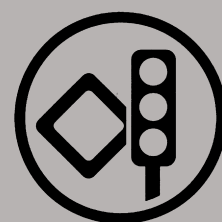
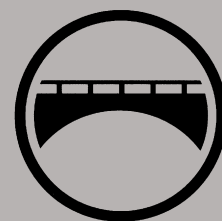
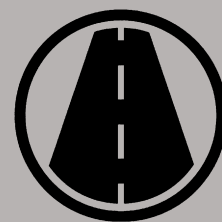


# Jahresbericht 2005



Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Allgemeines Heft A 30

**bast**

# Auftrag und Aufgaben

Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) ist ein technisch-wissenschaftliches Forschungsinstitut des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.

## Auftrag

- Bereitstellung wissenschaftlich gestützter Entscheidungshilfen in technischen und verkehrspolitischen Fragen für das Ministerium
- Erarbeitung und Harmonisierung von Vorschriften und Normen im nationalen wie im europäischen Bereich




## Leitlinie

- Verbesserung der Sicherheit, Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit der Straße

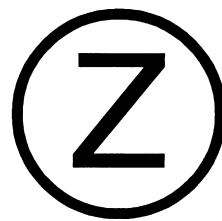
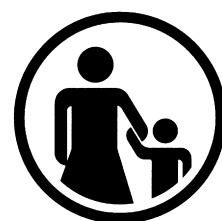
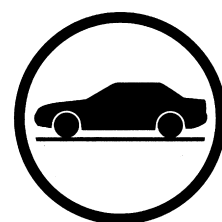
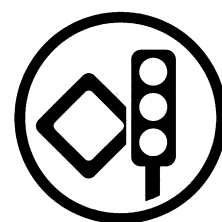
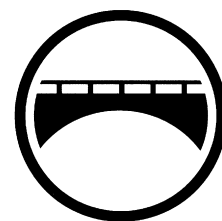
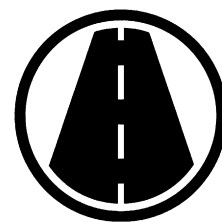
## Tätigkeitsspektrum

- Forschung
- Prüfungen, Zertifizierungen und Akkreditierungen
- Beratungs- und Gutachtertätigkeit

## Aufgabengebiete

-  Straßenbautechnik
-  Brücken- und Ingenieurbau
-  Straßenverkehrstechnik
-  Fahrzeugtechnik
-  Verhalten und Sicherheit im Verkehr
-  Zentralabteilung

# Jahresbericht 2005



Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Allgemeines Heft A 30

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

- A - Allgemeines
- B - Brücken- und Ingenieurbau
- F - Fahrzeugtechnik
- M - Mensch und Sicherheit
- S - Straßenbau
- V - Verkehrstechnik

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim

Wirtschaftsverlag NW,  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH,  
Bürgermeister-Smidt-Str. 74-76,  
D-27568 Bremerhaven,  
Telefon 0471 94544-0, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **BAST-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

**Herausgeber:**

Bundesanstalt für Straßenwesen  
Brüderstraße 53  
D-51427 Bergisch Gladbach  
Telefon 02204 43-0  
Telefax 02204 43-674  
[www.bast.de](http://www.bast.de)  
[info@bast.de](mailto:info@bast.de)

**Redaktion:**

Referat Öffentlichkeitsarbeit

**Druck und Verlag:**

Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10  
D-27511 Bremerhaven  
Telefon 0471 94544-0  
Telefax 0471 94544-77  
Email: [vertrieb@nw-verlag.de](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [ww.nw-verlag.de](http://ww.nw-verlag.de)

ISSN 0943-9285

ISBN 3-86509-576-3

Bergisch Gladbach, September 2006

Mit dem Jahresbericht 2005 will die Bundesanstalt für Straßenwesen Einblick in ihre vielfältige Arbeit geben und Transparenz über ihre Aufgabenerledigung schaffen.

Schwerpunkt unserer Arbeit ist die interdisziplinär organisierte angewandte Forschung auf dem Gebiet des Straßenwesens. Unsere Kernkompetenz ist die Untersuchung, Erforschung und Prüfung von nahezu allem, was mit der Straße zu tun hat. Über die dabei gewonnenen Erkenntnisse beraten wir öffentliche und private Stellen.

Straßenverkehr muss so sicher wie möglich gestaltet werden, er muss kostengünstig finanziert werden, er muss umweltverträglich sein und er braucht zunehmend ein effizientes Management, um möglichst flüssig zu bleiben.

Wie in den Vorjahren geben wir einen Überblick über ausgewählte Projekte und Themen, welche die gesamte Bandbreite unserer wissenschaftlichen Arbeit darstellen, von der Verkehrserziehung bis zum Tunnelbau, vom Lärmschutz bis zu Fahrbahnmarkierungen. Für die Planung und Durchführung solcher Forschungsprojekte benötigen wir wissenschaftlich ausgebildetes und erfahrenes Personal aus vielen Disziplinen, Ingenieure, Mediziner, Sozialwissenschaftler, Naturwissenschaftler, Informatiker, Wirtschaftswissenschaftler. Unsere Vielfalt ist unsere Stärke. Der Bericht enthält auch Angaben über Organisation, Personal, Ausstattung und weitere Leistungen der Bundesanstalt. Denn wir sind nicht nur mit Forschung



beschäftigt. Wir testen, normieren, zertifizieren, informieren und beraten.

Unser Jahresbericht hat auch die Funktion, dass sich eine Bundesbehörde gegenüber der Öffentlichkeit so transparent darstellt, dass der Steuerzahler weiß, wofür wir arbeiten, was wir machen, was das kostet und wer davon einen Nutzen hat. Jeder, der mit seinem Auto schon einmal in einem stundenlangen Stau gestanden hat, sollte wissen, dass man diesem Problem mit intelligenten rechnergestützten Lösungen beikommen kann. Wir arbeiten auch daran.

Wir bedanken uns bei allen, die mit uns zusammengearbeitet und uns unterstützt haben.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Kunz'.

Prof. Dr.-Ing. Josef Kunz  
Präsident und Professor



<b>6 Grundlagen</b>		
6 Forschungsziele der BAST		
6 Forschungsprogramme		
<b>10 Straßenverkehr - eine Sicherheitsaufgabe</b>		
10 Riskante Reisen - Transportsicherheit gefährlicher Güter	40 Alles fließt - Selbstverdichtender Beton für Brückenbauwerke	72 Lastwagen auf der Flucht - Mautausweichverkehre
11 Es werde Licht - Tagesfahrlicht gegen Unfälle	44 Durch Dick und Dünn - Zerstörungsfreie Prüfung von Tunnelinnenschalen	74 Wege zum Ziel - Die Neustrukturierung der Wegweisung in der StVO
12 Ein Beruf in Bewegung - Verbesserung der Fahrlehrer-ausbildung	46 Auf dem Weg nach Europa - Europäische Normung im Straßenbetriebsdienst	76 Sicherer Umweg - Neu-regelungen zu Umleitungs-beschilderungen an Straßen
14 Reiberei auf der Straße - Griffigkeitsdatenbank	<b>48 Straßenverkehr - ein Umweltthema</b>	78 Bestens im Bild - Autobahn-Informationen-System (AIS)
16 Was Hänchen nicht lernt - Verkehrserziehung in Europa	48 Immer schön flüssig bleiben - Umfelddatenerfassung in Streckenbeeinflussungsanlagen	79 Saubere Aktenführung - Autobahnverzeichnis
18 Mit Plattfuß mobil - Reifen mit Notlaufeigenschaften	50 Klare Brühe bitte - Reini-gungswirkung verschiedener Entwässerungsverfahren an Außerortsstraßen	<b>81 Qualitätssicherung</b>
20 Vorüberfliegende Markierung? - Prüfung von Straßenmarkierungsfolien	52 Aus der Luft gegriffen - Ergebnisse von Feinstaub-messungen an Bundesauto-bahnen	81 Qualitätsbewertung
22 Zurückhaltender Schutz - Absturzsicherung für schwere Lkw auf Brücken	54 Wer die Nachtigall stört - Verkehrslärm und Vogelschutz	81 Controlling
23 Mehr Licht - Aufhellungsmaß-nahmen für Straßentunnel	57 Was unten rauskommt - Messung der Durchsickerung von Dämmen und Wällen	81 Kosten- und Leistungs-rechnung
25 Vermessene Systeme - Das neue Ergonomielabor der BAST	59 Stillter Wohnen - Lärmarme Asphalte	81 Qualitätsmanagement
28 Saubere Sache - Wasserstoff als Kraftstoff der Zukunft?	61 Stille Nacht, sichere Nacht - Waschbeton als Fahrbahn-oberfläche	82 Ideenmanagement
31 <b>Straßenverkehr - eine Kostenfrage</b>	63 Doch wie es daneben aussieht - Schadstoffeintrag in den Straßenseitenraum	<b>83 Kommunikation</b>
31 Schöne Ebene - Messsystem zur Analyse von Fahrbahn-oberflächen	65 Großer Lauschangriff - CPX-Geräuschemessanhänger der BAST	83 Öffentlichkeitsarbeit
34 Verdichtung und Wahrheit - Kontrolle flächendeckender Asphaltverdichtung (FDAV)	<b>68 Straßenverkehr - eine Managementleistung</b>	84 Internationale Zusammenarbeit
37 Ertragende Alterung - Lang-lebige Deckschichten aus Asphalt	68 Berechneter Verkehr - Ein Basissystem für die Verkehrs-rechnerzentralen des Bundes	<b>86 Fakten und Zahlen</b>
39 Erste Hilfe bei Eis und Schnee - Wirtschaftlichkeit von Taumittelsprühanlagen	70 Alleskönner Handy - Verkehrs-management mit "Floating Phone Data"	86 Organisation und Aufgaben

## Forschungsziele der BAST

Über 400 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter waren im Jahr 2005 bei der BAST beschäftigt. Ihre Arbeit orientiert sich an den folgenden Zielen:

- Verbesserung der Effizienz des Baus und der Erhaltung von Straßen
- Verbesserung der Effizienz des Baus und der Erhaltung von Brücken und Ingenieurbauwerken
- Verbesserung der Verkehrssicherheit
- Verbesserte Effizienz der Straßennutzung
- Ökologisches Bauen, Reduktion der Umweltbelastung
- Reduktion von Energieverbrauch und Umweltbelastung durch Kraftfahrzeuge, Einsatz neuer Energieträger sowie alternativer Antriebskonzepte
- Integration der Straße in das Gesamtsystem Verkehr

## Forschungsprogramme

Zur Beantwortung von offenen Fragen werden Forschungsprojekte konzipiert und im Hinblick auf die Problemlage, die Fragestellung, die Zielsetzung, den zu erwartenden Nutzen, die methodischen Schritte und den geplanten Zeit- und Kostenrahmen definiert. Bei der Konzipierung solcher Forschungsprojekte arbeitet die Bundesanstalt für Straßenwesen eng mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und zahl-

reichen anderen Institutionen - insbesondere mit der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V. (FGSV) - zusammen.

Die Forschungsprojekte werden teils aus eigenen Haushaltsmitteln der BAST (BAST-internes Arbeitsprogramm, Forschungsprogramm Verkehrssicherheit) und teils aus Mitteln des BMVBS (Forschungsprogramme Straßenwesen und Stadtverkehr) finanziert.

### BAST-interne Forschung

Im internen Programm der BAST werden aus dem Bereich der Eigenforschung alle Forschungsprojekte erfasst, die einen Personalaufwand von mindestens drei Personenmonaten beanspruchen. 2005 wurden insgesamt 381 Forschungsprojekte bearbeitet. Ordnet man diese Forschungsprojekte den Organisationseinheiten zu, so entfielen auf die Abteilung

- Straßenbautechnik 91 Projekte,
- Brücken- und Ingenieurbau 71 Projekte,
- Straßenverkehrstechnik 97 Projekte,
- Fahrzeugtechnik 48 Projekte,
- Verhalten und Sicherheit im Verkehr 49 Projekte und die
- Zentralabteilung und Controlling 25 Projekte.



Von den Forschungsprojekten wurden

- 74,3 % vom BMVBS veranlasst,
- 22 % von der BAST selbst initiiert und
- 3,7 % von Dritten (beispielsweise der EU) angeregt.

### BAST-externe Forschung

Die BAST betreute 2005 insgesamt 342 Projekte, die von Universitäten, Hochschulen, Fachhochschulen, Ingenieurbüros, Beratungsfirmen und anderen Institutionen bearbeitet wurden. Im Jahr 2005 wurden für diese Projekte zirka 8,8 Millionen Euro ausgegeben.

311 Projekte entfielen auf drei große Forschungsprogramme.

### Forschungsprogramm Straßenwesen

Das Forschungsprogramm Straßenwesen umfasste 187 laufende Forschungsprojekte. Schwerpunkte des Forschungsprogramms bildeten Fragen zur Straßenerhaltung und zum Umweltschutz. Es folgten Fragestellungen zu Tunneln und Brücken, zur Qualität des Verkehrsablaufs sowie zur Verkehrsführung und Verkehrssicherheit.

### Forschungsprogramm Straßenverkehrssicherheit

Aus dem Budget zum Forschungsprogramm Straßenverkehrssicherheit wurden 107 Forschungsprojekte finanziert und betreut. Die Schwerpunkte bildeten folgende Themen:

- Verkehrspsychologie und Verkehrsmedizin,
- Verkehrserziehung und Sicherheitskommunikation,



- aktive und passive Fahrzeugsicherheit,
- Fahrerassistenzsysteme,
- Außerortssicherheit und
- Gegenstände der Straßenausstattung.

*Fragen zur Straßenerhaltung und zum Umweltschutz sind Schwerpunkte des Forschungsprogramm Straßenwesen*

### Forschungsprogramm Stadtverkehr (FOPS)

Das Forschungsprogramm Stadtverkehr wird vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung selbst vergeben. Die BAST übernahm aus diesem Forschungsprogramm die fachliche Betreuung von 17 laufenden Projekten, die im Aufgabengebiet der Bundesanstalt liegen. Die Forschungsprojekte betreffen überwiegend Fragestellungen der optimalen Nutzung der vorhandenen Verkehrsanlagen und der Erhaltung der Verkehrsqualität sowie zum Rad- und Fußgängerverkehr.

## Straßenverkehr - eine Sicherheitsaufgabe

Die BASt hat seit 1970 die Aufgabe, das Unfallgeschehen auf den Straßen zu untersuchen. Darüber hinaus soll sie geeignete Maßnahmen entwickeln und prüfen, mit denen Verkehrsunfälle verhindert werden können. Unfälle haben viele Ursachen, die auf den verschiedensten Gebieten liegen: Fahrzeugtechnik, Straßenbau, Verkehrstechnik und das Verhalten der Verkehrsteilnehmer. Die Bandbreite der Forschungsprojekte der BASt reicht deshalb von Problemen der vorschulischen Verkehrserziehung über Themen wie Drogen und Alkohol, Schutzplanken, Reifen und Winterdienst bis hin zu Fahrbahnoberflächen, Beleuchtung und nicht zuletzt die gesamte passive Sicherheit der Fahrzeuge. Auf allen diesen Gebieten wird geforscht, entwickelt, verbessert. Sicherheitsforschung führt zu wirksamen Verkehrssicherheitsmaßnahmen. Das lässt sich zeigen am Erfolg: Obwohl der Verkehr auf unseren Straßen wächst und wächst, wurden in Deutschland nie zuvor so wenig Menschen bei Straßenverkehrsunfällen getötet wie im Jahr 2005.

### Riskante Reisen

#### Transportsicherheit gefährlicher Güter

Mit dem Gefahrguttransport ist ein - gegenüber dem allgemeinen Gütertransport - potenziell höheres Beförderungsrisiko verbunden. Das ergibt sich aus den Eigenschaften der beförderten Güter. Dennoch kann für die Bundesrepublik Deutschland ein beachtlich hohes Sicherheitsniveau konstatiert

werden. Der wichtigste Grund dafür ist in einem Zusammenwirken von kontinuierlicher Verkehrssicherheitsarbeit in der Vorschriftenentwicklung, der konsequenten Umsetzung der Vorschriften und einem beispielhaften Sicherheitsmanagement von Verladern und Transporteuren zu sehen.

#### Erfolgreiche Verkehrssicherheitsmaßnahmen

Heute wird die Vorschriftenbildung international organisiert. Unter dem Dach der UN-Wirtschaftskommission für Europa, der ECE, aber auch der Europäischen Union sind länder- und verkehrsträgerübergreifende Rechtsvorschriften entstanden, die eine vergleichsweise gute Akzeptanz in der Umsetzung erfahren. Die wichtigsten nationalen und internationalen Maßnahmen zur Steigerung der Verkehrssicherheit in den vergangenen Perioden sind:

- Einführung eines zusätzlichen Schutzes für wanddickenreduzierte Tankfahrzeuge im Mineralöltransport.
- Verlagerung besonders gefährlicher Güter „Listengüter“ auf die Transportmittel Bahn und Binnenschiff.
- Fahrwegbestimmung für Listengüter, wenn ein Transport mit Eisenbahn und/oder Binnenschiff nicht möglich ist.
- Einführung eines weltweit geltenden Sicherheitsstandards für Verpackungen und Großpackmittel (IBC).
- Einführung von Gefahrgutbeauftragten/Sicherheitsbeauftragten zur Überwachung der Vorschrifteneinhaltung.
- Einführung eines „Gefahrgutführerscheins“ für das sichere Handling des Gefahrguts bei der Beladung, Beförderung und Entladung.
- EU-weite einheitliche Kontrollen des Gefahrguttransports auf der Straße.

### **Betriebliche Sicherheitsmaßnahmen**

Die Einführung eines Gefahrgutbeauftragten verstärkte in vielen Betrieben das Engagement für ein Sicherheitsmanagement erheblich. Der Gefahrgutbeauftragte hat neben seinen Überwachungsfunktionen auch Schulung und Training aller an den Beförderungsvorgängen beteiligten Personen durchzuführen. Diese Aktivitäten des Gefahrgutbeauftragten sind in vielen Betrieben in ein umfassendes Qualitätsmanagement einbezogen. Hervorzuheben sind hier die europaweit oder weltweit geltenden Qualitätsmanagementsysteme der Mineralölwirtschaft, der chemischen Industrie und der Gasindustrie. Die Verlagerung dieser Industrien verlangen von ihren Transportunternehmen eine Zertifizierung ihres Betriebes nach den Vorgaben der eigenen Verbände, so dass einheitliche Qualitätsstandards der Transportdienstleistungen gesichert sind. Die Qualitätssicherung der Gefahrgutbeförderung wird weitgehend nach den DIN/ISO-Normen 9000 ff. organisiert und zertifiziert.

Die europäische Normenorganisation CEN erarbeitet in enger Abstimmung mit den nationalen Normenorganisationen auf der Grundlage eines EU-Mandats Qualitätssicherungsnormen für den Gefahrguttransport. Es ist davon auszugehen, dass die in Gemeinschaftsarbeit von Experten der Industrie und Sicherheitsbehörden erstellten Normen als Rahmenrichtlinien in das europäische Regelwerk zum Gefahrguttransport für den Straßen- (ARD) und den Eisenbahntransport (RID) aufgenommen werden. Damit ist sichergestellt, dass die Erarbeitung von Normen zur Qualitätssicherung europaweit einheitlich umgesetzt werden.

### **Die Rolle des wissenschaftlich-technischen Beratungssystems in der Regelwerksfortbildung**

Die Qualitätsmanagementsysteme der Betriebe und Verbände sowie die Normen zur Transportsicherheit wurden und werden fast immer in Netzwerken von Betrieben, Branchenverbänden, Normenorganisationen sowie innerstaatlichen und internationalen Organisationen gemeinschaftlich erarbeitet. Vergleichbare Strukturen haben sich bei der nationalen und internationalen Regelwerkssetzung herausgebildet. Häufig sind die selben Experten in den nationalen und internationalen Gremien tätig, so dass das Expertenwissen ohne Informationsverluste in die Beratungsnetzwerke und Gremien einfließt. Die staatlichen und supranationalen Institutionen zur Regelwerkssetzung sind in diesem Willensbildungsprozess häufig nur der Recht setzende Schlusspunkt.

### **Der Gefahrgut-Verkehrs-Beirat (GVB) des BMVBS**

Das BMVBS bedient sich für seine Initiativen zur Regelwerkssetzung durch die gesetz- und verordnungsgebenden Organe in den allermeisten Fällen seines aus Experten der privaten Wirtschaft, der wissenschaftlich-technischen Prüfinstitutionen, der Verbände und staatlicher Einrichtungen zusammengesetzten Beratungsgremiums, des GVB. Der GVB stützt seine Beratertätigkeit auf derzeit noch drei ständige Ausschüsse. Diese sind:

- Ausschuss Tank und Technik (ATT),
- Ausschuss Stoffe und Verpackung (ASV) und
- Ausschuss Risikoanalytik und -methodik (ARAM).

Für ständige Aufgaben sind gesonderte Arbeitsgruppen eingerichtet worden, etwa

die Arbeitsgruppe "Systemmodell", deren wichtigste Aufgabe es ist, den Aufbau eines Risikoanalysemodells wissenschaftlich zu begleiten. Daneben gibt es noch Ad-hoc-Arbeitsgruppen, wenn wichtige, aber nur zeitliche begrenzte Beratungsaufgaben wahrzunehmen sind. Ein Beispiel hierzu ist die internationale Arbeitsgruppe "Standardisierte Risikoanalysen nach Kap. 1.9 RID". Deren Aufgabe ist es, Regeln zu erarbeiten, nach denen Vertragsstaaten des RID Risikoanalysen für den Fall durchzuführen haben, wenn sie im Eisenbahnverkehr, über die Vorschriften des RID hinaus, weitere Maßnahmen zur Steigerung der Sicherheit in der Gefahrgutbeförderung auf ihrem Hoheitsgebiet einführen möchten.

In den Ausschüssen ATT, ARAM und den vorstehend genannten Arbeitsgruppen ist die BASt vertreten.

Beratungsergebnisse werden überwiegend in den Arbeitsgruppen erarbeitet. Die Ausschüsse steuern und moderieren die Arbeit der Arbeitsgruppen. Das Zusammenwirken von Ausschuss und Arbeitsgruppe kann als institutionalisierte permanente Schwachstellenanalyse des Gefahrguttransports gedeutet werden. Auf der Basis von Expertenurteilen und -analysen werden erkannte System-schwachstellen, die sich häufig in kritischen Situationen und Unfällen manifestiert haben, zum Anlass genommen, die bestehenden gesetzlichen Regelungen kritisch auf ihre Funktionsfähigkeit zu prüfen.

Begleitend und unterstützend fließen die Ergebnisse von Forschungsarbeiten in die Arbeit der Beratungsgremien ein. Zur Planung und Vorbereitung der Vergabe von Forschungsmitteln hat das BMVBS in bisher zwei Projektgruppen der BASt den Forschungsbedarf für einen mittelfristigen Zeitraum ermitteln lassen. Die mehr an aktuellen Fragestellungen orientierte

Beratertätigkeit der Ausschüsse und Arbeitsgruppen wird auf diese Weise um eine auf längere Zeiträume angelegte systematisch vorausschauende Forschungsperspektive ergänzt.

Durch die enge Vernetzung von Forschungsplanung, Forschung und Expertenwissen in den Beratungsgremien wird erreicht, dass die Regelwerksbildung entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik erfolgt und jeweils aktuell einen hohen Sicherheitsstandard implementiert.

### **Risikoanalysen als quantitativ-systematische Grundlagen der Beratungstätigkeit des GVB**

In die Beratungsarbeit wird, wo immer möglich, das Unfallgeschehen in den Sicherheitsanalysen berücksichtigt. Dadurch kommen Relevanzgesichtspunkte zum Tragen. Das BMVBS ist bemüht, diesem Aspekt eine noch zentralere Rolle in der Beratung beizumessen. Durch die Entwicklung des bereits angesprochenen Systemmodells zur Risikoanalyse soll ein analytisches Werkzeug bereitgestellt werden, mit dem Sicherheitsdefizite und Maßnahmen systematisch analysiert und bewertet werden können. Die Beratungsgremien und damit auch die Recht setzenden Instanzen erhalten mit diesem Instrumentarium die Möglichkeit, ihre Arbeit noch stärker an quantifizierte Erfolgskriterien zu binden.

Mit Forschungsmitteln der BASt und des BMVBS wurden bisher fünf Forschungsvorhaben realisiert, die das Risikoanalysemodell vorbereitet haben. In einem nächsten Schritt sind die bereits vorhandenen Bausteine zum Systemmodell zusammen zu führen, um eine Pilotanwendung zu demonstrieren. Danach wird die Erweiterung des Modells von Modell-

regionen auf das gesamte Gebiet Deutschland durchzuführen sein.

## Es werde Licht

### Tagesfahrlicht gegen Unfälle

Der Vorschlag, dass alle Kraftfahrzeuge auch am Tag mit Licht fahren sollen, wird seit vielen Jahren national und international diskutiert. Ob aber das Fahren mit Licht am Tag eine effiziente Maßnahme zur nachhaltigen Verbesserung der Straßenverkehrssicherheit darstellt, wurde bisher in Deutschland nicht untersucht.

Aufgrund dessen hat das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung die Bundesanstalt für Straßenwesen beauftragt, die Auswirkungen des Fahrens mit Licht am Tag auf die Straßenverkehrssicherheit in Deutschland genauer zu untersuchen. Im Juli 2005 wurde das Forschungsprojekt abgeschlossen und dem Ministerium der Schlussbericht vorgelegt. Auf Basis der Ergebnisse wurde daraufhin vom Verkehrsminister eine Empfehlung zum Fahren mit Licht am Tag ab dem 1. Oktober des gleichen Jahres ausgesprochen.

Im Rahmen des Projektes wurden auf der Grundlage einer umfassenden Literaturanalyse und einer differenzierten Darstellung des Unfallgeschehens die Unfallreduktionspotenziale durch das Fahren mit Licht am Tag herausgearbeitet. Die technischen Möglichkeiten und rechtlichen Varianten des Fahrens mit Licht am Tag wurden analysiert und die bestmögliche Variante extrahiert. Die Effizienz der Maßnahme wurde mit Hilfe einer Nutzen-Kosten-Analyse der verschiedenen technischen Realisierungsmöglichkeiten bewertet.

Von den betrachteten technischen Varianten sind das Fahren mit Abblend-

licht und die Nutzung spezieller Tagfahrleuchten als die in Deutschland sinnvoll realisierbaren Varianten zu sehen. Die beste Eignung für den Einsatz als Tagesfahrlicht haben spezielle Tagfahrleuchten. Das Fahren mit Abblendlicht ist dagegen aufgrund der eigentlichen Zweckbestimmung des Abblendlichts weniger geeignet und weniger effizient.

Tagfahrleuchten zeichnen sich im Vergleich zum Abblendlicht durch deutlich geringeren Kraftstoffmehrerverbrauch und deutlich niedrigere CO<sub>2</sub>-Emissionen aus.



Während der Kraftstoffmehrerverbrauch bei Abblendlicht pro Fahrzeug bei etwa 0,2 Liter pro 100 Kilometer liegt, liegt der Mehrverbrauch für Tagfahrleuchten in Glühlampentechnik bei etwa einem Viertel dieses Wertes und für Tagfahrleuchten in LED-Technik bei etwa einem Zehntel. Der jährliche gesamte Mehrverbrauch beträgt für Abblendlicht etwa 817 Millionen Liter. Dies entspricht einem Anteil von zirka 1,3 % des gesamten jährlichen Kraftstoffverbrauchs in Deutschland. Der Mehrverbrauch bei der Nutzung von Tagfahrleuchten liegt deutlich darunter und entspricht einem Anteil von rund 0,3 % des Gesamtverbrauchs bei Glühlampentechnik beziehungsweise 0,1 % in LED-Technik.

*Tagesfahrlicht in europäischen Ländern*

Die Untersuchung der lichttechnischen Eigenschaften der speziellen Tagfahrleuchten ergab, dass eine Blendwirkung bei Tag praktisch ausgeschlossen werden kann. Um eine mögliche Blendwirkung in der Dämmerung zu vermeiden, wird in Kombination mit Tagfahrleuchten die Einführung eines Dämmerungsschalters als zweckmäßig erachtet. Ein Dämmerungsschalter würde darüber hinaus generell sicherstellen, dass bei der Nutzung von Tagfahrleuchten die Umschaltung auf Abblendlicht bei geringen Umgebungshelligkeiten erfolgt.

Im Rahmen der Analyse der Unfallzahlen für das Jahr 2002 wurde festgestellt, dass weniger als die Hälfte aller Unfälle mit Personenschaden in Situationen stattfinden, auf die das Fahren mit Licht am Tag Auswirkungen haben kann. Dabei wurden etwa 48 % aller Verunglückten und rund 40 % der insgesamt Getöteten registriert.

Bei der Literaturanalyse wurde eine Vielzahl verschiedener Studien gesichtet und klassifiziert. Die Ergebnisse der relevanten Studien wurden zusammengefasst und unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Voraussetzungen der Studien und der Länder auf die Unfallzahlen in Deutschland übertragen.

Insgesamt können danach in Deutschland durch das Fahren mit Licht am Tag pro Jahr etwas mehr als 3 % aller Unfälle vermieden werden. Dies entspricht einem Einsparpotenzial in der Größe von einer Milliarde Euro.

Die häufig angeführten möglichen Nachteile für schwächere Verkehrsteilnehmer konnten durch die Literaturanalyse nicht bestätigt werden.

Unabhängig von der technischen Ausführung des Tagesfahrlichts (Abblendlicht, Tagfahrleuchten in Glühlampentechnik oder in LED-Technik) liegt der Nutzen im Vergleich zu den Kosten für

das Fahren mit Licht am Tag bei mindestens dem 1,6-fachen.

Bei Annahme gleicher Kosten wie für das Fahren mit Abblendlicht erreichen Tagfahrleuchten ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von mehr als 3 – für LED-Technik ergibt sich sogar ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 4. Somit übersteigt der Nutzen die Kosten der Maßnahme um mindestens das Dreifache.

Im Hinblick auf eine nachhaltige Verbesserung der Straßenverkehrssicherheit kann das Fahren mit Licht am Tag somit als eine effiziente Maßnahme angesehen werden.

Aufgrund der Ergebnisse des Forschungsprojektes wird dabei die folgende Variante als sinnvoll angesehen:

- Neufahrzeuge müssen mit speziellen Tagfahrleuchten mit automatischer Aktivierung, gekoppelt an die Zündung, ausgestattet werden,
- ein Dämmerungsschalter zur automatischen Einschaltung des Abblendlichts ist obligatorisch für Neufahrzeuge einzuführen.

Um einen nachteiligen Sicherheitseffekt durch die Durchmischung mit beleuchteten und unbeleuchteten Fahrzeugen zu vermeiden, ist für Altfahrzeuge ohne spezielle Tagfahrleuchten das Fahren mit Licht am Tag ganzjährig auf dem gesamten Straßennetz dringend zu empfehlen.

### **Ein Beruf in Bewegung Verbesserung der Fahrlehrerausbildung**

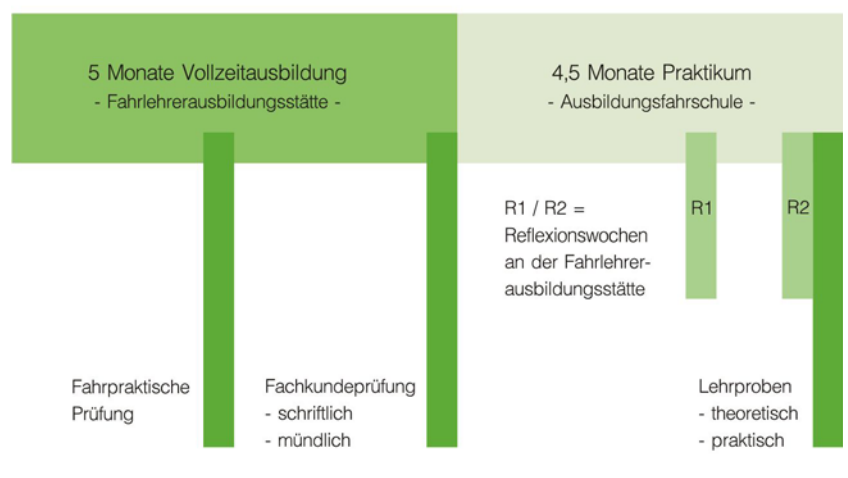
1999 wurde die Ausbildung der Fahrlehrer grundlegend reformiert. Kernstück der Reform ist die Einführung des 4,5-monatigen Praktikums, das sich an die 5-monatige Vollzeitausbildung an der

Fahrlehrerausbildungsstätte anschließt. Zur Überprüfung der Wirksamkeit des Ausbildungspraktikums für Fahrlehreranwärter hat die Universität Erfurt im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen ein Forschungsprojekt durchgeführt, dessen Ergebnisse nun vorliegen.

### Fahrlehrerausbildung seit 1999

Das Anforderungsprofil des Fahrlehrers hat sich in den letzten Jahrzehnten enorm verändert. War der Fahrlehrer ursprünglich eher ein technisch-rechtlich orientierter Instruktor, so hat sich seine Tätigkeit mehr und mehr in Richtung eines pädagogischen Berufes entwickelt. Ziel der Reform von 1999 war es, die pädagogischen Kompetenzen der angehenden Fahrlehrer zu optimieren. Neben der Einführung des Ausbildungspraktikums wurden die Pädagogikanteile in der 5-monatigen Ausbildung erhöht sowie die Modalitäten der Fahrlehrerprüfung geändert. Die Lehrproben finden jetzt vor "echten" Fahrschülern statt. Außerdem nimmt nun ein Erziehungswissenschaftler als zusätzliches Mitglied der Prüfungskommission an der Fahrlehrerprüfung teil. Zunächst findet die 5-monatige Vollzeitausbildung an einer Fahrlehrerausbildungsstätte statt. Nach dem erfolgreichen Bestehen der ersten drei Prüfungsteile (dem Fahren im Realverkehr sowie der schriftlichen und der mündlichen Fachkundeprüfung) erhalten die Fahrlehreranwärter eine "befristete Fahrerlaubnis", die sie dazu berechtigt, im Rahmen des anschließenden 4,5-monatigen Praktikums an einer Fahrschule selbstständig Unterricht zu erteilen. Dabei werden sie von erfahrenen und speziell geschulten Fahrlehrern, den „Ausbildungsfahrlehrern“, angeleitet. Entsprechend dem Referendariat bei der schuli-

chen Lehrerausbildung haben die Fahrlehreranwärter die Möglichkeit, vor dem Sprung in die Praxis umfangreichere Erfahrungen im realen Fahrschulalltag zu sammeln. Am Ende des Praktikums stehen dann die theoretischen und praktischen Lehrproben, deren Bestehen Voraussetzung für den Erhalt der vollwertigen und unbefristeten Fahrerlaubnis ist.



### Forschungsprojekt „Evaluation des Ausbildungspraktikums“

Zielsetzung des Projektes war die Klärung der Frage, ob und in welchem Maße das Fahrlehrerpraktikum zu einer Steigerung der didaktischen und pädagogischen Qualifikation der künftigen Fahrlehrer beiträgt. Außerdem wurden die Rahmenbedingungen der Fahrlehrerausbildung untersucht.

In der Studie wurden die pädagogischen Kompetenzen von angehenden Fahrlehrern vor und nach dem Ausbildungspraktikum miteinander verglichen. In dem aufwändig gestalteten Untersuchungsdesign kamen bewährte Instrumente der empirischen Unterrichtsforschung zur Evaluation von Lehr- und Trainingsmaßnahmen zum Einsatz. Insgesamt nahmen 410 Fahrlehreranwärter aus dem gesamten Bundesgebiet an der Studie teil. Bundes-

### Fahrlehrerausbildung ab 1999

weit werden jährlich etwa 300 Personen zu Fahrlehrern ausgebildet (ohne Bundeswehr). Neben den Fahrlehreranwärtern wurden auch Fahrschüler, Ausbilder sowie Mitglieder der Prüfungsausschüsse in die Untersuchung einbezogen.

Im Ergebnis der Evaluationsstudie zeigte sich, dass sich das Ausbildungspraktikum positiv auf grundlegende Kompetenzen der Fahrlehrertätigkeit auswirkt. Das Praktikum fördert insbesondere die Fähigkeit, Unterricht zu planen und angemessen durchzuführen.

Hingegen konnte kein Einfluss des Fahrlehrerpraktikums auf die Fähigkeit festgestellt werden, Lernstandsdiagnosen bei Fahrschülern zu erstellen oder Fahrschüler bezüglich der weiteren Ausbildungsschritte angemessen zu beraten.

Die Studie kommt zu folgenden Empfehlungen für die künftige Gestaltung der Fahrlehrerausbildung und -prüfung:

- die während der Ausbildung an der Fahrlehrerausbildungsstätte erbrachten Leistungen sollten in der Endnote bei der Fahrlehrerprüfung berücksichtigt werden,
- der Austausch zwischen Ausbildungsstätte, Ausbildungsfahrschule und Prüfungskommission sollte verstärkt werden,
- die Vorbereitung der Ausbildungsfahrlehrer sollte über die 3-tägige Schulung hinaus erweitert werden,
- das Feedback für Ausbildungsfahrlehrer und Fahrlehreranwärter sollte ausgeweitet werden,
- es sollte über Möglichkeiten der finanziellen und persönlichen Entlastung während der inzwischen nahezu zehmonatigen Gesamtausbildungszeit nachgedacht werden.

### **Blick in die Zukunft**

Einer qualifizierten Fahrausbildung wird auch künftig ein großer Stellenwert eingeräumt. Die Diskussion um die Weiterentwicklung des Qualifikationsprofils von Fahrlehrern ist auch international in vollem Gange. So wurden im Rahmen des EU-Projekts MERIT Standards erarbeitet, die dafür sorgen sollen, dass Fahrlehrer langfristig zu einer einheitlichen und hoch qualifizierten Berufsgruppe im gesamten europäischen Raum werden.

Bei der Vielschichtigkeit der Ausbildungsmodelle und des Zugangs zur Fahrerlaubnis im europäischen Raum zeichnet sich ab, dass die professionelle Fahrausbildung zunehmende Bedeutung erhält. Die qualifizierte Ausbildung von Fahrlehrern wird als Voraussetzung betrachtet, Fahranfängern jene Fähigkeiten zu vermitteln, die sie für ein rücksichtsvolles und sicheres Fahrverhalten benötigen.

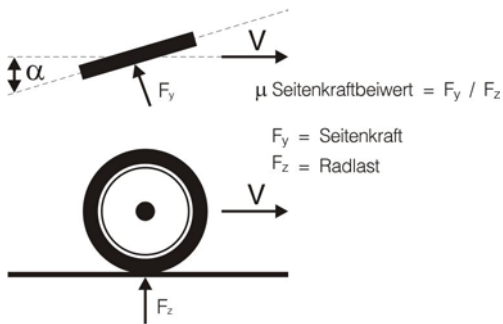
Zur Reduzierung des Unfallrisikos von Fahranfängern erscheint eine Kombination von professioneller Fahrausbildung und längerfristiger fahrpraktischer Einübung vielversprechend. In Deutschland wird dies derzeit im Rahmen des Modells „Begleitetes Fahren ab 17“ erprobt.

### **Reiberei auf der Straße**

#### **Griffigkeitsdatenbank**

Da die Griffigkeit einer Straße für den Verkehrsteilnehmer nicht erkennbar ist, wird besonders bei Nässe häufig mit unangepasster Geschwindigkeit gefahren. Nicht selten sind Unfälle die Folge. Ursache ist dann eine zu geringe Reibung (Griffigkeit) zwischen Fahrzeugreifen und Fahrbahn. Neben der gefahrenen Geschwindigkeit wird die Griffigkeit auch von den Eigenschaften des Reifens, der Wasserfilm-





### Bestimmung des Seitenkraftbeiwertes

dicke bei Nässe und von Verschmutzungen beeinflusst.

Aus bautechnischer Sicht wird die Griffigkeit von der Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche bestimmt. In Abhängigkeit von der eingebauten Deckschichtart bilden sich unterschiedliche Oberflächenstrukturen aus.

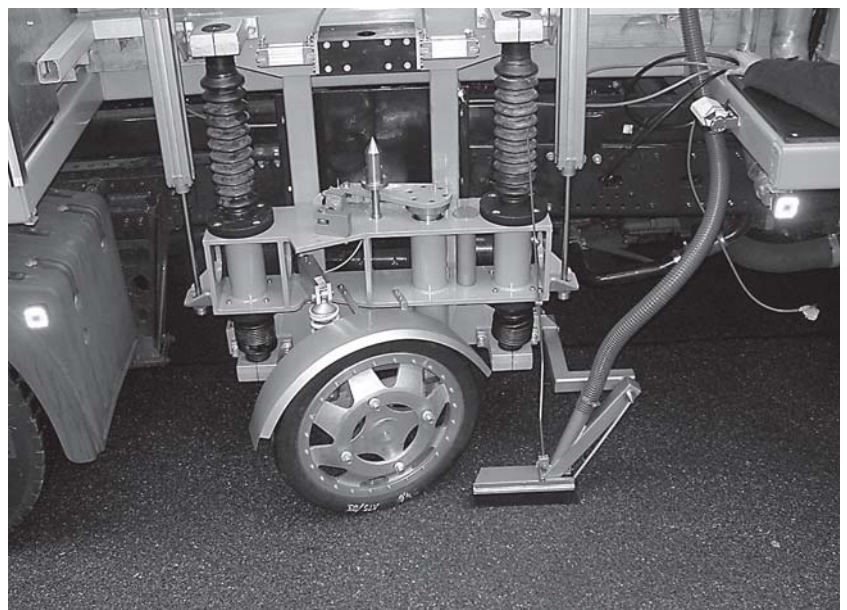
Mit dem Messsystem SKM (Seitenkraft-Messsystem) kann die Griffigkeit unter festgelegten Bedingungen gemessen werden.

Zur Sicherstellung eines ausreichenden Griffigkeitsniveaus, letztlich um die Verkehrssicherheit bei Nässe zu erhöhen, wurden mit Einführung der neuen Regelwerke für Verkehrsflächen aus Asphalt und Beton (ZTV Asphalt-StB 01 und ZTV Beton-StB 01) im Jahr 2001 erstmals zahlenmäßig Anforderungen an die Griffigkeit neu zu bauender Deckschichten festgelegt, die fortan Bestandteil von Bauverträgen wurden. Für die Bauindustrie bedeutet dies, künftig Fahrbahnoberflächen herstellen zu müssen, die zum Zeitpunkt der Abnahme und nach Ablauf des Zeitraumes für die Gewährleistung das geforderte Griffigkeitsniveau erreichen. Werden seit Einführung der neuen Regelwerke die Anforderungswerte unterschritten, muss gegebenenfalls nachgebessert oder erneuert werden.

Aufgrund der mangelnden Erfahrung im Umgang mit den neuen Anforderungen und aufgrund der nicht vorhersehbaren, griffigkeitsverändernden Einflüsse durch Verkehr, Witterung und Umwelt, zeigten sich die bauausführenden Firmen besorgt, das geforderte Griffigkeitsniveau zu gewährleisten.

Mit dem primären Ziel, die Bedenken der Bauindustrie zu prüfen, bat das BMVBS die Bundesländer, alle im Rahmen der Abnahme und nach Ablauf der Gewährleistung ermittelten Griffigkeitswerte ihrer Baumaßnahmen zur Erfahrungssammlung an die BAST zu übersenden und somit die Möglichkeit einer bundesweiten und bundeseinheitlichen Auswertung zu ermöglichen. Dazu wurde in der BAST eine Datenbank erstellt, in die alle von den Bundesländern gemeldeten Griffigkeitswerte aufgenommen werden. Der Datenpool wird ständig erweitert, und aktuelle Messungen werden hinzugefügt. Eine Darstellung der bisher in der Datenbank enthaltenen Griffigkeitswerte als Häufigkeitsverteilung macht deutlich, dass bei Abnahme 98 % der erfassten Streckenabschnitte (1 Wert pro 100 m) die Griffigkeitsanforderungen erfüllen. Nur etwa 2 % der Griffigkeitswerte liegen

Messsystem für den Seitenkraftbeiwert



unterhalb des Grenzwertes. Für eine aussagekräftige Beurteilung des Griffigkeitsniveaus nach Ablauf der Gewährleistung, in der Regel 4 Jahre, ist die Datengrundlage zum jetzigen Zeitpunkt noch zu gering, da bei vielen Baumaßnahmen die Frist noch nicht abgelaufen ist.

Diese erste Auswertung zeigt jedoch, dass die Daten genutzt werden können um zu belegen, dass die Straßenbau-firmen bei der Abnahme griffige Straßen herstellen können. Auswertungen im Rahmen der regelmäßigen Zustands-erfassung und Bewertung (ZEB) des Bundesfernstraßennetzes zeigen sogar eine ansteigende Tendenz des gesamten Griffigkeitsniveaus nach Einführung der Grenzwerte.

Wenn genügend Daten vorhanden sind, kann die Entwicklung der Griffigkeitswerte bei Abnahme und nach Ablauf der Gewährleistung dargestellt werden.

In der Datenbank werden, ergänzend zu den Griffigkeitswerten, weitere Angaben zu den jeweiligen Baumaßnahmen erfasst, die für eine Auswertung erforderlich sind. Eine bedeutende Rolle spielt, wie in der Einführung erwähnt, beispielsweise die genaue Erfassung der Deckschicht-art. Die Einflüsse der unterschiedlichen Deckschichten auf die Griffigkeit soll untersucht werden und durch Vergleiche innerhalb und zwischen den Bauweisen mögliche Abhängigkeiten aufgezeichnet werden.

Die Struktur und Auswertemöglichkeiten der Datenbank wird weiter entwickelt und fortgeschrieben. Verbesserungspotenzial liegt in

- der eindeutigen Lokalisierung der Messabschnitte, um die Messung bei Abnahme und nach Ablauf der Gewährleistungsfrist zweifelsfrei zuordnen zu können,
- der Automatisierung des Datentransfers mit einheitlichem Datenformat von der

Erfassung im Messfahrzeug über die Abnahme im Land bis zur Aufnahme in die Datenbank der BAST,

- der Schaffung der Möglichkeit, auch Werte der ZEB in das System aufzunehmen und somit das Griffigkeitsverhalten über die 4 Jahre Gewährleistung hinaus zu erfassen und auszuwerten.

Letzteres ermöglicht, reale Verhaltenskurven zu ermitteln als Eingangsgröße für die Erhaltungsplanung.

## Was Hänschen nicht lernt

### Verkehrserziehung in Europa

„ROSE 25“ ist ein EU-Projekt, das von der DG TREN (Directorate General for Transport and Energy der EU-Kommission) mit der Absicht initiiert wurde, eine detaillierte Bestandsaufnahme von Verkehrserziehungsprogrammen in der Europäischen Union zu erarbeiten. Dabei sollte der gegenwärtige Stand der Verkehrserziehung in den Ländern der EU beschrieben, vorbildliche Programme zur Verkehrserziehung von Kindern und Jugendlichen gesammelt und europäische Leitfäden und Empfehlungen für erfolgreiche Verkehrserziehungsprogramme erarbeitet werden. Unter Federführung des Kuratoriums für Verkehrssicherheit (Österreich) wurden die per Fragebogen erfassten Daten von einer Arbeitsgruppe, an der auch die BAST beteiligt war, ausgewertet und Empfehlungen erarbeitet.

### Untersuchungsergebnisse

Die Verantwortung für Verkehrserziehung in den verschiedenen EU-Ländern liegt selten in der Hand einer einzigen Institution. In vielen Ländern ist die Zuständigkeit aufgeteilt zwischen dem Kultusministerium (Erziehungsministerium) und dem

Verkehrsministerium. Die konkreten Aufgaben sind unterschiedlich verteilt und reichen von der Ausarbeitung von Richtlinien bis hin zur Finanzierung der Verkehrssicherheitsarbeit. Daneben gibt es einige Länder, in denen Privatorganisationen eine zentrale Rolle spielen, wie in Malta, Luxemburg und Schweden.

Bei einer großen Mehrheit der EU-Länder übernehmen die Schulen, oft in Zusammenarbeit mit den Polizeibehörden, die konkrete Ausführung der Verkehrserziehung. Beide Institutionen haben angesichts ihrer ständig wachsenden Aufgaben bei gleichzeitig eher knapper werdenden Finanzen allerdings das Problem, genügend Personal für die Verkehrserziehung von Kindern und Jugendlichen zur Verfügung zu stellen.

Die Bedeutung von Privatorganisationen für die Verkehrserziehung ist in den EU-Ländern sehr unterschiedlich. In den Ländern mit nennenswerter privater Beteiligung wird Verkehrserziehung meist von Automobilherstellern, ehrenamtlichen Vereinen oder Versicherungen unterstützt. Diese Organisationen treten häufig als Sponsoren auf oder entwickeln Medienmaterial.

Von Beginn dieses Projekts an war offensichtlich, dass die Schulen hinsichtlich der Verkehrserziehung in Europa eine Schlüsselfunktion haben, wenngleich die Schulen generell vor großen Herausforderungen stehen (vor allem knappe finanzielle Rahmenbedingungen bei steigenden Anforderungen an das Lehrpersonal), die von Mitgliedsland zu Mitgliedsland verschieden stark ausgeprägt sind. So haben manche Länder (etwa Italien, Irland, und Großbritannien) Probleme mit einer regional gleichmäßigen Verbreitung von Verkehrserziehung. In den Ländern, die Verkehrserziehung auf einer strikt freiwilligen Grundlage durchführen (wie Griechenland, Luxemburg

und Litauen), ist der derzeitige Stand als unzureichend zu betrachten. Ein weiteres Problem besteht darin, dass Verkehrserziehung an Schulen zwar für die jüngeren Schülerjahrgänge oft gewährleistet ist, nicht aber in ausreichendem Maße für die älteren Schüler. Zurzeit weist das Thema Verkehrssicherheitsausbildung von Lehrern im Rahmen ihrer allgemeinen fachlichen und pädagogischen Qualifikation große Lücken auf, das Gleiche gilt für die verkehrspädagogische Ausbildung von Polizeibeamten, die an Schulen verkehrserzieherische Inhalte vermitteln.

Nur eine begrenzte Anzahl von Maßnahmen zur Verkehrserziehung wird außerhalb von Schulen angeboten. Deutschland und Großbritannien haben von wichtigen Maßnahmen berichtet. Ungarn und einige andere Länder berichteten von Aktivitäten im Freizeitbereich. Finnland und die Niederlande versuchen, den aktuellen Mangel an außerschulischen Aktivitäten zur Verkehrserziehung strategisch zu beseitigen. Dort wurde ein andauernder Prozess hinsichtlich der Verkehrserziehung als Teil eines lebenslangen Lernprozesses initiiert, um das außerschulische Angebot substantiell zu erweitern.

### **Empfehlungen für die Verkehrserziehung in Europa**

Vier wesentliche Herausforderungen für die Verkehrserziehung wurden für die 25 beteiligten Länder identifiziert:

- Im Bereich Verkehrserziehung fehlen häufig eine inhaltliche und methodische Standardisierung, eine Entwicklung neuer Ansätze, die Verbreitung bestimmter zielgruppenspezifischer Themen und eine hinreichende Ausbildung der Umsetzer.
- Programme der Verkehrserziehung werden häufig in Zusammenarbeit von

mehreren Organisationen durchgeführt, wobei oft ein Mangel an Koordination festzustellen ist.

- Verkehrserziehung wird nicht ausreichend genug von Evaluationsstudien und Mechanismen der Qualitätskontrolle begleitet.

Aus den dargelegten Problemen ergeben sich folgende Empfehlungen für die politischen Entscheidungsträger:

- Es sind nationale Anstrengungen nötig, um Verkehrserziehung als zentrales politisches Thema zu begreifen. Auf EU-Ebene sollte der Erfahrungs- und Erkenntnisaustausch mit Hilfe von Diskussionsforen oder Arbeitsgruppen verstärkt werden.
- Eine größere Standardisierung von zielgruppengerechten Inhalten sollte - begleitet von einer verbesserten inhaltlichen bzw. pädagogischen Ausbildung der konkreten Umsetzer (Lehrer, Polizeibeamte) - durch verbindliche Verankerung in den Schulcurricula erreicht werden. Darüber hinaus sollten zwei Hauptzielgruppen durch zusätzliche Kommunikationskanäle erreicht werden: Eltern und Teenager.
- Zum Zweck einer effektiven Koordination der Verkehrserziehung sollte die Kommunikation zwischen national agierenden Verkehrssicherheitsverbänden und lokal arbeitenden Organisationen intensiviert werden.
- Evaluation und Qualitätskontrolle von Verkehrserziehung sollte von Beginn an auf eine solide Grundlage gestellt werden. Der finanzielle Zusatzaufwand für Evaluationsstudien dürfte durch den damit erzielten Nutzen effektiverer Programme aufgewogen werden.

Neben dem Projektbericht wurde eine Broschüre erstellt (Booklet "Good Practice Guide on Road Safety Education"), in der die wichtigsten Empfehlungen zur Durchführung erfolgreicher Verkehrser-

ziehung aufgeführt und - nach Verkehrsbeteiligungsarten geordnet - vorbildliche Maßnahmen dargestellt sind. Diese Broschüre wird schrittweise in alle EU-Sprachen übersetzt werden. Ein genauer Zeitpunkt für die Fertigstellung der Übersetzung ist noch nicht bekannt. Sowohl der Final Report als auch die Broschüre sind im Internet auf der Website der Europäischen Kommission veröffentlicht ([www.europa.eu.int/comm/transport/rose25/index\\_en.htm](http://www.europa.eu.int/comm/transport/rose25/index_en.htm)).

## Mit Plattfuß mobil

### Reifen mit Notlaufeigenschaften

Der Marktanteil von Reifen mit Notlaufeigenschaften (Run-Flat-Reifen) nimmt zu. Immer mehr Fahrzeuge werden schon vom Hersteller mit Reifen mit Notlaufeigenschaften ausgerüstet. Neben dem damit eingesparten Ersatzrad und dem reduzierten Fahrzeuggewicht besteht der Vorteil, dass das Fahrzeug auch nach Druckverlust eines Reifens weitergefahren werden kann und damit die Gefährdung des Fahrers beim Reifenwechsel im fließenden Verkehr entfällt. Insbesondere bei Dunkelheit und Regen oder Kälte auf vielbefahrener oder unübersichtlicher Straße ist es nicht nur ein Komfortgewinn, den Wechsel des Reifens bis zum Erreichen der nächsten Werkstatt aufschieben zu können, sondern auch ein wesentlicher Sicherheitsaspekt.

Die Systeme der Reifenhersteller beruhen entweder auf einer Verstärkung der Reifenflanke einschließlich einer höheren Hitzebeständigkeit des Materials, oder der Reifen stützt sich auf einem innenliegenden Vollgummi- oder Metallring ab. Im Falle eines Druckverlustes wird der Fahrer im Allgemeinen über ein Luftdruckkontrollsystem gewarnt. Durch Um- oder Nachrüstung von Fahrzeugen mit



*Bild 1: Mit Messtechnik ausgerüstetes Versuchsfahrzeug*

Notlaufreifen ist diese Kombination mit einem Gerät zur Reifendrucküberwachung nicht immer gewährleistet. Ob der Fahrer auch ohne Reifendruckanzeige einen Druckverlust im Reifen bemerkt, wie lange man mit einem drucklosen Notlaufreifen mit welcher Geschwindigkeit tatsächlich fahren kann und wie sich die Fahrdynamik (etwa in Kurven) und die Manövrierfähigkeit insbesondere bei plötzlichem Druckverlust ändern, hat die BAST in einem Forschungsprojekt untersucht. Dabei wurde auch der Frage nachgegangen, inwieweit es erforderlich ist, dass dem Fahrer beim Einsatz von Reifen mit Notlaufeigenschaften der Druckzustand seiner Reifen mit Hilfe eines Reifendruckkontrollsystems angezeigt wird.

### Untersuchung

Zur Klärung der Fragen wurde zum einen mit Hilfe von Versuchen im Innentrommelprüfstand (IPS) der BAST die Dauerhaltbarkeit der Reifen untersucht. Dort mussten die Reifen eine gewisse Strecke im drucklosen Zustand absolvieren, wobei gleichzeitig Brems- und Lenkkräfte in die Reifen eingeleitet wurden. Zum anderen wurden Fahrversuche zur Fahrdynamik auf der Freifläche der Fahrzeug-

Technischen Versuchs-Anlage (FTVA) der BAST durchgeführt. In Bild 1 ist das mit Messtechnik ausgestattete Versuchsfahrzeug dargestellt. Bild 2 zeigt die Entlüftungsmechanik zur Erzeugung eines plötzlichen Druckverlustes im Reifen. Ähnlich wie bei einer Mausefalle wird über eine Fernbedienung eine Klappe ausgelöst, die den

Schlauch zur Entlüftung des Reifens öffnet. Auf diese Weise kann die Luft entweichen, ohne dass Reifen, Felge oder Ventil beschädigt werden.

### Ergebnisse zur Dauerhaltbarkeit

Von sechs im Innentrommelprüfstand der BAST untersuchten Reifen musste die Prüfprozedur bei zwei Reifen vorzeitig, das heißt vor Erreichen der vom Hersteller angegebenen Notlaufstrecke, abgebrochen werden. Mit drei Reifen konnte jedoch sogar das Dreifache der vorgegebenen Notlaufstrecke absolviert werden. Dies zeigt zum einen, dass Reifen existieren, die auch strengen Prüfbedingungen genügen können, zum anderen, dass die Prüfbedingungen der BAST geeignet sind, Unterschiede in den Notlaufeigenschaften der Run-Flat-Reifen herauszuarbeiten.

Nach der Prüfung zeigten sich an einigen Reifen Beschädigungen. So kam es zu Ausbrüchen von Reifenmaterial in unter-

*Bild 2: Entlüftungsmechanismus*



schiedlicher Korngröße, die Seitenwände zeigten Risse und Knickfalten.

### **Ergebnisse zur Fahrdynamik**

In Bezug auf die fahrdynamischen Eigenschaften der Run-Flat-Reifen sowohl im druckbehafteten als auch drucklosen Zustand lassen sich nahezu ausschließlich positive Aussagen treffen. Im normalen Zustand unterscheiden sich die Fahreigenschaften mit Run-Flat-Reifen nur unwesentlich von denen mit Standardreifen. Bei einigen Reifen, insbesondere älteren Modellen, waren leichte Komforteinbußen hinzunehmen.

Für den Fall eines Druckverlustes lässt sich feststellen, dass Run-Flat-Reifen einen deutlichen Sicherheitsgewinn darstellen. Die Fahreigenschaften und das Handling verändern sich trotz Luftverlust nur unwesentlich, solange die Fahrmanöver nicht zu extrem, das heißt zu nahe am Grenzbereich, sind. Fast alle Versuche ließen sich mit Standardreifen ohne Luft überhaupt nicht absolvieren, wogegen dies bei allen Run-Flat-Reifen möglich war. Als Konsequenz können Unfälle auf Grund plötzlich eintretenden Luftdruckverlustes mit Hilfe von Run-Flat-Reifen verhindert werden. Der Run-Flat-Reifen springt in der Regel auch nicht von der Felge, wenn die Luft entweicht, so dass die Manövrierfähigkeit und Spurstabilität bei Run-Flat-Reifen im Gegensatz zu Standardreifen erhalten bleibt. Eine Fahrdynamikregelung kann zusätzlich dazu beitragen, das Fahrverhalten im drucklosen Zustand abzusichern, indem kritische Situationen durch Einbremsen des Fahrzeugs verhindert werden.

Für den Fahrer ist ein leichter Druckverlust im Run-Flat-Reifen jedoch kaum erkennbar. Selbst null bar Überdruck im Reifen sind nicht unbedingt zu bemerken, wenn die Fahrstrecke nur leichte Kurven

aufweist. Erst bei höherer Querbeanspruchung, etwa in einer Autobahnausfahrt, wird der Luftdruckabfall und damit die reduzierte Kraftübertragung deutlich spürbar. Aus diesen Gründen ist es dringend zu empfehlen, dass der Fahrer bei Run-Flat-Reifen mittels Reifendrucküberwachung über den aktuellen Zustand seiner Reifen informiert wird.

### **Fazit**

Insgesamt stellen Run-Flat-Reifen einen deutlichen Sicherheitsgewinn gegenüber Standardreifen für den Fall eines Luftverlustes eines Reifens dar. Eine Druckkontrolle ist bei der Verwendung von Run-Flat-Reifen dringend zu empfehlen, da sonst ein Druckverlust eventuell nicht bemerkt wird.

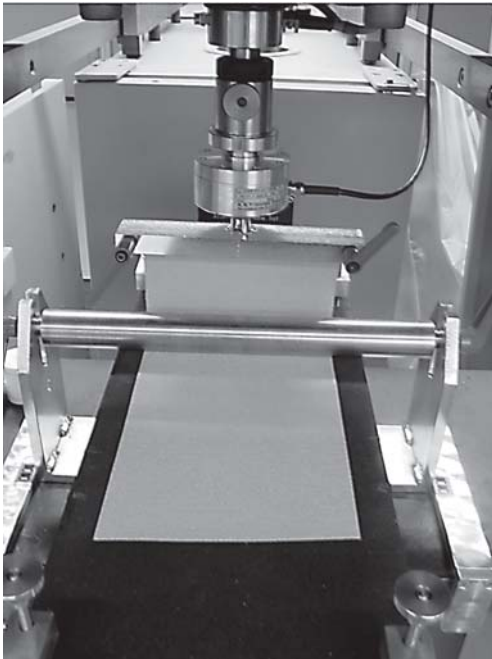
## **Vorüberfliegende Markierung?**

### **Prüfung von Straßenmarkierungsfolien**

Die vorübergehenden Markierungen dienen dazu, temporäre Umlenkungen des normalen Fahrstreifenverlaufes für den Verkehrsteilnehmer zu kennzeichnen. Ihr wichtigster Vertreter, die Markierungsfolie, muss in Deutschland gelb sein. Die Anforderungen und Definitionen dieser horizontalen Verkehrszeichen sind in der Norm EN 1791 "vorgefertigte Markierungen" zusammengefasst.

Die vorübergehenden Markierungen müssen Anforderungen an den Farbort, die Verschleißfestigkeit, die Tages- und Nachtsichtbarkeit sowie die Griffigkeit erfüllen.

In der Praxis erweist sich jedoch ein anderer physikalischer Parameter dieser Folien immer wieder als problematisch: Die Haftfestigkeit.



*Bild 1: Probenaufnahme und Abzugsvorrichtung*

Fast jeder hat schon einmal erlebt, dass Markierungsfolien im Baustellenbereich abgelöst waren. In diesen Bereichen besteht ohnehin ein erhöhtes Unfallrisiko. Fehlt dort die Markierung durch vorzeitige Ablösung, besteht, insbesondere bei Nacht, die Gefahr des Abkommens vom vorgesehenen Fahrstreifenverlauf.

Weder in der Europäischen Norm noch in der ZTV-M (zusätzliche technische Vertragsbedingungen für Markierungsstoffe) als nationales Regelwerk sind Anforderungen oder Prüfmethoden für diesen Parameter vorgesehen.

Das BAST-Referat „Chemische Grundlagen, Umweltschutz, Labordienst“ hat Ende 2004 das Projekt „Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Bestimmung der Haftfestigkeit von Straßenmarkierungsfolien“ ins Leben gerufen.

In Anlehnung an ähnliche Prüfmethoden an Klebefilmen wurde ein „90° - Abschälversuch“ gewählt. Als Prüfvorrichtung wurde eine bereits vorhandene Zugprüfmaschine entsprechend modernisiert und, in Zusammenarbeit mit der Metall-

werkstatt der BAST, eine geeignete Probenaufnahme und Abzugsvorrichtung entwickelt (Bild 1).

Im Anschluss an die Entwicklung der Prüftechnik wurde die Probenvorbereitung und Applikation entwickelt.

Die Folie wird zunächst im Normklima des Labors gelagert und dann durch einmaliges Überrollen mit einer handelsüblichen Applizierwalze (Gewicht: 100 kg) auf den Probenträger aufgebracht.

Der auf der Rückseite der Folien aufgebraute Kleber hat thixotrope Eigenschaften, er „fließt“ unter Last in die Hohlräume der Oberfläche.

Als Probenträger wurden Spurbildungsplatten aus den Asphalttypen Splitt-Mastix SMA 0/8 S, SMA 0/11 S und Asphaltbeton AB 0/11 S gewählt. Zusätzlich wurden noch Probenplatten der Rundlaufprüfanlage (RPA) und eine aufgeraute Aluplatte als Referenz herangezogen (Bild 2). Auch Prüfungen an Betonprobekörpern werden durchgeführt.

Anschließend werden die Folien an einem Ende teilweise abgezogen und in die Klemmhalterung eingespannt. Durch eine Umlenkwalze und einen proportional zur Zuggeschwindigkeit mitgeführten Schlitten (auf dem der Träger montiert ist) wird der Abzugswinkel konstant gehalten.

Als Ergebnis wird die Abhängigkeit der Zugkraft von der Zugstrecke gemessen. Die Zugkraft, mit der die Folie senkrecht zur Oberfläche abgezogen wird, ist das Maß für die Haftfestigkeit der Folie.

In einem ersten Schritt wird die Reproduzierbarkeit der Methode geprüft.

Im Verlauf des Projektes werden verschiedene Folientypen

*Bild 2: Probenträger: Aluplatte - Spurplatte SMA 0/11 S - RPA-Platte*



unterschiedlicher Hersteller geprüft. Die Abhängigkeit der Haftfestigkeit dieser Folien von der Substratoberfläche stellt ein wichtiges Prüfkriterium dar.

Im Anschluss an dieses Projekt werden die Auswirkungen von Verschmutzungen und Feuchte auf die Haftfestigkeit untersucht. Insbesondere die Feuchte kann die Haftung negativ beeinflussen. Selbst wenn die Fahrbahnoberfläche trocken erscheint, kann sich bei Asphaltbelägen Wasser in den Poren befinden, welches bei Erwärmung durch Dampfbildung die Folie ablöst.

Bei Betonfahrbahnen besteht die Gefahr, dass sich unter Einwirkung von Feuchte ein stark alkalische Milieu bildet, welches unter Umständen den Kleber zersetzen kann.

Am Ende der Untersuchungen soll das Prüfverfahren zunächst in die nationalen Regelwerke aufgenommen werden.

### Zurückhaltender Schutz Absturzsicherung für schwere Lkw auf Brücken

Lkw-Abstürze von Brücken, etwa über Gebieten mit dichter Bebauung, können eine besondere Gefährdung für unbeteiligte Dritte darstellen (Bild 1). In Deutschland wird die Einfache Distanz-

*Bild 1: Dichte Bebauung unterhalb einer Talbrücke*



schutzplanke mit einem Pfostenabstand von 1,33 m (EDSP 1,33) mit Geländer und einem Stahlseil im Handlauf (Bild 2) überwiegend als Absturzsicherung eingesetzt. Bei diesem System wirken Schutzplanke und Geländer gemeinsam und erzielen so das Rückhaltevermögen. Die EDSP 1,33 mit Geländer ist in einer An-



*Bild 2: Ausführung einer Einfachen Distanzschutzplanke mit Geländer*

prallprüfung nach den Anforderungen der neuen europäischen Norm DIN EN 1317 „Rückhaltesysteme an Straßen“ von der BAST geprüft worden. In der Prüfung wurde nachgewiesen, dass mit dem System EDSP 1,33 und Geländer der Absturz eines 13 Tonnen schweren Fahrzeugs bei einem Anprall mit 70 km/h unter einem Winkel von 20° vermieden werden kann. Gleichzeitig ist diese Schutzeinrichtung so konstruiert, dass sie auch Pkw sicher aufzuhalten und ohne erhebliche Gefährdung der Insassen umzulenken vermag.

Bei Unfällen mit schwereren Lkw und ungünstigem Unfallverlauf stoßen diese Schutzeinrichtungen aber an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit. Deshalb hat die BAST im Auftrag des BMVBS Untersuchungen zur Entwicklung neuer Schutzeinrichtungen durchgeführt. Diese Schutzeinrichtungen sollen den Absturz selbst 38 Tonnen schwerer Lkw verhindern, ohne die Bauwerke substanziell zu



beschädigen und ohne Pkw-Insassen bei einem Anprall erheblich zu gefährden. Dazu wurden technische Randbedingungen für die Entwicklung von Schutzeinrichtungen vorgegeben und geeignete Prüfverfahren zur Sicherstellung der Einsatzfähigkeit auf deutschen Brückenbauwerken entwickelt. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden Schutzeinrichtungen verschiedener Hersteller auf einer nachgebauten deutschen Brückenkappenkonstruktion installiert und in realen Anprallprüfungen nach DIN EN 1317 mit 38 Tonnen schweren Lkw geprüft (Bild 3). Bei diesen Versuchen prallt ein 38



*Bild 3: Übersicht Testgelände der TÜV Automotive GmbH, München, mit nachgebauter deutscher Brückenkappe und Lkw am Anprallpunkt*

Tonnen-Lkw mit einer Geschwindigkeit von 65 km/h unter einem Winkel von 20° gegen die Schutzeinrichtung.

Die Ergebnisse zeigen, dass nun Schutzeinrichtungen für den Einsatz auf deutschen Brückenbauwerken verfügbar sind, die den oben genannten Anforderungen - entsprechend der Aufhaltestufe H4b nach DIN EN 1317 - genügen. Darüber hinaus konnten erstmals die Kräfte gemessen werden, die beim Anprallvorgang auf das Bauwerk einwirken. Mit Hilfe dieser Messergebnisse werden von der

BAST Empfehlungen zur Festlegung der bei der statischen Auslegung eines Brückenbauwerks anzusetzenden Einwirkungen (Kräfte und Momente) erarbeitet, die anzunehmen sind, wenn auf dem Bauwerk Schutzeinrichtungen mit sehr hohem Aufhaltevermögen installiert werden sollen. Diese Empfehlungen sehen Einwirkungen vor, die etwa drei- bis viermal höher liegen als der derzeitige Lastansatz des DIN-Fachberichts 101 "Einwirkungen". Zur sicheren und wirtschaftlichen Bemessung von Brückenbauwerken ist es erforderlich, die durch eine Schutzeinrichtung bei einem Anprall einzuleitenden Kräfte zu kennen. Weiterhin ist diese Kenntnis insbesondere auch bei der Brückeninstandsetzung erforderlich, um entscheiden zu können, welche Schutzeinrichtung mit dem Brückenbauwerk verträglich ist oder ob und welche Verstärkungsmaßnahmen erforderlich sind.

## Mehr Licht

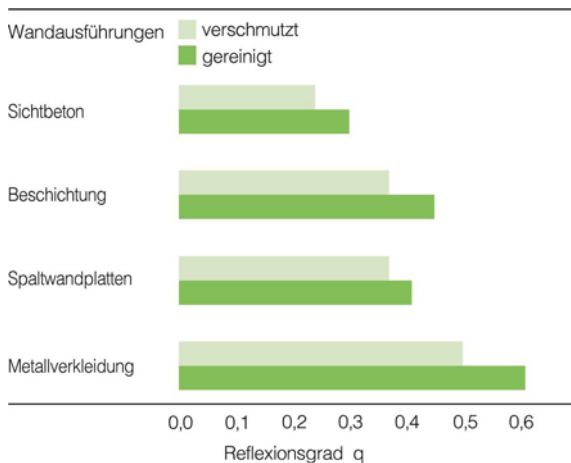
### Aufhellungsmaßnahmen für Straßentunnel

In Deutschland soll durch ein helles, einheitliches Erscheinungsbild von Straßentunneln bei den Tunnelnutzern ein gesteigertes "Sicherheitsgefühl" erzielt werden. Dazu wird in den entsprechenden nationalen Richtlinien eine helle Gestaltung der Tunnelinnenwände über die gesamte Tunnellänge bis zu einer Höhe von drei Metern über Fahrbahnoberkante gefordert. Die Aufhellung soll dabei zumindest durch die Verwendung aufgehellten Sichtbetons erzielt werden. Daneben lassen sich aber auch andere Möglichkeiten in Betracht ziehen. Insbesondere steht derzeit zur Diskussion,

die Tunnelwände durch Beschichtungssysteme farblich hell zu gestalten. Der Einsatz von Beschichtungssystemen führt allerdings unweigerlich zu einigen bislang nicht geklärten Fragestellungen. Hierzu zählen:

- Welche Anforderungen sind an ein Beschichtungssystem zu stellen, welches ausschließlich zur Aufhellung des Tunnels dienen soll?
- Wie reagiert ein Beschichtungssystem im Brandfall in einem Tunnel?
- Welche Erfahrungen liegen mit ausgeführten Beschichtungssystemen bislang vor?

Diesen und noch weiteren Fragestellungen wurde in einem Forschungsprojekt der BAST nachgegangen. Hauptziel war es letztendlich, aus der Beantwortung dieser Fragestellungen Empfehlungen für oder gegen den Einsatz von Beschichtungssystemen zur Aufhellung der Tunnelwände ableiten zu können.



Losgelöst von den hauptsächlich praktizierten Aufhellungsmaßnahmen wurden die grundsätzlichen Aufhellungsmöglichkeiten herausgearbeitet. Dabei sind neben hellen Sichtbetonflächen und den beschichteten Flächen

Bild 1: Reflexionsgrade verschiedener Wandtypen

auch Tunnelwände mit keramischen Wandbelägen und metallverkleidete Tunnelwände voneinander zu unterscheiden. Im Bundesfernstraßenbereich sind bislang überwiegend Tunnelbauwerke mit unbehandelten Sichtbetonflächen zu finden. An zweiter Stelle stehen die beschichteten Tunnelwände. Sie wurden allerdings bislang nicht vollflächig über die gesamte Tunnellänge ausgeführt, sondern beschränken sich überwiegend

auf den Portalbereich, um dort die Konstruktion vor schädigenden Einflüssen zu schützen.

Tunnelwände mit keramischen Wandbelägen sowie metallverkleidete Tunnelwände wurden bislang nur in Ausnahmefällen eingesetzt. Beispiele hierfür sind der Elb- und der Emstunnel.

Bei der Thematik Aufhellung im Tunnel rückt das Reflexionsvermögen der Tunnelwandflächen in den Vordergrund. Obwohl anderweitige Untersuchungen aufgezeigt haben, dass das Reflexionsvermögen keinen signifikanten Einfluss auf eine Steigerung der "gesehenen Helligkeit" im Tunnel ausübt, bleibt dennoch unbestritten, dass helle Wandflächen mit einem entsprechenden Reflexionsvermögen im Sinne des "Sicherheitsgefühls" des Tunnelnutzers zu einem positiven Erscheinungsbild des Tunnels beitragen.

Das Reflexionsvermögen ist dabei stark abhängig von der Verschmutzung der Wandflächen (Bild 1). Wichtig ist dabei, dass die Wandflächen regelmäßig gereinigt werden. Mindestens eine Reinigung pro Jahr wird als zweckmäßig angesehen. Dass diese Forderungen in Deutschland eingehalten werden, zeigt eine Auswertung von 111 Tunneln. Das Ergebnis ist, dass in Deutschland im Durchschnitt nur 7 % der ausgewerteten Tunnel weniger als einmal pro Jahr gereinigt werden. Die Frage des Brandverhaltens der Beschichtungssysteme wurde im Rahmen des Forschungsprojektes am Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz der TU Braunschweig beantwortet. Untersucht wurden insgesamt vier unterschiedliche Beschichtungssysteme. Zur Klärung des Brandverhaltens der Beschichtungssysteme und zur brandschutztechnischen Bewertung der Systeme, wurden diese in einem abgestuften experimentellen Versuchs-

plan geprüft. Dazu wurden die Rauchentwicklung, das Abtropfverhalten und die Verbrennungswärmen der einzelnen Beschichtungsmaterialien ermittelt und die akute Inhalationstoxizität gemessen.



*Bild 2: Brandversuche an Beschichtungssystemen*

Die Analyse der Rauchentwicklung ergab unkritische Werte. Auch die toxikologischen Untersuchungen, die Untersuchungen zur Brandweiterleitung und zum Feuerübersprung auf die andere Wandseite zeigten unkritische Werte. Allerdings liegen bislang keine Ergebnisse vergleichbarer Untersuchungsreihen vor. Bei neuen Systemen und neuen Materialien werden daher vergleichende Untersuchungen empfohlen.

Zur Beurteilung älterer und neuerer Beschichtungssysteme in der Praxis fand durch die BASt eine Besichtigung ausgewählter Straßentunnel in Baden-Württemberg statt. Bei der Besichtigung wurden verschiedene Kriterien begutachtet. Maßgeblich war neben dem Zustand der Be-

schichtungssysteme, ihrer Oberflächenbeschaffenheit und Reinigungsfreundlichkeit insbesondere auch der optische Gesamteindruck im Hinblick auf die Aufhellung des Tunnels durch das Beschichtungssystem. Hierbei zeigte sich ganz deutlich, dass zur Beurteilung der Aufhellungswirkung für den Tunnelnutzer sämtliche Licht- und Farbgestaltungsaspekte im Tunnel zu berücksichtigen sind. Der Einbau eines geeigneten Beschichtungssystems zu Aufhellungszwecken ist daher nicht nur aus konstruktiver Sicht zu lösen. Die psychologische Wirkung auf den Tunnelnutzer ist hier von entscheidender Bedeutung.

Insgesamt haben die Untersuchungen gezeigt, dass durch den Einbau "einfacher" Beschichtungssysteme, ähnlich einem Farbanstrich mit Grundierung, eine aufhellende Wirkung erreicht werden kann, die auch den Anforderungen an die Dauerhaftigkeit genügt. Seitens der Industrie sind hier Produkte zu entwickeln, die kostengünstig eine Farbgestaltung oder Aufhellung unter Berücksichtigung der tunnelspezifischen Einwirkungen ermöglichen. Wünschenswert wäre natürlich eine Beschichtung mit Lotuseffekt, die eine einfache und schnelle Reinigung auch im Straßentunnel ermöglicht.

## Vermessene Systeme

### Das neue Ergonomielabor der BASt

Im Mai 2005 wurde die erste Ausbaustufe des Ergonomielabors der BASt fertiggestellt. Das Ergonomielabor ist dem Referat "Fahrzeug-Sicherheitsbewertung, Fahrerassistenzsysteme" zugeordnet und wird für experimentelle Untersuchungen der Mensch-Maschine-Interaktion bei Fahrerassistenz- und Fahrerinformationssystemen (FAS/FIS) eingesetzt.

### Ausgangssituation

Aufgrund der rasanten Entwicklung der elektronischen Assistenz-, Informations- und Kommunikationssysteme im Fahrzeug verändern sich derzeit auch die Anforderungen an den Fahrer und dessen Belastung beim Fahren. Die FAS/FIS sollen den Fahrer bei der Fahraufgabe unterstützen. Es sind aber auch negative Auswirkungen zu befürchten, etwa aufgrund von Informationsüberlastung, Ablenkung oder Verhaltensanpassungen des Fahrers. Auswirkungen auf die Straßenverkehrssicherheit, die von neuen und erweiterten Systemfunktionen, der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle und der Interaktion zwischen diesen Systemen und dem Fahrer herühren, sind daher auf nationaler und internationaler Ebene von besonderem Interesse.

Darüber hinaus besteht ein erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf zur Weiterentwicklung des Methodeninstrumentariums, mit dessen Hilfe Mensch-Maschine-Schnittstellen für FAS/FIS bewertet werden können. Die Defizite bestehender Bewertungsverfahren werden immer deutlicher. Beispielsweise können herkömmliche Bewertungsverfahren nur bedingt zur Evaluierung von integrierten und adaptiven Systemlösungen eingesetzt werden. Integrierte Mensch-Maschine-Schnittstellen, also die Zusammenfassung der Anzeige und Bedienung von Einzelsystemen in einer homogenen Benutzerschnittstelle, gewinnen angesichts der steigenden Vielzahl von Assistenz-, Informations- und Kommunikationsfunktionen an Bedeutung. Zur Frage der Adaption, also in welchem Umfang zukünftige FAS/FIS sich vom Fahrer auf dessen Benutzergewohnheiten einstellen lassen oder sich selbstständig auf bestimmte Fahrsituationen anpassen, besteht Untersuchungsbedarf nicht nur

bezüglich Alltagstauglichkeit und Akzeptanz, sondern auch zu Erlernbarkeit, Fehlgebrauch und Missbrauch.

### Ziele und Aufgaben des BAST-Ergonomielabors

Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel der Untersuchungen im BAST-Ergonomielabor, einen Beitrag zur Erhöhung der Straßenverkehrssicherheit zu leisten. Dabei stehen derzeit folgende Fragestellungen zum Einfluss von FAS/FIS auf das Fahrerverhalten und damit auf die Straßenverkehrssicherheit im Mittelpunkt:

- Ablenkungswirkung von FAS/FIS auf den Fahrer.
- Belastung/Beanspruchung des Fahrers durch FAS/FIS und Möglichkeiten zu deren Minderung.
- Erlernbarkeit von FAS/FIS sowie Kompetenzerwerb des Fahrers im Umgang mit den Systemen.
- Alterseinfluss auf die Bedienung und notwendige altersgerechte Anpassungen.
- Bewertung von Systemen zur Erfassung sicherheitskritischer Fahrzustände (beispielsweise Fahrerermüdung) und Fahrerwarnung.
- Fehlerhafter und missbräuchlicher Gebrauch von FAS/FIS.
- Bewertung und Optimierung von Methoden, Werkzeugen und Kriterien für die Evaluierung von FAS/FIS.

Im Rahmen der vom BMVBS an das Referat „Fahrzeug-Sicherheitsbewertung, Fahrerassistenzsysteme“ übertragenen Aufgaben ermöglicht das geplante Ergonomielabor die Schließung von Forschungslücken und die Absicherung von wissenschaftlich begründeten Positionen. Auch für die Mitarbeit der Bundesanstalt in internationalen Forschungsprojekten, vor allem in Projekten der Europäischen Kommission, ist die aus der experimentellen Eigenforschung

gewonnene Kompetenz von hoher Bedeutung.

### Funktionsweise

Zur Bewertung der Auswirkungen eines FAS/FIS auf das Fahrerverhalten muss die Versuchsperson (Fahrer) die Systemfunktionen und die Bedienung im Kontext der primären Fahraufgabe "erfahren". Mit Hilfe der Computersimulation können die Fahraufgabe und die FAS/FIS-Bedienung in das Labor gebracht und die relevanten Versuchsbedingungen erzeugt werden. Bei der Fahrsimulation werden verschiedene Szenarien der Fahraufgabe dargestellt, die sich hinsichtlich Fahrzeug, Fahrsituation, Verkehrsteilnehmer, Straßenverlauf oder Witterungsbedingungen unterscheiden. Für die zu untersuchenden Fragestellungen im Ergonomielabor reicht in vielen Fällen eine einfache Fahrsimulation am PC oder sogar eine auf einzelne Merkmale der Fahraufgabe reduzierte Ersatzaufgabe aus. Denn die Untersuchungen haben ja nicht die Fahraufgabe zum Gegenstand, sondern die bedienungsfreundliche und sicherheitsgerechte Gestaltung der FAS/FIS. Auf einen aufwändigen Fahr Simulator wurde daher im Ergonomielabor der BAST verzichtet.

Die Simulation wird auch zur Erstellung von Computermodellen der Bedienoberfläche von FAS/FIS-Funktionen eingesetzt. Unterschiedliche Varianten von Anzeigen, Bedienelementen, Bedienlogiken oder auch neue, noch nicht am Markt erhältliche Bedienkonzepte können so kostengünstig erzeugt und deren Bedienung am simulierten Computermodell getestet werden. Natürlich besteht auch die Möglichkeit, reale Fahrerinformations- und Kommunikationsgeräte, die am Markt käuflich zu erhalten sind, in den Versuchsaufbau zu integrieren, etwa tragbare Minicomputer mit Navigationssoftware.

### Erste Versuche im BAST-Ergonomielabor

Einer der ersten Versuche im BAST-Ergonomielabor diente der Weiterentwicklung der „Okklusionsmethode“. Bei diesem Verfahren trägt die Versuchsperson während der Durchführung der Bedienungsaufgabe eine Okklusionsbrille. Über den PC wird das Öffnen und Schließen der Brillengläser gesteuert und so die Sicht auf die Bedienungsaufgabe nach einem vorgegebenen Rhythmus verdeckt oder freigegeben.



*Ergonomielabor der BAST*

Mit Hilfe der Okklusionsmethode kann die visuelle Ablenkung bei der Bedienung eines FIS, also die Blickabwendung von der Fahrbahn hin zum Display des FIS, bei relativ geringem Versuchsaufwand bewertet werden. Das Verfahren ermöglicht es darüber hinaus, die Unterbrechbarkeit von Bedienungsaufgaben abzuschätzen. Dies ist insofern von Bedeutung, als unter Sicherheitsaspekten nur kurzzeitige Blickabwendungen von der Fahrbahn tolerierbar sind. Während der Fahrt sind daher zur Bedienung eines FIS meist mehrere Blickwechsel zwischen Fahrbahn und Display und damit mehrfache Unterbrechungen der Bedienungsaufgabe erforderlich. Kann die unterbrochene Bedienungsaufgabe ohne großen Aufwand fortgesetzt werden, ist davon auszugehen, dass sich der Fahrer eher auf die Fahraufgabe konzentrieren kann und seine Aufmerksamkeit weniger stark auf das FIS richtet.

Eine Schwachstelle der bisherigen Okklusionsmethode ist die Simulation der Fahraufgabe. Die bisherige Okklusionsmethode simuliert nur den Blickwechsel zwischen FIS und Straße. Um die Belastungs- und Beanspruchungssituation der Versuchsperson besser an die der realen Fahraufgabe anzunähern, wurde die Okklusionsmethode von der BAST weiterentwickelt: Parallel zur Bedienung des FIS, die durch die Okklusionsbrille immer wieder kurzzeitig unterbrochen wird, muss die Versuchsperson eine am PC vorgegebene Kurvenlinie mit Hilfe eines Joysticks nachfahren. Im Experiment wurde untersucht, wie diese zusätzliche Regelaufgabe die Unterscheidbarkeit von leicht und schwer unterbrechbaren FIS-Bedienungsaufgaben beeinflusst. Es zeigte sich, dass das neue Verfahren wesentlich sensitiver auf verschiedene FIS-Bedienungsaufgaben reagiert als die herkömmliche Okklusionsmethode. Während mit der herkömmlichen

Okklusionsmethode kaum Unterschiede zwischen den untersuchten FIS-Bedienungsaufgaben sichtbar waren, konnte das neue Verfahren die Bedienungsaufgaben hinsichtlich ihrer Unterbrechbarkeit deutlich unterscheiden.

### Fazit

Mit den oben dargestellten Versuchen hat das BAST-Ergonomielabor seine "Probezeit" gut bestanden. Es hat sich bestätigt, dass die Untersuchungen im Ergonomielabor einen wesentlichen Beitrag zur Gestaltung und Bewertung von FAS/FIS leisten können, trotz der Einschränkungen, die gegenüber Versuchen auf dynamischen Fahrsimulatoren oder gegenüber Feldversuchen im realen Verkehr gemacht werden müssen. Vorteile des Ergonomielabors sind die für Laborexperimente typische Wiederholbarkeit von Versuchsbedingungen, die kostengünstige und schnelle Verfügbarkeit von Versuchsaufbauten, die frühzeitige, auf ersten Prototypen basierende Bewertungsmöglichkeit von FAS/FIS und die flexible Ausbaubarkeit für zukünftige Fragestellungen.

## Saubere Sache

### Wasserstoff als Kraftstoff der Zukunft?

Das drohende Ende des billigen Erdöls und der vorausgesagte Treibhauseffekt als Folge des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes machen einen Wandel in der Energiewirtschaft erforderlich. In den nächsten Jahrzehnten muss von einer auf fossilen Energieträgern basierenden Energiewirtschaft allmählich auf regenerative Energiequellen gewechselt werden. Wasserstoff als Energieträger gerät so zu einem Hoffnungsträger für die zukünftige Energiewirtschaft, denn bei der Verbrennung

dieses Elements entsteht lediglich Wasser. Allerdings erfordert seine Herstellung Energie. Wasserstoff ist somit Sekundärenergieträger.

## **Erzeugung von Wasserstoff**

Wasserstoff hat den Vorteil, dass er sich aus beliebigen Primärenergien erzeugen lässt. Er kann beispielsweise aus Erdgas reformiert (derzeit der gängigste Weg), aus Kohle oder Öl abgespaltet oder mit überschüssigem oder regenerativ erzeugtem Strom in der Elektrolyse aus Wasser erzeugt werden. Und Wasserstoff lässt sich besser lagern als Strom, der nur in geringen Mengen und mit hohen Verlusten in Batterien speicherbar ist. Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern wird jedoch nur erreicht, wenn der Wasserstoff auf der Grundlage von regenerativen Quellen wie Wind-, Wasser- oder Sonnenenergie erzeugt wird.

## **Speicherung von Wasserstoff**

Typischerweise wird Wasserstoff als hoch komprimiertes Gas bei Umgebungstemperatur gespeichert. Es wird an der Verdopplung des Speicherdrucks von derzeit 350 bar auf 700 bar gearbeitet, was aber nicht automatisch auch die zweifache Speichermenge bedeutet. Eine Alternative ist die Speicherung von flüssigem Wasserstoff bei  $-253$  Grad Celsius, doch die erforderliche Kältetechnik verbraucht dann etwa ein Drittel der Treibstoffenergie. Zudem gehen bei diesen Systemen trotz aufwändiger Isolierung jeden Tag etwa fünf Prozent des Wasserstoffs verloren. Als viel versprechende Kandidaten zur Speicherung gelten auch Metallhydridsysteme, die aber bezogen auf die aufnehmbare Speichermenge an Wasserstoff durch schwache chemische Bindungen ein sehr hohes Eigengewicht aufweisen.

## **Antriebskonzepte von Fahrzeugen mit Wasserstoff**

Wasserstoff kann im Fahrzeug entweder als Ersatztreibstoff für einen herkömmlichen Verbrennungsmotor oder mittels einer Brennstoffzelle zur Stromerzeugung und Antrieb eines Elektrofahrzeuges genutzt werden. Die Brennstoffzelle hat gegenüber herkömmlichen Verbrennungsaggregaten den Vorteil, dass ihr Wirkungsgrad deutlich höher liegt.

Die Automobilindustrie schickt rund zehn Jahre nach den ersten Prototypen nun Fahrzeugflotten mit Brennstoffzellen- und Wasserstoffverbrennungsmotorantrieb auf die Straße. Insgesamt wurden viele Milliarden Euro in Forschung und Entwicklung investiert, aber bis zum wirtschaftlichen Betrieb von Wasserstofffahrzeugen ist es noch ein weiter Weg. Hohe Kosten, geringe Speicherfähigkeit der Wasserstofftanks und die mangelnde Infrastruktur zählen zu den größten Hindernissen. Eine Serienproduktion ist nicht vor Mitte des nächsten Jahrzehnts zu erwarten.

## **Europäische Forschungsaktivitäten**

Es gibt zahlreiche laufende nationale und internationale Forschungsprojekte zur Wasserstoffthematik. Im sechsten Forschungsrahmenprogramm der EU sind für die Wasserstoffforschung 600 Millionen Euro bis 2006 vorgesehen.

In "HyWays", einem der unterstützten Projekte, wurden Szenarien zur Wirtschaftlichkeit von Wasserstoff entwickelt, wobei ein Gleichstand mit Öl erst dann gesehen wird, wenn Öl 100 bis 120 Dollar pro Barrel kosten würde.

"HySociety", eines der anderen Projekte aus dem Forschungsrahmenprogramm, an dem zwanzig europäische Forschungspartner beteiligt sind, untersucht, welche Hürden den Aufbau einer Wasser-

stoffwirtschaft bremsen. Das erstaunliche Ergebnis ist, dass es weniger technische Barrieren (EU-Projekte "HySafe" und "StorHy"), sondern die unklare Finanzierung der Infrastruktur, fehlende gesetzliche Regelungen und technische Normen sind.

### **Gesetzliche Rahmenbedingungen**

Die gesetzlichen Regelungen sollen im Fahrzeugbereich jetzt durch eine GTR (Global Technical Regulation) für Wasserstofffahrzeuge, die dann international die Zulassungskriterien regelt, geschaffen werden. Die BASt unterstützt in einem Forschungsprojekt das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) bei der Erstellung dieser GTR zusammen mit Japan und den USA. Der Schwerpunkt der GTR liegt auf der Sicherheit für die Wasserstofffahrzeuge. Aufgabe der BASt ist es darüber hinaus zu ermitteln, ob weiterer Forschungsbedarf besteht oder alle relevanten Themen abgedeckt sind, und dem BMVBS bei technischen Fragestellungen beratend zur Seite zu stehen. Ein erstes Zwischenergebnis ist, dass es derzeit keine ungeklärten Problemstellungen bei der Wasserstoffsicherheit im Fahrzeug gibt, die nicht schon im Rahmen der Regelungsarbeit angegangen werden.

### **Fazit und Perspektiven**

Ob durch die Wasserstofftechnologie eine Abnahme der Umweltbelastungen und speziell der CO<sub>2</sub>-Emissionen erreicht und die Versorgungssicherheit gewährleistet werden kann, hängt entscheidend davon ab, wie der Brennstoff erzeugt wird. Bei der Nutzung regenerativer Energien wird es oftmals effizienter sein, die anfallende Energie direkt zu verbrauchen, anstatt sie in Form von Wasserstoff zwischenspeichern, da die Speicherung von Wasserstoff sehr aufwändig ist und unsere Infra-

struktur größtenteils auf Elektrizität ausgelegt ist. Wasserstoff entwickelt seine Stärken vor allem im Verkehrssektor, wo er einen erheblichen Beitrag zur Eindämmung der Luftverschmutzung liefern kann, wenn die Wasserstoffgewinnung auf regenerativen Energien basiert. Bis zur flächendeckenden Versorgung mit Wasserstoff ist im Fahrzeugbereich der gerade eingeschlagene Weg für eine Übergangszeit konsequent weiter zu gehen, um die Einführung der Wasserstofftechnologie Realität werden zu lassen. Herkömmliche Verbrennungsmotoren zur Verbrauchssenkung müssen ebenso weiter verbessert werden wie Hybridsysteme mit zusätzlichem Elektroantrieb, Bifuel-Verbrennungsmotoren, die neben herkömmlichem Kraftstoff mit Erdgas, Ethanol oder auch mit Wasserstoff betrieben werden können, bis hin zu den Brennstoffzellenfahrzeugen.

Wasserstoff als Kraftstoff ist letztlich eine Frage der ökonomischen und politischen Rahmenbedingungen. Die BASt unterstützt das BMVBS, die politischen Rahmenbedingungen für Wasserstoff als Kraftstoff im mobilen Einsatz zu schaffen.



## Straßenverkehr - eine Kostenfrage

Mobilität kostet Geld, vom Erwerb des Führerscheins bis hin zur Wartung und Reparatur von Fahrzeugen. Straßen, Brücken, Tunnel, Ampeln und Verkehrszeichen müssen instand gehalten werden. Menschen müssen ausgebildet werden. Auch die Überwachung des Verkehrs verursacht Kosten. Die BASt untersucht auf vielen Gebieten, wie man dasselbe Ergebnis mit weniger Geld oder ein besseres Ergebnis bei gleichen Kosten erreichen kann. Es ist die ständige Suche nach mehr Wirtschaftlichkeit im Straßenverkehr. Neue Produkte müssen geprüft werden, Verfahren müssen verbessert werden. Wenn man sich nur vor Augen hält, wie groß die Summen sind, die jährlich alleine für die Erhaltung des Straßennetzes in Deutschland ausgegeben werden, dann kann man sich vorstellen, dass die Suche nach Einsparpotenzialen von größter Bedeutung für jeden ist. Individuelle Mobilität muss bezahlbar bleiben.

### Schöne Ebene

#### Messsystem zur Analyse von Fahrhahnoberflächen

Im Aufgabengebiet Straßenerhaltung betreibt die Bundesanstalt Messsysteme zur Erfassung der Eigenschaften von Fahrhahnoberflächen, so auch die der Fahrhahnebenheit. Die vorhandene Messtechnik musste aufgrund häufiger Ausfallzeiten und steigender Anforderungen an die Genauigkeit der Erfassung erneuert werden. Ziel war es, ein System zu konzipieren, das auf dem Stand der heute möglichen Technik als Zulassungssystem für solche Systeme gelten kann, und das

im Rahmen der netzweiten Zustandserfassung auf Bundesfernstraßen eingesetzt wird, um eine gleichbleibende Qualität der Messungen über die Messkampagnen zu sichern.

Zur Erfüllung dieses Ziels war eine Leistungsbeschreibung auszuarbeiten, die eine hohe Messgenauigkeit bei großer Flexibilität und breiten Einsatzmöglichkeiten unter Berücksichtigung der technischen Realisierbarkeit gewährleistet.

Bisher wurde die Erfassung der Längs- und Querebenheit mit jeweils getrennten Messfahrzeugen durchgeführt. Dies führte häufig zu Zuordnungsschwierigkeiten; insofern waren nunmehr beide Messverfahren in einem einzigen Messfahrzeug zu vereinen. Langwellige Fahrhahnebenheiten bis 300 m Wellenlänge mussten mit hoher Genauigkeit aufgenommen werden können. Die Querebenheit war über die gesamte Breite der Fahrspur, also bis zu 4 m Breite, zu erfassen. Dabei durfte die Fahrzeugbreite 2,4 m nicht überschreiten, um einen möglichst gefahrlosen Einsatz des Messsystems im fließenden Verkehr bei Messgeschwindigkeiten bis 100 Stundenkilometer zu ermöglichen. Eine Vielzahl der Messbedingungen wie Datenausfälle, Spurlage der Messspur im Fahrstreifen, Koordinaten der zurückgelegten Wegstrecke in Längen- und Breitengrad, Beschaffenheit der Fahrhahn und das Straßenumfeld waren zu dokumentieren.

Basierend auf diesen Anforderungen entwickelte ein Hersteller von Ebenheitsmesssystemen ein neuartiges Konzept, mit dem diese Anforderungen erfüllt werden konnten. Das Abtasten der Fahrhahn erfolgt hierbei mit einer Vielzahl von Lasersensoren, welche nach dem Triangulationsprinzip kontinuierlich den Ab-

stand zur Fahrbahnoberfläche erfassen. Insgesamt wurden 46 Lasersensoren integriert. Mittels modulierter Laserintensität passt sich die Laserleistung dem Reflektionsvermögen der Fahrbahnoberfläche automatisch an, um einen optisch stabilen Messbetrieb zu erreichen. Die Echtzeitfähigkeit des Messsystems, das modular mit fünf Subsystemrechnern jeweils für einzelne Teilaufgaben und einem Hauptsystemrechner für die Gesamtsteuerung aufgebaut ist, erlaubt die geforderten hohen Messgeschwindigkeiten.

einem Nivellement das Längsprofil in Schrittweiten von 10 cm ermittelt und abgespeichert. Mittels eines fünften zusätzlichen Lasersensors besteht die Möglichkeit, zwischen einer Messbasis oder Messbalkenlänge von 2 m für Unebenheiten mit Wellenlängen bis 100 m und einer Messbasis von 4 m für Wellenlängen bis 300 m zu wählen. Die Messgenauigkeit (Standardabweichung zum Referenzprofil) erreicht 1 mm bei Längsunebenheiten mit Wellenlängen bis 10 m. Bei Wellenlängen bis 100 m und 200 m wird eine Messgenauigkeit von 3 mm und 10 mm erreicht. Aus dem Längsprofil werden mit speziell entwickelten Berechnungsverfahren die Längsebenheit charakterisierenden Kennwerte jeweils für 100 m lange Abschnitte errechnet. So werden beispielsweise für eine allgemeine Bewertung die Kennwerte AUN (Allgemeine Unebenheit) und W (Welligkeit) als spektral abgeleitete Größen ermittelt. Für die differenzierte Bewertung von Passagierempfinden, Radlastschwankungen und Ladegutbeanspruchung wird der Kennwert LWI (Längsebenheits-Wirkindex) ermittelt.

Die Messung der Querebenheit erfolgt durch die Vorgabe der maximalen Fahrzeugbreite von 2,4 m durch schräg angeordnete Laser, um die Messbreite von 4 m zu erreichen (Bild 2). Hierzu mussten Triangulations-Lasersensoren entwickelt werden, die mit hoher Genauigkeit bei einem großen Abstand zum Messobjekt Fahrbahnoberfläche die Querprofile aufnehmen können. Montiert sind die Lasersensoren hinter der Hinterachse an einem starren, umlaufenden Rahmen, der vom Fahrzeug schwingungstechnisch entkoppelt ist. Durch die große Anzahl und die spezielle Anordnung der Lasersensoren in spritzwasserbeaufschlagten Bereichen musste zur Sicherstellung einer einwandfreien Laserfunktionalität

### Messsensorenanordnung

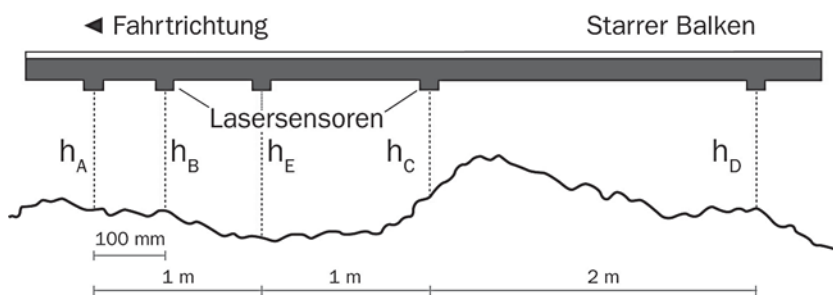


Bild 1: Messbalken mit Sonden

Längsebenheit ist die Welligkeit der Fahrbahn in Fahrtrichtung. Für ihre Messung wird das Verfahren der Mehrfachabtastung mit vier Lasersensoren an einem starren, vom Fahrzeug schwingungstechnisch entkoppelten Messbalken (Bild 1) verwendet. In der Regel wird sie in der rechten Rollspur des Fahrstreifens gemessen. Im Gegensatz zu üblicherweise neben dem Fahrzeugaufbau montierten Messbalken konnte hier eine Positionierung unmittelbar in der Spurlage des rechten Vorderrades realisiert werden. Dadurch ist es für den Fahrer leichter, die erforderliche Messaufgabe möglichst spurgetreu auszuführen.

Das Verfahren der Mehrfachabtastung erlaubt - unabhängig von der Fahrzeugbewegung und -geschwindigkeit - die Ermittlung eines Längsprofils der Fahrbahnoberfläche. Dabei wird ähnlich

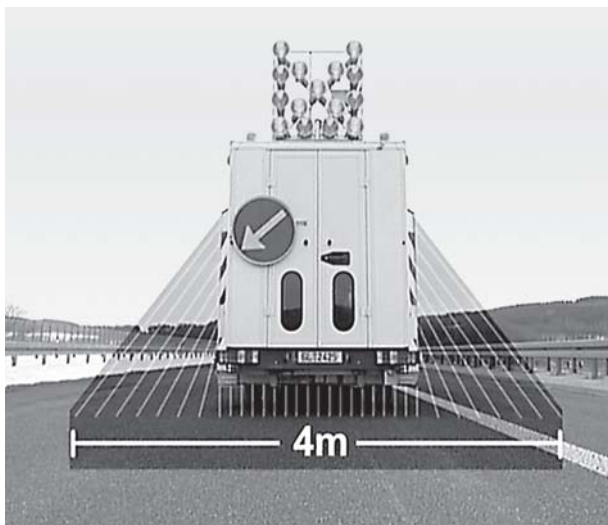


Bild 2: Messeinrichtung für Querprofil

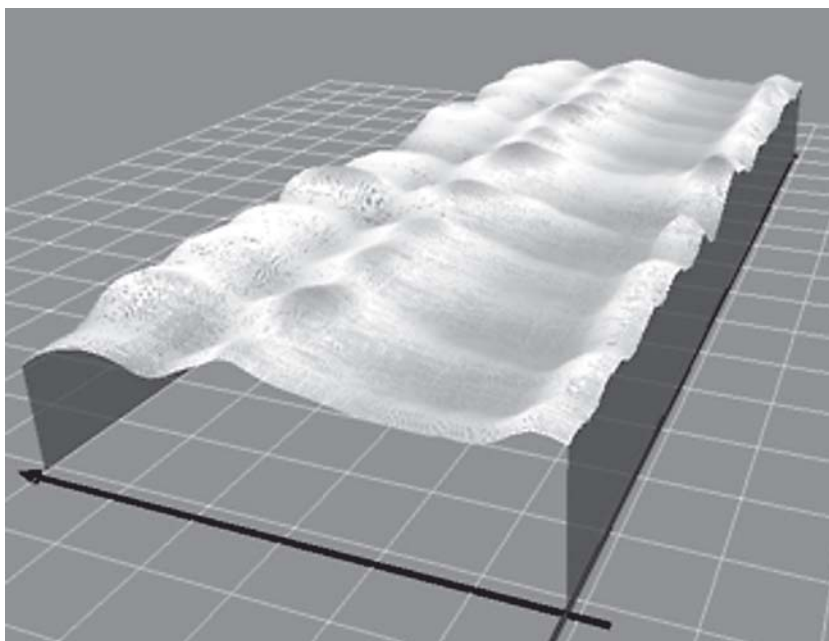
das Messsystem mit einem umfassenden Schutz gegen Verschmutzungen der optischen Einrichtungen ausgerüstet werden. Dazu wurde die Sensorik mit einer allseits geschlossenen Umhausung versehen. Die notwendigen Öffnungen für die Laserstrahlen und Laserdetektoren werden für den Messbetrieb automatisch geöffnet. Die Messung erfolgt mit 41 Lasersensoren bei einer Messgenauigkeit der Laser von 0,05 mm und einer Abtastfrequenz von 16 kHz. Der Messpunktabstand im Querprofil beträgt in Querrichtung 10 cm. Durch die sehr hohe Aufnahme rate ist es möglich, alle 10 cm in Fahrtrichtung ein Querprofil aufzunehmen und in Echtzeit dem Operator beim Messen bereits anzuzeigen.

Zur Ermittlung der zu erfassenden Zustandsgrößen wie die Spurrinentiefe und die fiktive Wassertiefe muss die Querneigung der Fahrbahn den Profildaten zugeordnet werden. Dazu ist das Messsystem mit einem hochgenauen Inertialsystem, bestehend aus Kreisel, Beschleunigungssensoren und einer Art Wasserwaage ausgestattet, aus deren Messergebnissen völlig unabhängig von der Fahrzeugbewegung ein künstlicher Horizont, also eine waagerechte Bezugslinie

ermittelt wird. In Verbindung mit der Regressionsgeraden des Querprofils kann die Querneigung der Fahrbahn bestimmt werden. Zur Berechnung der Spurrinentiefe wird modellhaft eine 2 m lange Latte in 10 cm-Schritten über das Querprofil geschoben und jeweils der Abstand zwischen Latte und allen unter der Latte liegenden Laser-Abtastpunkten für die rechte und linke Rollspur der Reifen im Fahrstreifen berechnet. Der größte Ab-

stand wird als Spurrinentiefe rechts beziehungsweise links gespeichert. Diese Berechnung erfolgt für jedes einzelne Querprofil. Zusammenfassungen zu Mittelwerten für bestimmte Abschnittslängen, beispielsweise bei der Zustandserfassung und -bewertung für eine Streckenlänge von 100 m oder 3-dimensionale Darstellungen (Bild 3), sind durch entsprechende Auswerterroutinen möglich. Aus der Spurrinentiefe wird nun über die Querneigung die fiktive Wassertiefe berechnet. Dies stellt die Tiefe einer theoretisch möglichen Wasseransammlung in der Spurrinne dar, die bei der

Bild 3: 3-dimensionale Darstellung der Ebenheit



vorhandenen Querneigung entstehen kann. Längsneigungen aus Steigung oder Gefälle bleiben dabei unberücksichtigt.

Je nach Intensität und Anordnung der Laser sind Augenschädigungen des Betriebspersonals und unbeteiligter Personen möglich. Dies erforderte insbesondere durch die seitlich zum Teil über Kopfhöhe liegenden Laser aus Arbeitssicherheitsgründen umfangreiche Sicherheitsfunktionen. Notausschalter im Fahrzeug und im Außenbereich sichern ein sehr schnelles manuelles Eingreifen; Ultraschall-Näherungssensoren schalten bei Annäherung eines Objekts an den Strahlbereich die Laser sofort ab. Zusätzlich wird die Laserleistung in drei Stufen der Fahrgeschwindigkeit angepasst. Je schneller gefahren wird, desto stärker darf die Laserleistung sein, da dann die Gefahr einer Annäherung an den Laserbereich nahezu ausgeschlossen ist.

Zur lückenlosen Dokumentation der Messungen und einem visuellem Nachweis der äußeren Bedingungen wurden Videosysteme installiert:

- eine Frontkamera mit Blick in Fahrtrichtung zur Begutachtung der Oberflächenbeschaffenheit,
- zwei seitlich angeordnete Kameras zur Erkennung der Fahrspurlage im Fahrstreifen durch Abtastung der rechten und linken weißen Fahrstreifenmarkierungen.

Die Videoaufnahmen werden in digitaler Form auf Festplatten gespeichert.

Die Orientierung und Navigation im Straßennetz erfolgt durch ein DGPS-System unter Verwendung von Karten mit dem deutschen Netznotenstationierungssystem. Ergänzt wird dieses System bei fehlendem Satellitenempfang und zur Steigerung der Präzision bei der örtlichen Bestimmung durch das oben beschriebene Inertialsystem der Querebenen-

messeinrichtung. Eine Lokalisierungsgenauigkeit von besser als 1 m soll erreicht werden.

Die Messgerätsteuerung erfolgt vom Operatorarbeitsplatz (Beifahrersitzplatz) aus. Elementare Funktionen sind durch Bedienelemente in der Beifahrertür präzise steuerbar. Angaben zur Messung und zum Messablauf können durch eine messsynchroner Sprachaufzeichnung vom Operator aufgesprochen werden.

Nach einer Messung ist eine Begutachtung des Messergebnisses aller Einzelinformationen über einen „Replaymode“ abrufbar. Dabei wird der komplette Messablauf in einer Darstellung als synchron ablaufender „Film“ gezeigt. Angezeigt werden gleichzeitig die Längs- und Querebene in jeweils einem Diagramm, der befahrene Abschnitt in einer Netznotenkarte sowie die Videoaufzeichnungen.

Das Ebenheitsmesssystem zur Fahrbahnoberflächen-Analyse EFA wurde bereits bei den Kontrollprüfungen der ZEB 2005 eingesetzt und hat die hohen Erwartungen an die Messgenauigkeit erfüllt, so dass der BASt ein leistungsfähiges und präzises Messsystem zur Bewertung der Ebenheit von Fahrbahnoberflächen zur Verfügung steht.

## Verdichtung und Wahrheit

### Kontrolle flächendeckender Asphaltverdichtung (FDAV)

Das Verhalten der Schichten einer Straßenbefestigung gegenüber Einflüssen aus Verkehr und Witterung wird nicht nur durch die Materialzusammensetzung und die daraus resultierenden Eigenschaften, sondern auch durch die Qualität des Einbaus stark beeinflusst. Eine Reihe von Anforderungen, etwa an die Einbaudicke, die Ebenheit und die erreichte

Verdichtung der eingebauten Schichten, sollen eine hohe Einbauqualität und daraus resultierend einen guten Zustand der Schichten über die gesamte Gebrauchsdauer gewährleisten, um dem Straßennutzer die notwendige Sicherheit bei entsprechendem Fahrkomfort bieten zu können.

Seit vielen Jahren wird im Erdbau mit Verfahren gearbeitet, die eine qualitative Erfassung des Verdichtungsfortschritts während des Walzvorganges ermöglichen. Der Walzenfahrer wird durch Verdichtungsmesssysteme an der Walze online über das Verdichtungsergebnis informiert und kann den Prozess entsprechend positiv beeinflussen. Die Herstellung von Flächen mit gleichmäßig hoher Tragfähigkeit wird dadurch erleichtert. Seit 1997 ist diese Vorgehensweise unter dem Namen "Flächendeckende Dynamische Verdichtungskontrolle" (FDVK) im Erdbau bekannt und in verschiedenen Regelwerken und Richtlinien verankert.

Während im Erdbau unzureichend verdichtete Bereiche im Prinzip später nachverdichtet werden können, ist beim Einbau von Asphaltmischgut zu beachten, dass die Verdichtungsarbeit in hohem Maße von der Temperatur des Mischguts abhängig ist. Deshalb zieht eine unzureichende Sorgfalt bei der Verdichtung einer Asphalttschicht einen zunächst irreversiblen und damit kostenintensiven Mangel nach sich.

Bisher bleibt die Steuerung des Walzeneinsatzes beim Asphaltbau in den meisten Fällen der Erfahrung des Walzenfahrers überlassen. Die Anzahl der Walzenübergänge gilt dabei als Orientierungswert für den Grad der Verdichtung. Seit einigen Jahren werden auch im Asphaltstraßenbau Verfahren angeboten, mit denen der Verdichtungsprozess beim Asphaltbau kontrolliert werden kann:

Die "Flächendeckende Asphaltverdichtung" (FDAV) bezeichnet die Asphaltverdichtung unter Anwendung von Verfahren, die eine Steuerung und Dokumentation der Verdichtung während des Asphaltbaus flächendeckend ermöglichen.

Die angebotenen Verfahren zur FDAV sind als Systeme auf Walzen installiert und geben Kennwerte für die Verdichtung und Steifigkeit der Asphalttschicht aus, die sie aus Beschleunigungsmessungen an den vibrierenden Bauteilen der Walze ermitteln und dem Walzenfahrer neben einer Reihe von weiteren Daten, beispielsweise der Asphalttemperatur und der Anzahl der Walzenübergänge, anzeigen. Kombiniert mit einem GPS-System ermöglicht die Darstellung der Messwerte auf einem Display dem Walzenfahrer, den Verdichtungsfortschritt auf der Baustelle zu beurteilen und gegebenenfalls direkt zu reagieren.

Diese Daten werden aufgezeichnet sowie zur Weiterverarbeitung gespeichert und können später als Protokoll über die Verdichtungsleistung ausgedruckt werden. Das verspricht eine Reduzierung unnötiger oder die Vermeidung schädlicher Walzenübergänge und damit eine Steigerung der Effizienz des Walzeneinsatzes.

*Bild 1: Walzenführerkabine mit Displays zur Anzeige des Verdichtungszustands der Asphaltfläche*



Bisher wurden diese Systeme von einigen Baufirmen zur Eigenüberwachung eingesetzt. Allerdings wurde der Einsatz der Systeme in der Praxis bisher kaum wissenschaftlich begleitet. Inzwischen sind drei Systeme unterschiedlicher Walzenhersteller auf dem deutschen Markt bekannt, so dass vergleichende Untersuchungen der verschiedenen Systeme von Seiten der BAST stattfinden können.

In einem ersten Forschungsvorhaben der BAST im Jahr 2003 konnte in Zusammenarbeit mit Systemanbietern, Straßenbauverwaltungen und Straßenbaufirmen der Entwicklungsstand analysiert, Einsatzmöglichkeiten diskutiert sowie mögliche Vorteile und Probleme theoretisch erörtert werden. Dabei hat sich gezeigt, dass eine funktionierende, flächendeckende Ver-

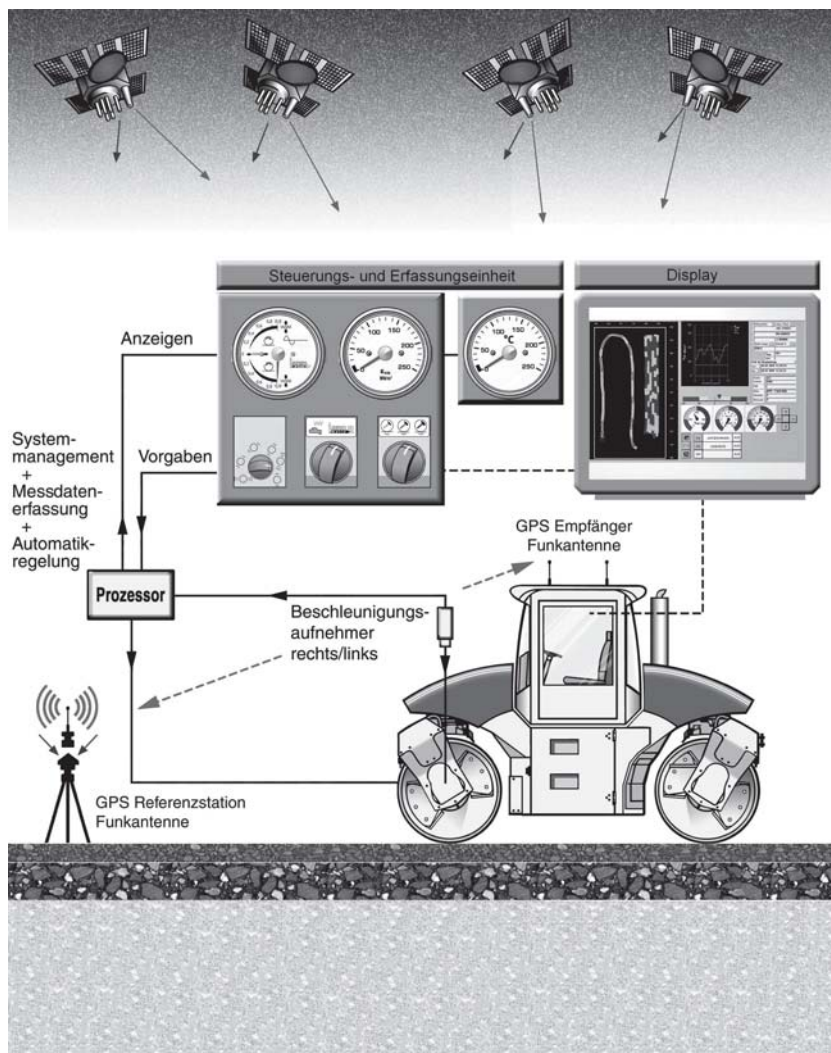
dichtungskontrolle während des Einbauprozesses eine Qualitätsverbesserung im Asphaltstraßenbau hinsichtlich Dauerhaftigkeit und Verbesserung der Gebrauchseigenschaften der Gesamtkonstruktion erwarten lässt. Darüber hinaus erhält der Auftraggeber ein Protokoll der erreichten Verdichtung, das - bei entsprechendem Qualitätsnachweis und Bewährung der Verfahren im Praxiseinsatz - zu einer Reduzierung, mindestens aber zu einer sinnvollen, weil flächendeckenden Ergänzung der Kontrollprüfungen auf Basis von Bohrkernentnahmen führen könnte. Ein weiterer Vorteil liegt in der Eigenschaft der Verfahren, die Asphaltverdichtung zerstörungsfrei dokumentieren zu können.

In einem weiteren Projekt erfolgte nun in Zusammenarbeit mit der Straßenbauverwaltung Niedersachsen die Untersuchung des Einsatzes der Verfahren auf einer Untersuchungsstrecke unter gleichen Randbedingungen. Dazu wurde ein Bauabschnitt der Grunderneuerungsmaßnahme auf der BAB 30 von insgesamt fünf Kilometer Länge zur Verfügung gestellt. Zwei Verfahren kamen auf dieser Strecke zum Einsatz, da die Anbieter dieser Verfahren zu diesem Zeitpunkt bereits Erfahrungen beim Einsatz der Systeme im Asphaltstraßenbau nachweisen konnten.

Der Asphalteinbau wurde dort durch die BAST wissenschaftlich begleitet: Neben Temperatur-, Dichte- und Ebenheitsmessungen erfolgte während der Einbauphase eine Überprüfung der Verfahren hinsichtlich ihrer Angaben zur Messwertfassung und -darstellung. Nach Fertigstellung der einzelnen Schichten wurden an mehreren Stellen Bohrkern entnommen und deren Dichte radiometrisch in der Durchstrahlungsanlage der BAST untersucht.

Aufgrund der Länge des Bauabschnittes und der vorgegebenen Einbauzeit konnte

Bild 2: Walzeneinsatz mit FDAV und GPS-Unterstützung



der Einfluss von sich ändernden Bedingungen auf dem Streckenabschnitt beobachtet werden, etwa wechselndes Mischgut durch verschiedene Asphaltsschichten oder unterschiedliche Witterungsbedingungen beim Asphalteinbau.

Der Schwerpunkt dieser Untersuchungen lag auf der Dokumentation der flächendeckenden Asphaltverdichtung und einer Plausibilitätsüberprüfung der Ergebnisse der in der Praxis angewendeten Verfahren. Das bedeutet, dass die Asphaltverdichtung auf dieser ersten Untersuchungsstrecke konventionell ohne direkte Systemunterstützung ausgeführt und parallel zum Verdichtungsprozess durch die Systeme dokumentiert wurde.

Im Ergebnis der wissenschaftlichen Baubegleitung lassen sich insgesamt Vorteile der Verfahren für den Asphaltstraßenbau erkennen: Erste Ergebnisse zeigen einen plausiblen Zusammenhang zwischen dem Verdichtungsgrad aus Messungen mit der Troxler-Isotopensonde und den Kennwerten der Verfahren in Abhängigkeit von der Anzahl der Walzenübergänge.

In weiteren Untersuchungen sollen im Jahr 2006 Verfahren verschiedener Anbieter parallel auf einer Untersuchungsstrecke konkret angewendet werden. Dadurch können Aussagen über die Auswirkungen des Einsatzes von Verfahren zur FDAV - vor allem in Hinblick auf die Steuerung der flächendeckenden Asphaltverdichtung - auf die Einbauqualität getroffen werden.

Die wissenschaftliche Baubegleitung ermöglicht eine detailliertere Betrachtung der Handlungsmöglichkeiten des Eingreifens bei auftretenden Verdichtungsproblemen und den daraus resultierenden Einsatzmöglichkeiten und -grenzen der Verfahren. Außerdem wird der Einfluss baustellenspezifischer Bedingungen auf die Verdichtung und deren Homogenität

beim Einsatz der Verfahren sowie auf die Kalibrierung der Systeme im Vorfeld näher untersucht.

Anhand der Ergebnisse soll dann die zu erwartende Qualitätsverbesserung durch den konkreten Einsatz der Verfahren im Asphalteinbau näher quantifiziert werden.

## Ertragende Alterung

### Langlebige Deckschichten aus Asphalt

Mit der Zunahme des Schwerlastverkehrs sowie der Erhöhung der Achslasten sind die Anforderungen an die Straßenverkehrsflächen hinsichtlich der Verformungsbeständigkeit in den letzten Jahren erheblich gestiegen.

Häufig sind daher insbesondere bei Asphaltbefestigungen an Bushaltestellen, Stauräumen, signalgeregelten Kreuzungen sowie bei kanalisiertem Verkehr in der Spur, die von schweren Fahrzeugen befahren wird, Verformungen in Form von Wellen- und Spurrinnenbildungen festzustellen.

Die Standfestigkeit von Asphalt, also der Widerstand des Materials gegen bleibende Verformungen, kann auf verschiedene Art und Weise erreicht werden. In Abhängigkeit von der Asphaltart (Gussasphalt, Asphaltbeton, Splittmastixasphalt), deren Kornzusammensetzung und Bindemittelgehalt, sowie der Art des Bitumens und möglicher Zusätze kann Einfluss auf das Verformungsverhalten genommen werden.

Die BASt beteiligt sich am OECD Forschungsprojekt "Economic Evaluation of Long Life Pavements", das die Möglichkeiten zur Entwicklung von möglichst langlebigen und hochstandfesten Deckschichten für Straßen mit Schwerverkehr untersucht. Eine solche Deckschicht mit eventuellen Zusätzen würde unter Um-

ständen zwar höhere Herstellungskosten erfordern, jedoch könnten sich die während der Nutzungsdauer anfallenden Erhaltungskosten erheblich reduzieren und somit insgesamt Einsparungen bewirken.

Unter anderem wurde "Epoxy Asphalt" als Material erkannt, das möglicherweise die ökonomischen und auch technischen Anforderungen für langlebige Deckschichten erfüllt. Hierbei ist vorgesehen, einem herkömmlichen Asphaltmischgut

Bild 1: Druckschwellversuch

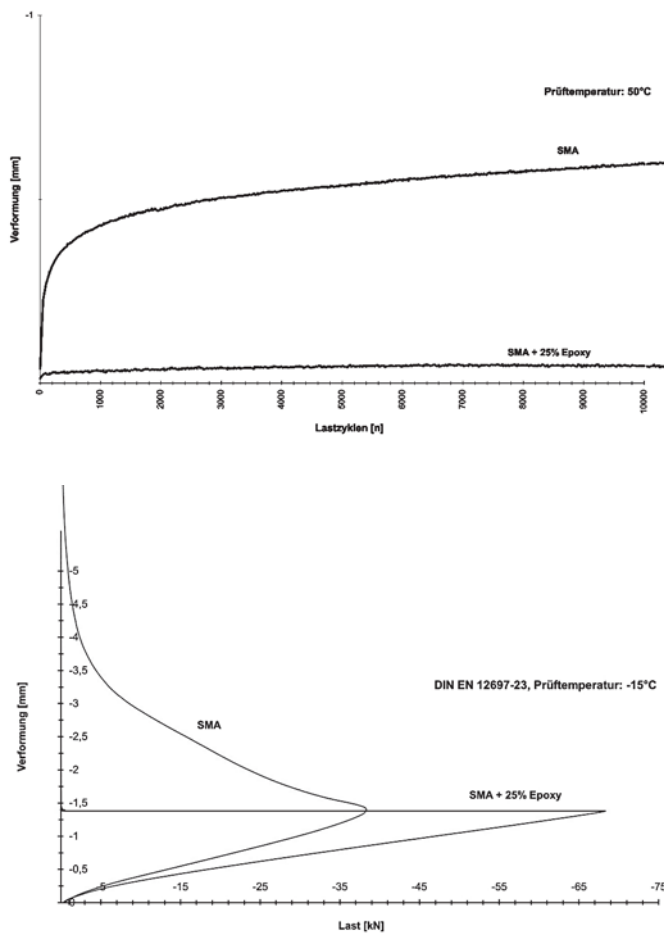


Bild 2: Spaltzugversuch

einen bestimmten Anteil an Epoxidharz (Zwei-Komponenten-System aus Harz und Härter) zuzugeben und die verfestigenden Eigenschaften des Harzes für eine mögliche Verbesserung der mechanischen Eigenschaften des Asphaltes zu nutzen. In einer zweiten Phase werden nun erste Untersuchungen durch nationale Prüflaboratorien durchgeführt, um

die Herstellung von "Epoxy Asphalt" und seine Eigenschaften zu untersuchen.

In ersten bereits abgeschlossenen Voruntersuchungen konnten erste Erfahrungen hinsichtlich Mischgutherstellung, der dazu gehörigen Randbedingungen (Epoxidharzsorte, Mischtemperatur, Verarbeitungszeit) sowie bei der Überprüfung einiger mechanischer Eigenschaften gesammelt werden.

Da die Reaktionsgeschwindigkeit des Zwei-Komponenten-Systems bestehend aus Harz und Härter stark temperaturabhängig ist, musste zunächst eine geeignete Epoxidharzsorte gefunden werden, bei der für die Mischgutherstellung ein ausreichend großes Zeitfenster zur Verfügung steht.

An Probekörpern aus ersten Handmischungen wurden Laborversuche durchgeführt, um festzustellen, wie groß der Einfluss des Epoxidharzes auf die Festigkeit des Asphaltes ist. Hierzu wurde der dynamische Druckschwellversuch (Bestimmung der Verformungsbeständigkeit bei Wärme) und der Spaltzugversuch (Bestimmung der Zugfestigkeit) herangezogen.

Im Ergebnis zeigte sich, dass bei den geprüften Probekörpern aus „Epoxy Asphalt“ die Verformungsbeständigkeit etwa fünfmal größer und die Zugfestigkeit rund zweimal größer als die von Probekörpern aus herkömmlichem Asphaltmischgut war.

Diese ersten Untersuchungen haben somit gezeigt, dass die mechanischen Eigenschaften von Asphalt durch die Zugabe von Epoxidharz in erheblichem Maße verbessert werden können. In den nachfolgenden Hauptuntersuchungen werden systematisch, also unter Variation bestimmter Kenngrößen (beispielsweise Zugabemenge des Epoxidharzes), ein breites Spektrum von wichtigen Asphalteeigenschaften geprüft und der Einfluss



des Epoxidharzes näher untersucht. Vorgesehen ist neben den bereits erwähnten Druckschwell- und Spaltzugversuchen die Durchführung von Spurbildungstests (Verformungsbeständigkeit), Scherversuchen (Schichtenverbund mit der darunter liegenden Schicht), einer Affinitätsbestimmung (Haftung des Bindemittels am Gestein), Untersuchungen zur Rissbildung sowie von Pendelversuchen (Griffigkeit der Asphaltoberfläche).

Vor einer Anwendung in der Baupraxis ist jedoch die Frage des Umwelt- und Arbeitsschutzes zu klären, da das in den Laborversuchen zur Anwendung kommende Epoxidharz als reizend und biologisch nicht abbaubar eingestuft wird. Daher werden alle Untersuchungen unter entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen durchgeführt.

Die bisher gewonnenen Ergebnisse sind jedoch so viel versprechend, dass die Möglichkeit einer Anwendung von Epoxidharz im Asphaltmischgut für besondere Beanspruchungen nicht auf Grund der Arbeitsschutzproblematik von vornherein ausgeschlossen werden sollte. Ein mögliches Anwendungsgebiet von "Epoxy Asphalt" wird sicherlich nicht im Bereich eines großflächigen Einbaus im Sinne einer Standardbauweise zu sehen sein. Vielmehr kann er eine hoch standfeste und langlebige Alternative bei Verkehrsflächen mit hoher und konzentrierter Belastung sein.

## Erste Hilfe bei Eis und Schnee

### Wirtschaftlichkeit von Taumittelsprühanlagen

Zwischen 1982 und 2003 wurden in Deutschland 16 Taumittelsprühanlagen (TMS) in Betrieb genommen. Der Betrieb dieser Anlagen wurden von der Bundesanstalt für Straßenwesen mit Untersuchungen begleitet. Zwölf Anlagen befinden sich auf Brücken, vier an Steigungs- und Gefällestrecken. Vier Anlagen (sämtlich Brückenanlagen) befinden sich auf Bundesstraßen, zwölf auf Bundesautobahnen.

An Steigungs- beziehungsweise Gefällestrecken bilden sich bei plötzlichem starkem Schneefall in kurzer Zeit festgefahrene Schneedecken, die besonders von Lkw nicht mehr befahren werden können - es kommt zu Staus. Auf Stahlbrücken bildet sich häufig schon zu einem früheren Zeitpunkt als auf dem benachbarten Netz lokal begrenzte Reif- oder Eisglätte. Diese „Glatteisfallen“ verursachen Unfälle. In beiden Fällen ist es wichtig, schnell zu handeln. Durch eine TMS kann bei Gefahrensituationen unmittelbar Taustoff auf die Fahrbahn ausgebracht werden, der auf Brücken Eisbildung verhindert und an Steigungen den Schnee räumfähig hält, bis der konventionelle Winterdienst die Gefahrenstelle erreicht.

Taumittelsprühanlagen können so den konventionellen Winterdienst partiell sinnvoll ergänzen, ihn aber nicht ersetzen. Die Streckenabschnitte, in denen sich TMS befinden, zeigten vor deren Einbau Unfallauffälligkeiten. Die Zahl glättebedingter Unfälle ist nach Installation einer Taumittelsprühanlage überall deutlich zurückgegangen.

Auf der Basis der vorliegenden Kosten- und Nutzen-Daten konnten 13 der insge-

*Kosten-Nutzen-Ab-schätzung (inklusive hypothetischem Stau-kostenanteil); Ermittlung des Wirtschaftlich-keitsfaktors*

Nr.	TMS	BAB B	Einsatz-zweck	Baujahr	Jährliche Gesamt-nutzen	Jährliche Gesamt-kosten	F <sub>w</sub>
1	Sauerlandanstieg	A 45	Steigung	1984	649.513	151.238	4,29
2	Dortmund-Ems-Kanal Münster	A1	Brücke	1983	108.559	38.340	2,83
3	Dortmund-Ems-Kanal Ladbergen	A1	Brücke	1992			
4	Dortmund-Ems-Kanal Rheine	A 30	Brücke	1990			
5	Teutoburger Wald (Bielefelder Berg)	A 2	Steigung	1995	714.828	245.898	2,91
6	Kalteiche	A 45	Steigung	1999	544.746	160.600	3,39
7	Wiehltal	A 4	Brücke	2003	101.620	117.000	0,87
8	Prientalbrücke	A 8	Brücke	1990	173.468	41.443	4,19
9	Haseltalbrücke	A 3	Brücke	1995	174.077	90.037	1,93
10	Drackensteiner Hang	A 8	Steigung	1984	538.728	83.214	6,47
11	Neckartalbrücke	A 81	Brücke	2001	253.334	92.948	2,73
12	Brücke über den Oder-Havel-Kanal	A 11	Brücke	1993			
13	Hangbrücke Schellenberg	B 2	Brücke	1982	9.021	34.645	0,26
14	Haselholmer Talbrücke	B 76	Brücke	1990	39.487	47.719	0,83
15	Brücke über die Bundesbahn	B 10	Brücke	1994	274.561	65.472	4,19
16	Elbebrücke Roßlau	B 184	Brücke	1993	78.389	37.607	2,08

samt 16 Anlagen wirtschaftlich beurteilt werden. Zehn der Taumittelsprühanlagen wurden positiv bewertet. Die Kostenseite umfasst die Investitionskosten und die Betriebskosten. Auf der Nutzenseite wurde sowohl betriebswirtschaftlicher als auch volkswirtschaftlicher Nutzen ermittelt. Der betriebswirtschaftliche Anteil entsteht vor allem durch eingesparte Sondereinsätze und Kontrollfahrten, der volkswirtschaftliche Nutzen durch die Verbesserung von Verkehrssicherheit und Verkehrsfluss, also durch das Vermeiden von Unfällen und Staus.

Für die meisten Anlagen lagen mehr oder weniger vollständige Unfallzahlen vor, für die Staus gab es so gut wie keine dokumentierten Beobachtungen, so dass hier für die Abschätzung der Wirtschaftlichkeit von plausiblen Annahmen ausgegangen wurde.

Die Wirtschaftlichkeitsfaktoren (F<sub>w</sub>) bewegen sich ohne Berücksichtigung der durch vermiedene Staus eingesparten Kosten zwischen 0,19 und 2,63, wobei drei Werte

deutlich kleiner eins sind und zwei dicht unterhalb dieser Schwelle liegen. Bei Einbeziehen der Staukosten liegt die Bandbreite zwischen 0,26 und 6,47.

Technische Neuerungen gibt es im Bereich der Sprühtechnik. Neu entwickelte Sprühstränge haben eine höhere Anzahl von Sprühdüsen und damit ein feineres und gleichmäßigeres Sprühbild bei einem gleichzeitig geringeren technischen Aufwand, und sie können nach Angaben des Herstellers die Investitionskosten um rund ein Drittel senken. Im Bereich der Betriebskosten können Einsparungen bei der Wartung und den Reparaturkosten erwartet werden.

## Alles fließt

### Selbstverdichtender Beton für Brückenbauwerke

Selbstverdichtender Beton (SVB) ist ein dünnflüssiger Beton, der im Gegensatz

zu Normalbeton ohne Einwirkung zusätzlicher Verdichtungsenergie in das Bauteil fließt, dabei entlüftet und die Bewehrung vollständig umhüllt. SVB ist ein relativ junger Baustoff, für den es noch keine Norm gibt. Im allgemeinen Ingenieurbau darf SVB gemäß Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton verwendet werden. Im Brückenbau an Bundesfernstraßen ist die Zustimmung des BMVBS erforderlich.

Zu den herausragenden Vorteilen des SVB zählt neben einer Verbesserung der Oberflächenqualität, der höheren Widerstandsfähigkeit gegen Einwirkungen aus der Umwelt, dem optimalen Korrosionsschutz der Bewehrung durch den sie vollständig umgebenden Beton und neben dem fehlerfreien Verbund von Stahl und Beton, auch in Bereichen mit hohem Bewehrungsgrad, der Wegfall der körperlich stark belastenden, lärm- und zeitintensiven Verdichtung des Beton im Bauwerk.

Der Einsatz von SVB kann die Qualität und die Dauerhaftigkeit von Bauwerken verbessern und zu einer ökonomischeren Bauweise führen. Allerdings bedarf die Herstellung und Verarbeitung von SVB einer besonderen Technologie. Im Gegensatz zu Normalbeton hängt die Qualität eines Bauwerks aus SVB wesentlich von den Fließeigenschaften und der Viskosität des frischen Betons ab. Schon leichte Änderungen in den Betonausgangsstoffen können das Fließverhalten und die Viskosität nachteilig beeinflussen. Dies kann sich im Bauwerksbeton negativ auf die Qualität der sichtbaren Flächen auswirken, aber auch eine Reduzierung der Gebrauchstauglichkeit oder sogar der Tragfähigkeit des Bauteils zur Folge haben. Den Fragen nach geeigneten Einsatzgebieten, dem Nutzen und dem Aufwand für Qualitätssicherungsmaßnahmen beim baupraktischen Einsatz wurde im Zuge der fachtechnische Be-

gleitung von Baumaßnahmen mit Zustimmung im Einzelfall nachgegangen.

### Anwendungen von SVB

Beim ersten Bauwerk im Jahr 2001, einem Widerlager einer Geh- und Radwegunterführung der BAB A 99, Westring München, wurde mit dem Bau von 80 cm dicken und 3,80 m hohen Widerlagerwänden gezeigt, dass SVB als Transportbeton auf der Baustelle anstelle von normalem Beton verwendet werden kann. Der Betoneinbau erfolgte ungewohnt leise. Die Schalung wurde für die Aufnahme des flüssigen SVB besonders steif und dicht ausgeführt. Die Qualität der Sichtbetonfläche war gut, aber nicht porenfrei. Es zeigt sich aber auch, dass die Herstelleistung von SVB im Transportbetonwerk bei Produktion der im Brückenbau üblichen großen Betonmengen (etwa 80 m<sup>3</sup>) zu klein war, um die Schalung kontinuierlich mit Frischbeton füllen zu können. Die Gebrauchstauglichkeit war davon nicht beeinflusst, aber die Schüttilagen zeichneten sich an den Wänden mit horizontalen Streifen ab. Auch die Herstellung geneigter, nicht geschalter Oberflächen war problembehaftet. Voraussetzung für den reibungslosen Einbau des SVB waren besondere Maßnahmen zur Qualitätssicherung der Betonausgangsstoffe und der Frischbetoneigenschaften im Vorfeld wie auch bei der Betonage und eine besondere Schulung der Betoniermannschaft. Neben diesem Aufwand entstanden zusätzliche Kosten für die besondere Schalung und die zusätzlich erforderliche Bewehrung.

Die Deckenelemente der Lichtadaptionstrecke des Kappler Tunnels im Zuge der B 31n bei Freiburg (2001/2002) waren durch die Aussparungen filigran bewehrt. Hier wurde der Vorteil des selbsttätigen Fließens und Entlüftens von SVB voll

genutzt. Allerdings traten mit zunehmender Fließgeschwindigkeit Turbulenzen im Frischbetonstrom auf, die beim Umfließen der Aussparungen die Qualität der Untersicht durch Sandanreicherungen an den Ecken beeinträchtigen konnten. Trotz langsamen Einfüllens des SVB in die Schalung und guter Verträglichkeit mit dem Trennmittel konnten Luftporen an der Festbetonoberfläche nicht vollständig vermieden werden. Die Färbung der Oberfläche war aber außerordentlich gleichmäßig. Alle Kanten waren sauber und scharf gebrochen. Besonders positiv fiel im Fertigteilwerk das Fehlen des Verdichtungsärmes auf. Der ausgeprägte Einfluss von Schwankungen der Betonausgangsstoffe auf die Frischbetoneigenschaften war im Fertigteilwerk nicht anders, als beim Transportbeton. Die Schwankungen ließen sich auch bei Beachtung der Regeln für die Qualitätssicherung nicht vermeiden. Im Gegensatz zu Transportbeton war aber die Betonmenge je Fertigteil gering ( $10 \text{ m}^3$ ), und die Teile wurden vor der Auslieferung an die Baustelle kontrolliert.

Die Bogenbrücke bei Wölkau, die Überführung eines Wirtschaftsweges über die BAB A 17 (2003/2004), sollte zeigen, welche Vorteile SVB bei der Herstellung der Bogenstiele in einer nach oben geschlossenen Schalung gegenüber konventionellem Rüttelbeton aufweist. Die Form der Schalung setzte voraus, dass der SVB sich allein durch Fließen vollständig verdichtete. Ein Nachstochern oben von der Schalungsöffnung her, um bei Störungen des Betoneinbaus den frisch einlaufenden Beton mit dem in der Schalung liegenden und

an der Oberfläche schon anstehenden Beton kraftschlüssig verbinden zu können, war nicht möglich. Der SVB wurde langsam von unten nach oben drückend eingefüllt, damit die Bauteiloberfläche möglichst porenfrei und gleichmäßig gefärbt wurde. Die Schalung musste entsprechend steif und flüssigkeitsdicht ausgebildet werden. Die Sichtbetonqualität der Untersicht und der Seitenflächen war gut. An der Bogenoberseite zeichnen sich im Festbeton einige Luftblasen als Poren ab. Die höhere Festigkeit des SVB wurde bei diesem Bauteil genutzt, die Konstruktion schlanker zu gestalten. Im Zuge dieser Baumaßnahme zeigte sich aber auch, dass durch die heute noch nicht ausreichende Robustheit des SVB unter baupraktischen Bedingungen tatsächlich Probleme mit der Tragfähigkeit auftreten können. Ein Bauteil musste abgebrochen werden. Der SVB hatte die Schalung nicht vollständig gefüllt, und der Verbund des Betons mit dem Bewehrungsstahl war fehlerhaft.

Vom ursprünglichen Plan, die Bogenbrücke mit SVB in einem Guss herzustellen, indem der SVB gleichzeitig von



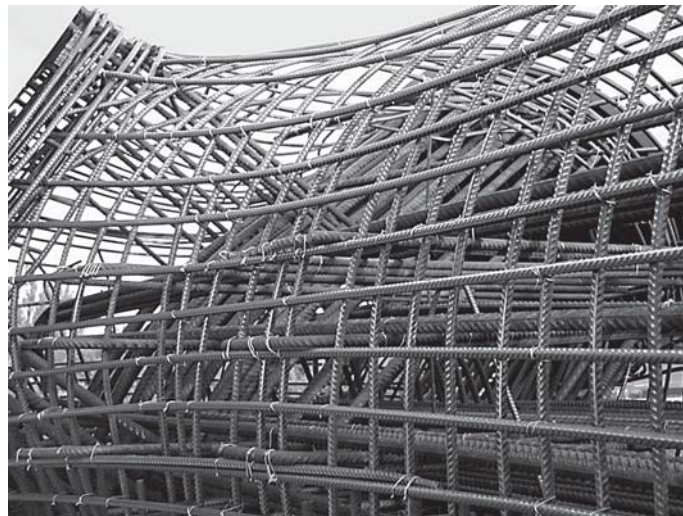
*Bild 1: Y-Pfeiler der zweiten Strelasundquerung (Foto: Jörg Riethausen, Chemnitz)*

unten in die Stiele und von beiden Seiten in den Überbau eingefüllt werden sollte, wurde aus wirtschaftlichen und technischen Gründen schließlich Abstand genommen. In Vorversuchen war zwar gezeigt worden, dass der für Fahrbahntafeln erforderliche Neigungswechsel im Quergefälle und eine begrenzte Neigung in Längs- und Querrichtung im Prinzip mit SVB herstellbar ist. Der Zeitplan der Baustelle und die für den Beton eingeplanten Kosten ließen jedoch die Entwicklung eines SVB mit ganz speziellen Fließeigenschaften und baustellentauglicher Robustheit für den Überbau nicht zu.

Die Pfeilerköpfe im Übergang einer Stütze von Beton- zur Stahlbauweise an der Brücke von Stralsund nach Rügen im Zuge der B 96n (2005) (Bild 1) wurden unter architektonischen Gesichtspunkten entworfen. Die komplizierte geometrische Form, die dichtliegende Bewehrung (Bild 2), die erforderlichen Einbindelängen des Betons in die hohlen Stahlstreben und die von oben kaum zugängliche Verbundzone innerhalb der Stahlstreben sowie die besondere architektonische Bedeutung einer sehr guten Sichtbetonoberfläche waren ausreichend Gründe für die Ausführung mit SVB.

Neben den inzwischen schon bekannten besonderen Maßnahmen zur Sicherstellung der Gleichmäßigkeit der Frischbetoneigenschaften stellten bei diesen Bauteilen die mehrfach im Raum gekrümmten Oberflächen und das Einfüllen des Betons eine besondere Herausforderung dar. Die Schalung musste ausreichend steif sein, um auch den Frischbetondruck beim Eindringen des SVB von unten in die Stahlstreben aufnehmen zu können. Die Formgebung war nur mit Methoden des Modellbaus möglich.

Das Füllen der Schalung wurde im Vorfeld aufwändig simuliert, um die Lage der Betonier- und Entlüftungsöffnungen fest-



legen zu können. Die Vorbereitung der Betonage und die Betonage selbst erfolgten durch eine mit SVB erfahrene Spezialmannschaft des Bauunternehmens, die ausschließlich für die Betonage der beiden Pfeilerköpfe anreiste. Die gute Sichtbetonqualität des fertigen Bauteils lässt die außergewöhnliche geometrische Form gut zur Geltung kommen. Nur an den nahezu horizontalen Betonoberflächen sind lunkenförmige Poren vorhanden, die aus Luftansammlungen unter der horizontalen Schalungsflächen resultieren.

*Bild 2: Bewehrung des Pfeilerkopfes*

#### **Besondere qualitätssichernde Maßnahmen**

Die gegenseitige Beeinflussung von Ausgangsstoffen (wie Gesteinskörnung, Zement, Zusatzmittel, Zusatzstoffe), Herstellbedingungen (wie Mischintensität, Temperatur, Genauigkeit der Dosieranlagen) und Frischbetoneigenschaften (wie Fließfähigkeit, Viskosität, Verarbeitbarkeitsdauer) erfordert in der Produktion wie auch auf der Baustelle umfangreiche Maßnahmen, mit denen die geplanten Eigenschaften sichergestellt werden können. Die Betonrezeptur muss den vorhandenen Ausgangsstoffen angepasst werden. Erst nach dem Verarbeitungsversuch der Mischung unter Baustellen-

bedingungen kann die Eignung des SVB endgültig beurteilt werden. Dies unterscheidet SVB ganz wesentlich vom konventionellen Rüttelbeton. Die Betoniermannschaft kann die Festigkeit und Dichtheit des SVB nicht mehr durch Verdichten im Bauteil beeinflussen. Andererseits muss sie aber die Besonderheiten des frischen SVB gut kennen, die dem Bauteil sowie dem Einfüllvorgang angepasst sein müssen. Eine enge Zusammenarbeit und Abstimmung von Bauunternehmung und Betonhersteller ist erforderlich, die ungewöhnlich ist und nicht ganz zu den heute üblichen Vertragsverhältnissen passt. Dies betrifft insbesondere die Qualität der Sichtbetonoberfläche von SVB, die auch ein Resultat der Abstimmung von Bauteilform, Frischbetoneigenschaften, Einbauverfahren, Trennmittel und Schalhaut ist.

Die Festigkeit von SVB ist in der Regel höher als für den konventionellen Brückenbau erforderlich. Dies muss mit einer ausreichend groß dimensionierten oberflächennahen Netzbewehrung und gegebenenfalls weiteren Maßnahmen zur Aufnahme von Zwangsspannungen berücksichtigt werden. Auch sollten bei verformungsempfindlichen Bauteilen nicht Bemessungswerte der Norm herangezogen, sondern es sollten die tatsächlichen Festbetoneigenschaften wie Festigkeitsentwicklung, E-Modul, Zugfestigkeit, Kriechen und Schwinden des SVB bestimmt werden.

### Fazit

Die Vorteile von SVB können auch für den Brückenbau genutzt werden, allerdings nur dann, wenn den besonderen Anforderungen dieses Baustoffs entsprochen wird. Der technologische, planerische und wirtschaftliche Aufwand für die Herstellung und Verarbeitung von SVB ist im Vergleich zu konventionellem Rüttelbeton

sehr hoch. Besondere Kosten entstehen im Brückenbau durch die qualitätssichernden Maßnahmen im Vorfeld und beim Einbau, durch den Einsatz von qualifiziertem Personal, durch die Schalung, die Bewehrung und die höhere Festigkeit.

Der Einsatz von SVB verlangt eine umfassende Vorplanung. Auftraggeber und Tragwerksplaner sollten nicht nur die ausgezeichneten Eigenschaften von SVB kennen, sondern auch die Besonderheiten des Werkstoffs. Bauunternehmung und Betonherstellung müssen über ausreichende Erfahrungen mit SVB verfügen. SVB ist nicht für jedes Bauwerk im Zuge von Bundesfernstraßen geeignet.

Die zu erwartende hohe Ausführungsqualität, der Wegfall von Lärmbelastung und Vibrationen aus der Verdichtungsarbeit und das selbsttätige Entlüften während des Fließens des SVB über meterweite Strecken auch in schwer zugängliche Hohlräume sind wichtige Kriterien bei der Abwägung von Kosten und Nutzen.

## Durch Dick und Dünn Zerstörungsfreie Prüfung von Tunnelinnenschalen

Verkehrstunnel im Zuge von Bundesfernstraßen werden in der Regel in zweischaliger Bauweise ausgeführt. Ein wesentliches Qualitätsmerkmal dieser Bauweise stellt die Einhaltung der Sollstärke der Innenschale und damit die Vermeidung von Minderdicken im Bereich der Firste und von Dickensprüngen im Bereich der Fugen zwischen den einzelnen Blöcken dar. Es muss sichergestellt sein, dass die Bewehrung vollständig in Beton eingebettet ist und eine kraftschlüssige Verbindung zwischen Tunnelinnenschale und Gebirge vorhanden ist.

Bei der Herstellung des Tunnels wird nach dem Ausbruch des Felsgesteins Spritzbeton auf die Felswand als temporäre Sicherung aufgebracht. Zwischen der Tunnelinnenschale und der temporären Spritzbetonschale befindet sich eine Abdichtung. Wenn durch Wasserdruckbeanspruchung die Abdichtung auf die in Hohlräumen freiliegende Bewehrung oder auf mögliche vorhandene Versatzkanten an den Blockfugen gedrückt wird, können Beschädigungen an der Abdichtung entstehen. Im Rahmen der Bauüberwachung neu erstellter Verkehrstunnel im Zuge von Bundesfernstraßen ist deshalb die Dicke der Tunnelinnenschale unter Verwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren flächig zu überprüfen, wobei insbesondere der Firstbereich sowie der Bereich der Blockfugen zu untersuchen sind. Der Erfolg eventuell durchgeführter Mängelbeseitigungen ist durch Wiederholungsmessungen oder in Ausnahmefällen durch zerstörende Untersuchung zu überprüfen.

Die "Richtlinie für die Anwendung der zerstörungsfreien Prüfung von Tunnelinnenschalen" (RI-ZFP-TU) wurde im Jahre 2001 durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) veröffentlicht („Allgemeines Rundschreiben Straßenwesen Nr. 14/2001“) und an die Obersten Straßenbaubehörden der Länder zur Einführung übersandt. Die RI-ZFP-TU dient der Qualitätssicherung und Vereinheitlichung der Anwendung zerstörungsfreier Prüfverfahren bei der Dickenüberprüfung von Tunnelinnenschalen im Rahmen der Bauüberwachung. Der Erfolg von Maßnahmen zur Mängelbeseitigung, zum Beispiel Kontaktinjektionen, ist ebenfalls im Rahmen der Bauüberwachung zu überprüfen. Zum Einsatz kommen bei der Dickenüberprüfung in erster Linie Echo-Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung:

Impakt-Echo, Ultraschall-Echo und bei großmaschiger oder nicht vorhandener Bewehrung Radar-Impuls-Messverfahren.

Um die Qualität der Untersuchungsergebnisse sicherzustellen, dürfen mit der Durchführung der Messungen nur die durch die BASt anerkannten Firmen beauftragt werden. Art und Umfang der Anerkennung, Geräte, Qualifikation des Personals und die Messung an einem Probekörper sind in der RI-ZFP-TU festgelegt.

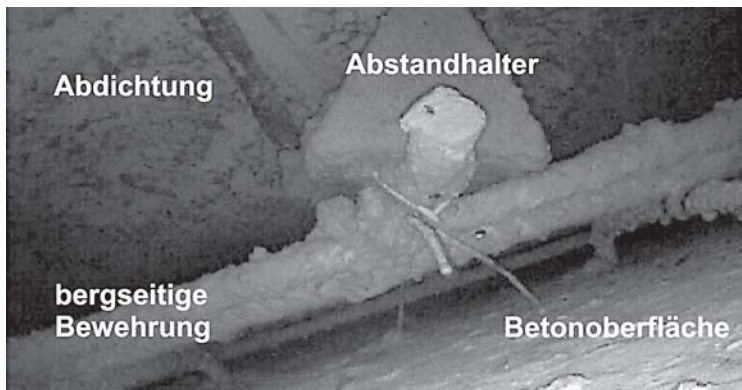
### Untersuchung und Ergebnisse

Im Rahmen von Voruntersuchungen konnte bei der in situ durchgeführten Dickenüberprüfung in einzelnen Fällen der Erfolg von Injektionen zur Mängelbeseitigung durch zerstörungsfreie Prüfung nicht nachgewiesen werden. Die betroffenen Stellen mussten zusätzlich angebohrt und mittels Endoskopie untersucht werden.

Ziel eines Projektes war es nun, Kriterien für den Einsatz der zerstörungsfreien Prüfverfahren zum Nachweis des Erfolges von Injektionsmaßnahmen zur Mängelbeseitigung bei Minderdicken von Tunnelinnenschalen festzulegen. Mehrere Firmen, die die Anerkennung besitzen, nahmen an den Messungen teil.

Mit den messtechnischen Untersuchungen sollte nachgewiesen werden, unter welchen Voraussetzungen eine durchgeführte Injektion mit den Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung nachgewiesen werden kann. Im ersten Messdurchlauf - vor der Injektion - wurde nachgewiesen, dass die Messwerte der Impakt-Echo-Messverfahren der einzelnen Messteams untereinander sehr gut vergleichbar und reproduzierbar sind. Gleiches gilt auch für die Ultraschall-Echo-Messverfahren. Im Bereich der Hohlstelle des Blockes 136 konnte das verpresste Injektionsgut

bei der Wiederholungsmessung nicht nachgewiesen werden. An der Hohlstelle wurde deshalb eine Kernbohrung durchgeführt. Am Bohrkern war deutlich zu erkennen, dass am Übergang Beton-Tunnelinnenschale zum Injektionsgut kein fester Verbund vorhanden war. An diesem Übergang werden die Körperschallwellen reflektiert. Das vorhandene Injektionsgut konnte mit den Messverfahren der zerstörungsfreien Prüfung nicht nachgewiesen werden.



*Videoscope-Aufnahme durch den Firstspaltinjektionsstutzen*

Es ist deshalb weiterer Forschungsbedarf notwendig um zu klären, ob es möglich ist, das Injektionsgut so zu verarbeiten und einzubringen, dass ein fester Verbund zwischen dem Tunnelinnenschalen-Beton und dem Injektionsgut gewährleistet werden kann. Hierzu sollten Probekörper erstellt werden mit unterschiedlichen Einbaubedingungen, etwa mit rauer und glatter Oberfläche, mit unterschiedlichem Injektionsgut, mit und ohne vorherigem Befeuchten der Oberfläche des Probekörpers.

Weiterhin erscheint es sinnvoll, weitere Untersuchungen an neu erstellten Tunnelbauwerken durchzuführen, um die noch offenen Fragen bezüglich des Verbundes zu klären. Darüber hinaus sind zusätzliche Detailinformationen über Art und Weise des Einbaus des Injektionsgutes erforderlich, um diese dann abschließend beurteilen zu können.

Es hat sich darüber hinaus als sinnvoll erwiesen, flächige Aufmaße durchzuführen, beispielsweise Tunnel-Laserscanner-Abstandsmessungen, um mit Hilfe dieser Messdaten die Berechnung der erwarteten Mindestdicke der Tunnelinnenschale durchführen zu können. Ein Vergleich dieser Messungen mit den Messwerten der zerstörungsfreien Prüfungen wird in vielen Fällen dazu beitragen, eine zerstörende Untersuchung, also eine Kernbohrung, zu vermeiden.

Mit den bereits durchgeführten Messungen wurden wesentliche Aspekte und Empfehlungen gewonnen, die im Umgang mit den zerstörungsfreien Prüfmethoden zur Dickenbestimmung von Tunnelinnenschalen zu beachten sind. Diese Erkenntnisse werden bei künftigen Projekten berücksichtigt und in die Fortschreibung der Regelwerke einfließen.

## Auf dem Weg nach Europa

### Europäische Normung im Straßenbetriebsdienst

Der barrierefreie Handel mit Produkten und Dienstleistungen zwischen den einzelnen Mitgliedstaaten stellt ein politisches Hauptziel der Europäischen Union dar. Dieser freie Handel wird noch häufig durch nationale Regelwerke in den einzelnen Mitgliedsländern der EU eingeschränkt.

Das Europäische Komitee für Normung (CEN) als Vereinigung nationaler Normungsgremien Europas hat die Aufgabe, europäische Normen zu schaffen. Sie sollen die Vielzahl der nationalen Normen ersetzen.

Erste Europäische Normen auf dem Gebiet des Straßenbetriebsdienstes entstanden zu Fragen der Sicherheit bei den ein-



gesetzten Maschinen. Sie beinhalten umfassende Sicherheitsanforderungen für

- Maschinen zur Straßenreinigung (EN 13019),
- Maschinen für den Winterdienst (EN 13021) und
- Maschinen für den Straßenbetrieb (EN 13524, ohne Maschinen für die Straßenreinigung und den Winterdienst).

Diese Normen haben in Deutschland die nationale Regelwerke etwa der deutschen Unfallkassen (GUV-Regeln) abgelöst.

Eigens für die Normung der technischen Ausstattung des Straßenbetriebsdienstes entstand 2002 ein neues Technisches Komitee (TC 337). Dieses TC hat vier Untergruppen (Working Group, WG) gebildet, die auf verschiedene Bereiche des Straßenbetriebsdienstes normierend tätig sind:

- WG 1 für die Ausstattung des Winterdienstes,
- WG 2 für die Ausstattung des Straßenbetriebsdienstes,
- WG 3 für Schnittstellen zwischen Fahrzeugen und Maschinen,
- WG 4 für die Ausstattung der Straßenreinigung.

Eine Aufgabe der WG 1, 2 und 4 besteht zunächst im Finden eines einheitlichen Vokabulars bei der Bezeichnung von Produkten, Produktdetails und Technologien. Weitere Normen sollen Anforderungen an Produkte und Prüfverfahren für den Nachweis dieser Anforderungen beinhalten.

Für den Winterdienst (WG 1) sind erste Entwürfe von Anforderungsnormen für Schneepflüge, Streumaschinen sowie Straßenzustands- und Wetterinformationssysteme entstanden. Normen für die Prüfung der Anforderungen sollen folgen. In der WG 2 sind erste Normentwürfe für Maschinen zum Mähen von Gras und

zum Schneiden von Hecken oder Bäumen im Straßenraum erarbeitet worden. Neben dem Vokabular beschreiben sie auch Verfahren für die Prüfung der Kinematik einer Mähmaschine und deren Leistungsbedarfs.

Ein Normentwurf für Ölbindemittel zum Einsatz bei der Straßenreinigung ist ebenfalls fertiggestellt.

In den fertigen Normentwürfen der WG 3 sind Festlegungen zur Austauschbarkeit und Leistungsanforderungen für folgende Schnittstellen zwischen dem Trägerfahrzeug und den benötigten Maschinen dargestellt:

- mechanische Schnittstellen an Fahrzeugen für frontangebaute Maschinen (Frontanbauplatte),
- hydraulische Antriebe,
- mechanische Zapfwellen,
- elektrische Anschlüsse.

Weitere Normen der WG 3 sollen die Datenerfassung in Fahrzeug und Maschine sowie die Datenübertragung vom Fahrzeug zur Maschine beschreiben.

Mit diesen Normen werden Regelwerke geschaffen, die sowohl dem Hersteller als auch den Anwendern und hier vor allem den Straßenbauverwaltungen helfen sollen, die Abwicklung von Ein- und Verkauf der behandelten Produkte wesentlich zu vereinfachen.

Die Bundesanstalt für Straßenwesen bringt bei den Normungsarbeiten auf diesem Gebiet ihre umfangreichen Erfahrungen ein.

## Straßenverkehr - ein Umweltthema

Der Straßenverkehr belastet die natürliche Umwelt. Daher müssen Art und Umfang dieser Belastungen möglichst genau festgestellt werden. Wenn sie nicht vermieden werden können, müssen sie verringert werden. Abgase, Feinstaub, Reifenabrieb und vor allem Verkehrslärm sind Themengebiete, mit denen die BASt ständig zu tun hat. Die verkehrsbedingten Emissionen sind zu hoch, aber es sind auch, gerade unter dem Gesichtspunkt des Klimawandels, deutliche Erfolge in den letzten Jahren erzielt worden. Wenn man sich vor Augen hält, dass noch vor zwanzig Jahren praktisch niemand den Begriff "Partikelfilter" kannte oder benutzte und heute die Automobilwerbung ohne ihn nicht mehr auskommt, erkennt man den Wandel. Umweltschutz ist kein Luxus, er ist lebensnotwendig und ein Stück Zukunftssicherung. Die BASt forscht auf verschiedenen Gebieten daran, dass Mobilität so umweltgerecht wie möglich gestaltet wird. Dazu gehört auch, das Auto einmal stehen zu lassen und mit Bus oder Fahrrad zu fahren, womit sich die Verkehrserziehung beschäftigt.

### Immer schön flüssig bleiben

#### Umfelddatenerfassung in Streckenbeeinflussungsanlagen

Zähflüssiger Verkehr, Staus und das daraus gestiegene Unfallrisiko stellen auf den hoch belasteten Strecken des deutschen Autobahnnetzes immer häufiger den Normalzustand dar. Ein Weg zur

Erhöhung der Verkehrssicherheit und der Verbesserung des Verkehrsablaufs ist der Bau von Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA), die den Verkehrsablauf durch Wechselverkehrszeichen steuern und hierdurch auf alle Verkehrsteilnehmer einwirken.

Zu den VBA gehören die Streckenbeeinflussungsanlagen (SBA). Ein wesentliches Ziel von SBA ist die Erhöhung der Verkehrssicherheit durch schnelle und angemessene Warnungen und Verkehrsregelungen, die den aktuellen Verkehrs- und Umfeldbedingungen angepasst sind. Dabei ist nicht nur die Erfassung des Verkehrsflusses, sondern auch der Umfelddaten von entscheidender Bedeutung, um Akzeptanz der daraus resultierenden Regelungen beim Verkehrsteilnehmer zu erreichen und die angestrebte Senkung der Unfallzahlen zu erzielen.

Fahrbahnässe oder Niederschlag wirken sich in zweierlei Hinsicht negativ auf die Verkehrssicherheit aus: Zum einen wird durch die Nässe auf der Fahrbahn der Kraftschluss zwischen Reifen und Fahrbahn verringert, wodurch der Bremsweg erhöht und die aufnehmbaren Radialkräfte bei Kurvenfahrten reduziert werden; zum anderen wird durch Niederschlag und Sprühfahnenbildung die Sicht des Kraftfahrers beeinträchtigt. Diesen negativen Einflüssen wird durch die Reduktion der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und einer eventuellen Anzeige von Warnhinweisen auf den Wechselverkehrszeichen Rechnung getragen.

Bei eingeschränkter Sicht infolge von Nebel, Sprühfahnen oder Schneetreiben entstehen Gefahren, weil Hindernisse bei hoher Geschwindigkeit nicht rechtzeitig erkannt werden. Die Wahrnehmung von möglichen Gefahrensituationen verzögert

sich und es kommt zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit von Auffahrunfällen. Eine Verkehrssteuerung muss in diesem Falle so eingreifen, dass der Anhalteweg (Reaktionsweg und Bremsweg) eines Fahrzeuges durch Geschwindigkeitsreduktion und entsprechende Warnung die vorhandene Sichtweite nicht überschreitet, um ein Auffahren auf "plötzlich" erkennbare Hindernisse zu vermeiden. Aufgrund der Tatsache, dass die Akzeptanz der Schaltungen durch die Verkehrsteilnehmer in hohem Maße von der Glaubwürdigkeit der Anzeige abhängt, ist eine hohe Qualität der Messergebnisse dringend anzustreben.

Systeme zur Umfelddatenerfassung für Streckenbeeinflussungsanlagen wurden bisher in Deutschland nicht systematisch und vergleichend auf ihre Qualität untersucht; vielmehr wurden an verschiedenen Stellen, meist von den Betreibern von SBA, Einzellösungen zur Überprüfung der Sensorqualität entwickelt und angewandt. Sehr häufig wurden Fehler bei der Umfelddatenerfassung nicht rechtzeitig erkannt.

Die Erfassung von Umfelddaten (Regen, Schnee, Nebel) sowie von witterungsbedingten Fahrbahnzuständen (Nässe, Glätte) ist eine komplexe Aufgabe, da die gewünschten Analysen oft nicht durch einzelnen Messgrößen repräsentiert werden, sondern durch Verknüpfung einer Vielzahl von Daten und über Entwicklungstendenzen. Da die Witterungsereignisse räumlich und zeitlich nicht planbare Ereignisse sind, muss die vergleichende Bewertung von Messgeräten verschiedener Hersteller mit unterschiedlichen Techniken in einem Versuchsfeld einen längeren Zeitabschnitt umfassen, um statistisch signifikante Ergebnisse zu erzielen.

Hierfür wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtent-

wicklung (BMVBS) im Dezember 2003 an der BAB A9 das Testfeld für Umfelddatenerfassung "Garching Süd" eingerichtet. Aus betriebstechnischen Gründen wurde das Testfeld im August 2004 an die BAB A92 bei "Eching Ost" verlegt. Beteiligt sind neben der Bundesanstalt für Straßenwesen der AK 3.5.18 "Umfelddatenerfassungen in Streckenbeeinflussungsanlagen" der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, die Autobahndirektion Südbayern und der Lehrstuhl für Verkehrstechnik der TU München. Die Hersteller haben die Anforderungen und Bedürfnisse der Betreiber hinsichtlich der Verbesserung der Umfelddatensensorik für den Einsatz in SBA aufgenommen und die Möglichkeiten des



Testfeld an der BAB A92

Testfeldes, auch für die Verbesserung ihrer Produkte, erkannt. Sie unterstützen daher die Aktivitäten durch die Bereitstellung von Sensoren und Systemen.

Im Testfeld werden Systeme zur Umfelddatenerfassung unterschiedlicher Hersteller unter gleichen und realen Bedingungen an der Strecke untersucht und verglichen. Dadurch können zum einen die Erfassungssysteme (Hardware und Software) verbessert werden, zum anderen sollen die Erfassungssysteme bezüglich ihrer Eignung für den Einsatz in SBA eingestuft werden. Durch diese Vorgehens-

weise können realistische Anforderungen an die Sensorik für Ausschreibung, Abnahme und Betrieb von SBA abgeleitet werden. Den Herstellern bietet das Testfeld auch die Möglichkeit des Vergleiches der eigenen Systeme mit Systemen anderer Hersteller, mit Referenzmessungen und Beobachtungen. Durch den Erkenntnisgewinn ergibt sich die Möglichkeit der Verbesserung, Weiterentwicklung und Neuentwicklung von Sensoren. Im Testfeld sind von Herstellern Prüfsysteme für Niederschlagsintensität (NI), Niederschlagsart, Fahrbahnzustand, Wasserfilmdicke (WFD), Lufttemperatur, Taupunkttemperatur, Fahrbahntemperatur, Tiefentemperaturen, Gefriertemperatur, relative Luftfeuchte, Sichtweite (SW), Windrichtung, Windgeschwindigkeiten und Restsalzgehalt installiert. Geprüft werden hierbei die Verfügbarkeit der Prüfsysteme, die Messgenauigkeit sowie die Reaktionszeit bis zum Erkennen von Umfeldereignissen.

Diese Auswertungen werden durch Referenzmessungen im Testfeld gestützt. Ein wesentlicher Bestandteil des Testfeldes sind zwei Webcams zur kontinuierlichen Beobachtung der Vorkommnisse. Anhand der Bilder können sowohl Auswertungen durchgeführt als auch die Vorgänge im Testfeld lückenlos dokumentiert werden.

Während der bisherigen Projektlaufzeit konnten bereits neue und verbesserte Komponenten für den Einsatz in SBA getestet werden. Diverse Entwicklungen während der bisherigen Projektlaufzeit haben verdeutlicht, dass eine Verlängerung des Testbetriebs sinnvoll und für die Bauverwaltungen wünschenswert ist.

## Klare Brühe bitte

### Reinigungswirkung verschiedener Entwässerungsverfahren an Außerortsstraßen

Die Regelentwässerung für Außerortsstraßen ist die freie Entwässerung über Bankett und Mulde. Wenn das wegen der Lage der Straße in Wasserschutzgebieten, in Einschnitten oder auf Brücken nicht sinnvoll oder möglich ist, werden gesonderte Reinigungsanlagen für das Straßenablaufwasser gebaut. Zunehmend häufiger scheint aber auch die Einschätzung zu sein, dass das Sammeln und Reinigen des Straßenabflusses in eigens dafür gebauten Anlagen zu einer besseren Reinigung als bei breitflächiger Entwässerung führen würde. So werden zur Reduzierung der Wirkung von Straßenablaufwasser auf Grundwasser und Oberflächenwasser solche meist verhältnismäßig flächen- und ressourcenbeanspruchenden Anlagen oft auch bei normalem Straßenverlauf gefordert. Bisher sind jedoch keine vergleichenden Untersuchungen zum Schadstoffrückhalt durch verschiedene Reinigungsmöglichkeiten an Außerortsstraßen anhand von Freilandmessungen bekannt.

Straßenabflusswasser hat im Vergleich zu Niederschlagswasser erhöhte Konzentrationen an Schwermetallen, Taustoffen

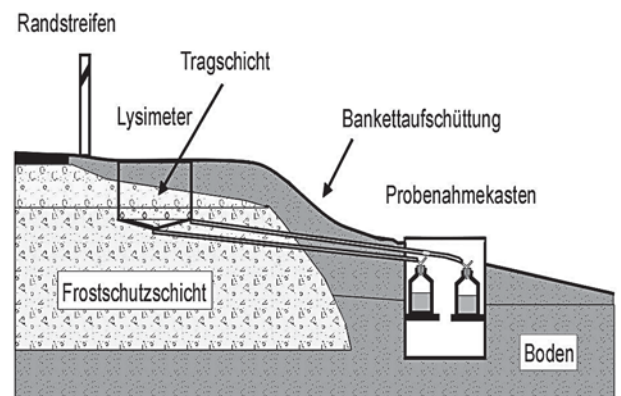


Bild 1: Schematische Darstellung der Sickerwasserprobenahme im Bankett

(NaCl, CaCl<sub>2</sub>) und organischen Stoffen wie polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW). Diese Stoffe werden durch Straßenabfluss, Spritzwasser oder luftgetragen zum angrenzenden Bankett und auf die Böschung transportiert. Dabei liefern die mit dem Straßenabfluss transportierten Stoffe meistens den höchsten Anteil am Stoffeintrag. Der Straßenabfluss stark befahrener Straßen kann, wenn er gesammelt und ungereinigt in Oberflächen-gewässer abgeleitet wird, die Ursache relevanter Gewässerbelastung sein. Daher wurde anhand von Daten aus mehreren Forschungsprojekten die Reinigungsleistung durch zwei Typen von Entwässerungsbecken mit der Perkolation durch zwei Gruppen von Böden verglichen.

Ein Teil der untersuchten Böden ist lehmig und kalkhaltig, der andere sandig und kalkfrei mit relativ niedrigen pH-Werten (Mittelwert 5.6). Eines der Entwässerungsbecken ist ein Betonbecken, das andere ein gedichtetes Erdbecken mit vorgeschaltetem Absetzbecken. Die Verkehrsstärken der untersuchten Straßenstandorte lagen zwischen 15.000 und 90.000, meist zwischen 50.000 und 70.000 Kraftfahrzeuge pro 24 Stunden. Der Eintrag und Austrag von Schwermetallen, MKW und PAK wurden in den Straßenrandböden mit Saugkerzen, in Bankettlysimetern (Bild 1) und in den Zu- und Abläufen der Entwässerungsbecken bestimmt. Der Stoffrückhalt wurde für jede Reinigungsmöglichkeit berechnet und verglichen.

Die Bilder 2 und 3 zeigen vergleichend den Fracht-Wirkungsgrad der verschiedenen Verfahren für die untersuchten Schadstoffe. Es zeigt sich, dass sogar an Standorten mit sandigen, kalkfreien Böden mit niedrigen pH-Werten die breitflächige Versickerung über das Bankett effektiver für den Rückhalt der Schwer-

metalle Blei, Cadmium und Zink ist als die Reinigung in beiden Beckentypen. Das gilt sowohl für die Konzentrationsbereiche der Zu- und Abläufe als auch für die Frachten dieser Stoffe (Bild 2). Für Kupfer ist dagegen die Reinigungsleistung des Erdbeckens höher als die der Bodenpassage, insbesondere verglichen mit der Passage durch die kalkfreien Sandböden (Bild 2).

Bild 2: Vergleich der Fracht-Wirkungsgrade - Rückhalt von Schwermetallen in Böden und Entwässerungsbecken

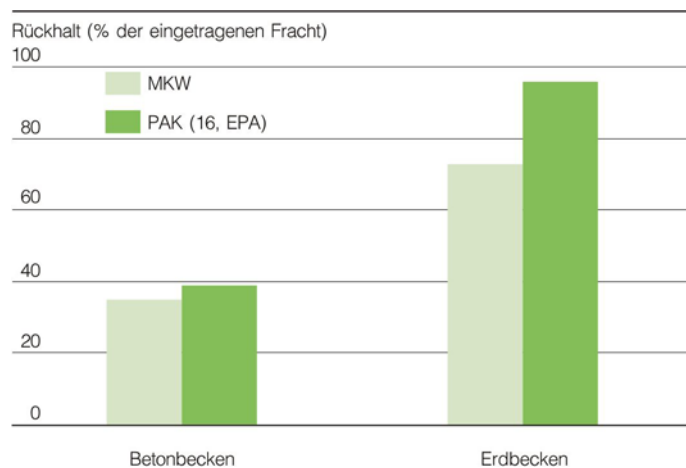
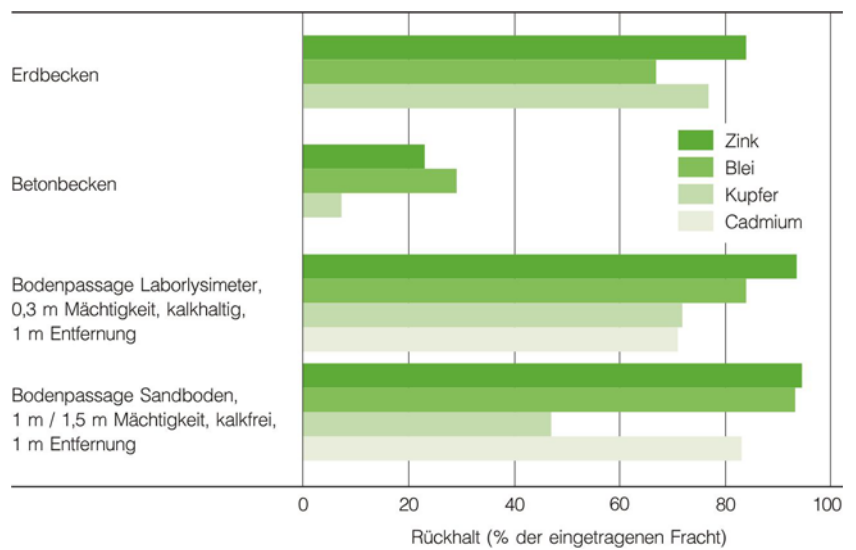


Bild 3: Vergleich der Fracht-Wirkungsgrade - Rückhalt von MKW und PAK in den zwei Entwässerungsbecken

Für die organischen Schadstoffe ist das Ergebnis vergleichbar – die Konzentrationen von MKW und PAK werden ebenfalls durch die Bodenpassage am besten abgesenkt, im Erdbecken jedoch fast ebensogut. Zum Vergleich der Fracht-wirkungsgrade waren für die Bodenpassage nicht genug Daten verfügbar, so

dass nur die deutlich höhere Rückhaltefähigkeit des Erdbeckens für MKW und PAK gegenüber dem Betonbecken hervorgehoben werden kann (Bild 3). Das Betonbecken wies für alle Stoffe einen geringeren Rückhalt auf, weil während des Versuchszeitraumes durch zwei Starkregenereignisse die vorher abgelagerten Sedimente mobilisiert und ausgebracht wurden. Das ist eine Hauptursache für seinen geringen Wirkungsgrad in diesem Untersuchungszeitraum.

Die hier zusammengefassten Studien belegen, dass schon die oberen 30 cm eines bewachsenen, kalkhaltigen Banketts eine sehr hohe Reinigungsleistung erbringen, ebenso ein Bankett aus einer 1 m mächtigen Schicht aus kalkfreiem Sand mit bewachsenem humosem Oberboden. Die breitflächige Verteilung des Straßenabflusses über das Bankett und die Versickerung in Bankett und Böschung durch den bewachsenen Oberboden stellte sich als das wirksamste Reinigungsverfahren heraus, auch nach jahrzehntelanger Standzeit der Bankette. Diese Standardmethode zur Behandlung von Straßenablaufwasser ist in den meisten Ländern auch bei stark befahrenen Autobahnen gebräuchlich. Bankette und Böschungen dienen dabei nicht nur der Standfestigkeit des Straßenbauwerkes. Auch ihre Wirkung als hydraulischer Zwischenspeicher für den Straßenabfluss sowie als Filter- und Puffermedium für die eingetragenen Schadstoffe sollte mehr ins Bewusstsein rücken. Als Ergebnis des Rückhalts von Schwermetallen und organischen Schadstoffen stellen sich jedoch aus der Literatur gut bekannte Anreicherungen dieser Stoffe in den oberen Schichten von Bankett und straßennahen Böden ein. Im Bereich der obersten straßennahen Schichten kann es zu Überschreitungen der Vorgewerte der Bodenschutzverordnung kommen. Wenn solches Material aus dem

Zuständigkeitsbereich der Straßenbauverwaltung entfernt wird, muss es nach dem Bundesbodenschutzgesetz untersucht werden, und es müssen Vorgaben für die zukünftige Verwendung beachtet werden.

Für die Problematik der Ausräumung des Betonbeckens durch Starkregenereignisse muss eine Lösung gesucht werden. Durch die breitflächige Entwässerung über das Bankett oder den Bau von Erdbecken könnte diese Problematik vermieden werden. Dies ist aber in manchen Fällen aus Platzgründen nicht möglich. Deshalb wurde ein Forschungsvorhaben zur Optimierung der Bauform vergleichbarer Becken vergeben. Dort werden Möglichkeiten zur Verbesserung des Sedimentrückhaltes aufgezeigt.

### **Aus der Luft gegriffen** **Ergebnisse von Feinstaubmessungen an Bundesautobahnen**

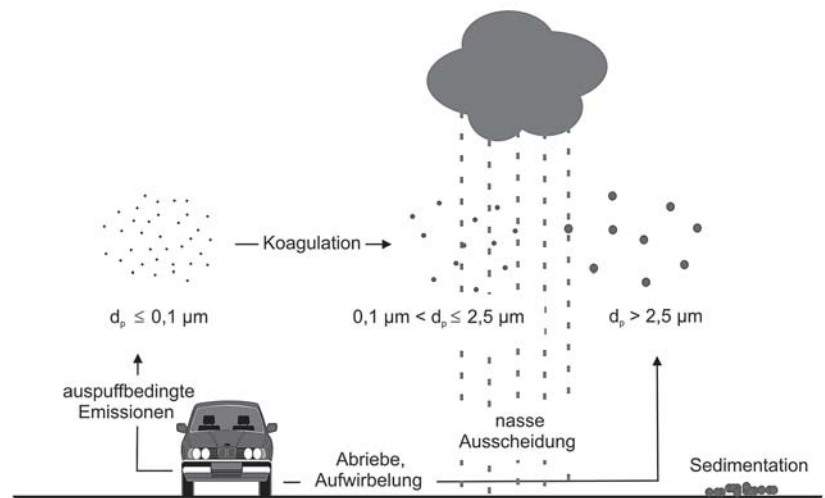
Unter Feinstaub, auch Schwebstaub genannt, werden allgemein Partikel mit einem Durchmesser kleiner  $10\mu\text{m}$  verstanden, die auch mit  $\text{PM}_{10}$  bezeichnet werden. Diese Partikel- oder Staubemissionen entstehen vorwiegend bei Verbrennungsvorgängen, durch mechanische Prozesse oder durch Aufwirbelung. Durch Staubbelastung kann die Sonneneinstrahlung in städtischen Gebieten gemindert werden und somit der Strahlungshaushalt der Erde und damit auch das Klima nachhaltig beeinflusst werden. Des Weiteren besitzen die feinen Partikel durch ihre Lungengängigkeit ein gesundheitliches Schadenspotenzial. Je kleiner die Partikel sind, desto tiefer können sie in die Atemwege vordringen.

Neben natürlichen Stäuben wie Seesalzaerosolen, Saharastaub, Pollen und Pilzsporen werden Stäube emittiert, die bei

Industrieprozessen wie dem Umschlag von Schüttgütern oder der Emission aus Fabrikschlotten, in der Landwirtschaft sowie im Straßenverkehr durch Emissionen des Motors, Abrießen von Reifen, Kupplung, Bremsen und Fahrbahn sowie Aufwirbelung von deponiertem Material entstehen.

Verkehrsbedingt unterscheidet man zwischen Partikeln, die bei Verbrennungsprozessen im Fahrzeugmotor entstehen, und den nicht motorbedingten Partikeln durch Abrieb und Aufwirbelung. Bei den motorbedingten Partikeln ruft nicht nur der Betrieb von Dieselfahrzeugen Feinstaubemissionen hervor, auch bei direkt einspritzenden Pkw werden solche freigesetzt. Jedoch gehen von Dieselfahrzeugen die höheren Partikelmengen aus. Nicht motorbedingte Partikel setzen sich zusammen aus Abrießen von Bremsen, Reifen, Kupplung und Fahrbahn, durch Eintrag von außen aus natürlichen (etwa Mineralstaub) und anthropogenen (beispielsweise Industrie) Quellen sowie durch Wiederaufwirbelung des schon deponierten Materials. Bisher zeigen Studien, dass der Anteil der nicht motorbedingten Partikel an den Gesamt-PM<sub>10</sub> im flüssigen Verkehr etwa in der Größenordnung der motorbedingten Partikel liegt. Durch Brems- und Anfahrvorgänge werden aber sehr viel mehr Partikel abgerieben oder wieder aufgewirbelt, so dass beispielsweise an Lichtsignalanlagen sehr viel mehr Partikel emittiert werden als im fließenden Verkehr.

Es ist außerdem zu beobachten, dass die PM<sub>10</sub>-Belastung in großem Maße überregional von meteorologischen Parametern beeinflusst wird. Insbesondere bei Inversionswetterlagen treten aufgrund fehlender Austauschprozesse zwischen den unteren und oberen Luftschichten Episoden mit stark erhöhten PM<sub>10</sub>-Werten auf. Hierbei kehrt sich der in der Tropo-



sphäre übliche Temperaturverlauf um, bei dem mit zunehmender Höhe die Temperatur abnimmt. Diese Schichtung führt dazu, dass ein Luftaustausch vertikal nicht stattfinden kann und sich an der Unterseite der oberen warmen Schicht Schadstoffe ansammeln. Diese Inversionswetterlagen sind überwiegend in den Wintermonaten zu beobachten und können in Ballungsgebieten und Großstädten zu einer stetigen Zunahme der Partikelbelastung und damit zu starken Überschreitungen der Grenzwerte führen.

Bild 1: Schematische Darstellung verkehrsbedingter Feinstäube

### Partikelsenken

Die Lebensdauer von Partikeln in der Nähe der Erdoberfläche wird durch ihren Durchmesser und dem daraus resultierenden Mechanismus ihrer Deposition bestimmt. Man unterscheidet hierbei zwischen Koagulation, nasser Ausscheidung (etwa durch Regen) und Sedimentation.

Die Ultrafeinpartikel im Größenbereich kleiner 0,1 µm verbinden sich bevorzugt miteinander zu größeren Teilchen. Dieser Vorgang geschieht je nach Konzentration und Randbedingungen innerhalb von Bruchteilen von Sekunden bis zu Stunden. Die Lebensdauer der Partikel im Größenbereich zwischen 0,1 µm und 2,5 µm kann bis zu mehrere Wochen be-

tragen, während derer sie sehr weite Strecken (bis zu mehreren 1.000 km) zurücklegen können. Sie werden hauptsächlich durch Wolkenbildung und Regen aus der Atmosphäre ausgewaschen, können aber auch trocken deponiert werden. Die Partikel größer  $2,5 \mu\text{m}$  unterliegen zum größten Teil einer Sedimentation (Bild 1).

### Entwicklung der Partikelbelastung an BAB

Die BAST unterhält zur Zeit an zwei Bundesautobahnen Messstationen zur Aufnahme von Partikelbelastungen. Ein Standort befindet sich an der BAB A4 direkt neben dem Gelände der BAST, der zweite an der BAB A61 südlich von Meckenheim. Sie unterscheiden sich bei

Des Weiteren wird ein Tagesmittelgrenzwert von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gefordert, der lediglich an 35 Tagen pro Kalenderjahr überschritten werden darf. In Bild 2 sind die Überschreitungshäufigkeiten im jeweiligen Kalenderjahr an beiden Standorten dargestellt. Die Anzahl der Überschreitungstage liegt zwischen sieben und 18 Tagen pro Jahr. Die maximalen Tagesmittelwerte liegen dabei zwischen  $60,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $88,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Der  $\text{PM}_{10}$ -Jahresmittelgrenzwert konnte also an beiden BAB-Standorten eingehalten werden; der Tagesmittelgrenzwert wurde zwar jeweils überschritten, jedoch lag die Überschreitungshäufigkeit immer unter der maximal zulässigen Anzahl von 35 Tagen pro Kalenderjahr.

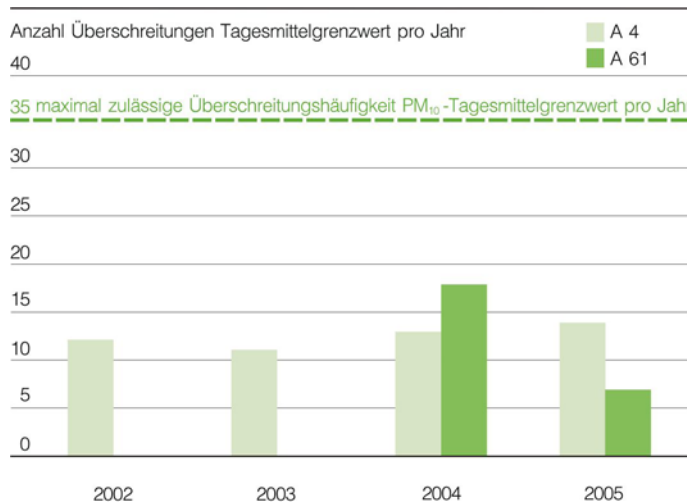


Bild 2: Anzahl der Überschreitungen des  $\text{PM}_{10}$ -Tagesmittelgrenzwertes an der BAB A4 und BAB A61

einem ähnlich hohen DTV insbesondere in ihrem Schwerverkehranteil. An der BAB A4 wurden die Messungen im Jahr 2002 begonnen, die Daten an der BAB A61 werden seit 2004 aufgenommen.

Der von der EU seit dem 01.01.2005 vorgegebene  $\text{PM}_{10}$ -Jahresmittelgrenzwert beträgt  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . An den beiden betrachteten Standorten liegen die Jahresmittelwerte der  $\text{PM}_{10}$ -Belastung in den Jahren der Messwertaufnahme durchgehend bei etwa  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## Wer die Nachtigall stört Verkehrslärm und Vogelschutz

In Zulassungsverfahren bei Verkehrsprojekten spielen die Auswirkungen verkehrsbedingten Lärms eine zunehmend entscheidende Rolle. Insbesondere löst auch eine im Rahmen der FFH-Verträglichkeitsprüfung (FFH = Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie der EU) prognostizierte Erheblichkeit der nachteiligen Auswirkungen auf Vogelgemeinschaften strenge Rechtsfolgen aus. Die aktuell vorhandene Basis für fachlich abgesicherte Prognosen der Auswirkungen des verkehrsbedingten Lärms auf Vögel ist jedoch nicht hinreichend tragfähig. Artsspezifische Schwellen der Lärmempfindlichkeit liegen bisher nur in Einzelfällen vor. Derzeit wird eine Fachkonvention zur Ermittlung der Lärmbetroffenheit von Vögeln angewendet, die auf niederländischen Untersuchungen aus den 90er Jahren basiert. Sie weist einen pauschalen Schwellenwert von 47 dB(A) aus. Diesem Schwellenwert liegt ein niederländisches Berechnungsverfahren



ren zur Ermittlung der Schalleinwirkungen zugrunde, das sich von dem deutschen Verfahren, den RLS-90 (Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen, Ausgabe 1990) unterscheidet. Nach dem niederländischen Verfahren liegt die für die Bewertung der Erheblichkeit maßgebliche 47 dB(A)-Isophone erheblich näher an der Straße, als nach dem für Planungen in Deutschland verbindlichen Verfahren. In der Folge werden derzeit im Verkehrswegebau große Flächen als erheblich von Lärm beeinträchtigt eingestuft, und sie gelten damit als ungeeigneter Lebensraum für Vögel.

Mit den Erkenntnissen aus dem vom BMVBS in Auftrag gegebenen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben "Verkehrslärm und Avifauna" sollen bestehende Wissenslücken über die artspezifische Sensibilität gegenüber verkehrsbedingten Lärmimmissionen geschlossen werden. Es soll untersucht werden, unter welchen Bedingungen oder innerhalb welcher Distanzen von Bundesfernstraßen oder Eisenbahnlinien Vögel in ihrem Balz-, Brut- und Aufzuchtverhalten erheblich beeinträchtigt werden.

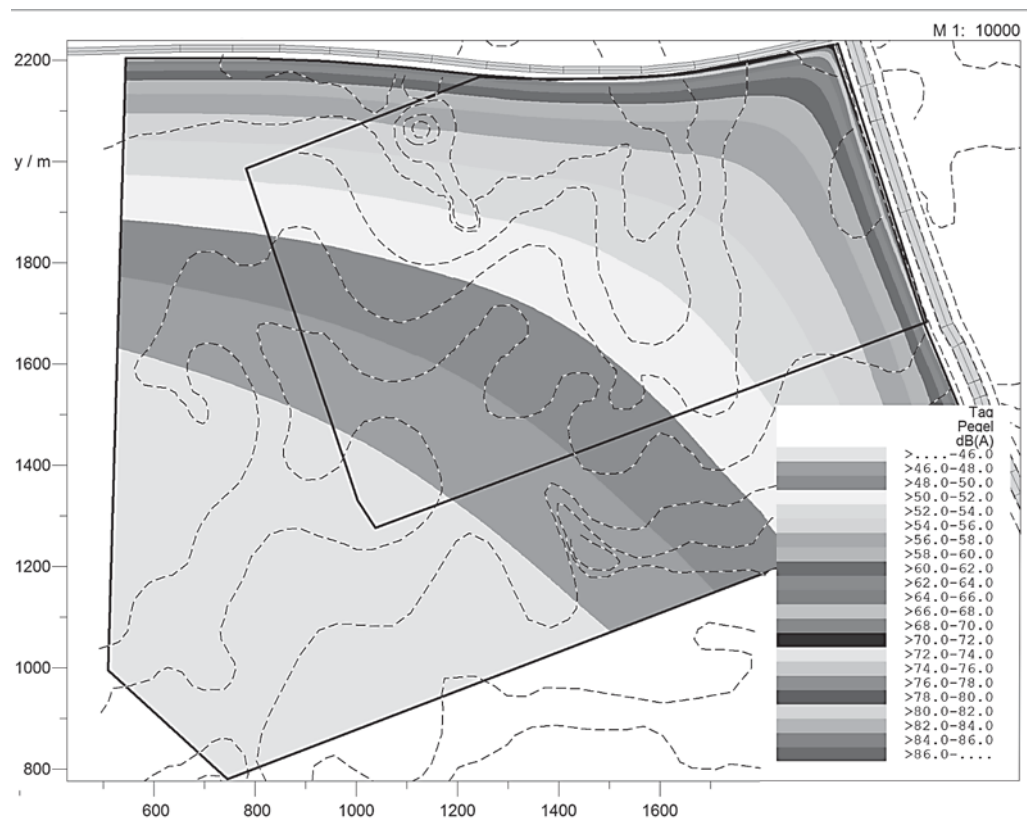
Die einzelnen Vogelarten sind zur Erfüllung ihrer "Daseinsgrundfunktionen" auf bestimmte Landschaftselemente angewiesen, beispielsweise Ansitzwarten im Revier, Brutplatz, Aufzuchttraum der Jungvögel, Schlafplatz, sicheres Gebiet für die Mauser, Nahrungsraum der erwachsenen Tiere, Nahrungs- und Ruheplätze während des Zugs. Für möglichst viele Arten werden diese Mosaikteile ermittelt, die zusammengefügt die "Welt" einer einzelnen Vogelart bilden. In den verschiedenen Lebensphasen spielen die akustische Kommunikation zwischen Vögeln und die Notwendigkeit, Gefahrenquellen akustisch wahrzunehmen, eine unterschiedliche Rolle. So führen manche Vogelarten komplexe und unterschiedliche Balzgesänge

aus und verhalten sich während der Brutzeit ausgesprochen still. Bei manchen Arten sind die Jungvögel unmittelbar nach dem Verlassen des Nestes selbstständig, bei anderen muss der Kontakt mit den führenden Elterntieren während einer längeren Zeit aufrechterhalten werden, was häufig durch den Austausch leiser Rufe geschieht. Die Empfindlichkeit der Art gegenüber Lärm wird deshalb von der Bedeutung der akustischen Kommunikation in den verschiedenen Phasen ihres Lebenszyklus bestimmt.

Um den Einfluss des Verkehrslärms auf den Bruterfolg von Vögeln zu untersuchen, ist nicht nur die Dichte der Brutplätze in einer bestimmten Entfernung zur Straße relevant. Zusätzlich muss die Anzahl erfolgreich aufgezogener Jungvögel betrachtet werden. Aber schon bei der Ableitung einer Beziehung zwischen der Lärmimmission in einer bestimmten Entfernung zur Straße und der Anzahl der Nester stößt man auf erhebliche Schwierigkeiten. Denn es ist durchaus möglich, dass trotz einer als störend wahrgenommenen Lärmbelastung ein Habitat mit hoch attraktivem Nahrungsangebot (etwa eine straßennahe Hecke mit Massenbefall einer als Nahrung geeigneten Insektenart) von einem Brutpaar angenommen wird. Die Wahl eines Brutplatzes ist schließlich das Ergebnis einer Abwägung aller Vor- und Nachteile des Standorts im jeweiligen Jahr. Im Gelände lässt sich vermutlich nur der Bereich zuverlässig abgrenzen, in dem der Lärm so unerträglich ist, dass dort möglicherweise vorhandene Standortvorteile nicht überwiegen können.

Über diesen Bereich hinaus stellt das Kriterium der Siedlungsdichte weder bei Vögeln noch bei Menschen einen geeigneten Indikator für den Beeinträchtigungsgrad durch Lärm dar. Dies liegt im

Lärmimmissionsbänder im  
Brutgebiet von Vögeln



Wesentlichen daran, dass sich Vögel wie Menschen für bestimmte Standorte auch aus Gründen entscheiden, die mit dem Lärm nichts zu tun haben. Folglich besteht kein direkter kausaler Zusammenhang zwischen der Verteilung im Raum und dem Beeinträchtigungsgrad. Selbst wenn man mit Hilfe multifaktorieller Regressionen den Anteil der einzelnen zu berücksichtigenden Faktoren an der Entstehung des Verteilungsmusters berechnen würde, wäre aus diesem Ergebnis immer noch nicht abzuleiten, ob ein Vogel, der sich wegen attraktiver Habitatsstrukturen in Straßennähe ansiedelt, bei einem gegebenen Lärmpegel dort lediglich leicht gestört oder erheblich beeinträchtigt wird. Dennoch besteht die Möglichkeit, sich dieser Frage indirekt zu nähern, indem die spezifischen Ansprüche und Verhaltensweisen der Vogelarten analysiert werden. Auf dieser Grundlage wird ermittelt, wie schwerwiegend die Folgen der Lärmeinwirkung für eine gegebene Art sein können. Zu den

relevanten Kriterien gehören beispielsweise eine artspezifische Notwendigkeit, Beutetiere oder Feinde akustisch zu orten, der Austausch von leisen Rufen oder von Rufen, die aufgrund ihrer Frequenzen durch den Verkehrslärm besonders leicht maskiert werden. Hierfür stehen für die meisten europäischen Vogelarten Sonogramme zur Verfügung. Auf diese Weise werden sich die Vogelarten hinsichtlich ihrer zu vermutenden Lärmempfindlichkeit in verschiedene Gruppen einordnen lassen. An das obere Ende der Skala werden Arten gestellt, die aus mehreren entscheidenden Gründen darauf angewiesen sind, akustische Signale von geringer Intensität wahrzunehmen, zum Beispiel Eulen. An der unteren Grenze der Skala befinden sich Arten, für die sich keine Gründe für eine besondere Lärmempfindlichkeit erkennen lassen. Dieses bedeutet nicht, dass diese Arten als unempfindlich gegen Lärm eingestuft werden müssen. Es ist durchaus möglich, dass auch sie bei starker

Lärmeinwirkung eine Herabsetzung ihrer vitalen Funktionen erleiden können. Im Vergleich zu anderen Arten erscheint es jedoch plausibel, dass die Lärmbelastung in geringerem Maße mit ihren wesentlichen Bedürfnissen kollidiert.

Im Bild werden Lärmimmissionsbänder für eine Wiese dargestellt, die als Brutgebiet von Vögeln dient. Die Bänder stellen dar, wie sich der Lärmeintrag mit zunehmender Entfernung von den beiden Straßen verringert, die am oberen und unteren Bildrand liegen.

Die Ergebnisse sollen in fachlich und rechtlich abgesicherte Empfehlungen zur Durchführung der Wirkungsprognose in Umweltverträglichkeits-Prüfungen (UVP), Landschaftspflegerischen Begleitplanungen (LBP) und FFH-Vorprüfungen im Rahmen von Neu- und Ausbaumaßnahmen an Bundesfernstraßen und Bahnanlagen münden. Das im Februar 2005 begonnene Vorhaben wird voraussichtlich Anfang 2007 abgeschlossen.

## Was unten rauskommt

### Messung der Durchsickerung von Dämmen und Wällen

Zur Errichtung von Straßendämmen und Schutzwällen werden große Mengen an mineralischen Baustoffen benötigt. Dabei werden neben natürlichen Gesteinskörnungen und Böden auch andere Baustoffe wie rezyklierte oder industriell hergestellte Gesteinskörnungen eingesetzt. Die Böschungen von Straßendämmen und Schutzwällen werden vom Niederschlag- und Straßenabflusswasser in unterschiedlichem Maß durchsickert. In der BAST werden großmaßstäbliche Untersuchungen geplant und durchgeführt, um die Durchsickerung zu quantifizieren und das Schadstoffpotenzial des Sickerwassers zu bestimmen.

Bei den industriell hergestellten Gesteinskörnungen handelt es sich um Baustoffe, die beispielsweise bei der Gewinnung von Kohle und der Kohlefeuerung, der Metallherstellung oder bei der Verbrennung von Hausmüll entstehen. Nach europäischer Definition sind dies Gesteinskörnungen mineralischen Ursprungs, die industriell unter Einfluss thermischer oder sonstiger Prozesse entstanden sind. Rezyklierte Gesteinskörnungen sind Gesteinskörnungen, die durch Aufbereitung anorganischen Materials entstanden sind, das zuvor als Baustoff eingesetzt war. Es handelt sich hierbei in der Regel um aufbereitete Abbruchmassen aus Bauwerken.

Im Folgenden werden die rezyklierten und industriell hergestellten Gesteinskörnungen zusammengefasst als alternative Baustoffe bezeichnet. Da sich diese Ausführungen auch auf Böden beziehen, die bedingt durch ihre Herkunft und Vornutzung Schadstoffe und/oder Fremdbestandteile enthalten, beispielsweise aus einem innerstädtischen Baugrubenaushub, werden sie hier auch den alternativen Baustoffen zugeordnet.

Von Seiten des Umweltrechts werden die alternativen Baustoffe in der Regel den Abfällen zugeordnet. Nach dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz wird die Verwertung von Abfällen gefordert, sofern die Beseitigung nicht die umweltverträglichere Lösung darstellt. Die Verwertung muss ordnungsgemäß und schadlos erfolgen. Die schadlose Verwertung ist dabei eine zentrale Voraussetzung für die Erfüllung des Gesetzes. Eine Verwertung ist ordnungsgemäß und schadlos, wenn der Schutz von Boden und Grundwasser gewährleistet ist. Dazu ist der Eintrag an Schadstoffen in Boden und Gewässer durch das Sickerwasser so gering zu halten, dass keine Gefährdung der genannten Schutzgüter eintritt.

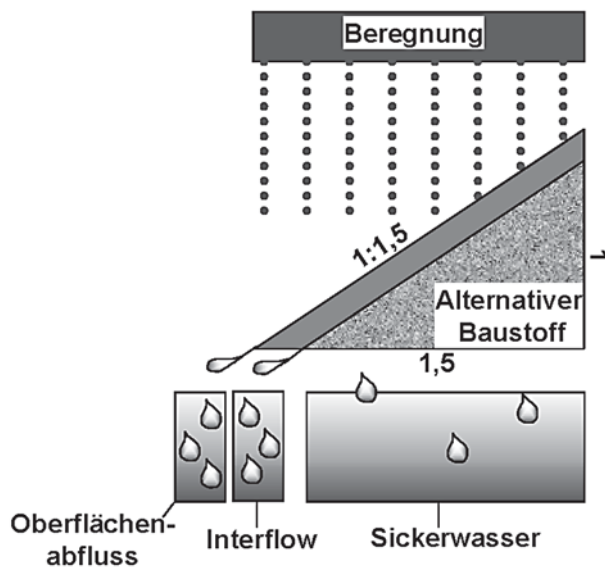


Bild 1: Schematischer Versuchsaufbau

Bei Verwendung von alternativen Baustoffen wird durch geeignete technische Sicherungsmaßnahmen gewährleistet, dass aus dem Baustoff über das Sickerwasser keine unzulässigen Mengen Schadstoffe in Boden und Gewässer gelangen. Dabei wird dafür gesorgt, dass der eingebaute alternative Baustoff nur noch in sehr geringem Maße von Wasser durchsickert oder aber die Schadstoffe im Baustoff durch Bindemittel gebunden werden können, damit sie nicht ausgetragen werden können. Die Sickerwassermengen und deren Verweildauer in dem Baustoff haben dabei neben anderen Faktoren einen wesentlichen Einfluss auf die Menge der ausgetragenen Schadstoffe. Aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen werden Böschungen von Straßendämmen und Schutzwällen möglichst steil ausgebildet. Im Straßenbau ist eine Regelböschungsneigung von 1 : 1,5 üblich. Um die dafür notwendige Stand-sicherheit zu gewährleisten und Eigen-setzungen zu vermindern, werden die Baustoffe gezielt verdichtet. In Dämmen und Wällen werden überwiegend Bau-stoffe eingesetzt, die nennenswerte An-teile feiner Bestandteile enthalten und bei entsprechender Verdichtung nur sehr wenig durchlässig sind. Aufgrund dieser

straßenbauspezifischen Verhältnisse ist die Versickerung in Böschungen geringer, als beispielsweise in naturnahen Berei-chen. Die Versickerungsraten hängen aber auch von der Intensität der Regen-ereignisse ab. Bei der Vielzahl der Ein-flüsse ist die Durchsickerung von Bö-schungen "teilgesättigter" Erddämme quantitativ nur schwer erfassbar. Zur Kali-brierung und Verifizierung von Rechen-modellen zur Bestimmung der Sicker-wasserraten sind großmaßstäbliche Untersuchungen erforderlich, beispiels-weise Lysimeteruntersuchungen.

#### Untersuchung

Von der BAST werden derzeit solche Ver-suche im Technikummaßstab vorbereitet. Hierbei sind insbesondere die Anteile an Oberflächenabfluss, Interflow (Abfluss in der Abdeckung) und an tatsächlich den Baustoff durchsickerndem Wasser zu be-stimmen (Bild 1).

Besonderer Wert wird darauf gelegt, die das Straßenbauwerk kennzeichnenden Bedingungen realitätsnah zu berücksich-tigen. Hierzu gehören die Regelböschungs-neigung von 1:1,5 und die Teilsättigung der Abdeckung und der Baustoffe. Aufgrund der steilen Neigung ist ein hoher Oberflächenabfluss zu erwarten. Die Teilsättigung der Baustoffe bedeutet, dass ein Boden-Luft-Wasser-System vor-liegt. Die im Boden vorhandenen Poren sind teils mit Wasser und teils mit Luft gefüllt. In diesem Drei-Phasen-Zustand ist die Wasserdurchlässigkeit der Baustoffe sehr viel geringer als im wassergesättigten Zustand. Die Fließgeschwindigkeit ist in-folge des geringeren Fließquerschnitts und der Oberflächenspannung des Wassers verlangsamt. Die maximale Fließgeschwindigkeit wird erst bei nahezu vollständiger Füllung der Poren mit Wasser erreicht. Ein ähnliches Phänomen ist bei einer Wanderung am Strand zu

beobachten. Fallen Wassertropfen auf den trockenen Sandboden, bilden sich Sand-Wasser-Luft-“Perlen”, und das Wasser versickert nicht. Im Auflaufbereich der Wellen mit voller Sättigung der Poren des Sandes kann man an der Färbung die zügige Versickerung des Wassers im Sand beobachten.

Bei den Versuchen ist zum einen die Verwendung von Lysimetern in einer Versuchshalle der BAST vorgesehen, bei denen zeitgerafft unterschiedliche Bauweisen und Baustoffe untersucht werden, zum anderen sind Versuche im Freiland geplant, durch die unter realitätsnahen Bedingungen die Bauweisen und Baustoffe erforscht werden sollen.

Das Ziel ist zu quantifizieren, wie wirksam die technischen Sicherungsmaßnahmen tatsächlich sind. Ein klassisches Abdichtungssystem als technische Sicherungsmaßnahme besteht aus einer dicken mineralischen Abdichtungsschicht, die zum Schutz vor Witterungseinflüssen und Durchwurzelung nochmals mit einer dicken Schicht aus Boden geschützt werden muss. Wird dagegen der alternative Baustoff selbst stark verdichtet, so dass Wasser kaum in ihn eindringen kann, und wird zusätzlich dafür gesorgt, dass über dem verdichteten Baustoff das Wasser gut abfließen kann (beispielsweise durch eine Dränschicht oder ein Dränvlies), kann der Schutz vor eindringendem Wasser möglicherweise sogar effektiver gewährleistet werden als bei der klassischen Abdichtung.

Mögliche zu prüfende technische Sicherungsmaßnahmen zeigt Bild 2.

### Fazit

Der Einsatz alternativer Baustoffe ist zur Erfüllung der Anforderungen aus dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz geboten. Hierdurch werden Ressourcen und Deponieraum geschont. Auch kann der Einsatz dieser Baustoffe wirtschaftlich sein. Der Schutz von Boden und Grundwasser muss dabei aber gewährleistet werden. Durch die in der BAST geplanten Untersuchungen sollen jene technischen Sicherungsmaßnahmen herausgefunden werden, die diesen Schutz wirkungsvoll, dauerhaft und wirtschaftlich gewährleisten.

## Stiller Wohnen

### Lärmarme Asphalte

Eine moderne Volkswirtschaft ist auf eine leistungsfähige Verkehrs-Infrastruktur angewiesen. In den Ballungsräumen zeigen sich jedoch vermehrt die negativen Auswirkungen steigender Verkehrsbelastungen, und jeder Bewohner kommt fast unweigerlich mit den Lärmemissionen des Straßen-, Schienen- oder Luftverkehrs in Berührung. Der aktive Lärmschutz mit Wänden oder Erdwällen stellt nur einen begrenzten Schutz vor Straßenverkehrslärm dar. Auch die Reifen und die Straßenoberfläche müssen einen Beitrag zur Lärminderung leisten. Letztere bestehen im deutschen Fern-

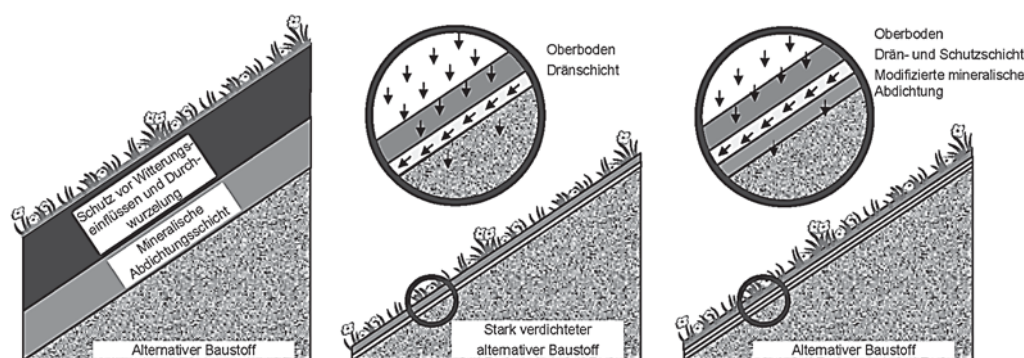


Bild 2: Schematische Darstellung technischer Sicherungsmaßnahmen

straßennetz überwiegend aus Asphalt, bei den Autobahnen zu etwa 70 %, so dass ihrer lärmtechnischen Optimierung eine wichtige Rolle gebührt.

Zur Herstellung einer Asphaltstraße werden die Bauweisen Walz- und Gussasphalt eingesetzt. Sie unterscheiden sich in der Asphalzzusammensetzung und vor allem in der Einbaumethode. So muss Gussasphalt nicht mit Walzen verdichtet werden, zur Herstellung einer griffigen, befahrbaren Straßenoberfläche muss jedoch eine Schicht aus Abstreumaterial aufgebracht werden. Bei der lärmtech-

des Reifenprofils möglich, zum anderen die Absorption des Schalls. Dieser hohen Effektivität steht die begrenzte Nutzungsdauer gegenüber, die eng mit der Verschmutzungsanfälligkeit dieser Bauweise verbunden ist. Nicht alle eindringenden Schmutzpartikel werden durch die Saugwirkung der überrollenden Reifen entfernt, sondern lagern sich über die Jahre in der Schicht ab und führen zum Verstopfen der Hohlräume. Dieser Problematik wird momentan in einem interdisziplinären, mehrjährigen Forschungsprojekt nachgegangen, das gezielt den Verschmutzungsmechanismus erforscht und Methoden erarbeitet, die Schmutzanlagerung zu begrenzen oder gar zu vermeiden. Das Projekt ist Teil des Forschungsverbundes "Leiser Straßenverkehr 2", der 2005 die Nachfolge des von 2001 bis 2004 durchgeführten Verbundprojektes "Leiser Straßenverkehr - Reduzierte Reifen-Fahrbahn-Geräusche" antrat.

Nicht für alle Anwendungsfälle ist die hohe Wirksamkeit von offenporigen Asphaltstraßen mit dem damit verbundenen finanziellen und bautechnischen Aufwand erforderlich. Neuere Forschungsaktivitäten versuchen, die herkömmlichen, dichten Asphaltoberflächen, beispielsweise aus Splittmastixasphalt, lärmtechnisch weiter zu verbessern. Grundsätzlich zeigen diese eine lärmtechnisch günstige Oberflächengestalt. Bereits abgeschlossene Forschungsarbeiten ergaben, dass die nach dem Bau einer Straße entstehende Oberfläche modellhaft wie "Plateaus mit Schluchten" ausgebildet sein sollte. Hierbei sind kleine Plateaus höhengleich unregelmäßig nebeneinander angeordnet, so dass Zwischenräume (Schluchten) verbleiben, die eine gewisse Entlüftung des Reifenprofils gestatten. Die Optimierung dieser Oberflächen sollte darauf abzielen, diesen Effekt weiter zu steigern.



*Einbau lärmarmer Splittmastixasphalt (BAB A93 bei Schwandorf)*

nischen Optimierung von Asphaltstraßen sind die Parameter Mischgutzusammensetzung, Einbau, Verdichtung und Abstreuerung der Oberfläche mögliche Ansatzpunkte.

Die Mischgutzusammensetzung von Walzasphalten lässt sich so einstellen, dass die fertige Straße ein hohes Maß an zugänglichen Hohlräumen aufweist. Diese offenporigen Asphaltdeckschichten stellen momentan die wirkungsvollste Methode dar, das Reifen/Fahrbahn-Geräusch an seinem Entstehungsort zu mindern. Zum einen ist eine Entlüftung

Im Sommer 2005 wurde auf der BAB A93 bei Schwandorf der Versuch unternommen, die oben genannte Verbesserung in der Praxis zu realisieren. Dazu wurden im Auftrag der Autobahndirektion Nordbayern zwei Abschnitte mit als lärmarm bezeichneten Splittmastixasphalten eingebaut und von der BASt begleitet. Die Erprobungsabschnitte unterscheiden sich mit 5 mm und 8 mm im Größtkorn der verwendeten Gesteinskörnungen und sind hohlraumreicher als der ebenfalls eingesetzte herkömmliche Belag. Durch die größeren Hohlraumgehalte müssen diese Asphalte auf eine Abdichtung gebaut werden, da sie sonst das Oberflächenwasser in die Straßenkonstruktion eindringen ließen. Durch ein Anspritzen der darunter liegenden Asphaltbinder-schicht mit einer polymermodifizierten Bitumenemulsion konnte dies erreicht werden. Das Mischgut selbst wurde aus Gründen der Alterungsbeständigkeit mit einem hoch polymermodifizierten Bitumen hergestellt.

Die Lärm- und Texturmessungen der BASt zeigen, dass beide Abschnitte aus lärmarmen Splittmastixasphalt die Erwartungen an die erhöhte Wirksamkeit erfüllen. Gegenüber der in Deutschland als Referenz üblichen Bauweise "nicht geriffelter Gussasphalt" konnten hier Pegelminderungen um rund 4 dB(A) erreicht werden. Ob sich diese Werte auch nach längerer Liegezeit einstellen, muss die sich jetzt anschließende mehrjährige Beobachtung zeigen.

Neben den Verbesserungen an Walzasphalten werden weiterhin Gussasphalte mit lärmtechnisch verbesserten Eigenschaften erprobt. Die lärmtechnische Optimierung zielt hier auf die Gestaltung und Ausführung der Oberfläche. Neben der Begrenzung des Größtkorns des Abstreumaterials auf 3 bis 4 mm und einer guten Kornform kommen einer gleichmäßigen

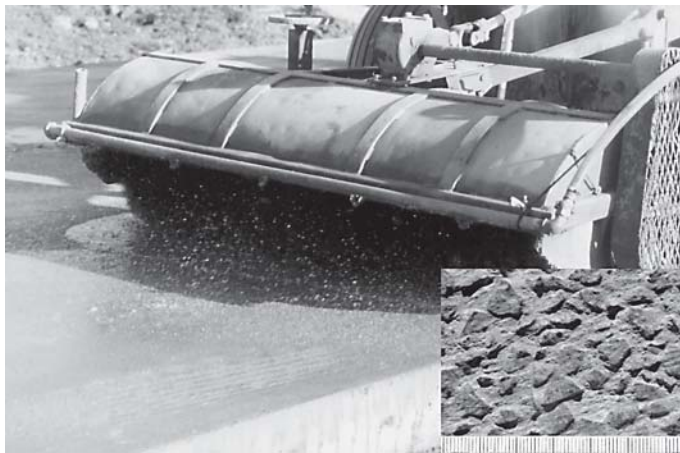
Mischguttemperatur und trockenen Witterungsbedingen entscheidende Bedeutung zu. Findet eine sorgfältige Bauausführung statt, können Gussasphalt-deckschichten entstehen, die deutlich leiser sind als die herkömmliche Variante "nicht geriffelt".

## Stille Nacht, sichere Nacht

### Waschbeton als Fahrbahnoberfläche

In Deutschland wird in der Regel die Textur bei der Betondeckenfertigung durch Einprägen einer Struktur in den frischen Oberflächenmörtel erzeugt. Standardgemäß geschieht dies heute durch Abziehen des frischen Betons in Längsrichtung mit einem Jutetuch. Dabei entsteht eine anisotrope Textur, die für die Gebrauchseigenschaften der Fahrbahnoberfläche maßgebend ist. Unter den Einflüssen von Verkehr und Wetter durchläuft diese Textur entsprechend ihrer unterschiedlich zusammengesetzten oberflächennahen Zonen jedoch verschiedene Phasen. In der Anfangsphase wird die Textur durch die eingeprägte Strukturierung bestimmt. In der zweiten Phase nutzt sich diese Textur in Abhängigkeit von der Verkehrsbeanspruchung, der Witterung und der Festigkeit des Zementsteins ab. Erst wenn der Oberflächenmörtel abgefahren oder abgewittert ist, wird die eigentliche Betonzusammensetzung maßgebend für Oberflächeneigenschaften. Bei dickem, zementreichem Mörtel, der eine höhere Festigkeit aufweist, und starker Verkehrsbelastung können bei dieser Art der Strukturierung zwischenzeitlich ungünstige Oberflächeneigenschaften entstehen, bedingt durch den polierten Zementstein.

Neben dem Abziehen des frischen Betons besteht die Möglichkeit, die Oberfläche mit einer Waschbetonstruktur zu versehen. Zur Anwendung kommt dabei eine zweischichtige Bauweise mit dünnem Oberbeton, deren Dicke des Unterbetons von der Bauklasse und der Konstruktion abhängt. Nur der Oberbeton mit seiner darin enthaltenen Gesteinskörnung muss die hohen Anforderungen



*Bild 1: Ausbürsten des Oberflächenmörtels mit freigelegtem Größtkorn 5/8 mm*

hinsichtlich Polierwiderstand, Kornform und Korngruppe erfüllen. Auch bei der Verdichtung ist der geringen Schichtdicke des Oberbetons Rechnung zu tragen. Nach dem Verdichten und Glätten wird auf die frische Betonoberfläche ein in der Regel kombiniertes Verzögerungs-/Nachbehandlungsmittel aufgesprüht, das die Erhärtung des Oberflächenmörtels für begrenzte Zeit verzögert und eine Austrocknung des Betons verhindert. Die Aufsprühmenge hängt wesentlich von der Betonzusammensetzung ab, so dass für jede Baumaßnahme die optimale Aufsprühmenge in Vorversuchen bestimmt werden muss. Ist die Betondecke ausreichend erhärtet, wird der Oberflächenmörtel trocken oder nass abgebürstet und anschließend weiter nachbehandelt. Im Gegensatz zu herkömmlich strukturierten Betonfahrbahndecken ist hier direkt die eigentlich Zusammensetzung des Oberbetons freigelegt und es ent-

steht eine isotrope Oberfläche (Bild 1). Erfahrungen in Belgien, Österreich und den Niederlanden haben gezeigt, dass diese Oberflächenausführung eine mindestens gleichwertige Alternative zur herkömmlichen Betonbauweise darstellt. Mehrere Abschnitte dieser Bauweise werden in Deutschland derzeit erprobt.

Einen Überblick über die Wirksamkeit der Waschbetonoberfläche im Hinblick auf die Griffigkeit und das Reifen/Fahrbahn-Geräusch soll beispielhaft anhand der Ergebnisse einer Erprobungsstrecke auf der BAB 4 bei Aachen (in Fahrtrichtung Aachen) im Vergleich zu einer Betondecke mit Jutetuchtextur (in Fahrtrichtung Köln) gezeigt werden (Bild 2).

Die Ergebnisse der SKM-Messungen machen deutlich, dass für die Waschbetonoberfläche durchgehend sehr gute Griffigkeitwerte ermittelt wurden. Im Gegensatz dazu hat die Betondecke mit Jutetuchtextur bereits nach kurzer Verkehrsbelastung einen kritischen Wert erreicht.

Hinsichtlich der Reifen-/Fahrbahn-Geräusche zeigt sich, dass die Waschbetonoberfläche mit dem kleinen Größtkorn bei 80 km/h geringfügig lauter ist. Augenscheinlich ist das auf das Fehlen einzelner Grobkörner an der Oberfläche zurück zu führen. Trotz der Fehlstellen sind Oberflächen aus Waschbeton und mit Jutetuchlängsstrich bei 100 km/h praktisch akustisch gleichwertig.

Andere Untersuchungen zeigen auf, dass durch die Waschbetonoberfläche Geräusche von Lkw-Reifen deutlich reduziert werden können. Dem wird im Rahmen des Projektes "Leiser Straßenverkehr" nachgegangen. Mit Hilfe des Prüfstandes Fahrzeug/Fahrbahn der BAST sollen Waschbetonoberflächen im Hinblick auf eine dem Verkehr angepasste Fahrstreifentrennung so optimiert werden, dass sie sowohl für



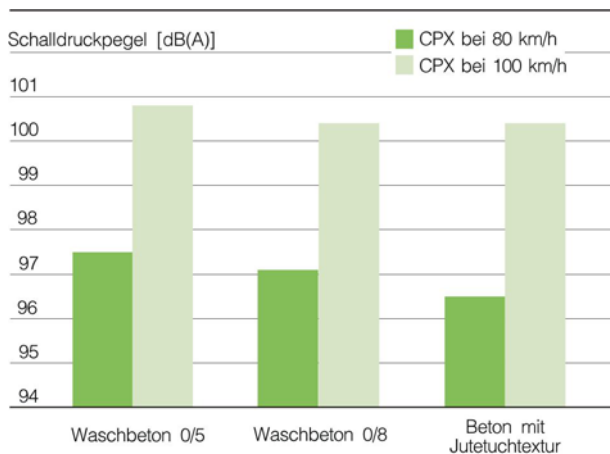


Bild 2: Ergebnisse der Messungen mit dem Lärmessanhänger (CPX-Methode)

Pkw- als auch für Lkw-Reifen geräuschreduzierend wirken. Parallel dazu werden im Rahmen eines vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) in Auftrag gegebenen Forschungsvorhabens an der TU München die Einflüsse aus Betontechnologie und Ausführungsparametern zur zielsicheren Herstellung einer Waschbetonoberfläche mit dauerhaften Gebrauchseigenschaften untersucht.

## Doch wie es daneben aussieht

### Schadstoffeintrag in den Straßenseitenraum

In Bankett und Böschungen werden durch unterschiedliche Quellen Schadstoffe eingetragen. Durch jahrzehntelangen Eintrag haben sich so neben den Fahrbahnen stark befahrener Straßen, wie etwa Autobahnen, Böden mit erhöhten Schwermetallgehalten gebildet. Zwar hat sich nach Umsetzung der Benzinbleigesetze der Eintrag von Blei sehr deutlich verringert, andere Stoffe werden jedoch weiter eingetragen. In Deutschland stammen rund zwei Drittel des Trinkwassers aus Grundwasser. Dieses wird

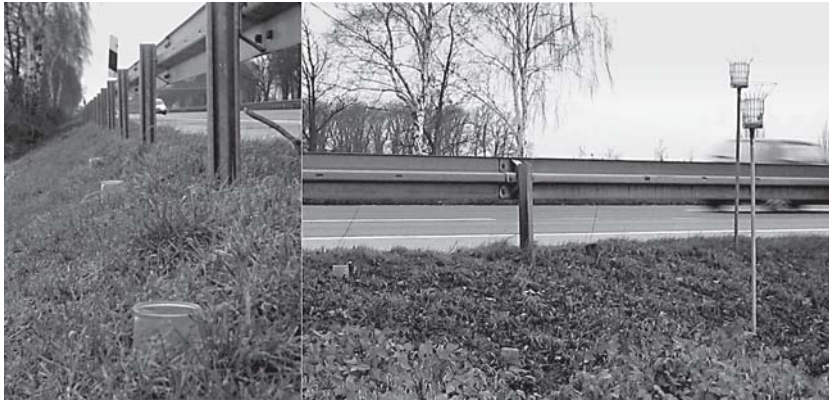
durch die Bindung der Schadstoffe im Boden geschützt. Vor dem Hintergrund von Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) und Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) sollen für die weitere Diskussion Informationen bereitgestellt werden. Die Hauptquellen für die Schadstoffeinträge sollen identifiziert werden und Initiativen zur Minderung der Einträge und zur

Verbesserung der Schadstoffbindung im Boden sollen angeregt werden. Der Nebeneffekt geringerer Stoffeinträge sind verringerte Schadstoffgehalte in Bankettschälgut, Kehr gut, Schlamm aus Entwässerungsbecken und luftgetragenen Partikeln. Das führt zur Verbesserung der Umweltsituation und zu besserer Verwertbarkeit vieler Reststoffe, die beim Straßenbetrieb anfallen.

### Vorgehen

An ausgewählten Autobahnstandorten werden regelmäßig Proben der bodennahen Deposition und des Straßenabflusswassers genommen und auf Schadstoffgehalte untersucht. Die Höhe und Veränderungen der Einträge in den Boden oder in Entwässerungseinrichtungen können damit beurteilt werden. Das Wissen um die Zusammenhänge und vorgelegte Fakten ist in der Diskussion über neue gesetzliche Vorgaben wertvoll. Entscheidungen können so realitätsnaher erfolgen. Die Arbeiten werden interdisziplinär in der BASt durchgeführt. An die Einrichtung der Messstandorte, die Probenahme vor Ort und die erste Aufbereitung schließen sich die chemischen Analysen an. Die Laboruntersuchungen sind angelehnt an die VDI-Richtlinien "VDI 2267 Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft für das Messen der Massenkonzentrationen von Al, As, Ca, Cd, Co,

Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, Pb, V, Zn als Bestandteile des Staubniederschlages mit Hilfe der optischen Emissionsspektrometrie (ICP-OES)“.



*Probenahme von Staubniederschlag und bodennaher Deposition mit Sammelgefäßen aus Glas*

#### **Probenvorbereitung**

Der Inhalt der Depositionsgefäße wird mit destilliertem Wasser in ein Teflon-Aufschlussgefäß überführt und getrocknet, gewogen und mit Hilfe der Mikrowellentechnik sauer aufgeschlossen. Das Straßenabflusswasser wird filtriert, angesäuert und das Filtrat direkt analysiert. Der Filterrückstand wird verascht und die gewonnene Asche wie die Staubproben aufgeschlossen. Die Probelösungen werden je nach zu erwartendem Konzentrationsbereich der Schadstoffe analytisch untersucht.

#### **Analytische Methoden**

Außer der ICP-OES (Induktiv gekoppeltes Plasma mit optischer Emissionsspektrometrie) wird als weiteres Verfahren zur Bestimmung der anorganischen Schadstoffe das Graphitrohr-Atomabsorptionsspektrometer, kurz GF-AAS eingesetzt. Es ist eines der nachweisstärksten Verfahren zur Einzelelementbestimmung. Beide Verfahren sind quantitative Relativmethoden, die über Proben bekannter Analysenkonzentrationen kalibriert werden.

#### **ICP-OES**

Die ICP-OES ist eine Multielement-Analysenmethode. ICP-OES steht für „Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry“. Die modernen Geräte arbeiten meist simultan und können innerhalb weniger Sekunden bis zu 48 Elemente in einer Probe messen. Die Probelösung wird über eine Pumpe in ein Zerstäubungssystem gefördert. Das dort entstehende Aerosol wird mit einem Argonstrom in ein induktiv gekoppeltes Hochfrequenzplasma geführt. Bei den im Plasma herrschenden Temperaturen von 6.000 bis 8.000 K werden die zu bestimmenden Elemente angeregt. Die emittierte elementspezifische Strahlung wird zur quantitativen Elementbestimmung herangezogen. Der Detektor wandelt die ankommende Energie des angeregten Lichtstrahls in elektrische Energie um, die dann von der Software ausgewertet wird. Es entsteht ein Messsignal, dessen Fläche proportional zu der Masse an dem zu bestimmenden Element ist.

#### **GF-AAS**

Bei der GF-AAS handelt es sich um eine Einzelelementanalysemethode. Für jedes Element wird eine spezielle Hohlkathodenlampe benötigt. Jede dieser Hohlkathodenlampen emittiert fast ausschließlich das Spektrum des Edelgases, mit dem die Lampe gefüllt ist, und des Elementes, aus dem sie gefertigt ist.

Bei der GF-AAS werden wässrige Proben mit Hilfe einer Mikropipette in ein Graphitrohr dosiert, durch stufenweises Aufheizen von Begleitsubstanzen befreit und das zu bestimmende Element atomisiert. Diese Atome nehmen selektiv Energie auf und schwächen so den Lichtstrahl der Hohlkathodenlampe. Über den Detektor wird das Absorptionssignal als Schwächung der Intensität des Primärlichtes nach entsprechender Verstärkung und

Umwandlung aufgezeichnet. Es wird also detektiert, wie viel des eingestrahnten Lichtes einer bestimmten Wellenlänge durch das zu messende Element absorbiert wurde. Mit steigender Konzentration des Analyten in der Probe steigt die Schwächung des eingestrahnten Lichtes (Extinktion) proportional. Die Nachweisgrenzen sind daher bis zu drei Zehnerpotenzen besser als bei der ICP-OES, die Messfolge ist aber deutlich langsamer.

#### **Anpassung der analytischen Methoden an die Proben**

Eine besondere Rolle spielt die jahreszeitlich und räumlich veränderliche Zusammensetzung der Proben: Im Winter enthalten sie beispielsweise große Anteile an Tausalz, welche die Messsignale in den Analysegeräten stören können. In größerer Entfernung von den Autobahnen sind die Stoffeinträge so gering, dass die Probenmenge kaum zur Analyse ausreicht. Sowohl ICP-OES als auch GF-AAS haben jeweils spezifische Vor- und Nachteile. Erst durch die Kombination beider Verfahren und Entwicklung von gerätespezifischen Methoden, die an die Proben angepasst sind, können alle interessierenden Stoffe in Straßenabflusswasser und Staubbiederschlag genau bestimmt werden.

#### **Fazit**

Die betrachteten Parameter geben Auskunft über den Zustand und die Entwicklung der Schadstoffeinträge in Bankett, Böschung, Böden und Gewässer an unseren Straßen. Bei bevorstehenden Bearbeitungen der gesetzlichen Vorgaben können verlässliche Daten eingebracht werden, und für die Planung und den Betrieb der Entwässerung an Außerortsstraßen werden Grundlageninformationen zur Verfügung gestellt.

## **Großer Lauschangriff**

### **CPX-Geräuschemessanhänger der BASt**

Das Thema „Verkehrslärm“ erlangt mehr und mehr an Bedeutung. Lärm verursacht Belästigungen und kann zu Gesundheitsproblemen führen. Kostenintensive Lärminderungsmaßnahmen wie Schallschutzwände und „Flüsterasphalt“-Beläge müssen in dicht besiedelten Gebieten immer häufiger eingesetzt werden.

Früher wurde der Hauptanteil am Fahrzeuggeräusch durch den Antriebsmotor und den Auspuff verursacht. Bei modernen Fahrzeugen (außer einigen Sportwagen und Motorrädern) wurden in den letzten Jahren erhebliche Anstrengungen durch die Fahrzeugentwickler unternommen, den Geräuschpegel, der durch den Fahrzeugmotor und -auspuff hervorgerufen wird, zu reduzieren.

Heutzutage wird der Geräuschpegel eines Fahrzeugs für Geschwindigkeiten ab etwa 40 km/h für Pkw und ungefähr 60 km/h für Lkw vom Reifen-/Fahrbahngeräusch dominiert. Die Reifen-/Fahrbahngeräusche lassen sich dabei in Geräusche, die durch Luftverdrängung verursacht werden, und Geräusche, die durch Schwingungen von Lauffläche, Reifenschulter und Reifenflanke verursacht werden, aufteilen.

Das Reifen-/Fahrbahngeräusch hängt aber nicht nur vom Reifentyp, sondern auch von den Eigenschaften der Fahrbahnoberfläche ab. Hierzu zählen die Rauheit der Fahrbahn und die akustische Absorption der Deckschicht.

Um die Geräuschemission verschiedener Reifen auf einer Fahrbahnoberfläche festzustellen, müssen Geräuschemessungen mit Hilfe von Messmikrofonen durchgeführt werden. Dabei kann man Mikrophone in einer Entfernung von 7,5 m zur Fahrstreifenmitte in einer Höhe von 1,2 m

über der Fahrstreifenoberfläche aufstellen und den maximalen Pegel einer statistisch genügenden Anzahl von Pkw oder Lkw während ihrer Vorbeifahrt messen (Statistical Pass By Method, SPB), oder man kann die Mikrophone direkt im Nahfeld des Testreifens montieren und die Geräuschentwicklung beim Rollen über die Straßenoberfläche messen (Close-Proximity Method, CPX).

Speziell zur Durchführung von Messungen nach der CPX-Methode hat die BAST einen einachsigen Anhänger entsprechend einem internationalen Standard entwickelt (Bild 1).



Bild 1: CPX-Geräuschmessanhänger der BAST

Dabei werden Geräuschmessungen mit verschiedenen Standardreifentypen durchgeführt. Der Anhänger besitzt zwei Mikrophone auf jeder Seite und kann mit zwei unterschiedlichen Reifentypen auf der Achse bestückt werden, sodass eine Fahrbahnoberfläche mit zwei Fahrten und einem achsweisen Reifenwechsel vermessen werden kann. Dieser ist aufgrund der eingebauten Liftachse sehr einfach und schnell durchzuführen. Weiterhin ist um die Mikrophone und den jeweiligen Testreifen eine Einhausung angebracht, um Störeinflüsse durch Wind und durch

die Geräusche vorbeifahrender Fahrzeuge zu minimieren.

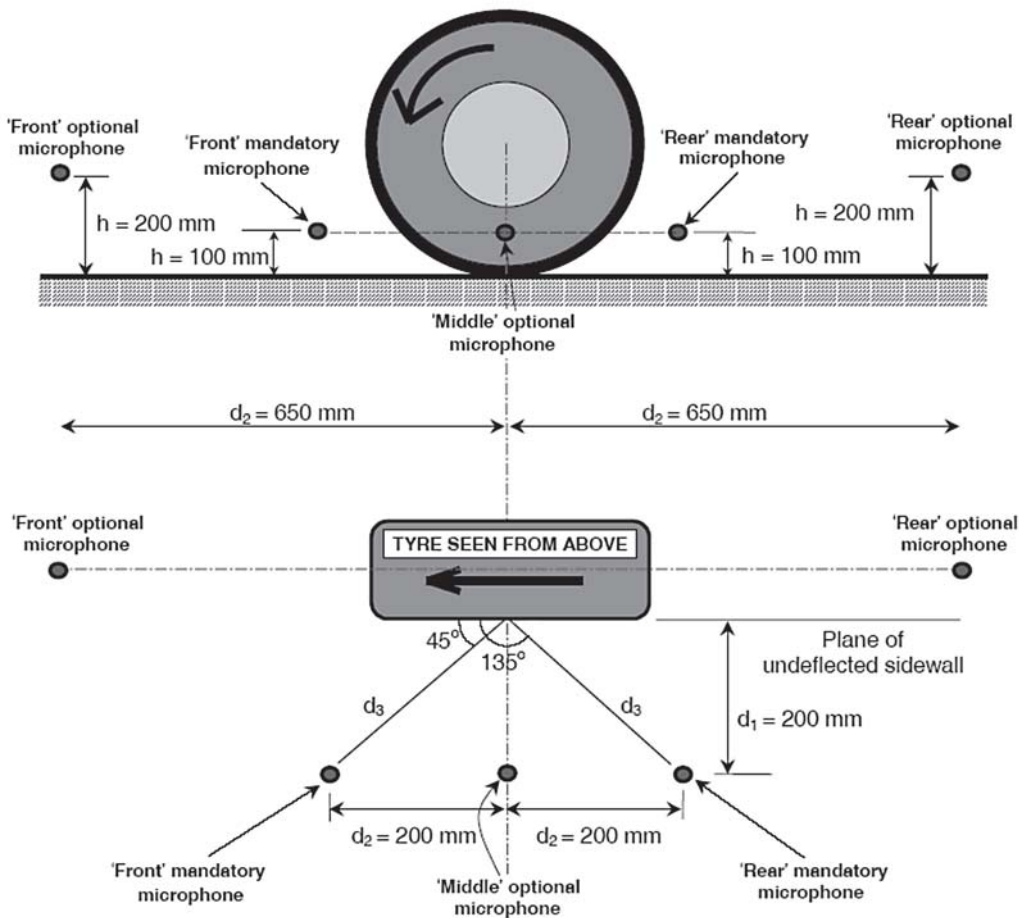
Je nach Aufgabenstellung können mit dem CPX-Anhänger sowohl Geräuschuntersuchungen zu Reifen als auch zu Fahrbahnoberflächen durchgeführt werden, wobei letzteres speziell bei der Überwachung des Langzeitverhaltens bestehender Oberflächen und zur Forschung an neuen Oberflächen Anwendung findet. Bisher gibt es dazu den Entwurf einer internationalen Regelung (International Organisation for Standardisation) ISO 11819-2, der im Wesentlichen für den Vergleich von Fahrbahnoberflächen ausgelegt wurde.

Dabei wird der Geräuschpegel von vier Referenzreifen Typ A, B, C und D zusammen mit der Fahrzeuggeschwindigkeit über eine beliebige oder genau festgelegte Fahrbahnlänge gemessen. Die Anordnung der Messmikrophone ist aus Bild 2 ersichtlich.

Da der Hauptanteil des Reifen-/Fahrbahngeräuschs im Bereich der Reifenauflandsfläche entsteht, wurde eine bodennahe Anordnung der Mikrophone seitens der ISO vorgegeben.

Durch die getrennte Einhausung auf beiden Seiten können - wie bereits aufgeführt - pro Fahrt immer zwei verschiedene Referenzreifen montiert werden. Die Auswahl der Reifen erfolgte von der ISO im Hinblick auf die gewünschte Reifen-/Fahrbahn-Geräuschabstrahlungscharakteristik (repräsentiert durch Pkw- und Leicht-Lkw-Verkehr), die hauptsächlich von der Laufflächen- und Flankengestaltung, der Gummimischung und dem Karkassenaufbau abhängt. Es lässt sich durch eine entsprechende Gewichtung der gemessenen Geräuschpegel der vier Referenzreifen die Geräuschcharakteristik eines „gemischten Verkehrs“ darstellen.

Bild 2: Mikrofonpositionen nach dem ISO-Entwurf 11819-2



Nach der Aufzeichnung von beiden Mikrofonensignalen pro Reifen und der jeweiligen Anhänger-geschwindigkeit erfolgt nach der Mittelung beider Mikrofonensignale auf einer Anhängerseite die segmentweise Geschwindigkeitskorrektur der Geräuschpegel. Abhängig vom Zweck der Messung (Untersuchung eines Fahrbahnteilstücks mit gleichlangen, zusammenhängenden Segmenten à 20 m oder Untersuchung eines bestimmten Segments) werden weitere Mittelungen der Geräuschpegel im Hinblick auf die Anzahl der Segmente und der Messläufe durchgeführt. Damit erhält man den Reifen-/Fahrbahngeräuschpegel  $L_{tr}$  für einen bestimmten Referenzreifen auf einer bestimmten Oberfläche.

Um die akustischen Eigenschaften einer Fahrbahnoberfläche zu beschreiben, wird aus den Geräuschpegeln der gewählten

Referenzreifen (Reifen A, B, C und D bei der Investigatory Method oder Reifen A und D bei der Survey Method) der Close-Proximity Sound Index, CPXI, gebildet. Damit lassen sich dann unterschiedliche Fahrbahnoberflächen vergleichen.

Die hauptsächlichen Vorteile der CPX-Methode liegen darin, dass Messungen schnell, effizient und preiswert auch ohne Verkehrssperrungen durchführbar sind. Es lassen sich große Fahrbahnstrecken ohne allzu viele Unterbrechungen untersuchen. Weiterhin sind spezielle Anforderungen an die ausgewählten Versuchsstrecken wie Mindestabstände zu reflektierenden Objekten nicht zu beachten.

## Straßenverkehr - eine Managementleistung

Noch in den siebziger Jahren hat man wachsendem Verkehrsbedarf mit mehr Straßenbau entsprochen. Heute hat man erkannt, dass Verkehrsmengen gemanagt werden müssen, um den gegebenen Raum möglichst optimal zu nutzen. Die modernen Kommunikationstechnologien erschließen Optionen, die noch vor wenigen Jahren undenkbar waren. Ein Stau ist für den Einzelnen lästig und ärgerlich, er ist aber immer auch teuer und umweltschädigend. Der Straßenverkehr entwickelt sich mehr und mehr allein von seiner täglichen Menge her zu einer hoch komplexen Managementaufgabe. Verkehr muss flüssig bleiben, sonst bringt er für alle Kosten und für niemand Nutzen. Verbesserte Informationen verhindern sinnlose Suchverkehre und bieten Ziele und staufreie Strecken an. Mautpflichtige Straßen lösen Ausweichverkehre und mithin lokale Belastungen aus. Aufgaben dieser Art gab es früher nicht und Lösungen dafür brauchte deshalb niemand. Die BASt prüft und nutzt die modernen Informationssysteme, um durch einen flüssigen Straßenverkehr dem gewerblichen Sektor einen Standortvorteil und dem privaten Fahrzeuglenker das Vorwärtskommen zu sichern - eine Managementtherausforderung in Zeiten der Globalisierung. Vielleicht ist der Computer für den Straßenverkehr die wichtigste Erfindung seit der Maschine von Carl Benz.

### Berechneter Verkehr

#### Ein Basissystem für die Verkehrsrechnerzentralen des Bundes

Vor dem Hintergrund steigender Belastung der deutschen Fernstraßen nimmt die Bedeutung von verkehrsbeeinflussenden Maßnahmen stetig zu. Zentrale Bedeutung hat hierbei die Ermittlung der Verkehrssituation des Netzes. Auf der Basis dieser Informationen kann der Verkehrsteilnehmer über verschiedene Kommunikationskanäle (Wechselverkehrszeichen, Wechselwegweiser, Verkehrswarnfunk) über den Zustand der Strecke informiert werden, und es können Maßnahmen und Regelungen getroffen werden, die den Verkehrsfluss optimieren. Dies führt insgesamt zu einer Reduzierung von Störungen und damit zu einer Erhöhung der Verkehrssicherheit und einer Verringerung der Umweltbelastungen.

Die fortschreitende Weiterentwicklung von Techniken für die Verkehrsdatenerfassung, die Datenübertragung und -verarbeitung und die Anzeige von Informationen bieten heute die Voraussetzungen zur Realisierung immer anspruchsvollerer und leistungsfähigerer Verkehrsinformations- und Leittechnik.

Der Ausbau von Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA) auf Bundesautobahnen wird vorangetrieben durch ein Programm des BMVBS, das für die Jahre 2002 bis 2007 Mittel in der Größenordnung von 200 Millionen Euro zur Verfügung stellt und auch über diesen Zeitraum hinaus fortgeschrieben werden soll. Dabei beeinflussen zwei wesentliche Randbedingungen die Erstellung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen:



Bild 1: Verkehrsrechnerzentrale

- die insgesamt begrenzten zur Verfügung stehenden Mittel für das Erstellen und Betreiben der Anlagen und
- die angespannte Personalsituation bei den verantwortlichen Stellen.

Hier gilt es anzusetzen, um mit ressourcenschonenden Maßnahmen ein Optimum zu erreichen.

Ein wichtiger, da zentraler Bestandteil der Verkehrsbeeinflussungssysteme sind die Verkehrsrechnerzentralen (VRZ). In diesen Zentralen laufen die Informationen über den Netzzustand zusammen, werden ausgewertet, und entsprechende Maßnahmen werden von dort gesteuert (Bild 1). Aufgrund des föderalen Aufbaus der Straßenverkehrsverwaltung in Deutschland wird es künftig in nahezu jedem Bundesland eine VRZ geben (Bild 2).

In fast allen Bundesländern wird derzeit an dem Aufbau, der Erweiterung oder dem Ersatz von VRZ gearbeitet. Aufgrund der Übertragbarkeit der Aufgabenstellungen bei den verschiedenen Auftragsverwaltungen liegt hier ein hohes Einsparungspotenzial, wenn erreicht wird, dass die Aktivitäten auf diesem Gebiet koordiniert ablaufen und bereits bei der Planung der Systeme die Notwendigkeit der Übertragbarkeit berücksichtigt wird. Anfangs wurden Verkehrsbeeinflussungsanlagen und VRZ weitgehend individuell

ausgeschrieben und realisiert. Nunmehr gehen die Bestrebungen des BMVBS, der BASt und der Länder hin zu einem standardisierten modularen Softwaresystem für die VRZ des Bundes. Hiermit soll erreicht werden, dass die in jeder VRZ notwendigen Funktionalitäten in Form eines VRZ-Basissystems entwickelt werden und jedem Land zur Verfügung stehen.

Gleichzeitig zielt die Gestaltung der Lizenzrechte, unter denen die Software beschafft wird, und die an die aus dem Open Source Umfeld bekannte General Public License (GPL) angelehnt ist, darauf ab, dass die Betreiber bei der Entwicklung und Pflege der Software unabhängig von einzelnen Herstellern werden. Hierdurch soll der Wettbewerb

Bild 2: Zukünftige Verkehrsrechnerzentralen in Deutschland



gefördert oder überhaupt erst ermöglicht werden.

Konkret wird derzeit unter Mitwirkung von Experten der Bundesländer, von Herstellern und von Forschungsinstituten ein VRZ-Basissystem spezifiziert. Auf der Grundlage des „Merkblatts für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen (MARZ)“ werden detaillierte Spezifikationen in Form von V-Modell-Dokumenten erarbeitet, welche die Länder in die Lage versetzen, die Realisierung durch einen oder mehrere Auftragnehmer durchführen zu lassen. Besonderer Wert wurde hierbei auf die Modularität und Erweiterbarkeit der Systeme sowie auf die Offenheit bezüglich der Schnittstellen gelegt.

Das VRZ-Basissystem besteht aus mehreren funktional gegeneinander abgegrenzten Segmenten:

- 1 Datenverteiler
- 2 Kommunikation mit externen Stellen
- 3 Datenhaltung und Archiv
- 4 Datenübernahme und -aufbereitung
- 5 Intelligente Analyseverfahren
- 6 Intelligente Bewertungsverfahren
- 7 Steuerung
- 8 Parametrierung und Konfiguration
- 9 Protokolle und Auswertungen
- 10 System
- 11 Verwaltung
- 12 Software Pflege- und Änderungstools
- 13 Bedienung und Visualisierung

Für jedes dieser Segmente werden die Dokumente:

- Technische Anforderungen,
- Softwarearchitektur und
- Prüfspezifikation

erstellt. Zusätzlich existieren noch die übergreifenden Beschreibungen der Anwenderforderungen, der Systemarchitektur, der Schnittstellen im System und des Datenkataloges. Alle Dokumente sind für registrierte Nutzer im Internet verfü-

bar ([www.bast.de](http://www.bast.de) - [Fachthemen](#) - [Verkehrstechnik](#) - [Verkehrsrechnerzentralen des Bundes](#)).

Um den größtmöglichen Nutzen aus der standardisierten VRZ-Entwicklung zu erzielen, ist es erforderlich, dass die Entwicklung von Modulen für das Basissystem bei den einzelnen Auftragsverwaltungen und die Weiterentwicklung des Datenkataloges koordiniert erfolgt. Nur so kann sichergestellt werden, dass die realisierten Softwaremodule in allen VRZ ohne großen Anpassungsaufwand eingesetzt werden können. Ferner ist es entscheidend, dass Informationen über die laufenden Aktivitäten allen Beteiligten zur Verfügung stehen, um Mehrfachentwicklungen von vornherein zu vermeiden. Zur Erfüllung dieser Anforderungen wird zurzeit ein Konzept für eine zentrale Informations- und Koordinierungsstelle für die VRZ des Bundes entwickelt. Die Ergebnisse hierzu werden im Laufe des Jahres 2006 vorliegen.

## Alleskönner Handy

### Verkehrsmanagement mit “Floating Phone Data”

Anwendungen im Verkehrsmanagement (Verkehrsbeeinflussungsanlagen, Verkehrsinformationssysteme) erfordern eine umfassende und qualitativ hochwertige Datengrundlage. Die Basis für diese Anwendung bildet in der Regel ein Netz stationärer Erfassungseinrichtungen. Es kann jedoch heute davon ausgegangen werden, dass diese Aufgaben - auch vor dem Hintergrund von Anwendungen in zuständigkeitsübergreifenden Netzen - von einer Erfassungsmethode allein nicht optimal erfüllt werden können. Dies gilt vor allem unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Deshalb setzt sich immer mehr die Idee durch, unterschiedliche Datenquellen zu nutzen und miteinander für



einen gezielten Anwendungsfall zu fusionieren.

Die „Hinweise zur Datenvervollständigung und Datenaufbereitung in verkehrstechnischen Anwendungen“ (FGSV 2003) geben einen Überblick über die Möglichkeiten der Datenfusion. Im Bereich der Fusion mobiler Daten mit stationären Daten besteht jedoch noch Forschungsbedarf, insbesondere im Hinblick auf die Anforderungen an einen Einsatz der Daten bei hoheitlichen Verkehrslenkungsaufgaben, etwa in Verkehrsbeeinflussungsanlagen.

Während bei der Nutzung von Floating Car Data (FCD) durch verschiedene Forschungsaktivitäten und Feldversuche bereits ein Kenntnisstand erreicht wurde, der die Entwicklung von Integrationskonzepten für bestimmte Anwendungsfälle erlaubt, ist der Kenntnisstand zur Nutzung von Daten aus den bereits vorhandenen, im Verkehrsstrom mitfließenden Mobiltelefonen, „Floating Phone Data“, noch in einem frühen Stadium.

Sowohl Betreiber von Mobilfunknetzen als auch dritte Dienstleister planen den Einsatz der Floating Phone Daten für die Ermittlung von Verkehrslageberichten und anderen Diensten. Aus diesen Daten könnte sich unter bestimmten Anforderungen auch ein Nutzen für öffentliche Verkehrsmanagementaufgaben ergeben. Um einen Überblick über die Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Floating Phone Data zu erlangen, hat die BAST eine Analyse der bestehenden Verfahren sowie der Randbedingungen einer Integration der Daten durchgeführt.

Grundsätzlich muss bei der Analyse der technischen Verfahren zur Erhebung von Floating Phone Data nach Methoden zur reinen Ortungsinformation (Ortungsbereich) und der algorithmischen Aufbereitung zur Ermittlung des befahrenen Streckenabschnitts (Map Matching) unter-

schieden werden. Der ermittelte Ortungsbereich kann durchaus eine große Ungenauigkeit besitzen. Durch die Verfolgung eines Mobilfunkgeräts über einen längeren Zeitraum lässt sich mit Hilfe der so ermittelten Kette von Ortungsbereichen jedoch eine Route zuordnen. Hierzu können verschiedene Algorithmen eingesetzt werden, die zum Teil bereits kommerziell angeboten werden. Die Einzeldaten von Mobilfunkgeräten werden dabei nur anonymisiert verwendet, so dass die Belange des Datenschutzes berücksichtigt sind.

Der Einsatz von Floating Phone Data wird zurzeit in verschiedenen Pilotprojekten erprobt. Beispielsweise werden in den Niederlanden die Floating Phone Data im Auftrag der öffentlichen Hand (Provinz Noord-Brabant, Provinz Zuid-Holland) in Pilotversuchen genutzt, um die Verkehrslage der Untersuchungsgebiete - über alle Straßenkategorien hinweg - im Internet darzustellen. Darüber hinaus werden die Daten zur Steuerung ausgewählter dynamischer Textanzeigen im Straßenraum verwendet und dienen dem öffentlichen Auftraggeber zu Analyse-zwecken.

Die Ergebnisse dieser Pilotprojekte werden wesentliche Beiträge zur Beurteilung der technischen Machbarkeit, aber auch eine verbesserte Grundlage zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit einer Verwendung von Floating Phone Data liefern. Die BAST wird die Fortschritte dieser Versuche weiterhin verfolgen.

Neben der technischen Machbarkeit sind es aber vor allem Fragen der Gestaltung von Implementierungsszenarien, welche die wesentliche Herausforderung auf dem Weg zum Einsatz von Floating Phone Data im Regelbetrieb darstellen - insbesondere, da die Daten von privaten Partnern erhoben werden. Allem voran steht die Frage nach der Entwicklung eines Business-

Konzepts in Form einer Public-Privat-Partnership. Die Kosteneffektivität der Verwendung alternativer Datenquellen hängt in starkem Maße davon ab, ob ein Implementierungsszenario definiert werden kann, bei dem sich der Aufwand der Erhebung sowohl für Private als auch für die öffentliche Hand als wirtschaftlich erweist. Hierzu sind verschiedene Szenarien der Umsetzung denkbar:

- Die öffentliche Hand erkennt ein Defizit in der Qualität der derzeit für die öffentlichen Aufgaben zur Verfügung stehenden Datengrundlage und kommt zu einem positiven Nutzen-Kosten-Verhältnis einer Integration von Floating Phone Data. Die öffentliche Hand tritt damit als „Hauptkunde“ privater Anbieter von alternativen Daten auf (wie in den Provinzen Noord-Brabant und Zuid-Holland in den Niederlanden). Basis hierfür ist eine Veränderung des Aufgabenverständnisses öffentlicher Betreiber. So müssen beispielsweise über das Maß von Verkehrsmeldungen hinaus flächendeckende Verkehrsinformationen (Verkehrslage) über Zuständigkeitsgrenzen hinweg den Verkehrsteilnehmern kostenlos zur Verfügung gestellt werden.
- Die öffentliche Hand erkennt zwar einen Nutzen in der Bereitstellung von flächendeckenden Verkehrsinformationen (Verkehrslage) über Zuständigkeitsgrenzen hinweg, sieht die kostenlose Bereitstellung – über das Maß von Verkehrsmeldungen hinaus – jedoch nicht als originär öffentliche Aufgabe an. Damit ist die Erhebung von Floating Phone Data von der marktwirtschaftlichen Bewertung privater Anbieter und damit von der Bereitschaft der Verkehrsteilnehmer abhängig, für verbesserte Verkehrsinformationen zu bezahlen. Diese Bereitschaft hängt wiederum stark davon ab, wie die Verkehrsteilnehmer die

Qualität der derzeit kostenlos zur Verfügung stehenden Verkehrsinformationen und den Mehrwert durch kostenpflichtige private Informationen bewerten.

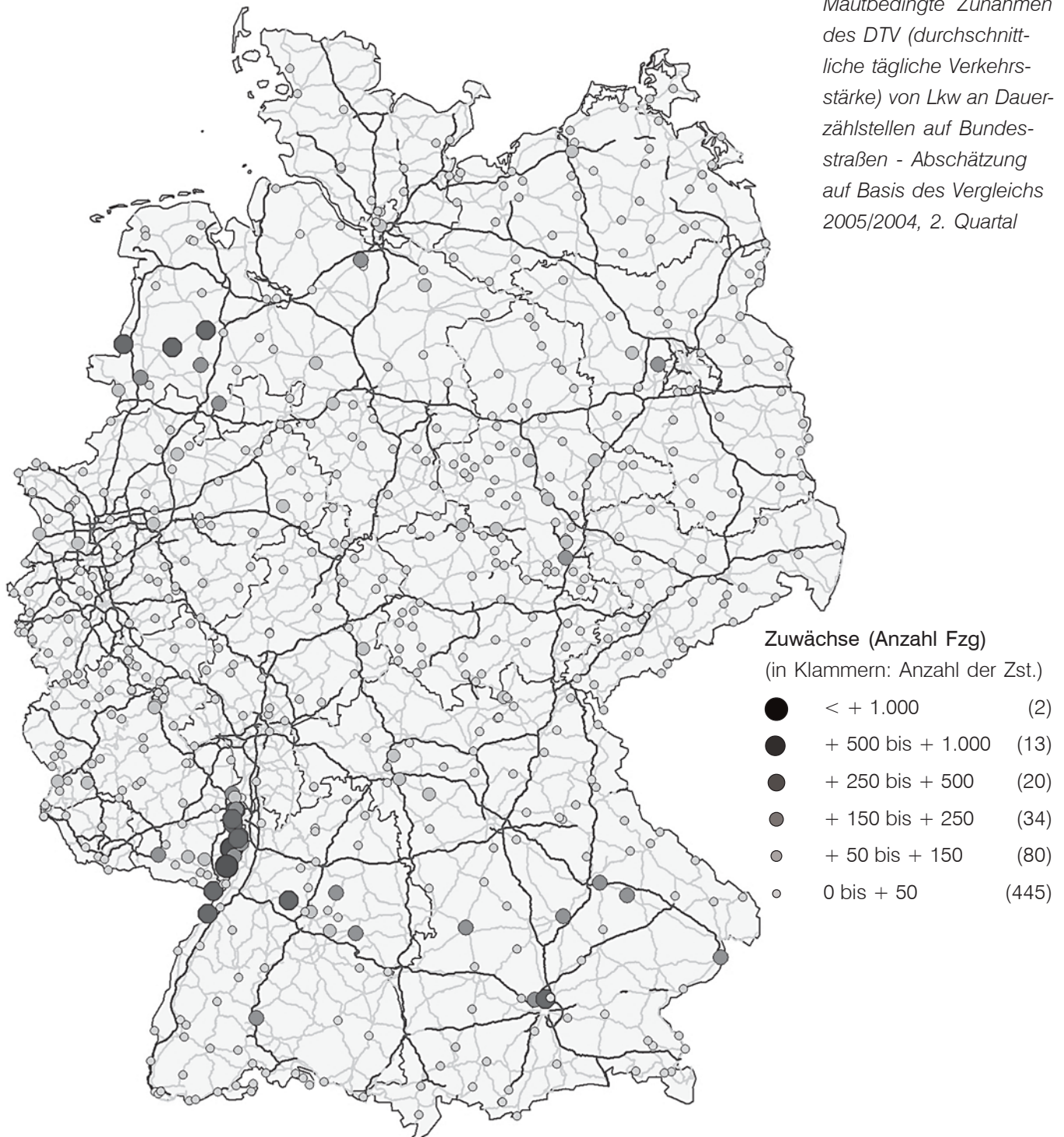
Die Diskussion eines Service Levels für Verkehrsteilnehmer, die Definition von Grenzen zwischen kostenloser und kostenpflichtiger Verkehrsinformation und damit die Konsensbildung über Rollen und Aufgaben in einer Public-Privat-Partnership wird einer der wesentlichen Schritte hin zu einer Nutzbarmachung alternativer Datenquellen sein. Nach Lösung dieser Fragestellungen ist die technische Umsetzung der Erhebung und Integration von Floating Phone Data die geringere Herausforderung.

### **Lastwagen auf der Flucht Mautausweichverkehre**

Im Zusammenhang mit der Einführung der streckenbezogenen Lkw-Maut hat der Deutsche Bundestag Ende 2001 die Bundesregierung aufgefordert, die Auswirkung der Lkw-Maut auf Ballungsräume, Wohngebiete und grenznahe Gebiete intensiv zu beobachten, um auf dieser Grundlage gegebenenfalls adäquate Maßnahmen einleiten zu können. Ebenso hat die Verkehrsministerkonferenz 2002 beschlossen, sich in ihren Gremien mit der gleichen Fragestellung zu befassen.

Aus diesem Grund ist Anfang 2003 gemeinsam von Bund und Ländern festgelegt worden, mit Vorher-Nachher-Vergleichen die sich einstellenden Verkehrsverlagerungen untersuchen zu lassen. Die hierzu erforderlichen Studien wurden gemeinsam von einer Arbeitsgruppe betreut. Diese besteht aus Vertretern des BMVBS, der BASt und der fünf Bundesländer Nordrhein-Westfalen (Federführung für die Länder), Baden-Württemberg, Brandenburg, Rheinland-Pfalz und Hessen (seit 2005).

*Mautbedingte Zunahmen des DTV (durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke) von Lkw an Dauerzählstellen auf Bundesstraßen - Abschätzung auf Basis des Vergleichs 2005/2004, 2. Quartal*



Auf der Basis der Daten der automatischen Dauerzählstellen hat die BASt Verlagerungen im Vorher-Nachher-Vergleich (vor und nach Einführung der Lkw-Maut) untersucht. Diese Analysen bildeten die Basis für die Erstellung des Berichtes der Bund-Länder-Arbeitsgruppe "Mautausweichverkehre".

Fahrleistungen von Lkw mit mehr als zwölf Tonnen zulässigem GG, aufgeschlüsselt nach Straßenklassen (Autobahnen, Bundesstraßen), wurden bisher von keiner Stelle direkt erhoben. Aus diesem Grund hat die Bundesanstalt für Straßenwesen ein Verfahren entwickelt, mit dem sich an automatischen Dauer-

zählstellen mögliche Veränderungen im Schwerverkehrsaufkommen darstellen lassen. Hierzu dient eine Summenlinie, bei der die einzelnen Tageswerte eines Jahres chronologisch addiert werden. Die Summe aller Tageswerte entspricht dann der Verkehrsmenge eines Jahres.

Die Analysen zeigen insgesamt, dass Mautausweichverkehre kein Flächenproblem darstellen. Verkehrszuwächse im Bundesstraßennetz können vielfältige Gründe haben und müssen nicht zwangsläufig auf die Einführung der Maut zurückführbar sein (etwa die Verkehrszunahmen im Zuge der EU-Ost-Erweiterung).

Im Mittel beträgt der Zuwachs im DTV (durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke) des schweren Güterverkehrs auf Bundesstraßen 7,6 % (+57 Fzg/24h). Eine Analyse nach Tageszeiten zeigt einen Zuwachs nachts (22 Uhr bis 6 Uhr) im Durchschnitt um etwa 15 Fahrzeuge und tagsüber (6 Uhr bis 22 Uhr) um rund 42 Fahrzeuge.

Der mautbedingte Zuwachs liegt bei 6,6 % (+49 Fzg/24h). Die Abschätzung der Jahresfahrleistung 2005 lässt damit auf außerörtlichen Bundesstraßen einen Zuwachs von etwa 0,6 Milliarden Fahrzeugkilometern (+8,0 %) erwarten. Der mautbedingte Zuwachs wird auf ungefähr 0,5 Milliarden Fahrzeugkilometer (+6,9 %) geschätzt.

Dennoch lassen sich Schwerpunkte von Verkehrsverlagerungen mit teilweise deutlichen Zuwächsen identifizieren. Verlagerungsanfällige Strecken sind gekennzeichnet durch

- hohen Ausbaustandard (autobahnähnlicher Ausbau, mehrstreifig mit Richtungstrennung), Ortsumgehungen und insgesamt wenig Ortsdurchfahrten
- und hohe Verkehrsbelastungen im Lkw-Verkehr bereits vor Einführung der Lkw-Maut.

Von merklichen Zuwächsen im Nachtverkehr sind hierbei insbesondere Strecken betroffen, die bereits vor Einführung der Lkw-Maut nachts hohe Verkehrsstärken aufwiesen.

Der Bericht der Bund-Länder-Arbeitsgruppe wurde vom Deutschen Bundestag veröffentlicht: <http://dip.bundestag.de/btd/16/002/1600298.pdf>.

## Wege zum Ziel

### Die Neustrukturierung der Wegweisung in der StVO

Die Straßenverkehrs-Ordnung richtet sich an den Verkehrsteilnehmer. Sie enthält die für einen sicheren und flüssigen Verkehrsablauf elementar wichtigen Straßenverkehrsregeln inklusive der Verkehrszeichen. Dazu leistet auch die Wegweisung einen entscheidenden Beitrag.

Daneben dient die Wegweisung

- der richtigen Wegfindung zu einem Ziel auf einer möglichst umwegfreien Fahrtroute,
- der Ortsbestimmung und
- einer gewünschten Verteilung des Verkehrs im Straßennetz.

Eine Analyse der aktuell gültigen StVO hinsichtlich wegweisungsrelevanter Inhalte ergab, dass der Themenkomplex "Wegweisung" folgende strukturelle und inhaltliche Mängel aufweist und sich demnach für den StVO-Leser nicht gänzlich und logisch erschließt:

- Wegweisungsrelevante Inhalte werden an verschiedenen Stellen in der StVO abgehandelt. Das Kapitel "Wegweisung" befindet sich in § 42 Abs. 8. Der Wegweiser, mit dem Ausfahrtziele an einer Autobahnanschlussstelle angezeigt werden (Zeichen 332 "Ausfahrttafel von der Autobahn"), wird jedoch in § 42 Abs. 5 behandelt.

- Im Kapitel "Wegweisung" in § 42 Abs. 8 werden Verkehrszeichen behandelt, die nicht der Zielführung im eigentlichen Sinne dienen, sondern der Kennzeichnung einer speziellen Streckenführung (Umleitungsbeschilderung), oder die keine wegweisende Funktion besitzen (Baken zur Ankündigung einer Autobahnausfahrt nach Zeichen 450, Verkehrslenkungstafeln nach Zeichen 500 ff.).

Für die strukturellen Mängel sind beispielhaft zu nennen:

- § 42 Abs. 8 enthält einen eigenen Gliederungspunkt für "Wegweisung auf Autobahnen", für "Wegweisung außerhalb von Autobahnen" jedoch nicht.
- Der Schildtyp "Wegweiser" wird vor dem Schildtyp "Vorwegweiser" behandelt, obwohl die Abfolge an der Straße umgekehrt ist.

Durch die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde ein Vorschlag für eine strukturelle und inhaltliche Überarbeitung des Kapitels "Wegweisung" (§ 42 Abs. 8) erarbeitet, bei dem die genannten Mängel beseitigt wurden. Bei der Überarbeitung des Themas "Umleitungsbeschilderung" wurden die Ergebnisse der Überarbeitung der Richtlinien für Umleitungsbeschilderungen, die 2005 abgeschlossen wurde, berücksichtigt.

Im Bund-Länder-Fachausschuss für Straßenverkehrs-Ordnung und Ordnungswidrigkeiten (BLFA-StVO/OWi), der StVO-Änderungen im Vorfeld diskutiert und darüber abstimmt, wurde dem Vorschlag für eine Neustrukturierung des Themenkomplexes "Wegweisung" zugestimmt. Es darf davon ausgegangen werden, dass mit der geplanten StVO-Novelle die Änderungen wirksam werden.

### (8) Wegweisung

1. Nummernschilder
2. Wegweiser außerhalb von Autobahnen

a) Vorwegweiser (Zeichen 438)



b) Pfeilwegweiser (Zeichen 415)



c) Tabellenwegweiser (Zeichen 434)



d) Straßennamensschilder

3. Wegweiser auf Autobahnen

a) Ankündigungstafel (Zeichen 448)



b) Vorwegweiser (Zeichen 449)



c) Ausfahrttafel (Zeichen 332)



d) Entfernungstafel (Zeichen 453)



### (9) Umleitungsbeschilderung

1. Umleitung außerhalb von Autobahnen

a) Permanente Umleitungen für bestimmte Verkehrsarten

b) Temporäre Umleitungen

2. Bedarfsumleitung für den Autobahnverkehr

### (10) Sonstige Verkehrsführung

1. Umlenkungs-Pfeil

2. Verkehrslenkungstafeln

3. Blockumfahrung

Vorschlag der BAST für Kapitel „Wegweisung“ (§ 42, Abs. 8) mit beispielhaften Abbildungen wichtiger StVO-Zeichen mit wegweisender Funktion

## Sicherer Umweg

### Neuregelungen zu Umleitungsbeschilderungen an Straßen

Umleitungen stellen eine zeitlich befristete oder auf Dauer bestehende Umleitungsmaßnahme für den Verkehr auf öffentlichen Straßen dar. Die Richtlinien für Umleitungsbeschilderungen (RUB) regeln die Ausgestaltung und Aufstellung der Beschilderungen für Umleitungsstrecken. Sie regeln auch das Verhältnis zur wegweisenden Beschilderung nach den Richtlinien für die wegweisende Beschilderung außerhalb von Autobahnen (RWB 2000). Im Zusammenwirken wird so für den Verkehrsteilnehmer eine konsistente und verständliche Verkehrslenkung sichergestellt. In diesem Sinne leisten die RUB einen Beitrag zur Verkehrssicherheit. Die aktuell noch gültigen RUB stammen aus dem Jahr 1992 (RUB 92).

Zwischenzeitlich wurden straßenverkehrsrechtliche und technische Vorschriften geändert (RWB 2000), die Auswirkungen auf die Umleitungsbeschilderung haben. Dies machte eine Überarbeitung der RUB 92 erforderlich.

Mit dieser Aufgabe befasste sich ein Arbeitskreis der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), in dem unter der Leitung der Bundesanstalt für Straßenwesen Vertreter der Länder, des ADAC und betroffener Industrieverbände mitarbeiteten. Nachdem das obligatorische Abstimmungsverfahren durch das BMVBS mit den Ländern und Verbänden abgeschlossen werden konnte, liegen die RUB fertig zur Veröffentlichung vor.

#### Wesentliche Inhalte der neuen RUB

##### Umleitungsbeschilderung außerhalb von Autobahnen

Kleinere, vorübergehend eingerichtete Umleitungen werden durch die folgenden Zeichen beschildert:

Umleitungswegweiser

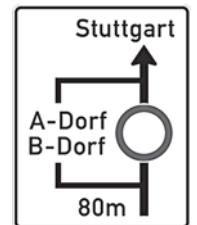


Ende der Umleitung



Eine Ankündigung ist nur dann erforderlich, wenn das Zeichen ansonsten nicht rechtzeitig gesehen wird. Größere Umleitungen hingegen sollen durch eine Planskizze angekündigt werden:

Planskizze



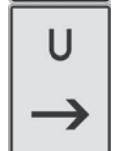
In der Regel weist die Planskizze die Bezeichnung der Umleitungsstrecke aus, wodurch eine eindeutige und verständliche Verkehrsführung für Ortsunkundige gewährleistet werden soll. Je nach Aufstellungsort und Lage zur Störungsstelle enthält die RUB verschiedene Varianten der Planskizze.

Vorübergehende Umleitungsbeschilderungen für bestimmte Verkehrsarten zeichnen sich durch ein Zusatzzeichen aus, das die jeweilige Verkehrsart verdeutlicht:

Vorwegweiser



Wegweiser





## Bestens im Bild

### Autobahn-Informations-System (AIS)

Das Autobahn-Informations-System (AIS) ist eine Bilddatenbank des Bundes, die 1985 im Zusammenwirken mit den obersten Straßenbaubehörden der Bundesländer initiiert wurde und von der BAST fortlaufend aktualisiert und gepflegt wird.

Für eine sichere und zügige Orientierung im Straßennetz ist eine einheitliche, systematisch aufgebaute und inhaltlich konsistente Wegweisung erforderlich. Wegen hoher Fahrgeschwindigkeiten gilt dies für Autobahnen in besonderem Maße.

Deshalb wurden zur Planung, Inventarisierung und Prüfung Bilder der wegweisenden Beschilderung an Autobahnen erfasst und von der BAST in der AIS-Bilddatenbank zusammengestellt. Die Datenbank schließt auch die Bilder der

Rampen und Zulaufstrecken im nachgeordneten Netz mit ein.

Quelle für die Bilder sind Foto- oder Videoaufnahmen. Zum Datenbankumfang gehört ein Steuerprogramm, mit dessen Hilfe die Bilddaten angezeigt und ausgedruckt werden können. Der Zugriff auf die Bilder erfolgt entweder über Auswahl von Autobahnnummer, Richtung, Knotenname oder über Suchfunktionen. Nach Einstieg auf ein Bild kann wie bei einer Fahrt im Autobahnnetz durch Weiterblättern von Bild zu Bild im Netz manövriert werden.

Die Bilddaten der AIS-CD werden sowohl im BMVBS als auch in den Straßenbauverwaltungen der Länder, die für die Planung der Wegweisung zuständig sind, und von Ingenieurbüros für vielfältige Zwecke genutzt. So bildeten zum Beispiel die AIS-Bilddaten die Grundlage für die

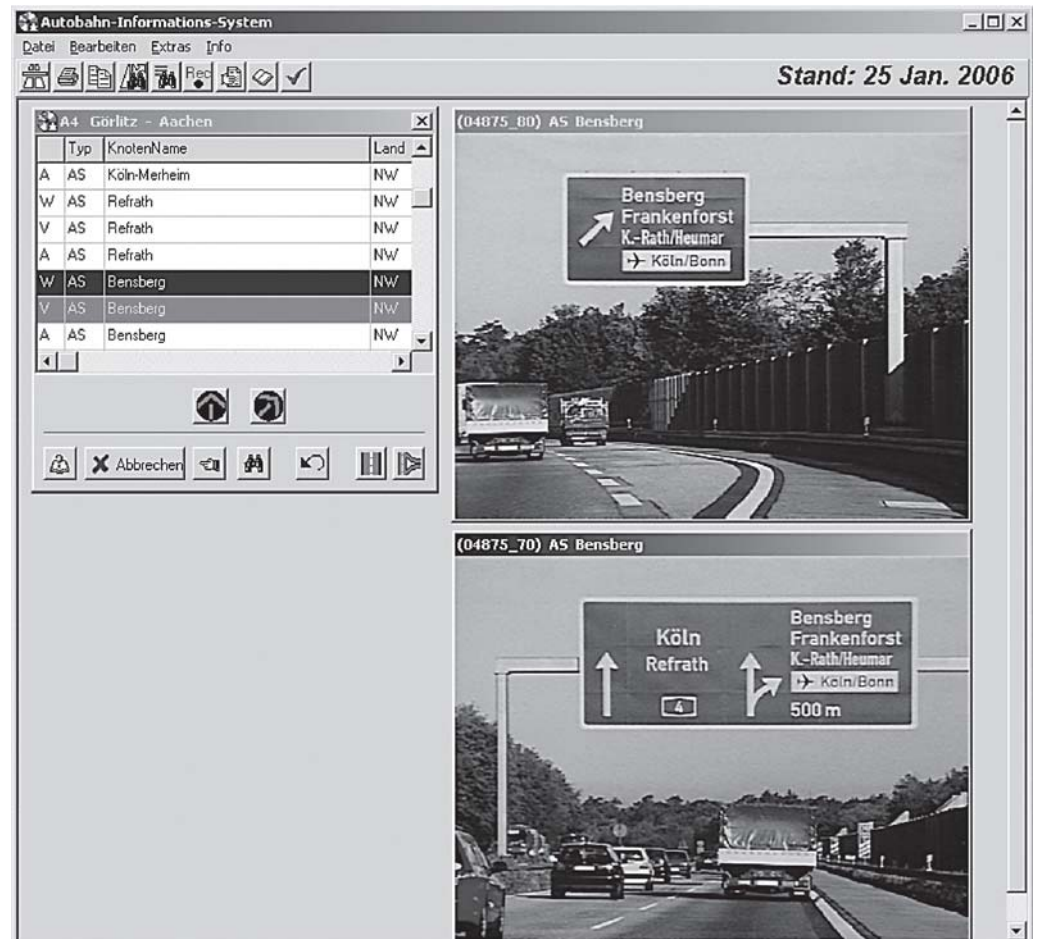


Bild aus dem Autobahn-  
Informations-System



Analyse der BAST zur Fernzielbeschilderung der Fußball-WM-Austragungsorte in der Autobahnwegweisung.

Aufgrund einer Vereinbarung zwischen Bund und Ländern im Jahre 1985 erfolgte eine erste bundesweite Gesamterfassung der wegweisenden Beschilderung auf den Autobahnen durch videotechnische Befahrung der Netzabschnitte. Dabei wurden zunächst die Hauptfahrbahnen mit der typischen Schildfolge "Ankündigungstafel, Vorwegweiser, Wegweiser, Entfernungstafel" aufgenommen. Ergebnis der Erstbefahrung war ein Grunddatenbestand von etwa 12.500 Schildern und Bilddokumenten.

Die AIS-Bilddatenbank besteht heute aus rund 40.000 Bildern und wird inklusive Navigationsprogramm regelmäßig aktualisiert. Da die wegweisende Beschilderung einer regelmäßigen Veränderung unterworfen ist, ist eine permanente Aktualisierung des Bilddatenbestandes notwendig. Hierzu wurde ein Verfahren zwischen Bund und den Ländern vereinbart, das sicherstellt, dass die in der Bundesanstalt für Straßenwesen geführte Datenbank immer einen aktuellen Stand besitzt.

Die Datenbank sowie das AIS-Steuerprogramm werden auf CD-ROM vertrieben. Da die Bilddatenbank kontinuierlich fortgeschrieben wird, kann eine Aktualisierung der AIS-CD(s) durch Kopieren von aktuellen Bilddaten und der dafür erforderlichen Steuer- und Netzdaten von der Homepage der BAST auf die Festplatte erfolgen. Auch das Programm wird kontinuierlich weiterentwickelt.

## Saubere Aktenführung

### Autobahnverzeichnis

Bei der Bundesanstalt für Straßenwesen werden seit 1969 in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und den Straßenbauverwaltungen der Länder aktuelle Informationen zu den Autobahnen in einer Datenbank vorgehalten. Diese Informationen werden regelmäßig aktualisiert und gemäß FStrG §1 (5) als „Autobahnverzeichnis“ bereitgestellt. Auf der folgenden Seite ist die Anfangsstrecke der BAB A3 im Autobahnverzeichnis beispielhaft dargestellt.

Jede Autobahn wird anhand ihres Streckenverlaufes beschrieben. Die Überschrift enthält alle Fernziele zur räumlichen Orientierung. Über der Darstellung der fahrtrichtungsbezogenen Angaben werden die Zielbezeichnungen der Hin- und Rückrichtung für die jeweiligen Endpunkte ausgegeben.

Nicht alle Autobahnen haben einen durchgehenden Streckenverlauf. Die Autobahnen können teilweise unterbrochen sein, weil sie noch nicht fertiggestellt wurden und/oder die Verkehrsführung über das nachgeordnete Straßennetz erfolgt. Derartige Streckenunterbrechungen werden im Autobahnverzeichnis dokumentiert. Hingewiesen wird auch auf Streckenüberlagerungen.

Informationen, die über den dargestellten Streckenverlauf am Anfang oder Ende hinausgehen, werden ebenfalls als Textzeilen ausgegeben. Dazu zählen Fortsetzungen im benachbarten Ausland oder Bauabschnitte, die noch nicht für den Verkehr freigegeben wurden.

Innerhalb der dargestellten Strecken werden alle Knotenpunkte, Nebenanlagen und Nebenbetriebe richtungsbezogen im Streckenverlauf der Autobahnen dargestellt. Dabei werden auch Landes- und

Bundesgrenzen sowie Grenzübergänge berücksichtigt.

Zu den Knotenpunkten auf Bundesautobahnen zählen alle verkehrlichen Verknüpfungen zwischen Autobahnen (Kreuze und Dreiecke), verkehrliche Verknüpfungen mit dem nachgeordneten Straßennetz (AS: Anschlussstellen), Beginn und Ende einer Autobahn (AN: Anschluss) und sonstige Knotenpunkte (Behelfsanschlussstellen und Richtungsanschlüsse). Im Autobahnverzeichnis werden alle Knotenpunkte ausgegeben, die für den Verkehr freigegeben oder im Bau sind. Dazu werden die Meldungen des BMVBS fortlaufend in die Datenbank übernommen.

Im Autobahnverzeichnis werden Meistereibetriebe, die direkt an der Autobahn oder in unmittelbarer Nähe liegen, bezüglich ihrer Lage an der Autobahn im Autobahnverzeichnis richtungsbezogen ausgegeben (km 22,2 im Bild). Datenbasis bilden die Rückmeldungen der Länder. Ebenso werden Autobahnpolizeidienststellen im Autobahnverzeichnis bezüglich ihrer Lage (km 22,1 im Bild) und Zuständigkeit (km 0,0 im Bild) ausgegeben.

Die Autobahnrastanlagen, die über einen direkten Zugang zur Autobahn verfügen, werden im Autobahnverzeichnis je Fahrt-

richtung mit ihrer Bezeichnung, Art und Ausstattung der Anlage sowie dem Betriebskilometer ausgegeben. Dabei werden die Rastanlagen mit Nebenbetrieben wie Tankstelle, Raststätte (km 0,5 im Bild) oder Motel von den unbewirtschafteten Rastanlagen (km 3,6 im Bild) unterschieden.

Autohöfe wie Rastanlagen mit Tankstelle, Raststätte oder Hotel, jedoch ohne direkten Zugang zur Autobahn, werden im Autobahnverzeichnis bei dem Knotenpunkt vermerkt, über welchen sie zu erreichen sind (km 22,2 im Bild).

Im Autobahnverzeichnis werden weiterhin statistische Auswertungen zum aktuellen Stand des Autobahnnetzes vorgelegt. Das Blockverzeichnis und das Verzeichnis der Autobahndienststellen sind ebenfalls im Bericht enthalten.

Die zugrunde liegende Datenbank zum Autobahnverzeichnis bildet darüber hinaus die Grundlage für weitere autobahnbezogene Anwendungen wie die Baustellenverwaltung im Internet des BMVBS.

Anfang der BAB A3 im Autobahnverzeichnis 2004

A 3 (Arnheim) –Emmerich –Oberhausen –Köln –Frankfurt a.Main –Würzburg –Nürnberg –Passau –(Linz)		
Fahrtrichtung (Arnheim) –Passau –Passau –(Arnheim)	A 3 km	Fahrtrichtung Passau –(Arnheim) –(Arnheim) –Passau
Fortsetzung in den Niederlanden als Autobahn A 12		
Bundesgrenze ↓ Autobahnpolizeiwache Wesel	0,0	Bundesgrenze
① Grenzübergang Elten R Elten	0,2 0,5	① Grenzübergang Elten
② Elten PWC Hohe Heide	2,1 3,6	② Elten
③ Emmerich (B 220) P Löwenberger Landwehr	7,3 12,3 14,8	③ Emmerich (B 220) P Hetter
P Millingen	17,9 21,1 22,1	P Kälberweide ☆ Autobahnpolizeiwache Wesel (aus beiden Richtungen erreichbar)
④ Rees (B 67) auch Abfahrt zu einem Autohof	22,2 22,2	④ Rees (B 67) auch Abfahrt zu einem Autohof AM Isselburg (aus beiden Richtungen erreichbar) 46419 Isselburg, ☎ (02674) 2084-5 (Fax: 29124)

## Qualitätsbewertung

Im Rahmen ihres Aufgabenspektrums bewertet die Bundesanstalt für Straßenwesen die Qualität von Dienstleistungen und beurteilt die Qualität von Produkten auf ihren Großversuchsständen und in ihren Labors. Hierzu führt sie Akkreditierungen, Prüfungen, Anerkennungen und Lehrgänge durch.

Nähere Informationen zu diesem Aufgabengebiet der BAST finden Sie im

Internet unter [www.bast.de](http://www.bast.de) unter [<Qualitätsbewertung>](#). Dort sind die jeweiligen Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner für die einzelnen Aufgaben mit ihrer Telefondurchwahl aufgeführt. Alle können auch per E-Mail erreicht werden. Dazu ist der Nachname gefolgt von @bast.de einzugeben. Beispiele: peter-antonin@bast.de oder weinand@bast.de

## Controlling

Die BAST besitzt seit Anfang der neunziger Jahre ein IT-gestütztes Forschungscontrolling, das eine projektbezogene Auswertung, Planung und Steuerung ermöglicht. Das jährliche Berichtswesen umfasst Veränderungen dokumentierende Monats- und Quartalsberichte, einen das vergangene Jahr analysierenden

Controllingbericht sowie ein die Forschungsausrichtungen der kommenden beiden Jahre darstellendes Programmbudget. Im Rahmen des Einführungsprozesses der Kosten-Leistungsrechnung wurde der Produktkatalog der BAST grundlegend angepasst.

## Kosten- und Leistungsrechnung

Die in der Vergangenheit in der BAST betriebene Kostenrechnung beruhte im Wesentlichen auf Tabellenkalkulations-Programmen. Ein automatisierter Ausweis von Produkt- und Projektkosten war mit diesem System nicht möglich. Nach zweijähriger Bearbeitungsdauer wurde 2005 das Fachkonzept zur Weiterentwicklung und Automatisierung der Kosten- und Leistungsrechnung (KLR) in der BAST

fertiggestellt und ein Auftrag zur Einführung einer KLR auf Basis von SAP vergeben. Die Produktivsetzung des Systems soll zum 1. Januar 2007 erfolgen. In das System werden die Funktionalitäten der bestehenden Datenbanken zur Haushaltsaufstellung und -planung, zur Materialbewirtschaftung, zur Anlagenbuchhaltung und zur Projektsteuerung integriert werden.

## Qualitätsmanagement

Im Jahr 1998 wurde ein Qualitätsmanagementsystem (QM-System) in der BAST eingeführt, das an die neue prozess-

orientierte DIN EN ISO 9001:2000 angepasst wurde. Die erarbeiteten 24 Prozessbeschreibungen dokumentieren die Leis-

tungserstellungsprozesse in der BAST umfassend.

Für einige Referate der BAST war es notwendig, auf Basis von Gesetzes- oder Kundenvorgaben zusätzliche Anforderungen zu erfüllen und referatseigene QM-Handbücher zu erstellen.

Das Referat U5 arbeitet als "Akkreditierungsstelle Fahrerlaubniswesen" gemäß DIN EN 45010.

Für die "Zustandserfassung und -bewertung Bundesfernstraßen" im Referat S1 "Grundsatzfragen der Straßenerhaltung" wurde ein Qualitätsmanagementsystem in

Anlehnung an die DIN EN ISO 9001:2000 erarbeitet.

Im Jahr 2005 wurde der Grundstein für die Akkreditierung des Referates F2 "Passive Fahrzeugsicherheit, Biomechanik" gelegt. Die Akkreditierung des Referates F2 durch das Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) und die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) gemäß DIN EN ISO/IEC 17025 steht im Jahr 2006 an.

Die Akkreditierung ist die konsequente Weiterführung der Qualitätsausrichtung der BAST.

## Ideenmanagement

Im Jahr 2005 konnten die Kennzahlen hinsichtlich Anzahl der eingereichten Vorschläge sowie hinsichtlich Anerkennungsquote und Umsetzungsquote im Vergleich zu den Vorjahreszahlen übertroffen werden. Die BAST blickt somit auf ein sehr erfolgreiches Jahr im Ideenmanagement zurück.

Die Arbeitsgruppe (AG) Ideenmanagement informierte die BAST-Beschäftigten im Rahmen der Personalversammlungen über die eingegangenen Vorschläge und die Arbeit in der AG. Auch wurden die Möglichkeiten des Ideenmanagements und die Anforderungen an die einzelnen Beschäftigten insbesondere den neuen Kolleginnen und Kollegen vorgestellt.

In der AG stand in diesem Jahr die Erhöhung der Transparenz des Ideenmanagements und dessen Verfahrensabläufe im Mittelpunkt der Diskussion. Dabei wurde auch die vereinfachte Verfahrensweise bei Vorschlägen aus dem eigenen Arbeitsfeld unter Einbindung des direkten Vorgesetzten als fachlichem Bewerter sowie die Aufklärung und Ein-

reichung von Vorschlägen für Verbesserungen auf der Fachseite thematisiert.

Es wird erwartet, dass dadurch mehr Vorschläge der fachlichen Abteilungen Eingang in das Ideenmanagement der BAST finden.

## Öffentlichkeitsarbeit

Ein wichtiger Bestandteil der Arbeit der BAST besteht darin, ihre Forschungsziele, -ergebnisse und gewonnenen Erkenntnisse neben der breiten Öffentlichkeit und der wissenschaftlichen Fachöffentlichkeit auch Entscheidungs- und Maßnahmeträgern aus Politik und Verwaltung darzustellen. Eine bedeutende Zielgruppe der Öffentlichkeitsarbeit sind die Vertreter der Medien. Einige Beispiele aus der Öffentlichkeitsarbeit im Jahre 2005 sind nachfolgend beschrieben.

In Zusammenarbeit mit der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen präsentierte die BAST am 9. und 10. März im Deutschen Straßenmuseum in Germersheim die Ergebnisse des Verbundprojektes "Leiser Straßenverkehr - Reduzierte Reifen-Fahrbahn-Geräusche". Neben einer Vortragsveranstaltung und einer begleitenden Ausstellung wurden den Teilnehmern im Rahmen einer Exkursion auf dem Hockenheimering Lärmmessungen und Testfahrten gezeigt.

Der Präsident des Eisenbahn-Bundesamtes, Armin Keppel, besuchte am 7. April die BAST zu einem ausführlichen Informationsaustausch. Ihm wurden neben der fahrzeugtechnischen Versuchsanlage die Modellstraße und die Rundlaufprüfanlage der BAST vorgestellt.

Höchstes technisches Niveau und zugleich Meisterleistungen der Ingenieurbaukunst zeigte die Wander-Ausstellung "Straßenbrücken Ingenieur Bau Kunst in Deutschland", die vom 14. April bis 20. Mai in der BAST gezeigt wurde. Die Aus-

stellung wurde vom BMVBS gemeinsam mit der Bundesingenieurkammer initiiert.

Am 28. April nahmen in Deutschland bei insgesamt 6.800 Veranstaltungen mehr als 125.000 Mädchen am "Girls' Day 2005" teil. Die BAST und die benachbarte Autobahnpolizei organisierten gemeinsam für fast 70 Mädchen in neun Workshops einen informativen Überblick über Berufsbilder und Arbeitsplätze bei den Veranstaltern.

Der Verbandsdirektor der Deutschen Verkehrswacht, Michael Hartje, war am 19. Mai zu einem informativen Gespräch über Fragen der Sicherheitsforschung und der Straßenverkehrssicherheit bei der BAST zu Besuch.

Die erste Mitgliederversammlung der "German Construction Technology Plattform (GCTP)" fand am 31. Mai in den Räumen der BAST in Bergisch Gladbach statt. Die GCTP ist die deutsche Plattform der ECTP, der "Europäischen Construction Technology Platform". Sie hat zum Ziel, die Interessen des deutschen Bauwesens bei der Entwicklung europäischer Forschungsprogramme zu vertreten.

Die BAST, der Deutsche Verkehrssicherheitsrat und 25 weitere Partner präsentierten am 18. Juni auf dem Gelände der BAST zum ersten bundesweiten "Tag der Verkehrssicherheit" ein umfangreiches Programm für mehr Sicherheit im Straßenverkehr. Rund 1.500 Besucher informierten sich dabei an 40 Aktionspunkten, vom Fahrzeugcrash bis zur Demonstration eines Rettungseinsatzes.

*Tag der Verkehrssicherheit bei der BAST*



Über 300 nationalen Besucherinnen und Besuchern wurden im Jahre 2005 Aufgaben und Arbeitsweise der BAST bei Vorträgen, Fachgesprächen und Besichtigungen der Großversuchsanlagen erläutert.

Journalisten von Presse, Funk und Fernsehen besuchten die BAST und führten mehr als 50 teils sehr ausführliche Interviews oder luden Experten der BAST als Studiogäste ein.

Neben der externen Kommunikation ist die interne eine weitere wichtige Aufgabe für die Öffentlichkeitsarbeit. In der Bibliothek stehen rund 35.000 Dokumente und elektronische Medien sowie etwa 260 abonnierte Fachzeitschriften zur Verfügung. Diese Medien decken die gesamte Bandbreite des Straßenwesens ab.

## Internationale Zusammenarbeit

Der internationale Erfahrungsaustausch und die Mitwirkung in internationalen Organisationen sind Kernaufgaben der BAST.

### Internationale Organisationen

Im vergangenen Jahr arbeiteten die Wissenschaftler der BAST in 135 Gremien von 28 internationalen Organisationen mit. Der Anteil von Gremien der europäischen und weltweiten technischen Normung lag bei rund 45 %. Mit etwa 33 % der Gremientätigkeit beteiligte sich die Bundesanstalt am weiteren Ausbau des gemeinsamen europäischen Forschungsraums. 19 % der Mitarbeit in internationalen Gremien dienten dem weltweiten Erfahrungsaustausch auf dem Gebiet des Straßenwesens in Organisationen wie PIARC (World Road Association) und OECD (Organization for Economic Cooperation and Development).

### Besucher und Gastwissenschaftler

Insgesamt 711 Gäste aus dem Ausland kamen im Jahr 2005 in die Bundesanstalt für Straßenwesen, um sich auf vielen Arbeitsgebieten über Forschungsergeb-

nisse, laufende und geplante Forschung zu informieren oder an Sitzungen internationaler Organisationen teilzunehmen. Darunter waren 44 Delegationen mit 236 Fachleuten aus 31 Ländern aus der öffentlichen Verwaltung und der Wirtschaft sowie Hochschulvertreter, die sich in der Regel zu eintägigen Informationsveranstaltungen in der BAST aufhielten. Im Jahr 2005 besuchten zwei von Vertretern von FHWA (Federal Highway Administration) und AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) geleitete Delegationen die BAST. Eine Gruppe deutscher Fachleute führte am 14. April ein eintägiges Meeting zum Thema "Traffic Incident Response and Scene Management" durch. Die zweite Veranstaltung fand am 11. Mai zum Thema "Safety Applications of ITS" statt.

An 36 Ausschusssitzungen zu Themen europäischer Forschungskooperation, die im Jahr 2005 in der BAST stattfanden, nahmen 468 Vertreter ausländischer Institute teil.

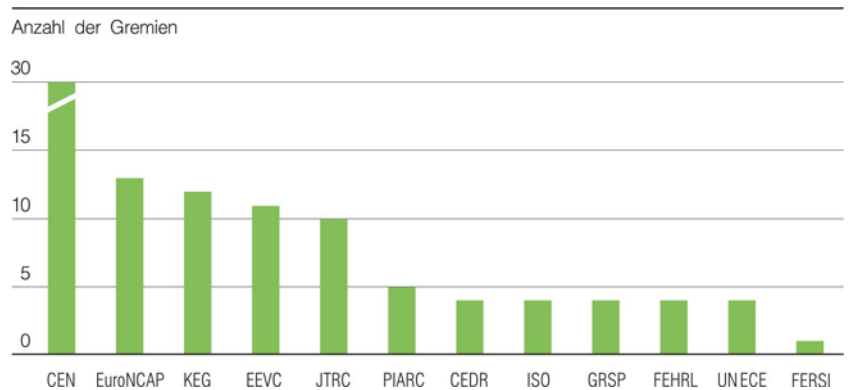
Mehrwöchige Studienaufenthalte nutzten Gastwissenschaftler aus Polen, Rumänien und Japan, um an Themen der Straßen-

verkehrstechnik und -sicherheit sowie der Brücken- und Ingenieurbau-technik zu arbeiten.

Schließlich führte die BAST mit 26 Stellen im Ausland einen Schriftenaustausch durch und kooperierte mit Forschungsinstituten in Israel, Japan, Russland und in der Volksrepublik China auf der Grundlage bilateraler Abkommen.

### EU-Forschung

Im Jahr 2005 wurden in der BAST noch sieben Projekte des V. Forschungsrahmenprogramms bearbeitet. Aus dem VI. Forschungsrahmenprogramm wurden neun Projekte bearbeitet, für sechs weitere Projekte finden Vertragsverhandlungen statt. Darüber hinaus bearbeitet sie neun Untersuchungsaufträge der Europäischen Kommission. Insgesamt hat die BAST zum Stichtag 31.12.2005 42 Projekte und sonstige Aufträge der Europäischen Kommission abgeschlossen und ist an 20 laufenden Untersuchungen beteiligt.



### Mitwirkung der BAST in zwölf ausgewählten internationalen Organisationen (2005)

CEDR	Conference of European Directors of Roads
CEN	Europäisches Komitee für Normung
EEVC	Europäischer Ausschuss für die Verbesserung der Fahrzeugsicherheit
EuroNCAP	European New Car Assessment Programme
FEHRL	Forum der europäischen Institute für Straßenwesen
FERSI	Forum der europäischen Institute für Straßenverkehrssicherheit
GRSP	Groupe de Rapporteurs sur la Sécurité Passive
ISO	Internationale Normenorganisation
JTRC	Joint Transport Research Center
KEG	Kommission der Europäischen Gemeinschaft
PIARC	World Road Association
UN ECE	United Nations Economic Commission of Europe

## Organisation und Aufgaben

Die BAST wird von einem Präsidenten geleitet. Ihm ist die Stabstelle „Forschungscontrolling“ zugeordnet, welche die Forschungsaktivitäten der BAST überwacht. Die Aufgaben sind verteilt auf fünf Fachabteilungen und die Zentralabteilung, die jeweils in Referate untergliedert sind. Und dies sind ihre Aufgaben:

### Zentralabteilung

Forschungsprogramme sind zu entwickeln und die internen und externen Forschungsaktivitäten zu koordinieren. Die internationale Zusammenarbeit mit ausländischen Organisationen und Institutionen gewinnt zunehmend an Bedeutung. Die Forschungsergebnisse werden in verschiedenen Medien veröffentlicht. Die Fachaufgaben der BAST sind mit modernen IT-Verfahren zu unterstützen. Organisatorische, personelle und haushaltstechnische Angelegenheiten sind zu koordinieren.

### Verhalten und Sicherheit im Verkehr

Risikofaktoren und -gruppen müssen erkannt werden. Für spezielle Zielgruppen sind Sicherheitskonzeptionen zu entwickeln, Maßnahmen und Schulungsprogramme auf Wirkung zu prüfen. Verkehrsmedizinische und verkehrspsychologische Aspekte sind dabei zu berücksichtigen, das Rettungswesen ist weiter zu optimieren.

### Straßenverkehrstechnik

Straßen müssen sicher und umweltgerecht gestalten werden, das vorhandene Straßennetz effizient genutzt und die Verkehrsqualität durch neue Techniken und

Konzepte erhalten werden. Verkehrszeichen sollen leicht erkennbar, Schutz- und Leiteinrichtungen sicher und dauerhaft sein. Der Betriebsdienst soll die Straße erhalten und den Verkehr sicher gestalten. Es gilt, die Umweltbelastung durch den Verkehr zu reduzieren.

### Fahrzeugtechnik

Die aktive und passive Sicherheit von Fahrzeugen steht hier im Vordergrund der Forschung. Die BAST beurteilt moderne Techniken, die den Fahrern helfen sollen, den komplexen Verkehr besser zu bewältigen. Geräusch- und Abgasemissionen durch den motorisierten Verkehr sollen vermindert, umweltschonende Techniken weiterentwickelt werden.

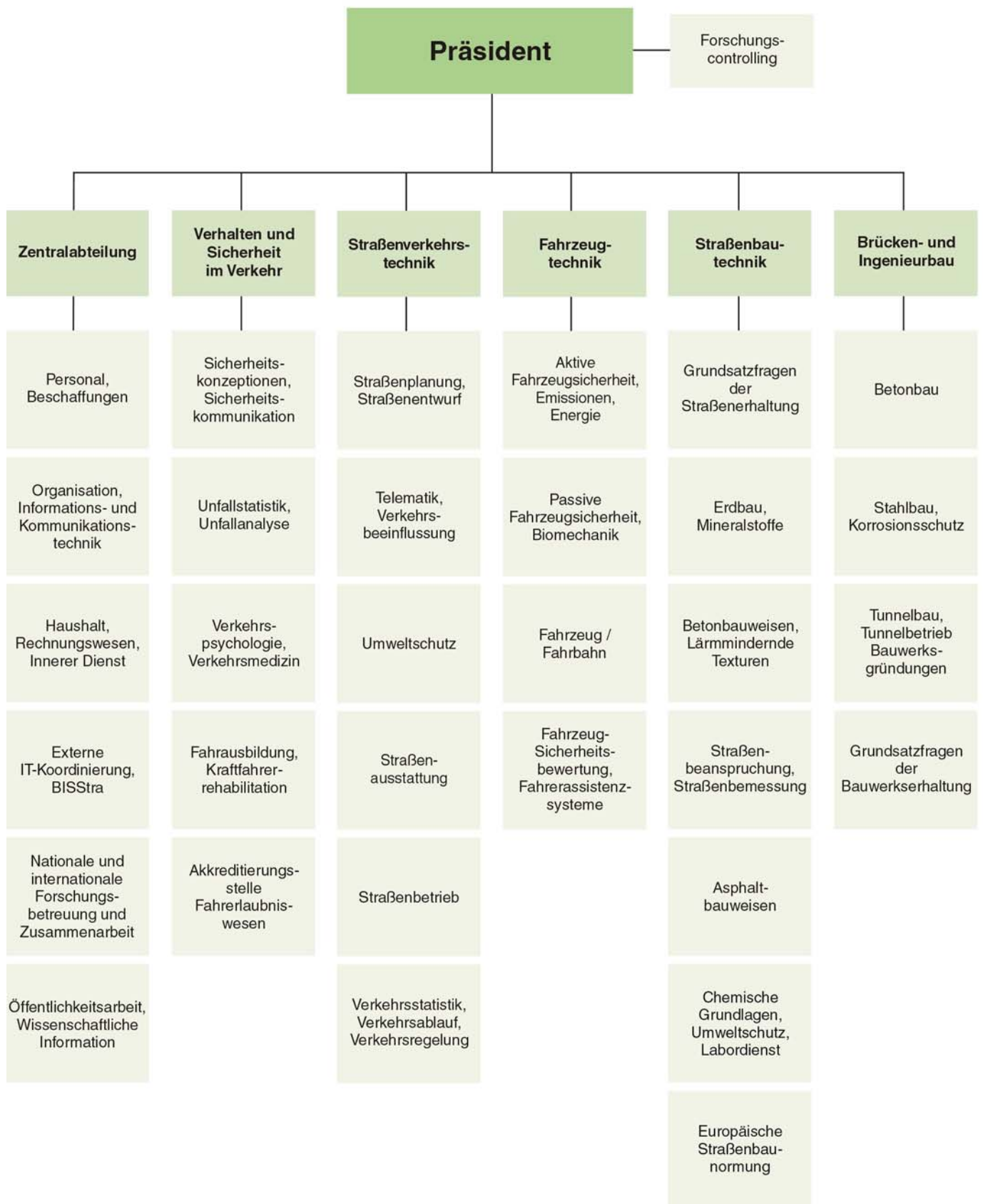
### Straßenbautechnik

Hohe Achslasten und steigender Lkw-Verkehr beanspruchen die Straßen immer mehr. Deshalb sind Bauweisen für Straßeneinfestigungen und Maßnahmen zu deren Erhaltung technisch und unter wirtschaftlichen Aspekten weiter zu entwickeln. Hochwertige natürliche Baustoffe und Recycling-Materialien sind dabei einzusetzen. Lärmindernde Straßenoberflächen müssen weiter verbessert, die finanziellen Mittel dabei optimal eingesetzt werden.

### Brücken- und Ingenieurbau

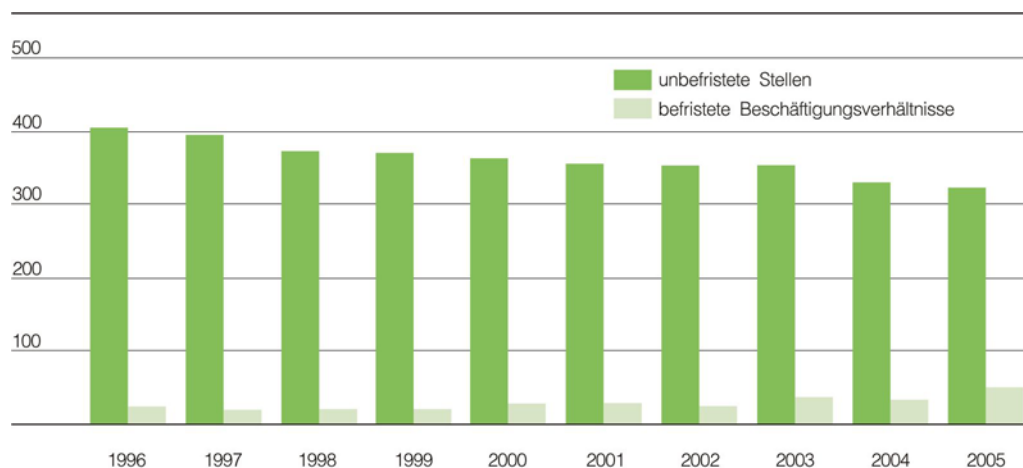
Wichtige Bestandteile der Straße sind Brücken und Tunnel. Die BAST arbeitet an der Entwicklung von Verfahren zur Verbesserung der Dauerhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit und forscht, um Schäden rechtzeitig zu erkennen, sie durch gezielte Maßnahmen zu beheben und die Erkenntnisse beim Bau neuer Brücken und Tunnel zu berücksichtigen.



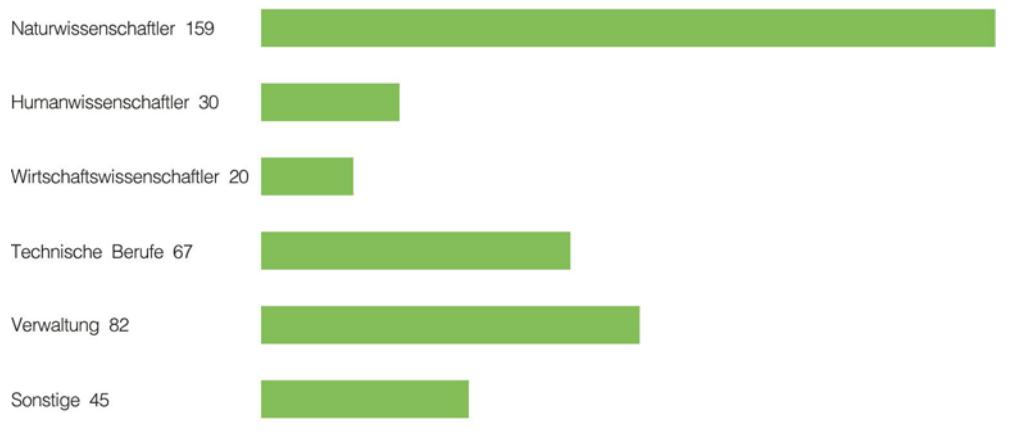


## Personal

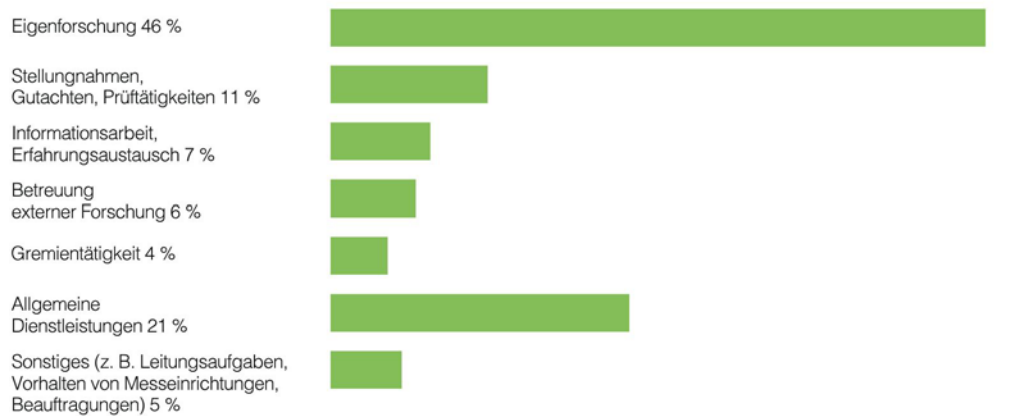
Entwicklung der  
Stellenzahl in der BAST



Beschäftigte nach  
Berufsgruppen



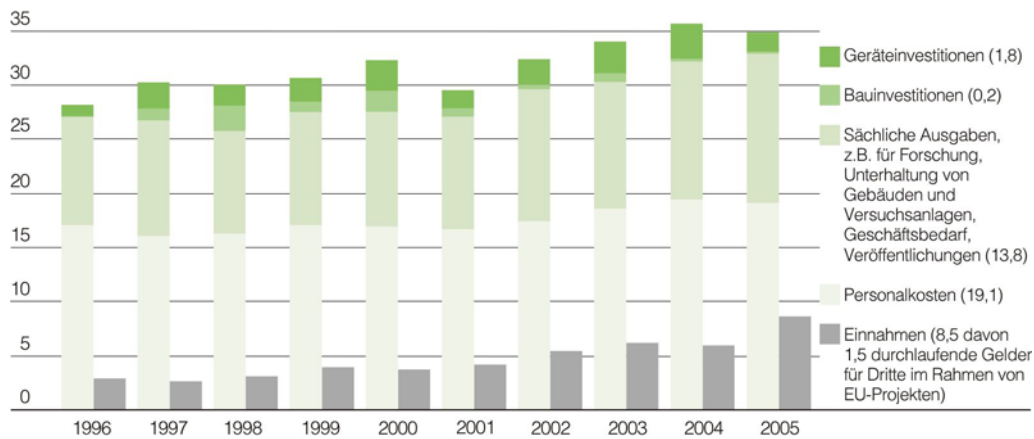
Personalkapazitäten nach  
Tätigkeiten



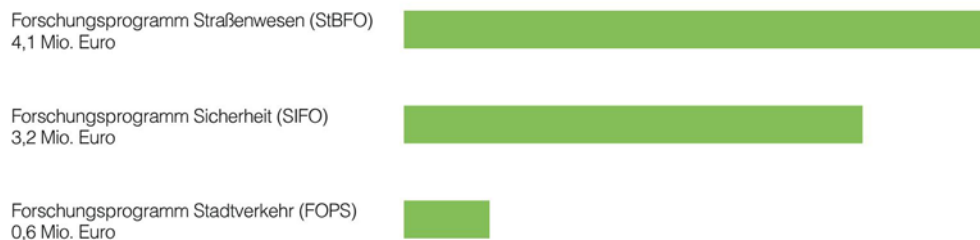
Ausbildungsplätze  
in der BAST

Die BAST ist auch Ausbildungsbetrieb. Im Jahr 2005 wurden 21 Jugendliche in verschiedenen Berufen ausgebildet: als Baustoffprüfer, Kommunikationselektroniker - Fachrichtung Informationstechnik, Chemielaboranten, Fachangestellte für Medien und Informationsdienste, Metallbauer und Verwaltungsfachangestellte.

## Finanzen



*Ausgaben und Einnahmen der BAST, Zahlenangaben in Klammern für 2005 in Millionen Euro*



*Ausgaben für Forschungsprogramme*

### Projekte und Aufträge in 2005

- Bearbeitung von eigenen Forschungs- und Entwicklungsprojekten: 140 Projekte wurden abgeschlossen, 125 neu begonnen
- Bearbeitung von externen Forschungsprojekten: 97 externe Projekte wurden abgeschlossen, 112 neu vergeben
- Erarbeitung von Stellungnahmen/Gutachten: 532 für das BMVBS, 415 für Dritte
- rund 800 Prüfaufträge wurden für Dritte gefertigt

### Gremientätigkeit in 2005

- Mitarbeit in 140 internationalen und 413 nationalen Gremien
- Leitung von 5 internationalen und 76 nationalen Gremien

## Forschung

	2002	2003	2004	2005
allgemeine Anfragen	7.300	6.600	6.150	4.300
Pressekontakte	500	550	830	900
wissenschaftliche Vorträge und Veröffentlichungen	444	486	472	562
Seitenanfragen	1.700.000	1.800.000	2.300.000	2.300.000
BAST-Internetangebot				
Versand von Infomaterial	983.000	490.000	836.000	404.000

## Information

### **Autobahnwegweisungs- Informations-System AIS**

**Sabine Fürneisen 02204 43-566**

Für eine sichere und zügige Orientierung im Straßennetz ist eine einheitliche, systematisch aufgebaute und inhaltlich konsistente Wegweisung erforderlich. Wegen hoher Fahrgeschwindigkeiten gilt dies für Autobahnen in besonderem Maße. Deshalb wurden zum Zwecke der Planung, Inventarisierung und Prüfung die farbigen Bilder der wegweisenden Beschilderung an Autobahnen einschließlich der Verbindungsrampen und Zufahrten im nachgeordneten Netz erfasst und von der BAST in einer Bilddatenbank zusammengestellt. Aus der Datenbank lässt sich das Autobahnwegweisungs-Informationssystem (kurz: AIS) erstellen, welches das virtuelle Durchfahren der Autobahnen von Wegweiser zu Wegweiser ermöglicht.

### **Bundesinformationssystem Straße BISStra**

**Klaus-Peter Schwartz 02204 43-271**

Der Bestand der Bundesfernstraßen und Ingenieurbauwerke, deren Konstruktionsdetails und Zustand sind heute ebenso informationstechnisch erfasst wie die Belastung der Straßen und Bauwerke durch den Verkehr oder die Zahl der Verletzten und Getöteten. Um diese Daten für die Planung, Verwaltung und Forschung nutzen zu können, wurde BISStra entwickelt. Es unterstützt das BMVBS und die BAST bei der Lösung der vielfältigen Verwaltungs- und Forschungsaufgaben.

### **Internationale Fachliteratur- datenbank ITRD**

**Helga Trantes 02204 43-336,**

**Jörg Fischer 02204 43-335**

Die International Transport Research Documentation (ITRD) ist eine bibliographische Datenbank, die den welt-

weiten Austausch von Informationen zum Straßenverkehr und Transportwesen über wissenschaftliche und technische Literatur sowie laufende Forschungsprojekte ermöglicht. Die Datenbank ist Teil des Programms für Straßentransport und verkehrsträgerübergreifende Forschung (RTR) der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD). Seit 1972 wird Literatur aus über 30 Staaten nachgewiesen.

### **Objektkatalog für das Straßen- und Verkehrswesen OKSTRA®**

**Alfred Stein 02204 43-354**

OKSTRA ist ein Katalog mit Definitionen von Objekten des Straßen- und Verkehrswesens. Sämtliche Objekte, die für die Analyse, die Planung, den Bau und den Betrieb einer Straße notwendig sind, wurden auf der Grundlage ihrer fachlichen Regelwerke beschrieben. Unter Federführung der BAST waren an der Entwicklung von OKSTRA zehn Firmen beteiligt, die von Experten aus den Straßen- und Verkehrsverwaltungen der Länder sowie der Industrie beraten wurden. OKSTRA ist vom BMVBS für den Bereich der Bundesfernstraßen als verbindlicher Standard eingeführt.

### **Verkehrszeichen und Symbole**

**Wolfgang Tautz 02204 43-562**

Die Datensammlung Verkehrszeichen und Symbole enthält Digitaldaten aller amtlichen Verkehrszeichen und Symbole. Sie entsprechen den vom BMVBS eingeführten Vorschriften und Regelwerken nach dem Verkehrszeichenkatalog 1992. Die Datensammlung wird von der BAST gepflegt.

Zu allen Datenbanken und Datensammlungen finden Sie weitere Informationen im Internet [www.bast.de](http://www.bast.de) unter [<Fachthemen>](#).

## Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

### Unterreihe „Allgemeines“

A 28 Jahresbericht 2004  
(kostenlos)

### Unterreihe „Brücken- und Ingenieurbau“

B 47 Gussasphaltbeläge auf Stahlbrücken  
B. Steinauer, K. Scharnigg

### Unterreihe „Fahrzeugtechnik“

F 52 Intelligente Rückhaltesysteme  
V. Schindler, M. Kühn, H. Siegler

F 53 Unfallverletzungen in Fahrzeugen mit Airbag  
W. Klanner, R. Ambos, H. Paulus, T. Hummel,  
K. Langwieder, H.-J. Köster

F 54 Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern durch  
rechts abbiegende Lkw  
W. Niewöhner, F. A. Berg

F 55 1. Internationale Konferenz ESAR „Experten-  
symposium Accident Research“  
Accident Research Unit at Hannover Medical School  
(MHH), Federal Highway Research Institute (BASt),  
Research Association of German Car Manufactures,  
Frankfurt/Main FAT), University of Technology, Dresden

### Unterreihe „Mensch und Sicherheit“

M 165 Förderung der Verkehrssicherheit durch  
differenzierte Ansprache junger Fahrerinnen und  
Fahrer  
R. Hoppe, A. Tekaas, L. Woltring

M 166 Förderung des Helmtragens bei radfahrenden  
Kindern und Jugendlichen  
D. Schreckenber, S. Schlittmeier, A. Ziesenitz

M 167 Fahrausbildung für Behinderte  
B. Zawatzky, I. Dorsch, B. Langfeldt, R. Lempp,  
A. Mischau

M 168 Qualität der Fahrerlaubnisprüfung  
J. Bönninger, D. Sturzbecher

M 169 Risikoanalyse von Massunfällen bei Nebel  
G. Debus, D. Heller, M. Wille, E. Dütschke,  
M. Normann, L. Placke, H. Wallentowitz, D. Neunzig,  
A. Benmimoun

M 170 Integratives Konzept zur Senkung der Unfallrate  
junger Fahrer und Fahrerinnen  
J. Stiensmeier-Pelster

M 171 Kongressbericht 2005 der Deutschen Gesellschaft  
für Verkehrsmedizin e. V.  
B. Madea

M 172 Das Unfallgeschehen bei Nacht  
M. Lerner, M. Albrecht, C. Evers

M 173 Kolloquium „Mobilitäts-/Verkehrserziehung in der  
Sekundarstufe“  
Beiträge des Kolloquiums am 6. Dezember 2004 in  
der BASt in Zusammenarbeit mit dem ADAC e.V. und  
dem DVR e.V.

M 174 Verhaltensbezogene Ursachen schwerer Lkw-Unfälle  
C. Evers, K. Auerbach

### Unterreihe „Straßenbau“

S 37 Verbundprojekt „Leiser Straßenverkehr -  
Reduzierte-Reifen-Fahrbahn-Geräusche“  
Projektgruppe „Leiser Straßenverkehr“

S 38 Beschleunigung und Verzögerung im Straßenbau  
Referate eines Forschungsseminars der Universität  
des Saarlandes und des Arbeitsausschusses  
„Straßenrecht“ der FGSV am 27./28. September 2004  
in Saarbrücken Projektgruppe „Leiser  
Straßenverkehr“

S 39 Optimierung des Triaxialversuchs zur Bewertung  
des Verformungswiderstandes von Asphalt  
P. Renken, St. Büchler

S 40 39. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im  
Straßenbau  
Niederschrift der 39. Tagung am 5. und 6. Mai 2004  
in Werningerode

S 41 Chemische Veränderungen von Geotextilien unter  
Bodenkontakt  
H. F. Schröder

S 42 Veränderung von polymermodifizierten Bitumen  
(PmB) nach Alterung mit dem RTFOT - und RFT-  
Verfahren  
T. Wörner, G. Metz

S 43 Eignung frostempfindlicher Böden für die  
Behandlung mit Kalk  
W. Krjewaki, O. Kuhl

S 44 30 Jahre Erfahrungen mit Straßen auf wenig  
tragfähigem Untergrund  
M. Bürger, J. Blossfeld, K.-H. Blume, R. Hillmann

### Unterreihe „Verkehrstechnik“

V 119 Alternative Methoden zur Überwachung der  
Parkdauer sowie zur Zahlung der Parkgebühren  
M. Boltze, P.K. Schäfer, J. Wohlfarth

V 120 Fahrleistungserhebung 2002 - Begleitung und  
Auswertung, Band 1: Inländerfahrleistung 2002  
H. Hautzinger, W. Stock, K. Mayer, J. Schmidt,  
D. Heidemann

V 121 Fahrleistungserhebung 2002 - Begleitung und  
Auswertung, Band 2: Inlandfahrleistung und  
Unfallrisiko  
H. Hautzinger, W. Stock, J. Schmidt

- V 122 **Untersuchungen zu Fremdstoffbelastungen im Straßenseitenraum**  
F. Beer, S. Herpetz, K. Moritz, A. Peters, G. Saltzmann-Koscke, U. Tegethof, H. Wirtz
- V 123 **Straßenverkehrszählung 2000 - Methodik**  
N. Lensing
- V 124 **Verbesserung der Radverkehrsführung an Knoten**  
W. Angenendt, A. Blase, D. Klöckner, T. Bonfranchi-Simović, E. Bozkurt, T. Buchmann, R. Roeterink
- V 125 **PM<sub>10</sub>-Emissionen an Außerortsstraßen - mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM<sub>10</sub>-Konzentrationen aus Messungen an der A1 Hamburg und Ausbreitungsberechnungen**  
Düring, R. Böisinger, A. Lohmeyer
- V 126 **Anwendung von Sicherheitsaudits an Stadtstraßen**  
R. Baier, S. Heidemann, A. Klemps, H. H. Schäfer, L. Schuckließ
- V 127 **Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2003**  
Fitschen, I. Kofmann
- V 128 **Qualitätsmanagement für Lichtsignalanlagen - Sicherheitsüberprüfung vorhandener Lichtsignalanlagen und Anpassung der Steuerung an die heutige Verkehrssituation**  
M. Boltze, A. Reusswig
- V 129 **Modell zur Glättewarnung im Straßenwinterdienst**

H. Baldelt, J. Breitstein

- V 130 **Fortschreibung der Emissionsdatenmatrix des MLuS 02**  
H. Steven
- V 131 **Ausbaustandard und Überholverhalten auf 2+1-Strecken**  
B. Friedrich, W. Dammann, M. Irzik
- V 132 **Vernetzung dynamischer Verkehrsbeeinflussungssysteme auf Ringstrukturen überörtlicher Straßen und städtischen Verkehrsnetzen unter Einsatz dynamischer, kollektiver Wechselverkehrszeichen**  
M. Boltze, Chr. Breser

Kostenpflichtig zu beziehen bei:  
Wirtschaftsverlag NW  
Postfach 10 11 10  
27511 Bremerhaven  
Telefon 0471 94544-0, Fax 94544-88  
E-Mail: [vertrieb@nw-verlag.de](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
[www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

## Wissenschaftliche Informationen der Bundesanstalt für Straßenwesen

- |   |  |
|---|--|
| 01/05 Referenzdatenbank Rettungsdienst Deutschland  | 13/05 Kompetenzerwerb im Umgang mit Fahrerinformationssystemen                                     |
| 02/05 Risikoorientierte Prämiendifferenzierung in der Kfz-Haftpflichtversicherung                   | 14/05 Standgeräuschmessung an Motorrädern im Verkehr und bei der Hauptuntersuchung nach § 29 StVZO |
| 03/05 Bestandsaufnahme und Möglichkeiten der Weiterentwicklung von Car-Sharing                      | 15/05 Einsatz neuer Materialien zur Sicherung von Arbeitsstellen kürzerer Dauer                    |
| 04/05 Grundlagen streckenbezogener Unfallanalysen auf Bundesautobahnen                              | 16/05 Unfallgeschehen mit schweren Lkw über 12 t   |
| 05/05 Entwicklung der Anzahl Schwerstverletzter in Folge von Straßenverkehrsunfällen in Deutschland | 17/05 Gurte, Kindersitze, Helme und Schutzkleidung - 2004  |
| 06/05 Standorte für Grünbrücken   |  |
| 07/05 Temperaturmessungen an Fahrbahntafeln   |  |
| 08/05 Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern an Kreuzungen durch rechts abbiegende Lkw            |  |
| 09/05 Verkehrsteilnahme und -erleben im Straßenverkehr bei Krankheit und Medikamenteneinnahme       |  |
| 10/05 Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland 2003                  |  |
| 11/05 Seitenairbag und Kinderrückhaltesysteme   |  |
| 12/05 Überprüfung der Grenzwerte für die Dämmerungssehstärke  |  |

Kostenlos zu beziehen bei:  
Bundesanstalt für Straßenwesen  
Brüderstraße 53  
51427 Bergisch Gladbach  
Telefon 02204 43-0  
Telefax 02204 43-694  
E-Mail [info@bast.de](mailto:info@bast.de)  
[www.bast.de](http://www.bast.de)

## Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

### Unterreihe „Allgemeines“

A 1: Tätigkeitsbericht 1992 56 Seiten, 1993	kostenlos	A 20: BAST Research 1997/98 135 Seiten, 1997	kostenlos
A 2: Arbeitsprogramm 1993 432 Seiten, 1993	vergriffen	A 21: Tätigkeitsbericht 1997 64 Seiten, 1998	kostenlos
A 3: Verzeichnis der Veröffentlichungen 1970 bis 1992 44 Seiten, 1993	vergriffen	A 22: 50 Jahre Bundesanstalt für Straßenwesen 60 Seiten, 2001	vergriffen
A 4: Straßen- und Verkehrsforschung in der ehemaligen DDR von G. Krumnow, S. Pech und K.-D. Affeldt 140 Seiten, 1993	vergriffen	A 23: Festveranstaltung 50 Jahre BAST 5. Mai 2001, Bergisch Gladbach 102 Seiten, 2001	kostenlos
A 5: Sicherheitsforschung Straßenverkehr - Programm 1993/94 68 Seiten, 1994	kostenlos	A 24: Symposion 2002 BAST-Forschung Referate des Symposions 2002 der Bundesanstalt für Straßenwesen im April 2002 in Bergisch Gladbach 48 Seiten, 2002	Euro 11,50
A 6: Tätigkeitsbericht 1993 64 Seiten, 1994	kostenlos	A 25: Die Straße im Spannungsfeld von Sicherheit, Ökologie und Ökonomie - deutsch-russische Erfahrungen Autorenteam unter Leitung von K.-H. Lenz und V. N. Lukanin 382 Seiten, 2002	Euro 32,00
A 7: Forschungsprogramm der BAST 1994 152 Seiten, 1994	vergriffen	A 26: Jahresbericht 2002 76 Seiten, 2003	vergriffen
A 8: Kunst am Bau 48 Seiten, 1994	kostenlos	A 27: Jahresbericht 2003 92 Seiten, 2004	kostenlos
A 9: Tätigkeitsbericht 1994 72 Seiten, 1995	kostenlos	A 28: Jahresbericht 2004 96 Seiten, 2005	kostenlos
A 10: Verzeichnis der Veröffentlichungen 1970 bis 1994 48 Seiten, 1995	vergriffen	A 29: 2. Deutsch-Russische Verkehrssicherheits- konferenz Referate der Konferenz am 27. und 28. Mai 2004 in Dresden 126 Seiten, 2005	Euro 18,50
A 11: Forschungsprogramm der BAST 1995 256 Seiten, 1995	kostenlos	A 30: Jahresbericht 2005 92 Seiten, 2006	kostenlos
A 12: Symposium '96 BAST-Forschung 66 Seiten, 1996	Euro 13,00		
A 13: Tätigkeitsbericht 1995 116 Seiten, 1996	kostenlos		
A 14: Forschungsprogramme der BAST 1996 180 Seiten, 1996	vergriffen		
A 15: Verzeichnis der Veröffentlichungen 1970 bis 1996 56 Seiten, 1997	vergriffen		
A 16: Tätigkeitsbericht 1996 68 Seiten, 1997	kostenlos		
A 17: Symposion '97 - Mensch und Sicherheit 48 Seiten, 1997	Euro 10,50		
A 18: Forschungsprogramm Straßenverkehrssicherheit 1997/98 56 Seiten, 1997	vergriffen		
A 19: BAST-Forschung 1997/98 138 Seiten, 1997	kostenlos		

---

Zu beziehen durch:  
Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10  
D-27511 Bremerhaven  
Telefon: 0471 94544-0  
Telefax: 0471 94544-88  
E-Mail: [vertrieb@nw-verlag.de](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)