung 62). Die Temperaturbedingungen während aller Messkampagnen werden in Tabelle 24 gegenübergestellt.

Tabelle 24: Temperaturen (Außen- und Stalltemperaturen)

| | Temperatur [°C] | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|------|------|-----|-------------|------|------|-----|-------------|------|------|-----|
| | Frühjahr | | | | Sommer | | | | Winter | | | |
| | \bar{x} | Min | Max | s | \bar{x} | Min | Max | s | \bar{x} | Min | Max | s |
| Käfighaltung | 21,4 | 19,6 | 25,7 | 1,1 | 23,7 | 21,2 | 29,0 | 1,9 | 19,7 | 17,5 | 21,7 | 0,8 |
| Bodenhaltung | 17,2 | 11,4 | 23,3 | 2,0 | 20,7 | 15,9 | 26,6 | 2,6 | 12,8 | 9,2 | 16,2 | 1,1 |
| Volierenhaltung | 21,8 | 17,8 | 27,0 | 1,2 | 23,1 | 20,2 | 29,3 | 2,2 | 21,8 | 19,2 | 23,1 | 0,6 |
| Außentemperatur | 11,9 | 2,8 | 26,0 | 3,8 | 17,3 | 10,2 | 29,9 | 3,9 | -0,7 | -6,1 | 4,8 | 2,1 |

6.4.2 Ausscheidungen

Die zu jedem Versuchsdurchgang gezogenen Kotproben wurden auf pH-Wert, Trockensubstanzgehalt (TS), Gesamt-Stickstoffgehalt (N_t), Ammonium-Stickstoff (NH_4-N) und Gesamt-Kohlenstoffgehalt (C_t) untersucht. Die Beprobung des Systems „Bodenhaltung“ gestaltete sich bei voller Belegung des Abteils schwierig. Die Repräsentativität der Proben und der Ergebnisse ist vor diesem Hintergrund zu betrachten. Dies zeigt insbesondere die hohe Standardabweichung (12,3) aller Trockensubstanzwerte des Bodenhaltungskotes über die gesamte Messphase. Die Trocknung des Kotes in der Käfighaltung auf dem Kotband bedingt lediglich eine mittlere Erhöhung des Trockensubstanzgehalts gegenüber dem unbelüfteten Kot in der Volierenhaltung von nur 5,4%. Der pH-Wert des Kotes in der Bodenhaltung liegt im Mittel bei 8,3 und somit relativ hoch. Dies bedingt ein erhöhtes Ammoniakbildungspotenzial.

Tabelle 25: Analysenergebnisse der Kotproben aus div. Haltungssystemen für Legehennen

| | pH | | TS [%] | | N [%] | | NH ₄ -N [%] | | C [%] | | C/N |
|------------------------|------------------|-----|--------------------|------|------------------|-----|------------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|
| | \bar{x} | s | \bar{x} | s | \bar{x} | s | \bar{x} | s | \bar{x} | s | |
| Käfighaltung | | | | | | | | | | | |
| Frühling | 7,2 | 0,6 | 38,7 | 3,4 | 2,1 | 0,3 | 0,5 | 0,1 | 14,1 | 1,3 | 6,7 |
| Sommer | 7,7 | 0,8 | 35,4 | 10,3 | 1,7 | 0,7 | 0,8 | 0,1 | 12,9 | 4 | 7,6 |
| Winter | 6,5 | 0,1 | 40,2 | 1,2 | 2,4 | 0,3 | 0,5 | 0 | 14,3 | 0,6 | 6,0 |
| Gesamt (n=9) | 7,1 ^a | 0,7 | 38,2 ^{ab} | 5,3 | 2,1 ^a | 0,5 | 0,6 ^a | 0,1 | 13,9 ^a | 2 | 6,6 ^a |
| Bodenhaltung | | | | | | | | | | | |
| Frühling | 8,3 | 0,2 | 40,9 | 7,3 | 0,9 | 0,2 | 0,3 | 0 | 8,1 | 0,7 | 9,0 |
| Sommer | 8,2 | 0,1 | 64,2 | 4,1 | 1,2 | 0,3 | 0,4 | 0 | 13 | 2,3 | 10,8 |
| Winter | 8,5 | 0,1 | 42,7 | 5,4 | 1,5 | 0,3 | 0,7 | 0 | 13,7 | 1,9 | 9,1 |
| Gesamt (n=9) | 8,3 ^b | 0,2 | 49,3 ^b | 12,3 | 1,2 ^a | 0,4 | 0,5 ^a | 0,2 | 11,6 ^a | 3 | 9,7 ^b |
| Volierenhaltung | | | | | | | | | | | |
| Frühling | 8 | 0,2 | 30,8 | 2,7 | 1,2 | 0,2 | 0,4 | 0 | 10,4 | 1,1 | 8,7 |
| Sommer | 8 | 0,2 | 32,2 | 1,2 | 1,3 | 0,1 | 0,7 | 0,1 | 11,4 | 0,4 | 8,8 |
| Winter | 7,7 | 0,2 | 37,4 | 0,2 | 1,8 | 0,2 | 0,6 | 0 | 13,2 | 0,2 | 7,3 |
| Gesamt (n=9) | 7,9 ^b | 0,3 | 32,8 ^a | 3,4 | 1,4 ^a | 0,3 | 0,6 ^a | 0,1 | 11,4 ^a | 1,4 | 8,1 ^{ab} |

6.5 Diskussion der Emissionsraten

6.5.1 Hochrechnung der Emission auf Jahresniveau

Zur Beurteilung von Haltungssysteme hinsichtlich ihrer Emissivität ist die Gesamtemissionsrate der umwelt- oder klimarelevanten Gase über ein ganzes Jahr zu vergleichen. Die entsprechenden Messungen müssten daher über mehrere Jahre an einem Untersuchungsobjekt durchgeführt werden. Dies ist unter Praxisbedingungen nicht darstellbar.

Die reine Mittelwertbildung der Emissionsraten aus den Versuchszeiträumen ist zwar für den Verfahrensvergleich das geeignete Mittel der Wahl, für die Abschätzung der gesamten Jahres-Emission kann dieses Vorgehen jedoch zu einer falschen Einschätzung der Ergebnisse führen. Aus diesem Grund werden die Messdaten der drei Versuchsperioden entsprechend interpoliert. Um die emissionsbeeinflussenden Umweltbedingungen in dieser Interpolation zu berücksichtigen, wird die Außentemperatur im mehrjährigen Jahresmittel als Parameter herangezogen. Die Außentemperaturdaten des Bereichs Triesdorf sind über 8 Jahre an einer agrarmeteorologischen Station aufgezeichnet worden. Als Übereinstimmungskriterium wurde die mittlere Außentemperatur \pm der errechneten Standardabweichung der Jahre 1991 bis 1998 verwendet. Die Abbildung 63 zeigt diesen Temperaturverlauf. In einem weiteren Schritt wurden die Ergebnisse (Konzentrationswerte, Fortluftvolumenströme und Emissionsraten) als Mittelwerte der Einzelwerte dargestellt, die dem Bereich mittlere Außentemperatur \pm Standardabweichung entsprechen. Auf dieser Basis kann das Emissionsverhalten im Jahresverlauf dargestellt werden. Der einzelne Tageswert wird aus durchschnittlich 6,5 Einzelwerten errechnet.

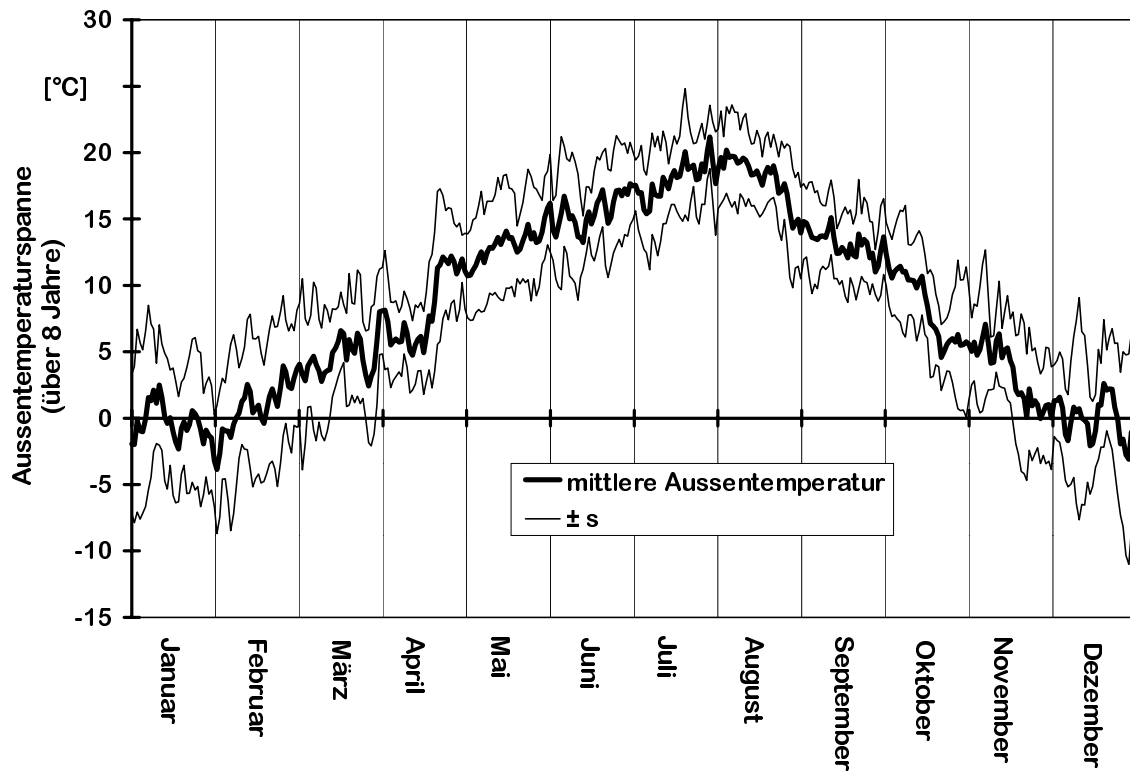


Abbildung 63: Aussentemperaturspanne (Mittelwert \pm Standardabweichung) im achtjährigen Jahresmittel

Die Verläufe der NH_3 -Konzentration, des Fortluftvolumenstromes und der Emissionsrate sind für das Käfighaltungssystem in der Abbildung 64 exemplarisch dargestellt. Es zeigt sich, dass der Einsatz des Wärmetauschers in der Winterphase in der Käfig- und Volierenhaltung zu einem auf das Tiergewicht bezogenen Fortluftvolumenstrom führt, der rund 70 % der maximalen Sommerlufrate entspricht. Dies führt zusammen mit der erhöhten NH_3 -Konzentration zu entsprechend höheren Emissionsraten. Neben der in Abschnitt 6, Abbildung 57 bis Abbildung 59 dargestellt starken Dynamik des Tagesgangs ist eine ebenso deutliche Dynamik des Jahresgangs zu erkennen. Das Maximum ist in jedem Falle unter den Bedingungen der Sommerlufrate zu finden, es zeigen sich allerdings auch unter Winterbedingungen mit hohen Konzentrationen und/oder Fortluftströmen entsprechend hohe Emissionsraten. Daraus ist zu folgern, dass im Zusammenhang mit einer emissionsfachlichen Bewertung von Stallungen neben der Sommersituation auch die Wintersituation unter dem Aspekt einer wesentlichen Beeinträchtigung berücksichtigt werden muss.

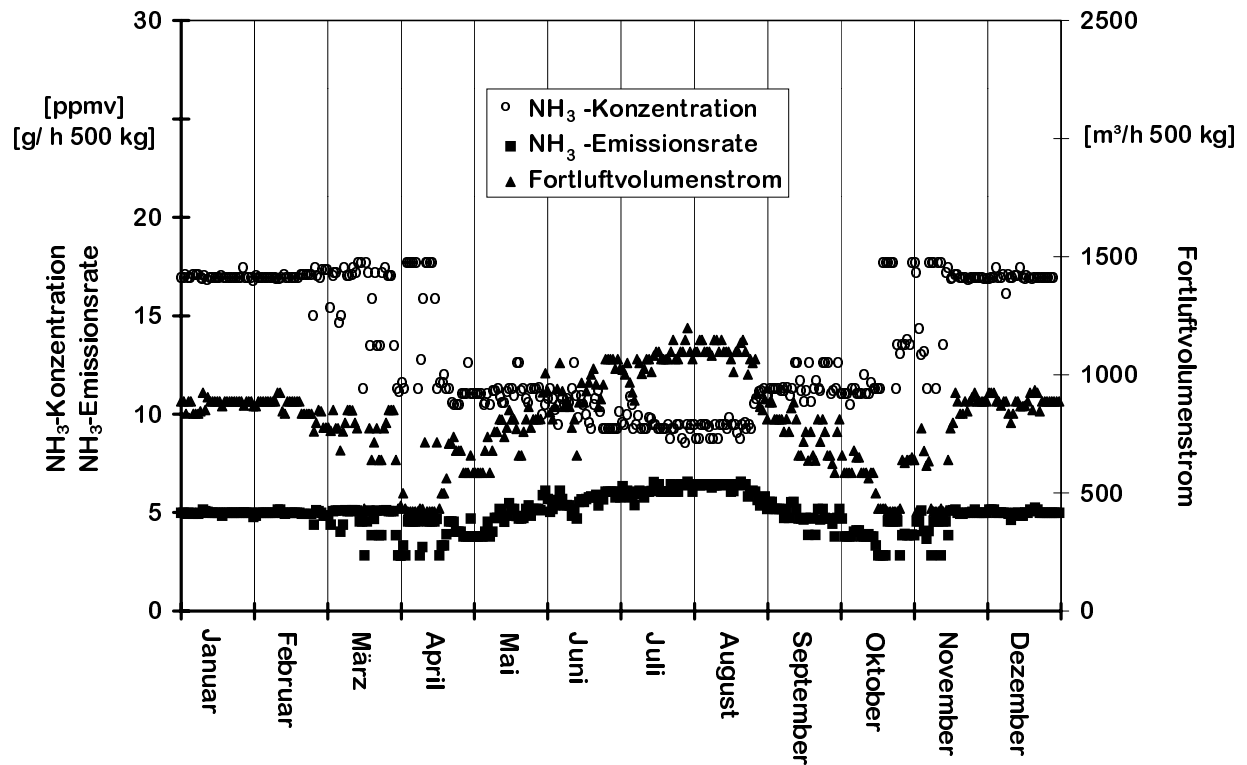


Abbildung 64: Jahresverlauf des Fortluftvolumenstromes, der NH₃-Konzentration und der NH₃-Emissionsrate in einem Käfighaltungssystem (interpoliert)

In der Tabelle 26 sind die Mittelwerte des interpolierten Modells mit den Mittelwerten der Versuchzeiträume im Vergleich dargestellt. Die Differenzen der Mittelwerte liegen bei maximal 10 %. Bei kürzeren Messperioden zu einer klimatischen Situation (vergleiche Tabelle 18 -20) treten hier durchaus Abweichungen im Bereich von 30 % auf. Dies kann die Unterschiede der Emissionswerte der einzelner Autoren (Abbildung 11) allerdings nur zum Teil erklären. Weitere Faktoren, wie Messtechnik, Stallmanagement und Haltungsverfahren führen zu den angegebenen hohen Spannen.

Tabelle 26: Mittlere Emissionsraten im Vergleich

| | NH ₃ -Emissionsrate | | CO ₂ -Emissionsrate | | N ₂ O-Emissionsrate | |
|-----------------|--------------------------------|----------|--------------------------------|----------|--------------------------------|----------|
| | interpoliert | gemessen | interpoliert | gemessen | interpoliert | gemessen |
| Käfighaltung | 4,97 | 5,08 | 1,01 | 1,03 | 0,08 | 0,09 |
| Bodenhaltung | 13,30 | 13,80 | 1,14 | 1,15 | 0,20 | 0,21 |
| Volierenhaltung | 6,02 | 5,76 | 0,90 | 0,89 | 0,07 | 0,08 |

6.5.2 Stickstoffbilanz

Um das Stickstoffverlustpotenzial eines landwirtschaftlichen Produktionsverfahrens bewerten zu können, ist die Bilanzierung des Elements sinnvoll. Als kontinuierlicher Stickstoffeintrag in das System der Eierproduktion ist die N-Zufuhr über das Futter zu nennen, die N-Zufuhr über weitere Wege (Zuluft) kann vernachlässigt werden. Die NH_3 -Hintergrundkonzentration war zu allen Versuchszeiträumen unter der Nachweisgrenze des eingesetzten FTIR-Spektrometers von 40 ppbv und liegt damit um den Faktor 10^3 unter der NH_3 -Konzentration der Fortluft.

N-Austräge aus dem System erfolgen über das Leistungsprodukt Ei, den Kot und die Fortluft. Während auch der im Kot gebundene Stickstoff wiederum im landwirtschaftlichen Produktionszyklus als Wirtschaftsdünger eingesetzt wird, ist der Stoffstrom, der in der Fortluft das System verlässt, als Stickstoffverlust zu sehen.

Die Unterschiede der untersuchten Haltungssysteme finden sich in Abbildung 65 wieder:

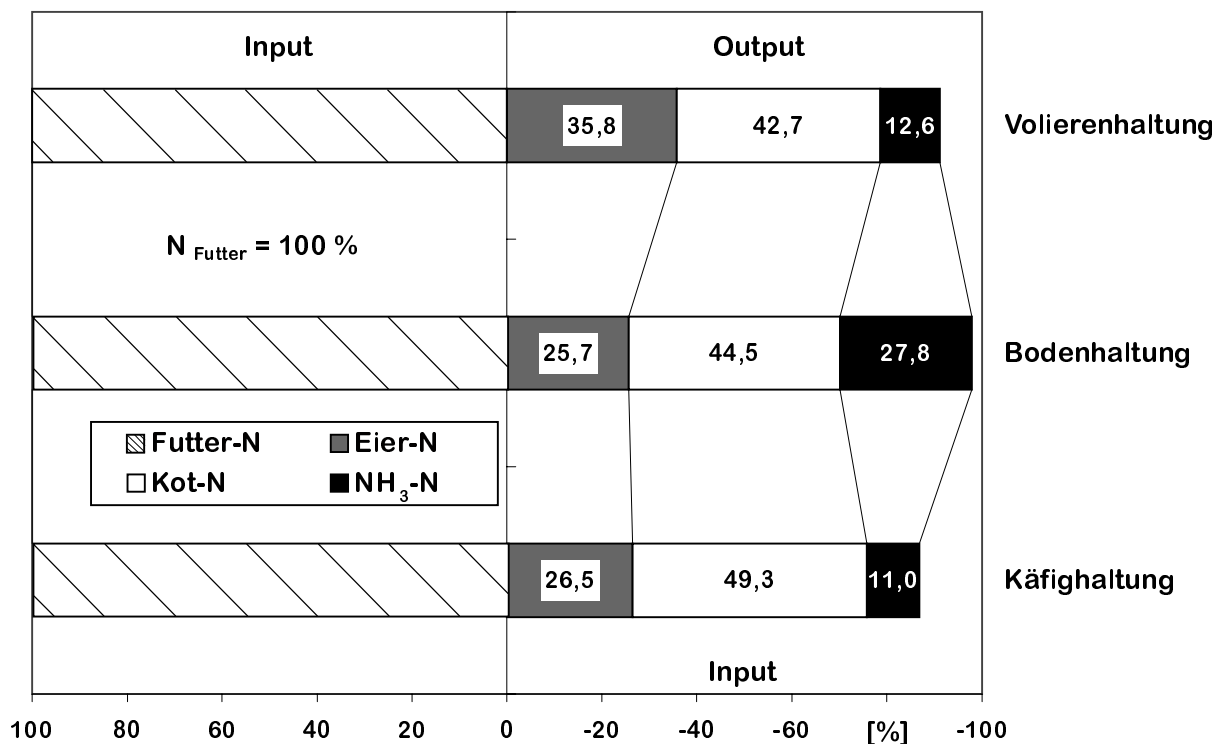


Abbildung 65: Mittlere Stickstoffbilanz bei der Eierproduktion in verschiedenen Haltungssystemen für Legehennen

Die N-Verluste über die Fortluft wird auf NH_3 eingeschränkt, als weitere N-Komponenten konnten nur N_2O in geringen Konzentrationen detektiert werden, der Anteil der N_2O -Emission liegt im Verhältnis zur NH_3 -N-Emission bei 1,1 - 1,4 %. Dies deckt sich mit Ergeb-

nissen von Menzi und Neftel, die unabhängig von der Tierart und dem Haltungssystem von N₂O-Emissionen in Höhe von 1,5% der NH₃-Emission ausgehen.³ Der Anteil der N₂O- N-Emission am Gesamt-N-Verlust liegt bei maximal 0,33% im Bodenhaltungssystem und kann daher unter dem Gesichtspunkt der N-Bilanz vernachlässigt werden.

³ Mündliche Mitteilung Menzi, 1996

7 Ausblick

Die Diskussion in der Öffentlichkeit über die Tiergerechtigkeit der Käfighaltung wird seit Jahren kontrovers geführt. Derzeit ist die Käfigbatteriehaltung aber mit 91,3 % der Betriebe bzw. 89,7 % der Tierplätze Stand der Technik. Die Änderung der Verordnung zum Schutz von Legehennen bei Käfighaltung (BMELF, 1987) wird hier mittelfristig zu einer Trendwende führen. Die EU-Kommission hatte im März 1998 einen Vorschlag für eine neue Legehennen-Richtlinie vorgelegt, der eine Vergrößerung der derzeit üblichen Käfige und Anreicherung mit Sitzstangen, Nestern und Sandbad vorsah. Das Parlament hat sich nun dafür ausgesprochen, Legebatterien ganz zu verbieten. Das Bundesverfassungsgericht hat die Nichtigkeit der Hennenhaltungsverordnung (BMELF, 1987) erklärt (PRESSEMITTEILUNG DES BVERFG NR. 72/99 VOM 6. 7. 1999). In jedem Fall lassen die geänderten Anforderungen an das Haltungssystem in vielen Funktionskreisen (Aufbaumen, Sandbaden, Bewegung etc.) erwarten, dass die Käfighaltung ihre Vorrangstellung sukzessiv verliert. Alternative Haltungsverfahren (Volierenhaltung und Bodenhaltung) müssen aus diesem Grund nicht nur im Hinblick auf ihre verfahrenstechnischen Parameter, sondern auch in Hinblick auf ihre Umweltwirkung untersucht werden. Besonders die Frage nach der Genehmigungsfähigkeit der alternativen Anlagen in der Nähe von Wohnbebauung und in der Nähe zum Wald wird im Zuge der immissionschutzfachlichen Bewertung und Einordnung kritisch gesehen. Nach den Ergebnissen dieser Untersuchung steht aus der Sicht des Umweltschutzes einer immissionsfachlichen Gleichstellung der Volierenhaltung mit der Käfighaltung nichts entgegen.

Weitere Untersuchungen zur Optimierung des Bodenhaltungssystems in verfahrenstechnischer und in emissionsmindernder Hinsicht sind dringend geboten.

Eine messtechnische Herausforderung stellt die emissionsfachliche Bewertung von frei belüfteten Stallanlagen dar. Erste Untersuchungen an Außenklimaställen für Mastschweine machen deutlich, dass eine Verbesserung der Bilanzmethoden zur Bestimmung der Luftwechselrate unter Praxisbedingungen dringend zu fordern ist, um diese Haltungsverfahren abgesichert auf ihre Emissivität hin zu untersuchen.

Die Analyse einzelner Gaskomponenten eines Gasgemisches kann durch die FTIR-Technik mit der Geruchsanalytik als Summenauswertung in sinnvoller Weise kombiniert werden. Somit eröffnet sich die Möglichkeit, die weitgehend an die menschliche Nase gebundene, subjektive Geruchanalytik über die inzwischen eingeführten Metalloxidsensoren hinaus zu objektivieren. Die Möglichkeit, Gasproben in digitalisierter Form zu speichern wird bisher nötige

langwierige Untersuchungen erheblich verkürzen und die Kosten dieser Untersuchungen senken.

Neben Fragen der Umweltwirkung von Haltungsverfahren sind auch Fragen des Tierschutzes und der Tiergesundheit mit FTIR-Gasanalysemethoden zu untersuchen. Durch Haltungsverordnungen für landwirtschaftliche Nutztiere werden Anforderungen an die Stallluftqualität gestellt. Die Untersuchungen zur Umwelt der Nutztiere im Stall sind zusammen mit Untersuchungen der Umweltwirkung des Haltungsverfahrens durchzuführen, um so neue Haltungssysteme umfassend bewerten und verbessern zu können.

8 Zusammenfassung

Die Legehennenhaltung trägt zur Gesamtemission an NH_3 in der BRD nur in geringem Umfang bei. Die Hauptproblematik liegt in der räumlichen Konzentration der Stallanlagen und den hieraus resultierenden hohen punktuellen Belastungen. Sensible Ökosysteme werden durch die hohen Schad- bzw. Nährstofffrachten gestört. Um diese Stofffrachten abschätzen zu können sind Emissionsdaten der unterschiedlichen Haltungsverfahren dringend nötig. Defizite bestehen in Hinblick auf den geeigneten messtechnischen Aufbau, die Auswahl geeigneter Untersuchungsobjekte und die Probleme der Interpretation der gemessenen Daten vor dem Hintergrund der entsprechenden Randparameter (Klima, Fütterung, Stallmanagement, Leistung, Tiermaterial, Haltungstechnik).

1. Gaskonzentrationsmessung:

Mit dem Fouriertransformierten Infrarotspektrometer (FTIR) K300 kann eine Gasprobe aus der Fortluft eines Stalles für Legehennen kontinuierlich auf eine Vielzahl von Komponenten untersucht werden. Durch die hohe spektrale Auflösung sind Querempfindlichkeiten zwischen Einzelgasen auszuschließen. Die Analyse der gespeicherten Spektren konnte durch die Implementierung einer Auswerteroutine bei drei Wellenzahlbereichen pro Gas, einer automatisierten Eigenstrahlungskorrektur und einer Basislinienkorrektur in die Software an die Bedingungen einer landwirtschaftlichen Quelle angepasst werden.

2. Fortluftvolumenstrom:

Die Messung des Fortluftvolumenstromes bei geführten Quellen durch Messimpeller hat sich in der Praxis bewährt. Die hohe zeitliche Auflösung erlaubt auch die Aufzeichnung der u.U. stark schwankenden Volumenströme einer temperaturgeregelten Stalllüftung. Eine sorgfältige Kalibration mit einem geeigneten Referenzmessgerät an einem Windkanal ist zwingend erforderlich. Die Laserdoppleranemometrie hat sich für diese Kalibration aufgrund der Möglichkeit einer berührungslosen Messung der Strömungsgeschwindigkeit bewährt. Im Vergleich hierzu erlaubt die CO_2 -Bilanzmethode als indirektes Verfahren zur Messung des Fortluftvolumenstromes nur die Messung des mittleren Volumenstromes eines Tages. Die Anwendung der CO_2 -Bilanzmethode unter Winterbedingungen bei Mindestluftfrate führt zu einer deutlichen Fehleinschätzung. Insgesamt konnte eine Unterschätzung des Fortluftvolumenstromes von 8% festgestellt werden.

3. Emissionsraten klima- und umweltrelevanter Gase

Ammoniak

Die Haltungssysteme Käfighaltung und Volierenhaltung verursachen eine durchschnittliche NH_3 -Emission von 5,06 bzw. 5,83 $[\text{g} (\text{h} \cdot 500 \text{ kg LM})^{-1}]$. Der Unterschied ist nicht signifikant. Im Hinblick auf die Genehmigungspraxis ist unter dem Aspekt des Abstandes zum Wald die Volierenhaltung der Käfighaltung gleichzustellen. Das Bodenhaltungssystem mit Kotgrube verursacht wesentlich höhere NH_3 -Emissionen (13,71 $[\text{g} (\text{h} \cdot 500 \text{ kg LM})^{-1}]$). Hier bieten sich verfahrenstechnische Verbesserungen (Kotbandentmischung, Kotbandbelüftung) an.

Distickstoffoxid:

Die N_2O -Emissionsraten aus der Käfig- und Volierenhaltung liegen mit 0,09 bzw. 0,08 $[\text{g} (\text{h} \cdot 500 \text{ kg LM})^{-1}]$ niedriger als erwartet. Das Bodenhaltungssystem weist mit 0,21 $[\text{g} (\text{h} \cdot 500 \text{ kg LM})^{-1}]$ aufgrund der anaeroben Verhältnisse im gelagerten Kot ein höheres Emissionspotential auf. Trotz der hohen Klimawirksamkeit dieses Schadgases ist aufgrund des derzeit geringen Ausmaßes dieser Haltungsform in der BRD der Anteil der Legehennenhaltung an der gesamten N_2O -Emission zu vernachlässigen.

Methan:

Methanemissionen aus der Legehennenhaltung konnten mit der Konfiguration der eingesetzten Messtechnik nicht nachgewiesen werden.

9 Literatur

1. ALTRICHTER, G. UND BRAUNSBERGER, F. (1992): Legehennenhaltung. In: Bäuerliche Geflügelhaltung. Verlagsunion Agrar, Wien, 1992.
2. BEESE, F. (1994): Gasförmige Stickstoffverbindungen. In: Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages (Hrsg.). Band 1 Landwirtschaft Studienprogramm Teilband 1, S.4-88. Economica Verlag GmbH, Bonn, 1994.
3. BERICHTE AUS VEERDEN (1994): Ferkelerzeugung und Schweinemast - Ergebnisse aus den Erzeugerringen in Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland und Baden-Württemberg. Veerden, 1994.
4. BGBl (BUNDESGESETZBLATT) (1985): Jahrgang 1986, Teil I S. 1586-1604: „4. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen“ vom 24.07.1985.
5. BGBl (BUNDESGESETZBLATT) (1987): Jahrgang 1987, Teil I, S. 2622: „Verordnung zum Schutz von Legehennen bei Käfighaltung (Hennenhaltungsverordnung)“ vom 10. Dezember 1987.
6. BGBl (BUNDESGESETZBLATT) (1990): Jahrgang 1990 Teil I, S. 880-901 „Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)“ vom 15.03.1974 in der Fassung vom 14.05.1990.
7. BGBl (BUNDESGESETZBLATT) (1992): Jahrgang 1992 Teil I, S. 1977-1980: „Verordnung zum Schutz von Kälbern bei Stallhaltung (Kälberhaltungsverordnung)“ vom 1. Dezember 1992.
8. BGBl (BUNDESGESETZBLATT) (1994): Bekanntmachung der Neufassung der Schweinehaltungsverordnung. Nr.9. Tag der Ausgabe: Bonn, den 24.Februar 1994.
9. BMELF (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN) (1996): Agrarbericht der Bundesregierung 1996. Bonn, 1996.
10. BMELF (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN) (1987): Verordnung zum Schutz von Legehennen bei Käfighaltung. In: Bundesgesetzblatt, 4.
11. BMELF (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN) (1995), Referat 615: Waldzustandsbericht der Bundesregierung 1995, Ergebnisse der Waldschadenserhebung, Bonn, 1996.
12. BOLLE, J. J.; SEILER, W.; BOLIN, B. (1986): Other Greenhouse gases and aerosols, assessing their role for atmospheric radiative transfer. P. 157-197. In: B. Bolin et al. (ed.) The greenhouse effect, climate change and ecosystems. SCOPE 29. John Wiley & Sons, New York.
13. BOUWMAN, A. F.; VAN DEN BORN, G. J.; SWART, R. J. (1991): Land use related sources of CH₄ and N₂O; Stellungnahme der Sachverständigen zu dem Fragenkatalog für die öffentliche Anhörung am 25./26. November, Enquete Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages, Kommissionsdrucksache 12/1-a, 207-267 in: Heyer, J. (1994): Methan. Studie C in : Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.) Band 1 Landwirtschaft Studienprogramm Teilband 1. Economica Verlag, Bonn, 1994.
14. BOUWMAN, A.F. (1990): Analysis of global nitrous oxide emissions from terrestrial natural and agroecosystems. (eds.) Transactions 14th International Congress Soil Science, Kyoto, Japan, August 1990.

15. BOXBERGER, J. (1986): Bauwesen, Tierische Produktion. In: Wenner, H.-L. (Hrsg.): Landtechnik, Bauwesen - Verfahrenstechniken, Arbeit, Gebäude München, 1986.
16. BUNDESVERFASSUNGSGERICHT (1999): Pressemitteilung Nr. 72 vom 06.07.1999, <http://www.jura.uni-sb.de>
17. BÜSCHER, W.; HARTUNG, E.; KECK, M (1994): Abschlußbericht zum Forschungsprojekt „Ammoniakfreisetzung bei der Ober- und Unterflurabsaugung“ für die Arbeitsgemeinschaft für Elektrizitätsanwendung in der Landwirtschaft (AEL). Hohenheim, 1994.
18. CRUTZEN, J.; ASELMANN, I.; SEILER, W. (1986): Methane production by domestic animals, wild ruminants, other herbivorous fauna and humans. *Tellus* (1986), 38 B, 3-4, S. 271-284.
19. DEPTA, G., BECHER, S., GRONAUER, A. UND MOSEBACH, H. (1997): Calibration and Quality-Assurance of a High-Resolution FTIR-Spectrometer for Pollutant and Greenhouse Atmospheric Trace Gases. In: *Spectroscopic Atmospheric Monitoring Techniques. Proceedings of SPIE Bd. 3106.* (Hrsg.: Schäfer, K.) SPIE, Bellingham, S.65-72.
20. DEPTA, G., NESER, S., BECHER, S., STANZEL, H., GRONAUER, A. (1996): Multigasanalyse der Emissionsraten landwirtschaftlicher Quellen - Darstellung der Meßverfahren FTIR und Laseranemometrie. *Landtechnik* 51, 4/96, S. 206.
21. DFG (DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT) (1996): MAK- und BAT-Werte-Liste 1996. Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und Biologische Arbeitstoleranzwerte. Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. Mitteilung 32. Weinheim, 1996.
22. DLG (DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS - GESELLSCHAFT) (1989): Pflichtenheft für die Geflügelhaltung - Expertenwissen für Landwirte, Berater und Programmierer. In: *Arbeitsunterlagen - DLG*, 1989.
23. EERDEN ET AL. (1981): Zitiert in: Isermann, K. (1994): Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft, ihre Auswirkungen auf die Umwelt und ursachenorientierte Lösungsansätze sowie Lösungsaussichten zur hinreichenden Minderung. Studie E. In : Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.) Band 1 Landwirtschaft Studienprogramm Teilband 1. *Economia Verlag*, Bonn.
24. EICHNER, M.J. (1990): Nitrous oxide Emissions from fertilized Soils: Summary of available Data. *Journal of environmental quality* 19 (1990), S. 272-280.
25. ENQUETE-KOMMISSION „SCHUTZ DER ERDATMOSPHÄRE“ DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES (Hrsg.) (1994): Schutz der grünen Erde; Klimaschutz durch umweltgerechte Landwirtschaft und Erhalt der Wälder. Bericht der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des 12. Deutschen Bundestages. Bonn, *Economia-Verlag*, 1994.
26. FEDDES, J.-J.-R., LEONARD, J.-J. UND MCQUITTY, J.-B. (1984): Carbon Dioxide Concentration as a Measure of Air Exchange in Animal Housing. In: *Canadian Agricultural Engineering* 26, 53-56.
27. FIEDLER, O. (1992): Strömungs- und Durchflussmesstechnik. *Oldenbourg Verlag*, München, Wien, 1992.
28. GMBL. (1986): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) Vom 27.Februar 1986 (GMBL. 1986 S. 95; berichtigt am 4.April 1986, GMBL. S. 202)
29. GROENESTEIN, C.M., OOSTHOEK, J. UND FAASSEN, VAN H.G. (1993): Nitrogen flow in pig production and environmental consequences. In: *Pudoc scientific publishers* 69/1993

30. GRONAUER, A., STANZEL, H., NESER, S., DEPTA, G., SCHÄFER, K., HAUS, R., HEINZ, S., KRAHL, J., LUTHER, W., MUNACK, A., HOPF, H., BOXBERGER, J., AMON, T., KIEBLING, B., SALOW, C. UND SCIBORSKI, J. (1995): Anforderungen und Lösungsansätze zur Bestimmung von Emissionraten ökosystem- und klimarelevanter Gase aus der Landbewirtschaftung. In: Bau und Technik in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung. (Hrsg.: Hörnig, G.) Institut für Agrartechnik Bornim, Humboldt-Universität zu Berlin, Potsdam-Bornim, 147-156.
31. GROOT KOERKAMP, P.W.G. (1994): Review on emissions of Ammonia from Housing Systems for Laying Hens in relation to sources, processes, building design and manure handling. In: J. agric. Engng. Res. 59/94, 73-87.
32. GROOT KOERKAMP, P.W.G., METZ, J.H.M., UENK, G.H., PHILLIPS, V.R., HOLDEN, M.R., SNEATH, R.W. UND SHORT, J.L. (1998): Concentrations and Emissions of Ammonia in Livestock Buildings in Northern Europe. In: Journal of agricultural Engineering Research 70, 16.
33. GUSTAFSON (1987): Zitiert in: Isermann, K. (1994): Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft, ihre Auswirkungen auf die Umwelt und ursachenorientierte Lösungsansätze sowie Lösungsaussichten zur hinreichenden Minderung. Studie E. In: Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.) Band 1 Landwirtschaft Studienprogramm Teilband 1. Economia Verlag, Bonn.
34. HADN, B.; BEHNINGER, S. (1996): Außenklimaställe: Tiergerechte Mastschweinehaltung auf Stroh. Unser Land (1996), H. 7, S. 20-22.
35. HARTUNG (1991): Zitiert in: ISERMANN, K. (1994): Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft, ihre Auswirkungen auf die Umwelt und ursachenorientierte Lösungsansätze sowie Lösungsaussichten zur hinreichenden Minderung. Studie E. In: Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.) Band 1 Landwirtschaft Studienprogramm Teilband 1. Economia Verlag, Bonn.
36. HARTUNG, E. UND BÜSCHER, W. (1995): Ammoniakfreisetzung - Einflußfaktoren auf den Stoffübergang aus Flüssigmist. Landtechnik 50 (1995) h:3, S.164-165.
37. HEYER, J (1990). Zitiert in: ENQUETE-KOMMISSION „SCHUTZ DER ERDATMOSPHÄRE“ DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES (Hrsg.) (1994): Schutz der grünen Erde; Klimaschutz durch umweltgerechte Landwirtschaft und Erhalt der Wälder. Bericht der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des 12. Deutschen Bundestages. Bonn, Economia-Verlag, 1994.
38. HEYER, J. (1994): Methan. Studie C in : Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.) Band 1 Landwirtschaft Studienprogramm Teilband 1. Economia Verlag, Bonn, 1994.
39. HOY, S., MÜLLER, K. UND WILLIG, R. (1997): Ammoniak- und Lachgasemissionen - Auswirkungen verschiedener Tiefstreuhaltungssysteme für Mastschweine. In: Landtechnik 1/97, 40/41
40. IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE) (1992): Zitiert in: ENQUETE-KOMMISSION „SCHUTZ DER ERDATMOSPHÄRE“ DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES (Hrsg.) (1994): Schutz der grünen Erde; Klimaschutz durch umweltgerechte Landwirtschaft und Erhalt der Wälder. Bericht der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des 12. Deutschen Bundestages. Bonn, Economia-Verlag, 1994.
41. ISERMANN, K. (1994): Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft, ihre Auswirkungen auf die Umwelt und ursachenorientierte Lösungsansätze sowie Lösungsaussichten zur hinreichenden Minderung. Studie E. In: Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.) Band 1 Landwirtschaft Studienprogramm Teilband 1. Economia Verlag, Bonn.

-
42. KALICH, J. (1980): Schadgase in der Stallluft und ihr Einfluß auf die Mastleistung der Schweine. In: Der Tierzüchter 9, 386-388.
 43. KECK, M.; BÜSCHER, W.; JUNGBLUTH, T. (1995): Ammoniakfreisetzung aus der Schweinehaltung - Einflußfaktoren und Minderungsmaßnahmen. Landtechnik 50 (1995), H. 6, S. 374-375.
 44. KIRCHGESSNER, M. (1987): Tierernährung. DLG-Verlag, Frankfurt/Main.
 45. KLARENBECK (1988): Zitiert in: Isermann, K. (1994): Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft, ihre Auswirkungen auf die Umwelt und ursachenorientierte Lösungsansätze sowie Lösungsaussichten zur hinreichenden Minderung. Studie E. In: Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.) Band 1 Landwirtschaft Studienprogramm Teilband 1. Economia Verlag, Bonn.
 46. KLEHR (1990): Zitiert in: ISERMANN, K. (1994): Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft, ihre Auswirkungen auf die Umwelt und ursachenorientierte Lösungsansätze sowie Lösungsaussichten zur hinreichenden Minderung. Studie E. In: Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.) Band 1 Landwirtschaft Studienprogramm Teilband 1. Economia Verlag, Bonn.
 47. KLEIBER, M. (1967): Der Energiehaushalt von Mensch und Haustier in The Fire of Life, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
 48. KOWALEWSKY (1981): Zitiert in: ISERMANN, K. (1994): Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft, ihre Auswirkungen auf die Umwelt und ursachenorientierte Lösungsansätze sowie Lösungsaussichten zur hinreichenden Minderung. Studie E. In: Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.) Band 1 Landwirtschaft Studienprogramm Teilband 1. Economia Verlag, Bonn.
 49. KRAHL, J., MUNACK, A., LUTHER, W., HOPF, H. UND SCHRÖDER, O. (1995): FT-Infrarotspektroskopie zur Bestimmung der Spurengasemissionen aus der Tierhaltung. In: VDI Berichte 1211 - Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI. Landtechnik 1995. Bd. 1211. (Hrsg.: Verein Deutscher Ingenieure (VDI)) VDI Verlag GmbH, Düsseldorf, 215-218.
 50. KROODSMA ET AL. (1988): Zitiert in: ISERMANN, K. (1994): Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft, ihre Auswirkungen auf die Umwelt und ursachenorientierte Lösungsansätze sowie Lösungsaussichten zur hinreichenden Minderung. Studie E. In: Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.) Band 1 Landwirtschaft Studienprogramm Teilband 1. Economia Verlag, Bonn.
 51. LKV (LANDESKURATORIUM DER ERZEUGERRINGE FÜR TIERISCHE VEREDELUNG IN BAYERN E.V.) (1996): Fleischleistungsprüfung in Bayern 1996. München, 1996.
 52. LUFA OLDENBURG (1992): In: Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. Hrsg.:Hydro Agri Dülmen GmbH. Verlagsunion Agrar, Münster-Hiltrup, 1993.
 53. MOSEBACH, H., EISENMANN, T., BITTNER, H., RESCH, M., MÜLLER, U., HEISE, H.-M., DEPTA, G., BECHER, S. UND GRONAUER, A. (1996): Advantages of OP/FT-IR Monitoring with High (at least 0,2 cm-1) Spectral Resolution: Theoretical Considerations and Relevant Experiments. In: International Symposium on Optical Sensing for Environmental and Process Monitoring, Dallas, Nov. 1996.
 54. MÜLLER, H.-J. (1993): Messung von Geruchs- und Schadgasemissionen aus Tierhaltungen. In: Technik und Verfahren in der Tierhaltung. Bornimer Agrartechnische Berichte, H. 3, S. 122-147. Potsdam-Bornim, 1993.
 55. MUNAK, A. (1997): Schriftliche Mitteilung zur Emissionsratebestimmung in der Landwirtschaft, 1997.

-
56. MVROM (MINISTERIE VAN VOLKSHUISVESTING, R.O. EN M.) (1993): Groen Label, emissie-arme stallen, beoordelings-richtlijn., Gravenhage, 1993
 57. NILSSON, J. UND GRENNFELT, P. (EDS.) (1988): Critical loads for Sulphur and Nitrogen. - Report from a Workshop held at Skokloster, Sweden, 19-24 March 1988; organized by UN-ECE and the Nordic Council of Ministers. NORD Miljorapport 1988: 15, S. 1-418. Zitiert in: Ellenberg, H.: Ökologische Veränderungen in Biozönosen durch Stickstoffeintrag. In: KTBL und VDI (Hrsg.). Ammoniak in der Umwelt. KTBL-Schriften, 1990, S. 44.1-44.24. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt, 1990.
 58. OLDENBURG, J (1991): Zitiert in: ISERMANN, K. (1994): Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft, ihre Auswirkungen auf die Umwelt und ursachenorientierte Lösungsansätze sowie Lösungsaussichten zur hinreichenden Minderung. Studie E. In: Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.) Band 1 Landwirtschaft Studienprogramm Teilband 1. Economia Verlag, Bonn.
 59. OLDENBURG, J, PESSARA, H., THÖLKING, L. UND BRENNER, KLAUS-V. (1992): Läßt sich die Ammoniakemission senken? In: Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion (1992), H. 3.
 60. OSTHOEK ET AL. (1990): Zitiert in: ISERMANN, K. (1994): Ammoniak-Emissionen der Landwirtschaft, ihre Auswirkungen auf die Umwelt und ursachenorientierte Lösungsansätze sowie Lösungsaussichten zur hinreichenden Minderung. Studie E. In: Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.) Band 1 Landwirtschaft Studienprogramm Teilband 1. Economia Verlag, Bonn.
 61. OUWERKERK, E.N.J.VAN (1993): Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Bd. 16. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO), Wageningen, 1993.
 62. PETERSEN, J. UND FLÜGGE, C. (1993): Analyse entweichender Stickstoffgase bei der Lagerung von Legehennenkot. Bd. 16. Landwirtschaftliche Fakultät Rhein. Friedrich-Wilhelms-Uni Bonn, Institut für Tierzuchtwissenschaft, Abt. Kleintierzucht und -haltung; Bonn, 1993.
 63. PHILLIPS, V.-R., HOLDEN, M.-R., WHITE, R.-P., SNEATH, R.-W., DEMMERS, T.-G.-M. UND WATHES, C.-M. (1995): Measuring and reducing gaseous and particulate air pollution from UK Livestock buildings. In: 7th International Symposium on Agricultural and Food Processing Wastes (ISAFPW95); Chicago, 18-20 June 1995, Chicago, 1995.
 64. ROTHMAN, L.S. (1992): The HITRAN molecular database: Editions of 1991 and 1992. In: Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer 48, 469-507.
 65. SAINSBURY, D. (HRSG.) (1992): Poultry Health and Management, London, 1992 .
 66. SCHOLTYSEK, S. (1987): Geflügel. Stuttgart, 1987.
 67. SCHÖN, H., AUERNHAMMER, H., BAUER, R., BOXENBERGER, J., DEMMEL, M., ESTLER, M., GRONAUER, A., HAIDN, B., MEYER, J., PIRKELMANN, H., STREHLER, A. UND WIDMANN, B. (1998): Landtechnik/ Bauwesen. Bd. 3. BLV Verlagsgesellschaft, München. 576 Seiten.

-
68. SEILER, W., SLEMR, F., WERNER, D., MUNCH, J.C., MERBACH, W., KAUPENJOHANN, M., AHLGRIMM, H., WEIBBACH, F., GRÜNHAGE, L., CONRAD, R., PRIESACK, E., BERGAMASCHI, P., PFEIFFER, HEYER, J., RENNENBERG, H., PAPEN, H., FRENZEL, P., BOTHE, H., WILDT, J., KESSELMEIER, J., HELAS, G., HOFFMANN, T., RUDOLPH, J., SCHNITZLER, POPPE, STOCKWELL, W.R., ZELLNER, R., WIESEN, P., ZETZSCH, C., JÄGER, H., HOYNINGEN-HUENE, W.VON, ANSMANN, A., GRAF, H.-F., NEUBER, R., FRICKE, K.-H., BECKER-HEIDMANN, P., KOHLMAIER, G.H., ESSER, G., HEIMANN, M., CRUTZEN, P. UND LEVIN, I. (1995): BMBF-Verbundforschungsvorhaben: Spurenstoffkreisläufe im Rahmen des BMBF-Klimaforschungsprogramms (Zwischenbericht). Fraunhofer-Institut für Atmosphärische Umweltforschung (IFU), Garmisch-Partenkirchen.
 69. SEINFELD, J.H. UND PANDIS, S.N. (1998): Atmospheric Chemistry and Physics - From Air Pollution to Climate Change. John Wiley & Sons, Inc., Canada. 1326 Seiten.
 70. SNEATH, R.W., HOLDEN, M.R., PHILLIPS, V.R., WHITE, R.P. UND WATHES, C.M. (1996): An Inventory of Emissions of Aerial Pollutants from Poultry Buildings in the UK. International Conference on Air Pollution from Agricultural Operations, February 7-9, 1996, Westin Crown Center, Kansas City, Missouri, 1996.
 71. SÖNTGERATH, B.; DÖHLER, H.; KUHN, E. (1992): Wirtschaftsdüngeranfall - Jährliche Anfallmengen von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft in der Bundesrepublik Deutschland. Landtechnik 47 (1992), H.7/8, S.389-392.
 72. STATISTISCHES BUNDESAMT (1991): Zitiert in: Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. Hrsg.: Hydro Agri Dülmen GmbH. Verlagsunion Agrar, Münster-Hiltrup, 1993.
 73. STATISTISCHES BUNDESAMT (1996): 2. vorläufiges Ergebnis der allgemeinen Viehzählung am 3. Dezember 1996.
 74. STEGBAUER, B. (1996): Eignungstest verschiedener Ammoniakmeßgeräte auf ihre Einsatztauglichkeit für Langzeitmessungen in Ställen, Diplomarbeit, Technische Universität München, Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau, Institut für Landtechnik, Freising, 1996.
 75. STEINHARDT, M.; REIMER, S.; BUENGER, U.; KUTSCHKE, J. (1989): Gasstoffwechsel und Körpertemperatur bei submaximaler, maximaler und supramaximaler körperlicher Aktivität des Schweines. In: Archiv für experimentelle Veterinärmedizin, Berlin v. 43(2) 301-308.
 76. UBA (1998): Umweltdaten Deutschland 1998, Fachserie 19: Umwelt, Berlin 1998.
 77. UBA (UMWELTBUNDESAMT) (1993): Emission nach Sektoren in Deutschland 1975- 1991, Schriftliche Mitteilung, Umweltbundesamt, Hr. Strogies. 1993.
 78. UBA (UMWELTBUNDESAMT) (1996): Zitiert in: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (1996): Bericht der Bundesregierung an den Deutschen Bundestag - Sechster Immissionsschutzbericht der Bundesregierung. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
 79. VAN DEN WEGHE, H. (1993): Berechnungs- und Planungsgrundlagen für das Klima in Ställen. Bd. 17/1993. AEL, Essen. 43 Seiten.
 80. VAN DEN WEGHE, H. UND KAISER, S. (1995): Der Vechtaer Kompoststall, Ein Zweiraumstall mit automatisierter Kompostbettbearbeitung. In: Landtechnik 6, 50. Jhrg., 376-377.

81. VAN OUWERKERK, E.-N.-J. (1992): Gas Produktion of Fattening Pigs (No. 9202 07). International conference on agriculture engineering Uppsala, June 1-4, 1992. Jordbrukstekniska Inst. 1992. p. 141.
82. VDI (VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE), (1997): Umweltmeteorologie: Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen / Deponien; VDI 3790, Blatt 2. In: VDI/DIN-Handbuch. Ausgb. Reinhaltung der Luft Bd. 1b. (Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN, A.D.Q.im A.P.A.) VDI, Düsseldorf, 1-23.
83. VDI (VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE), (1983): Netzmessungen in Strömungsquerschnitten, Bestimmung des Gasstromes in Leitungen mit Kreis-, Kreisring- oder Rechteckquerschnitt. In: VDI/VDE-Handbuch Messtechnik I, VDI-Handbuch Energietechnik 2640, Blatt 3, 3-36.
84. ZMP (1998): Bilanz Eier & Geflügel.
85. SCHÖN, H; GRONAUER, A.; DEPTA, G.; NESER, S.; BECHER, S. C.; SCHÄFER, K. (1998): Gaseous emissions from variable agricultural source types. in: Proceedings of the Conference on Agricultural Engineering Oslo, Norway. 24 – 27 August 1998, CD-ROM.
86. FIRESTONE , M. K., E. A. DAVIDSON (1989): Microbiological basis of NO and N₂O production and consumption in soil. in: Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere. Dahlem workshop reports, Life Science Research Report, 47, 1989.
87. ARAH, J.R.M., CRICHTON, I.J., SMITH, K.A., CLAYTON, H. UND SKIBA, U. (1994): Automated gas chromatographic analysis system for micrometeorological measurements of trace gas fluxes. In: Journal of Geophysical Research 99, 16,593-16,598.
88. MOSS, A.R. (1993): Methane - Global Warming and Produktion by Animals. Chalcombe Publications, Church Lane, Kingston, Canterbury, Kent CT4 6HX, Kingston, Canterbury.

10 Summary

The stocking of laying hens makes up only a small part of the entire emission of NH_3 in the Federal Republic of Germany. The main problem is the spatial concentration of the housing systems and the high punctual loads. Sensitive ecological systems are disturbed by the excessive amounts of nitrogen. In order to measure nitrogen emission data from different housing systems is necessary. Deficits exist regarding suitable instrumentation structures, the selection of suitable investigation objects and with problems of interpretation of the measured data relating to different parameters (climate, feeding, stable management, performance, animal material, technique).

1. Gas concentration measurement: The Fouriertransformed Infrarotspectrometer (FTIR) K300 allows the continuous monitoring of multiple components of a gas sample from the waste air of a stable. Cross influences between single gases can be excluded due to the high spectral resolution. The analysis of the stored spectra can be adapted by implementating an evaluation routine with three areas per gas, automated self-radiation correction and a base line correction into the software. This way the measurement device is adapted to the conditions of an agricultural source.

2. Air flow rate measurement: The measurement of the waste air volume at point sources by a measurement fan works satisfactorily in practice. High temporal resolution also permits the recording of varying flow rates to a temperature-controlled stable ventilation system. A careful calibration with a suitable reference measuring instrument at a wind tunnel is compulsory. The Laser-Doppler-Anemometry is very suitable for this calibration due to the possibility of a measurement without direct contact. The CO_2 -balance permits the measurement of the middle volume stream per day as an indirect procedure for the measurement of the waste air volume stream. The application of the CO_2 -balance method in winter with minimum air rates leads to a false estimation.

3. Emission rates of greenhouse gases and the environmental relevant gas ammonia:

The housing systems “cages” cause an average NH_3 -Emission of $5,08 \text{ [kg (h 500 kg LM)}^{-1}\text{]}$ which results in no significant difference to the aviary system ($5,76 \text{ [kg (h 500 kg LM)}^{-1}\text{]}$). The floor system causes an average NH_3 -emission of merely $13,08 \text{ [kg (h 500 kg LM)}^{-1}\text{]}$.

Improvement of the process such as manure drying is supposed to be successful.

The N_2O emission rates from the cage and aviary system are lower than expected ($0,09$ respectively $0,08 \text{ [g (h 500 kg LM)}^{-1}\text{]}$). The floor system emits $0,21 \text{ [g (h 500 kg LM)}^{-1}\text{]}$ due

to anaerobic conditions in the stored excrement. Despite the noxious effect of N_2O the entire mass flow of N_2O caused by floor systems for laying hens can be neglected due to the small number of this system in the FRG.

CH_4 -emissions from laying hen houses were not detected.

11 Anhang

Tabelle A- 1: Statistische Kennzahlen Ammoniakkonzentration

| Stall- system | Meß- periode | Mittel wert | Stan- dard- abwei- | Konstan- te | Steigung | R ² | Stan- dard- fehler | Stan- dard- fehler | Signifika nz Konstant | Signifi- kanz Steigung |
|------------------|-----------------|----------------|--------------------------|----------------|----------|----------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Voliere | 4 | 26,54 | 2,77 | 22,97 | 1,02 | 0,82 | 0,83 | 0,20 | 1,45E-07 | 2,09E-03 |
| Voliere | 3 | 5,55 | 2,26 | 2,51 | 0,87 | 0,89 | 0,52 | 0,12 | 2,99E-03 | 4,36E-04 |
| Voliere | 2 | 15,15 | 2,98 | 11,80 | 0,96 | 0,62 | 1,28 | 0,31 | 9,29E-05 | 2,04E-02 |
| Käfig | 4 | 16,98 | 1,68 | 14,71 | 0,65 | 0,89 | 0,39 | 0,09 | 2,28E-08 | 4,34E-04 |
| Käfig | 3 | 8,87 | 1,55 | 6,76 | 0,60 | 0,90 | 0,34 | 0,08 | 1,11E-06 | 3,31E-04 |
| Käfig | 2 | 12,05 | 3,20 | 7,69 | 1,24 | 0,91 | 0,69 | 0,16 | 3,04E-05 | 2,76E-04 |
| Boden | 4 | 25,88 | 2,02 | 207,59 | -0,71 | 0,64 | 56,14 | 0,22 | 1,01E-02 | 1,78E-02 |
| Boden | 3 | 12,09 | 0,93 | -17,89 | 0,34 | 0,79 | 6,32 | 0,07 | 3,00E-02 | 3,18E-03 |
| Boden | 2 | 10,54 | 0,99 | 11,29 | -0,22 | 0,28 | 0,58 | 0,14 | 1,22E-06 | 1,73E-01 |

Tabelle A- 2: Statistische Kennzahlen Ammoniakemissionsrate

| Stall-system | Meß-periode | Mittelwert | Standard-abweichung | Konstante | Steigung | R ² | Standard-fehler Konstante | Standard-fehler Steigung | Signifikanz Konstante | Signifikanz Steigung |
|--------------|-------------|------------|---------------------|-----------|----------|----------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------|
| Boden | 2 | 10,46 | 1,69 | 10,96 | -0,14 | 0,04 | 1,16 | 0,28 | 7,82E-05 | 6,28E-01 |
| Boden | 3 | 16,35 | 1,30 | -27,22 | 0,49 | 0,86 | 7,06 | 0,08 | 8,38E-03 | 8,27E-04 |
| Boden | 4 | 14,60 | 1,18 | 55,65 | -0,16 | 0,09 | 51,88 | 0,20 | 3,25E-01 | 4,59E-01 |
| Käfig | 2 | 4,25 | 1,78 | 2,53 | 0,49 | 0,45 | 0,92 | 0,22 | 3,31E-02 | 6,74E-02 |
| Käfig | 3 | 5,99 | 1,53 | 4,37 | 0,46 | 0,55 | 0,72 | 0,17 | 9,09E-04 | 3,63E-02 |
| Käfig | 4 | 4,99 | 0,90 | 4,85 | 0,04 | 0,01 | 0,62 | 0,15 | 2,38E-04 | 7,98E-01 |
| Voliere | 2 | 6,09 | 1,76 | 4,35 | 0,50 | 0,48 | 0,89 | 0,21 | 2,70E-03 | 5,75E-02 |
| Voliere | 3 | 4,25 | 1,85 | 1,66 | 0,74 | 0,95 | 0,28 | 0,07 | 1,06E-03 | 3,49E-05 |
| Voliere | 4 | 6,95 | 0,98 | 5,87 | 0,31 | 0,60 | 0,43 | 0,10 | 9,98E-06 | 2,48E-02 |

Tabelle A- 3: Rohdaten Käfighaltung, Frühjahrsmessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ḃ | Ė -NH ₃ | Ė -H ₂ O | Ė -CO ₂ | Ė -N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Aussen |
|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------|--------|----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h 500kg LM | g/h 500 kg LM | | | | °C | | |
| 21.5.96 19:00 | 1,30 | 0,11 | 0,44 | 4,34 | 7,35 | 605,93 | 2,61 | 1609,93 | 784,62 | 0,11 | 19,20 | 20,26 | 10,15 |
| 21.5.96 19:59 | 1,29 | 0,11 | 0,39 | | 7,31 | 638,74 | 2,73 | 1640,52 | 775,27 | 0,06 | 19,32 | 20,38 | 11,31 |
| 21.5.96 20:57 | 1,30 | 0,12 | 0,39 | | 7,33 | 540,85 | 2,32 | 1425,03 | 738,37 | 0,06 | 19,48 | 20,25 | 11,16 |
| 21.5.96 21:58 | 1,32 | 0,13 | 0,47 | | 8,18 | 518,44 | 2,50 | 1457,83 | 817,15 | 0,12 | 19,12 | 19,97 | 9,81 |
| 21.5.96 22:57 | 1,36 | 0,15 | 0,44 | | 9,05 | 273,15 | 1,47 | 828,56 | 516,22 | 0,05 | 19,26 | 19,74 | 9,00 |
| 21.5.96 23:55 | 1,37 | 0,15 | 0,42 | 3,74 | 9,14 | 325,24 | 1,76 | 1015,37 | 623,46 | 0,05 | 19,06 | 19,69 | 7,35 |
| 22.5.96 0:59 | 1,37 | 0,15 | 0,38 | | 10,22 | 173,88 | 1,06 | 542,82 | 324,84 | 0,01 | 19,46 | 19,77 | 8,12 |
| 22.5.96 2:00 | 1,38 | 0,14 | 0,36 | | 9,64 | 321,30 | 1,84 | 1031,51 | 577,66 | 0,01 | 19,05 | 19,86 | 6,97 |
| 22.5.96 2:59 | 1,39 | 0,14 | | | 9,44 | 326,55 | 1,83 | 1055,59 | 541,18 | | 19,13 | 19,72 | 8,48 |
| 22.5.96 3:58 | 1,37 | 0,14 | 0,36 | | 9,20 | 370,47 | 2,02 | 1148,38 | 638,03 | 0,02 | 19,11 | 19,90 | 8,07 |
| 22.5.96 6:30 | 1,34 | 0,14 | 0,43 | | 8,68 | 382,90 | 1,97 | 1119,09 | 680,15 | 0,06 | 19,81 | 20,37 | 7,46 |
| 22.5.96 7:31 | 1,31 | 0,13 | 0,37 | | 8,50 | 449,71 | 2,26 | 1214,77 | 740,44 | 0,03 | 19,70 | 20,57 | 7,65 |
| 22.5.96 8:28 | 1,30 | 0,15 | | | 7,93 | 437,49 | 2,04 | 1162,37 | 812,60 | | 19,37 | 20,59 | 7,80 |
| 22.5.96 9:26 | 1,25 | 0,13 | 0,39 | | 7,57 | 449,80 | 2,00 | 1035,75 | 740,59 | 0,04 | 19,80 | 20,51 | 8,18 |
| 22.5.96 10:27 | 1,25 | 0,14 | 0,40 | | 7,53 | 560,08 | 2,47 | 1289,69 | 979,72 | 0,07 | 19,47 | 20,56 | 9,08 |
| 22.5.96 11:29 | 1,18 | 0,13 | | | 7,31 | 470,15 | 2,01 | 874,42 | 718,15 | | 19,97 | 20,79 | 10,25 |
| 22.5.96 12:30 | 1,19 | 0,13 | | | 7,34 | 573,78 | 2,46 | 1092,55 | 879,53 | | 19,19 | 20,48 | 11,26 |
| 22.5.96 13:27 | 1,16 | 0,11 | 0,38 | | 7,23 | 591,73 | 2,50 | 1008,82 | 766,23 | 0,05 | 19,59 | 20,69 | 11,56 |
| 22.5.96 14:29 | 1,13 | 0,11 | | | 6,44 | 673,79 | 2,51 | 1029,38 | 850,62 | | 19,33 | 20,53 | 14,37 |
| 22.5.96 15:26 | 1,09 | 0,10 | 0,36 | | 6,07 | 872,82 | 3,05 | 1120,87 | 880,00 | 0,04 | 19,56 | 20,56 | 13,18 |
| 22.5.96 16:28 | 1,03 | 0,11 | 0,42 | | 6,41 | 767,27 | 2,85 | 637,06 | 927,13 | 0,11 | 19,51 | 20,83 | 12,62 |
| 22.5.96 17:26 | 1,05 | 0,11 | 0,39 | | 6,73 | 801,52 | 3,13 | 782,62 | 964,18 | 0,08 | 19,82 | 21,07 | 15,41 |
| 22.5.96 18:32 | 1,10 | 0,12 | | | 6,78 | 756,54 | 2,98 | 988,29 | 1016,47 | | 19,64 | 21,13 | 14,61 |
| 22.5.96 19:33 | 1,11 | 0,11 | 0,36 | | 7,07 | 668,06 | 2,76 | 946,66 | 781,95 | 0,03 | 19,59 | 20,88 | 12,98 |
| 22.5.96 20:31 | 1,18 | 0,11 | 0,39 | | 7,69 | 683,07 | 3,08 | 1285,53 | 858,64 | 0,07 | 19,77 | 20,73 | 12,51 |
| 22.5.96 21:32 | 1,25 | 0,13 | 0,41 | | 8,47 | 596,93 | 2,99 | 1374,54 | 902,11 | 0,07 | 19,47 | 20,11 | 10,55 |
| 22.5.96 22:30 | 1,25 | 0,13 | | | 8,72 | 448,38 | 2,32 | 1042,40 | 697,01 | | 19,61 | 20,06 | 9,54 |
| 22.5.96 23:31 | 1,29 | 0,14 | 0,43 | | 9,72 | 344,57 | 2,00 | 900,25 | 599,01 | 0,05 | 18,99 | 19,83 | 8,72 |
| 23.5.96 0:29 | 1,33 | 0,15 | 0,42 | | 10,27 | 308,03 | 1,89 | 886,62 | 598,80 | 0,05 | 19,34 | 19,98 | 9,18 |
| 23.5.96 1:30 | 1,33 | 0,15 | 0,36 | | 10,27 | 249,32 | 1,53 | 706,59 | 469,83 | 0,01 | 19,92 | 20,30 | 8,31 |
| 23.5.96 2:28 | 1,36 | 0,16 | 0,40 | | 10,83 | 183,02 | 1,19 | 559,21 | 362,71 | 0,02 | 19,97 | 20,34 | 7,99 |
| 23.5.96 3:29 | 1,35 | 0,16 | 0,38 | | 10,97 | 341,49 | 2,24 | 1020,73 | 697,09 | 0,03 | 20,01 | 20,41 | 8,27 |
| 23.5.96 4:30 | 1,35 | 0,16 | 0,38 | | 11,30 | 277,48 | 1,88 | 835,54 | 554,41 | 0,02 | 20,04 | 20,37 | 8,07 |
| 23.5.96 5:28 | 1,38 | 0,17 | 0,40 | | 11,73 | 263,94 | 1,86 | 841,54 | 573,06 | 0,03 | 20,10 | 20,50 | 8,39 |
| 23.5.96 7:40 | 1,32 | 0,15 | 0,41 | | 10,63 | 463,78 | 2,95 | 1293,85 | 894,05 | 0,06 | 19,97 | 21,07 | 8,78 |
| 23.5.96 8:39 | 1,36 | 0,14 | 0,41 | | 9,78 | 482,82 | 2,81 | 1464,55 | 860,24 | 0,06 | 19,93 | 20,99 | 9,19 |
| 23.5.96 9:38 | 1,37 | 0,15 | 0,41 | | 9,85 | 422,00 | 2,48 | 1317,45 | 772,43 | 0,05 | 20,01 | 21,32 | 9,57 |
| 23.5.96 10:38 | 1,38 | 0,14 | 0,36 | | 9,45 | 550,51 | 3,09 | 1767,40 | 933,20 | 0,02 | 19,80 | 21,52 | 11,20 |
| 23.5.96 11:36 | 1,37 | 0,13 | 0,37 | | 8,45 | 474,60 | 2,37 | 1492,15 | 714,67 | 0,03 | 20,40 | 21,71 | 11,44 |
| 23.5.96 12:37 | 1,42 | 0,13 | 0,37 | | 8,29 | 528,33 | 2,58 | 1824,87 | 838,45 | 0,03 | 19,78 | 21,30 | 11,30 |

Anhang, Tabelle A- 3: Rohdaten Käfighaltung, Frühjahrsmessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ṡ | Ė -NH ₃ | Ė -H ₂ O | Ė -CO ₂ | Ė -N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Aussen |
|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|----------------------------|---------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------|--------|----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | ppmv | | | m ³ /h 500kg LM | g/h 500 kg LM | | | | °C | | | |
| 23.5.96 13:38 | 1,37 | 0,10 | 0,36 | | 7,62 | 631,50 | 2,82 | 1985,47 | 694,76 | 0,03 | 20,11 | 21,37 | 11,16 |
| 23.5.96 14:36 | 1,37 | 0,12 | 0,36 | | 7,68 | 632,38 | 2,85 | 1974,22 | 853,07 | 0,03 | 19,61 | 21,40 | 13,34 |
| 23.5.96 15:37 | 1,33 | 0,10 | 0,40 | | 7,12 | 825,51 | 3,43 | 2339,55 | 868,02 | 0,10 | 19,87 | 21,44 | 13,04 |
| 23.5.96 16:35 | 1,34 | 0,11 | 0,38 | | 7,43 | 813,58 | 3,54 | 2359,77 | 1022,69 | 0,06 | 19,76 | 21,37 | 15,05 |
| 23.5.96 18:46 | 1,34 | 0,11 | 0,38 | | 7,61 | 709,49 | 3,17 | 2089,28 | 903,36 | 0,05 | 19,67 | 21,28 | 14,55 |
| 23.5.96 19:46 | 1,30 | 0,09 | 0,40 | | 7,38 | 754,35 | 3,26 | 2020,97 | 752,39 | 0,09 | 19,90 | 21,43 | 14,14 |
| 23.5.96 20:47 | 1,31 | 0,10 | 0,42 | | 8,21 | 625,53 | 3,03 | 1703,55 | 701,73 | 0,09 | 19,48 | 20,94 | 13,65 |
| 23.5.96 21:45 | 1,36 | 0,12 | 0,40 | | 9,64 | 545,78 | 3,13 | 1655,52 | 783,48 | 0,07 | 19,30 | 20,21 | 12,48 |
| 23.5.96 22:46 | 1,38 | 0,12 | 0,42 | | 10,23 | 374,65 | 2,29 | 1186,21 | 547,95 | 0,05 | 19,18 | 20,30 | 10,10 |
| 23.5.96 23:47 | 1,41 | 0,13 | 0,40 | | 10,93 | 325,29 | 2,13 | 1109,14 | 500,39 | 0,04 | 19,28 | 20,21 | 11,71 |
| 24.5.96 0:45 | 1,40 | 0,14 | 0,39 | | 11,67 | 318,61 | 2,23 | 1065,21 | 559,05 | 0,03 | 19,86 | 20,57 | 10,71 |
| 24.5.96 1:45 | 1,44 | 0,16 | 0,43 | | 12,70 | 293,53 | 2,25 | 1052,84 | 594,42 | 0,05 | 19,94 | 20,50 | 9,42 |
| 24.5.96 2:46 | 1,45 | 0,15 | 0,46 | | 13,40 | 184,30 | 1,49 | 677,38 | 348,30 | 0,04 | 19,54 | 20,27 | 9,34 |
| 24.5.96 3:45 | 1,45 | 0,15 | 0,40 | | 13,83 | 344,14 | 2,88 | 1257,23 | 670,85 | 0,04 | 19,42 | 20,50 | 10,41 |
| 24.5.96 4:25 | 1,41 | 0,14 | 0,42 | | 18,20 | 277,48 | 3,08 | 946,12 | 471,87 | 0,04 | 20,02 | 20,57 | 9,72 |
| 24.5.96 5:24 | 1,45 | 0,14 | 0,43 | | 18,23 | 312,76 | 3,48 | 1149,51 | 550,47 | 0,05 | 19,70 | 20,41 | 10,81 |
| 24.5.96 6:26 | 1,42 | 0,12 | 0,42 | | 16,90 | 281,23 | 2,90 | 965,16 | 394,59 | 0,04 | 20,12 | 20,88 | 9,23 |
| 24.5.96 7:43 | 1,45 | 0,11 | 0,38 | | 12,80 | 455,92 | 3,52 | 1675,69 | 570,64 | 0,04 | 20,21 | 21,60 | 10,51 |
| 24.5.96 8:42 | 1,47 | 0,11 | 0,39 | | 12,27 | 652,44 | 4,82 | 2484,67 | 795,44 | 0,06 | 19,92 | 21,64 | 12,76 |
| 24.5.96 9:42 | 1,43 | 0,09 | 0,35 | | 10,63 | 786,82 | 5,01 | 2787,36 | 678,38 | 0,03 | 19,63 | 21,25 | 13,87 |
| 24.5.96 10:41 | 1,46 | 0,09 | 0,38 | | 10,13 | 914,46 | 5,53 | 3401,54 | 818,11 | 0,07 | 19,55 | 21,24 | 15,15 |
| 24.5.96 11:42 | 1,51 | 0,09 | 0,42 | | 11,17 | 1001,84 | 6,71 | 4081,46 | 880,02 | 0,14 | 19,85 | 21,54 | 15,56 |
| 24.5.96 12:40 | 1,49 | 0,09 | 0,39 | | 11,23 | 1054,83 | 7,11 | 4110,49 | 995,03 | 0,11 | 20,46 | 22,44 | 18,49 |
| 24.5.96 13:41 | 1,49 | 0,09 | 0,41 | | 11,30 | 987,75 | 6,70 | 3870,97 | 979,84 | 0,13 | 21,09 | 22,87 | 19,00 |
| 24.5.96 14:42 | 1,47 | 0,09 | 0,39 | | 11,47 | 971,51 | 6,69 | 3656,74 | 900,67 | 0,09 | 22,04 | 23,61 | 20,47 |
| 24.5.96 15:40 | 1,43 | 0,10 | 0,38 | | 11,23 | 988,66 | 6,66 | 3458,63 | 996,79 | 0,08 | 22,83 | 24,51 | 22,06 |
| 24.5.96 16:38 | 1,45 | 0,09 | 0,40 | | 10,87 | 963,18 | 6,27 | 3540,11 | 955,47 | 0,10 | 23,17 | 24,85 | 22,00 |
| 24.5.96 17:39 | 1,50 | 0,08 | 0,37 | | 10,77 | 969,05 | 6,25 | 3840,61 | 809,29 | 0,07 | 23,49 | 25,03 | 22,09 |
| 24.5.96 19:42 | 1,56 | 0,09 | | | 13,03 | 1096,04 | 8,63 | 4804,98 | 1033,91 | | 24,05 | 25,50 | 21,41 |
| 24.5.96 20:40 | 1,59 | 0,08 | | | 13,00 | 949,38 | 7,45 | 4330,20 | 787,73 | | 24,08 | 25,30 | 20,85 |
| 24.5.96 21:41 | 1,55 | 0,09 | | | 13,33 | 943,33 | 7,60 | 4051,95 | 843,93 | | 23,22 | 24,51 | 18,06 |
| 24.5.96 22:39 | 1,47 | 0,09 | | | 13,23 | 941,18 | 7,53 | 3584,28 | 887,83 | | 22,13 | 23,00 | 16,02 |
| 24.5.96 23:40 | 1,46 | 0,09 | 0,37 | | 14,63 | 951,61 | 8,45 | 3518,63 | 949,14 | 0,06 | 21,58 | 22,30 | 16,57 |
| 25.5.96 0:41 | 1,46 | 0,08 | 0,36 | | 12,03 | 941,55 | 6,82 | 3523,13 | 694,65 | 0,05 | 20,94 | 21,83 | 14,46 |
| 25.5.96 1:39 | 1,45 | 0,08 | | | 11,83 | 941,93 | 6,70 | 3441,15 | 710,22 | | 20,44 | 21,34 | 14,63 |
| 25.5.96 2:40 | 1,48 | 0,08 | 0,42 | | 12,77 | 934,64 | 7,20 | 3600,74 | 724,94 | 0,13 | 19,77 | 20,92 | 12,65 |
| 25.5.96 3:38 | 1,49 | 0,09 | | | 13,07 | 916,04 | 7,23 | 3610,24 | 769,98 | | 19,57 | 20,59 | 12,85 |
| 25.5.96 4:39 | 1,50 | 0,08 | | | 12,77 | 960,89 | 7,40 | 3808,25 | 776,49 | | 19,43 | 20,46 | 12,83 |
| 25.5.96 5:40 | 1,49 | 0,08 | 0,38 | | 12,87 | 882,65 | 6,85 | 3439,56 | 689,39 | 0,07 | 19,40 | 20,40 | 13,20 |
| 25.5.96 6:38 | 1,52 | 0,09 | | | 12,23 | 916,40 | 6,75 | 3794,25 | 804,97 | | 19,39 | 20,57 | 13,05 |
| 25.5.96 8:43 | 1,62 | 0,10 | | | 11,53 | 957,99 | 6,64 | 4560,35 | 1002,13 | | 20,25 | 22,35 | 14,21 |
| 25.5.96 9:42 | 1,63 | 0,09 | | | 10,63 | 1001,35 | 6,37 | 4877,63 | 944,59 | | 20,64 | 22,62 | 15,22 |

Anhang, Tabelle A- 3: Rohdaten Käfighaltung, Frühjahrmessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ṡ | Ė -NH ₃ | Ė -H ₂ O | Ė -CO ₂ | Ė -N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Aussen |
|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|----------------------------|---------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------|--------|----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | ppmv | | | m ³ /h 500kg LM | g/h 500 kg LM | | | | °C | | | |
| 25.5.96 10:43 | 1,62 | 0,09 | 0,37 | | 10,47 | 1073,03 | 6,72 | 5107,98 | 1012,20 | 0,07 | 20,81 | 22,79 | 16,51 |
| 25.5.96 11:45 | 1,64 | 0,10 | | | 11,27 | 1032,59 | 6,98 | 5098,41 | 1035,50 | | 21,00 | 22,95 | 17,74 |
| 25.5.96 12:42 | 1,60 | 0,10 | | | 11,43 | 983,46 | 6,75 | 4594,49 | 1039,42 | | 21,93 | 23,82 | 18,73 |
| 25.5.96 13:41 | 1,60 | 0,10 | | | 11,17 | 972,31 | 6,51 | 4499,39 | 1001,35 | | 21,92 | 23,74 | 17,33 |
| 25.5.96 14:41 | 1,57 | 0,10 | | | 10,60 | 987,60 | 6,26 | 4395,21 | 1097,22 | | 21,12 | 23,12 | 13,48 |
| 25.5.96 15:42 | 1,49 | 0,09 | | | 9,89 | 979,29 | 5,77 | 3859,49 | 966,15 | | 20,74 | 22,71 | 13,92 |
| 25.5.96 16:43 | 1,55 | 0,10 | | | 10,07 | 987,98 | 5,94 | 4243,73 | 1054,88 | | 20,31 | 22,28 | 13,61 |
| 25.5.96 17:41 | 1,52 | 0,09 | | | 9,92 | 1023,00 | 6,05 | 4212,97 | 959,48 | | 20,28 | 22,15 | 13,91 |
| 25.5.96 18:42 | 1,48 | 0,09 | | | 9,80 | 991,86 | 5,79 | 3799,25 | 914,18 | | 20,08 | 22,06 | 13,44 |
| 25.5.96 20:24 | 1,44 | 0,11 | 0,42 | | 11,73 | 793,57 | 5,60 | 2846,43 | 1040,47 | 0,12 | 19,95 | 21,55 | 11,61 |
| 25.5.96 21:23 | 1,43 | 0,11 | 0,38 | | 13,07 | 654,41 | 5,16 | 2303,81 | 822,61 | 0,05 | 19,55 | 21,02 | 10,95 |
| 25.5.96 22:21 | 1,45 | 0,12 | 0,39 | | 14,57 | 489,73 | 4,33 | 1789,12 | 684,48 | 0,05 | 19,27 | 20,43 | 10,69 |
| 25.5.96 23:21 | 1,42 | 0,12 | 0,37 | | 14,00 | 552,16 | 4,68 | 1919,41 | 738,89 | 0,03 | 19,50 | 20,37 | 10,48 |
| 26.5.96 0:23 | 1,41 | 0,11 | | | 14,10 | 493,74 | 4,22 | 1683,52 | 652,69 | | 19,67 | 20,56 | 10,28 |
| 26.5.96 1:24 | 1,43 | 0,12 | 0,37 | | 14,50 | 471,06 | 4,14 | 1668,77 | 630,36 | 0,03 | 19,22 | 20,34 | 10,37 |
| 26.5.96 2:21 | 1,42 | 0,12 | | | 14,83 | 536,31 | 4,83 | 1840,55 | 743,78 | | 19,46 | 20,21 | 10,50 |
| 26.5.96 3:19 | 1,42 | 0,13 | | | 15,37 | 482,09 | 4,50 | 1675,82 | 741,59 | | 19,66 | 20,35 | 10,30 |
| 26.5.96 4:20 | 1,43 | 0,13 | 0,39 | | 16,03 | 473,84 | 4,62 | 1678,60 | 749,40 | 0,05 | 19,18 | 20,21 | 10,13 |
| 26.5.96 5:18 | 1,40 | 0,13 | 0,40 | | 15,97 | 466,25 | 4,53 | 1558,83 | 760,11 | 0,06 | 19,77 | 20,66 | 10,10 |
| 26.5.96 6:23 | 1,42 | 0,15 | 0,40 | | 17,13 | 405,52 | 4,24 | 1391,68 | 744,44 | 0,05 | 19,34 | 20,35 | 9,57 |
| 26.5.96 7:20 | 1,39 | 0,13 | 0,38 | | 15,03 | 456,89 | 4,17 | 1497,19 | 747,32 | 0,04 | 20,22 | 21,43 | 9,74 |
| 26.5.96 8:19 | 1,38 | 0,13 | 0,39 | | 14,20 | 515,72 | 4,44 | 1632,85 | 832,38 | 0,05 | 19,75 | 21,23 | 9,93 |
| 26.5.96 9:33 | 1,40 | 0,14 | 0,39 | | 14,70 | 661,38 | 5,90 | 2211,21 | 1124,72 | 0,06 | 19,64 | 21,29 | 10,50 |
| 26.5.96 10:30 | 1,37 | 0,13 | | | 14,07 | 644,05 | 5,49 | 2024,91 | 983,77 | | 19,57 | 21,30 | 11,62 |
| 26.5.96 11:33 | 1,35 | 0,12 | 0,39 | 3,51 | 13,03 | 643,41 | 5,06 | 1908,93 | 916,67 | 0,06 | 19,87 | 21,43 | 12,47 |
| 26.5.96 12:30 | 1,30 | 0,10 | 0,39 | | 10,30 | 746,66 | 4,59 | 1983,82 | 764,91 | 0,08 | 19,73 | 21,72 | 13,71 |
| 26.5.96 13:31 | 1,23 | 0,11 | 0,37 | | 10,99 | 895,47 | 5,90 | 1943,03 | 1067,52 | 0,06 | 19,46 | 21,53 | 14,15 |
| 26.5.96 14:29 | 1,23 | 0,11 | | | 10,39 | 1011,41 | 6,28 | 2216,98 | 1205,73 | | 19,38 | 21,32 | 14,14 |
| 26.5.96 15:30 | 1,14 | 0,10 | 0,37 | | 9,29 | 993,32 | 5,48 | 1605,50 | 1060,58 | 0,06 | 19,72 | 21,40 | 16,66 |
| 26.5.96 16:28 | 1,20 | 0,10 | 0,38 | | 8,82 | 996,79 | 5,21 | 2008,37 | 1004,98 | 0,08 | 19,70 | 21,41 | 15,44 |
| 26.5.96 17:29 | 1,21 | 0,10 | | | 9,40 | 1012,94 | 5,66 | 2085,78 | 1026,75 | | 19,97 | 21,85 | 15,18 |
| 26.5.96 18:30 | 1,22 | 0,09 | 0,38 | | 9,13 | 999,43 | 5,41 | 2124,33 | 926,56 | 0,07 | 19,79 | 21,75 | 15,01 |
| 26.5.96 19:28 | 1,25 | 0,10 | | | 9,95 | 997,35 | 5,92 | 2340,74 | 1059,50 | | 19,81 | 21,62 | 14,95 |
| 26.5.96 20:30 | 1,30 | 0,11 | 0,36 | | 12,23 | 920,97 | 6,79 | 2446,97 | 1087,95 | 0,05 | 20,14 | 21,67 | 14,22 |
| 26.5.96 21:29 | 1,32 | 0,11 | 0,37 | | 13,83 | 597,54 | 5,00 | 1653,79 | 770,53 | 0,04 | 20,08 | 21,21 | 13,11 |
| 26.5.96 22:26 | 1,32 | 0,10 | | | 13,63 | 542,45 | 4,47 | 1501,30 | 626,13 | | 19,76 | 20,60 | 11,88 |
| 26.5.96 23:30 | 1,42 | 0,12 | 0,40 | | 16,83 | 438,03 | 4,49 | 1503,27 | 645,39 | 0,05 | 19,34 | 20,47 | 11,52 |
| 27.5.96 0:29 | 1,45 | 0,13 | | | 17,20 | 407,24 | 4,27 | 1487,75 | 608,83 | | 20,11 | 20,93 | 11,45 |
| 27.5.96 1:28 | 1,47 | 0,12 | 0,40 | | 17,60 | 484,27 | 5,20 | 1833,50 | 713,51 | 0,06 | 20,17 | 20,99 | 10,98 |
| 27.5.96 2:28 | 1,49 | 0,12 | | | 17,27 | 428,95 | 4,52 | 1671,54 | 583,28 | | 20,21 | 20,98 | 11,16 |
| 27.5.96 3:27 | 1,53 | 0,13 | 0,38 | | 18,43 | 406,68 | 4,58 | 1710,83 | 616,80 | 0,03 | 19,82 | 21,00 | 11,33 |
| 27.5.96 4:26 | 1,53 | 0,12 | | | 17,67 | 419,75 | 4,52 | 1765,81 | 559,42 | | 19,78 | 21,05 | 11,48 |

Anhang, Tabelle A- 3: Rohdaten Käfighaltung, Frühjahrsmessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ṡ | Ė -NH ₃ | Ė -H ₂ O | Ė -CO ₂ | Ė -N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Aussen |
|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------|--------|----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h 500kg LM | g/h 500 kg LM | | | | °C | | |
| 27.5.96 5:27 | 1,51 | 0,11 | 0,44 | | 16,50 | 512,37 | 5,15 | 2087,40 | 610,81 | 0,09 | 19,64 | 20,89 | 11,58 |
| 27.5.96 6:29 | 2,01 | 0,14 | | | 14,90 | 544,60 | 4,92 | 4027,39 | 967,37 | | 19,47 | 21,03 | 11,79 |
| 27.5.96 8:39 | 1,51 | 0,10 | | | 12,53 | 788,44 | 5,96 | 3177,17 | 858,89 | | 19,94 | 20,85 | 12,69 |
| 27.5.96 9:39 | 1,48 | 0,10 | | | 11,90 | 898,79 | 6,43 | 3462,65 | 1022,86 | | 20,35 | 22,16 | 12,79 |
| 27.5.96 10:39 | 1,48 | 0,12 | | | 13,47 | 824,08 | 6,71 | 3174,82 | 1111,67 | | 19,92 | 21,65 | 13,48 |
| 27.5.96 11:38 | 1,47 | 0,11 | | | 11,83 | 770,83 | 5,49 | 2935,53 | 902,25 | | 19,99 | 21,74 | 12,44 |
| 27.5.96 12:39 | 1,45 | 0,11 | | | 11,80 | 882,64 | 6,26 | 3224,54 | 1052,22 | | 19,79 | 21,61 | 13,74 |
| 27.5.96 13:40 | 1,32 | 0,08 | | | 8,06 | 947,35 | 4,50 | 2621,93 | 770,67 | | 20,11 | 21,34 | 13,54 |
| 27.5.96 14:38 | 1,31 | 0,09 | | | 9,42 | 1101,34 | 6,17 | 2999,34 | 1062,74 | | 19,53 | 21,70 | 14,80 |
| 27.5.96 15:38 | 1,31 | 0,10 | | | 10,69 | 946,86 | 6,06 | 2599,61 | 1077,56 | | 19,39 | 21,01 | 13,74 |
| 27.5.96 16:37 | 1,35 | 0,11 | | | 11,32 | 863,45 | 5,87 | 2580,91 | 1010,66 | | 19,83 | 21,54 | 13,67 |
| 27.5.96 18:55 | 1,44 | 0,10 | 0,40 | | 10,29 | 866,28 | 5,32 | 3088,04 | 976,48 | 0,10 | 19,92 | 21,72 | 11,78 |
| 27.5.96 19:54 | 1,41 | 0,10 | | | 10,23 | 819,04 | 5,00 | 2774,58 | 896,66 | | 19,70 | 21,35 | 11,76 |
| 27.5.96 20:54 | 1,46 | 0,11 | 0,40 | | 13,77 | 841,91 | 7,01 | 3150,32 | 1081,08 | 0,09 | 19,84 | 21,22 | 11,54 |
| 27.5.96 21:56 | 1,44 | 0,11 | 0,36 | | 13,77 | 597,88 | 4,98 | 2157,74 | 735,38 | 0,03 | 19,15 | 20,36 | 11,17 |
| 27.5.96 22:51 | 1,47 | 0,12 | 0,40 | 3,86 | 14,70 | 538,25 | 4,80 | 2049,79 | 740,64 | 0,06 | 19,54 | 20,56 | 10,96 |
| 27.5.96 23:55 | 1,49 | 0,12 | 0,38 | | 16,00 | 577,22 | 5,62 | 2249,32 | 784,90 | 0,05 | 19,13 | 20,26 | 10,76 |
| 28.5.96 0:53 | 1,50 | 0,12 | 0,42 | | 16,27 | 538,13 | 5,33 | 2132,75 | 778,32 | 0,08 | 19,02 | 20,30 | 10,80 |
| 28.5.96 1:50 | 1,49 | 0,12 | 0,40 | | 15,93 | 492,12 | 4,77 | 1917,73 | 698,47 | 0,05 | 19,17 | 20,33 | 10,81 |
| 28.5.96 2:51 | 1,47 | 0,13 | 0,39 | | 17,53 | 410,59 | 4,39 | 1563,64 | 676,02 | 0,04 | 19,20 | 20,63 | 10,73 |
| 28.5.96 3:53 | 1,47 | 0,17 | | | 19,37 | 472,41 | 5,60 | 1778,16 | 1035,90 | | 19,48 | 20,48 | 9,69 |
| 28.5.96 4:53 | 1,36 | 0,16 | 0,38 | | 18,60 | 249,20 | 2,83 | 761,41 | 504,65 | 0,02 | 19,59 | 20,30 | 7,81 |
| 28.5.96 5:52 | 1,29 | 0,17 | 0,38 | | 18,73 | 374,44 | 4,29 | 961,70 | 823,08 | 0,03 | 19,81 | 20,63 | 6,99 |
| 28.5.96 7:15 | 1,26 | 0,17 | | | 17,63 | 331,52 | 3,57 | 785,41 | 721,57 | | 19,97 | 21,30 | 6,05 |
| 28.5.96 8:16 | 1,21 | 0,16 | | | 18,07 | 407,12 | 4,49 | 838,31 | 826,65 | | 19,84 | 21,11 | 6,25 |
| 28.5.96 9:17 | 1,25 | 0,17 | | | 17,47 | 423,52 | 4,51 | 975,23 | 947,01 | | 19,61 | 20,98 | 7,69 |
| 28.5.96 10:15 | 1,24 | 0,17 | 0,39 | | 17,73 | 523,27 | 5,66 | 1170,17 | 1172,89 | 0,05 | 19,97 | 21,19 | 5,88 |
| 28.5.96 11:16 | 1,38 | 0,23 | 0,35 | | 20,97 | 353,79 | 4,55 | 1135,81 | 1125,96 | 0,01 | 20,11 | 21,46 | 7,90 |
| 28.5.96 12:17 | 1,10 | 0,12 | | | 16,03 | 245,87 | 2,40 | 332,08 | 335,67 | | 20,99 | 22,27 | 8,61 |
| 28.5.96 13:14 | 1,03 | 0,15 | 0,40 | | 7,94 | 558,49 | 2,61 | 495,86 | 1067,56 | 0,06 | 20,04 | 21,80 | 8,61 |
| 28.5.96 14:12 | 1,00 | 0,15 | | | 5,83 | 495,61 | 1,66 | 318,23 | 966,12 | | 19,75 | 20,99 | 10,18 |
| 28.5.96 15:17 | 1,05 | 0,16 | | | 5,48 | 548,90 | 1,72 | 552,97 | 1096,72 | | 20,75 | 22,54 | 9,48 |
| 28.5.96 16:14 | 1,09 | 0,16 | | | 5,34 | 540,34 | 1,64 | 693,90 | 1094,24 | | 20,70 | 22,09 | 9,86 |
| 28.5.96 17:13 | 1,06 | 0,14 | | | 4,15 | 528,72 | 1,21 | 550,20 | 890,53 | | 20,72 | 22,05 | 10,13 |
| 28.5.96 19:25 | 1,10 | 0,12 | 0,37 | | 3,91 | 540,53 | 1,16 | 706,11 | 790,56 | 0,04 | 20,94 | 22,13 | 10,26 |
| 28.5.96 20:22 | 1,16 | 0,14 | 0,38 | | 4,41 | 526,17 | 1,29 | 908,71 | 903,33 | 0,04 | 20,48 | 21,47 | 10,12 |
| 28.5.96 21:23 | 1,30 | 0,19 | 0,37 | | 5,31 | 375,45 | 1,13 | 997,54 | 953,24 | 0,02 | 20,42 | 21,53 | 9,21 |
| 28.5.96 22:21 | 1,27 | 0,17 | 0,37 | | 5,22 | 246,61 | 0,73 | 600,62 | 543,42 | 0,02 | 20,81 | 21,64 | 7,57 |
| 28.5.96 23:22 | 1,33 | 0,20 | 0,38 | | 5,74 | 285,35 | 0,94 | 815,02 | 789,31 | 0,02 | 20,73 | 21,38 | 6,28 |
| 29.5.96 0:20 | 1,32 | 0,20 | 0,40 | | 5,71 | 241,37 | 0,79 | 678,73 | 662,45 | 0,03 | 20,88 | 21,58 | 5,13 |
| 29.5.96 1:21 | 1,33 | 0,21 | 0,43 | 3,76 | 5,88 | 237,08 | 0,80 | 677,16 | 684,01 | 0,04 | 20,90 | 21,50 | 4,46 |
| 29.5.96 2:22 | 1,33 | 0,21 | 0,38 | 3,79 | 5,80 | 234,91 | 0,78 | 676,15 | 667,58 | 0,02 | 20,78 | 21,29 | 3,77 |

Anhang, Tabelle A- 3: Rohdaten Käfighaltung, Frühjahrsmessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | \dot{V} | \dot{E} -NH ₃ | \dot{E} -H ₂ O | \dot{E} -CO ₂ | \dot{E} -N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Aussen |
|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------|--------|----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h 500kg LM | g/h 500 kg LM | | | | °C | | |
| 29.5.96 3:19 | 1,33 | 0,22 | 0,46 | | 5,90 | 231,21 | 0,78 | 655,27 | 693,33 | 0,05 | 20,78 | 21,40 | 4,29 |
| 29.5.96 4:21 | 1,33 | 0,22 | 0,40 | | 6,08 | 227,79 | 0,80 | 655,67 | 692,94 | 0,03 | 20,70 | 21,19 | 2,95 |
| 29.5.96 5:22 | 1,33 | 0,23 | 0,37 | | 6,15 | 229,17 | 0,81 | 654,57 | 729,37 | 0,01 | 20,76 | 21,28 | 3,68 |

Tabelle A- 4: Rohdaten Käfighaltung, Sommermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ṡ | Ė -NH ₃ | Ė -H ₂ O | Ė -CO ₂ | Ė -N ₂ O | T _{Abluft} | T _{Tier} | T _{Aussen} |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h 500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 14.8.96 17:00 | 1,76 | 0,09 | 0,40 | | 5,03 | 1193,39 | 3,81 | 3044,67 | 1098,88 | 0,14 | | | |
| 14.8.96 17:58 | 1,80 | 0,09 | 0,39 | | 5,07 | 1186,88 | 3,83 | 3322,28 | 1054,32 | 0,11 | | | |
| 14.8.96 19:00 | 1,78 | 0,09 | 0,41 | | 5,21 | 1186,17 | 3,93 | 3133,88 | 1027,63 | 0,15 | | | |
| 14.8.96 20:08 | 1,79 | 0,10 | 0,40 | | 5,70 | 960,82 | 3,48 | 2605,73 | 980,88 | 0,10 | | | |
| 14.8.96 21:10 | 1,78 | 0,09 | 0,42 | | 6,57 | 734,34 | 3,07 | 1941,59 | 685,02 | 0,11 | | | |
| 14.8.96 22:08 | 1,76 | 0,10 | 0,43 | | 6,61 | 760,68 | 3,20 | 1943,12 | 759,75 | 0,12 | | | |
| 14.8.96 23:08 | 1,72 | 0,10 | 0,42 | 4,23 | 7,00 | 618,31 | 2,75 | 1399,11 | 651,54 | 0,08 | | | |
| 15.8.96 0:09 | 1,69 | 0,11 | 0,45 | | 7,29 | 497,54 | 2,31 | 1036,45 | 592,82 | 0,10 | | | |
| 15.8.96 1:09 | 1,73 | 0,12 | 0,43 | | 7,86 | 540,81 | 2,71 | 1247,94 | 736,34 | 0,09 | | | |
| 15.8.96 2:08 | 1,71 | 0,12 | 0,42 | 3,89 | 8,71 | 444,36 | 2,46 | 975,51 | 658,68 | 0,06 | | | |
| 15.8.96 3:09 | 1,72 | 0,13 | 0,41 | | 8,80 | 490,61 | 2,75 | 1099,08 | 738,01 | 0,06 | | | |
| 15.8.96 4:07 | 1,70 | 0,12 | 0,38 | | 8,26 | 443,61 | 2,33 | 933,98 | 606,41 | 0,04 | | | |
| 15.8.96 5:07 | 1,69 | 0,13 | 0,43 | | 8,77 | 534,45 | 2,98 | 1101,39 | 806,95 | 0,08 | | | |
| 15.8.96 6:08 | 1,63 | 0,11 | 0,42 | | 7,86 | 546,54 | 2,73 | 905,68 | 654,41 | 0,08 | | | |
| 15.8.96 8:16 | 1,66 | 0,11 | 0,36 | 3,54 | 7,21 | 868,75 | 3,98 | 1595,07 | 1030,26 | 0,03 | 20,95 | 22,14 | 14,47 |
| 15.8.96 9:17 | 1,66 | 0,10 | 0,36 | | 6,88 | 1025,80 | 4,49 | 1883,60 | 1098,40 | 0,04 | 21,03 | 22,27 | 14,54 |
| 15.8.96 10:19 | 1,64 | 0,09 | | | 6,09 | 1129,03 | 4,37 | 1920,97 | 954,84 | | 20,85 | 22,06 | 15,58 |
| 15.8.96 11:16 | 1,64 | 0,08 | 0,38 | | 5,90 | 1171,00 | 4,40 | 2018,69 | 964,64 | 0,10 | 20,98 | 22,35 | 17,51 |
| 15.8.96 12:17 | 1,67 | 0,09 | | | 6,22 | 1205,16 | 4,77 | 2293,39 | 1052,00 | | 21,47 | 22,84 | 18,34 |
| 15.8.96 13:19 | 1,65 | 0,09 | | | 6,33 | 1231,50 | 4,96 | 2233,86 | 1034,88 | | 21,23 | 22,81 | 16,04 |
| 15.8.96 14:16 | 1,76 | 0,08 | 0,36 | | 3,58 | 1333,36 | 3,04 | 3406,23 | 893,49 | 0,07 | 22,19 | 23,46 | 17,51 |
| 15.8.96 15:17 | 1,76 | 0,09 | 0,38 | | 6,67 | 1215,15 | 5,16 | 3049,79 | 1107,75 | 0,10 | 21,91 | 23,56 | 18,18 |
| 15.8.96 16:15 | 1,76 | 0,09 | 0,42 | | 6,35 | 1227,84 | 4,96 | 3081,70 | 1099,12 | 0,17 | 22,53 | 23,90 | 18,39 |
| 15.8.96 17:16 | 1,73 | 0,09 | 0,37 | | 6,50 | 1233,94 | 5,11 | 2875,75 | 1070,86 | 0,08 | 22,73 | 23,90 | 19,09 |
| 15.8.96 18:14 | 1,70 | 0,09 | 0,47 | 3,62 | 6,80 | 1234,02 | 5,35 | 2659,91 | 1134,31 | 0,28 | 22,68 | 23,98 | 17,93 |
| 15.8.96 20:02 | 1,65 | 0,09 | 0,38 | | 6,38 | 1225,09 | 4,98 | 2226,20 | 1058,27 | 0,09 | 22,37 | 23,10 | 17,00 |
| 15.8.96 21:00 | 1,60 | 0,07 | 0,37 | | 7,18 | 1184,25 | 5,42 | 1726,14 | 788,75 | 0,07 | 20,92 | 21,96 | 15,68 |
| 15.8.96 22:01 | 1,63 | 0,09 | 0,37 | | 7,73 | 1059,34 | 5,22 | 1782,38 | 1008,49 | 0,06 | 20,90 | 22,09 | 15,01 |
| 15.8.96 22:59 | 1,64 | 0,09 | 0,40 | | 8,26 | 804,19 | 4,23 | 1371,12 | 792,09 | 0,09 | 20,56 | 21,62 | 14,72 |
| 16.8.96 0:00 | 1,63 | 0,10 | 0,37 | | 8,87 | 744,96 | 4,21 | 1219,85 | 844,54 | 0,05 | 20,64 | 21,65 | 14,00 |
| 16.8.96 0:59 | 1,63 | 0,11 | 0,38 | | 9,45 | 548,94 | 3,31 | 898,97 | 715,98 | 0,04 | 20,87 | 21,83 | 13,00 |
| 16.8.96 1:59 | 1,63 | 0,12 | 0,41 | | 10,39 | 541,74 | 3,59 | 911,49 | 745,27 | 0,07 | 21,10 | 22,04 | 12,61 |
| 16.8.96 2:59 | 1,63 | 0,13 | 0,38 | | 11,17 | 487,76 | 3,47 | 798,74 | 791,75 | 0,04 | 21,16 | 22,09 | 12,20 |
| 16.8.96 3:58 | 1,61 | 0,14 | 0,43 | | 11,43 | 432,02 | 3,15 | 649,14 | 760,67 | 0,07 | 20,95 | 21,85 | 11,55 |
| 16.8.96 4:58 | 1,65 | 0,13 | 0,39 | | 11,73 | 478,36 | 3,58 | 869,44 | 797,52 | 0,05 | 21,08 | 21,96 | 12,79 |
| 16.8.96 5:57 | 1,60 | 0,11 | 0,39 | | 9,85 | 625,48 | 3,93 | 912,84 | 799,59 | 0,06 | 21,16 | 22,47 | 13,05 |
| 16.8.96 6:55 | 1,67 | 0,12 | 0,38 | | 10,23 | 671,87 | 4,39 | 1283,18 | 955,03 | 0,05 | 21,39 | 22,79 | 13,74 |
| 16.8.96 8:24 | 1,67 | 0,10 | 0,39 | | 8,07 | 989,63 | 5,10 | 1934,44 | 1134,12 | 0,10 | 21,31 | 22,50 | 14,29 |
| 16.8.96 9:22 | 1,65 | 0,08 | | | 7,42 | 1080,87 | 5,12 | 1942,27 | 905,37 | | 21,08 | 22,32 | 14,80 |
| 16.8.96 10:23 | 1,66 | 0,08 | 0,39 | | 7,04 | 1176,03 | 5,28 | 2219,17 | 946,22 | 0,11 | 21,03 | 22,45 | 16,30 |
| 16.8.96 11:21 | 1,70 | 0,08 | | | 6,85 | 1181,19 | 5,16 | 2495,08 | 852,87 | | 21,31 | 22,73 | 17,33 |

Anhang, Tabelle A- 4: Rohdaten Käfighaltung, Sommermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ṡ | Ė -NH ₃ | Ė -H ₂ O | Ė -CO ₂ | Ė -N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Aussen |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------|--------|----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h 500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 16.8.96 12:22 | 1,73 | 0,08 | 0,36 | | 7,36 | 1202,31 | 5,65 | 2837,70 | 993,94 | 0,06 | 21,80 | 23,22 | 18,70 |
| 16.8.96 13:23 | 1,74 | 0,08 | 0,39 | | 7,36 | 1225,42 | 5,76 | 2947,60 | 959,11 | 0,11 | 22,29 | 23,72 | 18,49 |
| 16.8.96 14:21 | 1,71 | 0,08 | 0,38 | | 5,96 | 1312,06 | 4,99 | 2860,29 | 940,18 | 0,11 | 23,15 | 24,67 | 18,44 |
| 16.8.96 15:22 | 1,77 | 0,09 | | | 7,22 | 1263,35 | 5,82 | 3266,45 | 1120,95 | | 23,51 | 25,01 | 20,41 |
| 16.8.96 16:20 | 1,75 | 0,08 | 0,41 | | 7,24 | 1259,24 | 5,82 | 3114,10 | 999,47 | 0,17 | 23,82 | 25,29 | 23,25 |
| 16.8.96 17:21 | 1,77 | 0,08 | | | 7,76 | 1282,15 | 6,35 | 3344,55 | 1109,60 | | 24,13 | 25,09 | 19,30 |
| 16.8.96 18:49 | 1,74 | 0,08 | 0,39 | | 7,35 | 1232,27 | 5,78 | 2992,41 | 1066,46 | 0,11 | 23,43 | 24,62 | 18,49 |
| 16.8.96 19:46 | 1,76 | 0,09 | 0,39 | | 7,43 | 1229,27 | 5,83 | 3122,85 | 1110,98 | 0,11 | 23,25 | 24,41 | 17,72 |
| 16.8.96 20:45 | 1,68 | 0,08 | 0,41 | | 7,48 | 1212,74 | 5,79 | 2397,95 | 915,76 | 0,16 | 21,83 | 22,55 | 15,50 |
| 16.8.96 21:45 | 1,61 | 0,08 | 0,39 | | 7,36 | 1197,22 | 5,62 | 1854,88 | 950,18 | 0,12 | 20,92 | 21,96 | 14,93 |
| 16.8.96 22:44 | 1,62 | 0,09 | 0,37 | | 8,26 | 933,11 | 4,92 | 1508,75 | 946,08 | 0,06 | 20,85 | 21,88 | 14,29 |
| 16.8.96 23:46 | 1,63 | 0,10 | 0,41 | 3,67 | 9,98 | 748,83 | 4,77 | 1244,50 | 895,29 | 0,10 | 20,66 | 21,72 | 13,46 |
| 17.8.96 0:45 | 1,60 | 0,11 | 0,43 | 4,09 | 10,36 | 595,79 | 3,94 | 855,96 | 768,08 | 0,09 | 20,54 | 21,49 | 12,43 |
| 17.8.96 1:46 | 1,61 | 0,12 | 0,41 | 4,36 | 11,13 | 788,67 | 5,60 | 1221,88 | 1117,61 | 0,10 | 21,13 | 22,04 | 12,61 |
| 17.8.96 2:44 | 1,61 | 0,13 | 0,40 | | 11,57 | 490,01 | 3,62 | 759,16 | 713,26 | 0,05 | 20,74 | 21,72 | 12,43 |
| 17.8.96 3:42 | 1,58 | 0,14 | 0,42 | 4,15 | 12,43 | 392,76 | 3,12 | 528,90 | 673,38 | 0,06 | 21,21 | 21,91 | 11,04 |
| 17.8.96 4:43 | 1,59 | 0,13 | 0,39 | | 12,63 | 453,80 | 3,66 | 631,52 | 725,53 | 0,04 | 21,05 | 21,75 | 11,19 |
| 17.8.96 5:42 | 1,57 | 0,14 | 0,38 | | 12,53 | 583,14 | 4,67 | 734,32 | 1001,95 | 0,05 | 21,10 | 22,35 | 10,52 |
| 17.8.96 8:17 | 1,58 | 0,13 | 0,37 | | 11,50 | 706,51 | 5,20 | 937,45 | 1128,06 | 0,05 | 21,00 | 22,40 | 11,73 |
| 17.8.96 9:14 | 1,67 | 0,12 | 0,37 | 3,71 | 9,95 | 855,07 | 5,44 | 1674,91 | 1195,36 | 0,05 | 21,41 | 22,86 | 13,41 |
| 17.8.96 10:18 | 1,69 | 0,09 | | 3,42 | 8,72 | 1186,68 | 6,62 | 2485,20 | 1036,95 | | 21,00 | 22,63 | 16,53 |
| 17.8.96 11:16 | 1,73 | 0,09 | 0,38 | 4,89 | 8,93 | 1201,72 | 6,86 | 2842,20 | 983,79 | 0,09 | 21,44 | 22,97 | 18,13 |
| 17.8.96 12:17 | 1,79 | 0,08 | | 3,62 | 9,40 | 1231,99 | 7,41 | 3414,36 | 947,40 | | 22,22 | 23,74 | 18,83 |
| 17.8.96 13:17 | 1,79 | 0,08 | | | 9,10 | 1240,43 | 7,22 | 3437,65 | 947,02 | | 22,91 | 24,18 | 19,58 |
| 17.8.96 14:16 | 1,77 | 0,08 | 0,37 | | 8,40 | 1298,07 | 6,98 | 3421,71 | 926,60 | 0,07 | 23,82 | 25,29 | 20,77 |
| 17.8.96 15:16 | 1,70 | 0,09 | | | 9,38 | 1255,46 | 7,53 | 2713,68 | 1041,41 | | 23,79 | 25,04 | 20,82 |
| 17.8.96 16:15 | 1,69 | 0,09 | 0,38 | | 9,78 | 1250,72 | 7,82 | 2619,22 | 1065,27 | 0,09 | 24,23 | 25,53 | 24,39 |
| 17.8.96 17:16 | 1,66 | 0,09 | | | 10,36 | 1245,90 | 8,26 | 2356,18 | 1026,85 | | 24,47 | 25,53 | 20,56 |
| 17.8.96 18:14 | 1,65 | 0,08 | | | 8,32 | 1244,84 | 6,62 | 2242,14 | 943,71 | | 24,31 | 25,61 | 19,84 |
| 17.8.96 19:59 | 1,69 | 0,09 | 0,35 | | 8,24 | 1244,65 | 6,56 | 2606,70 | 1018,97 | 0,04 | 23,77 | 24,60 | 17,69 |
| 17.8.96 21:00 | 1,65 | 0,08 | 0,37 | | 8,33 | 1224,73 | 6,53 | 2233,15 | 799,90 | 0,07 | 22,29 | 22,99 | 16,45 |
| 17.8.96 22:00 | 1,60 | 0,08 | 0,41 | | 9,00 | 1212,31 | 6,98 | 1772,75 | 932,28 | 0,15 | 21,47 | 22,27 | 15,45 |
| 17.8.96 22:59 | 1,55 | 0,08 | 0,39 | 3,64 | 8,99 | 1188,05 | 6,83 | 1308,24 | 933,32 | 0,12 | 20,69 | 21,60 | 14,34 |
| 17.8.96 23:59 | 1,56 | 0,09 | 0,41 | 3,67 | 9,65 | 1068,55 | 6,60 | 1273,07 | 969,11 | 0,14 | 20,41 | 21,47 | 14,36 |
| 18.8.96 0:58 | 1,57 | 0,10 | 0,40 | 3,51 | 11,07 | 762,75 | 5,40 | 977,60 | 863,14 | 0,08 | 20,87 | 21,93 | 14,60 |
| 18.8.96 1:59 | 1,56 | 0,10 | 0,42 | | 11,11 | 685,87 | 4,87 | 801,65 | 825,33 | 0,10 | 20,66 | 21,62 | 13,15 |
| 18.8.96 2:59 | 1,58 | 0,11 | 0,40 | | 12,80 | 595,63 | 4,88 | 776,84 | 795,62 | 0,07 | 21,03 | 22,06 | 12,48 |
| 18.8.96 3:58 | 1,54 | 0,12 | 0,42 | | 13,40 | 598,90 | 5,13 | 645,91 | 869,35 | 0,09 | 20,69 | 21,52 | 11,89 |
| 18.8.96 4:58 | 1,58 | 0,13 | 0,38 | 3,56 | 15,33 | 440,84 | 4,32 | 594,86 | 712,90 | 0,03 | 21,05 | 22,01 | 11,84 |
| 18.8.96 5:58 | 1,50 | 0,11 | 0,43 | 3,49 | 12,83 | 658,35 | 5,40 | 502,01 | 883,02 | 0,11 | 21,16 | 22,47 | 11,68 |
| 18.8.96 6:56 | 1,55 | 0,15 | 0,41 | | 14,97 | 530,87 | 5,08 | 596,61 | 1022,67 | 0,07 | 21,70 | 22,86 | 11,29 |
| 18.8.96 8:59 | 1,58 | 0,09 | 0,39 | | 10,77 | 992,27 | 6,83 | 1294,20 | 996,98 | 0,10 | 21,05 | 22,37 | 15,73 |

Anhang, Tabelle A- 4: Rohdaten Käfighaltung, Sommermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ṡ | Ė -NH ₃ | Ė -H ₂ O | Ė -CO ₂ | Ė -N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Aussen |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------|--------|----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h 500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 18.8.96 9:57 | 1,62 | 0,08 | 0,40 | | 9,37 | 1211,76 | 7,26 | 1908,64 | 1090,45 | 0,13 | 21,60 | 22,73 | 17,59 |
| 18.8.96 10:58 | 1,68 | 0,09 | 0,38 | | 10,83 | 1227,43 | 8,50 | 2431,91 | 1179,00 | 0,10 | 22,22 | 23,61 | 19,42 |
| 18.8.96 11:56 | 1,71 | 0,09 | 0,43 | | 10,33 | 1239,85 | 8,19 | 2708,58 | 1143,13 | 0,20 | 22,86 | 24,00 | 20,02 |
| 18.8.96 12:57 | 1,70 | 0,08 | 0,36 | | 10,09 | 1248,28 | 8,06 | 2670,71 | 1047,62 | 0,06 | 23,43 | 24,73 | 20,41 |
| 18.8.96 13:56 | 1,61 | 0,07 | 0,36 | | 8,07 | 1319,23 | 6,81 | 2048,39 | 961,64 | 0,05 | 24,31 | 25,84 | 20,74 |
| 18.8.96 14:56 | 1,70 | 0,09 | | | 10,17 | 1242,63 | 8,08 | 2658,70 | 1132,05 | | 24,67 | 25,99 | 23,02 |
| 18.8.96 15:55 | 1,67 | 0,09 | 0,40 | | 10,24 | 1245,58 | 8,16 | 2440,12 | 1217,23 | 0,14 | 24,96 | 26,33 | 21,98 |
| 18.8.96 16:55 | 1,66 | 0,09 | | | 11,47 | 1251,69 | 9,18 | 2339,03 | 1154,11 | | 25,61 | 26,82 | 22,81 |
| 18.8.96 17:56 | 1,65 | 0,09 | 0,39 | | 10,73 | 1244,29 | 8,54 | 2239,21 | 1146,41 | 0,11 | 25,63 | 26,90 | 22,37 |
| 18.8.96 19:50 | 1,63 | 0,09 | 0,37 | | 10,47 | 1243,29 | 8,32 | 2096,86 | 1200,14 | 0,08 | 24,91 | 26,25 | 20,17 |
| 18.8.96 20:47 | 1,59 | 0,08 | 0,37 | 3,45 | 10,23 | 1234,36 | 8,07 | 1719,75 | 1041,71 | 0,07 | 23,64 | 24,34 | 18,21 |
| 18.8.96 21:47 | 1,58 | 0,09 | 0,36 | 3,49 | 10,15 | 1240,85 | 8,04 | 1616,91 | 1129,30 | 0,05 | 22,81 | 23,51 | 17,54 |
| 18.8.96 22:46 | 1,55 | 0,08 | 0,35 | | 10,47 | 1240,05 | 8,29 | 1420,11 | 1053,38 | 0,04 | 22,35 | 23,02 | 17,07 |
| 18.8.96 23:47 | 1,55 | 0,08 | 0,40 | | 10,37 | 1236,91 | 8,19 | 1416,51 | 1050,70 | 0,15 | 21,93 | 22,71 | 16,76 |
| 19.8.96 0:47 | 1,53 | 0,08 | | | 10,13 | 1213,04 | 7,85 | 1170,46 | 942,93 | | 21,29 | 22,32 | 15,81 |
| 19.8.96 1:46 | 1,51 | 0,08 | 0,36 | | 9,77 | 1194,03 | 7,45 | 1017,32 | 928,02 | 0,06 | 20,87 | 22,01 | 15,29 |
| 19.8.96 2:44 | 1,50 | 0,08 | 0,36 | | 10,40 | 1189,16 | 7,90 | 905,92 | 930,79 | 0,06 | 20,41 | 21,36 | 15,11 |
| 19.8.96 3:45 | 1,46 | 0,08 | 0,40 | | 10,37 | 968,34 | 6,41 | 497,50 | 672,55 | 0,10 | 20,38 | 21,34 | 14,60 |
| 19.8.96 4:44 | 1,53 | 0,11 | | | 13,47 | 811,20 | 6,98 | 819,25 | 970,37 | | 20,77 | 21,91 | 14,44 |
| 19.8.96 5:44 | 1,45 | 0,09 | | | 10,47 | 965,09 | 6,46 | 452,39 | 814,08 | | 20,74 | 22,29 | 14,03 |
| 19.8.96 6:44 | 1,54 | 0,11 | | | 13,47 | 952,47 | 8,19 | 983,15 | 1191,56 | | 21,00 | 22,53 | 14,03 |
| 19.8.96 8:01 | 1,55 | 0,11 | 0,36 | | 11,93 | 1083,70 | 8,27 | 1216,96 | 1368,38 | 0,05 | 21,62 | 22,99 | 15,47 |
| 19.8.96 9:02 | 1,54 | 0,09 | 0,39 | | 10,09 | 1177,24 | 7,59 | 1268,91 | 1116,51 | 0,10 | 21,41 | 23,02 | 17,67 |
| 19.8.96 10:03 | 1,63 | 0,09 | 0,40 | | 10,90 | 1222,96 | 8,52 | 2008,09 | 1112,79 | 0,14 | 22,55 | 24,08 | 20,25 |
| 19.8.96 11:01 | 1,64 | 0,08 | 0,36 | | 10,25 | 1274,78 | 8,35 | 2236,62 | 998,10 | 0,06 | 23,82 | 25,14 | 22,45 |
| 19.8.96 12:01 | 1,45 | 0,08 | 0,42 | | 7,35 | 1231,12 | 5,78 | 577,19 | 930,04 | 0,17 | 24,57 | 26,10 | 24,34 |
| 19.8.96 13:02 | 1,44 | 0,08 | 0,37 | | 6,06 | 1272,14 | 4,92 | 510,33 | 961,03 | 0,08 | 25,53 | 27,03 | 25,27 |
| 19.8.96 14:01 | 1,44 | 0,09 | 0,40 | | 5,71 | 1281,65 | 4,68 | 514,17 | 1123,74 | 0,13 | 26,20 | 27,65 | 25,89 |
| 19.8.96 14:59 | 1,46 | 0,09 | 0,39 | | 5,71 | 1202,76 | 4,39 | 645,32 | 1067,83 | 0,11 | 26,77 | 28,22 | 26,41 |
| 19.8.96 16:00 | 1,44 | 0,10 | 0,39 | | 5,50 | 1201,94 | 4,22 | 455,09 | 1199,71 | 0,11 | 27,08 | 28,51 | 26,74 |
| 19.8.96 17:01 | 1,43 | 0,09 | 0,40 | | 5,34 | 1217,63 | 4,16 | 378,62 | 1020,63 | 0,12 | 27,24 | 28,58 | 25,86 |
| 19.8.96 17:59 | 1,50 | 0,09 | 0,37 | | 5,88 | 1195,29 | 4,49 | 964,93 | 995,34 | 0,07 | 27,29 | 28,61 | 25,17 |
| 19.8.96 19:00 | 1,56 | 0,09 | 0,38 | | 6,31 | 1184,96 | 4,76 | 1404,65 | 1053,81 | 0,10 | 27,06 | 28,30 | 24,03 |
| 19.8.96 20:46 | 1,49 | 0,08 | 0,38 | | 6,33 | 1167,83 | 4,71 | 833,93 | 949,22 | 0,10 | 25,32 | 26,07 | 21,00 |
| 19.8.96 21:47 | 1,51 | 0,08 | 0,36 | | 6,58 | 1172,24 | 4,91 | 968,87 | 914,28 | 0,05 | 24,39 | 25,17 | 18,37 |
| 19.8.96 22:48 | 1,49 | 0,09 | 0,37 | | 6,65 | 1178,99 | 4,99 | 841,98 | 990,76 | 0,07 | 23,69 | 24,44 | 18,88 |
| 19.8.96 23:46 | 1,46 | 0,08 | 0,39 | | 7,50 | 1176,69 | 5,62 | 602,38 | 950,05 | 0,11 | 23,51 | 24,23 | 18,68 |
| 20.8.96 0:47 | 1,45 | 0,09 | 0,38 | | 7,76 | 1167,32 | 5,77 | 518,90 | 988,84 | 0,08 | 22,91 | 23,59 | 16,53 |
| 20.8.96 1:45 | 1,45 | 0,08 | 0,39 | 3,68 | 8,38 | 1173,11 | 6,26 | 521,50 | 916,48 | 0,11 | 22,47 | 23,07 | 16,94 |
| 20.8.96 2:46 | 1,44 | 0,09 | 0,41 | 3,57 | 8,42 | 1189,87 | 6,38 | 448,70 | 1040,60 | 0,15 | 22,01 | 22,66 | 16,22 |
| 20.8.96 3:47 | 1,42 | 0,08 | 0,40 | | 8,48 | 1185,70 | 6,40 | 287,29 | 965,34 | 0,13 | 21,52 | 22,22 | 15,68 |
| 20.8.96 4:45 | 1,40 | 0,09 | 0,37 | | 9,14 | 1252,87 | 7,29 | 134,66 | 1054,42 | 0,07 | 21,16 | 22,04 | 15,14 |

Anhang, Tabelle A- 4: Rohdaten Käfighaltung, Sommermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ṡ | Ė -NH ₃ | Ė -H ₂ O | Ė -CO ₂ | Ė -N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Aussen |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------|--------|----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h 500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 20.8.96 5:46 | 1,39 | 0,10 | 0,44 | 3,90 | 9,57 | 1151,33 | 7,01 | 20,26 | 1151,74 | 0,20 | 21,34 | 22,71 | 13,98 |
| 20.8.96 7:29 | 1,41 | 0,10 | 0,40 | 3,52 | 9,49 | 1147,07 | 6,93 | 226,38 | 1179,58 | 0,12 | 21,39 | 22,76 | 15,60 |
| 20.8.96 8:30 | 1,46 | 0,09 | | | 7,09 | 1164,50 | 5,25 | 596,12 | 1005,60 | | 22,53 | 23,38 | 17,80 |
| 20.8.96 9:31 | 1,48 | 0,09 | 0,38 | | 8,28 | 1175,55 | 6,20 | 760,27 | 1053,92 | 0,09 | 23,02 | 23,95 | 19,97 |
| 20.8.96 10:29 | 1,53 | 0,09 | 0,38 | | 9,38 | 1168,79 | 6,98 | 1149,82 | 1035,02 | 0,08 | 23,72 | 24,88 | 21,78 |
| 20.8.96 11:30 | 1,53 | 0,09 | 0,39 | | 8,60 | 1187,25 | 6,50 | 1194,69 | 1012,27 | 0,11 | 24,49 | 25,71 | 22,76 |
| 20.8.96 12:31 | 1,53 | 0,09 | 0,42 | | 8,30 | 1197,21 | 6,32 | 1204,72 | 1158,86 | 0,16 | 25,32 | 26,49 | 24,29 |
| 20.8.96 13:29 | 1,56 | 0,08 | 0,39 | 3,57 | 5,93 | 1275,28 | 4,82 | 1541,20 | 968,27 | 0,12 | 26,28 | 27,63 | 25,55 |
| 20.8.96 14:29 | 1,70 | 0,09 | 0,37 | | 8,51 | 1190,82 | 6,45 | 2536,29 | 1133,11 | 0,07 | 26,95 | 28,09 | 26,54 |
| 20.8.96 15:28 | 1,77 | 0,09 | 0,44 | | 8,18 | 1184,77 | 6,17 | 3056,08 | 1120,92 | 0,20 | 27,50 | 28,61 | 26,43 |
| 20.8.96 16:29 | 1,73 | 0,09 | | | 8,28 | 1176,43 | 6,20 | 2770,01 | 990,18 | | 27,78 | 28,89 | 27,57 |
| 20.8.96 17:27 | 1,69 | 0,09 | 0,40 | | 8,07 | 1180,06 | 6,06 | 2460,33 | 1019,15 | 0,14 | 27,78 | 28,76 | 25,84 |
| 20.8.96 18:29 | 1,70 | 0,09 | 0,45 | | 8,39 | 1177,14 | 6,29 | 2507,22 | 1003,73 | 0,22 | 27,39 | 28,48 | 24,52 |
| 20.8.96 19:27 | 1,69 | 0,09 | | | 8,15 | 1173,17 | 6,07 | 2441,14 | 1017,64 | | 27,08 | 28,14 | 23,61 |
| 20.8.96 20:28 | 1,69 | 0,08 | 0,41 | 3,51 | 7,31 | 1173,57 | 5,45 | 2388,36 | 882,52 | 0,15 | 25,73 | 26,41 | 19,97 |
| 20.8.96 22:23 | 1,60 | 0,08 | 0,41 | | 7,10 | 1184,64 | 5,35 | 1747,65 | 936,64 | 0,14 | 24,26 | 24,91 | 18,62 |
| 20.8.96 23:24 | 1,60 | 0,08 | 0,41 | | 7,05 | 1177,00 | 5,27 | 1683,43 | 904,71 | 0,15 | 23,43 | 24,00 | 17,05 |
| 21.8.96 0:26 | 1,56 | 0,09 | 0,40 | | 6,55 | 1176,21 | 4,89 | 1418,62 | 886,54 | 0,14 | 22,76 | 23,20 | 16,07 |
| 21.8.96 1:23 | 1,56 | 0,08 | 0,40 | | 6,60 | 1181,83 | 4,95 | 1372,40 | 761,22 | 0,14 | 22,29 | 22,79 | 16,07 |
| 21.8.96 2:25 | 1,54 | 0,08 | 0,38 | 3,65 | 6,39 | 1185,88 | 4,82 | 1270,74 | 809,34 | 0,10 | 21,72 | 22,24 | 15,60 |
| 21.8.96 3:24 | 1,49 | 0,08 | 0,41 | | 6,63 | 1176,39 | 4,95 | 838,47 | 828,64 | 0,14 | 20,98 | 21,65 | 14,72 |
| 21.8.96 4:23 | 1,51 | 0,08 | | | 6,86 | 1160,66 | 5,06 | 957,44 | 843,06 | | 20,61 | 21,21 | 14,26 |
| 21.8.96 5:25 | 1,51 | 0,09 | 0,39 | | 7,83 | 1110,73 | 5,53 | 966,01 | 885,88 | 0,10 | 20,72 | 21,44 | 14,34 |
| 21.8.96 6:22 | 1,51 | 0,09 | | | 7,52 | 1146,60 | 5,48 | 996,79 | 1033,48 | | 21,26 | 22,29 | 14,72 |
| 21.8.96 8:19 | 1,65 | 0,09 | 0,41 | | 7,09 | 1142,51 | 5,15 | 2069,67 | 980,11 | 0,14 | 21,88 | 23,15 | 15,32 |
| 21.8.96 9:20 | 1,67 | 0,09 | 0,40 | | 6,39 | 1144,91 | 4,65 | 2228,05 | 950,78 | 0,12 | 21,88 | 23,07 | 15,76 |
| 21.8.96 10:21 | 1,77 | 0,09 | 0,40 | | 6,50 | 1137,76 | 4,70 | 2954,10 | 938,63 | 0,13 | 22,47 | 23,43 | 17,49 |
| 21.8.96 11:19 | 1,87 | 0,09 | | | 7,11 | 1154,23 | 5,22 | 3747,49 | 901,61 | | 23,35 | 24,65 | 19,58 |
| 21.8.96 12:20 | 1,91 | 0,09 | 0,40 | | 7,31 | 1158,85 | 5,38 | 4074,40 | 873,47 | 0,12 | 23,85 | 24,93 | 19,66 |
| 21.8.96 13:18 | 1,87 | 0,09 | 0,43 | | 7,51 | 1194,72 | 5,70 | 3932,49 | 907,03 | 0,19 | 24,03 | 25,32 | 19,81 |
| 21.8.96 14:19 | 1,86 | 0,09 | 0,35 | | 7,33 | 1155,98 | 5,38 | 3701,30 | 883,96 | 0,04 | 24,52 | 25,76 | 22,47 |
| 21.8.96 15:20 | 1,93 | 0,09 | 0,45 | | 7,99 | 1154,69 | 5,86 | 4241,20 | 965,31 | 0,23 | 25,19 | 26,46 | 23,66 |
| 21.8.96 16:18 | 1,91 | 0,09 | 0,42 | | 7,70 | 1159,70 | 5,68 | 4078,19 | 956,94 | 0,17 | 25,76 | 26,95 | 24,08 |
| 21.8.96 17:17 | 1,92 | 0,09 | 0,37 | | 8,13 | 1172,75 | 6,06 | 4202,88 | 941,96 | 0,06 | 25,97 | 27,03 | 22,94 |
| 21.8.96 18:17 | 1,84 | 0,09 | 0,45 | | 7,66 | 1158,80 | 5,64 | 3549,97 | 897,69 | 0,23 | 25,86 | 27,03 | 22,24 |
| 21.8.96 19:56 | 1,88 | 0,08 | 0,40 | | 8,21 | 1148,58 | 5,99 | 3802,94 | 820,89 | 0,13 | 25,27 | 26,25 | 19,50 |
| 21.8.96 20:54 | 1,88 | 0,08 | 0,42 | | 7,96 | 1161,56 | 5,87 | 3871,93 | 849,25 | 0,17 | 24,16 | 24,75 | 18,62 |
| 21.8.96 21:55 | 1,86 | 0,09 | 0,44 | | 7,67 | 1162,02 | 5,66 | 3691,21 | 957,77 | 0,21 | 23,72 | 24,26 | 18,13 |
| 21.8.96 22:53 | 1,82 | 0,08 | 0,42 | | 7,50 | 1162,08 | 5,53 | 3404,81 | 862,30 | 0,16 | 23,38 | 24,05 | 17,67 |
| 21.8.96 23:54 | 1,80 | 0,08 | 0,42 | | 7,45 | 1167,90 | 5,53 | 3291,21 | 789,91 | 0,17 | 23,07 | 23,64 | 17,72 |
| 22.8.96 0:52 | 1,81 | 0,08 | 0,42 | | 7,94 | 1162,25 | 5,86 | 3353,33 | 558,00 | 0,16 | 22,91 | 23,61 | 17,72 |
| 22.8.96 1:53 | 1,77 | 0,08 | 0,42 | | 7,75 | 1173,66 | | 3070,81 | 602,05 | 0,17 | 22,50 | 23,15 | 16,45 |

Anhang, Tabelle A- 4: Rohdaten Käfighaltung, Sommermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | \dot{V} | \dot{E} -NH ₃ | \dot{E} -H ₂ O | \dot{E} -CO ₂ | \dot{E} -N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Aussen |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------|--------|----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h 500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 22.8.96 2:51 | 1,77 | 0,08 | 0,45 | | 7,63 | 1159,12 | | 3032,68 | 632,67 | 0,23 | 22,09 | 22,86 | 16,12 |
| 22.8.96 3:52 | 1,72 | 0,08 | 0,41 | | 7,26 | 1167,60 | | 2636,50 | 643,73 | 0,15 | 21,34 | 22,11 | 15,52 |
| 22.8.96 4:53 | 1,66 | 0,08 | 0,42 | | 6,91 | 1151,57 | | 2109,84 | 615,90 | 0,16 | 20,95 | 21,85 | 14,93 |
| 22.8.96 5:52 | 1,70 | 0,09 | 0,38 | | 7,40 | 1135,40 | | | | | 21,39 | 22,58 | 15,42 |

Tabelle A- 5: Rohdaten Käfighaltung, Wintermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ṡ | Ė -NH ₃ | Ė -H ₂ O | Ė -CO ₂ | Ė -N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Aussen |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------|--------|----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 29.1.97 21:44 | 1,01 | 0,19 | 0,47 | | 18,87 | 351,19 | 1,96 | 608,34 | 439,85 | 0,05 | 19,19 | 19,84 | 0,28 |
| 29.1.97 22:41 | 1,05 | 0,23 | | | 18,73 | 233,61 | 1,57 | 531,42 | 448,27 | | 19,61 | 20,23 | 0,30 |
| 29.1.97 23:43 | 1,06 | 0,24 | 0,45 | | 19,17 | 233,61 | 1,61 | 541,11 | 468,99 | 0,03 | 19,61 | 20,28 | 0,00 |
| 30.1.97 0:44 | 1,06 | 0,23 | 0,43 | | 18,93 | 233,61 | 6,66 | 2302,63 | 2067,44 | 0,11 | 19,40 | 19,94 | -0,16 |
| 30.1.97 1:41 | 1,04 | 0,22 | 0,39 | | 18,87 | 2942,59 | 20,00 | 6675,87 | 5679,12 | 0,26 | 19,24 | 19,86 | -0,49 |
| 30.1.97 2:42 | 1,05 | 0,23 | 0,43 | | 18,87 | 3399,85 | 20,70 | 6949,51 | 6130,75 | 0,39 | 19,32 | 20,07 | -0,62 |
| 30.1.97 3:43 | 1,05 | 0,24 | 0,45 | | 19,00 | 3330,58 | 20,54 | 6885,72 | 6181,79 | 0,43 | 19,40 | 20,15 | -0,62 |
| 30.1.97 4:41 | 1,08 | 0,25 | 0,42 | | 18,60 | 3270,04 | 19,76 | 7114,96 | 6648,15 | 0,34 | 20,07 | 20,90 | -0,90 |
| 30.1.97 5:42 | 1,12 | 0,26 | 0,46 | | 18,67 | 3261,06 | 19,82 | 7648,96 | 6865,68 | 0,44 | 20,82 | 21,52 | -0,96 |
| 30.1.97 6:40 | 1,15 | 0,27 | 0,45 | | 18,30 | 3245,12 | 14,83 | 6134,16 | 5473,25 | 0,32 | 20,87 | 21,49 | -1,14 |
| 30.1.97 9:10 | 0,99 | 0,17 | 0,45 | | 16,47 | 980,19 | 5,00 | 1735,57 | 1206,68 | 0,12 | 19,27 | 20,54 | -1,42 |
| 30.1.97 10:11 | 1,04 | 0,19 | 0,43 | | 16,83 | 848,33 | 4,89 | 1830,18 | 1321,42 | 0,10 | 19,45 | 20,66 | -1,37 |
| 30.1.97 11:12 | 1,07 | 0,21 | 0,50 | | 18,27 | 870,20 | 5,58 | 2041,80 | 1503,02 | 0,16 | 19,97 | 21,00 | -0,60 |
| 30.1.97 12:10 | 1,06 | 0,19 | 0,47 | | 17,53 | 1026,07 | 6,24 | 2344,65 | 1541,02 | 0,16 | 19,63 | 20,87 | -0,75 |
| 30.1.97 13:11 | 1,04 | 0,18 | 0,45 | | 18,30 | 1146,94 | 6,37 | 2201,45 | 1473,96 | 0,14 | 19,48 | 20,82 | -0,80 |
| 30.1.97 14:09 | 1,10 | 0,19 | 0,47 | | 17,87 | 937,77 | 5,75 | 2254,76 | 1440,69 | 0,15 | 19,27 | 20,28 | -0,52 |
| 30.1.97 15:10 | 1,11 | 0,19 | 0,48 | | 17,77 | 1026,04 | 5,88 | 2344,76 | 1444,65 | 0,16 | 19,27 | 20,10 | -0,57 |
| 30.1.97 16:11 | 1,12 | 0,19 | 0,50 | | 18,43 | 1019,28 | 6,20 | 2441,02 | 1479,12 | 0,18 | 19,37 | 20,23 | -1,24 |
| 30.1.97 17:09 | 1,12 | 0,19 | 0,50 | | 18,10 | 1024,10 | 6,04 | 2411,13 | 1497,90 | 0,18 | 19,27 | 20,28 | -1,44 |
| 30.1.97 18:10 | 1,12 | 0,19 | 0,49 | | 18,00 | 990,85 | 5,20 | 2081,70 | 1262,58 | 0,15 | 19,19 | 20,10 | -1,55 |
| 30.1.97 20:48 | 1,08 | 0,20 | 0,41 | | 17,03 | 647,35 | 3,36 | 1353,94 | 959,07 | 0,06 | 18,73 | 19,30 | -1,70 |
| 30.1.97 21:49 | 1,09 | 0,19 | 0,42 | | 16,77 | 393,06 | 1,85 | 760,14 | 494,67 | 0,04 | 18,91 | 19,22 | -1,67 |
| 30.1.97 22:47 | 1,12 | 0,22 | 0,44 | | 16,60 | 233,61 | 1,37 | 600,80 | 445,88 | 0,03 | 18,86 | 19,09 | -1,70 |
| 30.1.97 23:48 | 1,12 | 0,22 | 0,40 | | 16,37 | 233,61 | 1,34 | 603,90 | 448,15 | 0,02 | 18,86 | 19,11 | -1,70 |
| 31.1.97 0:49 | 1,13 | 0,23 | 0,45 | | 16,05 | 233,61 | 1,36 | 613,59 | 459,25 | 0,03 | 18,93 | 19,14 | -1,67 |
| 31.1.97 1:50 | 1,13 | 0,23 | 0,40 | | 16,10 | 233,61 | 1,32 | 613,51 | 454,40 | 0,02 | 18,96 | 19,11 | -2,06 |
| 31.1.97 2:48 | 1,13 | 0,23 | 0,44 | | 16,47 | 233,61 | 1,35 | 610,23 | 458,38 | 0,03 | 18,86 | 19,06 | -1,91 |
| 31.1.97 3:49 | 1,13 | 0,22 | 0,40 | | 16,47 | 233,61 | 1,35 | 610,15 | 449,54 | 0,02 | 18,88 | 19,09 | -1,65 |
| 31.1.97 4:47 | 1,17 | 0,25 | | | 16,53 | 233,61 | 1,67 | 797,32 | 638,67 | | 19,58 | 20,07 | -1,65 |
| 31.1.97 5:48 | 1,21 | 0,26 | 0,40 | | 16,83 | 441,54 | 3,51 | 1734,35 | 1363,88 | 0,06 | 20,23 | 20,46 | -1,49 |
| 31.1.97 6:49 | 1,12 | 0,19 | | | 16,57 | 949,88 | 5,13 | 2248,40 | 1422,51 | | 19,27 | 20,12 | -1,67 |
| 31.1.97 9:20 | 1,07 | 0,20 | | | 16,33 | | | | | | 19,17 | 20,10 | -1,49 |
| 31.1.97 10:18 | 1,11 | 0,20 | | | 17,17 | | | | | | 19,19 | 20,04 | -0,70 |
| 31.1.97 11:19 | 1,13 | 0,20 | | | 18,03 | | | | | | 19,17 | 20,10 | -0,03 |
| 31.1.97 12:16 | 1,15 | 0,19 | | | 18,93 | | | | | | 19,30 | 20,12 | 0,15 |
| 31.1.97 13:18 | 1,12 | 0,18 | | | 18,30 | | | | | | 19,06 | 20,56 | 0,97 |
| 31.1.97 14:19 | 1,13 | 0,17 | | | 18,03 | | | | | | 19,04 | 19,99 | 0,89 |
| 31.1.97 15:16 | 1,11 | 0,17 | | | 17,53 | | | | | | 18,73 | 20,10 | 0,69 |
| 31.1.97 16:17 | 1,13 | 0,18 | | | 16,90 | 995,98 | 5,54 | 2439,31 | 1381,78 | | 19,01 | 19,86 | 0,36 |
| 31.1.97 17:15 | 1,16 | 0,19 | | | 16,87 | 1031,41 | 5,49 | 2523,91 | 1472,58 | | 19,14 | 20,10 | 0,15 |
| 31.1.97 19:27 | 1,11 | 0,16 | 0,40 | | 16,77 | 911,57 | 4,74 | 2026,79 | 1058,07 | 0,08 | 18,65 | 19,37 | -0,24 |

Anhang, Tabelle A- 5: Rohdaten Käfighaltung, Wintermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | \dot{V} | \dot{E} -NH ₃ | \dot{E} -H ₂ O | \dot{E} -CO ₂ | \dot{E} -N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Aussen |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------|--------|----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 31.1.97 20:28 | 1,11 | 0,17 | 0,39 | | 16,53 | 785,97 | 4,12 | 1779,67 | 956,59 | 0,06 | 18,68 | 19,30 | -0,18 |
| 31.1.97 21:26 | 1,11 | 0,18 | 0,41 | | 16,93 | 719,72 | 4,03 | 1695,08 | 977,57 | 0,07 | 18,44 | 18,98 | -0,16 |
| 31.1.97 22:27 | 1,09 | 0,17 | | | 15,97 | 732,95 | 3,80 | 1653,39 | 944,45 | | 18,39 | 18,93 | -0,26 |
| 31.1.97 23:28 | 1,09 | 0,17 | 0,40 | | 16,47 | 723,74 | 3,87 | 1635,30 | 937,79 | 0,06 | 18,34 | 18,93 | -0,34 |
| 1.2.97 0:26 | 1,09 | 0,17 | | | 15,97 | 711,93 | 3,72 | 1629,30 | 898,46 | | 18,31 | 18,83 | -0,57 |
| 1.2.97 1:27 | 1,09 | 0,17 | | | 15,83 | 709,13 | 3,68 | 1606,12 | 882,30 | | 18,31 | 19,01 | -0,39 |
| 1.2.97 2:28 | 1,09 | 0,17 | | | 16,10 | 709,85 | 3,76 | 1621,45 | 921,82 | | 18,26 | 18,80 | -0,52 |
| 1.2.97 3:25 | 1,09 | 0,17 | 0,41 | | 16,17 | 716,96 | 3,84 | 1636,89 | 924,51 | 0,07 | 18,26 | 18,80 | -0,36 |
| 1.2.97 4:27 | 1,08 | 0,17 | | | 15,93 | 738,99 | 4,12 | 1759,03 | 994,14 | | 18,24 | 18,86 | -0,47 |
| 1.2.97 5:24 | 1,11 | 0,19 | 0,41 | | 16,67 | 893,14 | 5,05 | 2165,65 | 1285,73 | 0,09 | 19,04 | 19,97 | -0,57 |
| 1.2.97 6:26 | 1,12 | 0,19 | 0,41 | | 16,73 | 982,07 | 5,31 | 2318,82 | 1391,19 | 0,09 | 19,19 | 20,35 | -0,49 |
| 1.2.97 8:44 | 1,10 | 0,20 | 0,46 | | 16,33 | 944,93 | 5,07 | 2188,58 | 1418,31 | 0,14 | 19,17 | 20,12 | -0,24 |
| 1.2.97 9:45 | 1,12 | 0,19 | | | 16,57 | 971,19 | 5,29 | 2321,14 | 1412,62 | | 19,19 | 20,17 | 0,02 |
| 1.2.97 10:46 | 1,14 | 0,19 | 0,47 | | 17,60 | 993,71 | 5,87 | 2475,12 | 1460,88 | 0,15 | 19,14 | 20,12 | 0,56 |
| 1.2.97 11:44 | 1,17 | 0,19 | 0,48 | | 18,80 | 1054,75 | 6,60 | 2708,12 | 1521,39 | 0,17 | 19,30 | 20,33 | 1,25 |
| 1.2.97 12:45 | 1,12 | 0,17 | 0,45 | | 17,67 | 1072,16 | 6,31 | 2580,09 | 1391,41 | 0,15 | 18,96 | 20,02 | 1,59 |
| 1.2.97 13:46 | 1,12 | 0,18 | 0,43 | | 18,10 | 1050,73 | 6,34 | 2540,53 | 1461,46 | 0,12 | 19,17 | 20,12 | 2,18 |
| 1.2.97 14:44 | 1,07 | 0,16 | 0,47 | | 18,07 | 1205,63 | 6,83 | 2496,50 | 1320,05 | 0,17 | 18,96 | 20,07 | 1,05 |
| 1.2.97 15:42 | 1,05 | 0,16 | 0,43 | | 16,80 | 1069,54 | 5,47 | 2093,36 | 1115,68 | 0,11 | 18,49 | 19,50 | 2,00 |
| 1.2.97 16:42 | 1,08 | 0,18 | 0,44 | | 17,07 | 953,00 | 5,33 | 2130,58 | 1237,54 | 0,12 | 18,42 | 20,07 | 0,97 |
| 1.2.97 17:43 | 1,12 | 0,20 | 0,42 | | 16,90 | 935,81 | 4,84 | 2074,67 | 1291,11 | 0,10 | 19,09 | 20,10 | -1,29 |
| 1.2.97 19:56 | 1,02 | 0,17 | | | 15,05 | 738,25 | 3,62 | 1441,63 | 895,43 | | 18,39 | 19,09 | -2,39 |
| 1.2.97 20:57 | 1,01 | 0,18 | 0,40 | | 15,73 | 689,37 | 3,54 | 1342,50 | 910,13 | 0,06 | 18,16 | 18,83 | -3,88 |
| 1.2.97 21:55 | 0,99 | 0,19 | | | 15,87 | 685,97 | 3,54 | 1294,00 | 978,59 | | 18,26 | 18,98 | -3,86 |
| 1.2.97 22:56 | 0,96 | 0,18 | | | 15,20 | 672,94 | 3,32 | 1187,23 | 917,67 | | 17,77 | 18,42 | -4,63 |
| 1.2.97 23:54 | 0,93 | 0,18 | | | 14,97 | 666,61 | 3,25 | 1101,08 | 914,94 | | 17,64 | 18,18 | -4,55 |
| 2.2.97 0:58 | 0,92 | 0,18 | | | 14,97 | 667,58 | 3,27 | 1086,99 | 866,56 | | 17,51 | 18,00 | -4,60 |
| 2.2.97 1:56 | 0,90 | 0,17 | | | 14,87 | 680,20 | 3,28 | 1040,88 | 873,54 | | 17,33 | 17,85 | -5,40 |
| 2.2.97 2:57 | 0,89 | 0,17 | | | 14,73 | 675,60 | 3,23 | 999,87 | 859,26 | | 17,20 | 17,75 | -5,86 |
| 2.2.97 3:55 | 0,88 | 0,17 | 0,42 | | 15,17 | 673,99 | 3,32 | 981,61 | 852,09 | 0,07 | 17,07 | 17,59 | -4,93 |
| 2.2.97 4:56 | 0,92 | 0,20 | 0,39 | | 15,01 | 668,69 | 3,29 | 1088,47 | 1023,31 | 0,05 | 18,00 | 18,70 | -4,88 |
| 2.2.97 5:54 | 0,95 | 0,20 | | | 14,83 | 673,48 | 3,23 | 1161,40 | 1019,71 | | 18,37 | 19,17 | -5,17 |
| 2.2.97 6:55 | 1,01 | 0,22 | | | 15,03 | 665,09 | 3,56 | 1417,29 | 1232,00 | | 18,78 | 19,61 | -5,45 |
| 2.2.97 9:21 | 0,94 | 0,21 | | | 14,57 | 857,41 | 4,00 | 1445,04 | 1338,45 | | 18,34 | 18,86 | -4,47 |
| 2.2.97 10:22 | 0,99 | 0,20 | | | 14,57 | 853,07 | 4,01 | 1583,86 | 1287,96 | | 18,39 | 18,96 | -2,19 |
| 2.2.97 11:23 | 1,05 | 0,20 | | | 16,87 | 861,85 | 4,94 | 1880,10 | 1374,79 | | 18,57 | 19,11 | -0,62 |
| 2.2.97 12:20 | 1,10 | 0,20 | | | 18,40 | 974,70 | 6,17 | 2341,20 | 1497,44 | | 18,78 | 19,30 | 0,82 |
| 2.2.97 13:21 | 1,09 | 0,17 | | | 19,97 | 1110,82 | 7,05 | 2390,88 | 1350,01 | | 18,83 | 19,30 | 1,97 |
| 2.2.97 14:19 | 1,17 | 0,20 | | | 19,90 | 963,31 | 6,32 | 2432,74 | 1410,82 | | 19,14 | 20,35 | 2,67 |
| 2.2.97 15:20 | 1,17 | 0,20 | | | 19,03 | 973,75 | 6,09 | 2464,22 | 1447,32 | | 19,32 | 20,77 | 1,92 |
| 2.2.97 16:21 | 1,14 | 0,20 | | | 18,30 | 955,66 | 5,73 | 2320,74 | 1444,27 | | 19,37 | 20,64 | 2,98 |
| 2.2.97 17:19 | 1,13 | 0,20 | | | 18,23 | 946,10 | 5,32 | 2130,25 | 1335,74 | | 19,30 | 20,51 | -1,01 |

Anhang, Tabelle A- 5: Rohdaten Käfighaltung, Wintermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | \dot{V} | \dot{E} -NH ₃ | \dot{E} -H ₂ O | \dot{E} -CO ₂ | \dot{E} -N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Aussen |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------|--------|----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | | |
| 2.2.97 19:38 | 1,03 | 0,16 | | | 16,47 | 748,07 | 3,90 | 1467,17 | 822,90 | | 18,49 | 19,09 | -3,39 |
| 2.2.97 20:39 | 1,01 | 0,17 | | | 16,67 | 677,65 | 3,72 | 1320,34 | 847,21 | | 18,24 | 18,65 | -3,73 |
| 2.2.97 21:39 | 0,99 | 0,17 | | | 16,37 | 681,03 | 3,67 | 1277,59 | 864,99 | | 18,03 | 18,49 | -4,52 |
| 2.2.97 22:38 | 0,98 | 0,17 | | | 16,60 | 693,86 | 3,77 | 1274,87 | 861,36 | | 17,87 | 18,34 | -3,75 |
| 2.2.97 23:36 | 0,96 | 0,17 | | | 16,70 | 689,08 | 3,78 | 1224,27 | 826,14 | | 17,72 | 18,13 | -3,19 |
| 3.2.97 0:40 | 0,98 | 0,16 | | | 16,33 | 688,33 | 3,68 | 1248,93 | 812,56 | | 17,62 | 18,06 | -3,27 |
| 3.2.97 1:38 | 0,98 | 0,16 | | | 16,17 | 679,38 | 3,60 | 1240,85 | 782,12 | | 17,69 | 18,21 | -3,39 |
| 3.2.97 2:36 | 0,98 | 0,16 | | | 16,47 | 677,92 | 3,70 | 1264,34 | 800,84 | | 17,69 | 18,21 | -3,55 |
| 3.2.97 3:37 | 0,98 | 0,16 | | | 16,60 | 692,02 | 3,79 | 1284,24 | 811,31 | | 17,67 | 18,13 | -3,68 |
| 3.2.97 4:38 | 1,00 | 0,18 | | | 16,27 | 693,41 | 3,70 | 1331,34 | 914,81 | | 18,16 | 18,96 | -4,32 |
| 3.2.97 5:36 | 1,05 | 0,19 | | | 17,00 | 700,27 | 3,99 | 1510,84 | 1009,60 | | 18,91 | 19,89 | -4,55 |
| 3.2.97 6:38 | 1,08 | 0,19 | | | 16,70 | 738,26 | 4,10 | 1659,42 | 1098,20 | | 19,14 | 20,10 | -4,70 |
| 3.2.97 8:55 | 1,03 | 0,19 | | | 17,03 | 751,17 | 4,22 | 1516,25 | 1087,20 | | 18,78 | 19,84 | -3,16 |
| 3.2.97 9:56 | 1,10 | 0,21 | | | 17,20 | 764,17 | 4,40 | 1775,07 | 1283,54 | | 19,22 | 20,28 | -2,78 |
| 3.2.97 10:53 | 1,11 | 0,21 | 0,43 | | 18,43 | 798,98 | 4,94 | 1897,43 | 1359,32 | 0,10 | 19,22 | 20,33 | -2,52 |
| 3.2.97 11:54 | 1,13 | 0,21 | | | 18,17 | 827,71 | 5,08 | 2027,97 | 1352,17 | | 19,27 | 20,15 | -2,39 |
| 3.2.97 12:55 | 1,13 | 0,21 | | | 18,05 | 878,51 | 5,30 | 2074,42 | 1383,76 | | 19,27 | 20,35 | -2,39 |
| 3.2.97 13:53 | 1,13 | 0,21 | | | 18,13 | 841,73 | 5,15 | 2058,76 | 1368,09 | | 19,42 | 20,41 | -2,52 |
| 3.2.97 14:54 | 1,13 | 0,20 | | | 18,33 | 894,74 | 5,42 | 2140,40 | 1391,22 | | 19,30 | 20,54 | -2,21 |
| 3.2.97 15:55 | 1,13 | 0,21 | | | 18,77 | 883,54 | 5,59 | 2162,62 | 1435,51 | | 19,30 | 20,30 | -2,44 |
| 3.2.97 16:53 | 1,15 | 0,20 | | | 18,57 | 921,86 | 5,61 | 2257,23 | 1407,17 | | 19,37 | 20,61 | -2,34 |
| 3.2.97 17:54 | 1,16 | 0,20 | | | 18,80 | 890,69 | 5,14 | 2073,28 | 1290,01 | | 19,27 | 20,54 | -2,47 |
| 3.2.97 20:08 | 1,10 | 0,18 | 0,39 | | 18,63 | 690,17 | 4,22 | 1565,41 | 919,32 | 0,05 | 18,55 | 19,19 | -2,14 |
| 3.2.97 21:09 | 1,09 | 0,19 | | | 18,05 | 670,69 | 4,18 | 1546,71 | 972,14 | | 18,39 | 18,96 | -2,21 |
| 3.2.97 22:10 | 1,09 | 0,18 | 0,39 | | 18,77 | 688,94 | 4,33 | 1558,16 | 970,96 | 0,05 | 18,29 | 18,80 | -2,21 |
| 3.2.97 23:08 | 1,08 | 0,18 | | | 18,73 | 689,12 | 4,29 | 1522,04 | 954,19 | | 18,26 | 18,75 | -2,01 |
| 4.2.97 0:09 | 1,07 | 0,19 | 0,40 | | 18,77 | 681,14 | 4,27 | 1503,16 | 944,33 | 0,06 | 18,16 | 18,73 | -1,83 |
| 4.2.97 1:10 | 1,07 | 0,18 | 0,41 | | 18,53 | 681,29 | 4,22 | 1494,90 | 877,63 | 0,06 | 18,11 | 18,70 | -1,67 |
| 4.2.97 2:08 | 1,07 | 0,18 | 0,40 | | 18,70 | 683,27 | 4,28 | 1494,90 | 906,69 | 0,06 | 18,08 | 18,75 | -1,62 |
| 4.2.97 3:09 | 1,07 | 0,18 | | | 18,80 | 689,62 | 4,32 | 1516,86 | 911,49 | | 18,06 | 18,75 | -1,47 |
| 4.2.97 4:06 | 1,07 | 0,18 | | | 19,27 | 684,77 | 4,51 | 1522,29 | 925,49 | | 18,06 | 18,73 | -1,39 |
| 4.2.97 5:07 | 1,11 | 0,20 | | | 18,90 | 731,53 | 4,84 | 1807,46 | 1159,42 | | 19,01 | 20,10 | -1,26 |
| 4.2.97 6:09 | 1,13 | 0,20 | | | 18,80 | 831,79 | 5,27 | 2035,90 | 1234,21 | | 19,09 | 20,28 | -1,26 |
| 4.2.97 7:07 | 1,13 | 0,20 | | | 18,03 | 865,22 | 5,16 | 2076,25 | 1276,74 | | 19,22 | 20,48 | -1,16 |
| 4.2.97 9:34 | 1,14 | 0,21 | 0,41 | | 18,23 | 869,68 | 5,27 | 2139,96 | 1387,17 | 0,09 | 19,22 | 20,35 | -0,52 |
| 4.2.97 10:32 | 1,16 | 0,20 | 0,37 | | 18,23 | 882,97 | 5,41 | 2276,23 | 1335,76 | 0,05 | 19,27 | 20,51 | 0,18 |
| 4.2.97 11:33 | 1,18 | 0,20 | 0,39 | | 19,05 | 932,79 | 6,40 | 2577,18 | 1435,17 | 0,07 | 19,30 | 20,59 | 1,49 |
| 4.2.97 12:34 | 1,14 | 0,15 | | | 17,87 | 1132,00 | 6,85 | 2857,84 | 1248,18 | | 19,11 | 20,46 | 2,39 |
| 4.2.97 13:32 | 1,10 | 0,15 | | | 17,27 | 1224,82 | 6,32 | 2540,01 | 1133,25 | | 18,44 | 19,92 | 2,21 |
| 4.2.97 14:33 | 1,14 | 0,16 | | | 17,00 | 1007,90 | 5,74 | 2529,99 | 1145,68 | | 19,04 | 20,25 | 2,10 |
| 4.2.97 15:34 | 1,17 | 0,17 | | | 17,47 | 1122,68 | 6,25 | 2771,30 | 1325,76 | | 19,09 | 20,59 | 1,97 |
| 4.2.97 16:32 | 1,07 | 0,14 | 0,37 | | 15,63 | 1035,84 | 5,04 | 2159,71 | 938,19 | 0,06 | 18,55 | 19,66 | 1,13 |

Anhang, Tabelle A- 5: Rohdaten Käfighaltung, Wintermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | \dot{V} | \dot{E} -NH ₃ | \dot{E} -H ₂ O | \dot{E} -CO ₂ | \dot{E} -N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Aussen |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------|--------|----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 4.2.97 17:33 | 1,16 | 0,18 | 0,38 | | 17,13 | 983,45 | 5,36 | 2417,01 | 1216,40 | 0,06 | 19,01 | 20,04 | 0,18 |
| 4.2.97 19:19 | 1,14 | 0,16 | | | 17,90 | 898,57 | 4,90 | 2019,01 | 953,40 | | 18,57 | 19,32 | 0,82 |
| 4.2.97 20:18 | 1,14 | 0,17 | | | 19,17 | 738,42 | 4,64 | 1783,34 | 864,90 | | 18,47 | 19,09 | 0,77 |
| 4.2.97 21:19 | 1,14 | 0,17 | | | 18,67 | 718,73 | 4,45 | 1751,45 | 862,83 | | 18,47 | 19,04 | 1,07 |
| 4.2.97 22:16 | 1,14 | 0,16 | | | 19,43 | 718,74 | 4,66 | 1761,66 | 840,62 | | 18,42 | 19,01 | 0,79 |
| 4.2.97 23:17 | 1,13 | 0,17 | | | 18,57 | 721,18 | 4,42 | 1731,26 | 891,48 | | 18,34 | 18,98 | 1,10 |
| 5.2.97 0:17 | 1,13 | 0,17 | | | 19,10 | 715,00 | 4,55 | 1704,39 | 887,08 | | 18,31 | 18,93 | 0,15 |
| 5.2.97 1:16 | 1,11 | 0,16 | | | 19,03 | 707,29 | 4,53 | 1657,07 | 846,02 | | 18,21 | 18,91 | 1,18 |
| 5.2.97 2:17 | 1,12 | 0,17 | | | 19,70 | 719,19 | 4,76 | 1712,06 | 882,28 | | 18,24 | 18,91 | 1,01 |
| 5.2.97 3:15 | 1,11 | 0,16 | | | 19,83 | 721,34 | 4,81 | 1690,68 | 831,08 | | 18,26 | 18,98 | 1,51 |
| 5.2.97 4:16 | 1,12 | 0,16 | | | 20,05 | 730,50 | 5,36 | 1833,92 | 922,07 | | 18,31 | 18,93 | 0,89 |
| 5.2.97 5:14 | 1,14 | 0,17 | | | 19,70 | 871,01 | 5,87 | 2167,11 | 1086,73 | | 18,98 | 20,33 | 1,25 |
| 5.2.97 6:16 | 1,17 | 0,17 | | | 19,57 | 929,46 | 6,19 | 2422,59 | 1196,33 | | 19,06 | 20,41 | 1,01 |
| 5.2.97 7:14 | 1,16 | 0,18 | | | 19,17 | 989,34 | 6,36 | 2509,70 | 1286,06 | | 19,19 | 20,54 | 1,77 |
| 5.2.97 9:48 | 1,16 | 0,18 | | | 18,90 | 1028,93 | 6,68 | 2676,27 | 1430,86 | | 19,24 | 20,59 | 2,62 |
| 5.2.97 10:45 | 1,11 | 0,16 | 0,42 | | 20,30 | 1151,14 | 7,68 | 2629,79 | 1313,35 | 0,12 | 18,96 | 19,99 | 3,57 |
| 5.2.97 11:44 | 1,06 | 0,16 | 0,38 | | 16,33 | 1158,72 | 6,28 | 2506,99 | 1357,48 | 0,07 | 19,50 | 20,56 | 4,42 |
| 5.2.97 12:44 | 1,02 | 0,14 | 0,42 | | 14,33 | 1233,20 | 5,90 | 2526,20 | 1168,97 | 0,13 | 19,06 | 20,04 | 4,65 |
| 5.2.97 13:45 | 1,02 | 0,13 | 0,39 | | 13,23 | 1329,88 | 5,45 | 2528,34 | 1084,62 | 0,10 | 19,09 | 19,97 | 3,98 |
| 5.2.97 14:46 | 1,05 | 0,14 | 0,40 | | 12,63 | 1276,40 | 5,08 | 2637,44 | 1210,02 | 0,11 | 19,01 | 20,07 | 3,67 |
| 5.2.97 15:44 | 1,04 | 0,13 | | | 11,97 | 1252,36 | 4,65 | 2503,43 | 1047,00 | | 18,75 | 19,61 | 3,39 |
| 5.2.97 16:45 | 1,09 | 0,15 | | | 11,83 | 1245,97 | 4,55 | 2749,49 | 1321,37 | | 18,60 | 19,86 | 3,29 |
| 5.2.97 17:43 | 1,09 | 0,14 | | | 12,20 | 1194,63 | 4,16 | 2401,31 | 1050,34 | | 18,70 | 19,66 | 3,49 |
| 5.2.97 19:36 | 1,07 | 0,13 | | | 10,77 | 989,51 | 3,16 | 2048,92 | 802,67 | | 18,44 | 19,30 | 1,85 |
| 5.2.97 20:33 | 1,05 | 0,14 | | | 10,87 | 887,53 | 3,00 | 1841,92 | 872,75 | | 18,39 | 19,17 | 1,28 |
| 5.2.97 21:31 | 1,02 | 0,14 | | | 10,42 | 889,32 | 2,85 | 1744,28 | 883,33 | | 18,37 | 19,11 | 1,02 |
| 5.2.97 22:34 | 1,00 | 0,15 | | | 9,95 | 864,50 | 2,58 | 1606,72 | 859,33 | | 18,39 | 19,04 | 0,66 |
| 5.2.97 23:33 | 0,99 | 0,16 | | | 10,30 | 804,44 | 2,58 | 0,00 | 943,03 | | 18,37 | 18,98 | 0,61 |
| 6.2.97 0:33 | 0,98 | 0,15 | | | 10,05 | 813,52 | 2,64 | 1516,14 | 820,12 | | 18,31 | 19,04 | 0,56 |
| 6.2.97 1:32 | 0,96 | 0,15 | | | 10,63 | 807,51 | 2,64 | 1462,99 | 810,10 | | 18,34 | 18,88 | 0,07 |
| 6.2.97 2:33 | 0,94 | 0,16 | | | 9,93 | 784,64 | 2,39 | 1388,67 | 887,23 | | 18,29 | 18,98 | -0,54 |
| 6.2.97 3:34 | 0,94 | 0,16 | | | 10,04 | 786,15 | 2,54 | 1332,75 | 862,09 | | 18,18 | 18,80 | -0,03 |
| 6.2.97 4:32 | 0,96 | 0,17 | | | 10,63 | 802,33 | 2,80 | 1438,56 | 1033,96 | | 18,47 | 19,11 | -0,62 |
| 6.2.97 5:33 | 0,98 | 0,18 | | | 11,03 | 942,56 | 3,31 | 1698,72 | 1215,41 | | 18,83 | 19,92 | -0,88 |
| 6.2.97 6:31 | | 0,2 | | | 10,9 | 1002,2 | 3,4 | 1827,19 | 1310,51 | | 18,9 | 20,0 | -0,5 |
| 6.2.97 7:31 | | 0,2 | | | | 1002,6 | | 1744,28 | 1357,48 | | 19,0 | 19,9 | 0,0 |

Tabelle A- 6: Rohdaten Bodenhaltung, Frühjahrsmessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ṁ | Ė -NH ₃ | Ė -H ₂ O | Ė -CO ₂ | Ė -N ₂ O | T _{Abluft} | T _{Tier} | T _{Aussen} |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 21.5.96 19:20 | 1,14 | 0,07 | 0,42 | | 11,27 | 1611,61 | 10,90 | 2606,35 | 1058,86 | 0,23 | 16,18 | 16,40 | 9,97 |
| 21.5.96 20:18 | 1,15 | 0,07 | 0,41 | | 11,07 | 1600,88 | 10,63 | 2659,92 | 1043,14 | 0,20 | 16,34 | 16,54 | 11,02 |
| 21.5.96 21:17 | 1,14 | 0,08 | 0,39 | | 10,80 | 1527,92 | 9,89 | 2437,15 | 1070,02 | 0,15 | 16,18 | 16,76 | 10,60 |
| 21.5.96 22:18 | 1,11 | 0,08 | 0,38 | | 11,37 | 1548,47 | 10,57 | 2126,88 | 1143,08 | 0,12 | 15,65 | 15,85 | 9,54 |
| 21.5.96 23:19 | 1,09 | 0,08 | 0,37 | 4,48 | 12,30 | 1403,74 | 10,41 | 1772,59 | 1089,42 | 0,08 | 15,40 | 15,25 | 8,19 |
| 22.5.96 0:17 | 1,07 | 0,07 | | | 12,60 | 1334,31 | 10,14 | 1507,56 | 818,90 | | 15,71 | 15,01 | 8,06 |
| 22.5.96 1:18 | 1,06 | 0,07 | | | 13,17 | 1350,77 | 10,75 | 1406,47 | 887,48 | | 15,84 | 14,92 | 8,27 |
| 22.5.96 2:17 | 1,11 | 0,07 | | | 11,97 | 1278,33 | 9,21 | 1755,84 | 666,93 | | 15,69 | 14,71 | 7,31 |
| 22.5.96 3:19 | 1,10 | 0,07 | 0,36 | | 11,70 | 1414,34 | 9,95 | 1879,98 | 783,81 | 0,08 | 15,83 | 14,98 | 8,43 |
| 22.5.96 4:18 | 1,09 | 0,07 | 0,44 | | 12,53 | 1427,84 | 10,79 | 1834,67 | 930,39 | 0,26 | 15,79 | 14,96 | 8,18 |
| 22.5.96 6:47 | 1,09 | 0,08 | | | 11,77 | 1312,99 | 9,29 | 1658,00 | 912,40 | | 15,74 | 15,29 | 7,75 |
| 22.5.96 7:48 | 1,06 | 0,08 | | | 12,10 | 1315,64 | 9,59 | 1428,17 | 921,36 | | 15,23 | 15,29 | 7,60 |
| 22.5.96 8:49 | 1,07 | 0,08 | | | 11,53 | 1268,91 | 8,83 | 1438,87 | 947,00 | | 15,64 | 15,78 | 7,60 |
| 22.5.96 9:50 | 1,04 | 0,07 | | | 9,97 | 1554,99 | 9,25 | 1412,41 | 811,27 | | 16,02 | 16,06 | 8,99 |
| 22.5.96 10:48 | 0,98 | 0,07 | | | 9,55 | 1730,95 | 9,84 | 943,34 | 996,75 | | 15,38 | 16,22 | 10,50 |
| 22.5.96 11:46 | 1,00 | 0,06 | 0,37 | | 8,73 | 1775,94 | 9,20 | 1139,51 | 861,13 | 0,10 | 15,81 | 16,57 | 11,59 |
| 22.5.96 12:47 | 1,01 | 0,06 | 0,39 | | 9,12 | 1756,27 | 9,51 | 1295,64 | 878,26 | 0,17 | 16,24 | 16,54 | 11,98 |
| 22.5.96 13:48 | 0,98 | 0,06 | | | 8,65 | 1734,12 | 8,88 | 879,76 | 810,87 | | 16,47 | 16,63 | 12,98 |
| 22.5.96 14:49 | 0,99 | 0,06 | 0,38 | | 9,85 | 1819,47 | 10,72 | 1136,13 | 932,40 | 0,13 | 17,27 | 17,90 | 13,38 |
| 22.5.96 15:47 | 0,98 | 0,06 | | | 8,39 | 1837,33 | 9,11 | 919,91 | 908,85 | | 17,26 | 17,34 | 12,69 |
| 22.5.96 16:48 | 0,89 | 0,06 | | | 8,59 | 1835,16 | 9,33 | | 828,32 | | 17,46 | 17,56 | 13,82 |
| 22.5.96 18:52 | 0,96 | 0,07 | | | 9,32 | 1860,17 | 10,30 | 688,20 | 1030,89 | | 17,52 | 17,78 | 14,05 |
| 22.5.96 19:50 | 1,00 | 0,07 | | | 9,97 | 1807,07 | 10,76 | 1144,96 | 1021,02 | | 16,87 | 17,18 | 13,40 |
| 22.5.96 20:51 | 1,02 | 0,07 | | | 10,22 | 1771,86 | 10,82 | 1413,13 | 1087,43 | | 16,45 | 17,19 | 12,65 |
| 22.5.96 21:52 | 1,05 | 0,07 | 0,37 | | 10,67 | 1607,03 | 10,27 | 1602,09 | 1081,94 | 0,11 | 15,69 | 16,25 | 10,56 |
| 22.5.96 22:50 | 1,04 | 0,07 | 0,38 | | 10,90 | 1560,20 | 10,19 | 1451,70 | 999,75 | 0,11 | 15,47 | 15,72 | 8,94 |
| 22.5.96 23:51 | 1,03 | 0,07 | 0,36 | | 10,67 | 1568,05 | 10,02 | 1389,53 | 1013,27 | 0,08 | 15,69 | 15,38 | 8,87 |
| 23.5.96 0:49 | 1,02 | 0,07 | | | 10,97 | 1568,41 | 10,31 | 1250,87 | 911,64 | | 15,40 | 15,20 | 9,01 |
| 23.5.96 1:50 | 1,02 | 0,07 | 0,37 | | 11,00 | 1495,14 | 9,86 | 1225,55 | 909,51 | 0,10 | 15,40 | 14,88 | 8,27 |
| 23.5.96 2:52 | 1,03 | 0,07 | 0,35 | | 11,53 | 1451,19 | 10,03 | 1282,08 | 966,23 | 0,06 | 15,62 | 14,83 | 7,93 |
| 23.5.96 3:49 | 1,00 | 0,07 | 0,35 | | 10,70 | 1426,28 | 9,14 | 979,52 | 883,06 | 0,05 | 15,77 | 15,00 | 8,22 |
| 23.5.96 4:51 | 1,02 | 0,07 | 0,39 | | 11,13 | 1455,02 | 9,72 | 1128,20 | 892,98 | 0,14 | 15,58 | 14,91 | 8,40 |
| 23.5.96 5:49 | 1,03 | 0,07 | | | 11,07 | 1412,50 | 9,40 | 1254,16 | 937,53 | | 15,88 | 15,05 | 8,14 |
| 23.5.96 7:58 | 1,10 | 0,08 | | | 10,32 | 1312,36 | 8,08 | 1711,94 | 1016,47 | | 15,79 | 15,62 | 8,95 |
| 23.5.96 8:59 | 1,09 | 0,08 | | | 9,92 | 1288,50 | 7,63 | 1655,62 | 895,38 | | 16,18 | 16,29 | 9,66 |
| 23.5.96 9:58 | 1,13 | 0,07 | | | 9,61 | 1587,06 | 9,19 | 2490,12 | 933,33 | | 15,09 | 15,91 | 10,38 |
| 23.5.96 10:58 | 1,18 | 0,07 | 0,37 | | 10,33 | 1748,80 | 10,80 | 3293,13 | 1082,75 | 0,12 | 15,74 | 16,51 | 11,30 |
| 23.5.96 11:56 | 1,22 | 0,07 | 0,43 | | 10,27 | 1771,22 | 10,87 | 3766,97 | 1182,90 | 0,28 | 15,96 | 16,76 | 11,66 |
| 23.5.96 12:57 | 1,29 | 0,07 | 0,36 | | 9,97 | 1741,00 | 10,36 | 4551,23 | 1162,71 | 0,09 | 16,02 | 17,00 | 11,20 |
| 23.5.96 13:58 | 1,26 | 0,07 | 0,38 | | 9,68 | 1751,16 | 10,10 | 4151,05 | 1160,02 | 0,14 | 16,51 | 16,89 | 13,27 |
| 23.5.96 15:00 | 1,25 | 0,07 | | | 10,25 | 1836,43 | 11,25 | 4271,81 | 1206,57 | | 16,76 | 17,27 | 13,04 |

Anhang, Tabelle A- 6: Rohdaten Bodenhaltung, Frühjahrsmessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | \dot{V} | \dot{E} -NH ₃ | \dot{E} -H ₂ O | \dot{E} -CO ₂ | \dot{E} -N ₂ O | T _{Abluft} | T _{Tier} | T _{Aussen} |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 23.5.96 15:57 | 1,23 | 0,07 | 0,40 | | 8,60 | 1835,36 | 9,34 | 4066,03 | 1116,47 | 0,20 | 17,39 | 17,85 | 13,71 |
| 23.5.96 16:59 | 1,22 | 0,07 | | | 9,81 | 1843,63 | 10,78 | 3961,82 | 1041,68 | | 17,56 | 17,85 | 13,98 |
| 23.5.96 19:09 | 1,21 | 0,07 | 0,42 | | 9,13 | 1849,61 | 10,03 | 3851,75 | 1175,19 | 0,28 | 17,74 | 18,46 | 14,44 |
| 23.5.96 20:06 | 1,20 | 0,07 | 0,40 | | 8,97 | 1802,38 | 9,59 | 3633,59 | 930,58 | 0,19 | 17,63 | 18,40 | 14,20 |
| 23.5.96 21:06 | 1,19 | 0,07 | 0,38 | 3,78 | 9,18 | 1755,69 | 9,57 | 3383,89 | 1030,00 | 0,13 | 17,21 | 18,07 | 13,44 |
| 23.5.96 22:05 | 1,18 | 0,07 | 0,40 | | 9,85 | 1574,52 | 9,25 | 2930,07 | 1017,45 | 0,17 | 16,47 | 17,24 | 12,04 |
| 23.5.96 23:07 | 1,21 | 0,07 | 0,42 | | 9,81 | 1566,50 | 9,16 | 3192,43 | 893,48 | 0,22 | 16,29 | 16,71 | 11,04 |
| 24.5.96 0:08 | 1,20 | 0,07 | 0,39 | | 9,96 | 1568,19 | 9,32 | 3092,00 | 1030,33 | 0,15 | 16,33 | 16,74 | 11,69 |
| 24.5.96 1:06 | 1,17 | 0,07 | 0,47 | | 9,96 | 1556,04 | 9,25 | 2826,73 | 980,24 | 0,36 | 16,13 | 16,38 | 10,10 |
| 24.5.96 2:07 | 1,19 | 0,08 | 0,42 | | 10,43 | 1487,65 | 9,25 | 2824,51 | 1102,40 | 0,21 | 15,62 | 15,76 | 9,17 |
| 24.5.96 3:04 | 1,20 | 0,08 | 0,41 | | 9,91 | 1433,56 | 8,48 | 2890,05 | 972,91 | 0,18 | 15,77 | 15,69 | 9,72 |
| 24.5.96 4:06 | 1,21 | 0,08 | 0,47 | | 10,37 | 1432,82 | 8,88 | 2983,78 | 1065,46 | 0,33 | 15,97 | 15,89 | 9,99 |
| 24.5.96 5:04 | 1,21 | 0,08 | 0,47 | | 9,97 | 1449,69 | 8,61 | 2949,02 | 997,63 | 0,32 | 15,99 | 15,92 | 10,29 |
| 24.5.96 6:05 | 1,21 | 0,09 | 0,41 | | 11,43 | 1418,68 | 9,75 | 2891,48 | 1239,22 | 0,18 | 15,86 | 15,83 | 9,97 |
| 24.5.96 8:01 | 1,32 | 0,07 | 0,38 | | 10,90 | 1635,00 | 10,68 | 4600,13 | 959,19 | 0,14 | 16,32 | 16,51 | 11,25 |
| 24.5.96 9:02 | 1,36 | 0,07 | 0,42 | | 10,97 | 1818,87 | 11,96 | 5520,42 | 1017,85 | 0,28 | 17,02 | 17,46 | 13,26 |
| 24.5.96 10:03 | 1,39 | 0,07 | 0,39 | | 10,73 | 1835,64 | 11,81 | 6020,85 | 958,04 | 0,17 | 17,39 | 18,02 | 14,52 |
| 24.5.96 11:01 | 1,43 | 0,07 | 0,41 | | 10,26 | 1834,80 | 11,25 | 6422,35 | 947,32 | 0,25 | 17,91 | 18,44 | 15,22 |
| 24.5.96 12:00 | 1,44 | 0,06 | 0,39 | | 9,47 | 1856,21 | 10,46 | 6702,92 | 938,28 | 0,19 | 18,86 | 19,13 | 17,84 |
| 24.5.96 13:00 | 1,45 | 0,06 | 0,39 | 4,41 | 10,46 | 1872,19 | 11,70 | 6880,27 | 895,08 | 0,17 | 20,06 | 20,32 | 18,57 |
| 24.5.96 14:01 | 1,45 | 0,06 | 0,40 | | 10,67 | 1877,39 | 11,99 | 6904,18 | 938,83 | 0,22 | 21,23 | 21,27 | 19,52 |
| 24.5.96 14:59 | 1,37 | 0,07 | 0,39 | | 11,30 | 1879,48 | 12,75 | 5829,28 | 1072,11 | 0,19 | 22,33 | 22,00 | 21,18 |
| 24.5.96 16:00 | 1,35 | 0,06 | 0,41 | | 10,63 | 1873,12 | 11,93 | 5646,48 | 927,03 | 0,26 | 22,94 | 22,31 | 21,82 |
| 24.5.96 17:01 | 1,36 | 0,07 | 0,39 | | 10,73 | 1872,67 | 12,04 | 5683,69 | 997,27 | 0,18 | 23,08 | 22,58 | 24,10 |
| 24.5.96 17:59 | 1,38 | 0,07 | 0,39 | | 10,80 | 1873,02 | 12,12 | 5975,23 | 967,05 | 0,19 | 22,91 | 22,76 | 22,58 |
| 24.5.96 19:59 | 1,46 | 0,07 | | | 11,37 | 1850,61 | 12,63 | 6887,67 | 1075,67 | | 22,91 | 22,87 | 21,54 |
| 24.5.96 21:00 | 1,52 | 0,07 | 0,37 | | 12,23 | 1846,33 | 13,60 | 7563,70 | 1202,54 | 0,11 | 22,55 | 22,71 | 19,82 |
| 24.5.96 22:01 | 1,42 | 0,07 | | | 12,17 | 1836,04 | 13,46 | 6345,34 | 1106,94 | | 21,04 | 21,45 | 17,38 |
| 24.5.96 22:59 | 1,37 | 0,07 | | | 11,30 | 1852,30 | 12,57 | 5827,05 | 1016,50 | | 20,19 | 20,63 | 15,92 |
| 25.5.96 0:00 | 1,38 | 0,07 | | | 12,50 | 1857,76 | 14,00 | 5963,79 | 1239,88 | | 19,94 | 20,33 | 16,25 |
| 25.5.96 0:58 | 1,38 | 0,07 | 0,38 | | 11,50 | 1858,04 | 12,84 | 5968,59 | 1039,76 | 0,16 | 18,90 | 19,53 | 14,00 |
| 25.5.96 1:59 | 1,44 | 0,07 | 0,43 | | 12,20 | 1886,26 | 13,87 | 6727,86 | 1035,14 | 0,32 | 18,44 | 19,12 | 13,72 |
| 25.5.96 2:59 | 1,44 | 0,07 | | | 12,47 | 1846,28 | 13,88 | 6667,07 | 1053,17 | | 17,84 | 18,64 | 12,79 |
| 25.5.96 3:58 | 1,44 | 0,07 | | | 12,50 | 1833,14 | 13,82 | 6619,59 | 1115,12 | | 17,69 | 18,52 | 12,64 |
| 25.5.96 4:59 | 1,44 | 0,07 | 0,37 | 3,80 | 12,20 | 1838,20 | 13,51 | 6637,88 | 1018,71 | 0,12 | 17,64 | 18,40 | 13,01 |
| 25.5.96 5:57 | 1,47 | 0,07 | | | 11,87 | 1857,95 | 13,27 | 7038,06 | 1130,14 | | 17,80 | 18,44 | 13,14 |
| 25.5.96 6:59 | 1,51 | 0,07 | 0,38 | | 12,37 | 1843,77 | 13,75 | 7434,06 | 1171,47 | 0,14 | 18,27 | 18,71 | 13,16 |
| 25.5.96 9:05 | 1,58 | 0,07 | | | 11,87 | 1865,26 | 13,32 | 8388,52 | 1185,13 | | 18,58 | 19,30 | 14,61 |
| 25.5.96 10:03 | 1,55 | 0,07 | | | 11,97 | 1879,25 | 13,54 | 8118,36 | 1224,53 | | 19,21 | 19,81 | 16,33 |
| 25.5.96 11:04 | 1,59 | 0,07 | | | 11,63 | 1871,72 | 13,09 | 8624,88 | 1179,11 | | 19,74 | 20,29 | 16,80 |
| 25.5.96 12:05 | 1,57 | 0,07 | | | 11,67 | 1851,63 | 12,99 | 8245,16 | 1156,43 | | 20,71 | 20,97 | 19,29 |
| 25.5.96 13:03 | 1,55 | 0,07 | 0,39 | | 12,80 | 1864,77 | 14,41 | 8097,12 | 1215,10 | 0,18 | 20,78 | 21,10 | 17,84 |
| 25.5.96 14:04 | 1,51 | 0,07 | | | 12,53 | 1889,46 | 14,28 | 7660,14 | 1180,05 | | 19,43 | 19,75 | 14,72 |

Anhang, Tabelle A- 6: Rohdaten Bodenhaltung, Frühjahrsmessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ṡ | Ė-NH ₃ | Ė-H ₂ O | Ė-CO ₂ | Ė-N ₂ O | T _{Abluft} | T _{Tier} | T _{Aussen} |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 25.5.96 15:02 | 1,46 | 0,07 | 0,37 | | 12,33 | 1877,11 | 13,96 | 6944,73 | 1192,66 | 0,12 | 18,51 | 19,39 | 13,71 |
| 25.5.96 16:03 | 1,49 | 0,07 | | | 12,00 | 1892,84 | 13,68 | 7422,27 | 1223,15 | | 16,91 | 18,38 | 13,29 |
| 25.5.96 17:00 | 1,49 | 0,07 | | | 11,93 | 1884,91 | 13,54 | 7349,41 | 1126,21 | | 18,40 | 18,79 | 13,67 |
| 25.5.96 18:02 | 1,46 | 0,08 | 0,37 | | 11,83 | 1873,35 | 13,34 | 6972,31 | 1322,07 | 0,11 | 18,33 | 18,69 | 13,42 |
| 25.5.96 19:00 | 1,36 | 0,07 | 0,36 | | 11,50 | 1869,02 | 12,92 | 5755,41 | 1116,71 | 0,08 | 18,15 | 18,56 | 13,54 |
| 25.5.96 20:42 | 1,31 | 0,08 | 0,37 | | 11,93 | 1860,76 | 13,37 | 5029,21 | 1343,40 | 0,13 | 17,11 | 17,81 | 11,42 |
| 25.5.96 21:43 | 1,28 | 0,07 | 0,39 | | 11,80 | 1806,10 | 12,82 | 4601,38 | 1040,02 | 0,17 | 16,40 | 17,43 | 10,80 |
| 25.5.96 22:42 | 1,27 | 0,07 | 0,36 | | 11,63 | 1749,21 | 12,24 | 4340,20 | 1045,13 | 0,09 | 16,22 | 16,94 | 10,65 |
| 25.5.96 23:42 | 1,24 | 0,07 | 0,37 | | 11,67 | 1776,72 | 12,47 | 4014,84 | 1042,34 | 0,12 | 16,01 | 16,80 | 10,35 |
| 26.5.96 0:42 | 1,24 | 0,07 | 0,41 | | 11,37 | 1804,28 | 12,32 | 4077,12 | 999,92 | 0,24 | 16,07 | 16,54 | 10,32 |
| 26.5.96 1:41 | 1,23 | 0,07 | | | 11,17 | 1805,82 | 12,10 | 4000,58 | 1049,63 | | 15,92 | 16,65 | 10,52 |
| 26.5.96 2:42 | 1,21 | 0,07 | 0,38 | | 11,27 | 1812,56 | 12,26 | 3774,59 | 1122,22 | 0,13 | 16,20 | 16,53 | 10,50 |
| 26.5.96 3:43 | 1,19 | 0,07 | 0,41 | | 11,37 | 1757,04 | 12,00 | 3425,41 | 964,23 | 0,23 | 15,98 | 16,50 | 10,15 |
| 26.5.96 4:41 | 1,20 | 0,07 | 0,41 | | 11,23 | 1768,67 | 11,93 | 3526,45 | 1047,18 | 0,24 | 15,63 | 16,22 | 10,08 |
| 26.5.96 5:39 | 1,18 | 0,07 | 0,36 | | 11,80 | 1735,48 | 12,32 | 3191,15 | 1121,46 | 0,07 | 15,79 | 16,19 | 10,01 |
| 26.5.96 6:40 | 1,20 | 0,08 | | | 11,67 | 1608,19 | 11,28 | 3206,48 | 1091,43 | | 15,69 | 16,16 | 9,44 |
| 26.5.96 7:42 | 1,19 | 0,07 | 0,36 | | 10,60 | 1732,68 | 10,99 | 3301,15 | 1138,40 | 0,10 | 15,67 | 16,66 | 9,65 |
| 26.5.96 9:51 | 1,22 | 0,07 | 0,37 | 3,81 | 9,39 | 1850,09 | 10,33 | 3975,70 | 1135,44 | 0,12 | 15,70 | 16,44 | 10,73 |
| 26.5.96 10:52 | 1,19 | 0,07 | 0,39 | | 9,27 | 1835,22 | 10,11 | 3496,52 | 1205,78 | 0,17 | 16,55 | 17,00 | 12,58 |
| 26.5.96 11:50 | 1,23 | 0,07 | 0,38 | | 8,63 | 1859,41 | 9,50 | 4119,30 | 1020,40 | 0,15 | 16,91 | 17,40 | 13,43 |
| 26.5.96 12:51 | 1,19 | 0,07 | | | 9,56 | 1879,93 | 10,70 | 3623,34 | 1092,71 | | 17,96 | 18,07 | 14,19 |
| 26.5.96 13:52 | 1,19 | 0,07 | 0,37 | 3,94 | 9,70 | 1881,42 | 10,88 | 3626,22 | 1195,40 | 0,12 | 18,07 | 18,24 | 13,72 |
| 26.5.96 14:50 | 1,13 | 0,07 | 0,37 | | 8,79 | 1894,53 | 9,87 | 2854,03 | 1172,97 | 0,13 | 18,67 | 18,53 | 15,33 |
| 26.5.96 15:51 | 1,14 | 0,07 | 0,39 | | 9,53 | 1888,58 | 10,71 | 3012,43 | 1179,51 | 0,18 | 19,16 | 19,13 | 16,34 |
| 26.5.96 16:50 | 1,12 | 0,07 | 0,36 | | 10,12 | 1893,70 | 11,45 | 2768,88 | 1141,71 | 0,10 | 18,84 | 18,65 | 15,78 |
| 26.5.96 17:50 | 1,16 | 0,07 | 0,38 | | 9,57 | 1872,56 | 10,67 | 3235,78 | 1220,17 | 0,16 | 18,51 | 18,65 | 15,01 |
| 26.5.96 18:47 | 1,16 | 0,07 | | | 9,73 | 1866,03 | 10,82 | 3224,49 | 1165,42 | | 18,24 | 18,38 | 14,77 |
| 26.5.96 20:48 | 1,15 | 0,07 | 0,42 | | 10,35 | 1865,30 | 11,55 | 3057,94 | 963,07 | 0,27 | 17,64 | 17,95 | 14,13 |
| 26.5.96 21:49 | 1,14 | 0,06 | | | 10,30 | 1802,95 | 11,10 | 2915,78 | 921,12 | | 16,93 | 17,67 | 12,64 |
| 26.5.96 22:50 | 1,16 | 0,07 | | | 10,01 | 1718,86 | 10,27 | 3008,27 | 906,06 | | 16,51 | 17,70 | 11,74 |
| 26.5.96 23:48 | 1,22 | 0,07 | 0,42 | | 11,20 | 1709,50 | 11,49 | 3597,83 | 928,88 | 0,24 | 16,38 | 17,28 | 11,42 |
| 27.5.96 0:46 | 1,24 | 0,07 | 0,45 | | 10,67 | 1652,27 | 10,55 | 3770,23 | 906,73 | 0,33 | 16,25 | 17,23 | 11,12 |
| 27.5.96 1:47 | 1,25 | 0,06 | 0,43 | | 10,93 | 1713,40 | 11,23 | 4023,58 | 838,27 | 0,27 | 16,22 | 17,11 | 11,06 |
| 27.5.96 2:48 | 1,30 | 0,06 | | | 10,53 | 1776,56 | 11,20 | 4762,27 | 840,33 | | 16,18 | 17,07 | 11,22 |
| 27.5.96 3:48 | 1,34 | 0,07 | 0,39 | | 10,90 | 1768,44 | 11,56 | 5171,45 | 922,63 | 0,17 | 16,23 | 16,98 | 11,36 |
| 27.5.96 4:47 | 1,35 | 0,06 | | | 10,93 | 1749,36 | 11,47 | 5231,94 | 789,60 | | 16,45 | 17,16 | 11,54 |
| 27.5.96 5:48 | 1,86 | 0,09 | | | 10,80 | 1799,65 | 11,65 | 11442,46 | 1737,57 | | 16,50 | 17,29 | 11,77 |
| 27.5.96 6:46 | 1,90 | 0,10 | 0,33 | | 10,83 | 1779,70 | 11,55 | 11867,59 | 1795,36 | | 16,85 | 17,65 | 11,82 |
| 27.5.96 8:59 | 1,39 | 0,07 | | | 9,20 | 1883,50 | 10,29 | 6092,10 | 1033,62 | | 17,33 | 18,17 | 12,69 |
| 27.5.96 10:00 | 1,36 | 0,07 | | 3,87 | 9,48 | 1868,06 | 10,54 | 5669,70 | 1025,15 | | 17,10 | 18,06 | 12,87 |
| 27.5.96 11:01 | 1,40 | 0,07 | | | 9,13 | 1862,62 | 10,10 | 6230,88 | 1082,65 | | 16,55 | 17,80 | 10,55 |
| 27.5.96 11:59 | 1,36 | 0,07 | | | 8,73 | 1860,91 | 9,63 | 5648,01 | 1011,16 | | 17,33 | 17,84 | 13,75 |
| 27.5.96 13:00 | 1,34 | 0,07 | | | 9,17 | 1878,53 | 10,23 | 5451,77 | 1173,23 | | 17,89 | 18,47 | 13,90 |

Anhang, Tabelle A- 6: Rohdaten Bodenhaltung, Frühjahrmessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ṡ | Ė-NH ₃ | Ė-H ₂ O | Ė-CO ₂ | Ė-N ₂ O | T _{Abluft} | T _{Tier} | T _{Aussen} |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | °C | | | |
| 27.5.96 13:59 | 1,29 | 0,07 | | | 8,65 | 1860,96 | 9,53 | 4823,59 | 1142,11 | | 17,92 | 18,14 | 14,52 |
| 27.5.96 14:58 | 1,28 | 0,06 | | | 9,35 | 1837,28 | 10,22 | 4599,41 | 928,71 | | 18,27 | 18,53 | 15,76 |
| 27.5.96 15:57 | 1,24 | 0,07 | | | 9,48 | 1844,21 | 10,41 | 4167,36 | 1022,05 | | 17,94 | 18,03 | 14,02 |
| 27.5.96 16:57 | 1,28 | 0,07 | | 4,09 | 9,48 | 1851,72 | 10,45 | 4635,56 | 1126,42 | | 17,73 | 17,80 | 13,00 |
| 27.5.96 19:13 | 1,33 | 0,07 | 0,37 | | 8,62 | 1838,68 | 9,38 | 5295,39 | 1068,73 | 0,13 | 17,04 | 17,76 | 12,00 |
| 27.5.96 20:13 | 1,33 | 0,06 | 0,39 | | 8,58 | 1854,63 | 9,41 | 5300,26 | 947,52 | 0,18 | 16,93 | 17,62 | 11,73 |
| 27.5.96 21:16 | 1,33 | 0,07 | 0,36 | | 9,58 | 1844,64 | 10,53 | 5271,69 | 1112,13 | 0,08 | 16,65 | 17,53 | 11,44 |
| 27.5.96 22:13 | 1,31 | 0,07 | | | 9,46 | 1711,60 | 9,64 | 4701,89 | 1013,39 | | 16,29 | 17,01 | 11,09 |
| 27.5.96 23:14 | 1,31 | 0,07 | 0,36 | | 9,65 | 1772,03 | 10,17 | 4820,65 | 989,99 | 0,08 | 16,22 | 16,82 | 10,82 |
| 28.5.96 0:15 | 1,31 | 0,06 | 0,38 | | 9,34 | 1795,63 | 9,97 | 4892,96 | 917,38 | 0,15 | 16,11 | 16,71 | 10,81 |
| 28.5.96 1:13 | 1,31 | 0,07 | | | 9,58 | 1824,93 | 10,41 | 5013,21 | 981,73 | | 15,95 | 16,62 | 10,75 |
| 28.5.96 2:11 | 1,28 | 0,06 | 0,36 | | 9,33 | 1821,81 | 10,11 | 4641,40 | 920,89 | 0,08 | 16,03 | 16,67 | 10,85 |
| 28.5.96 3:12 | 1,20 | 0,07 | 0,38 | | 9,41 | 1837,73 | 10,29 | 3623,43 | 1078,13 | 0,15 | 16,25 | 16,51 | 10,39 |
| 28.5.96 4:13 | 1,07 | 0,07 | | | 9,44 | 1846,33 | 10,37 | 2126,97 | 1003,24 | | 15,59 | 16,03 | 9,16 |
| 28.5.96 5:11 | 0,97 | 0,07 | 0,38 | | 9,64 | 1737,48 | 10,01 | 776,55 | 1108,03 | 0,13 | 15,04 | 15,04 | 7,56 |
| 28.5.96 7:35 | 0,96 | 0,08 | | | 10,13 | 1221,34 | 7,39 | 454,56 | 994,13 | | 15,09 | 15,20 | 5,97 |
| 28.5.96 8:36 | 0,91 | 0,08 | | | 8,49 | 1341,48 | 6,73 | 124,82 | 953,98 | | 15,60 | 14,98 | 6,99 |
| 28.5.96 9:34 | 0,97 | 0,08 | | | 9,15 | 1590,40 | 8,65 | 725,81 | 1234,28 | | 15,17 | 15,16 | 6,91 |
| 28.5.96 10:35 | 0,90 | 0,08 | | | 8,31 | 1592,97 | 7,82 | 31,76 | 1098,34 | | 14,56 | 14,46 | 6,71 |
| 28.5.96 11:36 | 0,90 | 0,07 | | | 7,77 | 1555,58 | 7,11 | | 1047,30 | | 15,02 | 15,07 | 7,98 |
| 28.5.96 12:34 | 0,94 | 0,08 | | | 8,85 | 1662,30 | 8,72 | 456,65 | 1164,14 | | 14,78 | 15,79 | 9,00 |
| 28.5.96 13:35 | 0,93 | 0,08 | | | 9,39 | 1541,85 | 8,61 | 355,24 | 1255,01 | | 15,43 | 15,52 | 10,09 |
| 28.5.96 14:36 | 0,94 | 0,08 | | | 9,02 | 1501,71 | 8,04 | 392,57 | 1206,09 | | 15,61 | 15,56 | 8,81 |
| 28.5.96 15:34 | 0,95 | 0,08 | | | 8,72 | 1520,01 | 7,85 | 481,54 | 1179,65 | | 15,73 | 15,44 | 9,63 |
| 28.5.96 16:35 | 0,96 | 0,08 | | | 8,73 | 1547,15 | 8,00 | 644,38 | 1158,85 | | 15,91 | 15,65 | 10,71 |
| 28.5.96 17:36 | 0,92 | 0,07 | | | 8,03 | 1576,83 | 7,46 | 241,04 | 1053,07 | | 16,20 | 16,09 | 10,65 |
| 28.5.96 19:42 | 0,95 | 0,08 | | | 9,02 | 1591,20 | 8,51 | 563,63 | 1182,43 | | 16,08 | 16,15 | 10,58 |
| 28.5.96 20:43 | 0,97 | 0,08 | | | 8,43 | 1468,26 | 7,32 | 666,81 | 1052,08 | | 15,87 | 15,94 | 10,01 |
| 28.5.96 21:44 | 0,97 | 0,08 | 0,41 | | 10,23 | 1415,22 | 8,65 | 655,27 | 1090,67 | 0,18 | 14,98 | 15,56 | 8,77 |
| 28.5.96 22:41 | 0,95 | 0,08 | 0,36 | | 9,86 | 1267,87 | 7,46 | 432,56 | 1025,15 | 0,06 | 15,43 | 15,03 | 7,29 |
| 28.5.96 23:42 | 0,94 | 0,09 | | 4,30 | 11,33 | 1219,03 | 8,30 | 324,07 | 1031,83 | | 14,80 | 14,20 | 5,70 |
| 29.5.96 0:43 | 0,91 | 0,09 | 0,36 | | 10,97 | 1086,56 | 7,15 | 91,47 | 1049,08 | 0,06 | 15,01 | 13,71 | 4,83 |
| 29.5.96 1:41 | 0,91 | 0,10 | 0,37 | 3,60 | 11,30 | 1106,41 | 7,51 | 66,18 | 1116,15 | 0,08 | 14,61 | 13,29 | 4,36 |
| 29.5.96 2:42 | 0,91 | 0,09 | | | 11,33 | 1005,67 | 6,85 | 86,89 | 949,21 | | 14,47 | 13,28 | 3,97 |
| 29.5.96 3:40 | 0,91 | 0,10 | 0,37 | | 11,83 | 953,56 | 6,79 | 92,95 | 1075,48 | 0,05 | 14,56 | 12,91 | 3,51 |
| 29.5.96 4:41 | 0,90 | 0,10 | | | 12,03 | 923,63 | 6,69 | 14,32 | 971,75 | | 14,88 | 11,78 | 3,58 |
| 29.5.96 5:39 | 0,92 | 0,11 | 0,38 | 3,55 | 12,93 | 958,42 | 7,49 | 133,77 | 1246,96 | 0,07 | 14,54 | 12,02 | 3,25 |

Tabelle A- 7: Rohdaten Bodenhaltung, Sommermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | \dot{V} | \dot{E} -NH ₃ | \dot{E} -H ₂ O | \dot{E} -CO ₂ | \dot{E} -N ₂ O | T _{Abluft} | T _{Tier} | T _{Aussen} |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | ppmv | | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 14.8.96 17:19 | 1,77 | 0,08 | 0,38 | | 10,63 | 2120,36 | 14,33 | 5457,74 | 1574,90 | 0,16 | | | |
| 14.8.96 18:18 | 1,76 | 0,07 | 0,36 | | 10,09 | 2113,19 | 13,55 | 5298,70 | 1396,24 | 0,08 | | | |
| 14.8.96 20:29 | 1,71 | 0,07 | 0,43 | | 11,70 | 2096,23 | 15,60 | 4601,45 | 1282,58 | 0,32 | | | |
| 14.8.96 21:30 | 1,68 | 0,07 | 0,39 | | 11,00 | 2116,01 | 14,81 | 4217,51 | 1097,33 | 0,21 | | | |
| 14.8.96 22:30 | 1,65 | 0,07 | 0,44 | 3,49 | 11,20 | 2128,07 | 15,16 | 3764,00 | 1162,03 | 0,38 | | | |
| 14.8.96 23:29 | 1,58 | 0,06 | 0,38 | 3,41 | 10,90 | 2124,48 | 14,73 | 2851,53 | 1078,50 | 0,15 | | | |
| 15.8.96 0:30 | 1,52 | 0,07 | 0,37 | | 11,10 | 2103,18 | 14,85 | 1973,00 | 1090,77 | 0,12 | | | |
| 15.8.96 1:28 | 1,51 | 0,06 | 0,46 | | 10,93 | 2082,95 | 14,49 | 1720,12 | 1023,08 | 0,43 | | | |
| 15.8.96 2:29 | 1,46 | 0,07 | 0,38 | | 11,07 | 2069,18 | 14,57 | 1104,87 | 1107,18 | 0,15 | | | |
| 15.8.96 3:28 | 1,48 | 0,06 | 0,36 | | 10,90 | 2083,46 | 14,45 | 1393,12 | 1034,76 | 0,10 | | | |
| 15.8.96 4:28 | 1,49 | 0,06 | 0,39 | | 10,87 | 2083,23 | 14,40 | 1439,72 | 1000,34 | 0,20 | | | |
| 15.8.96 5:28 | 1,46 | 0,06 | 0,42 | | 10,73 | 2074,78 | 14,17 | 1061,44 | 962,30 | 0,29 | | | |
| 15.8.96 6:27 | 1,49 | 0,07 | 0,39 | | 10,13 | 2086,11 | 13,45 | 1535,76 | 1105,03 | 0,20 | | | |
| 15.8.96 8:37 | 1,58 | 0,07 | 0,40 | | 10,30 | 2113,69 | 13,85 | 2837,10 | 1200,64 | 0,23 | 17,82 | 18,62 | 14,34 |
| 15.8.96 9:38 | 1,61 | 0,07 | 0,40 | | 10,33 | 2137,55 | 14,05 | 3205,08 | 1237,66 | 0,24 | 18,24 | 18,96 | 14,91 |
| 15.8.96 10:37 | 1,63 | 0,07 | 0,36 | | 10,10 | 2135,16 | 13,71 | 3489,04 | 1236,25 | 0,11 | 18,91 | 19,37 | 15,83 |
| 15.8.96 11:37 | 1,64 | 0,07 | | 3,96 | 9,63 | 2127,71 | 13,04 | 3715,50 | 1243,54 | | 19,92 | 20,12 | 17,64 |
| 15.8.96 12:38 | 1,68 | 0,07 | 0,47 | | 10,97 | 2129,27 | 14,85 | 4291,36 | 1442,93 | 0,46 | 20,72 | 21,03 | 17,51 |
| 15.8.96 13:36 | 1,67 | 0,07 | 0,37 | | 11,67 | 2136,11 | 15,85 | 4162,32 | 1447,92 | 0,12 | 19,81 | 20,38 | 17,51 |
| 15.8.96 14:37 | 1,77 | 0,07 | 0,39 | | 10,83 | 2116,53 | 14,59 | 5454,55 | 1411,35 | 0,19 | 20,28 | 20,41 | 16,43 |
| 15.8.96 15:36 | 1,74 | 0,07 | 0,38 | | 11,27 | 2115,18 | 15,16 | 5023,76 | 1224,74 | 0,17 | 20,72 | 21,00 | 17,93 |
| 15.8.96 16:36 | 1,74 | 0,07 | | 3,91 | 10,93 | 2117,86 | 14,73 | 5125,53 | 1133,37 | | 21,29 | 21,49 | 18,55 |
| 15.8.96 17:37 | 1,66 | 0,07 | 0,37 | | 12,10 | 2106,36 | 16,22 | 3868,83 | 1370,29 | 0,13 | 21,13 | 21,41 | 17,90 |
| 15.8.96 18:35 | 1,68 | 0,07 | 0,38 | | 12,57 | 2098,68 | 16,81 | 4239,74 | 1321,69 | 0,18 | 20,90 | 21,16 | 18,06 |
| 15.8.96 20:19 | 1,60 | 0,07 | 0,39 | | 12,23 | 2101,39 | 16,38 | 3062,34 | 1138,16 | 0,21 | 19,99 | 20,66 | 16,20 |
| 15.8.96 21:20 | 1,58 | 0,07 | 0,37 | | 12,13 | 2098,71 | 16,23 | 2822,93 | 1090,76 | 0,13 | 18,88 | 19,30 | 15,58 |
| 15.8.96 22:19 | 1,58 | 0,07 | 0,38 | | 12,93 | 2103,82 | 17,34 | 2782,38 | 1162,81 | 0,15 | 19,14 | 18,91 | 14,96 |
| 15.8.96 23:19 | 1,54 | 0,07 | 0,38 | | 12,60 | 2113,41 | 16,97 | 2271,98 | 1226,19 | 0,18 | 18,80 | 18,44 | 14,13 |
| 16.8.96 0:20 | 1,51 | 0,07 | 0,36 | | 12,27 | 2098,51 | 16,41 | 1831,09 | 1206,03 | 0,08 | 18,29 | 17,93 | 13,56 |
| 16.8.96 1:18 | 1,47 | 0,07 | 0,40 | | 11,80 | 2101,34 | 15,81 | 1171,75 | 1207,72 | 0,22 | 17,87 | 17,41 | 13,23 |
| 16.8.96 2:19 | 1,42 | 0,07 | 0,40 | | 11,80 | 2097,95 | 15,78 | 556,20 | 1251,89 | 0,24 | 17,59 | 16,89 | 12,38 |
| 16.8.96 3:19 | 1,39 | 0,07 | 0,39 | 3,51 | 12,10 | 2080,55 | 16,05 | 36,68 | 1230,08 | 0,19 | 17,31 | 16,53 | 11,84 |
| 16.8.96 4:18 | 1,38 | 0,07 | 0,37 | | 11,77 | 2065,81 | 15,50 | -10,06 | 1334,97 | 0,12 | 17,23 | 16,38 | 12,33 |
| 16.8.96 5:18 | 1,44 | 0,06 | 0,39 | | 11,63 | 2081,37 | 15,44 | 739,16 | 1058,91 | 0,19 | 17,54 | 16,71 | 12,87 |
| 16.8.96 6:18 | 1,47 | 0,07 | 0,37 | | 11,33 | 2092,95 | 15,14 | 1262,64 | 1169,66 | 0,13 | 17,95 | 17,33 | 13,13 |
| 16.8.96 8:41 | 1,58 | 0,07 | 0,42 | | 10,27 | 2106,48 | 13,81 | 2836,42 | 1200,35 | 0,30 | 18,11 | 18,91 | 14,31 |
| 16.8.96 9:42 | 1,63 | 0,07 | 0,39 | | 10,03 | 2127,34 | 13,62 | 3487,30 | 1106,80 | 0,21 | 18,60 | 19,30 | 15,45 |
| 16.8.96 10:41 | 1,64 | 0,06 | 0,39 | | 9,81 | 2136,52 | 13,37 | 3742,89 | 982,17 | 0,18 | 19,37 | 19,63 | 16,45 |
| 16.8.96 11:41 | 1,71 | 0,07 | | | 10,70 | 2127,31 | 14,53 | 4685,31 | 1177,11 | | 20,33 | 20,74 | 17,59 |
| 16.8.96 12:39 | 1,72 | 0,06 | | | 9,67 | 2123,96 | 13,11 | 4773,87 | 871,26 | | 20,72 | 20,98 | 18,00 |
| 16.8.96 13:40 | 1,75 | 0,06 | | | 11,07 | 2102,42 | 14,85 | 5151,69 | 781,39 | | 21,29 | 21,52 | 18,57 |
| 16.8.96 14:41 | 1,72 | 0,06 | 0,39 | | 8,57 | 2168,39 | 11,85 | 4922,51 | 1008,87 | 0,21 | 22,40 | 22,19 | 20,07 |
| 16.8.96 15:39 | 1,76 | 0,06 | 0,37 | | 10,30 | 2126,85 | 13,98 | 5451,15 | 954,43 | 0,14 | 22,71 | 22,71 | 20,74 |
| 16.8.96 16:40 | 1,71 | 0,06 | 0,39 | | 11,40 | 2126,33 | 15,47 | 4732,29 | 1094,91 | 0,20 | 22,76 | 22,86 | 20,64 |

Anhang, Tabelle A- 7: Rohdaten Bodenhaltung, Sommermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | \dot{V} | \dot{E} -NH ₃ | \dot{E} -H ₂ O | \dot{E} -CO ₂ | \dot{E} -N ₂ O | T _{Abluft} | T _{Tier} | T _{Aussen} |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 16.8.96 17:38 | 1,70 | 0,06 | 0,42 | | 11,90 | 2120,45 | 16,11 | 4575,94 | 870,01 | 0,31 | 22,06 | 22,27 | 18,88 |
| 16.8.96 19:06 | 1,71 | 0,07 | 0,40 | | 13,20 | 2117,03 | 17,84 | 4615,47 | 1229,84 | 0,23 | 21,39 | 21,62 | 18,42 |
| 16.8.96 20:07 | 1,69 | 0,06 | 0,41 | | 13,10 | 2091,74 | 17,49 | 4371,59 | 996,24 | 0,28 | 20,59 | 21,23 | 17,02 |
| 16.8.96 21:04 | 1,64 | 0,07 | 0,37 | | 13,10 | 2104,48 | 17,59 | 3639,78 | 1257,24 | 0,12 | 19,27 | 19,97 | 15,50 |
| 16.8.96 22:06 | 1,60 | 0,07 | 0,39 | | 13,23 | 2100,62 | 17,74 | 3017,94 | 1428,40 | 0,18 | 19,30 | 19,19 | 14,57 |
| 16.8.96 23:07 | 1,56 | 0,08 | 0,40 | | 13,67 | 2102,14 | 18,33 | 2451,94 | 1441,01 | 0,22 | 18,96 | 18,62 | 14,16 |
| 17.8.96 0:04 | 1,51 | 0,08 | 0,38 | | 12,80 | 2103,96 | 17,19 | 1743,20 | 1523,35 | 0,18 | 18,55 | 18,11 | 13,56 |
| 17.8.96 1:06 | 1,45 | 0,08 | 0,38 | | 12,67 | 2107,80 | 17,04 | 986,73 | 1502,90 | 0,17 | 18,11 | 17,49 | 12,69 |
| 17.8.96 2:05 | 1,41 | 0,07 | 0,42 | | 12,27 | 2098,66 | 16,43 | 367,93 | 1427,04 | 0,30 | 17,51 | 17,02 | 12,35 |
| 17.8.96 3:04 | 1,39 | 0,08 | 0,43 | | 12,20 | 2085,28 | 16,24 | 36,80 | 1532,75 | 0,33 | 17,31 | 16,69 | 11,71 |
| 17.8.96 4:04 | 1,34 | 0,08 | 0,38 | | 11,57 | 2063,54 | 15,23 | -614,31 | 1539,53 | 0,16 | 16,87 | 16,07 | 11,11 |
| 17.8.96 5:04 | 1,35 | 0,07 | 0,40 | | 11,53 | 2051,69 | 15,10 | -518,36 | 1383,87 | 0,22 | 16,71 | 16,07 | 11,04 |
| 17.8.96 6:06 | 1,32 | 0,08 | 0,40 | | 11,50 | 2049,95 | 15,08 | -935,46 | 1521,33 | 0,22 | 16,74 | 15,96 | 10,29 |
| 17.8.96 8:36 | 1,42 | 0,07 | | | 11,47 | 2031,10 | 14,89 | 540,22 | 1193,51 | | 16,58 | 17,36 | 11,99 |
| 17.8.96 9:36 | 1,55 | 0,07 | 0,40 | 3,75 | 10,70 | 2106,10 | 14,41 | 2319,02 | 1214,31 | 0,23 | 18,13 | 18,65 | 15,16 |
| 17.8.96 10:35 | 1,62 | 0,06 | 0,41 | | 10,13 | 2139,99 | 13,87 | 3467,31 | 997,71 | 0,28 | 19,53 | 19,76 | 16,97 |
| 17.8.96 11:36 | 1,70 | 0,07 | | | 10,70 | 2144,08 | 14,67 | 4587,00 | 1153,40 | | 20,69 | 20,82 | 18,18 |
| 17.8.96 12:36 | 1,73 | 0,06 | 0,41 | | 10,63 | 2146,03 | 14,59 | 5075,56 | 1036,05 | 0,28 | 21,65 | 21,78 | 19,48 |
| 17.8.96 13:35 | 1,77 | 0,07 | | | 12,93 | 2135,28 | 17,66 | 5532,13 | 1195,80 | | 22,16 | 22,27 | 19,71 |
| 17.8.96 14:36 | 1,73 | 0,07 | 0,39 | | 12,37 | 2120,44 | 16,77 | 4967,24 | 1316,19 | 0,21 | 22,84 | 23,02 | 20,69 |
| 17.8.96 15:36 | 1,66 | 0,07 | 0,43 | | 12,33 | 2116,97 | 16,69 | 3907,16 | 1103,59 | 0,33 | 23,12 | 23,25 | 21,60 |
| 17.8.96 16:35 | 1,60 | 0,07 | | | 12,73 | 2107,25 | 17,16 | 3128,79 | 1261,45 | | 23,04 | 23,10 | 21,16 |
| 17.8.96 17:37 | 1,59 | 0,07 | 0,37 | | 13,33 | 2097,37 | 17,89 | 2972,48 | 1209,40 | 0,14 | 22,81 | 23,04 | 20,66 |
| 17.8.96 18:35 | 1,58 | 0,07 | 0,40 | | 13,50 | 2093,54 | 18,08 | 2825,22 | 1137,86 | 0,22 | 22,45 | 22,73 | 20,30 |
| 17.8.96 20:20 | 1,65 | 0,08 | 0,39 | | 15,37 | 2096,68 | 20,60 | 3823,14 | 1474,99 | 0,21 | 21,26 | 22,09 | 17,28 |
| 17.8.96 21:21 | 1,59 | 0,07 | 0,35 | | 13,20 | 2101,92 | 17,74 | 2931,21 | 1293,09 | 0,07 | 20,07 | 20,30 | 16,07 |
| 17.8.96 22:20 | 1,57 | 0,07 | 0,40 | 3,67 | 13,83 | 2107,54 | 18,65 | 2606,14 | 1389,62 | 0,23 | 19,94 | 19,63 | 15,34 |
| 17.8.96 23:20 | 1,53 | 0,08 | 0,37 | | 13,03 | 2101,98 | 17,52 | 2124,80 | 1455,54 | 0,13 | 19,45 | 19,14 | 14,44 |
| 18.8.96 0:18 | 1,49 | 0,07 | 0,40 | 4,16 | 12,73 | 2113,96 | 17,21 | 1516,54 | 1288,83 | 0,22 | 19,22 | 18,65 | 14,05 |
| 18.8.96 1:19 | 1,45 | 0,07 | 0,39 | | 12,47 | 2109,62 | 16,82 | 989,64 | 1239,62 | 0,20 | 18,86 | 18,24 | 13,38 |
| 18.8.96 2:20 | 1,41 | 0,07 | 0,39 | | 12,17 | 2107,59 | 16,40 | 417,84 | 1401,22 | 0,21 | 18,31 | 17,69 | 12,97 |
| 18.8.96 3:18 | 1,37 | 0,07 | 0,41 | | 12,33 | 2111,67 | 16,66 | -153,31 | 1229,16 | 0,25 | 17,72 | 17,05 | 12,20 |
| 18.8.96 4:19 | 1,34 | 0,08 | 0,45 | 4,09 | 11,70 | 2097,73 | 15,70 | -625,76 | 1464,08 | 0,41 | 17,54 | 16,71 | 11,55 |
| 18.8.96 5:19 | 1,33 | 0,07 | 0,42 | | 11,73 | 2088,42 | 15,67 | -764,40 | 1250,19 | 0,29 | 17,38 | 16,38 | 11,91 |
| 18.8.96 6:19 | 1,33 | 0,07 | 0,37 | 3,52 | 10,47 | 2072,11 | 13,87 | -805,25 | 1251,94 | 0,14 | 17,25 | 16,74 | 11,71 |
| 18.8.96 7:17 | 1,37 | 0,08 | 0,38 | 4,30 | 10,10 | 2045,34 | 13,21 | -240,84 | 1405,07 | 0,14 | 16,61 | 17,38 | 12,27 |
| 18.8.96 9:16 | 1,59 | 0,07 | 0,40 | 3,56 | 10,80 | 2142,71 | 14,80 | 2988,13 | 1188,15 | 0,23 | 19,71 | 20,28 | 16,48 |
| 18.8.96 10:17 | 1,59 | 0,07 | 0,37 | | 10,63 | 2193,76 | 14,92 | 3108,68 | 1180,09 | 0,13 | 20,69 | 20,95 | 18,31 |
| 18.8.96 11:19 | 1,63 | 0,07 | 0,39 | | 11,07 | 2182,48 | 15,45 | 3585,38 | 1234,26 | 0,21 | 21,39 | 21,52 | 19,40 |
| 18.8.96 12:16 | 1,68 | 0,07 | 0,38 | | 11,17 | 2156,78 | 15,40 | 4322,29 | 1279,29 | 0,15 | 22,19 | 22,42 | 20,48 |
| 18.8.96 13:15 | 1,64 | 0,07 | | | 11,47 | 2168,18 | 15,90 | 3709,00 | 1202,34 | | 22,55 | 22,66 | 20,85 |
| 18.8.96 14:15 | 1,60 | 0,07 | 0,40 | | 11,53 | 2153,43 | 15,88 | 3197,81 | 1146,68 | 0,24 | 23,35 | 23,28 | 21,72 |
| 18.8.96 15:16 | 1,57 | 0,07 | 0,38 | | 12,30 | 2171,24 | 17,08 | 2734,08 | 1204,07 | 0,15 | 23,48 | 23,51 | 23,17 |
| 18.8.96 16:15 | 1,52 | 0,07 | 0,38 | | 12,13 | 2173,81 | 16,87 | 2001,25 | 1229,48 | 0,17 | 23,77 | 23,77 | 26,46 |
| 18.8.96 17:15 | 1,51 | 0,07 | | | 11,73 | 2160,10 | 16,21 | 1793,69 | 1245,63 | | 23,90 | 23,90 | 22,42 |
| 18.8.96 18:17 | 1,52 | 0,07 | 0,35 | | 12,33 | 2170,78 | 17,11 | 1947,77 | 1214,73 | 0,08 | 23,72 | 23,74 | 22,29 |

Anhang, Tabelle A- 7: Rohdaten Bodenhaltung, Sommermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | \dot{V} | \dot{E} -NH ₃ | \dot{E} -H ₂ O | \dot{E} -CO ₂ | \dot{E} -N ₂ O | T _{Abluft} | T _{Tier} | T _{Aussen} |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | ppmv | | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 18.8.96 20:07 | 1,55 | 0,08 | 0,37 | | 14,07 | 2115,05 | 19,01 | 2374,54 | 1533,20 | 0,13 | 22,53 | 23,07 | 19,73 |
| 18.8.96 21:08 | 1,53 | 0,07 | | | 12,87 | 2107,51 | 17,33 | 2033,29 | 1411,49 | | 21,44 | 21,44 | 17,23 |
| 18.8.96 22:06 | 1,52 | 0,07 | | | 12,97 | 2123,24 | 17,59 | 2000,63 | 1258,20 | | 21,36 | 20,85 | 17,49 |
| 18.8.96 23:07 | 1,51 | 0,07 | 0,36 | | 12,43 | 2127,81 | 16,90 | 1812,99 | 1296,09 | 0,11 | 21,05 | 20,46 | 16,92 |
| 19.8.96 0:08 | 1,50 | 0,07 | 0,36 | | 12,47 | 2150,33 | 17,13 | 1638,37 | 1298,08 | 0,10 | 20,72 | 20,10 | 16,40 |
| 19.8.96 1:05 | 1,49 | 0,07 | | | 11,87 | 2155,42 | 16,34 | 1496,24 | 1241,59 | | 20,12 | 19,61 | 15,63 |
| 19.8.96 2:07 | 1,46 | 0,07 | | 3,58 | 11,57 | 2146,08 | 15,86 | 1150,98 | 1165,22 | | 19,81 | 19,27 | 15,19 |
| 19.8.96 3:08 | 1,44 | 0,07 | | | 11,17 | 2160,26 | 15,41 | 817,59 | 1303,91 | | 19,50 | 19,01 | 14,96 |
| 19.8.96 4:05 | 1,42 | 0,07 | | | 11,20 | 2137,52 | 15,30 | 471,58 | 1172,36 | | 19,35 | 18,55 | 14,34 |
| 19.8.96 5:07 | 1,40 | 0,07 | | | 10,47 | 2146,36 | 14,35 | 231,54 | 1200,93 | | 19,04 | 18,34 | 14,16 |
| 19.8.96 6:05 | 1,40 | 0,07 | | | 10,80 | 2150,23 | 14,84 | 231,97 | 1416,53 | | 18,96 | 18,29 | 13,90 |
| 19.8.96 8:21 | 1,48 | 0,07 | 0,38 | | 9,60 | 2149,29 | 13,19 | 1443,96 | 1463,61 | 0,17 | 19,40 | 20,04 | 15,96 |
| 19.8.96 9:22 | 1,54 | 0,07 | 0,37 | 3,71 | 9,90 | 2156,75 | 13,64 | 2324,92 | 1278,55 | 0,14 | 21,08 | 21,44 | 19,04 |
| 19.8.96 10:23 | 1,57 | 0,07 | 0,35 | 3,41 | 10,06 | 2187,19 | 14,07 | 2801,58 | 1308,55 | 0,08 | 22,45 | 22,53 | 21,47 |
| 19.8.96 11:21 | 1,45 | 0,07 | 0,37 | | 9,09 | 2205,91 | 12,81 | 984,41 | 1198,09 | 0,13 | 23,54 | 23,28 | 23,43 |
| 19.8.96 12:22 | 1,36 | 0,07 | 0,39 | | 9,64 | 2207,07 | 13,59 | -359,29 | 1429,99 | 0,21 | 24,05 | 23,90 | 24,44 |
| 19.8.96 13:20 | 1,40 | 0,08 | 0,38 | | 10,12 | 2142,33 | 13,86 | 231,18 | 1553,47 | 0,18 | 24,83 | 24,57 | 25,19 |
| 19.8.96 14:21 | 1,36 | 0,07 | 0,37 | | 10,10 | 2178,95 | 14,07 | -354,72 | 1351,73 | 0,12 | 25,53 | 24,88 | 25,99 |
| 19.8.96 15:19 | 1,36 | 0,07 | | | 11,10 | 2167,46 | 15,38 | -303,96 | 1428,32 | | 25,84 | 25,55 | 26,51 |
| 19.8.96 16:20 | 1,31 | 0,07 | 0,39 | | 11,07 | 2178,18 | 15,41 | -1140,83 | 1387,35 | 0,21 | 25,89 | 25,63 | 29,28 |
| 19.8.96 17:21 | 1,38 | 0,08 | | | 12,13 | 2170,98 | 16,84 | -59,58 | 1526,43 | | 25,97 | 25,73 | 25,94 |
| 19.8.96 18:19 | 1,46 | 0,07 | 0,39 | | 12,87 | 2167,20 | 17,83 | 1065,14 | 1428,32 | 0,22 | 25,58 | 25,61 | 24,62 |
| 19.8.96 19:18 | 1,47 | 0,07 | 0,40 | 3,92 | 13,33 | 2148,05 | 18,23 | 1195,92 | 1409,58 | 0,25 | 25,11 | 25,19 | 23,77 |
| 19.8.96 21:06 | 1,48 | 0,07 | 0,36 | | 13,50 | 2110,17 | 18,13 | 1317,19 | 1408,05 | 0,11 | 23,07 | 23,17 | 20,25 |
| 19.8.96 22:07 | 1,49 | 0,07 | 0,40 | | 14,63 | 2111,63 | 19,67 | 1460,58 | 1432,37 | 0,22 | 22,89 | 22,60 | 18,39 |
| 19.8.96 23:07 | 1,44 | 0,07 | 0,39 | 3,97 | 13,27 | 2144,67 | 18,11 | 808,78 | 1442,99 | 0,18 | 22,55 | 22,19 | 18,93 |
| 20.8.96 0:06 | 1,44 | 0,07 | 0,39 | | 13,87 | 2115,64 | 18,68 | 797,83 | 1225,92 | 0,19 | 22,24 | 21,78 | 17,75 |
| 20.8.96 1:07 | 1,42 | 0,07 | 0,41 | | 14,23 | 2111,25 | 19,13 | 558,99 | 1258,17 | 0,25 | 21,75 | 21,21 | 17,28 |
| 20.8.96 2:05 | 1,43 | 0,07 | 0,37 | | 13,40 | 2123,25 | 18,11 | 657,60 | 1300,34 | 0,14 | 20,90 | 20,59 | 16,74 |
| 20.8.96 3:06 | 1,40 | 0,07 | 0,36 | | 13,10 | 2130,54 | 17,77 | 276,86 | 1199,42 | 0,08 | 20,72 | 20,15 | 16,09 |
| 20.8.96 4:04 | 1,40 | 0,07 | 0,38 | | 12,73 | 2128,26 | 17,25 | 180,93 | 1244,91 | 0,15 | 20,30 | 19,73 | 15,65 |
| 20.8.96 5:05 | 1,36 | 0,07 | 0,41 | | 13,27 | 2113,51 | 17,85 | -295,24 | 1224,79 | 0,26 | 19,99 | 19,24 | 14,67 |
| 20.8.96 6:07 | 1,35 | 0,07 | 0,39 | | 12,90 | 2115,26 | 17,37 | -437,94 | 1329,95 | 0,19 | 19,81 | 19,06 | 13,85 |
| 20.8.96 7:49 | 1,39 | 0,07 | 0,37 | | 11,67 | 2114,19 | 15,70 | 84,72 | 1352,79 | 0,14 | 19,66 | 20,35 | 16,43 |
| 20.8.96 8:50 | 1,43 | 0,07 | 0,37 | | 10,50 | 2204,82 | 14,74 | 682,82 | 1338,10 | 0,15 | 20,95 | 21,41 | 18,78 |
| 20.8.96 9:51 | 1,45 | 0,07 | | | 11,43 | 2185,82 | 15,91 | 971,64 | 1242,57 | | 22,14 | 22,42 | 20,46 |
| 20.8.96 10:49 | 1,46 | 0,07 | 0,36 | | 11,03 | 2202,92 | 15,47 | 1078,21 | 1276,46 | 0,11 | 23,04 | 23,10 | 22,01 |
| 20.8.96 11:50 | 1,45 | 0,07 | 0,37 | | 10,30 | 2200,09 | 14,43 | 978,00 | 1238,63 | 0,13 | 24,13 | 23,95 | 23,51 |
| 20.8.96 12:48 | 1,46 | 0,07 | 0,36 | | 9,76 | 2203,22 | 13,69 | 1177,42 | 1421,92 | 0,09 | 24,80 | 24,70 | 25,06 |
| 20.8.96 13:49 | 1,57 | 0,08 | 0,39 | | 12,13 | 2153,48 | 16,64 | 2747,73 | 1508,14 | 0,21 | 25,94 | 25,73 | 25,68 |
| 20.8.96 14:49 | 1,62 | 0,07 | 0,39 | | 12,20 | 2153,78 | 16,73 | 3377,38 | 1354,61 | 0,19 | 26,41 | 25,94 | 26,07 |
| 20.8.96 15:48 | 1,65 | 0,08 | 0,38 | | 13,47 | 2149,85 | 18,43 | 3854,44 | 1529,32 | 0,18 | 26,82 | 26,64 | 26,69 |
| 20.8.96 16:49 | 1,54 | 0,07 | 0,38 | | 12,13 | 2177,25 | 16,82 | 2337,79 | 1261,71 | 0,17 | 26,59 | 26,46 | 26,05 |
| 20.8.96 17:48 | 1,53 | 0,07 | 0,41 | 3,59 | 12,80 | 2168,47 | 17,67 | 2084,74 | 1280,45 | 0,28 | 26,43 | 26,36 | 25,48 |
| 20.8.96 18:46 | 1,57 | 0,07 | 0,40 | | 13,93 | 2155,34 | 19,12 | 2653,41 | 1450,34 | 0,24 | 25,89 | 25,99 | 24,67 |
| 20.8.96 19:48 | 1,57 | 0,07 | 0,45 | | 14,53 | 2123,92 | 19,61 | 2609,26 | 1356,35 | 0,39 | 25,22 | 25,50 | 22,76 |

Anhang, Tabelle A- 7: Rohdaten Bodenhaltung, Sommermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | \dot{V} | \dot{E} -NH ₃ | \dot{E} -H ₂ O | \dot{E} -CO ₂ | \dot{E} -N ₂ O | T _{Abluft} | T _{Tier} | T _{Aussen} |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | ppmv | | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 20.8.96 20:46 | 1,58 | 0,08 | 0,40 | | 15,00 | 2109,45 | 20,10 | 2780,52 | 1462,65 | 0,23 | 23,87 | 24,23 | 19,66 |
| 20.8.96 22:44 | 1,55 | 0,07 | 0,39 | | 15,87 | 2117,36 | 21,35 | 2316,36 | 1328,98 | 0,20 | 23,12 | 22,68 | 17,51 |
| 20.8.96 23:45 | 1,58 | 0,08 | 0,42 | | 16,80 | 2118,79 | 22,62 | 2745,43 | 1666,62 | 0,31 | 22,04 | 21,60 | 16,53 |
| 21.8.96 0:43 | 1,57 | 0,08 | 0,44 | | 16,03 | 2111,81 | 21,51 | 2594,41 | 1568,59 | 0,36 | 21,78 | 21,05 | 16,17 |
| 21.8.96 1:44 | 1,53 | 0,08 | 0,41 | | 15,20 | 2132,70 | 20,60 | 2141,83 | 1490,58 | 0,27 | 21,18 | 20,61 | 15,52 |
| 21.8.96 2:45 | 1,53 | 0,08 | 0,44 | | 14,90 | 2118,31 | 20,05 | 2127,37 | 1550,19 | 0,37 | 20,64 | 20,15 | 14,98 |
| 21.8.96 3:43 | 1,50 | 0,07 | 0,42 | | 13,87 | 2118,90 | 18,67 | 1700,33 | 1422,87 | 0,30 | 20,33 | 19,71 | 14,83 |
| 21.8.96 4:43 | 1,49 | 0,08 | 0,41 | 4,31 | 13,90 | 2116,78 | 18,69 | 1508,75 | 1444,66 | 0,27 | 20,07 | 19,40 | 14,31 |
| 21.8.96 5:42 | 1,47 | 0,08 | 0,44 | 3,54 | 13,10 | 2123,00 | 17,67 | 1179,98 | 1542,08 | 0,36 | 19,84 | 18,88 | 13,85 |
| 21.8.96 6:43 | 1,50 | 0,08 | 0,40 | | 11,27 | 2110,27 | 15,10 | 1693,10 | 1486,22 | 0,22 | 19,45 | 20,02 | 15,52 |
| 21.8.96 8:39 | 1,65 | 0,08 | 0,37 | | 12,47 | 2099,01 | 16,63 | 3802,38 | 1432,46 | 0,12 | 19,73 | 20,66 | 15,47 |
| 21.8.96 9:40 | 1,68 | 0,07 | 0,36 | | 11,97 | 2118,76 | 16,11 | 4170,75 | 1225,28 | 0,10 | 20,07 | 20,92 | 16,45 |
| 21.8.96 10:39 | 1,77 | 0,07 | 0,40 | | 11,60 | 2115,12 | 15,59 | 5444,28 | 1269,57 | 0,25 | 20,95 | 21,57 | 18,42 |
| 21.8.96 11:39 | 1,81 | 0,07 | 0,40 | | 12,30 | 2124,33 | 16,60 | 6039,71 | 1414,85 | 0,24 | 22,01 | 22,58 | 19,55 |
| 21.8.96 12:40 | 1,84 | 0,07 | 0,37 | | 12,83 | 2115,02 | 17,25 | 6487,47 | 1408,63 | 0,11 | 22,22 | 22,68 | 19,84 |
| 21.8.96 13:38 | 1,78 | 0,07 | 0,38 | | 14,30 | 2116,34 | 19,23 | 5637,20 | 1363,09 | 0,17 | 22,81 | 23,15 | 20,12 |
| 21.8.96 14:39 | 1,88 | 0,07 | 0,40 | | 12,67 | 2121,37 | 17,07 | 7077,87 | 1296,59 | 0,22 | 23,59 | 23,79 | 21,98 |
| 21.8.96 15:39 | 1,85 | 0,07 | 0,38 | 4,20 | 13,07 | 2124,66 | 17,64 | 6660,42 | 1170,56 | 0,17 | 24,41 | 24,62 | 24,10 |
| 21.8.96 16:38 | 1,82 | 0,07 | | | 13,90 | 2121,58 | 18,74 | 6223,47 | 1331,88 | | 24,49 | 24,65 | 22,60 |
| 21.8.96 17:39 | 1,78 | 0,07 | 0,39 | | 13,63 | 2117,29 | 18,35 | 5593,92 | 1166,75 | 0,18 | 24,47 | 24,88 | 22,37 |
| 21.8.96 18:38 | 1,77 | 0,07 | | | 14,27 | 2116,40 | 19,16 | 5536,57 | 1303,74 | | 24,26 | 24,57 | 21,96 |
| 21.8.96 20:13 | 1,85 | 0,07 | 0,44 | | 15,47 | 2107,43 | 20,69 | 6552,69 | 1402,29 | 0,37 | 23,22 | 23,85 | 19,17 |
| 21.8.96 21:14 | 1,81 | 0,07 | 0,46 | | 14,83 | 2113,47 | 19,90 | 6050,63 | 1278,99 | 0,45 | 22,55 | 22,66 | 18,39 |
| 21.8.96 22:12 | 1,82 | 0,07 | 0,45 | | 15,43 | 2114,70 | 20,72 | 6243,59 | 1372,37 | 0,40 | 22,42 | 22,27 | 18,37 |
| 21.8.96 23:13 | 1,79 | 0,07 | 0,45 | | 15,17 | 2116,55 | 20,38 | 5822,10 | 1292,39 | 0,39 | 22,24 | 21,98 | 18,13 |
| 22.8.96 0:14 | 1,79 | 0,07 | 0,43 | 4,80 | 15,20 | 2119,65 | 20,45 | 5783,29 | 1363,97 | 0,32 | 21,88 | 21,75 | 17,64 |
| 22.8.96 1:12 | 1,78 | 0,07 | 0,42 | | 14,30 | 2120,48 | 19,25 | 5595,53 | 1248,38 | 0,32 | 21,75 | 21,47 | 17,69 |
| 22.8.96 2:13 | 1,75 | 0,07 | 0,40 | | 14,60 | 2113,55 | 19,59 | 5198,43 | 1279,02 | 0,23 | 21,36 | 20,98 | 16,43 |
| 22.8.96 3:11 | 1,71 | 0,07 | 0,42 | 3,45 | 14,23 | 2109,64 | 19,06 | 4668,92 | 1380,64 | 0,30 | 20,90 | 20,43 | 15,94 |
| 22.8.96 4:12 | 1,66 | 0,07 | 0,44 | | 14,37 | 2110,81 | 19,25 | 3914,81 | 1369,82 | 0,36 | 20,56 | 19,99 | 15,19 |
| 22.8.96 5:14 | 1,63 | 0,07 | 0,41 | | 14,03 | 2104,28 | 18,75 | 3431,53 | 1331,12 | 0,28 | 20,25 | 19,50 | 15,16 |
| 22.8.96 6:12 | 1,67 | 0,07 | 0,38 | | 13,90 | 2114,18 | | | | 0,00 | 20,46 | 19,71 | 15,58 |

Tabelle A- 8: Rohdaten Bodenhaltung, Wintermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ṡ | Ė -NH ₃ | Ė -H ₂ O | Ė -CO ₂ | Ė -N ₂ O | T _{Abluft} | T _{Tier} | T _{Aussen} |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 29.1.97 10:33 | 0,89 | 0,13 | 0,40 | | 28,57 | 1024,55 | 14,91 | 2245,53 | 1267,58 | 0,26 | 15,06 | 14,16 | 0,51 |
| 29.1.97 11:34 | 0,90 | 0,12 | 0,40 | | 31,83 | 1046,14 | 17,13 | 2353,33 | 1149,60 | 0,24 | 15,11 | 14,03 | 1,10 |
| 29.1.97 12:35 | 0,91 | 0,11 | 0,39 | | 31,87 | 1307,34 | 21,43 | 3029,74 | 1357,01 | 0,32 | 14,54 | 11,40 | 1,41 |
| 29.1.97 13:33 | 0,88 | 0,11 | 0,39 | | 29,23 | 1100,33 | 16,29 | 2363,39 | 1017,70 | 0,24 | 14,91 | 13,92 | 1,28 |
| 29.1.97 14:34 | 0,89 | 0,11 | 0,41 | | 30,60 | 1249,71 | 19,68 | 2778,43 | 1253,35 | 0,28 | 14,62 | 11,76 | 1,33 |
| 29.1.97 15:35 | 0,89 | 0,12 | 0,45 | | 30,03 | 1142,00 | 17,54 | 2512,23 | 1214,86 | 0,26 | 15,06 | 13,07 | 1,07 |
| 29.1.97 16:33 | 0,87 | 0,11 | 0,42 | | 26,93 | 1184,53 | 16,28 | 2509,00 | 1171,76 | 0,26 | 14,78 | 13,02 | 0,69 |
| 29.1.97 17:34 | 0,90 | 0,12 | 0,42 | | 31,30 | 1058,25 | 16,97 | 2388,25 | 1179,64 | 0,26 | 15,09 | 13,46 | 0,51 |
| 29.1.97 18:31 | 0,90 | 0,12 | 0,42 | | 32,77 | 1069,52 | 18,00 | 2445,27 | 1156,37 | 0,22 | 14,75 | 14,18 | 0,43 |
| 29.1.97 21:03 | 0,81 | 0,11 | 0,40 | | 32,77 | 1071,76 | 13,21 | 1865,32 | 1027,94 | 0,32 | 14,67 | 13,23 | 0,10 |
| 29.1.97 22:04 | 0,80 | 0,11 | 0,43 | | 23,57 | 1094,04 | 12,94 | 1881,01 | 1045,37 | 0,32 | 14,57 | 13,07 | 0,18 |
| 29.1.97 23:02 | 0,80 | 0,11 | 0,46 | | 23,40 | 1233,64 | 14,45 | 2063,22 | 1233,74 | 0,29 | 13,51 | 10,96 | 0,15 |
| 30.1.97 0:03 | 0,76 | 0,10 | 0,42 | | 22,30 | 1268,22 | 14,17 | 1857,23 | 1108,73 | 0,28 | 12,94 | 12,09 | -0,11 |
| 30.1.97 1:04 | 0,74 | 0,10 | 0,40 | | 21,37 | 1237,02 | 13,17 | 1633,01 | 1039,46 | 0,33 | 13,36 | 11,78 | -0,49 |
| 30.1.97 2:02 | 0,75 | 0,10 | 0,47 | | 21,83 | 1180,59 | 12,87 | 1635,84 | 1131,03 | 0,31 | 13,38 | 11,73 | -0,62 |
| 30.1.97 3:03 | 0,74 | 0,10 | 0,42 | | 22,07 | 1151,54 | 12,70 | 1566,89 | 1108,60 | 0,24 | 13,98 | 11,94 | -0,75 |
| 30.1.97 4:04 | 0,75 | 0,10 | | | 21,53 | 1147,88 | 12,31 | 1588,65 | 1049,74 | 0,28 | 14,08 | 11,78 | -0,72 |
| 30.1.97 5:01 | 0,76 | 0,11 | 0,42 | | 22,03 | 1132,23 | 12,46 | 1634,55 | 1136,54 | 0,23 | 14,39 | 12,38 | -1,06 |
| 30.1.97 6:02 | 0,82 | 0,12 | 0,41 | | 22,63 | 1113,56 | 12,61 | 1995,86 | 1368,12 | 0,28 | 14,03 | 13,23 | -1,26 |
| 30.1.97 7:00 | 0,80 | 0,13 | 0,38 | | 22,40 | 1096,32 | 12,26 | 1877,24 | 1376,86 | 0,26 | 14,03 | 13,25 | -1,39 |
| 30.1.97 9:31 | 0,80 | 0,12 | 0,43 | | 24,83 | 1042,17 | 13,04 | 1757,70 | 1162,87 | 0,43 | 14,47 | 13,15 | -1,42 |
| 30.1.97 10:32 | 0,83 | 0,12 | 0,49 | | 25,27 | 1021,98 | 13,01 | 1885,20 | 1248,49 | 0,36 | 14,65 | 13,69 | -0,98 |
| 30.1.97 11:33 | 0,84 | 0,12 | 0,48 | | 30,30 | 1041,29 | 16,13 | 2029,94 | 1220,31 | 0,36 | 14,67 | 13,56 | -0,70 |
| 30.1.97 12:30 | 0,85 | 0,12 | 0,44 | | 30,80 | 1064,16 | 16,76 | 2087,53 | 1281,33 | 0,42 | 14,80 | 13,36 | -0,54 |
| 30.1.97 13:31 | 0,84 | 0,12 | 0,45 | | 34,50 | 1059,59 | 18,80 | 2057,42 | 1308,79 | 0,34 | 14,75 | 13,49 | -0,52 |
| 30.1.97 14:29 | 0,84 | 0,13 | 0,49 | | 33,73 | 1018,10 | 17,63 | 1944,72 | 1295,18 | 0,43 | 14,70 | 12,94 | -0,54 |
| 30.1.97 15:27 | 0,79 | 0,11 | 0,49 | | 27,60 | 1188,38 | 16,74 | 1976,56 | 1219,78 | 0,41 | 14,60 | 12,22 | -1,03 |
| 30.1.97 16:31 | 0,82 | 0,13 | 0,46 | | 32,40 | 1031,83 | 17,13 | 1857,39 | 1308,52 | 0,42 | 14,65 | 13,43 | -1,24 |
| 30.1.97 17:29 | 0,82 | 0,12 | 0,48 | | 33,63 | 1048,31 | 18,13 | 1873,76 | 1296,96 | 0,38 | 14,39 | 13,54 | -1,42 |
| 30.1.97 18:30 | 0,80 | 0,12 | 0,48 | | 33,37 | 1088,96 | 18,65 | 1851,39 | 1237,93 | 0,31 | 14,11 | 13,31 | -1,57 |
| 30.1.97 21:09 | 0,71 | 0,10 | 0,39 | | 21,97 | 1075,47 | 11,76 | 1228,98 | 976,01 | 0,24 | 14,36 | 12,66 | -1,78 |
| 30.1.97 22:10 | 0,72 | 0,10 | 0,41 | | 22,17 | 1119,87 | 12,37 | 1372,20 | 1084,65 | 0,22 | 14,00 | 12,04 | -1,73 |
| 30.1.97 23:11 | 0,72 | 0,11 | 0,41 | | 22,63 | 1124,38 | 12,68 | 1405,46 | 1097,67 | 0,23 | 14,08 | 12,35 | -1,60 |
| 31.1.97 0:08 | 0,72 | 0,10 | 0,43 | | 21,80 | 1117,95 | 12,11 | 1389,54 | 1081,45 | 0,20 | 14,05 | 12,25 | -1,75 |
| 31.1.97 1:09 | 0,71 | 0,11 | 0,40 | | 21,80 | 1129,48 | 12,24 | 1350,28 | 1108,90 | 0,26 | 13,85 | 11,94 | -1,93 |
| 31.1.97 2:07 | 0,71 | 0,10 | 0,40 | | 20,90 | 1146,48 | 11,86 | 1358,55 | 1092,49 | 0,24 | 13,67 | 11,73 | -1,96 |
| 31.1.97 3:08 | 0,71 | 0,10 | 0,41 | | 20,90 | 1146,10 | 11,85 | 1353,67 | 1011,64 | 0,27 | 13,92 | 11,96 | -1,67 |
| 31.1.97 4:09 | 0,71 | 0,10 | | | 20,70 | 1146,77 | 11,72 | 1340,11 | 1027,48 | 0,18 | 13,85 | 11,86 | -1,60 |
| 31.1.97 5:07 | 0,72 | 0,11 | 0,41 | | 21,27 | 1118,76 | 11,77 | 1395,58 | 1116,02 | 0,22 | 14,44 | 12,97 | -1,55 |
| 31.1.97 6:08 | 0,80 | 0,12 | | | 25,43 | 1087,38 | 13,90 | 1818,51 | 1339,35 | 0,27 | 13,85 | 13,10 | -1,67 |
| 31.1.97 7:06 | 0,79 | 0,12 | 0,39 | | 23,17 | 1068,16 | 12,37 | 1757,60 | 1258,60 | 0,19 | 14,03 | 13,38 | -1,55 |
| 31.1.97 9:37 | 0,86 | 0,14 | | | 30,57 | 1049,68 | | | | | 14,41 | 13,49 | -1,16 |
| 31.1.97 10:38 | 0,86 | 0,13 | | | 31,67 | | | | | | 14,88 | 13,56 | -0,26 |
| 31.1.97 11:39 | 0,88 | 0,13 | | | 35,53 | | | | | | 14,78 | 13,59 | 0,36 |

Anhang, Tabelle A- 8: Rohdaten Bodenhaltung, Wintermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ḃ | Ė-NH ₃ | Ė-H ₂ O | Ė-CO ₂ | Ė-N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Aussen |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|----------|--------|----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 31.1.97 12:37 | 0,89 | 0,13 | | | 33,70 | | | | | | 14,98 | 13,41 | 0,46 |
| 31.1.97 13:38 | 0,96 | 0,14 | | | 38,23 | | | | | | 15,34 | 14,18 | 0,77 |
| 31.1.97 14:39 | 0,84 | 0,11 | | | 38,23 | | | | | | 14,78 | 13,51 | 0,82 |
| 31.1.97 15:37 | 0,88 | 0,13 | | | 31,63 | 1150,90 | 18,64 | 2475,56 | 1500,82 | | 14,88 | 13,51 | 0,23 |
| 31.1.97 16:38 | 0,88 | 0,13 | | | 32,73 | 1061,93 | 17,76 | 2243,39 | 1346,80 | 0,19 | 14,88 | 14,00 | 0,20 |
| 31.1.97 17:35 | 0,91 | 0,13 | | | 32,80 | 1412,01 | 23,94 | 3301,66 | 1931,60 | 0,15 | 14,54 | 13,69 | -0,21 |
| 31.1.97 19:47 | 0,81 | 0,10 | | | 24,60 | 1288,60 | 16,02 | 2240,14 | 1241,57 | 0,25 | 13,07 | 9,39 | -0,29 |
| 31.1.97 20:48 | 0,78 | 0,10 | 0,41 | | 21,77 | 1255,71 | 13,25 | 1896,37 | 1083,16 | 0,16 | 14,34 | 12,25 | -0,16 |
| 31.1.97 21:50 | 0,80 | 0,10 | 0,39 | | 23,23 | 1126,87 | 13,06 | 1895,44 | 1019,54 | 0,29 | 14,00 | 10,88 | -0,26 |
| 31.1.97 22:47 | 0,80 | 0,10 | | | 22,63 | 1212,62 | 13,62 | 2004,28 | 1071,53 | 0,27 | 13,85 | 10,96 | -0,42 |
| 31.1.97 23:48 | 0,78 | 0,10 | 0,40 | | 21,77 | 1192,76 | 12,83 | 1882,73 | 991,69 | 0,19 | 13,72 | 10,47 | -0,57 |
| 1.2.97 0:46 | 0,79 | 0,10 | 0,36 | | 22,33 | 1176,48 | 13,04 | 1873,18 | 979,35 | 0,22 | 13,92 | 11,06 | -0,34 |
| 1.2.97 1:47 | 0,79 | 0,10 | | | 22,07 | 1175,33 | 12,84 | 1908,84 | 955,38 | 0,25 | 14,23 | 12,22 | -0,54 |
| 1.2.97 2:48 | 0,79 | 0,10 | 0,40 | | 22,33 | 1094,47 | 12,13 | 1784,68 | 916,22 | 0,27 | 14,47 | 12,45 | -0,36 |
| 1.2.97 3:46 | 0,79 | 0,10 | 0,40 | | 22,30 | 1101,25 | 12,24 | 1807,69 | 915,79 | 0,26 | 14,39 | | -0,57 |
| 1.2.97 4:47 | 0,79 | 0,10 | | | 22,10 | 1118,35 | 12,31 | 1826,47 | 960,96 | 0,32 | 14,80 | 12,82 | -0,57 |
| 1.2.97 5:45 | 0,87 | 0,12 | 0,39 | | 23,47 | 1079,87 | 12,69 | 2236,93 | 1190,60 | 0,25 | 14,78 | 13,77 | -0,49 |
| 1.2.97 6:47 | 0,87 | 0,12 | 0,40 | | 23,87 | 1070,86 | 12,76 | 2211,76 | 1231,00 | 0,28 | 14,47 | 13,74 | -0,65 |
| 1.2.97 9:04 | 0,85 | 0,12 | 0,45 | | 25,07 | 1100,44 | 13,89 | 2179,82 | 1219,08 | 0,29 | 14,72 | 13,64 | 0,02 |
| 1.2.97 10:05 | 0,87 | 0,12 | 0,46 | | 28,60 | 1098,89 | 15,94 | 2282,91 | 1276,09 | 0,36 | 14,80 | 13,85 | 1,02 |
| 1.2.97 11:03 | 0,89 | 0,13 | 0,47 | | 31,30 | 1095,26 | 17,48 | 2402,43 | 1384,10 | 0,37 | 15,32 | 13,13 | 1,07 |
| 1.2.97 12:04 | 0,84 | 0,10 | 0,45 | | 27,30 | 1108,69 | 15,35 | 2108,71 | 969,79 | 0,28 | 15,01 | 12,56 | 1,59 |
| 1.2.97 13:05 | 0,85 | 0,12 | 0,46 | | 33,07 | 1116,72 | 18,90 | 2197,06 | 1239,91 | 0,33 | 15,09 | 13,28 | 2,46 |
| 1.2.97 14:03 | 0,83 | 0,12 | 0,45 | | 32,77 | 1093,96 | 18,40 | 2044,34 | 1315,31 | 0,31 | 13,02 | 11,89 | 1,00 |
| 1.2.97 15:03 | 0,85 | 0,11 | 0,46 | | 29,63 | 1594,42 | 24,00 | 3166,94 | 1665,29 | 0,41 | 14,47 | 12,84 | 1,87 |
| 1.2.97 16:05 | 0,74 | 0,10 | 0,41 | | 25,47 | 1388,48 | 17,42 | 1816,85 | 1162,13 | 0,27 | 14,85 | 12,12 | 0,56 |
| 1.2.97 17:03 | 0,80 | 0,12 | 0,42 | | 31,13 | 1108,59 | 17,62 | 1859,42 | 1289,18 | 0,31 | 14,91 | 14,00 | -1,88 |
| 1.2.97 18:04 | 0,80 | 0,12 | 0,47 | | 32,30 | 1052,41 | 17,39 | 1770,55 | 1247,94 | 0,30 | 15,06 | 14,11 | -1,80 |
| 1.2.97 20:17 | 0,70 | 0,11 | | | 23,23 | 1115,33 | 12,93 | 1203,30 | 1030,15 | 0,25 | 13,90 | 12,12 | -3,93 |
| 1.2.97 21:18 | 0,68 | 0,10 | | | 23,07 | 1084,60 | 12,36 | 1052,99 | 966,91 | 0,21 | 14,49 | 12,64 | -3,86 |
| 1.2.97 22:15 | 0,66 | 0,10 | | | 22,23 | 1090,53 | 12,06 | 985,65 | 976,11 | 0,27 | 13,87 | 12,02 | -4,32 |
| 1.2.97 23:16 | 0,64 | 0,10 | | | 21,83 | 1102,41 | 11,94 | 846,51 | 1011,78 | 0,20 | 13,62 | 11,84 | -4,60 |
| 2.2.97 0:18 | 0,63 | 0,10 | | | 20,80 | 1113,32 | 11,45 | 795,28 | 947,50 | 0,20 | 13,51 | 11,68 | -5,01 |
| 2.2.97 1:15 | 0,62 | 0,10 | | | 20,10 | 1109,91 | 10,99 | 718,50 | 959,66 | 0,25 | 13,31 | 11,35 | -5,42 |
| 2.2.97 2:16 | 0,61 | 0,10 | | | 20,00 | 975,77 | 9,55 | 576,42 | 851,45 | 0,22 | 14,93 | 13,33 | -5,88 |
| 2.2.97 3:17 | 0,74 | 0,15 | | | 28,03 | 727,11 | 10,33 | 984,25 | 1164,86 | 0,29 | 13,43 | 11,60 | -5,01 |
| 2.2.97 4:15 | 0,62 | 0,10 | | | 20,33 | 795,04 | 7,80 | 485,25 | 643,12 | 0,17 | 14,18 | 12,53 | -5,04 |
| 2.2.97 5:16 | 0,63 | 0,10 | | | 21,00 | 929,17 | 9,85 | 674,21 | 829,25 | 0,20 | 13,62 | 12,17 | -5,04 |
| 2.2.97 6:14 | 0,67 | 0,11 | | | 22,20 | 1109,49 | 12,23 | 1040,66 | 1113,38 | 0,19 | 13,31 | 12,43 | -5,52 |
| 2.2.97 7:16 | 0,67 | 0,12 | 0,38 | | 22,53 | 1078,13 | 12,07 | 1005,85 | 1235,75 | 0,24 | 12,84 | | -5,96 |
| 2.2.97 9:41 | 0,68 | 0,12 | | | 24,60 | 1104,26 | 13,60 | 1088,38 | 1195,46 | | 13,90 | 11,91 | -2,11 |
| 2.2.97 10:42 | 0,72 | 0,12 | | | 24,33 | 1137,14 | 13,83 | 1352,86 | 1240,26 | 0,13 | 14,52 | 12,76 | -0,44 |
| 2.2.97 11:43 | 0,77 | 0,13 | | | 27,60 | 1121,43 | 15,62 | 1680,29 | 1338,29 | 0,27 | 14,83 | 13,38 | 0,87 |
| 2.2.97 12:41 | 0,79 | 0,13 | | | 29,53 | 1170,15 | 17,58 | 1891,90 | 1397,27 | 0,21 | 15,09 | 13,77 | 2,10 |
| 2.2.97 13:38 | 0,80 | 0,12 | | | 32,20 | 1314,46 | 21,45 | 2202,85 | 1541,98 | 0,25 | 15,16 | 14,08 | 2,80 |
| 2.2.97 14:39 | 0,77 | 0,12 | | | 31,30 | 1102,60 | 17,55 | 1637,32 | 1285,07 | 0,22 | 15,19 | 13,98 | 1,90 |

Anhang, Tabelle A- 8: Rohdaten Bodenhaltung, Wintermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | V̇ | Ė-NH ₃ | Ė-H ₂ O | Ė-CO ₂ | Ė-N ₂ O | T _{Abluft} | T _{Tier} | T _{Aussen} |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 2.2.97 15:41 | 0,74 | 0,11 | | | 31,70 | 1097,89 | 17,69 | 1433,89 | 1139,90 | 0,25 | 14,70 | 13,87 | 4,39 |
| 2.2.97 16:42 | 0,73 | 0,11 | 0,38 | | 31,47 | 1066,40 | 17,04 | 1386,45 | 1111,99 | 0,21 | 15,99 | 15,24 | -1,26 |
| 2.2.97 17:39 | 0,82 | 0,14 | | | 26,83 | 1436,54 | 19,54 | 2603,00 | 2074,19 | 0,23 | 14,65 | 13,64 | -3,45 |
| 2.2.97 19:59 | 0,66 | 0,09 | 0,36 | | 21,70 | 1132,51 | 12,15 | 956,64 | 849,75 | 0,17 | 13,56 | 11,78 | -4,73 |
| 2.2.97 21:00 | 0,64 | 0,09 | | | 20,37 | 1111,65 | 11,14 | 812,16 | 803,58 | 0,17 | 13,43 | 11,11 | -4,06 |
| 2.2.97 22:01 | 0,66 | 0,09 | | | 20,33 | 1135,19 | 11,37 | 995,27 | 769,13 | | 13,02 | 11,60 | -3,52 |
| 2.2.97 22:59 | 0,66 | 0,09 | | | 19,73 | 1099,20 | 10,63 | 968,05 | 794,31 | | 13,25 | 11,53 | -3,21 |
| 3.2.97 0:00 | 0,68 | 0,09 | | | 20,07 | 1138,60 | 11,23 | 1094,81 | 821,21 | 0,18 | 13,33 | 11,42 | -3,34 |
| 3.2.97 0:57 | 0,67 | 0,09 | | | 19,73 | 1142,58 | 11,06 | 1061,65 | 771,02 | | 13,18 | 11,22 | -3,45 |
| 3.2.97 1:58 | 0,67 | 0,08 | | | 19,10 | 1153,87 | 10,79 | 1060,09 | 757,96 | 0,17 | 13,20 | 11,37 | -3,75 |
| 3.2.97 2:57 | 0,66 | 0,09 | | | 19,23 | 1125,07 | 10,59 | 1003,09 | 769,83 | | 13,18 | 11,35 | -4,06 |
| 3.2.97 3:57 | 0,66 | 0,09 | | | 19,10 | 1110,72 | 10,40 | 983,34 | 745,76 | | 13,05 | | -4,47 |
| 3.2.97 4:58 | 0,67 | 0,09 | | | 20,07 | 1109,86 | 10,95 | 1008,86 | 790,67 | 0,17 | 13,41 | 12,27 | -4,47 |
| 3.2.97 5:56 | 0,73 | 0,10 | | | 21,40 | 1095,14 | 11,59 | 1394,46 | 932,59 | | 13,20 | 12,40 | -4,40 |
| 3.2.97 6:58 | 0,73 | 0,09 | | | 22,20 | 1088,15 | 11,99 | 1402,11 | 876,17 | | 13,20 | 12,30 | -3,81 |
| 3.2.97 9:15 | 0,75 | 0,11 | 0,39 | | 22,17 | 1221,00 | 12,89 | 1639,75 | 1215,58 | 0,22 | 13,82 | 13,20 | -2,65 |
| 3.2.97 10:16 | 0,77 | 0,11 | | | 23,90 | 1027,07 | 12,27 | 1540,16 | 1085,92 | 0,20 | 14,18 | 13,23 | -2,42 |
| 3.2.97 11:15 | 0,81 | 0,12 | | | 28,07 | 1017,63 | 14,45 | 1737,69 | 1222,98 | 0,25 | 13,85 | 12,89 | -2,42 |
| 3.2.97 12:15 | 0,80 | 0,12 | | | 29,83 | 1056,82 | 16,02 | 1779,26 | 1216,71 | 0,18 | 14,31 | 13,18 | -2,42 |
| 3.2.97 13:12 | 0,81 | 0,12 | | | 29,93 | 1069,42 | 16,26 | 1845,04 | 1295,83 | 0,25 | 14,36 | 13,28 | -2,21 |
| 3.2.97 14:13 | 0,82 | 0,12 | | | 31,10 | 1030,54 | 16,32 | 1817,57 | 1186,60 | 0,20 | 14,70 | 13,31 | -2,14 |
| 3.2.97 15:15 | 0,82 | 0,13 | | | 30,07 | 1062,64 | 16,25 | 1926,13 | 1358,25 | 0,24 | 14,39 | 13,10 | -2,29 |
| 3.2.97 16:16 | 0,80 | 0,12 | | | 29,47 | 1069,24 | 15,92 | 1778,10 | 1210,75 | 0,26 | 14,41 | 13,15 | -2,37 |
| 3.2.97 17:13 | 0,81 | 0,12 | 0,40 | | 29,33 | 1039,02 | 15,44 | 1810,93 | 1261,45 | 0,23 | 14,49 | 13,20 | -2,29 |
| 3.2.97 18:15 | 0,81 | 0,12 | 0,38 | | 30,80 | 1032,97 | 16,21 | 1782,18 | 1253,00 | 0,23 | 14,34 | 13,41 | -2,44 |
| 3.2.97 20:28 | 0,73 | 0,11 | | | 21,63 | 1065,27 | 11,43 | 1332,47 | 1032,48 | 0,21 | 13,74 | 12,22 | -2,19 |
| 3.2.97 21:29 | 0,74 | 0,11 | | | 21,83 | 1081,23 | 11,72 | 1439,27 | 1078,45 | 0,21 | 14,08 | 12,38 | -2,11 |
| 3.2.97 22:31 | 0,74 | 0,10 | | | 21,33 | 1107,57 | 11,70 | 1452,91 | 1016,95 | 0,20 | 13,82 | 12,07 | -1,88 |
| 3.2.97 23:28 | 0,73 | 0,11 | | | 20,67 | 1105,38 | 11,27 | 1435,78 | 1090,75 | 0,23 | 13,87 | 12,02 | -1,75 |
| 4.2.97 0:29 | 0,74 | 0,10 | 0,38 | | 20,30 | 1104,20 | 11,06 | 1454,43 | 953,74 | 0,19 | 13,77 | 11,84 | -1,70 |
| 4.2.97 1:27 | 0,73 | 0,11 | | | 19,05 | 1121,20 | 10,75 | 1441,88 | 1005,83 | 0,25 | 13,77 | 11,81 | -1,55 |
| 4.2.97 2:28 | 0,73 | 0,10 | | | 18,93 | 1128,77 | 10,48 | 1431,53 | 959,56 | 0,19 | 13,80 | 11,78 | -1,42 |
| 4.2.97 3:29 | 0,74 | 0,10 | | | 19,53 | 1131,13 | 10,86 | 1501,07 | 982,53 | 0,26 | 13,92 | 12,02 | -1,47 |
| 4.2.97 4:27 | 0,73 | 0,10 | | | 19,23 | 1120,21 | 10,57 | 1441,09 | 967,34 | 0,22 | 14,21 | 12,89 | -1,29 |
| 4.2.97 5:28 | 0,78 | 0,12 | | | 21,05 | 1100,16 | 11,73 | 1739,95 | 1134,38 | 0,22 | 14,23 | 13,18 | -1,29 |
| 4.2.97 6:26 | 0,81 | 0,12 | | | 22,27 | 1103,54 | 12,22 | 1894,60 | 1215,01 | 0,16 | 14,13 | 12,92 | -1,31 |
| 4.2.97 7:24 | 0,81 | 0,12 | 0,41 | | 23,37 | 1085,54 | 12,65 | 1860,67 | 1213,16 | 0,28 | 14,47 | 13,43 | -0,85 |
| 4.2.97 9:55 | 0,85 | 0,12 | 0,40 | | 29,17 | 1063,62 | 15,75 | 2089,07 | 1186,95 | 0,30 | 14,52 | 13,59 | 0,82 |
| 4.2.97 10:52 | 0,86 | 0,12 | | | 28,00 | 1067,54 | 15,11 | 2125,41 | 1229,06 | 0,24 | 14,75 | 13,80 | 2,03 |
| 4.2.97 11:52 | 0,90 | 0,13 | | | 33,30 | 1076,38 | 18,30 | 2419,97 | 1298,55 | 0,24 | 15,16 | 14,00 | 2,46 |
| 4.2.97 12:51 | 0,92 | 0,13 | | | 32,93 | 1065,77 | 17,90 | 2484,15 | 1314,93 | 0,26 | 15,06 | 13,85 | 2,05 |
| 4.2.97 13:52 | 0,91 | 0,12 | 0,37 | | 31,83 | 1055,13 | 17,02 | 2392,48 | 1115,75 | 0,25 | 15,22 | 13,98 | 2,31 |
| 4.2.97 14:53 | 0,91 | 0,12 | | | 31,53 | 1055,63 | 16,89 | 2445,80 | 1191,34 | 0,29 | 15,11 | 13,54 | 1,36 |
| 4.2.97 15:51 | 0,90 | 0,11 | | | 29,33 | 1135,57 | 16,84 | 2512,85 | 1156,46 | 0,23 | 15,11 | 14,18 | 0,69 |
| 4.2.97 16:52 | 0,90 | 0,12 | | | 30,90 | 1051,97 | 16,48 | 2341,17 | 1163,59 | 0,28 | 15,24 | 13,85 | 0,56 |
| 4.2.97 17:51 | 0,89 | 0,13 | | | 31,57 | 1065,60 | 17,04 | 2333,97 | 1264,48 | 0,33 | 15,11 | 14,13 | 0,71 |

Anhang, Tabelle A- 8: Rohdaten Bodenhaltung, Wintermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ḃ | Ė-NH ₃ | Ė-H ₂ O | Ė-CO ₂ | Ė-N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Aussen |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|----------|--------|----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 4.2.97 19:37 | 0,87 | 0,12 | | | 26,93 | 1185,99 | 16,13 | 2427,46 | 1284,16 | 0,16 | 13,95 | 11,11 | 0,95 |
| 4.2.97 20:38 | 0,79 | 0,09 | | | 21,83 | 1279,08 | 13,83 | 2082,58 | 923,85 | 0,23 | 13,77 | 10,83 | 1,02 |
| 4.2.97 21:37 | 0,78 | 0,09 | | | 20,10 | 1307,91 | 12,93 | 2052,01 | 824,25 | 0,22 | 14,00 | 10,75 | 0,82 |
| 4.2.97 22:37 | 0,79 | 0,09 | | | 20,23 | 1270,07 | 12,62 | 2012,73 | 934,01 | 0,27 | 13,90 | 10,88 | 0,84 |
| 4.2.97 23:38 | 0,77 | 0,09 | | | 19,67 | 1301,83 | 12,51 | 1976,68 | 834,80 | 0,24 | 13,67 | 10,80 | 0,82 |
| 5.2.97 0:35 | 0,77 | 0,09 | | | 19,00 | 1284,72 | 11,99 | 1883,97 | 966,11 | 0,27 | 13,54 | 10,96 | 1,02 |
| 5.2.97 1:36 | 0,75 | 0,09 | | | 18,43 | 1315,29 | 11,91 | 1822,39 | 888,60 | 0,21 | 13,49 | 11,09 | 1,43 |
| 5.2.97 2:36 | 0,75 | 0,08 | 0,38 | | 18,13 | 1301,34 | 11,54 | 1783,11 | 840,57 | 0,23 | 13,59 | 10,80 | 1,31 |
| 5.2.97 3:35 | 0,75 | 0,08 | | | 18,83 | 1323,60 | 12,22 | 1834,71 | 835,93 | 0,22 | 13,56 | 11,22 | 1,07 |
| 5.2.97 4:37 | 0,79 | 0,09 | | | 19,40 | 1309,96 | 12,49 | 2073,14 | 905,79 | 0,24 | 15,03 | 13,67 | 1,23 |
| 5.2.97 5:35 | 0,88 | 0,10 | | | 21,60 | 1158,35 | 12,30 | 2399,93 | 1027,04 | 0,25 | 15,22 | 13,54 | 1,85 |
| 5.2.97 6:33 | 0,89 | 0,11 | 0,37 | | 23,63 | 1111,15 | 13,12 | 2435,38 | 1158,79 | 0,16 | 15,40 | 14,54 | 2,87 |
| 5.2.97 7:35 | 0,87 | 0,11 | | | 22,43 | 1197,36 | 13,33 | 2475,92 | 1162,19 | | 15,34 | 14,49 | 2,49 |
| 5.2.97 10:05 | 0,92 | 0,12 | | | 30,70 | 1052,70 | 16,35 | 2460,71 | 1238,84 | 0,36 | 16,17 | 15,24 | 4,39 |
| 5.2.97 11:06 | 0,94 | 0,12 | | | 32,87 | 1245,82 | 20,96 | 3085,86 | 1461,93 | 0,35 | 14,11 | 13,00 | 4,78 |
| 5.2.97 12:07 | 0,85 | 0,08 | 0,43 | | 23,23 | 1911,25 | 22,08 | 3741,88 | 1177,61 | 0,37 | 14,49 | 12,97 | 4,06 |
| 5.2.97 13:05 | 0,90 | 0,09 | | | 23,27 | 1681,07 | 19,52 | 3747,16 | 1252,52 | 0,30 | 14,39 | 12,84 | 3,95 |
| 5.2.97 14:02 | 0,98 | 0,11 | 0,38 | | 30,90 | 1434,39 | 22,57 | 3872,64 | 1445,15 | 0,34 | 15,03 | 13,46 | 3,41 |
| 5.2.97 15:03 | 0,94 | 0,09 | 0,40 | | 25,67 | 1494,38 | 19,14 | 3622,33 | 1150,61 | 0,39 | 15,47 | 14,80 | 3,29 |
| 5.2.97 16:04 | 0,98 | 0,11 | | | 27,83 | 1267,23 | 17,54 | 3313,78 | 1208,51 | 0,30 | 15,65 | 14,29 | 3,47 |
| 5.2.97 17:06 | 0,99 | 0,10 | | | 29,73 | 1239,40 | 18,63 | 3400,33 | 1140,26 | 0,37 | 15,50 | 14,05 | 3,39 |
| 5.2.97 18:03 | 1,02 | 0,11 | 0,44 | | 32,43 | 1264,13 | 20,62 | 3630,40 | 1325,79 | 0,29 | 14,96 | 13,10 | 2,26 |
| 5.2.97 19:56 | 0,85 | 0,09 | | | 19,97 | 1425,47 | 14,18 | 2826,20 | 1002,52 | 0,21 | 13,95 | 11,30 | 1,02 |
| 5.2.97 20:54 | 0,84 | 0,09 | | | 21,70 | 1305,75 | 14,11 | 2474,64 | 918,55 | 0,23 | 13,98 | 11,35 | 0,74 |
| 5.2.97 21:55 | 0,82 | 0,09 | | | 20,80 | 1282,53 | 13,29 | 2275,94 | 941,12 | 0,21 | 13,95 | 11,40 | 0,74 |
| 5.2.97 22:52 | 0,80 | 0,09 | | | 20,80 | 1253,78 | 13,01 | 2128,86 | 933,33 | 0,18 | 13,98 | 11,22 | 0,56 |
| 5.2.97 23:53 | 0,80 | 0,09 | | | 20,43 | 1260,97 | 12,82 | 2085,90 | 1007,95 | 0,22 | 13,92 | 11,30 | 0,38 |
| 6.2.97 0:54 | 0,78 | 0,09 | | | 20,43 | 1254,30 | 12,75 | 1982,49 | 875,32 | 0,24 | 14,11 | 12,04 | -0,47 |
| 6.2.97 1:52 | 0,77 | 0,09 | | | 19,70 | 1196,10 | 11,60 | 1778,40 | 806,84 | 0,21 | 14,26 | 12,17 | -0,18 |
| 6.2.97 2:53 | 0,76 | 0,09 | | | 20,17 | 1133,66 | 11,35 | 1624,95 | 828,07 | | 14,16 | 12,22 | -0,70 |
| 6.2.97 3:51 | 0,78 | 0,10 | | | 20,57 | 1139,02 | 11,66 | 1807,04 | 869,49 | 0,21 | 14,62 | 12,84 | -0,80 |
| 6.2.97 4:52 | 0,78 | 0,10 | | | 21,07 | 1101,72 | 11,58 | 1704,37 | 877,38 | 0,13 | 14,67 | 13,72 | -0,62 |
| 6.2.97 5:50 | 0,85 | 0,12 | | | 23,90 | 1076,31 | 12,98 | 2110,44 | 1170,41 | 0,26 | 14,83 | 14,13 | -0,08 |
| 6.2.97 6:49 | 0,85 | 0,12 | | | 23,43 | 1078,03 | 12,68 | 2140,77 | 1142,79 | 0,18 | 14,80 | 14,13 | -0,06 |

Tabelle A- 9: Rohdaten Volierenhaltung, Frühjahrsmessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ṡ | Ė -NH ₃ | Ė -H ₂ O | Ė -CO ₂ | Ė -N ₂ O | T _{Abluft} | T _{Tier} | T _{Aussen} |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 21.5.96 19:39 | 1,22 | 0,09 | 0,38 | | 11,40 | 651,94 | 4,46 | 1400,87 | 615,29 | 0,05 | 19,95 | 20,76 | 10,71 |
| 21.5.96 20:40 | 1,23 | 0,10 | 0,36 | | 11,40 | 716,41 | 4,91 | 1571,16 | 831,23 | 0,04 | 17,74 | 21,06 | 11,17 |
| 21.5.96 21:39 | 1,27 | 0,12 | 0,37 | | 12,30 | 660,04 | 4,89 | 1608,37 | 947,99 | 0,05 | 19,72 | 21,99 | 10,14 |
| 21.5.96 22:40 | 1,27 | 0,13 | 0,37 | 4,51 | 13,00 | 446,08 | 3,50 | 1106,76 | 730,01 | 0,03 | 18,31 | 21,44 | 9,23 |
| 21.5.96 23:38 | 1,28 | 0,14 | 0,38 | 3,80 | 13,97 | 456,65 | 3,86 | 1163,33 | 767,08 | 0,03 | 20,59 | 22,75 | 7,78 |
| 22.5.96 0:39 | 1,28 | 0,13 | 0,42 | | 14,63 | 368,85 | 3,28 | 931,49 | 591,65 | 0,06 | 20,81 | 22,73 | 8,10 |
| 22.5.96 1:35 | 1,31 | 0,15 | 0,43 | | 15,80 | 374,69 | 3,60 | 1029,23 | 698,34 | 0,06 | 20,98 | 22,87 | 8,09 |
| 22.5.96 2:37 | 1,40 | 0,16 | | | 15,80 | 367,24 | 3,53 | 1220,28 | 752,02 | | 21,12 | 22,86 | 8,02 |
| 22.5.96 3:33 | 1,34 | 0,13 | 0,36 | | 16,87 | 301,71 | 3,10 | 882,23 | 487,21 | 0,01 | 18,99 | 22,33 | 8,31 |
| 22.5.96 4:33 | 1,34 | 0,14 | | | 17,20 | 407,69 | 4,28 | 1192,14 | 689,25 | | 21,98 | 23,75 | 8,11 |
| 22.5.96 7:10 | 1,35 | 0,14 | | | 17,23 | 451,68 | 4,75 | 1350,78 | 775,84 | | 20,48 | 20,99 | 7,46 |
| 22.5.96 8:08 | 1,31 | 0,14 | 0,36 | | 17,07 | 464,63 | 4,84 | 1276,28 | 788,01 | 0,02 | 20,67 | 20,96 | 7,98 |
| 22.5.96 9:06 | 1,29 | 0,12 | 0,38 | | 15,17 | 480,42 | 4,43 | 1255,80 | 708,20 | 0,04 | 20,50 | 21,58 | 8,47 |
| 22.5.96 10:08 | 1,32 | 0,14 | 0,36 | | 16,53 | 585,72 | 5,90 | 1621,88 | 974,37 | 0,03 | 21,19 | 21,49 | 9,83 |
| 22.5.96 11:08 | 1,29 | 0,13 | | | 16,83 | 443,26 | 4,55 | 1148,85 | 677,41 | | 20,83 | 21,45 | 10,43 |
| 22.5.96 12:09 | 1,29 | 0,13 | 0,38 | | 17,17 | 510,52 | 5,35 | 1323,17 | 769,15 | 0,04 | 21,18 | 22,01 | 11,72 |
| 22.5.96 13:07 | 1,24 | 0,11 | | | 16,10 | 548,61 | 5,93 | 1367,52 | 777,54 | | 20,96 | 21,49 | 10,95 |
| 22.5.96 14:05 | 1,22 | 0,11 | 0,38 | | 16,63 | 602,86 | 6,11 | 1295,41 | 722,31 | 0,04 | 21,08 | 21,63 | 11,69 |
| 22.5.96 15:08 | 1,18 | 0,11 | 0,41 | | 15,70 | 922,53 | 8,81 | 1737,08 | 1185,20 | 0,11 | 21,11 | 21,41 | 12,92 |
| 22.5.96 16:07 | 1,14 | 0,11 | | | 14,57 | 855,23 | 7,56 | 1364,07 | 1108,00 | | 20,39 | 20,72 | 12,65 |
| 22.5.96 17:07 | 1,06 | 0,10 | 0,37 | | 13,53 | 811,64 | 6,66 | 846,29 | 868,32 | 0,05 | 20,59 | 21,10 | 18,44 |
| 22.5.96 19:13 | 1,08 | 0,09 | 0,37 | | 13,20 | 798,29 | 5,91 | 870,19 | 635,33 | 0,05 | 20,15 | 20,97 | 13,20 |
| 22.5.96 20:11 | 1,08 | 0,08 | 0,36 | | 12,40 | 766,06 | 5,73 | 899,41 | 606,92 | 0,03 | 18,88 | 21,54 | 13,67 |
| 22.5.96 21:12 | 1,14 | 0,10 | | | 13,40 | 747,21 | 6,06 | 1191,78 | 842,70 | | 17,14 | 21,04 | 11,89 |
| 22.5.96 22:13 | 1,19 | 0,12 | 0,36 | | 14,33 | 570,29 | 4,94 | 1109,14 | 767,91 | 0,02 | 19,49 | 22,42 | 10,10 |
| 22.5.96 23:11 | 1,22 | 0,13 | 0,38 | | 15,00 | 529,96 | 4,83 | 1115,29 | 827,12 | 0,04 | 18,07 | 21,66 | 9,27 |
| 23.5.96 0:08 | 1,24 | 0,13 | 0,39 | 3,41 | 15,27 | 441,78 | 4,10 | 998,23 | 708,63 | 0,05 | 19,25 | 21,67 | 9,03 |
| 23.5.96 1:10 | 1,25 | 0,14 | 0,38 | 4,29 | 16,47 | 354,10 | 4,07 | 944,74 | 706,45 | 0,03 | 18,98 | 22,09 | 8,68 |
| 23.5.96 2:11 | 1,27 | 0,14 | 0,37 | 3,51 | 17,37 | 352,14 | 3,73 | 865,89 | 623,92 | 0,03 | 21,74 | 22,80 | 8,00 |
| 23.5.96 3:09 | 1,27 | 0,14 | | | 18,07 | 334,37 | 3,69 | 822,18 | 596,04 | | 18,20 | 22,27 | 8,01 |
| 23.5.96 4:10 | 1,24 | 0,13 | 0,37 | | 17,40 | 444,72 | 4,72 | 1004,90 | 713,36 | 0,03 | 19,00 | 22,84 | 8,41 |
| 23.5.96 5:11 | 1,36 | 0,17 | 0,41 | | 19,13 | 359,51 | 4,21 | 1099,04 | 775,11 | 0,05 | 20,79 | 23,20 | 8,25 |
| 23.5.96 6:07 | 1,36 | 0,16 | 0,36 | | 20,07 | 401,82 | 4,94 | 1237,28 | 803,27 | 0,02 | 20,33 | 22,31 | 8,26 |
| 23.5.96 8:18 | 1,33 | 0,14 | 0,38 | | 17,40 | 403,87 | 4,29 | 1154,12 | 691,52 | 0,03 | 20,08 | 20,59 | 9,23 |
| 23.5.96 9:17 | 1,36 | 0,14 | | | 17,37 | 434,80 | 4,61 | 1329,20 | 763,31 | | 20,38 | 20,59 | 9,69 |
| 23.5.96 10:17 | 1,38 | 0,13 | | 3,54 | 17,37 | 585,38 | 6,20 | 1867,34 | 919,96 | | 20,21 | 21,03 | 11,62 |
| 23.5.96 11:17 | 1,42 | 0,13 | 0,38 | | 17,30 | 435,74 | 4,60 | 1496,17 | 698,94 | 0,03 | 20,43 | 21,38 | 11,15 |
| 23.5.96 12:16 | 1,46 | 0,13 | 0,36 | | 18,27 | 515,54 | 5,75 | 1930,06 | 832,52 | 0,03 | 21,29 | 21,69 | 11,64 |
| 23.5.96 13:18 | 1,44 | 0,11 | 0,38 | | 16,83 | 605,62 | 6,21 | 2173,40 | 719,07 | 0,04 | 20,77 | 20,94 | 11,18 |
| 23.5.96 14:17 | 1,41 | 0,11 | 0,38 | | 16,03 | 662,55 | 6,47 | 2260,25 | 844,02 | 0,05 | 21,64 | 21,59 | 12,68 |
| 23.5.96 15:17 | 1,39 | 0,10 | 0,38 | | 14,93 | 974,66 | 8,84 | 3152,31 | 1062,30 | 0,08 | 20,39 | 20,90 | 13,22 |
| 23.5.96 16:18 | 1,36 | 0,10 | 0,36 | | 13,33 | 849,79 | 6,85 | 2597,84 | 907,80 | 0,04 | 20,95 | 21,25 | 14,54 |
| 23.5.96 17:16 | 1,34 | 0,10 | | | 13,00 | 817,25 | 6,43 | 2392,48 | 856,33 | | 20,63 | 20,80 | 13,61 |
| 23.5.96 19:29 | 1,28 | 0,09 | 0,40 | | 13,23 | 845,60 | 6,76 | 2116,72 | 752,31 | 0,10 | 20,90 | 21,21 | 14,41 |

Anhang, Tabelle A- 9: Rohdaten Volierenhaltung, Frühjahrsmessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ṡ | Ė-NH ₃ | Ė-H ₂ O | Ė-CO ₂ | Ė-N ₂ O | T _{Abluft} | T _{Tier} | T _{Aussen} |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 23.5.96 20:27 | 1,26 | 0,09 | 0,41 | | 12,60 | 774,12 | 5,88 | 1869,20 | 764,12 | 0,10 | 20,05 | 21,80 | 13,71 |
| 23.5.96 21:25 | 1,32 | 0,11 | 0,39 | | 14,70 | 744,94 | 6,64 | 2060,39 | 947,89 | 0,08 | 19,40 | 22,35 | 12,93 |
| 23.5.96 22:26 | 1,34 | 0,12 | 0,43 | | 14,83 | 514,02 | 4,63 | 1491,66 | 724,35 | 0,08 | 20,14 | 22,12 | 11,17 |
| 23.5.96 23:26 | 1,36 | 0,12 | 0,37 | | 15,60 | 492,41 | 4,67 | 1516,21 | 677,91 | 0,03 | 18,88 | 21,80 | 11,53 |
| 24.5.96 0:25 | 1,35 | 0,12 | 0,42 | | 15,77 | 443,05 | 4,23 | 1319,88 | 645,83 | 0,06 | 20,60 | 22,83 | 11,49 |
| 24.5.96 1:26 | 1,37 | 0,13 | 0,40 | | 17,33 | 355,73 | 3,76 | 1103,23 | 582,14 | 0,04 | 21,74 | 23,22 | 9,35 |
| 24.5.96 2:25 | 1,40 | 0,14 | 0,42 | | 18,47 | 299,16 | 3,38 | 1002,14 | 532,43 | 0,04 | 17,80 | 22,17 | 9,12 |
| 24.5.96 3:25 | 1,37 | 0,12 | 0,38 | | 17,23 | 380,13 | 4,56 | 1365,81 | 635,36 | 0,03 | 18,82 | 22,28 | 10,16 |
| 24.5.96 4:25 | 1,41 | 0,14 | 0,42 | | 18,20 | 399,35 | 4,42 | 1356,78 | 676,68 | 0,06 | 21,52 | 23,66 | 9,72 |
| 24.5.96 5:24 | 1,45 | 0,14 | 0,43 | | 18,23 | 405,00 | 3,94 | 1301,15 | 623,08 | 0,06 | 20,28 | 22,69 | 10,81 |
| 24.5.96 6:26 | 1,42 | 0,12 | 0,42 | | 16,90 | 400,78 | 4,13 | 1376,14 | 562,61 | 0,06 | 21,31 | 22,27 | 9,23 |
| 24.5.96 8:21 | 1,43 | 0,09 | 0,41 | | 13,53 | 752,40 | 6,16 | 2650,14 | 738,62 | 0,10 | 20,41 | 20,61 | 12,13 |
| 24.5.96 9:19 | 1,41 | 0,07 | 0,39 | | 11,37 | 927,74 | 6,33 | 3164,95 | 599,46 | 0,09 | 20,59 | 21,07 | 13,47 |
| 24.5.96 10:20 | 1,45 | 0,08 | 0,40 | | 11,10 | 1079,32 | 7,19 | 3945,06 | 796,70 | 0,13 | 20,44 | 20,82 | 14,58 |
| 24.5.96 11:21 | 1,48 | 0,08 | 0,43 | | 11,20 | 1071,44 | 7,21 | 4158,97 | 803,51 | 0,17 | 20,73 | 21,23 | 15,24 |
| 24.5.96 12:23 | 1,50 | 0,08 | 0,39 | | 13,20 | 1167,36 | 9,31 | 4680,62 | 943,81 | 0,11 | 21,41 | 22,11 | 18,29 |
| 24.5.96 13:21 | 1,53 | 0,08 | 0,36 | | 14,83 | 1124,16 | 10,12 | 4731,53 | 927,14 | 0,06 | 21,75 | 22,35 | 19,17 |
| 24.5.96 14:21 | 1,58 | 0,10 | 0,42 | | 18,17 | 1070,09 | 11,88 | 4812,11 | 1079,43 | 0,16 | 23,11 | 23,75 | 20,64 |
| 24.5.96 15:20 | 1,49 | 0,08 | | | 15,67 | 1069,93 | 10,19 | 4195,17 | 876,62 | | 23,71 | 25,04 | 21,64 |
| 24.5.96 16:21 | 1,47 | 0,09 | 0,36 | | 16,50 | 1062,80 | 10,68 | 4025,96 | 991,56 | 0,06 | 24,16 | 25,29 | 22,82 |
| 24.5.96 17:18 | 1,49 | 0,08 | 0,41 | | 15,13 | 1061,52 | 9,77 | 4188,70 | 807,12 | 0,13 | 24,62 | 25,47 | 23,89 |
| 24.5.96 18:17 | 1,48 | 0,08 | 0,38 | | 14,80 | 1114,26 | 10,01 | 4294,94 | 798,37 | 0,10 | 24,80 | 25,55 | 23,02 |
| 24.5.96 20:19 | 1,53 | 0,08 | | | 15,50 | 1051,07 | 9,90 | 4423,89 | 821,35 | | 23,82 | 26,63 | 21,18 |
| 24.5.96 21:17 | 1,56 | 0,08 | | | 14,20 | 1057,98 | 9,11 | 4617,06 | 752,32 | | 23,53 | 26,41 | 19,46 |
| 24.5.96 22:19 | 1,44 | 0,08 | | | 13,30 | 1061,53 | 8,54 | 3833,02 | 789,32 | | 22,43 | 25,20 | 16,16 |
| 24.5.96 23:19 | 1,43 | 0,08 | | 3,53 | 13,00 | 1058,63 | 8,31 | 3752,20 | 810,08 | | 21,98 | 24,55 | 16,83 |
| 25.5.96 0:17 | 1,40 | 0,08 | | | 9,90 | 1066,91 | 6,30 | 3545,19 | 758,67 | | 21,29 | 23,81 | 13,99 |
| 25.5.96 1:18 | 1,43 | 0,08 | | | 12,43 | 1085,25 | 8,13 | 3819,76 | 777,03 | | 20,59 | 23,37 | 14,39 |
| 25.5.96 2:19 | 1,46 | 0,07 | | | 11,03 | 1115,06 | 7,38 | 4149,82 | 702,40 | | 20,01 | 22,53 | 12,75 |
| 25.5.96 3:21 | 1,45 | 0,08 | | | 8,87 | 1120,19 | 5,89 | 4094,44 | 845,05 | | 19,57 | 21,76 | 12,98 |
| 25.5.96 4:18 | 1,48 | 0,08 | 0,36 | | 11,57 | 1147,34 | 7,97 | 4419,80 | 840,20 | 0,06 | 19,77 | 22,11 | 12,78 |
| 25.5.96 5:16 | 1,47 | 0,07 | | | 10,60 | 1024,40 | 6,50 | 3903,17 | 684,09 | | 20,07 | 22,36 | 13,14 |
| 25.5.96 6:18 | 1,49 | 0,08 | | | 11,67 | 1134,84 | 7,96 | 4474,83 | 868,39 | | 19,55 | 21,36 | 13,19 |
| 25.5.96 7:20 | 1,52 | 0,07 | | | 10,43 | 1121,64 | 7,00 | 4621,55 | 755,10 | | 19,58 | 21,18 | 13,19 |
| 25.5.96 9:25 | 1,62 | 0,08 | | | 9,39 | 1162,51 | 6,49 | 5536,78 | 858,11 | | 20,74 | 21,60 | 15,02 |
| 25.5.96 10:23 | 1,58 | 0,08 | | | 10,10 | 1173,76 | 7,08 | 5278,33 | 904,53 | | 21,27 | 21,97 | 16,60 |
| 25.5.96 11:24 | 1,65 | 0,09 | | | 11,77 | 1166,00 | 8,25 | 5785,85 | 1043,67 | | 21,14 | 22,72 | 17,53 |
| 25.5.96 12:22 | 1,59 | 0,09 | 0,40 | | 12,63 | 1095,75 | 8,35 | 5000,35 | 968,94 | 0,13 | 22,57 | 23,61 | 19,26 |
| 25.5.96 13:20 | 1,60 | 0,10 | | | 12,20 | 1092,28 | 8,03 | 5105,50 | 1107,74 | | 22,49 | 23,50 | 18,07 |
| 25.5.96 14:21 | 1,57 | 0,09 | | | 12,70 | 1116,67 | 8,56 | 4947,37 | 1078,08 | | 21,69 | 22,76 | 14,16 |
| 25.5.96 15:22 | 1,49 | 0,09 | | | 11,60 | 1116,72 | 7,79 | 4353,90 | 981,44 | | 21,16 | 21,29 | 13,89 |
| 25.5.96 16:20 | 1,52 | 0,09 | 0,43 | | 10,80 | 1136,91 | 7,36 | 4659,27 | 1023,79 | 0,18 | 20,87 | 21,34 | 13,41 |
| 25.5.96 17:21 | 1,49 | 0,09 | | | 10,90 | 1169,51 | 7,64 | 4585,61 | 1027,83 | | 20,66 | 21,16 | 13,46 |
| 25.5.96 18:21 | 1,46 | 0,08 | | | 11,17 | 1151,44 | 7,72 | 4310,70 | 962,10 | | 20,55 | 20,74 | 13,44 |
| 25.5.96 19:22 | 1,42 | 0,09 | | | 12,97 | 1153,23 | 9,03 | 4010,86 | 1125,86 | | 20,37 | 20,88 | 13,39 |
| 25.5.96 21:02 | 1,43 | 0,12 | 0,38 | | 15,03 | 868,11 | 7,93 | 3057,67 | 1152,86 | 0,07 | 20,15 | 20,42 | 11,01 |

Anhang, Tabelle A- 9: Rohdaten Volierenhaltung, Frühjahrsmessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ḃ | Ė-NH ₃ | Ė-H ₂ O | Ė-CO ₂ | Ė-N ₂ O | T _{Abluft} | T _{Tier} | T _{Aussen} |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 25.5.96 22:00 | 1,45 | 0,13 | 0,45 | 3,53 | 15,73 | 586,08 | 5,61 | 2129,23 | 876,65 | 0,11 | 20,06 | 20,88 | 10,81 |
| 25.5.96 23:04 | 1,43 | 0,11 | 0,43 | | 16,20 | 631,39 | 6,23 | 2237,89 | 818,00 | 0,10 | 20,73 | 21,74 | 10,55 |
| 26.5.96 0:02 | 1,41 | 0,11 | 0,38 | 3,45 | 16,50 | 511,70 | 5,14 | 1734,30 | 640,78 | 0,04 | 20,12 | 21,15 | 10,34 |
| 26.5.96 1:03 | 1,43 | 0,12 | 0,36 | | 17,03 | 562,52 | 5,84 | 1968,86 | 789,65 | 0,03 | 19,47 | 21,00 | 10,33 |
| 26.5.96 2:01 | 1,42 | 0,12 | 0,37 | | 17,03 | 534,43 | 5,55 | 1846,86 | 779,14 | 0,03 | 20,69 | 21,12 | 10,45 |
| 26.5.96 3:01 | 1,41 | 0,12 | 0,37 | | 18,40 | 593,31 | 6,67 | 2010,92 | 861,78 | 0,03 | 20,28 | 20,94 | 10,44 |
| 26.5.96 4:00 | 1,40 | 0,12 | 0,39 | | 18,33 | 593,57 | 6,65 | 1972,36 | 852,52 | 0,05 | 19,95 | 21,22 | 10,13 |
| 26.5.96 5:01 | 1,36 | 0,11 | | | 16,27 | 517,28 | 5,12 | 1592,81 | 667,37 | | 20,45 | 21,19 | 10,13 |
| 26.5.96 6:01 | 1,38 | 0,12 | | 4,16 | 18,90 | 520,15 | 6,01 | 1659,26 | 741,44 | | 19,75 | 21,18 | 9,70 |
| 26.5.96 7:00 | 1,37 | 0,11 | 0,37 | | 17,90 | 522,40 | 5,71 | 1631,70 | 648,52 | 0,03 | 21,05 | 21,53 | 9,49 |
| 26.5.96 8:01 | 1,35 | 0,12 | 0,42 | | 17,03 | 580,31 | 6,03 | 1748,33 | 814,64 | 0,09 | 20,46 | 21,45 | 9,93 |
| 26.5.96 10:11 | 1,36 | 0,10 | 0,36 | | 15,00 | 774,83 | 7,06 | 2385,84 | 844,49 | 0,03 | 20,76 | 22,26 | 10,82 |
| 26.5.96 11:10 | 1,32 | 0,10 | | | 15,13 | 746,88 | 6,87 | 2101,25 | 862,54 | | 21,05 | 21,51 | 12,73 |
| 26.5.96 12:10 | 1,33 | 0,08 | 0,36 | | 11,43 | 761,33 | 5,23 | 2192,49 | 627,90 | 0,04 | 20,90 | 21,42 | 12,45 |
| 26.5.96 13:10 | 1,30 | 0,09 | 0,36 | 4,00 | 13,67 | 1041,15 | 8,61 | 2790,74 | 993,90 | 0,05 | 21,24 | 21,71 | 14,76 |
| 26.5.96 14:09 | 1,23 | 0,09 | 0,38 | 4,04 | 13,67 | 1095,75 | 9,06 | 2403,06 | 998,58 | 0,09 | 21,07 | 21,37 | 14,87 |
| 26.5.96 15:10 | 1,17 | 0,09 | | | 12,13 | 1157,68 | 8,46 | 2102,91 | 979,84 | | 20,57 | 20,91 | 15,41 |
| 26.5.96 16:11 | 1,24 | 0,09 | 0,36 | | 13,33 | 1189,65 | 9,59 | 2688,06 | 1116,35 | 0,06 | 21,03 | 21,25 | 16,47 |
| 26.5.96 17:09 | 1,19 | 0,09 | 0,36 | | 11,97 | 1179,18 | 8,49 | 2298,70 | 1036,33 | 0,06 | 20,99 | 21,76 | 16,54 |
| 26.5.96 18:10 | 1,21 | 0,08 | 0,37 | | 10,70 | 1185,65 | 7,60 | 2416,38 | 965,02 | 0,07 | 20,78 | 20,97 | 15,07 |
| 26.5.96 19:10 | 1,17 | 0,08 | | | 10,17 | 1176,14 | 7,14 | 2084,35 | 912,73 | | 20,49 | 20,97 | 15,33 |
| 26.5.96 21:08 | 1,29 | 0,10 | 0,38 | | 14,00 | 889,04 | 7,54 | 2284,55 | 1021,90 | 0,07 | 20,17 | 20,59 | 13,43 |
| 26.5.96 22:08 | 1,32 | 0,11 | | | 14,77 | 682,91 | 6,12 | 1906,15 | 818,23 | | 20,50 | 20,77 | 12,59 |
| 26.5.96 23:11 | 1,33 | 0,11 | | | 17,40 | 601,55 | 6,39 | 1705,69 | 723,99 | | 20,62 | 20,74 | 11,52 |
| 27.5.96 0:08 | 1,38 | 0,11 | 0,39 | | 18,07 | 572,14 | 6,31 | 1837,76 | 679,31 | 0,05 | 21,02 | 21,15 | 11,55 |
| 27.5.96 1:06 | 1,41 | 0,11 | 0,38 | | 18,83 | 589,16 | 6,79 | 2009,89 | 702,71 | 0,05 | 20,90 | 21,12 | 10,84 |
| 27.5.96 2:08 | 1,42 | 0,11 | 0,39 | | 18,93 | 526,17 | 6,09 | 1818,31 | 619,03 | 0,05 | 20,88 | 21,05 | 11,13 |
| 27.5.96 3:08 | 1,45 | 0,10 | 0,40 | | 19,13 | 568,43 | 6,65 | 2090,27 | 647,22 | 0,07 | 21,42 | 21,45 | 11,30 |
| 27.5.96 4:07 | 1,49 | 0,10 | | | 20,43 | 523,32 | 6,55 | 2040,34 | 593,03 | | 21,76 | 21,89 | 11,44 |
| 27.5.96 5:07 | 1,47 | 0,09 | 0,37 | | 16,50 | 578,75 | 5,82 | 2205,14 | 527,43 | 0,04 | 21,83 | 21,93 | 11,53 |
| 27.5.96 6:08 | 2,00 | 0,13 | 0,35 | | 16,33 | 701,78 | 6,98 | 5130,21 | 1106,68 | 0,02 | 21,29 | 21,91 | 11,78 |
| 27.5.96 7:07 | 2,00 | 0,13 | 0,35 | | 14,73 | 789,69 | 7,06 | 5772,87 | 1219,67 | 0,03 | 20,40 | 20,91 | 11,91 |
| 27.5.96 9:19 | 1,43 | 0,08 | | 3,67 | 11,67 | 1000,88 | 7,02 | 3503,17 | 733,39 | | 19,73 | 20,04 | 12,62 |
| 27.5.96 10:20 | 1,45 | 0,10 | | | 15,17 | 1062,71 | 9,79 | 3884,36 | 1187,01 | | 20,30 | 20,53 | 14,03 |
| 27.5.96 11:18 | 1,49 | 0,10 | | 3,66 | 13,47 | 830,25 | 6,76 | 3255,37 | 855,47 | | 20,34 | 20,76 | 11,05 |
| 27.5.96 12:17 | 1,43 | 0,09 | | | 13,27 | 1017,07 | 8,16 | 3582,34 | 893,85 | | 20,96 | 21,14 | 13,62 |
| 27.5.96 13:17 | 1,34 | 0,08 | | | 9,64 | 1057,29 | 6,07 | 3115,05 | 757,55 | | 20,34 | 20,87 | 13,87 |
| 27.5.96 14:18 | 1,37 | 0,09 | | | 16,40 | 1121,92 | 11,21 | 3479,44 | 986,00 | | 20,66 | 20,82 | 14,54 |
| 27.5.96 15:19 | 1,35 | 0,09 | | | 15,40 | 1156,31 | 10,82 | 3458,04 | 1122,61 | | 20,19 | 20,64 | 13,87 |
| 27.5.96 16:20 | 1,33 | 0,09 | | | 13,60 | 1038,72 | 8,55 | 2991,31 | 929,75 | | 20,81 | 21,44 | 14,03 |
| 27.5.96 17:18 | 1,36 | 0,09 | | | 14,40 | 1001,04 | 8,74 | 3060,21 | 982,70 | | 20,56 | 21,37 | 13,85 |
| 27.5.96 19:34 | 1,40 | 0,09 | 0,36 | | 14,70 | 969,16 | 8,65 | 3241,84 | 836,01 | 0,04 | 20,57 | 20,88 | 11,69 |
| 27.5.96 20:33 | 1,42 | 0,10 | 0,36 | 4,17 | 17,00 | 890,80 | 9,23 | 3058,66 | 922,68 | 0,04 | 20,78 | 20,46 | 11,87 |
| 27.5.96 21:32 | 1,42 | 0,10 | 0,36 | | 17,17 | 812,89 | 8,27 | 2710,66 | 851,88 | 0,04 | 20,68 | 20,11 | 11,31 |
| 27.5.96 22:32 | 1,39 | 0,09 | | | 16,33 | 625,03 | 6,39 | 2106,73 | 613,42 | | 21,64 | 21,23 | 10,82 |
| 27.5.96 23:32 | 1,41 | 0,10 | 0,41 | | 17,47 | 670,49 | 7,14 | 2270,38 | 719,21 | 0,09 | 21,19 | 20,65 | 10,79 |

Anhang, Tabelle A- 9: Rohdaten Volierenhaltung, Frühjahrsmessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ṡ | Ė-NH ₃ | Ė-H ₂ O | Ė-CO ₂ | Ė-N ₂ O | T _{Abluft} | T _{Tier} | T _{Aussen} |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 28.5.96 0:32 | 1,41 | 0,11 | 0,37 | | 16,43 | 681,88 | 6,29 | 2144,19 | 736,05 | 0,04 | 21,62 | 21,29 | 10,71 |
| 28.5.96 1:31 | 1,43 | 0,11 | | | 18,07 | 654,89 | 7,23 | 2292,15 | 781,10 | | 21,53 | 21,28 | 10,80 |
| 28.5.96 2:33 | 1,40 | 0,12 | 0,39 | | 18,03 | 532,99 | 5,87 | 1759,25 | 710,71 | 0,05 | 21,75 | 21,49 | 10,77 |
| 28.5.96 3:32 | 1,37 | 0,15 | | | 19,20 | 507,96 | 5,97 | 1597,86 | 938,48 | | 21,67 | 21,52 | 9,81 |
| 28.5.96 4:32 | 1,39 | 0,17 | 0,40 | 3,99 | 23,77 | 217,43 | 3,18 | 712,85 | 465,25 | 0,02 | 22,07 | 22,31 | 8,41 |
| 28.5.96 5:32 | 1,44 | 0,20 | 0,39 | 4,37 | 23,03 | 265,05 | 3,75 | 957,04 | 737,83 | 0,03 | 22,12 | 22,46 | 7,31 |
| 28.5.96 7:56 | 1,26 | 0,16 | | | 21,53 | 429,24 | 5,67 | 1026,94 | 890,60 | | 21,24 | 21,55 | 6,15 |
| 28.5.96 8:55 | 1,26 | 0,17 | | | 22,40 | 476,67 | 6,56 | 1140,40 | 1032,85 | | 21,20 | 21,40 | 6,66 |
| 28.5.96 9:56 | 1,29 | 0,17 | | | 21,80 | 531,13 | 7,11 | 1364,83 | 1159,49 | | 21,00 | 21,14 | 6,50 |
| 28.5.96 10:52 | 1,10 | 0,10 | | | 19,80 | 447,97 | 5,43 | 585,49 | 480,97 | | 21,42 | 21,71 | 7,92 |
| 28.5.96 11:55 | 1,16 | 0,16 | | | 12,73 | 300,78 | 2,31 | 513,05 | 598,02 | | 21,12 | 21,37 | 8,11 |
| 28.5.96 12:54 | 1,16 | 0,14 | | | 9,69 | 433,82 | 2,50 | 759,21 | 749,86 | | 20,23 | 20,61 | 8,03 |
| 28.5.96 13:55 | 1,10 | 0,13 | | | 7,90 | 480,60 | 2,23 | 628,14 | 737,08 | | 21,11 | 21,51 | 8,50 |
| 28.5.96 14:55 | 1,22 | 0,16 | | | 8,51 | 545,72 | 2,75 | 1160,54 | 1111,60 | | 21,52 | 22,04 | 9,54 |
| 28.5.96 15:54 | 1,18 | 0,14 | 0,36 | | 7,75 | 459,12 | 2,09 | 844,16 | 806,00 | 0,02 | 20,55 | 21,16 | 9,53 |
| 28.5.96 16:53 | 1,20 | 0,15 | | | 7,45 | 520,81 | 2,28 | 1049,89 | 967,86 | | 21,83 | 22,51 | 11,50 |
| 28.5.96 17:53 | 1,11 | 0,12 | | | 6,49 | 628,45 | 2,36 | 877,06 | 929,82 | | 21,45 | 22,05 | 10,55 |
| 28.5.96 20:02 | 1,15 | 0,12 | 0,37 | 3,65 | 6,53 | 571,89 | 2,17 | 962,83 | 821,38 | 0,04 | 21,12 | 21,60 | 10,50 |
| 28.5.96 21:00 | 1,30 | 0,18 | 0,37 | 5,00 | 7,56 | 489,54 | 1,92 | 1151,42 | 1015,90 | 0,03 | 22,12 | 22,09 | 10,11 |
| 28.5.96 22:01 | 1,34 | 0,19 | 0,37 | 3,78 | 7,20 | 248,21 | 1,04 | 731,30 | 613,06 | 0,02 | 23,44 | 23,25 | 8,12 |
| 28.5.96 23:02 | 1,33 | 0,19 | 0,42 | 4,42 | 7,59 | 298,86 | 1,33 | 854,04 | 780,20 | 0,04 | 24,56 | 24,29 | 7,02 |
| 29.5.96 0:01 | 1,33 | 0,19 | | 4,92 | 7,40 | 253,87 | 1,10 | 725,47 | 651,76 | | 24,06 | 23,94 | 4,77 |
| 29.5.96 1:00 | 1,31 | 0,19 | 0,36 | 3,84 | 7,17 | 243,66 | 1,02 | 669,32 | 630,83 | 0,01 | 24,38 | 24,25 | 4,85 |
| 29.5.96 2:01 | 1,33 | 0,20 | 0,37 | 4,67 | 7,16 | 237,50 | 0,99 | 683,96 | 657,29 | 0,02 | 24,37 | 24,06 | 4,52 |
| 29.5.96 2:59 | 1,33 | 0,20 | 0,40 | 5,13 | 7,10 | 237,18 | 0,98 | 677,78 | 657,69 | 0,03 | 24,06 | 24,07 | 4,02 |
| 29.5.96 4:00 | 1,32 | 0,20 | 0,38 | 5,05 | 6,96 | 234,62 | 0,95 | 660,06 | 635,34 | 0,02 | 23,83 | 23,48 | 2,91 |
| 29.5.96 5:02 | 1,31 | 0,21 | 0,38 | 4,21 | 6,87 | 234,18 | 0,94 | 643,28 | 662,05 | 0,02 | 23,88 | 23,69 | 3,80 |
| 29.5.96 6:00 | 1,33 | 0,22 | 0,39 | 5,75 | 7,03 | 234,29 | 0,96 | 669,53 | 704,20 | 0,02 | 24,02 | 23,93 | 2,98 |

Tabelle A- 10: Rohdaten Volierenhaltung, Sommermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | \dot{V} | \dot{E} -NH ₃ | \dot{E} -H ₂ O | \dot{E} -CO ₂ | \dot{E} -N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Aussen |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------|--------|----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 14.8.96 17:41 | 1,74 | 0,08 | 0,37 | | 3,27 | 1371,10 | 2,85 | 3314,41 | 980,94 | 0,09 | | | |
| 14.8.96 18:39 | 1,74 | 0,07 | 0,40 | | 3,01 | 957,35 | 1,84 | 2273,92 | 591,14 | 0,10 | | | |
| 14.8.96 20:49 | 1,71 | 0,07 | 0,37 | 3,52 | 3,73 | 980,26 | 2,33 | 2129,77 | 664,32 | 0,07 | | | |
| 14.8.96 21:49 | 1,69 | 0,08 | 0,38 | | 3,88 | 722,23 | 1,78 | 1488,25 | 525,18 | 0,06 | | | |
| 14.8.96 22:51 | 1,65 | 0,08 | 0,44 | | 4,05 | 752,33 | 1,94 | 1347,67 | 534,71 | 0,13 | | | |
| 14.8.96 23:49 | 1,61 | 0,08 | 0,38 | | 4,30 | 573,07 | 1,57 | 884,99 | 429,31 | 0,05 | | | |
| 15.8.96 0:49 | 1,62 | 0,11 | 0,39 | | 4,65 | 638,81 | 1,89 | 1029,58 | 790,61 | 0,06 | | | |
| 15.8.96 1:48 | 1,58 | 0,09 | 0,39 | | 4,70 | 590,87 | 1,77 | 766,55 | 569,11 | 0,06 | | | |
| 15.8.96 2:47 | 1,58 | 0,10 | 0,39 | | 5,01 | 639,54 | 2,04 | 858,43 | 721,30 | 0,06 | | | |
| 15.8.96 3:48 | 1,61 | 0,11 | 0,42 | 3,89 | 5,36 | 607,09 | 2,07 | 910,24 | 714,65 | 0,08 | | | |
| 15.8.96 4:48 | 1,58 | 0,10 | 0,40 | 3,93 | 5,25 | 640,99 | 2,14 | 831,64 | 656,13 | 0,07 | | | |
| 15.8.96 5:46 | 1,54 | 0,08 | 0,38 | | 5,21 | 873,99 | 2,90 | 937,89 | 683,71 | 0,07 | | | |
| 15.8.96 6:47 | 1,64 | 0,10 | 0,39 | | 5,66 | 1211,92 | 4,36 | 2089,63 | 1353,77 | 0,11 | | | |
| 15.8.96 8:57 | 1,64 | 0,09 | 0,36 | | 5,23 | 1323,16 | 4,41 | 2310,83 | 1151,04 | 0,06 | 21,18 | 21,39 | 14,41 |
| 15.8.96 9:58 | 1,66 | 0,08 | | | 5,13 | 1374,10 | 4,48 | 2523,16 | 1142,54 | | 21,41 | 21,67 | 15,24 |
| 15.8.96 10:59 | 1,65 | 0,07 | 0,39 | | 4,46 | 1347,90 | 3,82 | 2414,54 | 810,06 | 0,13 | 21,78 | 21,93 | 16,22 |
| 15.8.96 11:57 | 1,71 | 0,07 | 0,37 | | 4,24 | 1378,01 | 3,72 | 2993,43 | 737,14 | 0,08 | 22,68 | 23,43 | 18,24 |
| 15.8.96 12:58 | 1,69 | 0,08 | 0,41 | | 5,46 | 1353,44 | 4,70 | 2788,43 | 946,86 | 0,16 | 22,37 | 22,79 | 15,11 |
| 15.8.96 13:56 | 1,72 | 0,08 | 0,43 | | 6,53 | 1359,90 | 5,65 | 3046,55 | 1078,45 | 0,21 | 22,16 | 22,71 | 17,72 |
| 15.8.96 14:57 | 1,75 | 0,07 | | | 5,15 | 1370,50 | 4,49 | 3347,31 | 861,23 | | 22,45 | 22,58 | 17,33 |
| 15.8.96 15:58 | 1,71 | 0,07 | 0,36 | | 4,85 | 1368,47 | 4,23 | 3035,19 | 814,91 | 0,06 | 22,68 | 23,43 | 19,01 |
| 15.8.96 16:56 | 1,72 | 0,08 | | | 5,33 | 1368,15 | 4,64 | 3065,54 | 1002,56 | | 23,15 | 23,38 | 18,18 |
| 15.8.96 17:56 | 1,63 | 0,07 | 0,38 | | 4,48 | 1369,41 | 3,91 | 2304,93 | 855,12 | 0,10 | 22,66 | 23,12 | 17,85 |
| 15.8.96 18:55 | 1,63 | 0,07 | 0,39 | | 3,87 | 1352,64 | 3,33 | 2275,42 | 740,05 | 0,13 | 22,42 | 22,94 | 17,95 |
| 15.8.96 20:40 | 1,58 | 0,07 | | | 4,98 | 1311,14 | 4,16 | 1763,17 | 688,49 | | 20,41 | 21,72 | 15,16 |
| 15.8.96 21:41 | 1,54 | 0,06 | 0,37 | | 4,01 | 1031,87 | 2,64 | 1109,32 | 451,16 | 0,07 | 19,37 | 20,79 | 15,37 |
| 15.8.96 22:41 | 1,56 | 0,07 | 0,37 | | 4,61 | 970,89 | 2,85 | 1152,93 | 600,67 | 0,06 | 20,56 | 22,11 | 14,78 |
| 15.8.96 23:40 | 1,54 | 0,07 | 0,39 | | 4,87 | 744,88 | 2,31 | 783,99 | 505,90 | 0,07 | 19,99 | 21,54 | 14,05 |
| 16.8.96 0:41 | 1,53 | 0,08 | 0,36 | | 5,31 | 714,18 | 2,42 | 687,48 | 599,01 | 0,03 | 19,86 | 21,29 | 13,15 |
| 16.8.96 1:38 | 1,51 | 0,09 | | | 5,53 | 638,43 | 2,25 | 557,07 | 545,98 | | 19,27 | 21,10 | 13,10 |
| 16.8.96 2:37 | 1,50 | 0,10 | 0,37 | | 5,92 | 518,17 | 1,96 | 417,18 | 531,49 | 0,03 | 19,27 | 21,18 | 12,43 |
| 16.8.96 3:40 | 1,48 | 0,10 | 0,42 | | 6,05 | 634,16 | 2,45 | 396,41 | 692,31 | 0,09 | 20,98 | 21,91 | 11,66 |
| 16.8.96 4:38 | 1,49 | 0,09 | 0,35 | | 6,02 | 685,10 | 2,63 | 474,49 | 642,42 | 0,02 | 21,36 | 22,14 | 12,56 |
| 16.8.96 5:36 | 1,50 | 0,08 | | | 6,05 | 866,67 | 3,35 | 659,48 | 632,26 | | 20,43 | 21,52 | 12,94 |
| 16.8.96 6:38 | 1,60 | 0,10 | 0,39 | 4,72 | 7,04 | 1166,68 | 5,24 | 1702,37 | 1371,41 | 0,11 | 20,82 | 21,49 | 13,38 |
| 16.8.96 9:05 | 1,63 | 0,08 | 0,42 | | 6,26 | 1373,28 | 5,48 | 2312,99 | 1001,76 | 0,19 | 21,41 | 21,16 | 14,75 |
| 16.8.96 9:59 | 1,64 | 0,07 | | | 5,61 | 1363,03 | 4,88 | 2326,56 | 724,18 | | 21,16 | 21,23 | 15,58 |
| 16.8.96 11:00 | 1,65 | 0,07 | | | 5,59 | 1362,97 | 4,86 | 2418,53 | 784,17 | | 21,62 | 21,78 | 16,69 |
| 16.8.96 12:01 | 1,70 | 0,06 | 0,35 | | 5,00 | 1373,59 | 4,38 | 2932,57 | 684,45 | 0,05 | 22,35 | 23,20 | 17,98 |
| 16.8.96 13:02 | 1,70 | 0,07 | 0,40 | | 6,11 | 1395,26 | 5,44 | 3010,48 | 895,06 | 0,15 | 22,79 | 23,48 | 18,52 |
| 16.8.96 14:00 | 1,71 | 0,07 | 0,40 | | 5,74 | 1404,54 | 5,14 | 3093,69 | 746,31 | 0,15 | 22,94 | 23,87 | 18,60 |
| 16.8.96 14:58 | 1,78 | 0,07 | 0,40 | | 7,92 | 1380,69 | 6,98 | 3694,23 | 908,48 | 0,15 | 23,74 | 23,85 | 20,33 |
| 16.8.96 15:59 | 1,73 | 0,07 | 0,36 | | 6,10 | 1385,05 | 5,39 | 3269,24 | 720,72 | 0,06 | 23,95 | 25,55 | 20,30 |
| 16.8.96 17:00 | 1,71 | 0,07 | 0,39 | | 6,81 | 1370,37 | 5,96 | 2988,13 | 811,31 | 0,13 | 24,23 | 24,93 | 20,23 |

Anhang, Tabelle A-10: Rohdaten Volierenhaltung, Sommermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | \dot{V} | \dot{E} -NH ₃ | \dot{E} -H ₂ O | \dot{E} -CO ₂ | \dot{E} -N ₂ O | T _{Abluft} | T _{Tier} | T _{Aussen} |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | | |
| 16.8.96 19:26 | 1,67 | 0,06 | 0,40 | | 5,01 | 1359,19 | 4,35 | 2595,83 | 684,80 | 0,15 | 22,60 | 23,41 | 18,18 |
| 16.8.96 20:26 | 1,66 | 0,07 | 0,39 | | 5,81 | 1351,11 | 5,01 | 2519,45 | 762,55 | 0,13 | 21,88 | 22,73 | 16,38 |
| 16.8.96 21:25 | 1,59 | 0,06 | 0,40 | | 5,87 | 1158,30 | 4,34 | 1585,93 | 538,93 | 0,12 | 19,73 | 21,47 | 14,96 |
| 16.8.96 22:26 | 1,58 | 0,07 | 0,39 | | 6,44 | 1023,34 | 4,21 | 1331,96 | 690,25 | 0,09 | 19,71 | 21,08 | 14,39 |
| 16.8.96 23:27 | 1,56 | 0,08 | 0,37 | | 6,61 | 799,43 | 3,37 | 968,50 | 622,86 | 0,05 | 19,11 | 20,90 | 13,90 |
| 17.8.96 0:25 | 1,53 | 0,08 | 0,38 | | 6,85 | 860,35 | 3,76 | 867,88 | 675,05 | 0,07 | 19,71 | 21,29 | 13,10 |
| 17.8.96 1:22 | 1,51 | 0,10 | 0,39 | | 7,51 | 642,75 | 3,08 | 532,54 | 681,26 | 0,06 | 20,69 | 21,80 | 12,61 |
| 17.8.96 2:26 | 1,49 | 0,10 | 0,42 | | 7,49 | 575,59 | 2,75 | 425,04 | 619,59 | 0,08 | 19,01 | 21,26 | 11,96 |
| 17.8.96 3:25 | 1,46 | 0,11 | 0,37 | | 7,99 | 541,65 | 2,76 | 265,77 | 678,49 | 0,03 | 21,00 | 22,01 | 10,65 |
| 17.8.96 4:23 | 1,47 | 0,11 | 0,37 | 3,77 | 8,58 | 573,41 | 3,14 | 333,01 | 727,73 | 0,03 | 20,82 | 22,11 | 11,22 |
| 17.8.96 5:21 | 1,46 | 0,11 | 0,37 | 3,49 | 9,00 | 739,31 | 4,26 | 363,52 | 899,47 | 0,05 | 20,35 | 21,78 | 10,86 |
| 17.8.96 6:23 | 1,46 | 0,12 | 0,38 | | 8,64 | 925,00 | 5,11 | 496,58 | 1334,64 | 0,08 | 20,72 | 21,83 | 10,42 |
| 17.8.96 8:57 | 1,56 | 0,11 | 0,36 | | 9,33 | 1316,79 | 7,86 | 1568,83 | 1660,14 | 0,06 | 21,60 | 21,62 | 12,82 |
| 17.8.96 9:54 | 1,60 | 0,08 | 0,37 | 3,44 | 7,07 | 1364,16 | 6,17 | 1994,78 | 989,77 | 0,09 | 21,29 | 21,44 | 16,40 |
| 17.8.96 10:58 | 1,65 | 0,07 | 0,36 | | 6,94 | 1360,73 | 6,04 | 2481,17 | 867,15 | 0,07 | 22,45 | 22,40 | 18,00 |
| 17.8.96 11:57 | 1,70 | 0,07 | | | 6,59 | 1373,83 | 5,79 | 2970,22 | 799,71 | | 22,79 | 23,69 | 18,24 |
| 17.8.96 12:57 | 1,74 | 0,07 | | | 7,86 | 1359,91 | 6,83 | 3277,74 | 881,63 | | 23,74 | 24,41 | 19,94 |
| 17.8.96 13:56 | 1,72 | 0,07 | 0,38 | | 7,03 | 1377,41 | 6,20 | 3133,48 | 923,41 | 0,11 | 23,66 | 25,04 | 20,33 |
| 17.8.96 14:55 | 1,71 | 0,08 | | | 9,21 | 1375,95 | 8,11 | 3068,03 | 1021,12 | | 24,26 | 25,32 | 21,65 |
| 17.8.96 15:58 | 1,59 | 0,07 | | | 7,77 | 1371,96 | 6,82 | 1912,92 | 806,04 | | 24,31 | 26,12 | 21,75 |
| 17.8.96 16:54 | 1,59 | 0,08 | 0,36 | | 8,19 | 1354,62 | 7,10 | 1889,14 | 960,45 | 0,06 | 24,39 | 25,22 | 20,43 |
| 17.8.96 17:54 | 1,54 | 0,07 | | | 7,07 | 1349,84 | 6,10 | 1456,15 | 800,78 | | 24,23 | 25,29 | 20,43 |
| 17.8.96 18:55 | 1,52 | 0,07 | | | 6,25 | 1357,88 | 5,42 | 1280,71 | 745,50 | | 23,85 | 24,73 | 20,02 |
| 17.8.96 20:40 | 1,63 | 0,07 | 0,39 | | 7,70 | 1348,35 | 6,64 | 2276,04 | 844,40 | 0,13 | 21,67 | 23,20 | 16,69 |
| 17.8.96 21:41 | 1,53 | 0,06 | 0,38 | | 7,37 | 1347,01 | 6,35 | 1300,83 | 583,44 | 0,11 | 20,74 | 22,01 | 15,99 |
| 17.8.96 22:39 | 1,52 | 0,07 | 0,37 | | 7,39 | 1240,10 | 5,86 | 1141,66 | 721,91 | 0,08 | 19,81 | 20,90 | 14,47 |
| 17.8.96 23:40 | 1,51 | 0,07 | 0,40 | 3,49 | 7,42 | 1069,40 | 5,07 | 887,90 | 628,40 | 0,11 | 18,98 | 20,41 | 14,16 |
| 18.8.96 0:41 | 1,49 | 0,08 | 0,40 | | 8,04 | 797,91 | 4,10 | 590,45 | 600,95 | 0,09 | 19,92 | 21,60 | 15,01 |
| 18.8.96 1:39 | 1,48 | 0,08 | 0,39 | 3,58 | 8,29 | 769,15 | 4,08 | 517,07 | 630,21 | 0,07 | 18,93 | 20,90 | 13,59 |
| 18.8.96 2:39 | 1,49 | 0,10 | 0,37 | | 9,17 | 800,43 | 4,69 | 574,24 | 832,49 | 0,05 | 20,82 | 22,32 | 12,69 |
| 18.8.96 3:38 | 1,47 | 0,10 | 0,39 | | 9,48 | 580,12 | 3,52 | 324,52 | 625,76 | 0,06 | 21,18 | 22,63 | 12,51 |
| 18.8.96 4:37 | 1,45 | 0,11 | 0,38 | 3,46 | 9,64 | 739,85 | 4,56 | 330,38 | 924,60 | 0,06 | 19,06 | 21,36 | 11,84 |
| 18.8.96 5:39 | 1,41 | 0,09 | 0,42 | 3,39 | 9,36 | 575,43 | 3,44 | 101,09 | 538,14 | 0,08 | 18,86 | 21,52 | 11,68 |
| 18.8.96 6:36 | 1,46 | 0,13 | 0,39 | 4,30 | 9,04 | 883,36 | 5,11 | 434,39 | 1347,82 | 0,09 | 20,90 | 21,54 | 10,96 |
| 18.8.96 7:40 | 1,50 | 0,10 | 0,41 | 3,52 | 8,96 | 1369,56 | 7,84 | 1075,29 | 1575,57 | 0,18 | 21,75 | 21,31 | 13,10 |
| 18.8.96 9:37 | 1,54 | 0,07 | 0,40 | | 6,03 | 1368,99 | 5,28 | 1445,65 | 774,24 | 0,15 | 21,44 | 21,62 | 17,00 |
| 18.8.96 10:36 | 1,60 | 0,06 | 0,39 | | 6,35 | 1376,71 | 5,59 | 1981,95 | 710,19 | 0,13 | 22,45 | 22,79 | 18,13 |
| 18.8.96 11:36 | 1,63 | 0,07 | 0,41 | | 7,14 | 1383,90 | 6,32 | 2336,10 | 744,51 | 0,18 | 23,30 | 24,08 | 19,45 |
| 18.8.96 12:37 | 1,67 | 0,07 | 0,38 | | 8,30 | 1432,98 | 7,61 | 2774,83 | 850,00 | 0,10 | 24,00 | 25,11 | 20,43 |
| 18.8.96 13:38 | 1,63 | 0,06 | 0,36 | | 9,04 | 1376,96 | 7,96 | 2324,49 | 710,42 | 0,07 | 24,26 | 24,93 | 21,75 |
| 18.8.96 14:36 | 1,65 | 0,07 | | | 9,44 | 1372,23 | 8,28 | 2440,43 | 897,28 | | 24,60 | 25,86 | 22,27 |
| 18.8.96 15:36 | 1,59 | 0,07 | | | 8,26 | 1389,56 | 7,34 | 1937,96 | 839,59 | | 25,01 | 26,72 | 23,02 |
| 18.8.96 16:38 | 1,52 | 0,07 | | | 8,44 | 1371,78 | 7,40 | 1262,87 | 828,83 | | 25,27 | 26,36 | 23,33 |
| 18.8.96 17:36 | 1,52 | 0,07 | | | 8,24 | 1383,31 | 7,28 | 1241,19 | 850,34 | | 25,27 | 26,41 | 22,84 |
| 18.8.96 18:36 | 1,50 | 0,07 | 0,40 | | 8,01 | 1374,40 | 7,04 | 1078,16 | 746,32 | 0,14 | 25,06 | 25,73 | 22,35 |
| 18.8.96 20:27 | 1,49 | 0,07 | 0,35 | | 6,71 | 1375,92 | 5,90 | 1017,23 | 739,52 | 0,05 | 23,77 | 24,73 | 19,09 |

Anhang, Tabelle A- 10: Rohdaten Volierenhaltung, Sommermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ṡ | Ė -NH ₃ | Ė -H ₂ O | Ė -CO ₂ | Ė -N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Aussen |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------|---------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------|--------|----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | °C | | | | |
| 18.8.96 21:28 | 1,49 | 0,06 | | | 7,38 | 1375,18 | 6,48 | 1016,67 | 693,63 | | 21,98 | 22,91 | 17,67 |
| 18.8.96 22:26 | 1,48 | 0,06 | | | 7,38 | 1372,59 | 6,47 | 890,95 | 692,33 | | 21,41 | 22,53 | 17,18 |
| 18.8.96 23:27 | 1,47 | 0,06 | | | 7,32 | 1363,17 | 6,38 | 792,62 | 695,09 | | 21,10 | 21,85 | 16,87 |
| 19.8.96 0:25 | 1,47 | 0,06 | | | 7,48 | 1358,06 | 6,49 | 789,72 | 587,73 | | 20,61 | 21,57 | 15,99 |
| 19.8.96 1:26 | 1,45 | 0,06 | | | 8,12 | 1372,03 | 7,12 | 643,04 | 646,64 | | 20,10 | 21,10 | 15,47 |
| 19.8.96 2:27 | 1,44 | 0,06 | | | 8,24 | 1199,84 | 6,32 | 481,16 | 532,42 | | 19,45 | 20,61 | 15,22 |
| 19.8.96 3:25 | 1,47 | 0,09 | 0,37 | | 9,15 | 973,54 | 5,69 | 544,09 | 898,88 | 0,06 | 19,84 | 21,98 | 14,72 |
| 19.8.96 4:24 | 1,45 | 0,09 | | | 8,85 | 1142,29 | 6,46 | 483,85 | 1048,41 | | 19,55 | 21,67 | 14,39 |
| 19.8.96 5:27 | 1,43 | 0,07 | | | 8,95 | 1100,06 | 6,29 | 317,14 | 676,16 | | 19,22 | 20,54 | 14,08 |
| 19.8.96 6:25 | 1,46 | 0,09 | | | 8,94 | 1367,73 | 7,81 | 702,91 | 1270,74 | | 21,08 | 21,85 | 13,90 |
| 19.8.96 8:42 | 1,51 | 0,07 | 0,35 | | 7,51 | 1358,46 | 6,52 | 1127,14 | 880,12 | 0,05 | 21,44 | 21,13 | 17,00 |
| 19.8.96 9:42 | 1,56 | 0,07 | 0,37 | | 5,98 | 1515,73 | 5,80 | 1770,69 | 890,19 | 0,10 | 22,58 | 22,68 | 19,86 |
| 19.8.96 10:44 | 1,60 | 0,07 | 0,40 | | 8,91 | 1329,06 | 7,57 | 1972,08 | 780,44 | 0,15 | 24,00 | 24,39 | 22,04 |
| 19.8.96 11:42 | 1,47 | 0,07 | 0,38 | | 4,83 | 1400,23 | 4,33 | 814,39 | 914,93 | 0,10 | 25,24 | 26,43 | 23,98 |
| 19.8.96 12:41 | 1,39 | 0,06 | | | 3,17 | 1372,76 | 2,78 | 55,23 | 685,04 | | 25,76 | 27,34 | 24,85 |
| 19.8.96 13:40 | 1,42 | 0,08 | 0,37 | | 4,60 | 1351,79 | 3,97 | 328,84 | 1010,05 | 0,08 | 26,33 | 27,47 | 25,48 |
| 19.8.96 14:42 | 1,35 | 0,07 | 0,39 | | 3,53 | 1328,22 | 3,00 | -276,15 | 758,04 | 0,13 | 26,90 | 28,09 | 25,97 |
| 19.8.96 15:43 | 1,36 | 0,07 | | | 3,67 | 1335,31 | 3,13 | -217,39 | 835,77 | | 26,90 | 28,87 | 26,28 |
| 19.8.96 16:40 | 1,33 | 0,07 | | | 3,25 | 1319,94 | 2,74 | -482,88 | 826,14 | | 27,00 | 28,30 | 25,94 |
| 19.8.96 17:42 | 1,38 | 0,07 | | | 3,39 | 1313,43 | 2,85 | -65,67 | 756,84 | | 26,90 | 28,45 | 25,48 |
| 19.8.96 18:40 | 1,42 | 0,07 | | | 3,00 | 1316,74 | 2,52 | 289,51 | 748,68 | | 26,59 | 27,68 | 24,31 |
| 19.8.96 19:38 | 1,39 | 0,06 | | | 2,59 | 1314,91 | 2,17 | 52,69 | 617,44 | | 25,81 | 27,03 | 22,99 |
| 19.8.96 21:27 | 1,36 | 0,06 | | | 1,79 | 1318,60 | 1,50 | -243,39 | 481,53 | | 23,33 | 25,37 | 18,93 |
| 19.8.96 22:28 | 1,36 | 0,05 | | 3,75 | 1,85 | 1315,04 | 1,55 | -183,67 | 429,72 | | 22,47 | 24,73 | 18,75 |
| 19.8.96 23:28 | 1,34 | 0,05 | | | 1,79 | 1308,01 | 1,49 | -417,78 | 377,14 | | 22,22 | 23,85 | 18,86 |
| 20.8.96 0:27 | 1,33 | 0,05 | | | 1,55 | 1312,03 | 1,30 | -448,55 | 378,30 | | 21,57 | 23,30 | 17,64 |
| 20.8.96 1:28 | 1,33 | 0,05 | 0,38 | | 1,45 | 1320,04 | 1,22 | -480,97 | 402,38 | 0,09 | 20,72 | 22,19 | 17,23 |
| 20.8.96 2:26 | 1,33 | 0,05 | 0,37 | | 1,45 | 1325,93 | 1,23 | -453,32 | 404,17 | 0,07 | 20,30 | 22,29 | 16,48 |
| 20.8.96 3:23 | 1,32 | 0,05 | 0,38 | | 1,40 | 1321,10 | 1,17 | -540,69 | 380,91 | 0,10 | 19,89 | 21,83 | 16,07 |
| 20.8.96 4:24 | 1,31 | 0,05 | 0,38 | | 1,41 | 1195,19 | 1,08 | -623,42 | 324,92 | 0,10 | 19,45 | 21,39 | 15,37 |
| 20.8.96 5:26 | 1,29 | 0,05 | 0,36 | | 1,40 | 1307,73 | 1,16 | -858,68 | 449,02 | 0,05 | 19,32 | 21,39 | 14,67 |
| 20.8.96 6:27 | 1,37 | 0,08 | 0,37 | 3,84 | 2,58 | 1381,64 | 2,27 | -99,84 | 1073,67 | 0,07 | 19,94 | 21,16 | 14,67 |
| 20.8.96 8:10 | 1,35 | 0,06 | 0,42 | | 1,44 | 1335,11 | 1,22 | -336,45 | 590,25 | 0,20 | 21,85 | 21,65 | 17,10 |
| 20.8.96 9:11 | 1,36 | 0,06 | 0,40 | | 1,83 | 1336,92 | 1,55 | -216,76 | 686,50 | 0,15 | 22,47 | 22,53 | 19,30 |
| 20.8.96 10:10 | 1,43 | 0,06 | | | 1,88 | 1347,06 | 1,61 | 386,89 | 654,74 | | 23,56 | 24,03 | 20,77 |
| 20.8.96 11:10 | 1,48 | 0,07 | 0,39 | 3,48 | 2,57 | 1365,31 | 2,23 | 882,91 | 798,55 | 0,13 | 24,98 | 25,22 | 22,55 |
| 20.8.96 12:09 | 1,45 | 0,07 | 0,38 | | 2,56 | 1334,74 | 2,17 | 623,27 | 795,37 | 0,09 | 25,35 | 26,74 | 23,87 |
| 20.8.96 13:12 | 1,52 | 0,08 | | | 3,62 | 1335,45 | 3,08 | 1253,71 | 964,49 | | 26,25 | 27,57 | 25,58 |
| 20.8.96 14:10 | 1,61 | 0,07 | | | 3,60 | 1334,27 | 3,05 | 2002,13 | 729,16 | | 26,64 | 28,61 | 25,84 |
| 20.8.96 15:07 | 1,67 | 0,07 | | | 3,81 | 1329,89 | 3,23 | 2533,49 | 792,53 | | 27,29 | 28,56 | 26,59 |
| 20.8.96 16:08 | 1,65 | 0,07 | | | 3,47 | 1346,00 | 2,98 | 2382,67 | 809,51 | | 27,21 | 29,02 | 28,48 |
| 20.8.96 17:08 | 1,60 | 0,07 | 0,39 | | 3,85 | 1331,25 | 3,26 | 1937,78 | 786,01 | 0,13 | 27,47 | 28,38 | 25,94 |
| 20.8.96 18:08 | 1,53 | 0,07 | 0,40 | | 3,14 | 1327,61 | 2,65 | 1276,27 | 798,47 | 0,15 | 26,95 | 28,22 | 24,70 |
| 20.8.96 19:07 | 1,52 | 0,06 | 0,37 | | 2,65 | 1326,72 | 2,24 | 1245,63 | 557,48 | 0,08 | 26,54 | 27,63 | 24,54 |
| 20.8.96 20:08 | 1,54 | 0,06 | 0,36 | | 2,61 | 1320,40 | 2,19 | 1385,01 | 625,98 | 0,06 | 25,55 | 26,87 | 20,61 |
| 20.8.96 21:07 | 1,50 | 0,06 | 0,36 | | 2,48 | 1334,78 | 2,10 | 1011,28 | 552,45 | 0,07 | 24,10 | 25,45 | 20,23 |

Anhang, Tabelle A- 10: Rohdaten Volierenhaltung, Sommermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | \dot{V} | \dot{E} -NH ₃ | \dot{E} -H ₂ O | \dot{E} -CO ₂ | \dot{E} -N ₂ O | T _{Abluft} | T _{Tier} | T _{Aussen} |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | °C | | | | |
| 20.8.96 23:04 | 1,49 | 0,06 | 0,41 | 4,04 | 2,55 | 1330,77 | 2,16 | 948,50 | 536,17 | 0,17 | 22,32 | 23,64 | 17,10 |
| 21.8.96 0:05 | 1,50 | 0,06 | 0,39 | | 2,64 | 1328,10 | 2,22 | 1035,92 | 673,40 | 0,13 | 21,03 | 22,81 | 16,20 |
| 21.8.96 1:03 | 1,49 | 0,06 | 0,38 | | 2,46 | 1339,08 | 2,09 | 954,44 | 583,57 | 0,09 | 20,82 | 22,40 | 16,22 |
| 21.8.96 2:04 | 1,48 | 0,06 | 0,38 | | 2,43 | 1339,98 | 2,07 | 894,99 | 679,46 | 0,11 | 20,20 | 21,80 | 16,22 |
| 21.8.96 3:05 | 1,48 | 0,07 | 0,40 | | 2,59 | 1341,76 | 2,21 | 896,17 | 702,42 | 0,14 | 19,50 | 21,26 | 14,70 |
| 21.8.96 4:03 | 1,47 | 0,06 | 0,37 | | 2,45 | 1254,30 | 1,95 | 725,28 | 601,66 | 0,08 | 19,17 | 21,00 | 14,36 |
| 21.8.96 5:04 | 1,49 | 0,08 | 0,41 | | 2,62 | 1339,14 | 2,23 | 954,46 | 1009,35 | 0,16 | 22,04 | 23,46 | 14,31 |
| 21.8.96 6:02 | 1,45 | 0,07 | | 3,89 | 2,51 | 1339,19 | 2,14 | 624,29 | 826,04 | | 19,50 | 20,66 | 14,21 |
| 21.8.96 7:03 | 1,57 | 0,08 | | | 3,30 | 1337,49 | 2,80 | 1643,06 | 971,41 | | 21,41 | 20,82 | 15,91 |
| 21.8.96 9:00 | 1,64 | 0,07 | 0,36 | | 3,27 | 1310,02 | 2,72 | 2226,28 | 807,86 | 0,05 | 21,83 | 21,29 | 15,45 |
| 21.8.96 9:59 | 1,69 | 0,07 | 0,43 | | 2,89 | 1323,65 | 2,43 | 2724,38 | 845,30 | 0,22 | 21,91 | 21,98 | 16,94 |
| 21.8.96 11:02 | 1,79 | 0,07 | 0,36 | | 3,26 | 1325,22 | 2,74 | 3619,15 | 831,77 | 0,06 | 23,15 | 23,28 | 19,32 |
| 21.8.96 12:00 | 1,80 | 0,06 | 0,36 | | 2,76 | 1324,40 | 2,33 | 3676,37 | 606,21 | 0,06 | 23,35 | 24,39 | 19,73 |
| 21.8.96 13:01 | 1,84 | 0,07 | | | 4,01 | 1321,88 | 3,37 | 4025,11 | 807,95 | | 24,05 | 24,41 | 19,76 |
| 21.8.96 13:58 | 1,81 | 0,07 | 0,42 | | 4,03 | 1319,33 | 3,38 | 3750,94 | 799,14 | 0,18 | 24,16 | 24,34 | 20,51 |
| 21.8.96 15:00 | 1,88 | 0,08 | 0,37 | | 4,47 | 1314,77 | 3,73 | 4386,79 | 954,97 | 0,08 | 25,04 | 25,55 | 22,68 |
| 21.8.96 16:01 | 1,83 | 0,07 | 0,37 | | 4,47 | 1330,03 | 3,78 | 3960,70 | 798,40 | 0,08 | 25,50 | 26,64 | 23,72 |
| 21.8.96 16:59 | 1,84 | 0,08 | | | 4,97 | 1311,53 | 4,15 | 4023,91 | 981,58 | | 25,76 | 26,07 | 23,12 |
| 21.8.96 18:00 | 1,73 | 0,07 | 0,42 | | 3,90 | 1321,59 | 3,28 | 3074,02 | 778,34 | 0,20 | 25,24 | 26,25 | 22,16 |
| 21.8.96 18:58 | 1,76 | 0,06 | 0,38 | | 3,71 | 1319,71 | 3,11 | 3364,08 | 646,83 | 0,11 | 25,11 | 25,81 | 21,52 |
| 21.8.96 20:33 | 1,79 | 0,06 | 0,41 | | 3,45 | 1318,77 | 2,89 | 3627,82 | 552,52 | 0,16 | 24,21 | 24,98 | 19,35 |
| 21.8.96 21:35 | 1,76 | 0,05 | 0,40 | | 3,23 | 1325,74 | 2,72 | 3320,27 | 453,79 | 0,14 | 22,84 | 24,05 | 18,49 |
| 21.8.96 22:33 | 1,76 | 0,06 | 0,41 | | 3,15 | 1328,11 | 2,66 | 3326,13 | 578,24 | 0,17 | 22,40 | 23,48 | 17,82 |
| 21.8.96 23:34 | 1,74 | 0,06 | 0,39 | | 3,18 | 1329,72 | 2,68 | 3151,48 | 571,67 | 0,12 | 22,14 | 23,07 | 17,82 |
| 22.8.96 0:34 | 1,73 | 0,06 | 0,41 | 3,60 | 3,08 | 1331,02 | 2,61 | 3065,02 | 506,61 | 0,17 | 21,93 | 22,79 | 18,00 |
| 22.8.96 1:33 | 1,73 | 0,06 | 0,43 | | 3,48 | 1327,17 | 2,93 | 3085,98 | 585,11 | 0,21 | 21,49 | 22,68 | 16,92 |
| 22.8.96 2:34 | 1,72 | 0,06 | 0,39 | | 3,67 | 1331,30 | 3,10 | 2976,20 | 550,47 | 0,12 | 21,10 | 21,98 | 16,56 |
| 22.8.96 3:31 | 1,67 | 0,06 | 0,43 | 3,75 | 3,48 | 1334,19 | 2,95 | 2594,21 | 580,92 | 0,22 | 20,25 | 21,00 | 15,73 |
| 22.8.96 4:33 | 1,63 | 0,06 | 0,40 | | 3,61 | 1327,99 | 3,04 | 2224,88 | 519,98 | 0,14 | 19,81 | 20,74 | 15,22 |
| 22.8.96 5:31 | 1,62 | 0,06 | 0,40 | | 3,66 | 1281,12 | 2,96 | 2022,70 | 555,32 | 0,14 | 19,66 | 20,64 | 15,37 |
| 22.8.96 6:33 | 1,69 | 0,07 | 0,43 | | 3,67 | | 0,00 | 39,68 | 39,68 | 0,00 | 21,31 | 21,72 | 15,83 |

Tabelle A- 11: Rohdaten Volierenhaltung, Wintermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | \dot{V} | \dot{E} -NH ₃ | \dot{E} -H ₂ O | \dot{E} -CO ₂ | \dot{E} -N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Ausssen |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------|--------|-----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | |
| 29.1.97 10:53 | 1,30 | 0,22 | 0,40 | | 34,03 | 1449,10 | 9,30 | 2439,96 | 1380,10 | 0,07 | 21,41 | 22,11 | 0,12 |
| 29.1.97 11:54 | 1,30 | 0,21 | 0,40 | | 36,07 | 1539,33 | 10,53 | 2598,14 | 1320,72 | 0,07 | 20,92 | 22,04 | 0,12 |
| 29.1.97 12:52 | 1,32 | 0,19 | 0,39 | | 36,00 | 1630,16 | 11,14 | 2812,48 | 1293,32 | 0,06 | 21,16 | 22,27 | 1,41 |
| 29.1.97 13:53 | 0,97 | 0,09 | 0,39 | | 23,23 | 1455,44 | 6,27 | 1453,04 | 405,49 | 0,06 | 16,94 | 19,42 | 1,07 |
| 29.1.97 14:53 | 1,10 | 0,19 | 0,41 | | 29,50 | 1502,45 | 8,31 | 2240,80 | 1161,86 | 0,07 | 20,15 | 21,31 | 1,31 |
| 29.1.97 15:52 | 1,20 | 0,19 | 0,45 | | 28,00 | 1732,11 | 9,08 | 2565,27 | 1329,19 | 0,13 | 20,90 | 21,98 | 1,02 |
| 29.1.97 16:53 | 1,17 | 0,18 | 0,42 | | 27,47 | 1697,68 | 8,71 | 2380,39 | 1210,92 | 0,09 | 20,72 | 21,65 | 0,71 |
| 29.1.97 17:54 | 1,19 | 0,19 | 0,42 | | 28,10 | 1563,88 | 8,20 | 2262,16 | 1213,90 | 0,09 | 20,95 | 21,98 | 0,46 |
| 29.1.97 18:52 | 1,17 | 0,18 | 0,42 | | 27,97 | 1602,33 | 8,35 | 2237,31 | 1140,81 | 0,10 | 20,85 | 21,80 | 0,43 |
| 29.1.97 21:23 | 1,03 | 0,17 | 0,40 | | 22,47 | 1318,98 | 5,41 | 1448,73 | 865,39 | 0,06 | 19,27 | 21,34 | 0,10 |
| 29.1.97 22:24 | 1,08 | 0,21 | 0,43 | | 23,57 | 1173,26 | 5,08 | 1422,96 | 1019,30 | 0,07 | 19,68 | 21,70 | 0,25 |
| 29.1.97 23:22 | 1,09 | 0,21 | 0,46 | | 23,03 | 1185,11 | 5,01 | 1453,73 | 1037,54 | 0,09 | 19,63 | 21,70 | 0,15 |
| 30.1.97 0:23 | 1,07 | 0,20 | 0,42 | | 22,83 | 1179,70 | 4,95 | 1397,30 | 1025,98 | 0,07 | 19,35 | 21,60 | -0,11 |
| 30.1.97 1:24 | 1,06 | 0,20 | 0,40 | | 22,73 | 1177,66 | 4,92 | 1378,33 | 1012,06 | 0,06 | 19,55 | 21,54 | -0,49 |
| 30.1.97 2:22 | 1,06 | 0,20 | 0,47 | | 22,80 | 1177,72 | 4,93 | 1385,83 | 1007,42 | 0,10 | 19,71 | 21,72 | -0,57 |
| 30.1.97 3:23 | 1,05 | 0,21 | 0,42 | | 23,03 | 1170,04 | 4,95 | 1351,69 | 1024,74 | 0,07 | 19,37 | 21,47 | -0,78 |
| 30.1.97 4:24 | 1,05 | 0,20 | | | 22,30 | 1182,80 | 4,83 | 1365,65 | 990,56 | | 19,24 | 21,44 | -0,72 |
| 30.1.97 5:22 | 1,09 | 0,23 | 0,42 | | 23,33 | 1213,79 | 5,21 | 1488,94 | 1187,36 | 0,07 | 20,12 | 21,67 | -1,01 |
| 30.1.97 6:23 | 1,20 | 0,25 | 0,41 | | 25,17 | 1234,89 | 5,75 | 1799,71 | 1336,01 | 0,06 | 21,00 | 22,14 | -1,31 |
| 30.1.97 7:21 | 1,20 | 0,25 | 0,38 | | 24,97 | 1361,80 | 6,31 | 1993,70 | 1515,30 | 0,05 | 21,10 | 22,09 | -1,31 |
| 30.1.97 9:51 | 1,18 | 0,22 | 0,43 | | 25,93 | 1345,85 | 6,45 | 1897,80 | 1284,64 | 0,08 | 21,13 | 22,22 | -1,14 |
| 30.1.97 10:52 | 1,16 | 0,19 | 0,49 | | 25,97 | 1416,00 | 6,80 | 1938,09 | 1119,09 | 0,13 | 20,66 | 21,75 | -0,98 |
| 30.1.97 11:50 | 1,20 | 0,19 | 0,48 | | 26,47 | 1570,89 | 7,74 | 2295,56 | 1286,58 | 0,14 | 20,87 | 22,11 | -0,42 |
| 30.1.97 12:51 | 1,22 | 0,20 | 0,44 | | 26,60 | 1541,95 | 7,60 | 2306,20 | 1285,21 | 0,10 | 20,87 | 22,09 | -0,54 |
| 30.1.97 13:52 | 1,14 | 0,17 | 0,45 | | 26,97 | 1503,13 | 7,59 | 2024,09 | 1009,81 | 0,11 | 20,12 | 21,93 | -0,62 |
| 30.1.97 14:50 | 1,18 | 0,18 | 0,49 | | 26,60 | 1531,01 | 7,57 | 2167,46 | 1127,07 | 0,14 | 20,66 | 21,65 | -0,54 |
| 30.1.97 15:51 | 1,23 | 0,20 | 0,49 | | 28,70 | 1526,68 | 8,16 | 2338,20 | 1328,28 | 0,14 | 21,21 | 22,35 | -1,08 |
| 30.1.97 16:52 | 1,25 | 0,21 | 0,46 | | 28,03 | 1519,33 | 7,91 | 2367,10 | 1367,44 | 0,12 | 21,29 | 22,29 | -1,29 |
| 30.1.97 17:49 | 1,20 | 0,21 | 0,48 | | 28,43 | 1487,36 | 7,87 | 2267,12 | 1311,71 | 0,13 | 21,29 | 22,19 | -1,49 |
| 30.1.97 18:51 | 1,19 | 0,19 | 0,48 | | 27,97 | 1341,10 | 6,93 | 1919,53 | 1049,95 | 0,12 | 20,87 | 21,98 | -1,57 |
| 30.1.97 21:29 | 1,05 | 0,17 | 0,39 | | 21,97 | 1284,75 | 5,12 | 1472,43 | 909,83 | 0,06 | 19,63 | 21,31 | -1,78 |
| 30.1.97 22:30 | 1,08 | 0,21 | 0,41 | | 22,47 | 1086,69 | 4,46 | 1312,02 | 967,05 | 0,06 | 19,84 | 21,31 | -1,70 |
| 30.1.97 23:28 | 1,08 | 0,22 | 0,41 | | 22,70 | 1076,02 | 4,46 | 1290,79 | 1004,95 | 0,06 | 19,81 | 21,52 | -1,75 |
| 31.1.97 0:29 | 1,08 | 0,21 | 0,43 | | 22,30 | 1071,94 | 4,36 | 1293,07 | 967,79 | 0,07 | 19,71 | 21,08 | -1,78 |
| 31.1.97 1:30 | 1,08 | 0,21 | 0,40 | | 22,43 | 1076,12 | 4,41 | 1299,33 | 955,86 | 0,05 | 19,63 | 21,16 | -1,98 |
| 31.1.97 2:27 | 1,06 | 0,21 | 0,40 | | 21,63 | 1077,12 | 4,23 | 1260,67 | 960,73 | 0,05 | 19,53 | 21,05 | -2,06 |
| 31.1.97 3:29 | 1,06 | 0,22 | 0,41 | | 22,13 | 1070,95 | 4,32 | 1247,11 | 991,01 | 0,05 | 19,48 | 21,18 | -1,70 |
| 31.1.97 4:30 | 1,07 | 0,21 | | | 22,13 | 1070,61 | 4,32 | 1260,97 | 964,40 | | 19,45 | 21,05 | -1,67 |
| 31.1.97 5:27 | 1,15 | 0,24 | 0,41 | | 24,43 | 1092,59 | 4,91 | 1487,39 | 1144,42 | 0,06 | 20,43 | 21,98 | -1,67 |
| 31.1.97 6:28 | 1,18 | 0,21 | | | 23,57 | 1432,11 | 6,23 | 2042,50 | 1298,77 | | 21,10 | 22,27 | -1,52 |
| 31.1.97 7:26 | 1,16 | 0,20 | 0,39 | | 24,37 | 1361,87 | 6,07 | 1864,07 | 1178,63 | 0,05 | 20,85 | 22,11 | -1,83 |
| 31.1.97 9:57 | 1,20 | 0,22 | | | 26,30 | | | | | | 21,34 | 22,53 | -1,06 |
| 31.1.97 10:58 | 1,27 | 0,22 | | | 31,77 | | | | | | 21,21 | 22,53 | -0,52 |
| 31.1.97 11:56 | 1,31 | 0,22 | | | 33,33 | | | | | | 21,36 | 22,22 | 0,00 |

Anhang, Tabelle A- 11: Rohdaten Volierenhaltung, Wintermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ṡ | Ė -NH ₃ | Ė -H ₂ O | Ė -CO ₂ | Ė -N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Aussen |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------|---------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------|--------|----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | | |
| 31.1.97 12:57 | 1,27 | 0,19 | | | 31,00 | | | | | | 20,95 | 21,98 | 0,54 |
| 31.1.97 13:55 | 1,29 | 0,20 | | | 30,83 | | | | | | 21,05 | 22,14 | 0,92 |
| 31.1.97 14:56 | 1,30 | 0,17 | | | 27,93 | | | | | | 20,61 | 21,85 | 0,87 |
| 31.1.97 15:57 | 1,00 | 0,19 | | | 29,40 | 1498,78 | 8,18 | 2366,97 | 1209,70 | | 21,52 | 22,40 | 0,43 |
| 31.1.97 16:58 | 1,27 | 0,20 | | | 29,03 | 1634,96 | 8,83 | 2636,32 | 1405,48 | | 21,26 | 22,27 | 0,10 |
| 31.1.97 17:56 | 1,30 | 0,20 | | | 28,43 | 1529,42 | 8,06 | 2385,25 | 1308,96 | | 21,21 | 21,98 | -0,18 |
| 31.1.97 20:08 | | | | | | 1441,05 | | 0,00 | 0,00 | | 19,94 | 21,67 | -0,36 |
| 31.1.97 21:09 | 1,08 | 0,17 | 0,41 | | 23,17 | 1408,77 | 5,95 | 1703,49 | 933,00 | 0,07 | 19,92 | 21,54 | -0,29 |
| 31.1.97 22:10 | 1,06 | 0,16 | 0,39 | | 22,53 | 1409,68 | 5,78 | 1646,31 | 895,53 | 0,06 | 19,89 | 21,75 | -0,26 |
| 31.1.97 23:08 | 1,05 | 0,16 | | | 21,93 | 1420,94 | 5,66 | 1629,77 | 893,03 | | 19,58 | 21,70 | -0,34 |
| 1.2.97 0:09 | 1,06 | 0,17 | 0,40 | | 22,00 | 1384,88 | 5,55 | 1597,94 | 897,28 | 0,07 | 19,55 | 21,62 | -0,34 |
| 1.2.97 1:06 | 1,00 | 0,16 | 0,36 | | 21,87 | 1386,46 | 5,52 | 1580,25 | 879,26 | 0,04 | 19,81 | 21,62 | -0,39 |
| 1.2.97 2:07 | 1,04 | 0,16 | | | 21,57 | 1384,54 | 5,43 | 1540,43 | 828,95 | | 19,45 | 20,95 | -0,49 |
| 1.2.97 3:08 | 1,05 | 0,16 | 0,40 | | 22,13 | 1380,35 | 5,57 | 1564,81 | 835,90 | 0,06 | 19,53 | 21,44 | -0,42 |
| 1.2.97 4:06 | 1,05 | 0,16 | 0,40 | | 21,83 | 1386,63 | 5,51 | 1571,01 | 886,63 | 0,06 | 19,81 | 21,57 | -0,44 |
| 1.2.97 5:07 | 1,05 | 0,18 | | | 22,03 | 1408,53 | 5,65 | 1615,20 | 984,71 | | 19,84 | 21,78 | -0,57 |
| 1.2.97 6:05 | 1,10 | 0,20 | 0,39 | | 24,03 | 1437,68 | 6,34 | 2092,18 | 1187,66 | 0,06 | 20,69 | 21,67 | -0,54 |
| 1.2.97 7:07 | 1,18 | 0,20 | 0,40 | | 24,83 | 1454,66 | 6,64 | 2062,90 | 1222,20 | 0,07 | 21,10 | 22,40 | -0,54 |
| 1.2.97 9:25 | 1,17 | 0,20 | 0,45 | | 25,13 | 1475,08 | 6,83 | 2064,69 | 1236,59 | 0,10 | 20,95 | 22,16 | -0,13 |
| 1.2.97 10:26 | 1,26 | 0,21 | 0,46 | | 28,87 | 1410,60 | 7,61 | 2231,17 | 1255,79 | 0,11 | 21,57 | 22,45 | 0,25 |
| 1.2.97 11:23 | 1,29 | 0,21 | 0,47 | | 30,13 | 1507,45 | 8,77 | 2551,30 | 1404,26 | 0,13 | 21,54 | 22,37 | 1,23 |
| 1.2.97 12:24 | 1,25 | 0,20 | 0,45 | | 31,97 | 1753,04 | 10,22 | 2675,68 | 1381,73 | 0,13 | 21,13 | 22,40 | 1,18 |
| 1.2.97 13:24 | 1,20 | 0,17 | 0,46 | | 30,37 | 1790,75 | 10,07 | 2585,89 | 1228,28 | 0,14 | 19,94 | 21,18 | 1,54 |
| 1.2.97 14:23 | 1,20 | 0,19 | 0,45 | | 30,17 | 1748,50 | 9,92 | 2600,31 | 1340,18 | 0,12 | 19,86 | 22,19 | 1,15 |
| 1.2.97 15:24 | 1,16 | 0,17 | 0,46 | | 29,10 | 1767,89 | 9,46 | 2407,06 | 1203,05 | 0,13 | 20,74 | 21,96 | 2,08 |
| 1.2.97 16:25 | 1,19 | 0,19 | 0,41 | | 29,27 | 1666,67 | 9,12 | 2387,93 | 1279,08 | 0,09 | 20,95 | 21,96 | 2,67 |
| 1.2.97 17:23 | 1,20 | 0,21 | 0,42 | | 30,03 | 1513,62 | 8,43 | 2284,71 | 1340,92 | 0,09 | 21,62 | 22,16 | -0,80 |
| 1.2.97 18:24 | 1,19 | 0,20 | 0,47 | | 28,60 | 1486,86 | 7,91 | 2122,36 | 1238,57 | 0,12 | 20,92 | 22,16 | -1,39 |
| 1.2.97 20:37 | 0,97 | 0,17 | | | 23,03 | 1389,71 | 5,84 | 1347,44 | 908,27 | | 18,65 | 21,26 | -3,27 |
| 1.2.97 21:35 | 0,92 | 0,18 | | | 21,90 | 1367,70 | 5,45 | 1182,08 | 954,70 | | 18,42 | 20,95 | -4,04 |
| 1.2.97 22:36 | 0,90 | 0,17 | | | 21,87 | 1351,77 | 5,37 | 1115,18 | 906,44 | | 18,29 | 20,82 | -3,50 |
| 1.2.97 23:37 | 0,88 | 0,17 | | | 21,90 | 1341,99 | 5,34 | 1050,89 | 888,44 | | 18,26 | 20,82 | -5,19 |
| 2.2.97 0:37 | 0,86 | 0,17 | | | 21,60 | 1316,69 | 5,17 | 981,26 | 884,37 | | 18,08 | 20,87 | -4,42 |
| 2.2.97 1:36 | 0,85 | 0,17 | | | 21,73 | 1303,18 | 5,15 | 941,76 | 834,96 | | 17,95 | 20,33 | -5,22 |
| 2.2.97 2:37 | 0,84 | 0,17 | | | 21,57 | 1295,07 | 5,07 | 899,09 | 849,86 | | 17,77 | 20,02 | -5,52 |
| 2.2.97 3:38 | 0,83 | 0,17 | | | 21,63 | 1272,42 | 5,00 | 855,77 | 818,89 | | 17,75 | 20,04 | -5,14 |
| 2.2.97 4:35 | 0,84 | 0,17 | | | 21,33 | 1290,74 | 4,99 | 892,78 | 864,05 | | 17,90 | 20,20 | -5,19 |
| 2.2.97 5:33 | 0,92 | 0,19 | | | 22,17 | 1327,34 | 5,36 | 1138,14 | 1047,50 | | 19,35 | 21,44 | -5,22 |
| 2.2.97 6:35 | 1,30 | 0,20 | | | 22,77 | 1307,48 | 5,41 | 1371,62 | 1096,30 | | 20,04 | 21,67 | -5,32 |
| 2.2.97 7:33 | 1,30 | 0,22 | 0,38 | | 24,07 | 1347,31 | 5,91 | 1440,00 | 1213,00 | 0,05 | 20,10 | 21,65 | -5,76 |
| 2.2.97 10:01 | 1,11 | 0,24 | | | 26,67 | 1280,83 | 6,30 | 1624,54 | 1304,22 | | 20,92 | 21,98 | -2,70 |
| 2.2.97 10:59 | 1,21 | 0,24 | | | 31,77 | 1306,27 | 7,74 | 1911,79 | 1354,68 | | 21,03 | 22,37 | -1,49 |
| 2.2.97 12:00 | 1,30 | 0,24 | | | 33,13 | 1367,54 | 8,46 | 2255,62 | 1402,19 | | 21,91 | 22,58 | 0,15 |
| 2.2.97 13:01 | 1,32 | 0,23 | | | 35,43 | 1455,16 | 9,70 | 2469,74 | 1445,39 | | 21,44 | 22,63 | 1,36 |
| 2.2.97 14:02 | 1,35 | 0,22 | | | 36,30 | 1493,76 | 10,17 | 2629,14 | 1409,05 | | 21,54 | 22,68 | 2,72 |
| 2.2.97 15:00 | 1,30 | 0,21 | | | 33,23 | 1557,71 | 9,67 | 2516,02 | 1324,86 | | 21,39 | 23,04 | 2,23 |

Anhang, Tabelle A- 11: Rohdaten Volierenhaltung, Wintermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | Ṡ | Ė -NH ₃ | Ė -H ₂ O | Ė -CO ₂ | Ė -N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Aussen |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------|---------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------|--------|----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | °C | | | | |
| 2.2.97 16:01 | 1,25 | 0,21 | | | 33,27 | 1550,17 | 9,62 | 2412,88 | 1371,14 | | 21,34 | 22,47 | 1,56 |
| 2.2.97 17:02 | 1,30 | 0,23 | 0,38 | | 33,10 | 1514,62 | 9,35 | 2378,32 | 1437,30 | 0,06 | 21,60 | 22,66 | -0,49 |
| 2.2.97 18:00 | 1,30 | 0,22 | | | 31,87 | 1493,99 | 8,88 | 2196,41 | 1358,14 | | 21,41 | 22,11 | -1,70 |
| 2.2.97 20:19 | 1,00 | 0,16 | 0,36 | | 24,90 | 1342,00 | 6,12 | 1389,05 | 838,10 | 0,04 | 19,42 | 21,13 | -4,45 |
| 2.2.97 21:19 | 0,95 | 0,16 | | | 23,63 | 1306,69 | 5,63 | 1203,62 | 832,16 | | 19,22 | 21,47 | -4,58 |
| 2.2.97 22:18 | 0,93 | 0,16 | | | 22,73 | 1302,14 | 5,38 | 1161,64 | 820,56 | | 18,98 | 21,23 | -4,11 |
| 2.2.97 23:19 | 0,94 | 0,16 | | | 24,20 | 1291,70 | 5,71 | 1176,19 | 787,38 | | 18,91 | 21,13 | -3,32 |
| 3.2.97 0:20 | 0,95 | 0,16 | | | 23,77 | 1286,96 | 5,59 | 1190,94 | 793,02 | | 18,96 | 21,29 | -3,09 |
| 3.2.97 1:18 | 0,96 | 0,16 | | | 23,73 | 1287,70 | 5,59 | 1209,54 | 784,73 | | 18,86 | 21,44 | -3,29 |
| 3.2.97 2:19 | 0,96 | 0,15 | | | 23,53 | 1299,95 | 5,59 | 1217,97 | 761,60 | | 18,80 | 21,21 | -3,57 |
| 3.2.97 3:16 | 0,96 | 0,16 | | | 23,93 | 1300,06 | 5,69 | 1237,00 | 796,42 | | 19,09 | 21,47 | -3,73 |
| 3.2.97 4:17 | 0,96 | 0,15 | | | 23,90 | 1287,63 | 5,63 | 1208,28 | 769,76 | | 18,78 | 21,00 | -3,98 |
| 3.2.97 5:19 | 0,99 | 0,16 | | | 24,40 | 1318,18 | 5,90 | 1337,11 | 847,05 | | 19,19 | 21,62 | -4,22 |
| 3.2.97 6:17 | 1,13 | 0,20 | | | 26,03 | 1348,45 | 6,46 | 1743,34 | 1091,90 | | 20,64 | 21,80 | -4,75 |
| 3.2.97 7:19 | 1,14 | 0,20 | | | 27,90 | 1356,73 | 7,00 | 1782,98 | 1145,12 | | 21,23 | 22,06 | -4,11 |
| 3.2.97 9:35 | 1,13 | 0,21 | 0,39 | | 28,80 | 1358,55 | 7,29 | 1786,15 | 1213,78 | 0,06 | 20,66 | 22,04 | -2,98 |
| 3.2.97 10:36 | 1,20 | 0,22 | | | 31,77 | 1360,48 | 8,06 | 1978,25 | 1301,66 | | 20,77 | 22,37 | -2,39 |
| 3.2.97 11:37 | 1,25 | 0,22 | | | 35,10 | 1366,10 | 9,00 | 2131,08 | 1285,07 | | 20,87 | 22,22 | -2,42 |
| 3.2.97 12:35 | 1,30 | 0,22 | | | 33,70 | 1390,77 | 8,76 | 2098,26 | 1298,96 | | 20,69 | 22,40 | -2,16 |
| 3.2.97 13:33 | 1,30 | 0,22 | | | 35,03 | 1467,12 | 9,66 | 2374,55 | 1389,99 | | 21,47 | 22,22 | -2,44 |
| 3.2.97 14:34 | 1,26 | 0,22 | | | 34,70 | 1407,75 | 9,16 | 2205,22 | 1340,61 | | 21,23 | 22,37 | -2,34 |
| 3.2.97 15:35 | 1,30 | 0,22 | | | 34,63 | 1430,80 | 9,31 | 2285,27 | 1325,99 | | 21,60 | 22,55 | -2,32 |
| 3.2.97 16:36 | 1,28 | 0,23 | | | 34,07 | 1470,13 | 9,40 | 2367,92 | 1442,23 | | 21,72 | 22,29 | -2,47 |
| 3.2.97 17:34 | 1,28 | 0,22 | 0,40 | | 34,43 | 1421,71 | 9,17 | 2284,72 | 1357,72 | 0,07 | 21,49 | 22,35 | -2,19 |
| 3.2.97 18:33 | 1,30 | 0,21 | 0,38 | | 32,63 | 1429,98 | 8,72 | 2190,24 | 1235,19 | 0,05 | 21,21 | 22,06 | -2,34 |
| 3.2.97 20:49 | 1,06 | 0,17 | | | 28,10 | 1366,58 | 7,11 | 1589,25 | 922,53 | | 19,04 | 20,95 | -2,21 |
| 3.2.97 21:50 | 1,06 | 0,18 | | | 28,37 | 1338,71 | 7,04 | 1547,40 | 965,18 | | 19,22 | 21,23 | -2,21 |
| 3.2.97 22:48 | 1,05 | 0,17 | | | 28,07 | 1320,43 | 6,86 | 1507,44 | 897,78 | | 18,96 | 20,66 | -2,01 |
| 3.2.97 23:49 | 1,03 | 0,17 | | | 27,20 | 1313,52 | 6,61 | 1445,70 | 920,55 | | 18,91 | 20,77 | -1,88 |
| 4.2.97 0:50 | 1,04 | 0,17 | 0,38 | | 28,00 | 1303,97 | 6,76 | 1461,39 | 871,77 | 0,04 | 18,93 | 20,54 | -1,67 |
| 4.2.97 1:47 | 1,00 | 0,16 | | | 27,87 | 1318,12 | 6,80 | 1467,63 | 829,41 | | 19,04 | 20,64 | -1,70 |
| 4.2.97 2:48 | 1,03 | 0,17 | | | 27,77 | 1304,63 | 6,71 | 1435,25 | 876,88 | | 18,88 | 20,64 | -1,44 |
| 4.2.97 3:49 | 1,03 | 0,17 | | | 27,37 | 1314,64 | 6,65 | 1427,75 | 845,42 | | 18,98 | 20,56 | -1,39 |
| 4.2.97 4:47 | 1,00 | 0,17 | | | 27,43 | 1330,75 | 6,77 | 1457,39 | 893,86 | | 18,91 | 20,59 | -1,31 |
| 4.2.97 5:49 | 1,16 | 0,20 | | | 29,27 | 1398,39 | 7,61 | 1920,96 | 1110,51 | | 20,43 | 21,70 | -1,21 |
| 4.2.97 6:47 | 1,19 | 0,21 | | | 30,17 | 1391,74 | 7,82 | 1979,13 | 1190,25 | | 20,79 | 22,27 | -1,16 |
| 4.2.97 7:47 | 1,20 | 0,21 | 0,41 | | 30,67 | 1509,62 | 8,57 | 2161,74 | 1273,17 | 0,08 | 20,90 | 22,29 | -1,26 |
| 4.2.97 10:12 | 1,25 | 0,21 | 0,40 | | 30,63 | 1441,45 | 8,46 | 2205,99 | 1271,89 | 0,06 | 20,66 | 22,45 | 0,12 |
| 4.2.97 11:13 | 1,31 | 0,22 | | | 35,53 | 1435,90 | 9,58 | 2399,95 | 1290,39 | | 21,29 | 22,60 | 0,87 |
| 4.2.97 12:14 | 1,33 | 0,20 | | | 36,27 | 1589,31 | 10,86 | 2739,05 | 1327,97 | | 21,23 | 22,68 | 2,10 |
| 4.2.97 13:15 | 1,27 | 0,17 | | | 34,47 | 1791,68 | 11,72 | 2904,62 | 1178,95 | | 20,85 | 22,40 | 2,36 |
| 4.2.97 14:13 | 1,10 | 0,20 | 0,37 | | 34,30 | 1632,99 | 10,57 | 2724,19 | 1300,57 | 0,05 | 21,08 | 21,98 | 2,08 |
| 4.2.97 15:10 | 1,29 | 0,19 | | | 32,97 | 1731,14 | 10,55 | 2786,58 | 1309,59 | | 21,21 | 22,55 | 2,26 |
| 4.2.97 16:11 | 1,10 | 0,17 | | | 31,87 | 1631,52 | 9,73 | 2537,94 | 1092,94 | | 21,23 | 21,93 | 1,23 |
| 4.2.97 17:10 | 1,24 | 0,19 | | | 31,37 | 1570,03 | 9,17 | 2410,83 | 1173,14 | | 20,90 | 22,27 | 0,61 |
| 4.2.97 18:11 | 1,10 | 0,19 | | | 32,57 | 1501,16 | 9,11 | 2353,56 | 1157,97 | | 21,31 | 22,19 | 0,54 |

Anhang, Tabelle A- 11: Rohdaten Volierenhaltung, Wintermessung

| Datum, Zeit | C-H ₂ O | C-CO ₂ | C-N ₂ O | C-CH ₄ | C-NH ₃ | \dot{V} | \dot{E} -NH ₃ | \dot{E} -H ₂ O | \dot{E} -CO ₂ | \dot{E} -N ₂ O | T Abluft | T Tier | T Aussen |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-----------------------------|---------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------|--------|----------|
| TT.MM.JJ hh:mm | Vol.-% | ppmv | | | m ³ /h*500 kg LM | g/h*500 kg LM | | | | °C | | | |
| 4.2.97 19:57 | 1,12 | 0,16 | | | 27,53 | 1459,86 | 7,40 | 1859,87 | 891,77 | | 19,58 | 22,11 | 0,71 |
| 4.2.97 20:58 | 1,08 | 0,16 | | | 26,57 | 1423,69 | 6,95 | 1706,68 | 872,71 | | 19,40 | 22,01 | 1,00 |
| 4.2.97 21:59 | 1,09 | 0,16 | | | 27,13 | 1426,50 | 7,12 | 1729,00 | 828,13 | | 19,24 | 21,83 | 0,92 |
| 4.2.97 22:57 | 1,07 | 0,16 | | | 26,27 | 1428,93 | 6,89 | 1662,23 | 836,57 | | 19,35 | 21,93 | 0,77 |
| 4.2.97 23:56 | 1,06 | 0,15 | | | 26,40 | 1427,02 | 6,92 | 1639,45 | 819,85 | | 19,40 | 21,70 | 0,79 |
| 5.2.97 0:56 | 1,10 | 0,15 | | | 26,67 | 1413,76 | 6,96 | 1593,41 | 831,58 | | 19,17 | 21,65 | 0,82 |
| 5.2.97 1:57 | 1,07 | 0,15 | | | 27,87 | 1413,97 | 7,29 | 1652,64 | 798,39 | | 19,24 | 22,06 | 1,05 |
| 5.2.97 2:57 | 1,05 | 0,15 | 0,38 | | 26,93 | 1408,04 | 7,00 | 1595,66 | 820,53 | 0,05 | 19,14 | 21,67 | 1,41 |
| 5.2.97 3:56 | 1,05 | 0,15 | | | 26,83 | 1411,76 | 6,99 | 1600,22 | 827,64 | | 19,17 | 21,75 | 1,18 |
| 5.2.97 4:57 | 1,07 | 0,15 | | | 26,97 | 1422,37 | 7,07 | 1649,84 | 837,79 | | 19,30 | 21,88 | 1,07 |
| 5.2.97 5:55 | 1,24 | 0,18 | | | 30,73 | 1464,89 | 8,35 | 2212,05 | 1076,49 | | 21,18 | 22,29 | 1,25 |
| 5.2.97 6:57 | 1,20 | 0,18 | 0,37 | | 31,20 | 1518,22 | 8,80 | 2274,21 | 1119,52 | 0,05 | 21,05 | 22,66 | 1,74 |
| 5.2.97 7:55 | 1,20 | 0,18 | | | 32,07 | 1611,95 | 9,60 | 2442,87 | 1188,90 | | 21,16 | 22,27 | 3,00 |
| 5.2.97 10:25 | 1,25 | 0,18 | | | 32,47 | 1685,54 | 9,88 | 2503,58 | 1212,26 | | 19,79 | 21,80 | 3,13 |
| 5.2.97 11:26 | 1,04 | 0,14 | | | 22,40 | 1313,63 | 5,37 | 1460,84 | 676,30 | | 18,49 | 20,35 | 4,26 |
| 5.2.97 12:27 | 1,18 | 0,16 | 0,43 | | 24,63 | 1643,76 | 7,46 | 2315,57 | 1031,69 | 0,10 | 20,33 | 21,93 | 4,78 |
| 5.2.97 13:25 | 1,16 | 0,14 | | | 22,13 | 1933,16 | 7,81 | 2610,15 | 1007,16 | | 20,28 | 21,23 | 4,08 |
| 5.2.97 14:26 | 1,20 | 0,16 | 0,38 | | 22,47 | 1681,64 | 6,93 | 2420,96 | 1032,14 | 0,06 | 20,66 | 22,01 | 4,01 |
| 5.2.97 15:24 | 1,19 | 0,16 | 0,40 | | 21,77 | 1759,84 | 7,11 | 2544,94 | 1090,72 | 0,09 | 20,90 | 22,01 | 3,44 |
| 5.2.97 16:21 | 1,20 | 0,18 | | | 20,47 | 1798,95 | 6,73 | 2688,58 | 1314,38 | | 21,23 | 22,16 | 3,39 |
| 5.2.97 17:26 | 1,21 | 0,16 | | | 19,13 | 1686,69 | 5,83 | 2457,43 | 1024,16 | | 20,87 | 21,88 | 3,44 |
| 5.2.97 18:24 | 1,22 | 0,16 | 0,44 | | 19,23 | 1706,95 | 5,90 | 2531,91 | 1056,61 | 0,11 | 20,98 | 21,88 | 3,41 |
| 5.2.97 20:13 | 1,09 | 0,14 | | | 15,00 | 1438,43 | 3,79 | 1741,75 | 742,04 | | 19,04 | 21,34 | 1,38 |
| 5.2.97 21:14 | 1,05 | 0,14 | | | 14,00 | 1422,97 | 3,59 | 1619,95 | 775,08 | | 18,96 | 21,67 | 1,00 |
| 5.2.97 22:15 | 1,03 | 0,14 | | | 13,67 | 1417,73 | 3,38 | 1537,66 | 773,43 | | 19,04 | 21,54 | 0,74 |
| 5.2.97 23:13 | 1,01 | 0,15 | | | 13,20 | 1409,74 | 3,32 | 1491,67 | 803,63 | | 19,01 | 21,88 | 0,79 |
| 6.2.97 0:14 | 1,00 | 0,15 | | | 13,47 | 1412,43 | 3,30 | 1446,83 | 753,03 | | 18,98 | 21,29 | 0,56 |
| 6.2.97 1:15 | 0,99 | 0,14 | | | 13,33 | 1410,06 | 3,26 | 1420,61 | 725,21 | | 19,04 | 21,54 | 0,43 |
| 6.2.97 2:12 | 0,96 | 0,15 | | | 13,37 | 1375,54 | 3,19 | 1307,50 | 749,86 | | 18,86 | 21,29 | -0,42 |
| 6.2.97 3:12 | 0,94 | 0,15 | | | 13,77 | 1359,54 | 3,26 | 1241,65 | 761,82 | | 19,14 | 21,36 | -0,29 |
| 6.2.97 4:11 | 0,94 | 0,15 | | | 14,07 | 1333,53 | 3,28 | 1221,59 | 757,98 | | 18,80 | 20,77 | -0,57 |
| 6.2.97 5:13 | 0,95 | 0,16 | | | 14,67 | 1359,78 | 3,52 | 1273,88 | 842,60 | | 18,86 | 21,39 | -0,72 |
| 6.2.97 6:11 | 1,09 | 0,19 | | | 16,80 | 1422,71 | 4,28 | 1742,85 | 1097,41 | | 20,66 | 22,14 | -0,88 |
| 6.2.97 7:13 | 1,11 | 0,21 | | | 17,87 | 1415,74 | 3,07 | 1196,92 | 786,05 | | 20,90 | 22,37 | -0,08 |