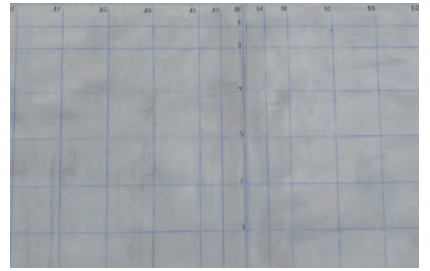
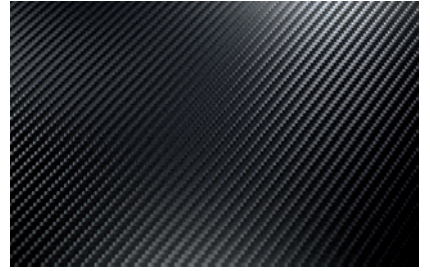


# Jahresbericht 2013 / 2014

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Allgemeines Heft A 37



**bast**

# **Jahresbericht 2013 / 2014**

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Allgemeines Heft A 37**

**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 fotomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

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

Carl Schünemann Verlag GmbH,  
Zweite Schlachtpforte 7,  
D-28195 Bremen,  
Telefon 0421 36903-53, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst Forschung kompakt berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

**Herausgeber:**

Bundesanstalt für Straßenwesen  
Brüderstraße 53  
D-51427 Bergisch Gladbach  
Telefon 02204 43-0  
Telefax 02204 43-674  
www.bast.de  
info@bast.de

**Konzept und Redaktion:**

Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

**Gestaltung:**

Christopher Gerhard (BAST)

**Redaktionsschluss:** Dezember 2014

**Bildnachweis:**

Bundesanstalt für Straßenwesen, Guido Rosemann (BAST), Seite 3 BMVI, Seite 8/9 © torsakarín - Fotolia.com, Seite 26/27 © tiero - Fotolia.com, Seite 50/51 © Kurt Kleemann - Fotolia.com, Seite 76/77 © Roman SigaeV - Fotolia.com, Seite 116/117 © surawutob - Fotolia.com, Seite 146/147 © donatas1205 - Fotolia.com und wie ausgewiesen

**Druck und Verlag:**

Fachverlag NW in der  
Carl Schünemann Verlag GmbH  
Zweite Schlachtpforte 7  
D-28195 Bremen  
Telefon 0421 36903-53  
Telefax 0421 36903-48  
Internet: www.nw-verlag.de

ISSN 0943-9285

ISBN 978-3-95606-158-5

Bergisch Gladbach, April 2015

## Grußwort

Um den Straßenverkehr in Deutschland weiterhin sicher gestalten und aufrecht erhalten zu können, braucht es anwendungsnahe Forschung in den unterschiedlichen Fachdisziplinen des Straßenwesens. In Deutschland gibt es neben der Bundesanstalt für Straßenwesen kein zweites Forschungsinstitut auf diesem Gebiet, in dem sämtliche Disziplinen zu Hause sind: Fahrzeugtechnik ebenso wie Straßenverkehrs- und -bautechnik, Brücken- und Ingenieurbau in enger Verzahnung mit der Unfallforschung und der wissenschaftlichen Erkenntnis zum menschlichen Verhalten im Straßenverkehr. Eine bedarfsgerechte Verkehrspolitik und der Wille zur Verbesserung der Verkehrssicherheit setzt eine objektive wissenschaftliche Fachexpertise voraus.

Die BAST hält Schritt mit der Industrie, geht neue Wege und befasst sich intensiv mit neuen Technologien. Ich möchte an dieser Stelle ein Beispiel aus der Fahrzeugtechnik aufgreifen: die Fahrzeugsicherheitssysteme. Auf dem Weg zum automatisierten Fahren wächst die Zahl der zur Verfügung stehenden Fahrerassistenzsysteme stetig. Um diese zu validieren, bedarf es grundlegender Forschung und einheitlicher Prüfmechanismen, nicht zuletzt um den Verbrauchern Hilfestellung im Dschungel der Assistenten zu geben. Die BAST beobachtet nicht nur die Marktdurchdringung, sondern stellt hier – als Teil eines großen internationalen Forschungsnetzwerks – die Weichen für die Zukunft.

Erstklassige Fahrzeuge verlangen nach erstklassigen Straßen. Der hohe Standard des deutschen Infrastrukturnetzes muss aufrechterhalten werden. Der prognostizierte Verkehrszuwachs im Personen- und Güterverkehr muss bewältigt werden. Hier gilt es, nicht nur effektive und wirtschaftliche, sondern auch umweltfreundliche Methoden zu entwickeln, um das Straßennetz gegen immer höhere Belastungen zu wappnen.



Dabei sind es nicht immer nur die grundsätzlichen und nachhaltigen Lösungen, die im Fokus der Forschungsarbeit der BAST stehen – manchmal verlangt das Bundesverkehrsministerium nach innovativen und schnell umsetzbaren Maßnahmen. So entwickelte die BAST beispielsweise ein Schnellreparatursystem für Betonstraßen. Mit dieser Instandsetzungsmethode, die sich derzeit in der Erprobung befindet, könnten in Zukunft Schäden an Betonfahrbahnen deutlich ökonomischer und ökologischer als bislang beseitigt werden.

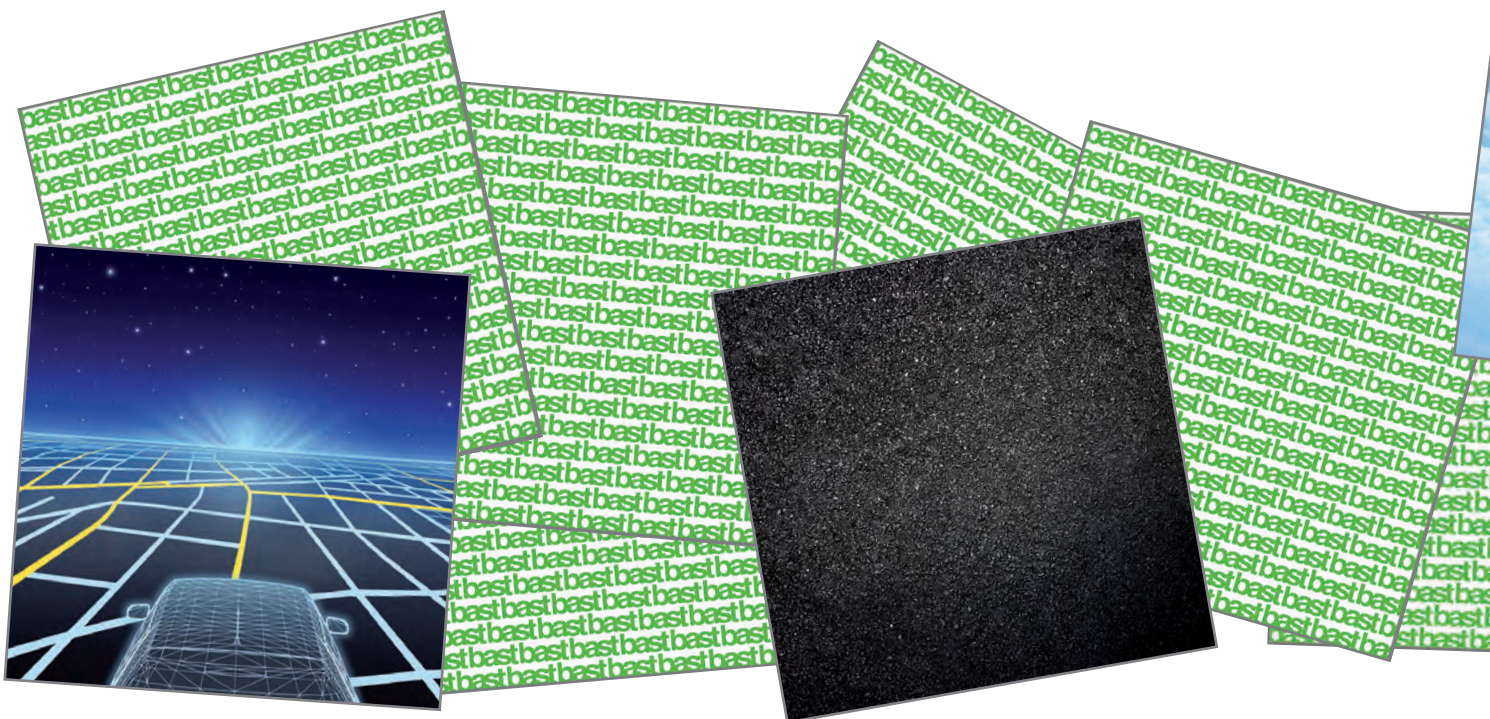
Ich danke allen Beschäftigten der BAST für ihr Engagement und freue mich auf eine weiterhin gute Zusammenarbeit in der Zukunft. Allen Leserinnen und Lesern wünsche ich ein kurzweiliges Studium des Jahresberichts 2013/2014.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Rainer Bomba'. The signature is fluid and cursive, written over a light blue horizontal line.

Rainer Bomba  
Staatssekretär im Bundesministerium für  
Verkehr und digitale Infrastruktur

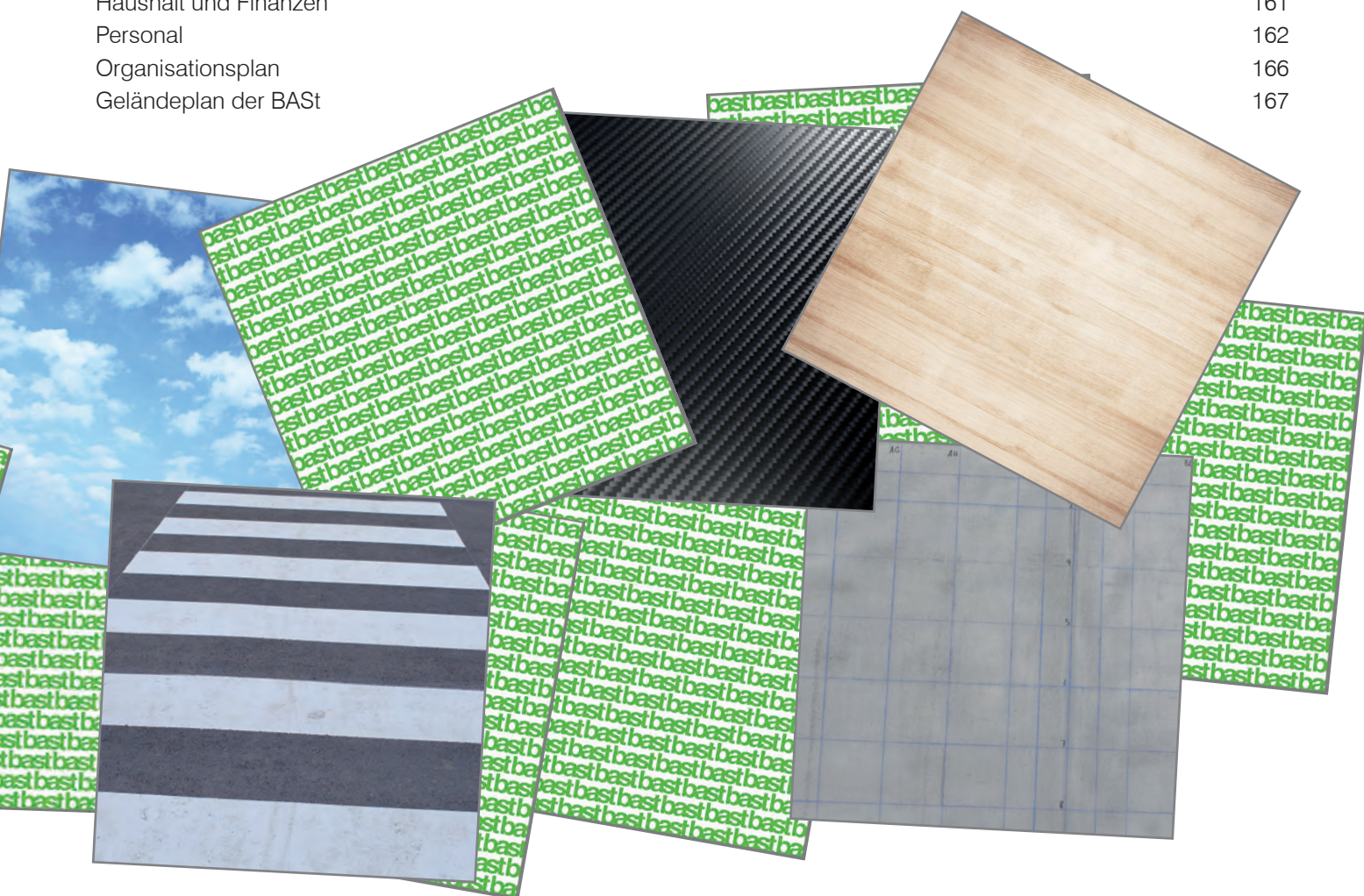


<b>Einführung</b>	<b>6</b>
<b>Verkehrssicherheit: Der Mensch im Mittelpunkt</b>	<b>8</b>
Alkoholkonsum bei Kindern und Jugendlichen und Verkehrssicherheit	10
Psychische Folgen von Verkehrsunfällen	14
Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahrereignung	16
Alkohol Interlocks und Rehabilitation alkoholauffälliger Kraftfahrer	18
Radfahrer: Maßnahmen gegen „Tote-Winkel“-Unfälle	21
<b>Fahrzeugtechnik: Neue Systeme und Wege</b>	<b>26</b>
Radfahrer-Pkw-Unfälle	28
Testverfahren für automatische Notbremssysteme zum Fußgängerschutz	31
Elektromobilität: Akzeptanz und Sicherheit	33
Marktdurchdringung von Fahrzeugsicherheitssystemen	39
DRIVE C2X – Europäischer Feldversuch zu Kooperativen Verkehrssicherheitssystemen	43
Kamera-Monitor-Systeme statt Außenspiegel	48
<b>Verkehrstechnik: Konzepte, Maßnahmen und Statistik unter der Lupe</b>	<b>50</b>
Feldversuch mit Lang-Lkw: Zwischenbericht	52
Verkehrslenkung und Navigation – Wie passt das zusammen?	57
Fahrleistungserhebung 2014	60
Volkswirtschaftlicher Nutzen neuer Landstraßenquerschnitte	64
Sicherheitsanalysen im Verkehrsnetz: TEN-T (Roads)	67
Europäische Normung für den Winterdienst	70
Digitale Bildanalyse von Nachstrommittelgemischen	73
<b>Umwelt: Lebensraum schützen und Straßenverkehr nachhaltig gestalten</b>	<b>76</b>
Leiser Straßenverkehr 3: interdisziplinäre Forschung gegen Straßenverkehrslärm	78
Artenschutz beim Bau und Betrieb von Bundesfernstraßen	83
Mobiles Messsystem zur Luftschadstoffdatenaufnahme	87
Überprüfung des Abgasverhaltens von Fahrzeugen im Feld	91
Straßenentwässerung und Klimawandel	93
Wärmeenergie aus Straßentunnel-Bergwasser	96





<b>Infrastruktur: Sichere Bauwerke und Straßen für die Zukunft</b>	<b>98</b>
Echtzeit-Sicherheits-Management-System für Straßentunnel	100
Nachrechnung und Ertüchtigung von Straßenbrücken	103
Brückenbeläge aus Gussasphalt mit offenporiger Oberfläche	106
25 Jahre Eignungsprüfungen auf der Rundlaufprüfanlage der BAST	109
Anprallversuche: Überprüfung der Sanierung von Betonschutzwänden	113
<b>Straßenbau: Optimierte Beläge und Zustandsbewertung</b>	<b>116</b>
PAST: Qualitätsoptimierung im Asphaltstraßenbau	118
Asphaltbefestigungen: rechnerisch dimensioniert – bauvertraglich vereinbart	121
Genormter Asphalt: zweiter Aufschlag in Europa	123
Funktionsprüfung: Asphaltbeläge mit Grip	125
Offenporiger Beton: neue Entwicklungen	128
Grinding: Akustische Optimierung von Betonoberflächen	131
Schnellreparatursystem für Betonstraßen	135
Mobile Load Simulator MLS10 im Versuchsbetrieb	138
Laserscanner in der Straßenzustandserfassung	142
<b>Fakten und Zahlen</b>	<b>146</b>
Forschung in der BAST	148
Neue Wege der europäischen Zusammenarbeit: Infravation und CEDR-Calls	149
Internationale Zusammenarbeit	151
Presse und Öffentlichkeitsarbeit	154
Wissenschaftlicher Beirat	158
Qualitätsmanagement	159
Informations- und Kommunikationstechnik	160
Haushalt und Finanzen	161
Personal	162
Organisationsplan	166
Geländeplan der BAST	167





*Stefan Strick  
Präsident der  
Bundesanstalt für  
Straßenwesen*

Bundesanstalt für Straßenwesen – ein Synonym für unermüdliche Forschung mit dem Ziel, die Zuverlässigkeit, Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit der Straße und des Straßenverkehrs sowie die Sicherheit aller Verkehrsteilnehmerinnen und Verkehrsteilnehmer zu verbessern. Begleitet vom wissenschaftlichen Beirat sind wir dabei, unsere mittelfristige Forschungsplanung 2011 bis 2015 abzuschließen. Auf der Grundlage des Verkehrssicherheitsprogramms und des Rahmenprogramms „Straße im 21. Jahrhundert“ erarbeiten wir derzeit gemeinsam mit dem Bundesverkehrsministerium die nächste Forschungsplanung bis zum Jahr 2020.

Die folgenden Beiträge sollen einen Eindruck vom breiten Aufgabenspektrum der BASt vermitteln und Ihnen einen Einblick in die verschiedenen Projekte und Tätigkeitsbereiche der BASt geben.

Abbiegeunfälle von Radfahrern, bei denen sie mit einem Lkw kollidieren, haben häufig dramatische Folgen für die Radfahrenden. Durch verschiedene verkehrs- und fahrzeugtechnische Maßnahmen können solche Unfälle deutlich entschärft werden – das zeigen unsere Forschungen zum Thema „Radfahren: Maßnahmen gegen Tote-Winkel-Unfälle“. Die BASt ist an der Entwicklung von Lösungen mit einer Reihe von Untersuchungen beteiligt.

Der Beitrag „Testverfahren für automatische Notbremssysteme zum Fußgängerschutz“ beschreibt die Entwicklung von Testverfahren und speziellen Dummies im Rahmen eines europäischen Forschungsprojekts. Ziel war es, die Übertragbarkeit von Testergebnissen mit Fußgängerdummies und Notbremssystemen im Unfallgeschehen zu gewährleisten. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen bereits im Jahr 2016 in die Bewertung von Neuwagen im Rahmen von Euro NCAP einfließen.

Zwischen einer von einem Navigationsgerät berechneten Route und der dynamischen Wegweisung bestehen zum Teil erhebliche Diskrepanzen. Wie das Projekt „Verkehrslenkung und Navigation – Wie passt das zusammen?“ aufzeigt, besitzt die derzeitige Situation deutliche Verbesserungspotenziale. Ohne große technische Aufwände könnte ein wirkungsvolles Ergebnis erzielt werden, von dem sowohl die Verkehrsteilnehmer als auch Straßenbetreiber und Navigationsdienstleister profitieren.

Eine wichtige Rolle in der Forschung der BASt nimmt auch die Minderung von Straßenverkehrslärm ein. So konnte in 2014 das Verbundprojekt LEISTRA3 (Leiser Straßenverkehr 3) erfolgreich abgeschlossen werden. Aufbauend auf den Ergebnissen



vorheriger Forschungsprojekte entwickelten die Projektpartner neue Ansätze, mit denen der Straßenverkehrslärm dauerhaft gesenkt werden kann. Um dies zu erreichen wurde sowohl an der Optimierung von Reifen, schallabsorbierenden Unterbodenverkleidungen und Fahrbahnbelägen geforscht sowie das Simulationsmodell SPERoN (Statistical Physical Explanation of Rolling Noise) grundlegend erweitert.

Seit mittlerweile 25 Jahren setzt die BAST ihre Rundlaufprüfanlage (RPA) ein, um Fahrbahnmarkierungen auf ihre Eigenschaften zu testen. Durch diese Forschungsarbeit – und die damit einhergehenden Verbesserungen der Markierungen – konnte die Verkehrssicherheit und auch die Umweltverträglichkeit deutlich erhöht werden. Die RPA war die erste Anlage ihrer Art und ist bis auf eine ähnliche Prüfanlage in Spanien europaweit einzigartig. Dies hat dazu geführt, dass die gewonnenen Erkenntnisse nicht nur in nationale, sondern auch in internationale Regelwerke eingeflossen sind und weiterhin einfließen.

Ein weitere seltene Großversuchsanlage, die der BAST seit Kurzem zur Verfügung steht, ist der Mobile Load Simulator 10 (MLS10). Weltweit gibt es gerade einmal fünf solcher Simulatoren und nur zwei MLS10. Mit dieser Anlage können zeitraufende Belastungsversuche durchgeführt werden, mit deren Ergebnissen die Dimensionierung des Straßenaufbaus optimiert und an die immer höher werdenden Anforderungen des Güterverkehrs angepasst werden.

Auch die Prüftätigkeit der Bundesanstalt für Straßenwesen hat weiterhin einen hohen Stellenwert: So wurde in 2013 im Bereich Passive Fahrzeugsicherheit, Biomechanik ein Kalibrierlabor für Sensoren und im Jahr 2014 die Zertifizierungsstelle Straßenausstattung bei der BAST durch die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS) akkreditiert.

Unser nationales und internationales Netzwerk in der Forschungsgemeinschaft konnten wir in den vergangenen zwei Jahren weiter ausbauen. In den Rahmenprogrammen der Europäischen Union vollendete die BAST in den vergangenen zwei Jahren rund 30 Projekte – zahlreiche weitere sind in Arbeit oder Vorbereitung.

Etwa 80 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vertreten die BAST in annähernd 200 Gremien inter- und supranationaler Organisationen. Wir sind am weltweiten wissenschaftlichen Erfahrungsaustausch beteiligt, und stellen derzeit die Präsidenten von FEHRL (Forum of European National Highway Research Laboratories) und FERSI (Forum of European Road Safety Research Institutes).

Fast 1.000 Gästen aus 49 Ländern konnten wir in den vergangenen zwei Jahren in der BAST Einblicke in unsere Forschung geben. Zahlreiche Forscherkolleginnen und -kollegen besuchten unsere Veranstaltungen. Allein an unseren Workshops zum Programm „Straße im 21. Jahrhundert“ nahmen etwa 400 Fachleute aus Wirtschaft, Verwaltung und Wissenschaft teil. Last but not least beantworteten wir im gleichen Zeitraum rund 1.600 qualifizierte Anfragen von Medienvertretern.

Alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der BAST arbeiten engagiert an den Zielen der BAST. Eine Reihe von Auszeichnungen, Lehraufträgen, Ernennungen und Promotionen zeigen, wie erfolgreich sie dies tun.

Als Präsident der BAST bin ich stolz auf diese Ergebnisse, die in der Praxis helfen werden, unsere Straßen und den Straßenverkehr trotz neuer Herausforderungen auch künftig sicher, leistungsfähig, umweltverträglich und wirtschaftlich zu gestalten und somit unser aller Mobilität zu gewährleisten.

Es würde mich freuen, wenn ich Ihr Interesse für den vorliegenden Jahresbericht und die Arbeit der BAST wecken konnte.



# **Verkehrssicherheit: Der Mensch im Mittelpunkt**

**Alkoholkonsum bei Kindern und  
Jugendlichen und Verkehrssicherheit**

**Psychische Folgen von Verkehrsunfällen**

**Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung**

**Alkohol Interlocks und Rehabilitation  
alkoholauffälliger Kraftfahrer**

**Radfahren: Maßnahmen gegen  
„Tote-Winkel“-Unfälle**







Messung der Atemalkoholkonzentration

4. Akzeptierte Atemprobe  
Freigabe des Anlasses

D-85303-2013



## Alkoholkonsum bei Kindern und Jugendlichen und Verkehrssicherheit

In den letzten Jahren hat die Anzahl von Kindern und Jugendlichen, die übermäßig Alkohol konsumieren und infolge von „Rauschtrinken“ wegen einer Alkoholvergiftung stationär in Krankenhäusern behandelt werden müssen, drastisch zugenommen. Allein 2012 wurden deshalb insgesamt 26.673 Kinder und Jugendliche (zehn bis 20 Jahre) stationär aufgenommen [1]. Im Vergleich zum Jahr 2000 (9.514) ist das eine Steigerung von über 180 Prozent. Im Drogen- und Suchtbericht der Bundesregierung (2012) ist nachzulesen, dass rund 15 Prozent der Kinder und Jugendlichen zwischen zwölf und 17 Jahren in den letzten 30 Tagen mindestens ein Mal übermäßig Alkohol getrunken haben. Andere Studien gehen mit 31 Prozent bei den 14 bis 17-Jährigen von einer weit höheren Quote aus [2].

Laut einer Untersuchung der Universität Tübingen (2009), kommen Kinder und Jugendliche in der Regel im Alter zwischen elf und 14 Jahren durch die Peergroup in Kontakt mit Alkohol. Man trifft sich üblicherweise auf mehr oder weniger öffentlichen Plätzen oder nimmt bestimmte Ereignisse (zum Beispiel Karneval) zum Anlass für übermäßigen Alkoholkonsum. Die Autoren der Studie [3] weisen darauf hin, dass der Konsum von Alkohol für

eine Mehrheit der Jugendlichen fester Bestandteil der Wochenendgestaltung sowie der Fest- und Freizeitkultur ist. Das Trinken von Alkohol findet also nicht zu Hause und hinter geschlossenen Türen statt, sondern in der Öffentlichkeit. Da somit der Aufenthalt auf öffentlichen Plätzen oder in öffentlichen Einrichtungen und auch die Mobilität der Heranwachsenden unter dem Einfluss von Alkohol erfolgt, gilt es, die Folgen in Bezug auf die Verkehrssicherheit zu untersuchen. Einerseits wurde bislang die Gruppe der Kinder und Jugendlichen in vorliegenden Studien zum Thema „Alkohol und Verkehrssicherheit“ nicht berücksichtigt. Andererseits sind diejenigen Studien, die sich mit dem Trinkverhalten von Kindern und Jugendlichen befassen, nicht auf die Thematik „Verkehrssicherheit“ eingegangen. Demzufolge waren die Auswirkungen von übermäßigem Alkoholkonsum auf die Verkehrssicherheit in ihrem Umfang und ihrer Ausrichtung bislang unbekannt.

Die BAST ließ die Thematik im Projekt „Binge-Drinking bei Kindern und Jugendlichen und die Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit“ untersuchen [4]. Dabei kamen sowohl qualitative als auch quantitative Methoden zum Einsatz. Insgesamt wurden 31 Expertengespräche



Bild: Planungsgesellschaft Verkehr Köln Hoppe & Co. GmbH

(unter anderem mit Vertretern der Polizei, Kommunen, Kirchen, Sozialarbeit, der medizinischen Versorgung, des ÖPNV), 21 qualitative Interviews und vier Gruppendiskussionen mit rauschmobilitäts erfahrenen 14- bis 24-Jährigen sowie fünf nichtteilnehmende Beobachtungen an Alkoholisierungsorten von Kindern und Jugendlichen (beispielsweise Kirmes, Diskothek) durchgeführt.

Hinzu kamen die Beteiligung an einer Gesundheitsstudie in Neuss, NRW, durch themenbezogene Zusatzfragen an Schüler zwischen elf und 17 Jahren (n= 1.065 Fragebögen) und die Durchführung einer eigenen schriftlichen Befragung von 1.913 Jugendlichen zur Rauschmobilität und Rauschmobilitätserfahrungen vor dem 18. Lebensjahr.

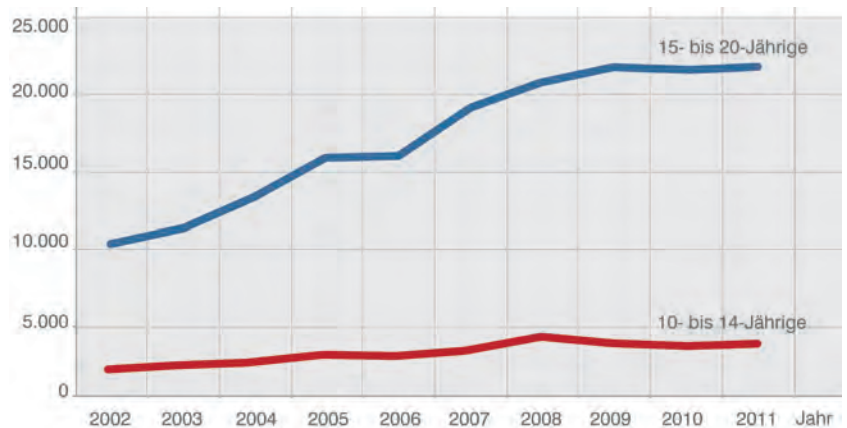
**Ergebnisse**

Die Befragung von 1.913 Jugendlichen im Rahmen des Projekts bestätigte zunächst die Erkenntnisse der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung in ihrer Grundstruktur:

- 93 Prozent der zwölf bis 22-Jährigen haben schon einmal Alkohol konsumiert.
- Mit knapp 14 Jahren erfolgt durchschnittlich der Alkohol-Erstkonsum.
- Der erste Alkohol-Rausch findet im Schnitt mit 15,2 Jahren statt.

Somit kann davon ausgegangen werden, dass auch die weiteren Ergebnisse der nicht repräsentativen Befragung repräsentativen Charakter aufweisen.

Die Analyse der Daten nach soziodemografischen Aspekten zeigt, dass Erstkonsum und erster Alkoholrausch von Jugendlichen, die unterschiedliche Schultypen besuchen und verschiedenen Religionen angehören, geringe Unterschiede aufweisen: Jugendliche, die Gymnasien besuchen, sammeln etwas später erste Alkoholerfahrung, und auch der erste Alkoholrausch findet durchschnittlich ein



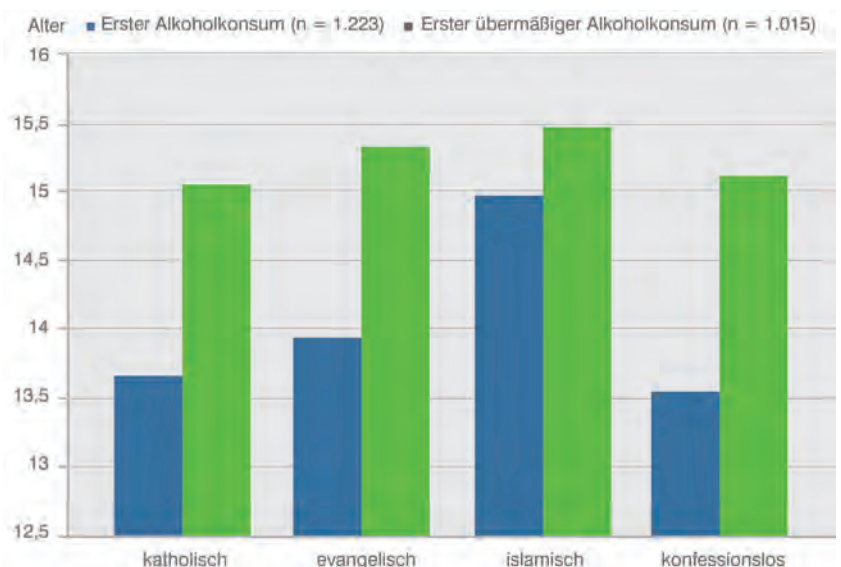
Jahr später statt, als bei Schülern anderer Schultypen. Im Hinblick auf die Religionszugehörigkeit lässt sich feststellen, dass bei islamischen Jugendlichen der erste Konsum von Alkohol zwar etwa ein Jahr später als bei katholischen, evangelischen oder konfessionslosen Jugendlichen erfolgt, der erste Rausch dann aber in etwa gleichem Alter stattfindet. Grundsätzlich betrifft also Jugendliche aller Schultypen und Religionszugehörigkeiten das Thema „Alkoholkonsum“.

*Zahl vollstationärer Patienten mit Alkoholvergiftungen nach Altersgruppen, 2002 bis 2011 (Quelle: DESTATIS 2013)*

**Straßenverkehrsteilnahme**

Die Angaben der Jugendlichen zur Teilnahme am Straßenverkehr unter Alkoholeinfluss bestätigen die Vermutung auf entsprechende Verkehrsunfallrisiken: Von 1.676 befragten zwölf- bis 22-Jährigen waren 71 Prozent mindestens einmal übermäßig alkoholisiert im öffentlichen Straßenraum unterwegs. Im Durchschnitt kommt eine Straßenverkehrsteilnahme

*Erster und erster übermäßiger Alkoholkonsum nach Religionszugehörigkeit (keine Angabe = 332 erster Alkoholkonsum, 261 erster übermäßiger Alkoholkonsum)*



nach übermäßigem Alkoholkonsum 2,4-mal im Monat vor. Deutliche Unterschiede konnten zwischen den Geschlechtern nachgewiesen werden: Männliche Jugendliche nehmen doppelt so häufig alkoholisiert am Straßenverkehr teil und erleben dabei dreimal häufiger gefährliche Verkehrssituationen und Verkehrsunfälle als weibliche Jugendliche.

Von den unter 18-Jährigen (n = 667) waren etwa 65 Prozent mindestens einmal im Monat übermäßig alkoholisiert unterwegs. Mit durchschnittlich 15 Jahren findet nach Angaben der Jugendlichen nicht nur der erste übermäßige Alkoholkonsum statt, sondern auch die ersten Situationen der „Rauschmobilität“ (Teilnahme am Straßenverkehr unter Alkoholeinfluss [4]): 15-Jährige sind im Monat bereits durchschnittlich 1,8-mal, 16-Jährige 2,7-mal und 17-Jährige 2,9-mal alkoholisiert unterwegs.

Die Befragungen bestätigen: Gefährliche Situationen im Straßenverkehr entstehen im Zusammenhang mit dem Alkoholkonsum von Kindern und Jugendlichen:

- 27 Prozent der befragten zwölf- bis 22-Jährigen haben mindestens eine gefährliche Verkehrssituation unter Alkoholeinfluss erlebt.
- Zirka fünf Prozent nennen einen „echten“ Verkehrsunfall unter Alkoholein-

fluss. Damit mündet jede achte gefährliche Situation in einen Verkehrsunfall.

- Jungen berichten dreimal häufiger über entsprechende Ereignisse.

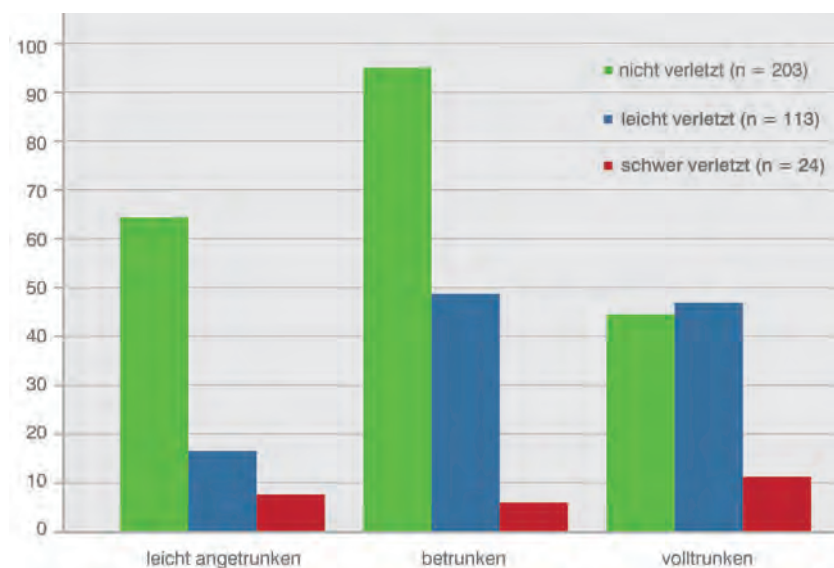
### Verkehrsunfälle

Die befragten Jugendlichen blieben in überwiegender Zahl (n = 203) „unverletzt“, die im Bericht anschaulich dargestellten Situationsbeschreibungen der Befragten zeigen jedoch, dass hier erhebliche Gefahren bestehen. Verkehrsunfälle mit Verletzungsfolgen ereigneten sich durchschnittlich im Alter von 15,7 Jahren, wobei überwiegend männliche Jugendliche betroffen waren. Auch konnte anhand der Befragungsdaten belegt werden, dass mit Zunahme der Alkoholisierung die Verletzungsschwere steigt.

Die Rahmenbedingungen der gefährlichen Verkehrssituationen unter Alkoholeinfluss können folgendermaßen beschrieben werden: In über 50 Prozent der berichteten Situationen waren die Jugendlichen bei Eintritt der Gefahrensituation alleine, ansonsten entstehen die problematischen Ereignisse im Beisein von zwei bis sechs Personen, was einerseits das Resultat einer gewissen Gruppendynamik sein kann, andererseits jedoch auch sicherheitsfördernde Effekte aufweist, da unmittelbar Hilfe geleistet oder rettungsdienstliche Maßnahmen initiiert werden können.

Im Hinblick auf die Art der Verkehrsteilnahme belegen die Befragungen, dass die alkoholisierten Kinder und Jugendlichen vorrangig als Radfahrer und Fußgänger verunglücken; als Gefahrenorte werden dementsprechend Fußwege, Straßen und Radwege genannt. Weibliche Jugendliche nannten bereits an zweiter Stelle gefährliche Situationen bei der Mitfahrt in Pkw, ein Ergebnis welches mit der amtlichen Verkehrsunfallstatistik übereinstimmt [5]. Eher selten wurden entsprechende Situationen bei der Nutzung des öffentlichen Personennahverkehrs genannt (29 von 349 Beschreibungen).

*Gefährlichste Verkehrssituationen unter 18 Jahren nach Verletzungsschwere (keine Angabe = 31). Frage zu den beiden gefährlichsten Verkehrssituationen unter Alkohol: „... wie schwer wurden Sie verletzt?“*





Die Tatsache, dass alkoholbedingte Unfälle und Verletzungen von Kindern und Jugendlichen nur selten angezeigt oder medizinisch versorgt werden, hat - so das Ergebnis der Interviews - einerseits mit Verschleiерungsbestrebungen der Akteure und deren sozialem Umfeld zu tun. Entsprechende Ereignisse werden nicht nur als peinlich wahrgenommen, sondern es sollen auch weiterreichende Folgen vermieden werden. Andererseits werden verunfallte Kinder in der subjektiven Wahrnehmung vorrangig als Unfallopfer wahrgenommen. Eine verursachende Alkoholisierung wird infolge dessen nicht erwartet [4].

### Folgerungen und Empfehlungen

Die zahlreichen Interviews mit Experten, als auch mit Kindern und Jugendlichen, sowie die fast 2.000 schriftlichen Befragungen von zwölf bis 22-Jährigen belegen eine verbreitete Mobilität unter Alkoholeinfluss und eine dadurch bedingte Gefährdung von Kindern und Jugendlichen im Straßenverkehr. Anschaulich wurde aufgezeigt, dass Rauschmobilität weit früher beginnt als bisher bekannt und somit sich die Zielgruppe schon in jungen Jahren Verhaltensweisen aneignet, die einen Teil der späteren Verkehrsunfallgefährdung infolge Alkoholkonsums begründet. Diese in der Vergangenheit nicht beachteten Fragestellungen bedürfen der weiteren wissenschaftlichen Absicherung mit dem Ziel der Erarbeitung von Präventionskonzepten, die nach Möglichkeit ressortübergreifende Ansätze verfolgen sollten.

### Literatur

- [1] DESTATIS Statistisches Bundesamt: Krankenhäuser, Krankenhausbehandlungen aufgrund akuter Alkoholintoxikation, Wiesbaden, 2013a abgerufen unter: [www.destatis.de](http://www.destatis.de)
- [2] BAUMGÄRTNER, T.; KESTLER, J.: Die Verbreitung des Suchtmittelgebrauchs unter Jugendlichen in Hamburg, 2004 bis 2012, Basisauswertung der SCHULBUS-Daten im jahresübergrei-

fenden Vergleich, Kurzbericht, Hamburg, 2013

- [3] STUMPP, G.; STANDER, B.; REINL, H.: Einflussfaktoren, Motivation und Anreize zum Rauschtrinken bei Jugendlichen, Forschungsprojekt i. A. des Bundesministeriums für Gesundheit, Tübingen, 2009
- [4] HOPPE & TEKAAT, Planungsgesellschaft Verkehr Köln (PGV Köln): Projekt „Binge-Drinking bei Kindern und Jugendlichen und die Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit“
- [5] DESTATIS Statistisches Bundesamt: Verkehrsunfälle, Unfälle unter dem Einfluss von Alkohol oder anderen berauschenden Mitteln im Straßenverkehr 2012, Wiesbaden, 2013

---

#### Dr. Simone Klipp

Psychologin, Referat "Fahrausbildung, Kraftfahrerrehabilitation"

#### Dr. Nicola Neumann-Opitz

Pädagogin, Referat "Sicherheitskonzeptionen, Sicherheitskommunikation"



*Dr. Simone Klipp (links)  
und  
Dr. Nicola Neumann-Opitz*

## Psychische Folgen von Verkehrsunfällen

Wer Opfer eines Verkehrsunfalls wird, leidet häufig nicht nur unter den Folgen körperlicher Verletzungen. Das erlebte Unfallgeschehen kann zu psychischen Störungen führen, die die Unfallopfer dauerhaft beeinträchtigen. Dabei ist neben dem persönlichen Leid der Betroffenen auch gesellschaftlich von einer hohen Belastung auszugehen.

Im Rahmen einer Multicenterstudie wurde erforscht, wie häufig psychische Beeinträchtigungen infolge von Verkehrsunfällen auftreten und wie deren Entwicklung im längerfristigen Verlauf aussieht. Im Fokus stand dabei die Erfassung depressiver und angstbezogener Beeinträchtigungen sowie der Symptome einer Posttraumatischen Belastungsstörung (PTBS). Darüber hinaus wurden Faktoren eruiert, die die Entwicklung psychischer Beschwerden im Sinne von Schutz- oder Risikofaktoren beeinflussen, unter anderem psychische Vorbelastungen, soziale Unterstützung, Unfallereben. Es wurden Verkehrsunfallopfer befragt, die sich zur stationären Behandlung in einem Akutkrankenhaus befanden. Die Befragung der Verunfallten wurde zu drei Messzeitpunkten durchgeführt: Beginn der stationären Behandlung (T1, n=226), bei Entlassung aus der Klinik (T2, n=20)

und sechs bis zwölf Monate nach dem Unfall (T3, n=189; T1+T3, n=160). Die Datenerhebung erfolgte mittels Interview, Fragebogen und Auszügen aus der Patientenakte.

### Prävalenz psychischer Auffälligkeiten

In der untersuchten Stichprobe ergibt sich eine Auffälligkeitsrate von etwa 25 Prozent: Jedes vierte Unfallopfer leidet unter ernstzunehmenden psychischen Beschwerden wie Angst, Depression oder PTBS. Bei dem Großteil der Betroffenen sind die psychischen Symptome anhaltend. Es wurden aber auch Fälle beobachtet, bei denen die psychischen Symptome erst im längerfristigen Verlauf auftraten, sich in den Monaten nach dem Unfall besserten oder sogar ganz verschwanden.

### Risiko- und Schutzfaktoren

Es wurden Risiko- und Schutzfaktoren untersucht, die sich auf verschiedene Aspekte vor, während und nach dem Unfall beziehen. Berücksichtigt wurden auch prätraumatische Faktoren, also jener Faktoren, die bereits vor dem Unfall vorhanden waren: allgemeine Zufriedenheit, aktuelle und vorangegangene Belastungen; Kompetenz- und Kontrollüberzeugungen; soziale Unterstützung. Hier scheint der Großteil der Patientinnen und Patienten gute Voraussetzungen mitzubringen, um den erlebten Verkehrsunfall psychisch gut zu bewältigen. Ein jeweils kleinerer Anteil erlangt in den angewandten Testverfahren jedoch auffällige Werte. Diese Unfallopfer sind als Risikopatientinnen und -patienten anzusehen, das heißt, die Wahrscheinlichkeit, infolge des Unfalls psychisch zu erkranken, ist bei ihnen erhöht. Als besonders bedeutsam scheinen hierbei aktuelle und frühere Belastungen, geringe interne und hohe externe Kontrollüberzeugungen sowie eine Abnahme der erlebten sozialen Unterstützung im Laufe des Jahres nach dem Unfall zu sein.



### Peritraumatische Faktoren

Als Faktoren, die während des Unfallgeschehens von Bedeutung sind, wurden die Rahmenbedingungen des Unfalls, also beispielsweise Art der Verkehrsbeteiligung, Straßen- und Wetterverhältnisse, und das Erleben des Unfallgeschehens sowie peritraumatische Dissoziation und Belastung erhoben. In der Zusammenchau der Ergebnisse kristallisiert sich ein Befund als wesentlich heraus: Das Erleben von Hilflosigkeit während des Unfallgeschehens scheint bei der Entwicklung psychischer Auffälligkeiten eine zentrale Rolle zu spielen.

### Posttraumatische Faktoren

Untersucht wurden auch Faktoren, die nach dem Unfall bedeutsam sind, unter anderem Informationen zur Initialsymptomatik, der Verletzungsschwere, dem Behandlungsverlauf sowie der Krankheitsverarbeitung. In Einklang mit früheren Studien leiden Verunglückte mit einer auffälligen Initialsymptomatik (T1) ein Jahr nach dem Unfall (T3) signifikant häufiger unter ernstzunehmenden psychischen Beschwerden als Unfallopfer, die zu T1 einen unauffälligen psychischen Befund haben. Die Verletzungsschwere, die Lokalisation der Verletzung und Behandlungsparameter scheinen im Hinblick auf die Entwicklung psychischer Auffälligkeiten hingegen keine Rolle zu spielen. Hinsichtlich der individuellen Krankheitsverarbeitung scheint ein depressiver Bewältigungsstil, wie gereizt reagieren, sich zurückziehen, sich selbst bemitleiden, eher mit psychischen Beschwerden assoziiert zu sein als eine aktive problemorientierte Bewältigung oder eine Krankheitsverarbeitung im Sinne von Ablenkung und Selbstaufbau.

### Vorhersage psychischer Auffälligkeiten

Zur Vorhersage psychischer Auffälligkeiten (T3) haben sich drei Faktoren als relevant erwiesen: psychische Auffälligkeit zu T1, Verschlechterung der erlebten sozialen Unterstützung innerhalb des

Follow-up-Zeitraums und psychische Vorbelastung (Psychotherapie innerhalb der letzten zwei Jahre oder psychische Vorerkrankung).

### Fazit

Als Fazit kann aus den Studienergebnissen gezogen werden:

- Ernstzunehmende psychische Beschwerden infolge von schweren Straßenverkehrsunfällen sind häufig.
- Es können Risikofaktoren benannt werden, die die Wahrscheinlichkeit erhöhen, infolge eines Unfalls psychisch zu erkranken: Vorliegen einer psychischen Initialsymptomatik, Erleben einer Verschlechterung der sozialen Unterstützung in den Monaten nach dem Unfall und/oder Bestehen einer psychischen Vorbelastung.
- Die Relevanz weiterer Risikofaktoren bedarf vertiefender Untersuchungen, zum Beispiel Hilflosigkeitsgefühle während des Unfallgeschehens.

Hieraus leitet sich ein Handlungsbedarf ab, der insbesondere auf der Ebene der Krankenhäuser in Form von Früherkennung oder präventiven Maßnahmen und der Forschung zu verorten ist.



**Dr. Kerstin Auerbach**

Psychologin, Psychotherapeutin,  
Referat „Verkehrspsychologie,  
Verkehrsmedizin“



## Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung

In den Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung sind diejenigen Erkrankungen zusammengestellt, die dazu führen können, dass jemand nicht mehr oder nur noch eingeschränkt in der Lage ist, ein Kraftfahrzeug sicher zu führen. Hierzu gehören beispielsweise Herz-Kreislauf-erkrankungen, Störungen des Sehvermögens, Bewegungsbehinderungen, neurologische Erkrankungen, psychische Störungen, Stoffwechselstörungen und nicht zuletzt Suchterkrankungen. In den Leitlinien werden diese Erkrankungen und die entsprechenden Voraussetzungen für die Fahreignung detailliert beschrieben, zum Beispiel ein Fahrverbot für eine bestimmte Zeit oder auch ärztliche Kontrollen in definierten Zeitabständen [1].

Die Leitlinien bieten sowohl für die „normale“ ärztliche Untersuchung als auch für eine (angeordnete) Begutachtung Hilfestellung für den Arzt, die Fahreignung eines Patienten zu beurteilen. Eine ärztliche Begutachtung kann von einer Fahrerlaubnisbehörde angeordnet werden, wenn Zweifel an der Fahreignung eines Kraftfahrers bestehen [2].

Liegen eine oder mehrere Erkrankungen vor, die sich negativ auf die Fahreignung auswirken (können), so muss der behandelnde Arzt seine Patienten hierüber aufklären. Ist der Arzt unsicher hinsichtlich

der Beurteilung der Fahreignung, kann er den Patienten an einen Facharzt mit entsprechender verkehrsmedizinischer Qualifikation verweisen.

Leidet ein Patient beispielsweise an Diabetes mellitus, so sollte der Arzt ihn unter anderem über die Gefahr einer möglichen Bewusstlosigkeit mit einem Kontrollverlust am Steuer aufgrund einer Unterzuckerung aufklären [3]. Die Mehrzahl der Menschen mit Diabetes erfüllt zwar die Anforderungen an das sichere Führen von Kraftfahrzeugen, dennoch kann die Fahreignung eingeschränkt oder gar ausgeschlossen sein, wenn durch unzureichende Behandlung, durch Nebenwirkungen der Behandlung oder durch Komplikationen der Erkrankung verkehrsgefährdende Gesundheitsstörungen bestehen oder zu erwarten sind [1].

Auch bei Menschen mit Epilepsie kann die Fahreignung eingeschränkt sein. Selbst bei kleinen Anfällen, die das Bewusstsein nicht beeinträchtigen, kann die Eignung herabgesetzt sein, wenn es aufgrund eines Anfalls zu Einschränkungen der Haltungskontrolle mit möglichen unkontrollierten Bewegungen, wie Störungen des Gesichtsfelds, kommt. Bei einem Anfall am Steuer ist man nicht in der Lage, angemessen zu reagieren. Um die Betroffenen selber und andere Straßenverkehrsteilnehmer zu schützen, ist daher die Erlaubnis zum Führen von Kraftfahrzeugen bei Menschen mit Epilepsie eingeschränkt [4]. Ob und mit welchen Auflagen ein Epilepsie-Patient fahren darf, hängt von unterschiedlichen Faktoren ab. Entscheidend ist, ob es sich um einen einmaligen Anfall, eine beginnende oder eine langjährige Epilepsie handelt. Ebenso wird berücksichtigt, ob die Anfälle tageszeitlich gebunden auftreten und welche medikamentöse Behandlung erfolgt.

In Deutschland existiert keine Meldepflicht, das heißt, dass der Arzt oder Patient nicht

*Bild: Deutscher Verkehrssicherheitsrat e.V., Bonn*



verpflichtet ist, eine vorliegende Erkrankung an die zuständigen Behörden zu melden. Verstößt ein Patient jedoch wesentlich gegen die Auflagen der Begutachtungsleitlinien, haftet der Patient gegebenenfalls für entstehende Schäden. Hieraus können strafrechtliche, haftungsrechtliche oder disziplinarische Folgen resultieren.

Die Begutachtungsleitlinien basieren auf europäischen (EU-Führerscheinrichtlinie) und deutschen Regelwerken (Fahrerlaubnis-Verordnung (FeV)). Sie haben einen offiziellen Rechtscharakter und sind somit verpflichtend anzuwenden.

### Ständige Weiterentwicklung der Leitlinien

Die Leitlinien werden kontinuierlich überarbeitet und an den aktuellen Stand der Wissenschaft angepasst. So fließen etwa Entwicklungen im Bereich von Diagnose- und Therapiemöglichkeiten, neue Erkenntnisse über das Unfallrisiko von bestimmten Krankheiten und Weiterentwicklungen auf dem Gebiet der Fahreignungsbegutachtung in die Überarbeitungen ein.

Um möglichst schnell auf fachliche Änderungen reagieren zu können, wird für jedes Kapitel oder Fachgebiet, das überarbeitet werden soll, eine eigenständige Arbeitsgruppe etabliert. Diese besteht aus renommierten Fachleuten (insbesondere Ärzten) für das jeweilige Gebiet, die sich über ihre Fachexpertise hinaus mit dem Thema Fahreignung beschäftigen. Darüber hinaus haben die jeweils zuständigen Fachgesellschaften die Möglichkeit, ihre Expertise einzubringen. Weiterhin ist auch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) in die Überarbeitungen eingebunden, um unter anderem verkehrsrechtliche Aspekte zu ergänzen.

In der Regel liegen nach mehreren Arbeitstreffen, in denen intensiv fachlich diskutiert wird, neue und wissenschaftlich fundierte Leitlinien vor. Wenn diese einen formalisierten Abstimmungsprozess mit dem BMVI und den Bundesländern

durchlaufen haben, werden die Leitlinien im Internet auf der BAST-Homepage sowie als Druckversion veröffentlicht ([www.bast.de/begutachtungsleitlinien](http://www.bast.de/begutachtungsleitlinien)).

Mit der aktuellen Neufassung von 2014 wurden die Kapitel „Epileptische Anfälle und Epilepsien“ (früher: Anfallsleiden), „Diabetes“ (früher: Zuckerkrankheit), „Hörvermögen“, „Störungen des Gleichgewichtssinnes“ überarbeitet. Das Kapitel „Tagesschläfrigkeit“ ist neu hinzugekommen. Die Überarbeitung der Kapitel „Sehvermögen“ und „Herz- und Gefäßerkrankungen“ ist inhaltlich abgeschlossen und befindet sich im formalen Abstimmungsprozess. Anschließend sollen die Themen „Alkohol“ sowie „Betäubungsmittel und Arzneimittel“ überarbeitet und auf den aktuellen Stand der Wissenschaft gebracht werden.

### Literatur

- [1] M 115: Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (Stand Mai 2014)
- [2] Verordnung über die Zulassung von Personen zum Straßenverkehr (Fahrerlaubnisverordnung – FeV; Stand April 2014)
- [3] WIDDER B., GAIDZIK P: Begutachtung in der Neurologie, Thieme 2007
- [4] BAUER J.: Neue Leitlinien zur Fahreignung und Fahrsicherheit bei Epilepsie. In: Nervenarzt 2009, 80 (12): 1480-1488



**Dr. med. Nicole Gräcmann**  
Ärztin, Referat „Verkehrspsychologie, Verkehrsmedizin“

## Alkohol Interlocks und Rehabilitation alkoholauffälliger Kraftfahrer

Es ist nicht das hohe Aufkommen an Alkoholunfällen, sondern die besondere Schwere der Unfallfolgen, die Alkohol zu einem Problem für die Straßenverkehrssicherheit werden lässt: Im Vergleich zu anderen Unfallarten ist die Ursache Alkohol für übermäßig viele Verletzte und Getötete im Straßenverkehr verantwortlich. Bei jedem zehnten im Straßenverkehr Getöteten war im Jahr 2012 Alkohol im Spiel [1]. Im selben Jahr hatten 71 Prozent der bei Unfällen mit Personenschaden beteiligten alkoholisierten Autofahrer eine Blutalkoholkonzentration (BAK) von 1,1 Promille oder mehr, waren also absolut fahruntüchtig.

Alkoholkontrollen im Straßenverkehr durch die Polizei stellen eine wichtige Maßnahme zur Reduktion von Alkoholfahrten dar. Fakt ist allerdings, dass die Polizei eine Alkoholfahrt erst dann aufdecken kann, wenn die Fahrt bereits passiert ist. Die Idee hinter atemalkoholgesteuerten Wegfahrsperrern „Alkohol Interlocks“ ist, alkoholisierte Fahrer bereits vor Fahrtantritt am Starten des Motors zu hindern.

Nach ersten Versuchen mit solchen Geräten in den 70er Jahren, sind Alkohol Interlocks mittlerweile weltweit etablierte Systeme zur Verhütung von Alkoholfahrten [2] und die technischen Anforderungen in einer Europäischen Norm (EN 50436) festgelegt.

Der Einsatz von Alkohol Interlocks bei alkoholauffälligen Kraftfahrern ist international bereits gut erforscht. In einer umfassenden Literaturstudie der Cochrane-Collaboration konnte festgestellt werden, dass Alkohol Interlocks die Wiederauffälligkeitsraten reduzieren solange sie im Kraftfahrzeug installiert sind, das Aufkommen an Alkoholfahrten allerdings nach Deinstallation wieder ansteigt [3]. Um also eine langfristige Verhaltensänderung bei alkoholauffälligen Fahrern zu erreichen, wird inzwischen der zusätzliche Einsatz von begleitenden psychologischen Rehabilitationsmaßnahmen als notwendig erachtet [4].

Für den Gebrauch von Alkohol Interlocks bei alkoholauffälligen Fahrenden in Deutschland stellt sich allerdings die Frage, wie ein zusätzliches Sicherheitspotenzial der Technik in dem hochentwickelten deutschen Fahrerlaubnissystem mit Begutachtung der Fahreignung (MPU), einem breiten Angebot an psychologischen, fahreignungsfördernden Maßnahmen und relativ geringen Wiederauffälligkeitsraten von rund acht Prozent [5], nutzbar gemacht werden kann.

### Datenspeicher

Augenscheinlich könnte der Datenspeicher des Alkohol Interlocks, der alle relevanten Ereignisse wie Datum, Uhrzeit, Abgabe oder Verweigerung einer Atemprobe, Atemalkoholkonzentration,

*Funktionsweise eines Alkohol Interlocks (Bild: Firma Dräger)*



1. Zündung einschalten



2. Aufforderung zur Abgabe der Atemprobe



3. Messung der Atemalkoholkonzentration



4. Akzeptierte Atemprobe: Freigabe des Anlasses



5. Motor starten

Start und Stopp des Motors, Versuch des Überbrückens des Interlocks sowie andere Manipulationsversuche speichert, einen Mehrwert für eine verhaltensändernde verkehrspsychologische Maßnahme erzielen. Die Daten können in einem Protokoll zusammengestellt und ausgedruckt werden. Aus fachlich psychologischer Sicht können diese Daten als objektive Fakten der individuellen Trinkfahr-Realität für den Verkehrspsychologen eine hilfreiche Informationsgrundlage darstellen. Sonst ist dieser immer allein auf die Selbstauskunft der Fahrer angewiesen - der Wahrheitsgehalt ist nicht unmittelbar überprüfbar. Die Daten des Datenspeichers könnten somit in der Rehabilitation ein nützliches Werkzeug für Interventionstechniken wie Konfrontation darstellen und den angestrebten Therapiefortschritt fördern.

Ferner könnte die Dauer und Intensität der Rehabilitation anhand der objektiven Daten individuell angepasst werden. Möglicherweise ließe sich auch für die Begutachtung der Fahreignung ein potenzieller Nutzen durch die Verwendung von Daten aus dem Interlock-Datenspeicher ziehen. Forschungsergebnisse aus den USA und Kanada zeigen, dass anhand dieser Daten das individuelle Rückfallrisiko von Trunkenheitsfahrern vorhergesagt werden kann [6].

Da zur Nutzbarmachung der Daten des Datenspeichers in der Rehabilitation von alkoholauffälligen Kraftfahrern bislang weder Erkenntnisse noch Konzepte vorliegen, war es eine wesentliche Aufgabe der BAST-Forschung einen Konzeptentwurf für eine innovative, verhaltensändernde und den Einsatz von Alkohol Interlocks begleitende Rehabilitationsmaßnahme vorzulegen.

**SAVE**

Am Ende der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten steht als Ergebnis die verkehrspsychologische Maßnahme „SAVE“. SAVE steht als Abkürzung für

Draeger Interlock XT - Datenspeicherinhalt komplett					
Programm-Nummer:		[REDACTED]		Serviceart:	Anzahl Verstöße
Geräte Konfiguration:		[REDACTED]		Servicedatum:	17.05.2006 13:57:19
Kunden Konfiguration:		[REDACTED]		Letzte Kalibrierung:	12.04.2006 14:43:52
Sachnummer Handgerät:		[REDACTED]		Nächster Service:	17.06.2006 --
Sachnummer Steuergerät:		[REDACTED]		Standort:	[REDACTED]
Seriennummer Handgerät:	ARWE-5738			Zeitraum:	18.04.2006 bis 17.05.2006 (30 Tage)
Seriennummer Steuergerät:	AKWB-UU36			Anzahl Datensätze:	5916
Softwareversion Handgerät:	8316246 REV: 1.6			Draeger Kamera Seriennummer:	
Softwareversion Steuergerät:	831624 / REV: 1.6				
00001	18.04.2006	Di	15:23:19	Steuergerät PC-Mode aus	
00002	18.04.2006	Di	15:23:21	Handgerät PC-Mode aus	
00003	18.04.2006	Di	15:23:32	Testbereit	
00004	18.04.2006	Di	15:25:32	Initialtest verweigert	
00005	18.04.2006	Di	15:25:41	Testbereit	
00006	18.04.2006	Di	15:26:59	Zündung aus	
00007	18.04.2006	Di	15:27:41	Initialtest verweigert	
00008	18.04.2006	Di	15:27:41	Handgerät ausgeschaltet	
00009	18.04.2006	Di	15:36:09	Zündung ein	
00010	18.04.2006	Di	15:36:09	Handgerät eingeschaltet	
00011	18.04.2006	Di	15:36:21	Testbereit	
00012	18.04.2006	Di	15:36:24	Start Atemtest	
00013	18.04.2006	Di	15:36:32	Initialtest OK	
00014	18.04.2006	Di	15:36:32	Starter Relais geschlossen	
00015	18.04.2006	Di	15:36:32	Freistart Zeit ein	5 Minuten
00016	18.04.2006	Di	15:36:41	Motor ein	Spannung
00017	18.04.2006	Di	15:36:41	Freistart Zeit aus	
00018	18.04.2006	Di	15:36:57	Anfang Fahrzeugaktivität	
00019	18.04.2006	Di	15:42:42	Wiederholtestanforderung	6 Minuten
00020	18.04.2006	Di	15:42:42	Starter Relais geöffnet	
00021	18.04.2006	Di	15:42:42	Testbereit	
00022	18.04.2006	Di	15:42:50	Start Atemtest	
00023	18.04.2006	Di	15:42:58	Wiederholtest OK	
00024	18.04.2006	Di	15:42:58	Starter Relais geschlossen	
00025	18.04.2006	Di	15:55:05	Zündung aus	
00026	18.04.2006	Di	15:55:05	Motor aus	
00027	18.04.2006	Di	15:55:05	Motorlaufzeit	00:18:24
00028	18.04.2006	Di	15:55:05	Freistart Zeit ein	5 Minuten
00029	18.04.2006	Di	16:00:05	Freistart Zeit abgelaufen	
00030	18.04.2006	Di	16:00:05	Starter Relais geöffnet	
00031	18.04.2006	Di	16:00:05	Handgerät ausgeschaltet	

„sicher Alkoholfahrten vermeiden“ und ist weltweit die erste Rehabilitationsmaßnahme, die systematisch die Daten des Alkohol Interlocks zur Beratung von alkoholauffälligen Kraftfahrern nutzt. Hierdurch bietet sich erstmalig die Möglichkeit, die subjektive Selbstwahrnehmung von Alkoholauffälligen (erfasst durch Trinkanlassprotokolle) objektiven empirischen Daten (Ausleseprotokolle des Datenspeichers) gegenüberzustellen und diese miteinander zu vergleichen.

Die Zielsetzung von SAVE ist eine nachhaltige Veränderung der Trinkgewohnheiten der Teilnehmer. Der selbstkritische Umgang mit Alkohol wird durch die Selbstbeobachtung und Verschriftlichung des Alkoholkonsums oder -verzichts anhand eines Trinkanlassprotokolls gefördert. Im Rahmen der Rehabilitationsmaßnahme werden dann sowohl Auffälligkeiten im Trinkanlassprotokoll als auch im Ausleseprotokoll und insbesondere Auffälligkeiten im Vergleich beider Protokolle in Gruppensitzungen thematisiert. Von besonderer Bedeutung sind beispielsweise Fehlstartversuche aufgrund einer

*Beispiel für ein Ausleseprotokoll: Zusammenfassung des Datenspeicherinhalts (Auszugs)*



Alkoholisierung, nachgewiesen durch das Ausleseprotokoll.

Mit dem Vergleich der beiden Datenquellen kann schnell ein konkreter Bezug zum entsprechenden Alkoholkonsum hergestellt und kritisch hinterfragt werden. Entsprechend diskussionswürdig sind auch Fahrtverschiebungen, beispielsweise wenn früher immer bereits um 7.00 Uhr das Fahrzeug gestartet wurde, nun aber erst mittags oder am Wochenende. An sich wären diese vermeintlichen Verschiebungen von Fahrten aufgrund eines erwarteten möglichen Restalkohols positiv zu würdigen, sind in der Regel aber durch einen kritischen oder übermäßigen Alkoholkonsum bedingt, den es zu erörtern gilt.

Im Konzept von SAVE sind eine ganze Reihe von solchen Auffälligkeiten beschrieben, die während der Maßnahme Anlass zur Diskussion und die damit einhergehenden kritischen Selbstbeobachtung und Auseinandersetzung mit dem Alkoholkonsum fördern. Durch die Teilnahme an SAVE wird die Möglichkeit zu einem nachhaltigen Veränderungsprozess gegeben, der über einen Zeitraum von mindestens sechs Monaten gefördert und stabilisiert wird.

Der Einsatz von Alkohol Interlocks in Verbindung mit SAVE wird als optimale Ergänzung des bestehenden Systems mit deutlichem Potenzial zur Erhöhung der Straßenverkehrssicherheit eingeschätzt.

## Literatur

- [1] Statistisches Bundesamt (2013): Verkehr – Verkehrsunfälle – 2012. Fachserie 8, Reihe 7
- [2] HAUSER, B., MERZ, J., PAULS, C., SCHNABEL, E., AYDENIZ, K., BLUME, I., BOGUS, M., NITZSCHE, S., STENGL-HERRMANN, D. & KLIPP, S. (2014): Alkohol-Interlocks für Alkoholauffällige Kraftfahrer. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit, Heft M 251
- [3] WILLIS, C., LYBRAND, S. & BELLAMY, N. (2004): Alcohol ignition interlock programs for reducing drink driving recidivism. The Cochrane Database of Systematic Reviews 2004, Issue 3. Art. No.: CD004168. DOI: 10.1002/14651858.CD004168.pub2
- [4] MARQUES, P. & VOAS, B. (2012): Are we near a limit or can we get more safety from vehicle alcohol interlocks? In: *Addiction*, 108, 657–658
- [5] KLIPP, S. (2013): The road traffic risk of different offender groups after licence reinstatement. T2013 Proceedings of the 20th International Council on Alcohol, Drugs and Traffic Safety Conference, Brisbane, QLD, Australia. Verfügbar unter: <http://t2013.com/program/proceedings/> [4.11.2014]
- [6] MARQUES, P., TIPPETTS, A.S., VOAS, B. & BEIRNESS, D.J. (2001): Predicting repeat DUI offenses with the alcohol interlock recorder. In: *Accident Analysis and Prevention* 33: 609-619



**Dr. Simone Klipp**

Psychologin, Referat „Fahrausbildung, Kraftfahrerrehabilitation“

## Radfahren: Maßnahmen gegen „Tote-Winkel“-Unfälle

Im Jahr 2012 verunglückten laut amtlicher Straßenverkehrsunfallstatistik insgesamt 74.776 Radfahrer. Dabei wurden 406 getötete und 13.854 schwerverletzte Radfahrer verzeichnet. Abbiegeunfälle gehören damit zu den schweren Radfahrernfällen. Besonders schwerwiegend sind die Folgen für den Radfahrenden, wenn dieser in einer „Toten Winkel“-Situation mit einem Güterkraftfahrzeug kollidiert. Mit dem Thema „Toter Winkel“ setzten und setzen sich eine Reihe von Untersuchungen der BASt auseinander.

Neben Untersuchungen des Unfallgeschehens stellt sich die Frage, welche bauliche und betriebliche Ausführung im Knotenpunkt die beste Sicherheit bietet. Derzeit werden Abbiegeassistenzsysteme diskutiert, die den Lkw-Fahrer beim Abbiegevorgang gezielt warnen, wenn ein Radfahrer übersehen werden könnte. Anforderungen an das Leistungsvermögen solcher Abbiegeassistenzsysteme

und ihre Wirksamkeit bestehen jedoch bisher noch nicht. Das Vorliegen solcher Anforderungen wäre Voraussetzung für eine mögliche Förderung von Systemen und die Basis für einen verpflichtenden Einbau durch den Gesetzgeber.

### Hochrechnung des Unfallgeschehens

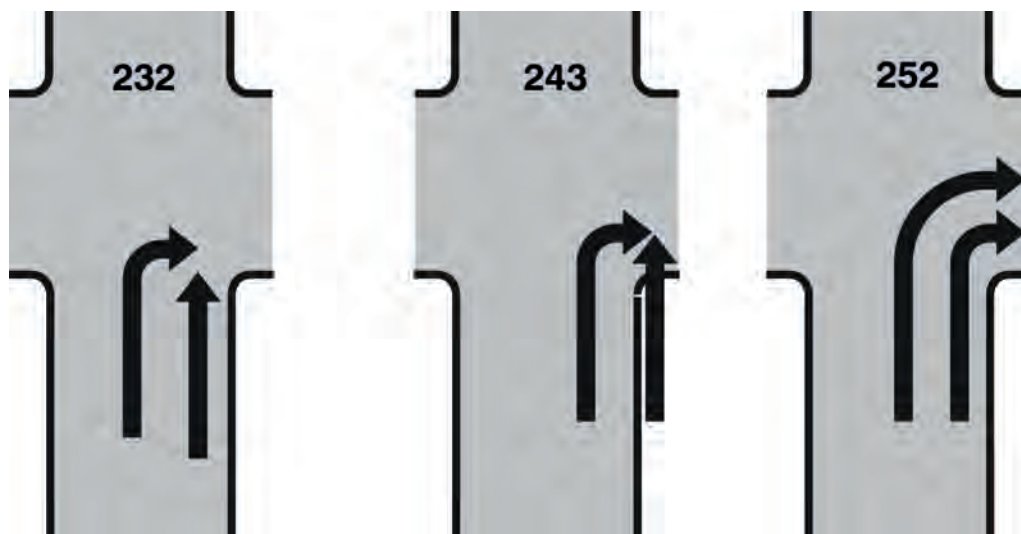
Im Unfallgeschehen des Radverkehrs besitzt der Konflikt zwischen rechtsabbiegenden Güterkraftfahrzeugen und den in gleicher Richtung geradeausfahrenden Radfahrern eine besondere Bedeutung. Wegen der hohen Verletzungsschwere sind derartige Konflikte besonders gravierend. Unklar waren die genaue Anzahl der Unfälle und die Unfallschwere, welche in einem Zusammenhang mit dem „Toten Winkel“ eines Güterkraftfahrzeuges stehen können. Ein Grund liegt darin, dass in der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik die Konfliktsituation „Toter Winkel“ nicht explizit erfasst wird.

*Unfallauffälliger Knotenpunktarm bei Rechtsabbiegeunfällen zwischen Lkw und Radverkehr  
(Bild: TU Berlin)*





Verwendete Unfalltypen zur Beschreibung der Situation „Toter Winkel“

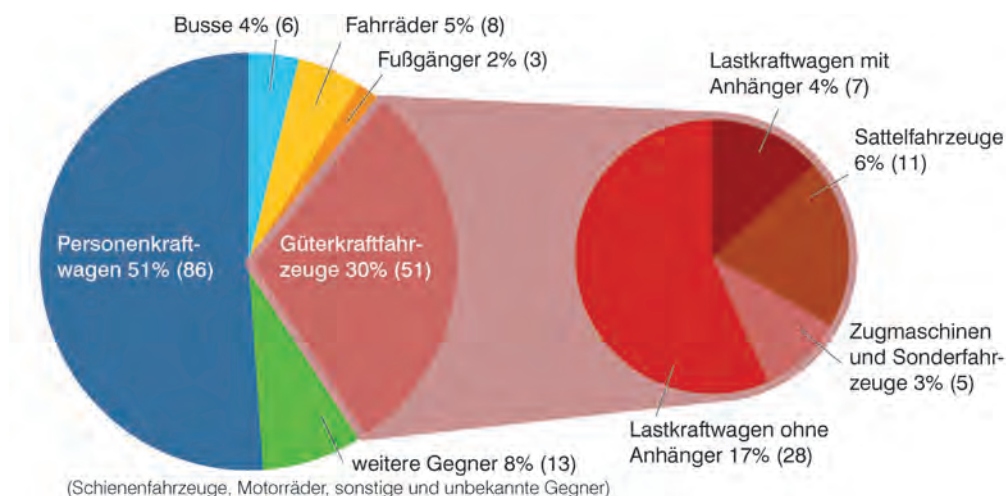


Insgesamt werden 37 verschiedene Unfallsituationen beim Abbiegen unterschieden. Diese besitzen jeweils einen dreistelligen Unfalltypencode. Im Rahmen der Hochrechnung des Unfallgeschehens wurden mehrere dreistellige Unfalltypen hinsichtlich der Relevanz des Unfallgeschehens qualitativ geprüft und die entsprechenden Unfalltypen zur Beschreibung der Konfliktsituation „Toter Winkel“ ausgewählt (siehe Bild oben).

Des Weiteren wurde eine Differenzierung der Güterkraftfahrzeuge nach dem zulässigen Gesamtgewicht durchgeführt. Es wurde deutlich, dass „leichte“ Güterkraftfahrzeuge unter 7,5 Tonnen nur unwesentlich zu den schweren Unfallfolgen beitragen. Demgegenüber war bei 90 Prozent der in „Tote Winkel“-Situationen getöteten Radfahrer ein „schweres Güterkraftfahrzeug“ beteiligt. Treffen ein

schweres Güterkraftfahrzeug und ein Radfahrer in einer „Tote Winkel“-Situation aufeinander, so wird im Durchschnitt ein Radfahrer bei zehn Unfällen mit Personenschaden getötet. Bei 549 Kollisionen mit leichten Güterkraftfahrzeugen wurde „nur“ ein Radfahrer getötet.

Die Hochrechnung auf das Bundesgebiet für das Jahr 2012 ergab, dass rund 640 Unfälle mit Personenschaden mit 23 getöteten und 118 schwer verletzten Radfahrern auf die Unfallsituation zwischen rechtsabbiegenden Güterkraftfahrzeugen und geradeausfahrenden Radfahrern zurückzuführen sind, die in einem Zusammenhang mit dem „Toten Winkel“ eines Güterkraftfahrzeuges stehen können: Das entspricht einem Prozent aller Radfahrnunfälle sowie rund sechs Prozent der insgesamt 406 getöteten Radfahrer.



Getötete Radfahrer nach Unfallgegner 2012, innerorts, genau zwei Beteiligte



Unfallauffälliger Knotenpunkt (Bild: TU Berlin)

### Bauliche und betriebliche Aspekte von Knotenpunkten

In einem laufenden Projekt „Toter Winkel – Konflikt zwischen rechtsabbiegenden Lkw und geradeausfahrendem Radverkehr“ der BASt werden die Verkehrssicherheitsdefizite analysiert. Grundsätzlich stellt sich die Frage, welche bauliche und betriebliche Ausführung im Knotenpunkt die beste Sicherheit bietet, beispielsweise durch die Gewährleistung guter Sichtbeziehungen zwischen Lkw-Fahrern und Radfahrern. Daneben bestehen noch weitere Lösungsansätze wie etwa das Vorziehen der Haltlinie und/oder ein Zeitvorsprung für die Freigabezeiten des Radverkehrs am Beginn der Grünphase. Auf Basis einer makroskopischen und mikroskopischen Unfallanalyse in ausgewählten Untersuchungsstädten sowie auf Basis von Probandenfahrten in einem Lkw-Fahrsimulator werden infrastrukturelle, fahrerseitige und fahrerseitige Unfallursachen und Lösungsansätze untersucht und daraus Empfehlungen zur Entschärfung dieser Konfliktsituation abgeleitet. Ziel des Projekts ist es, belastbare Aussagen für den Nutzen verschiedener Lösungsansätze und Maßnahmen im Bereich der baulichen und betriebli-

chen Ausführung von Knotenpunkten zu treffen.

### Fahrerseitige Spiegel

Die ungeschützten Verkehrsteilnehmer werden häufig überrollt, ohne dass Lkw-Fahrer sie vorher wahrnehmen konnten. Bereits in der Untersuchung „Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern an Kreuzungen durch rechtsabbiegende Lkw“ (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft F 54) wurde der Sachverhalt des unzureichenden Sichtfelds für den Lkw-Fahrer nach vorne und auf der Beifahrerseite im Detail analysiert. Mittlerweile wurden Verbesserungen bei der direkten Sicht aus den Fahrzeugen und insbesondere der indirekten Sicht über Spiegel umgesetzt. Spiegel ermöglichen es, den „Toten Winkel“ bei Lkw zu minimieren. Mit Einführung der Richtlinie 2003/97/EG wurde ein größeres Sichtfeld vorgeschrieben, sodass beim Lkw in der Regel sechs Spiegel vorhanden sein müssen, um dieses abzudecken. Weiterhin wurde mit Richtlinie 2007/38/EG vorgeschrieben, dass Lkw über 3,5 Tonnen, die ab 1.1.2000 in den Verkehr gekommen sind, mit entsprechenden Spiegeln auf der Beifahrerseite bis 31.3.2009 nach-

gerüstet sein mussten. Bei den Spiegeln ist jedoch für eine positive Wirkung immer Voraussetzung, dass diese richtig eingestellt sind und die Fahrer sie auch nutzen sowie das Gesehene richtig umsetzen.

### Testverfahren für Abbiegeassistenzsysteme

Derzeit werden Abbiegeassistenzsysteme diskutiert, die Lkw-Fahrer und -Fahrerinnen beim Abbiegevorgang gezielt warnen, wenn ein Radfahrer übersehen werden könnte. Die Unfallforschung der Versicherer schätzt, dass ein generischer, optimal funktionierender, in der gesamten Flotte eingebaute Abbiegeassistent, der mittels Sensorik die Bereiche vor und rechts neben dem Lkw überwacht, den Fahrenden warnt und gegebenenfalls ein Anfahren des Lkw unterbindet, zirka 40 Prozent der Lkw-Fußgänger- beziehungsweise Lkw-Radfahrer-Unfälle verhindern könnte.

Anforderungen an das Leistungsvermögen solcher Abbiege-assistenzsysteme oder ihre Wirksamkeit bestehen bisher noch nicht. Das Vorliegen solcher Anforderungen wäre jedoch Voraussetzung für eine mögliche Förderung von Systemen und die Basis für einen verpflichtenden

Einbau durch den Gesetzgeber. Aus diesem Grund wurde die BAST beauftragt, ein entsprechendes Testverfahren auf Basis existierender Erkenntnisse und unter Berücksichtigung des Unfallgeschehens und des Stands der Technik zu entwickeln. Für ein Testverfahren für Abbiegeassistenzsysteme sind geeignete Testwerkzeuge zu definieren und zu entwickeln. Insbesondere ein Radfahrerdummy mit entsprechendem Bewegungssystem wird voraussichtlich das wesentliche Testwerkzeug darstellen.

### Kamera-Monitor-Systeme

Eine parallele Möglichkeit, die Lage in Bezug auf die im Fokus stehende Rechtsabbiegesituation zu verbessern, wäre die weitere Verbesserung der Sicht des Lkw-Fahrenden durch Einsatz von Kamera-Monitor-Systemen, mit denen sich gerade in der Abbiegesituation mit geknicktem Sattel- oder Gliederzug sonst nicht einsehbare Bereiche sichtbar machen lassen. Auch die Darstellung des Lkw samt seines Umfeldes aus der Vogelperspektive durch Zusammensetzung verschiedener Kamerabilder gehört in diese Kategorie der sichtverbessernden Lösungen. Zum Einsatz von Kamera-Monitor-Sys-

*Verkehrssicherheits-  
experten aus Deutschland  
und Dänemark trafen sich  
in der BAST, um sich über  
Abbiegeunfälle auszu-  
tauschen*





temen bei Pkw und Lkw laufen ebenfalls Untersuchungen bei der BAST, um sowohl technische Aspekte als auch Aspekte der Mensch-Maschine-Schnittstelle zu klären. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sollen dazu dienen, Mindestanforderungen an Kamera-Monitor-Systeme, die in Kraftfahrzeugen anstelle von Spiegeln eingebaut werden sollen, festlegen zu können. Idealerweise erfolgt zukünftig eine Verknüpfung der Informations- und Warnsysteme in Form von Kamera-Monitor-Systemen und Abbiegeassistent, um eine optimale Fahrerinformation zu erzielen und damit die Sicherheit weiter zu erhöhen.

### Nationaler und internationaler Austausch

Auch das BMVI verfolgt das Ziel, die folgenschweren Unfälle zwischen rechtsabbiegenden Lkw und Radfahrern zu vermeiden oder abzumildern. Die Problematik, wie man diesen sogenannten

„Tote-Winkel“-Unfällen mit geeigneten Maßnahmen begegnet und welche Rolle Abbiegeassistent bei Nutzfahrzeugen dabei spielen kann, wurde bei runden Tischen im April 2012 und im Mai 2014, die jeweils vom BMVI einberufen wurden, mit den betroffenen Beteiligengruppen diskutiert.

Abbiegeunfälle – insbesondere Konflikte zwischen rechtsabbiegenden Lkw und geradeausfahrendem Radverkehr – stehen derzeit auch im Fokus der dänischen Öffentlichkeit. Im Auftrag des dänischen Verkehrsministers und des Justizministers besuchte deshalb eine Delegation von Verkehrsexperten (Transport Authority, Road Directorate, The Danish National Police) verschiedene europäische Länder und tauschte Erfahrungen zur Thematik aus. Neben der BAST besuchte die Delegation auch die Polizei und diskutierte darüber hinaus mit Fachleuten in den Niederlanden und in Großbritannien.



**Dr. Jost Gail**

Physiker, Leiter des Referats „Aktive Fahrzeugsicherheit, Emissionen, Energie“



**Martin Pöppel-Decker**

Maschinenbauingenieur, Referat „Unfallstatistik, Unfallanalysen“



**Dr. Eike A. Schmidt**

Psychologe, bis 2014 in der BAST im Referat „Kooperative Verkehrs- und Fahrerassistenzsysteme“



**Benjamin Schreck**

Verkehringenieur, Referat „Straßenentwurf, Verkehrsablauf, Verkehrsregelung“



**Dr. Patrick Seiniger**

Maschinenbauingenieur, Referat „Aktive Fahrzeugsicherheit, Emissionen, Energie“



# **Fahrzeugtechnik: Neue Systeme und Wege**

**Radfahrer-Pkw-Unfälle**

**Testverfahren für automatische  
Notbremssysteme zum Fußgängerschutz**

**Elektromobilität: Akzeptanz und Sicherheit**

**Marktdurchdringung von  
Fahrzeugsicherheitssystemen**

**DRIVE C2X – Europäischer Feldversuch zu  
Kooperativen Verkehrssicherheitssystemen**

**Kamera-Monitor-Systeme statt Außenspiegel**







## Radfahrer-Pkw-Unfälle

Im Jahre 2010 kamen insgesamt 1.994 Radfahrer und -mitfahrer bei Straßenverkehrsunfällen in den EU-20-Ländern ums Leben. Tödlich verunglückte Fahrradfahrer machten damit einen Anteil von 6,8 Prozent aller Verkehrstoten in der EU-20 aus. Demgegenüber handelte es sich bei mehr als jedem neunten in Deutschland im Jahre 2012 getöteten Verkehrsteilnehmer um einen Fahrradfahrer (406 Personen). Insgesamt wurden hierzulande 74.776 Fahrradfahrer verletzt, 18,5 Prozent davon schwer. Unter Berücksichtigung aller Verletzungsschweren lagen die Fahrradfahrer damit auf dem zweiten Rang aller Straßenverkehrsteilnehmer.

In heutigen Regelungen für die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen sowie innerhalb von Verbraucherschutzprogrammen, wie Euro NCAP, werden Fahrradfahrer hinsichtlich ihres Schutzes im Falle einer Kollision mit einem Kraftfahrzeug nicht explizit adressiert. Es kann allerdings von einem synergetischen Nutzen von definierten passiven Fußgängerschutzverfahren auch für Fahrradfahrer innerhalb der Gesetzgebung und bei Euro NCAP ausgegangen werden. Weiterhin fordert der Gesetzgeber seit Februar 2009 die Ausrüstung aller neuen Fahrzeugtypen mit einem Bremsassistenten. Schließlich werden ab 2016 unter bestimmten Voraus-

setzungen autonome Notbremssysteme durch Euro NCAP auch im Sinne des Fußgängerschutzes honoriert, wobei ein zusätzlicher, in der Größe allerdings noch abzuschätzender, Nutzen auch für Fahrradfahrer zu erwarten ist.

Die gegenwärtig im Rahmen der Typgenehmigung sowie beim Verbraucherschutz durchgeführten Komponentenversuche fokussieren sich auf die Körperregionen Kopf, Hüfte, Oberschenkel, Knie und Unterschenkel von Fußgängern. Vorgegebene Bereiche der zu bewertenden Fahrzeugfront werden mit Prüfkörpern beaufschlagt, die die genannten Körperregionen repräsentieren. Die Tests erfolgen unter Geschwindigkeiten und Anprallwinkeln, die die gegenwärtigen Unfallszenarien bestmöglich repräsentieren.

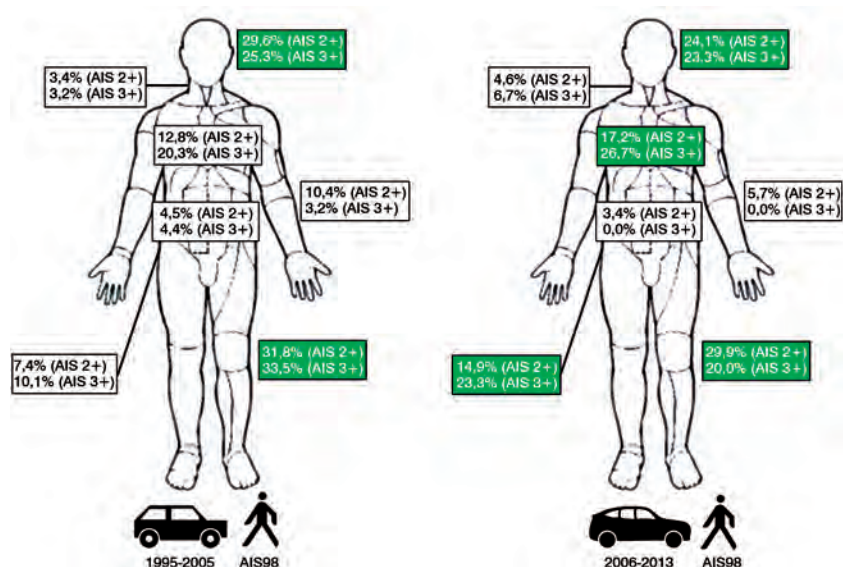
### Verletzungsmuster Fußgänger

Die in den Prüfverfahren abgebildeten Körperregionen ergeben sich aus einer GIDAS-Unfalldatenstudie zum Verletzungsmuster von Fußgängern. Berücksichtigt wurden hierbei insgesamt 1.049 Verkehrsunfälle zwischen einem Fußgänger und einem Pkw in den Jahren 2000 bis 2013, aufgeteilt nach den Pkw-Erstzulassungsjahren 1995 bis 2005 (N=867) und 2006 bis 2013 (N=182).

Die bekannten AIS98-kodierten Verletzungsschweregrade pro Körperregion (Kopf, Halswirbelsäule, Thorax, Abdomen, Becken, Beine) mit dem Bereich zwischen AIS1 für eine „geringe Verletzungsschwere“ und AIS6 für eine „maximale (nicht behandelbare) Verletzungsschwere“, ergeben nachfolgende Verteilungen.

Die Auswertung zeigt die Relevanz von AIS2+ (=AIS2 bis AIS6) und AIS3+ (=AIS3 bis AIS6) Kopf- und Beinverletzungen (Anteil je zirka 30 Prozent) insbesondere bei Fußgängerunfällen gegen Pkw mit Erstzulassungsdatum von 1995 bis 2005, also im Zeitraum der Entwicklung

*Verletzungsmuster bei Pkw-Fußgänger-Kollisionen nach AIS98-Kodierung: angegeben sind Verhältnisse für einen Verletzungsschweregrad von AIS2+ oder AIS3+ in der jeweiligen Körperregion zu AIS2+ oder AIS3+ erlittenen Verletzungsschweregraden aller Körperregionen (AIS2 bis AIS6 = AIS2+, AIS3 bis AIS6 = AIS3+)*



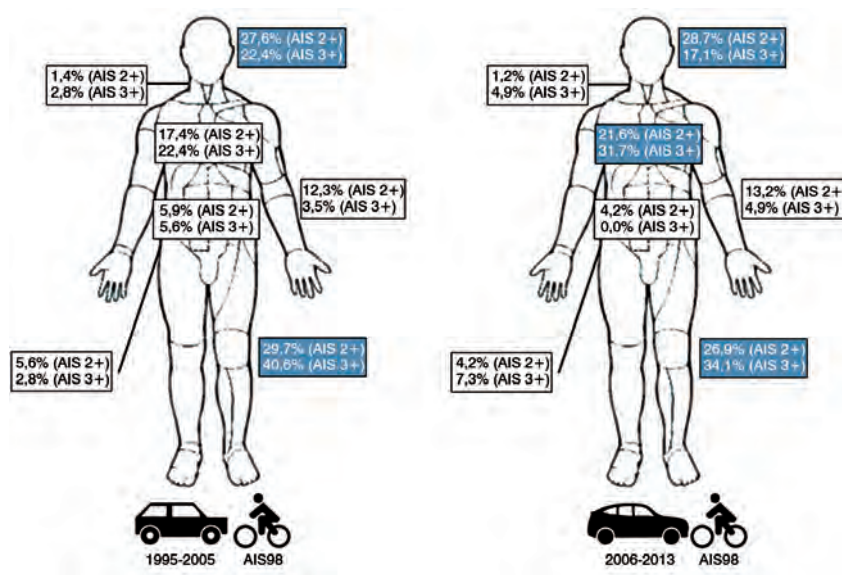
der Fußgängerschutz-Impaktoren durch die Arbeitsgruppen 10 und 17 des European Enhanced Vehicle Safety Committee (EEVC) (bis 2002), aber noch vor Umsetzung der Anforderungen für die Typgenehmigung im Sinne des Fußgängerschutzes gemäß EG-Richtlinie 2003/102. Bei Unfällen mit Fahrzeugen mit Erstzulassungsdatum ab 2006, also nach Umsetzung der EG-Richtlinie, verlagert sich die Verteilung insbesondere der AIS3+-kodierte Verletzungen in Richtung Thorax und Becken bei nahezu gleichbleibender Relevanz für den Kopf.

**Verletzungsmuster Radfahrer**

Bei einer nachfolgenden GIDAS-Analyse zu Kollisionen zwischen einem Radfahrer und einem Pkw in den Jahren 2000 bis 2013 wurden insgesamt 2.686 Verkehrsunfälle, aufgeteilt nach den Pkw-Erstzulassungsjahren 1995 bis 2005 (N=2.098) und 2006 bis 2013 (N=588) berücksichtigt. Die bekannten AIS98-kodierten Verletzungsschweregrade pro Körperregion ergeben dabei nachfolgende Verteilungen.

Auch Radfahrer erlitten bei Kollisionen mit Pkw mit Erstzulassung zwischen 1995 und 2005 vorwiegend AIS2+ und AIS3+ Kopf- und Beinverletzungen, wobei rund ein Viertel aller schwerverletzten Fahrradfahrer (mindestens eine Körperregion wurde mit einer Verletzungsschwere von AIS2+ kodiert) ebenfalls eine AIS3+ Thoraxverletzung davonträgt. Bei den neueren Fahrzeugen ab Erstzulassungsdatum 2006 spielen Thoraxverletzungen eine noch größere Rolle: Bereits fast ein Drittel aller involvierten, schwerverletzten Fahrradfahrer trägt eine AIS3+ Thoraxverletzung davon. Die Relevanz der untersuchten Kopf- sowie Beinverletzungen geht demgegenüber leicht zurück.

Bei Fußgängern und Radfahrern ist der Thorax somit hinsichtlich der Verletzungshäufigkeit und -schwere neben Kopf und Bein eine der relevantesten Körperregionen. Diesem Umstand wird bei den Prüfverfahren nach aktueller Verordnung



(EG) Nr. 78/2009 zum Schutz ungeschützter Verkehrsteilnehmer derzeit allerdings keinerlei Rechnung getragen.

**Prüfprozeduren**

Während die in Gesetzgebung und Verbraucherschutz eingesetzten Prüfkörper im Laufe der letzten Jahre überwiegend harmonisiert worden sind, unterscheiden sich die Prüfprozeduren insbesondere hinsichtlich der Anprallbereiche, der zu prüfenden verletzungsverursachenden Teile, der Anprallpunkte, der Testgeschwindigkeiten und der Anzahl der durchzuführenden Tests.

Während die Kopfanprallbereiche prinzipiell sowohl in den gesetzlichen Vorschriften als auch im Verbraucherschutz durch die beiden Abwickellängen 1.000 und 2.100 Millimeter sowie die seitlichen Referenzlinien begrenzt werden, beschränkt sich die Gesetzgebung dabei auf die Fronthaube. Versuche auf das Sichtfeld des Fahrers wurden lediglich in einer ersten Phase der EG-Verordnung und nur zu Überwachungszwecken durchgeführt. Euro NCAP hingegen prüft innerhalb des vorgegebenen Prüfbereichs darüber hinaus die Bereiche auf der Windschutzscheibe, auf und vor der Motorhaubenvorderkante, auf dem Fahrzeugg Grill sowie den Frontscheinwerfern. Weiterhin erfolgt hier auch die Bewertung der A-Säulen, die als weitere potenziell verletzungsverursachende

*Verletzungsmuster bei Pkw-Radfahrer-Kollisionen nach AIS 98-Kodierung: angegeben sind Verhältnisse für einen Verletzungsschweregrad von AIS2+ oder AIS3+ in der jeweiligen Körperregion zu AIS2+ oder AIS3+ erlittenen Verletzungsschweregraden aller Körperregionen (AIS2 bis AIS6 = AIS2+, AIS3 bis AIS6 = AIS3+)*



Bereiche/Regionen der Fahrzeugfront gelten. Schließlich erfolgt die Auswahl einer Anzahl von verletzungsrelevanten Prüfpunkten in der Gesetzgebung durch den technischen Dienst, demgegenüber Euro NCAP eine homogene Bewertung des Prüfbereichs über ein Netz aus Bewertungspunkten mit stets identischen Abständen vornimmt.

Zwar adressieren die beschriebenen Kopfanprallbereiche eine große Anzahl von im realen Unfallgeschehen identifizierten Anprallstellen von Fußgängern. Wie im Jahresbericht 2011 bis 2012 der BASt beschrieben, würde eine rückwärtige Verlängerung des Kopfanprallbereichs um zirka 200 Millimeter jedoch bereits einen signifikanten zusätzlichen Nutzen hinsichtlich eines angemessenen Schutzes von Fahrradfahrern im Falle einer Kollision mit Kraftfahrzeugen bewirken.

Erste Ergebnisse eines Forschungsprojekts der BASt zur Erarbeitung einer zukünftigen Prüfprozedur für Radfahrer weisen bereits auf eine größere Streuung von Kopfanprallwinkeln aufgrund zusätzlicher Freiheitsgrade beim Radfahreranprall,

aber auch auf tendenziell höhere Anprallwinkel und -geschwindigkeiten hin, welche bei einem zukünftigen Prüfverfahren zu berücksichtigen sind.

### Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lässt sich aus heutiger Sicht schlussfolgern, dass in einem ersten Schritt eine rückwärtige Erweiterung des Prüfbereichs zum Zwecke der kombinierten Bewertung des Schutzpoteziels von Fahrzeugfronten für ungeschützte Verkehrsteilnehmer nicht nur zu einem verbesserten Schutz von Fahrradfahrern, sondern auch von Fußgängern führt, insbesondere da Kollisionen gegen potenziell harte und verletzungsrelevante Strukturen wie Windschutzscheibenrahmen und A-Säulen gegenwärtig nicht über die gesetzlichen Anforderungen adressiert werden. In einem zweiten Schritt sollte den aktuellen Verletzungsmustern von Fahrradfahrern und Fußgängern über die Anpassung existierender oder Entwicklung neuer Prüfkörper konkret Rechnung getragen werden.

*Kopfanprallbereiche nach Euro NCAP (links) und Verordnung (EG) Nr. 631/2009 beziehungsweise UN-Verordnung Nr. 127 (rechts)*



#### Marcus Wisch

Mechatronik Ingenieur, Referat „Passive Fahrzeugsicherheit und Biomechanik“



#### Oliver Zander

Ingenieur für Sicherheitstechnik, stellvertretender Leiter des Referats „Passive Fahrzeugsicherheit und Biomechanik“



## Testverfahren für automatische Notbremssysteme zum Fußgängerschutz

Notbremssysteme, die ein Auto abbremsen bevor es zu einem Unfall kommt, sind bereits seit einigen Jahren im Einsatz. Ein deutlich größeres Potenzial für die Verbesserung der Verkehrssicherheit haben Notbremssysteme, die Kollisionen mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern wie Fußgängern oder Radfahrern vermeiden, oder die Geschwindigkeit des Pkw drastisch reduzieren können.

Ein erstes Notbremssystem, das auch für Fußgänger bremsen konnte, kam 2010 auf den Markt. Parallel begann die Entwicklung von Testverfahren, ab 2012 im Rahmen des EU-Forschungsprojekts „Assessment Methodologies for forward looking integrated Pedestrian and further extension to Cyclist Safety Systems“ (AsPeCSS) unter wesentlicher Mitwirkung der BASt.

### Testverfahren

Testverfahren sollen über das Prüfen der Systemwirkung in bestimmten Situationen Anreize für den Fahrzeughersteller setzen, Notbremsfunktionen so zu entwickeln, dass der Nutzen im Unfallgeschehen maximiert wird. Zu testende Situationen (Szenarien) müssen daher immer aus dem Unfallgeschehen abgeleitet sein. Während Tests für die Typgenehmigung eines Fahrzeugs verpflichtend sind, dabei aber nur eine Ja/Nein-Aussage zulassen, sind Tests im Verbraucherschutz für den Hersteller freiwillig. Ihr Ergebnis fließt in eine Sicherheitsbewertung ein, die dem Konsumenten einen fundierten Vergleich verschiedener Fahrzeuge erlaubt und damit letztendlich in die Kaufentscheidung des Verbrauchers einfließen kann. Fahrzeughersteller haben daher generell ein hohes Interesse an guten Bewertungen im Verbraucherschutz.

Ab 2016 sollen im europäischen Neuwagenbewertungsprogramm European New Car Assessment Programme Euro

NCAP ([www.euroncap.com](http://www.euroncap.com)) Fußgänger-Notbremssysteme bewertet werden. Die dazu notwendigen Testverfahren beinhalten neben der Definition erforderlicher Fahrzeugmesstechnik und Methoden zur Messdatenverarbeitung und -auswertung auch Anforderungen an eine zu verwendende Fußgängerattrappe (Dummy), die die Tests weitgehend unversehrt überstehen können muss.

### Fußgängerdummy

Aus Sicht der Verkehrssicherheit ist die Definition der Dummybewegungsmuster und der Fahrgeschwindigkeiten des Pkw besonders wichtig. Nur wenn diese Parameter dem Unfallgeschehen auf den Straßen entsprechen und der Dummy einen Menschen realistisch nachstellt, ist es zulässig, aus einer guten Bewertung im Fahrzeugtest auf eine gute Sicherheitswirkung im Verkehr zu schließen.

Ziel der BASt bei der Entwicklung der Tests ist es, die Übertragbarkeit der Testergebnisse auf die Wirkung der Notbremssysteme im Unfallgeschehen zu gewährleisten. Dazu hat die BASt in den vergangenen Jahren zwei Workshops veranstaltet, auf dem die Realitätsnähe des Fußgängerdummys überprüft wurde, und





im Zeitraum 2013 und 2014 immer wieder verschiedene Fahrzeuge mit Fußgänger-Notbremsfunktion getestet. Aus diesen Tests wurden dann Ideen für die Verbesserung von Testverfahren abgeleitet und bei Euro NCAP eingebracht.

Die Situationen, denen die Fahrzeuge im Test letztendlich ausgesetzt sein werden, sind:

- Gehender Erwachsener, kommend von rechts, Soll-Anprallstelle bei 25 Prozent der Fahrzeugbreite (rechts der Fahrzeugmitte).
- Gehender Erwachsener, ebenfalls kommend von rechts, Soll-Anprallstelle bei 75 Prozent der Fahrzeugbreite (links der Fahrzeugmitte).
- Rennender Erwachsener, kommend von links, Soll-Anprallstelle in der Fahrzeugmitte.
- Gehendes Kind, kommend von rechts mit Soll-Anprallstelle ebenfalls in der Fahrzeugmitte, aber im Gegensatz zu den anderen Situationen hinter einer Verdeckung hervorkommend.

Alle Szenarien werden mit Pkw-Geschwindigkeiten zwischen 20 und 60 km/h geprüft. Diese Testszenarien decken etwa zwei Drittel der schweren Fußgängerunfälle ab. Der Einfluss einzelner Testergebnisse auf die Gesamtbewertung ist dabei so gewählt, dass die Fahrgeschwindigkeiten, die häufig bei Unfällen mit schweren oder gar tödlichen Fußgängerletzungen nachgewiesen werden, eine größere Gewichtung haben.

## Ringversuch

Für den Nachweis, dass das Testverfahren reproduzierbare Ergebnisse in verschiedenen europäischen Laboren liefert, wurde im Sommer 2014 von der BAST und sechs weiteren Prüfinstituten ein Ringversuch mit fünf verschiedenen Versuchsfahrzeugen durchgeführt. Die Bewertungen, die die Fahrzeuge in den verschiedenen Laboren erreicht haben, sind gut miteinander vergleichbar. Die Bandbreite der gemessenen Ergebnisse reichte von knapp zehn Prozent der möglichen Punkte für ein einfaches, kostengünstiges Notbremssystem bis zu gut 80 Prozent der Punkte für ein aktuelles High-Tech-System.

Die Entwicklung des Testverfahrens für Fußgänger-Notbremssysteme ist nach diesem Ringversuch weitgehend abgeschlossen, nach einer endgültigen Verifikation im Sommer 2015 werden die Tests zu Beginn 2016 eingeführt. Ab 2016 wird die Euro NCAP-Sternebewertung also den Sicherheitsvorteil, den Fahrzeuge mit Notbremsfunktion haben, entsprechend honorieren.

Offen ist noch die Frage, ob es technisch möglich ist, einen Dummy mit bewegten Beinen, der die Realität sicher deutlich besser abbildet als ein Dummy ohne bewegte Teile, im Versuch einzusetzen, oder ob die für die Bewegung erforderliche Mechanik zu anfällig für Beschädigungen sein könnte - für eine fundierte Entscheidung im Sommer 2015 steht bereits ein umfangreiches Testprogramm fest.

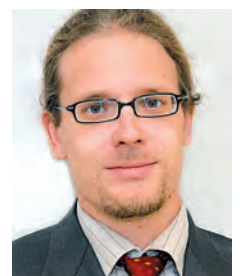
### Oliver Bartels

Physiker, Referat „Aktive Fahrzeugsicherheit, Emissionen, Energie“



### Dr. Patrick Seiniger

Maschinenbauingenieur, Referat „Aktive Fahrzeugsicherheit, Emissionen, Energie“





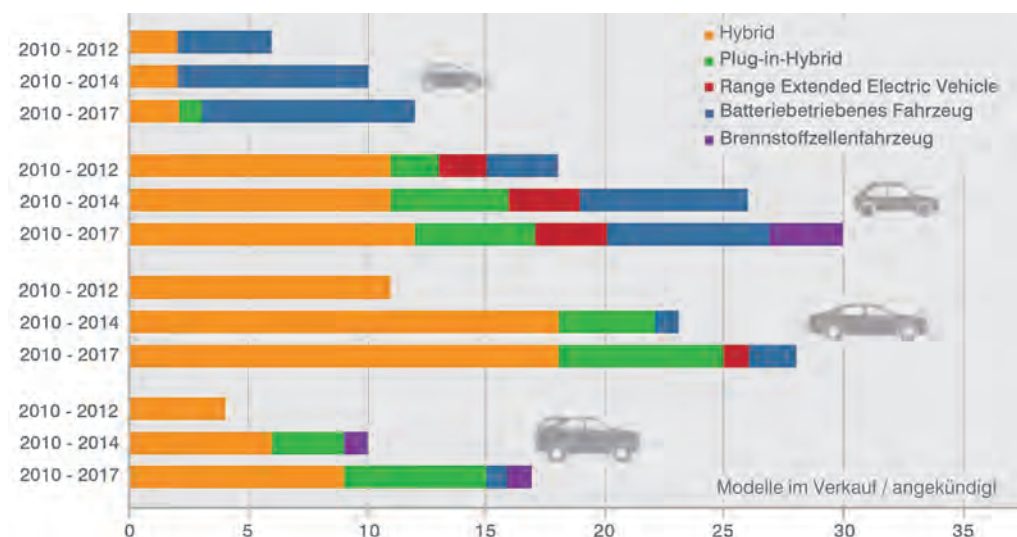
## Elektromobilität: Akzeptanz und Sicherheit

Die Markteinführung und -durchdringung von Elektrofahrzeugen kann einen wichtigen Beitrag dazu leisten, die künftige Umweltbelastung durch den Straßenverkehr zu verringern. Eine weitverbreitete Nutzung von Elektrofahrzeugen, die mit Strom aus erneuerbaren Energien angetrieben werden, fördert die Reduktion von Luftschadstoffen besonders im urbanen Bereich. Die Europäische Kommission hat im Jahr 2011 das ambitionierte Ziel formuliert, die Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor bis 2050 um 60 Prozent im Vergleich zum Basisjahr 1990 zu senken. Im Weißbuch Verkehr „Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem“ wird daher als eine Maßnahme zur Verringerung der Emissionen die Halbierung der Nutzung „mit konventionellem Kraftstoff betriebener Pkw“ im Stadtverkehr bis 2030 angestrebt.

Die Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen in Deutschland ist bislang allerdings noch gering. Die Gesamtzahl der Elektro-Personenkraftwagen (Pkw) belief sich zu Beginn des Jahres 2014 auf 13.541. Darin enthalten sind neben dem Bestand an rein elektrisch angetriebenen Fahrzeugen auch die im Jahr 2013 neu zugelassenen Plug-In-Hybride (1.385).

Der Bestand an rein elektrisch betriebenen Fahrzeugen ist gegenüber Anfang 2013 innerhalb eines Jahres um gut 70 Prozent gestiegen. Zu Beginn des Jahres 2015 wird mit dem 2,8-fachen Bestand gegenüber Anfang 2013 gerechnet. Der Bestand an Elektro-Pkw in Deutschland verzeichnet somit hohe Wachstumsraten. In Bezug auf den gesamten Pkw-Bestand aller Antriebsarten (43,9 Millionen zum 1.1.2014) sind die Bestandsdaten noch sehr gering. Ein wichtiger Einflussfaktor für eine höhere Marktdurchdringung ist auch das Angebot an unterschiedlichen Fahrzeugmodellen. Wie aus der Angebotsanalyse des Projektes eMAP hervorgeht, steigt das Angebot seit 2010 kontinuierlich an. Werden die orange markierten Hybrid-Fahrzeuge außer Acht gelassen, wird das Angebot an Fahrzeugen zwischen 2010 und 2012 deutlich. Ab 2013 waren in jedem der vier dargestellten Segmente Elektrofahrzeuge erhältlich.

Eine hohe Marktdurchdringung an Elektro-Pkw hängt von einer Vielzahl weiterer Faktoren ab. Um eine echte Mobilitätsalternative darzustellen, müssen neben dem adäquaten Angebot an Elektrofahrzeugen und der entsprechenden Nachfrage seitens der Verbraucher, auch eine Reihe technischer und regulatorischer Aspekte Beachtung finden, wie:



Neues Modellangebot an Elektro- und Hybrid-Pkw ab 2010  
(Quelle: eMAP, DLR)

- Weiterentwicklung der Batterietechnologie
- Verfügbarkeit der relevanten Industriekapazitäten
- Ladeinfrastruktur
- Nachfrageseitige Anforderungen
- Integration ins Stromnetz
- Energieeffizienz
- Standardisierungsaspekte

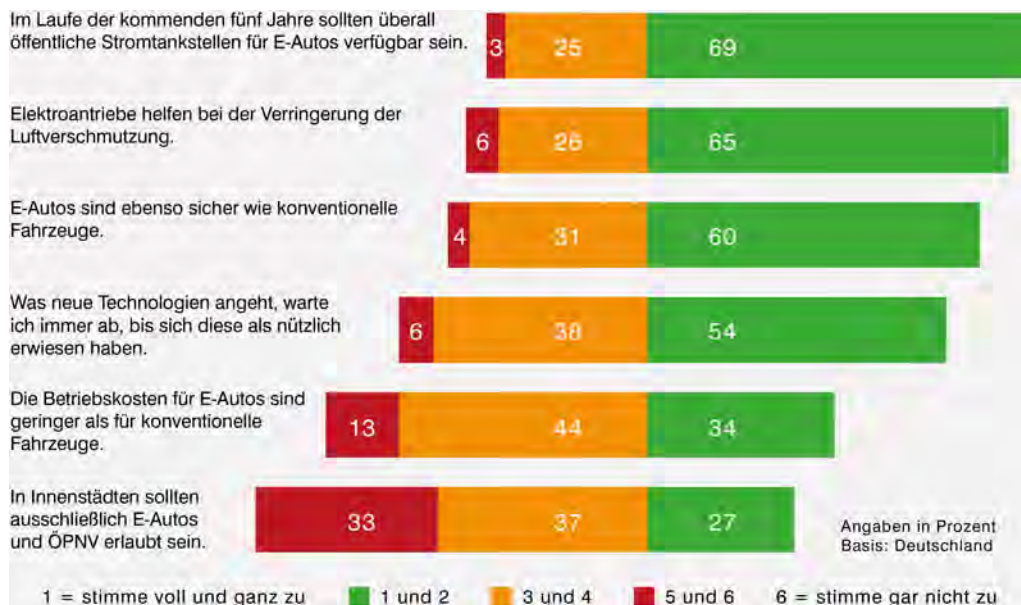
Um in den vielfältigen Fragestellungen im Bereich der Elektromobilität valide wissenschaftliche Erkenntnisse zu erlangen, untersucht die BAST im Rahmen der beiden Forschungslinien „Elektromobilität im Straßenverkehr der Zukunft“ und „Entwicklung von Anforderungen an sichere und umweltfreundliche Elektrofahrzeuge“ mehrere der oben genannten Aspekte, die einen Einfluss auf die Marktdurchdringung haben können.

Im Rahmen der europäischen Forschungsinitiative ERA-NET PLUS Electromobility+ untersucht die BAST als Projektpartner in zwei internationalen Konsortien Aspekte der Marktdurchdringung und Sicherheit von Elektrofahrzeugen. Der Fokus des von der BAST geleiteten Forschungsprojektes eMAP (electromobility – scenario based Market potential, Assessment and Policy options) liegt dabei in der Ermittlung und Bewertung der Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen und deren volks-

wirtschaftlichen Auswirkungen zwischen 2010 und 2030 mit Hilfe eines szenariobasierten Marktmodells. Im Electromobility+ Projekt EVERS SAFE (Everyday Safety for Electric Vehicles) erarbeitete ein deutsch-schwedisches Konsortium Empfehlungen für Sicherheitsanforderungen an elektrisch betriebene Fahrzeuge. Im Projekt wurden zum einen die Fahrdynamik und die Reaktion des Fahrers im Falle eines Defekts des elektrischen Antriebs- und Bremssystems untersucht (aktive Sicherheit), zum anderen wurde der Umgang mit Elektrofahrzeugen während und nach einem Crash (passive Sicherheit) im Hinblick auf die elektrische, thermische und chemische Sicherheit betrachtet.

### Akzeptanz von Elektromobilität in Deutschland

Einen wesentlichen Bestandteil zur Abschätzung der Marktdurchdringung stellt die im Rahmen von eMAP Ende 2013 durchgeführte, europaweite Konsumentenbefragung zur Elektromobilität dar. Im Auftrag der BAST wurden über 6.000 Fahrerlaubnisinhaber in Europa zur Bekanntheit und Akzeptanz von Elektrofahrzeugen mittels Online-Interviews befragt. Die Ergebnisse für Deutschland (1.000 Befragte) zeigen eine recht hohe Bekanntheit der Antriebsarten Batterie- sowie Hybridfahrzeug. Eine Mehrheit der befragten Personen sieht die Vorteile von



Einstellung und Bewertung von Konsumenten zur Elektromobilität

Elektrofahrzeugen in der Verringerung der Luftverschmutzung. Bezüglich der Sicherheit von E-Autos sind 60 Prozent der Befragten überzeugt davon, dass diese ebenso sicher sind wie konventionelle Fahrzeuge. Ein Großteil der Befragten unterstützt überdies eine flächendeckende Versorgung mit öffentlichen Ladestationen in den nächsten fünf Jahren.

Im Vergleich zu den Antworten in den beiden Untersuchungsländern Polen und Finnland zeichnen sich die deutschen Befragten eher durch eine zurückhaltendere und abwartendere Haltung aus, wenn es darum geht, neue Technologien frühzeitig zu nutzen. Bei der Wahl eines Fahrzeugs sind den Befragten in Deutschland ein geringer Kraftstoffverbrauch, viel Komfort und ein geringer Preis wichtig. Fast ein Drittel (31 Prozent) würde lieber ein Auto mit Elektroantrieb als mit Verbrennungsmotor fahren. Wenn es darum geht, zwischen niedrigen CO<sub>2</sub>-Emissionen und der Kaufpreishöhe eines Fahrzeugs zu wählen, ist heute ein Fünftel bereit, einen Aufpreis für geringere Emissionen zu zahlen. Als Kriterien zur Erhöhung der Attraktivität nannten die Befragten insbesondere ein dichtes Netz von Ladestationen, finanzielle Anreize, die Möglichkeit zu Testfahrten, zusätzliche Informationen, vielseitig und universell einsetzbare Elektrofahrzeuge sowie Sonderrechte für Elektrofahrzeuge wie verbesserte Parkmöglichkeiten und die Nutzung von gesonderten Fahrspuren ([www.project-emap.eu](http://www.project-emap.eu)).

### Sicherheit von Elektrofahrzeugen

Ziel des Projekts EVERS SAFE war es, Sicherheitsaspekte von Elektrofahrzeugen der zweiten Generation unter Berücksichtigung neuer elektrospezifischer Designs zu erfassen und Anpassungsvorschläge für Anforderungen zu erarbeiten.

### Forschungsschwerpunkt: Fahrdynamik und Reaktion des Fahrers

Im Arbeitspaket zur aktiven Fahrzeugsicherheit wurde untersucht, wie Fahrer auf verschiedene für Elektrofahrzeuge spezi-

fische Fehler und der daraus geänderten Fahrdynamik reagieren. Anhand einer Vorabanalyse möglicher Fehler wurden zwei Szenarien als Kerngebiet für die darauf aufbauenden Untersuchungen identifiziert:

- Defekt an einem Radnabenmotor und
- eine nicht funktionierende regenerative Bremse (Rekuperation).

Das erste Szenario „Störung Radnabenmotor“ bezog sich auf elektrisch dezentral angetriebene Fahrzeuge, bei denen zwei oder alle vier Räder separat zum Beispiel durch jeweils einen Radnabenmotor angetrieben werden. Untersuchungsgegenstand war ein Defekt eines radindividuellen Motors. Ein auf dem Fehler beruhendes Bremsmoment beeinflusst hier die Kursstabilität des Fahrzeugs. Bei drei Fahrmanövern wurde im Versuch jeweils ein Hinterrad gezielt verzögert (Geradeausfahrt und Linkskurve mit Abbremsung des kurveninneren oder kurvenäußeren Hinterrads). Erforscht wurde die Auswirkung in einem speziellen Fahrsimulator (bei 110 km/h Überlandfahrt) sowie in Fahrversuchen (30 km/h entsprechend Stadtverkehr) auf einer Teststrecke mit einem modifizierten Versuchsfahrzeug.

Die Versuche im Simulator und auch die Feldversuche ergaben ähnliche Ergebnisse. Für die Versuche im Simulator zeigte die Auswertung der subjektiven Eindrücke, dass die Fehler als störend aber nicht gefährlich wahrgenommen wurden. Der Fehler am kurveninneren Rad wurde im Vergleich als stressiger und am ehesten bemerkbar eingestuft. Auch die Fehlerbewertungen im Rahmen der Fahrversuche lieferten als Ergebnis Aussagen der Probanden, die als „wenig störend und kaum beanspruchend“ zusammenzufassen sind. Dabei wurde kein Fahrmanöver als besonders kritisch bewertet.

Das zweite Szenario „Ausfall der Rekuperation“ thematisierte den Ausfall des Abbremsens des Fahrzeugs durch den elek-





Fahrsimulator (rechts) und Versuchsfahrzeug (unten)  
(Bilder: VTI und BAST)



trischen Antrieb beim „Gaswegnehmen“. Der Einfluss einer plötzlich fehlenden Verzögerung wurde dabei ausschließlich im Rahmen von Fahrversuchen analysiert. Es zeigte sich, dass nur die Hälfte der Probanden den Fehler „Ausfall Rekuperationsbremse“ überhaupt bemerkt hat. Im Unterschied zur Vergleichsmessung ohne Ausfall der Rekuperation wurde der Fehler von den Probanden, die ihn erkannten, mit höherem Risiko assoziiert, ohne dabei jedoch als stressig oder zu beanspruchend eingestuft zu werden.

Zusammenfassend bleibt festzustellen, dass trotz Störung durch die beiden simulierten Fehlerarten die Fahrzeuge weiterhin vom Fahrer kontrollierbar waren und dies auch den Fahrereinschätzungen entsprach. Aus den aus diesem Testprogramm gewonnenen Erkenntnissen kann somit nicht abgeleitet werden, dass besondere Handlungsempfehlungen für Sicherheitsanforderungen an Elektrofahrzeuge im Bereich der Fahrdynamik auszusprechen wären.

### **Forschungsschwerpunkt: Untersuchungen zur passiven Fahrzeugsicherheit**

EVERSAFE konzentrierte sich des Weiteren auf die Themenfelder Crash-Kompatibilität (Elektrofahrzeuge treffen auf konventionelle Fahrzeugflotte) und auf das Verhalten von Lithium-Ionen-Akkumulatoren und deren Schutzstrukturen während und nach schweren Verkehrsunfällen. Dazu wurden diverse Computersimulationen und experimentelle Versuche auf Batteriezell- und Gesamtfahrzeugebene durchgeführt. EVERSAFE setzte dabei den Fokus auf das Struktur- und Systemverhalten von Elektrofahrzeugen und somit indirekt auch auf die Insassensicherheit,

die die klassische passive Fahrzeugsicherheit widerspiegelt. Ziel war es einerseits, Vorschläge für Verbesserungen von Crash-Vorschriften zu erarbeiten, und andererseits, Empfehlungen für den sicheren Umgang mit Elektrofahrzeugen nach schweren Verkehrsunfällen auszusprechen.

Die standardisierten Versuche (Eindring-, Schneid-, externer Kurzschlussversuch) mit einzelnen, vollgeladenen Li-Ionen-Pouchzellen aus dem Fahrzeugbereich führten zu sehr guten Ergebnissen. Die Zellen wiesen eine hohe Robustheit auf. Bei starken Abweichungen von standardisierten Tests oder beim Überlade-Versuch einer Zelle kam es zu einem thermischen Durchgehen der Zelle. Die Zellversuche lassen jedoch nicht unmittelbar Rückschlüsse auf das Verhalten des Gesamtsystems zu.

Die BAST führte zwei nicht-standardisierte Anprallversuche mit Elektrofahrzeugen unter Beteiligung der Feuerwehr Bergisch Gladbach und dem Projektpartner Fraunhofer Institut für Chemische Technologie durch: Pfählanprallversuch mit Mitsubishi i-MiEV und Front-/Heck-Kollision mit BMW i3. Hierbei wurde während und nach den Versuchen das Verhalten der Hochvoltssysteme überwacht. Weiterhin wurden Temperatur- und diverse Gasmessungen vorgenommen, um potenziell austretende giftige oder brennbare Gase aus der Hochvoltbatterie frühzeitig zu detektieren und daraus mögliche Indikatoren zur Detektion gefährlicher Stoffe praxisnah abzuleiten.

Die Anprallversuche zeigten, dass diese Elektrofahrzeuge ein (mindestens) vergleichbar hohes Schutzniveau aufweisen wie konventionelle Fahrzeuge. Es wurden schließlich Empfehlungen für die Gesetzgebung erarbeitet und Empfehlungen zum sicheren Umgang mit Elektrofahrzeugen für Feuerwehren und zur Weiterentwicklung existierender Handlungsprozeduren nach schweren Verkehrsunfällen mit Elek-



trofahrzeugen gegeben ([www.eversafe-project.eu](http://www.eversafe-project.eu)).

**Fazit**

Der Markt für Elektro-Pkw befindet sich in einem sehr jungen Marktstadium. In den nächsten Jahren werden zunehmend weitere massentaugliche Modelle durch die Automobilhersteller auf den Markt gebracht. Neben einer breiten Angebotspalette seitens der Hersteller entscheidet letztlich der Wille der Konsumenten über den Erfolg der alternativen Antriebstechnologien. Wie die Umfrageergebnisse des Projektes eMAP zeigen, ist heute schon der Informationsstand der potenziellen Nutzer recht hoch. Da die Erwartungen der Nutzer an die neuen Fahrzeuge bezüglich Kraftstoffverbrauch, Komfort, Sicherheit

*Prüfende Blicke der Feuerwehr nach dem 90 Grad seitlichen Pfahl(Baum-)anprall mit stationärem Versuchsfahrzeug Mitsubishi i-MiEV und bewegter Crashbarriere (35 km/h, zwei Tonnen)*





sowie Preis sehr hoch sind und vielfach eine abwartende Haltung gegenüber technischen Innovationen eingenommen wird, ist die aktuelle Marktdurchdringung noch gering. Bezogen auf den Aspekt der Fahrzeugsicherheit zeigen die Ergebnisse des Projektes EVERS SAFE, dass derzeit keine Bedenken hinsichtlich der Fahrdynamik, Crash-Kompatibilität und Batteriesicherheit bestehen, obgleich die Entwicklung des Unfallgeschehens mit Elektro-Pkw weiterhin beobachtet werden muss.



*Ergebnis der Front- und Heckkollision mit stationärem Lkw und stationärem Versuchsfahrzeug BMW i3 sowie bewegter Crashbarriere (80 km/h, zwei Tonnen) nach simuliertem Stauendeszenario*



**Maxim Bierbach**  
Maschinenbauingenieur, Referat „Aktive Fahrzeugsicherheit, Emissionen, Energie“



**Dr. Jan-André Böhne**  
Volkswirt, Referat „Sicherheitskonzeptionen, Sicherheitskommunikation“



**Felix Heint**  
Kaufmann, Referat „Sicherheitskonzeptionen, Sicherheitskommunikation“



**Marcus Wisch**  
Mechatronik Ingenieur, Referat „Passive Fahrzeugsicherheit, Biomechanik“

## Marktdurchdringung von Fahrzeugsicherheits-systemen

Fundierte Informationen über die tatsächliche Marktdurchdringung moderner Fahrzeugsicherheitsysteme (FSS) sind für die Planung politischer Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und der Nachverfolgung der Umsetzung von großer Bedeutung. Airbags, ABS und ESP oder Tagfahrleuchten sind bereits Bestandteil eines Großteils der Fahrzeugflotte. Vor allem vorausschauende Fahrerassistenzsysteme, die sensorbasiert andere Verkehrsteilnehmer und die Umgebung erfassen und in Gefahrensituationen unterstützen, sind bei einer steigenden Anzahl von Fahrzeugmodellen als Zusatzoption verfügbar. Daher ist es wichtig, gesicherte Informationen über die Anzahl und Art der verwendeten Fahrzeugsicherheitsysteme sowie deren Nutzungskontext zu erheben, da für vielfältige Forschungsfragen wie beispielsweise die Abschätzung des Sicherheitspotenzials die Kenntnis über die Verbreitung der Systeme erforderlich ist. Die Ergebnisse gehen in den „Unfallverhütungsbericht Straßenverkehr“ ein, den die Bundesregierung alle zwei Jahre dem Bundestag vorlegt. Eine wesentliche Herausforderung dieser Erhebung ist die hohe Vielfalt bei den Antwortmöglichkeiten gepaart mit dem unsicheren Kenntnisstand der einzelnen Fahrzeugbesitzer über die Ausstattung ihrer Fahrzeuge.

### Methodik

Um das Ziel, die erstmalige umfassende Erhebung der Ausstattung von Pkw mit Fahrzeugsicherheitsystemen in Deutschland zu erreichen und einen sehr guten Überblick über die Verbreitung der Systeme zu erhalten, wurde als Ansatz eine Befragung gewählt.

Das methodische Vorgehen lässt sich insbesondere durch folgende Schritte beschreiben: Vorerfassung, Pilotstudie (Pretest/Testbefragung und Vor-Ort Überprüfungen), Hauptbefragung, Experteninterviews, Auswertung.

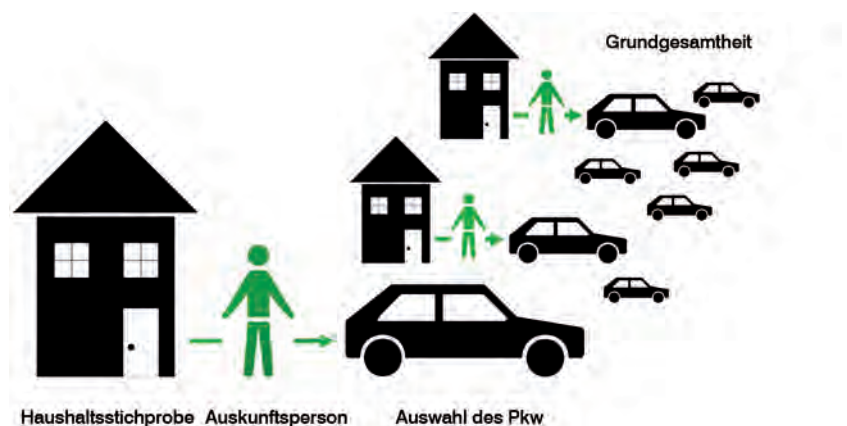
Die erstellten Vorerfassungstabellen sammeln für gängige Fahrzeugmodelle differenziert nach Hersteller, Modell und Generation Informationen darüber, mit welchen FSS ein Fahrzeug serienmäßig ausgestattet ist und welche FSS optional verfügbar sind. Die Vorerfassung dient als Basis für die Steuerung des Fragebogens.

Die Pilotphase hatte das Ziel, die Eignung des gegenüber einer erfolgten Vorstudie angepassten Designs zu überprüfen und die Zuverlässigkeit der Abfrage neu aufgenommener Systeme zu ermitteln. Im Rahmen der Pilotphase wurden 153 telefonische Interviews mit privaten Haushalten durchgeführt und eine Vor-Ort Überprüfung von 30 Fahrzeugen vorgenommen. Auf dieser Basis erfolgten Anpassungen im Fragebogen und die Qualität für die Hauptbefragung wurden somit sichergestellt.

Die Hauptbefragung richtete sich an 5.070 Haushalte zur Ausstattung eines ihnen zur Verfügung stehenden Fahrzeugs. Neben Privatwagen wurden auch Dienstwagen berücksichtigt. Auf Basis der Vorerfassung lag der Fokus der Befragung auf der Abfrage optional vorhandener Sicherheitssysteme.

Bei der Befragung wurden insgesamt 53 Fahrzeugsicherheitsysteme berücksichtigt. Die FSS werden unterschieden zwischen aktiv (dienen der Unfallvermei-

*Grundgesamtheit und Stichprobenkonzept*





Segmente	Elektronisches Stabilitätssystem	Kurven- oder Abbiegelicht	Spezielle Tagfahrleuchte	Geschwindigkeitsbegrenzer	Abstandsregel-Tempomat
Minis	42	0	16	0	0
Kleinwagen	50	5	10	3	0
Kompaktklasse	69	12	24	8	1
Mittelklasse	76	16	25	17	4
obere Mittelklasse/ Oberklasse	95	35	30	63	26
Geländewagen/SUV	81	23	36	19	5
Mehrzweckfahrzeuge/Vans	77	18	17	16	1
Sportwagen	79	16	28	27	0
Gesamt	68	13	21	14	3

Verbauraten ausgewählter aktiver Sicherheitssysteme nach Fahrzeugsegmenten (Anteile in Prozent) -  
Stand: November 2013, Quelle: BAST

dung), passiv (dienen dazu Unfallfolgen abzumildern), informierend, warnend und intervenierend. Intervenierende Systeme übernehmen selbstständig einzelne Fahraufgaben, um den sicheren Verkehrsablauf zu gewährleisten.

Auch Haushaltsmerkmale waren Inhalt der Befragung, die eine soziodemografische Interpretation der erhobenen Ergebnisse möglich machen (Verknüpfung von Informationen zu FSS und Haushaltsmerkmalen).

Die hohe Fallzahl von 5.070 ermöglicht eine zuverlässige Abbildung des Fahrzeugbestandes unter Berücksichtigung der Fahrzeugsegmente, sodass sich Unterschiede zwischen den einzelnen Fahrzeugsegmenten feststellen lassen.

Neben der quantitativen Erhebung, das heißt der Befragung der Nutzer, wurden auch Experten befragt, die beruflich mit dem Ein- oder Verkauf von Pkw für Unternehmensflotten befasst sind. Hintergrund ist der große Anteil, den gewerblich genutzte Fahrzeuge ausmachen. Tausende

Fahrzeuge, die zur Flotte großer Unternehmen gehören, werden im Schnitt nach drei bis vier Jahren wieder in den Handel überführt oder direkt an Privatkunden weiterverkauft. Bei Mietwagenfirmen liegt die Haltedauer mit etwa sechs Monaten noch einmal deutlich darunter.

Die qualitativen Interviews geben einen Einblick in die Bedeutung verschiedener Kriterien bei der Fahrzeugwahl und zeigen Tendenzen der Entwicklung der Ausstattung mit FSS auf dem Gebrauchtwagenmarkt auf.

### Ergebnisse

Es zeigte sich, dass die Pkw im Durchschnitt mit rund vier von 21 genauer untersuchten Fahrzeugsicherheitssystemen ausgestattet sind. Unter den zehn am häufigsten verbauten Systemen sind Front- und Seitenairbags, Gurtstraffer, Bremsassistent und die Elektronische Stabilitätskontrolle. Die Marktdurchdringung (Verbauraten) der einzelnen Systeme ist sehr unterschiedlich. Etablierte Systeme wie automatische Blockierverhinderer (ABS) mit einer Verbaurate von annähernd

Segmente	Frontairbags für Fahrer und Beifahrer	Seitenairbags für Fahrer und Beifahrer	Kopfairbags	Vorkonditionierung (PreSafe)	Aufstellbare Fronthaube
Minis	100	79	17	0	0
Kleinwagen	97	86	36	0	0
Kompaktklasse	96	87	66	2	2
Mittelklasse	97	91	70	4	0
obere Mittelklasse/ Oberklasse	99	94	77	22	19
Geländewagen/SUV	99	95	65	7	0
Mehrzweckfahrzeuge/Vans	99	90	62	2	0
Sportwagen	92	86	40	2	7
Gesamt	98	88	57	3	2

Verbauraten ausgewählter passiver Sicherheitssysteme nach Fahrzeugsegmenten (Anteile in Prozent) - Stand: November 2013, Quelle: BAST

100 Prozent des Fahrzeugbestandes stehen neuen Systemen wie Notbremsystemen gegenüber, die erst am Beginn ihrer Verbreitung stehen.

In der Zusammenschau der Ergebnisse werden folgende Durchdringungsmuster sichtbar: Die Verbreitung von Fahrzeugsicherheitssystemen in der Pkw-Flotte folgt dem Prinzip der Innovationskaskade. Automobilhersteller führen neue Systeme schrittweise in neue Marktsegmente ein. Häufig werden die Systeme in Ausstattungspaketen gebündelt, für die der Kunde einen Aufpreis zahlt. Die Verbreitung der Systeme erfolgt typischerweise von der Oberklasse in Richtung Mittelklasse und Kleinwagen. Die Durchdringungsraten in den Tabellen zeigen ebenfalls dieses Verbreitungsmuster.

Dem beschriebenen Muster gemäß folgt die Durchdringung vor allem der Zeit. Die Verbauraten von annähernd 100 Prozent bei ABS ist das Ergebnis einer jahrzehntelangen Verbreitung in der Pkw-Flotte. Die Elektronische Stabilitätskontrolle als ein weiterer Grundstein von Fahrzeugsicher-

heitssystemen hat inzwischen (rund 20 Jahre nach der Markteinführung) mit 68 Prozent ebenfalls eine sehr weite Verbreitung in der gesamten Pkw-Flotte gefunden.

Die Geschwindigkeit des Durchdringungsprozesses nimmt zu, wenn Fahrzeugsicherheitssysteme seitens der Automobilindustrie als Serienausstattung verbaut werden. Prominente Beispiele sind Front- und Seitenairbags als Kernelemente der passiven Fahrzeugsicherheit, die heute praktisch in nahezu allen im Straßenverkehr genutzten Fahrzeugen zur Ausstattung zählen. Ein weiteres Beispiel für eine beschleunigte Durchdringung stellt die Elektronische Stabilitätskontrolle dar, die nach dem „Elchtest“ in die Serienausstattung übernommen wurde.

Die Durchdringungsgeschwindigkeit kann auch durch externe Anreize gesteigert werden, zum Beispiel indem die Anforderungen an die Hersteller im Rahmen der Sicherheitsbewertung neuer Fahrzeuge (EuroNCAP) vorausschauend angepasst werden. Des Weiteren kann die Durchdringung durch die verpflichtende Aus-



stattung mit einem System beschleunigt werden. Ein Beispiel hierfür ist die Elektronische Stabilitätskontrolle (Basis: Richtlinie 661/2009/EU).

Ein wesentlicher Vorzug der Studie gegenüber anderen Marktübersichten ist die Verknüpfung der Ergebnisse mit fahrer- und fahrzeugbezogenen Merkmalen:

- Die Ausstattung der Pkw hängt stark von der Fahrleistung ab. Pkw mit einer Jahresfahrleistung von mehr als 50.000 Kilometer verfügen im Durchschnitt über doppelt so viele Fahrzeugsicherheitssysteme wie wenig genutzte Pkw mit einer Jahresfahrleistung unter 5.000 Kilometer.
- Die Ausstattung der Pkw nimmt mit dem Jahr der Erstzulassung zu. Pkw, die ab 2012 zugelassen wurden, verfügen im Durchschnitt über doppelt so viele

Fahrzeugsicherheitssysteme wie Pkw der Zulassungsjahre 2002 bis 2006.

### Anwendung der Ergebnisse und Ausblick

Die Ergebnisse geben einen ersten Überblick über die Marktdurchdringung von Fahrzeugsicherheitssystemen. Die gewonnenen Informationen über die aktuelle Verbreitung und die Entwicklung in den letzten Jahren können als Basis für Diskussionen oder Maßnahmenentscheidungen genutzt werden, beispielsweise für die gezielte Förderung der Verbreitung eines bestimmten Sicherheitssystems. Zudem bieten die im Rahmen des Projektes erhobenen sozio-demografischen Merkmale der Fahrzeugnutzer durch die Verknüpfung mit den Kenntnissen über die Marktdurchdringung von FSS die Möglichkeit der zielgruppenspezifischen Ansprache von Fahrzeugnutzern. Auch können die Ergebnisse dazu dienen, den Erfolg bisheriger Maßnahmen zu prüfen.

Ein weiteres wissenschaftliches Anwendungsfeld ist die Modellierung von Marktmechanismen der überprüften FSS. Interessant ist beispielsweise die Art und Geschwindigkeit der Marktdurchdringung durch die verschiedenen Flottensegmente oder die Zusammenhänge von Fahrzeugalter und Fahrleistung zur Projektion zukünftiger Markt- und Verkehrsszenarien zu nutzen.

*Passive Fahrzeugsicherheitssysteme - Front- und Curtain-Airbags im 40 Prozent-Offset Euro NCAP Frontalanpralltest (Bild: Euro NCAP)*



**Jan Dobberstein**

Wirtschaftsingenieur, Referat „Passive Fahrzeugsicherheit, Biomechanik“



**Dr. Torsten Geißler**

Volkswirt, Referat „Kooperative Verkehrs- und Fahrerassistenzsysteme“



**Janina Küter**

Ökonomin, Referat „Sicherheitskonzeptionen, Sicherheitskommunikation“

## DRIVE C2X – Europäischer Feldversuch zu Kooperativen Verkehrssicherheitssystemen

Unter dem Begriff „C2X communication“ werden neue Technologien der Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation (C2C) und der Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation (C2I) zusammengefasst. Die Kommunikation zwischen den Systemen basiert überwiegend auf Kurzstrecken-WLAN (IEEE 802.11p) unter Nutzung des Internet-Protokolls. Diese neuen Technologien bilden seit einigen Jahren die Basis für die Entwicklung kooperativer Verkehrssicherheits- und Verkehrsmanagementsysteme. Mit Hilfe von kooperativen Systemen ist es möglich, Informationen hinsichtlich räumlich vorausliegender Verkehrssituationen und Unfallgefahren zu einem sehr frühen Zeitpunkt an den Fahrer zu melden.

Im Rahmen des europäischen Projekts DRIVE C2X wurden kooperative Verkehrssicherheitssysteme in Feldversuchen unter möglichst realen Verkehrsbedingungen getestet. Es galt, eine länderübergreifende europäische Testplattform zu schaffen, die bestehende nationale Aktivitäten und Testfelder verschiedener europäischer Länder bündelte. Hauptziel von DRIVE C2X war es, basierend auf Nutzertests die Wirkung kooperativer Systeme hinsichtlich Straßenverkehrssicherheit, Verkehrsfluss, Energieeffizienz und Nutzerakzeptanz zu bewerten. Daneben sollte im Rahmen von Funktionstests die technische Leistungsfähigkeit der kooperativen Systeme und die Systeminteroperabilität auf europäischer Ebene untersucht werden. Damit sich das Potenzial der kooperativen Systeme voll entfalten kann, ist eine breite Verwendung der Systeme erforderlich. Ziel von DRIVE C2X war es daher auch, die Markteinführung durch die Entwicklung von möglichen Einführungsszenarien zu unterstützen.

Als Projektpartner in DRIVE C2X beteiligte sich die BAST an diversen Arbeitsschritten: Formulierung von Forschungsfragen, Definition von Testhypothesen und Bewertungskriterien, Spezifizierung der Testmethodik

und der experimentellen Vorgehensweise, Klärung rechtlicher Fragen zur Versuchsdurchführung, Datenanalyse und statistischen Hypothesentests zum Fahrerverhalten, Abschätzung der Sicherheitswirkung sowie Entwicklung von Strategien für die Markteinführung.

### Getestete Funktionen

DRIVE C2X stützte sich auf kooperative Funktionskonzepte und prototypische Systeme aus vorherigen Forschungsprojekten. Eine wesentliche Aufgabe in DRIVE C2X war es daher, funktionsfähige kooperative Systeme zu entwickeln, deren Reifegrad den Anforderungen der geplanten Funktions- und Nutzertests genügte. Es wurden

*In DRIVE C2X beteiligte  
Testfelder  
(Bild: DRIVE C2X)*



Systeme mit folgenden Anwendungsfunktionen getestet: Warnung vor herannahenden Notfalleinsatzfahrzeugen, Stauendwarnung, Verkehrszeichenassistent, Baustellenwarnung, Hinderniswarnung, Warnung vor liegengebliebenen Fahrzeugen.





Verkehrszeichenassistent zur Darstellung von örtlichen Geschwindigkeitsbegrenzungen und Warnung bei Geschwindigkeitsübertretungen (Bild: DRIVE C2X)

gen, Straßenwetterwarnung und Ampelphasenassistent (Grüne-Welle-Assistent).

Mit Ausnahme des Ampelphasenassistenten, der zur Verbesserung des Verkehrsflusses und der Kraftstoffeinsparung beitragen soll, zielen die genannten Funktionen auf eine Erhöhung der Verkehrssicherheit. Wenn das System im Fahrzeug eine Nachricht zu einem relevanten Ereignis empfängt, erfolgt zunächst eine funktionsinterne Bewertung des aktuellen Risikostatus des Ereignisses im Hinblick auf das eigene Fahrzeug. Abhängig vom Risikostatus entscheidet die Funktion, welche Art von Benachrichtigung über die Mensch-Maschine-Schnittstelle an den Fahrer ausgegeben wird: Warnung, Information, keine Nachricht.

### Vorgehensweise

An den Fahrtests waren Testfelder in Deutschland, Finnland, Frankreich, Italien, Niederlande, Schweden und Spanien beteiligt. Die Infrastruktur der Testfelder wurde mit intelligenten Kommunikationseinrichtungen (Road side units) ausgerüstet. In die 260 Testfahrzeuge, überwiegend Pkws und einige Motorräder, wurden kooperative Bordsysteme einschließlich der Anzeigen zur Ausgabe der Informationen/Warnungen an den Fahrer eingebaut. Insgesamt nahmen an den Tests über 750 Privatpersonen als Fahrer teil.

Die eigentlichen Fahrtests fanden in 2013 über einen Zeitraum von neun Monaten

statt. Während dieser Zeit legten die Testfahrzeuge eine Fahrstrecke von über 1,8 Millionen Kilometer zurück. Neben der kontinuierlichen Erfassung der objektiven Daten über Datenlogger wurden auch subjektive Einschätzungen der beteiligten Fahrer über Fragebogen erfasst. Der Versuchsplan sah mehrere Fahrten pro Fahrer vor: Zunächst erfolgte eine Testfahrt ohne Unterstützung, anschließend eine Testfahrt mit Unterstützung durch das kooperative System.

### Technische Funktionstests

Die technische Bewertung erfolgte anhand von Leistungskriterien der Signalübertragung. Es wurde der Zeitbedarf ab dem Aussenden bis zur Darstellung von Nachrichten auf dem Display gemessen und die Einhaltung der funktionspezifisch gesetzten Warnabstände und Warnzeiten analysiert. Trotz einiger Probleme, die bei einzelnen Funktionsspezifikationen und der Bauausführung festgestellt wurden, konnte insgesamt ein positiver Schluss gezogen werden: Die DRIVE C2X Funktionen erfüllten im Wesentlichen die technischen Anforderungen, das heißt, es erfolgten korrekte Warnungen bei ausreichender Positionsgenauigkeit und dies innerhalb eines akzeptablen Zeitrahmens.

### Nutzertests

Nutzerbezogene Wirkungen wurden anhand von objektiv gemessenen Kenngrößen zum Fahrerverhalten (vor allem Fahrgeschwindigkeit, aber auch Bremsverzögerung, Abstand) und subjektiven Kenngrößen der Fahrerbeanspruchung, Akzeptanz, Funktionsnutzung und Vertrauen in die Funktion beurteilt. Für einige Funktionen wurden Computersimulationen durchgeführt, um mögliche Wirkungen auf Verkehrseffizienz und Umweltaspekte abzuschätzen. Bei der Analyse der Sicherheitswirkungen war es das Ziel, aus den beobachteten Veränderungen im Fahrerverhalten die zu erwartenden Sicherheitseffekte (Unfälle, Verletzte, Getötete) abzuschätzen und auf EU-Maßstab hochzuskalieren. Die



Anzeige der Straßenwetterwarnung bei Schnee- und Eisglätte (Bild: DRIVE C2X)

Abschätzung wurde für EU28 unter der Annahme einer hundertprozentigen Ausstattung der Straßeninfrastruktur und verschiedener Marktdurchdringungsraten bei Pkw vorgenommen (Jahr 2020: bis zu zwölf Prozent; Jahr 2030: bis zu 76 Prozent Marktdurchdringung). Die höchsten Sicherheitseffekte traten bei den Funktionen „Verkehrszeichenassistent“ und „Straßenwetterwarnung“ auf.

### Verkehrszeichenassistent

Der Verkehrszeichenassistent erhielt Signale von am Straßenrand vorhandenen Verkehrszeichen und stellte Informationen zu aktuellen Verkehrszeichen kontinuierlich auf dem Fahrzeugdisplay dar. Es wurden drei Arten von Verkehrszeichenassistenten getestet:

- Geschwindigkeitsbegrenzungen und Warnung bei Geschwindigkeitsübertretungen,
- Spielende Kinder,
- Vorfahrt achten.

Von allen getesteten Funktionen zeigte der Verkehrszeichenassistent zur Darstellung von örtlichen Geschwindigkeitsbegrenzungen und Warnung bei Geschwindigkeitsübertretungen die größte positive Wirkung auf das Fahrerverhalten. Beim Fahren mit angeschaltetem System wa-

ren die mittlere Fahrgeschwindigkeit und die Häufigkeit von Geschwindigkeitsübertretungen geringer als beim Fahren ohne System. Es traten jedoch vermehrt starke Bremsreaktionen auf. Die Abschätzung der Sicherheitswirkung ergab, dass bei Nutzung dieses Verkehrszeichenassistenten die Zahl der Unfalltoten um bis zu 16 Prozent, die Zahl der Verletzten um bis neun Prozent gesenkt werden könnten (EU28, 2030).

Darüber hinaus zeigten sich positive Effekte auf den Kraftstoffverbrauch und die CO<sub>2</sub>- und NO<sub>x</sub>-Emissionen. Die Ergebnisse zur Verkehrseffizienz deuteten jedoch auf eine Erhöhung der mittleren Reisezeiten um bis zu acht Prozent hin. Von der überwiegenden Zahl der Fahrer wurde die Funktion als nützlich in Bezug auf Sicherheit und Komfort eingeschätzt.

Beim Verkehrszeichenassistenten „Spielende Kinder“ waren die Wirkungen auf das Fahrerverhalten deutlich schwächer ausgeprägt. Die Abschätzung der Sicherheitswirkung ergab eine mögliche Reduktion der Verkehrstoten um bis zu ein Prozent und der Unfallverletzten um bis 0,5 Prozent (EU28, 2030). Für den Verkehrszeichenassistenten „Vorfahrt achten“ zeigten die Ergebnisse keine klare Wirkung auf das Fahrerverhalten.



### Straßenwetterwarnung

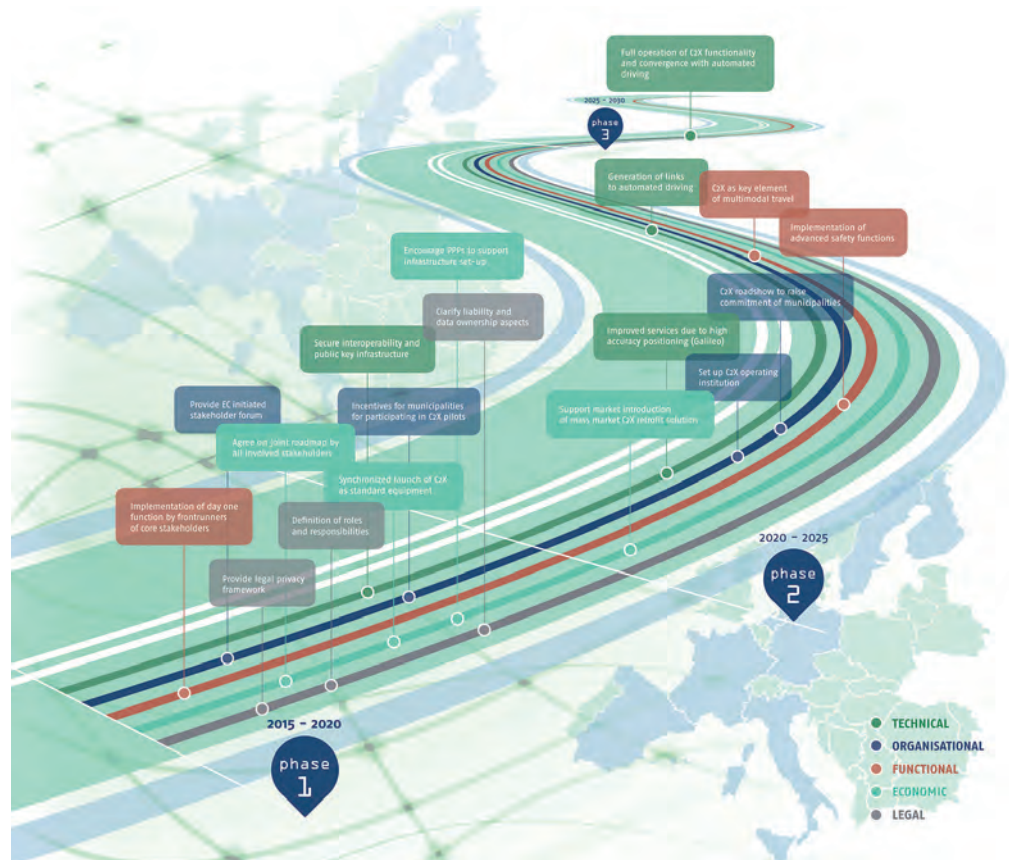
Die Funktion „Straßenwetterwarnung“ setzte sich aus Unterfunktionen zusammen, die jeweils einem Schlechtwettertyp zugeordnet waren: Schnee- und Eisglätte, Aquaplaning, Starkregen, Seitenwind, Nebel. Je nach Schlechtwettertyp wurde eine entsprechende Warnung an den Fahrer ausgegeben. Die Funktion war für den Einsatz bei höheren Fahrgeschwindigkeiten (über 60 km/h) und somit für Außerortsstraßen konzipiert. Im Rahmen der Tests wurden nur die Unterfunktionen „Warnung vor Starkregen“ (Testfeld Spanien) und „Warnung vor Schnee- und Eisglätte“ (Testfeld Finnland) untersucht.

Insgesamt konnte aus den Ergebnissen geschlossen werden, dass die Wetterwarnung eine positive Wirkung auf das Fahrerverhalten ausübte. Das Durchfahren der angezeigten Schlechtwetterzone erfolgte im Mittel bei reduzierter Geschwindigkeit. Die Wirkung auf das Fahrerverhalten äußerte sich jedoch nicht klar und konsistent. Es war erkennbar, dass die Fahrer insbesondere dann der Warnung

nicht folgten, wenn die eigene Fahrgeschwindigkeit beim Auftreten der Warnung gering war oder in der tatsächlichen Wetter- und Straßensituation keine kritischen Anzeichen erkannt wurden. Wie die Befragungsergebnisse zeigten, wurde die Funktion Wetterwarnung unter Sicherheitsgesichtspunkten als nützlich eingeschätzt, konnte aber die hohen Erwartungen der Fahrer nur zum Teil erfüllen. Die Abschätzung der Sicherheitswirkung erfolgte für die Gesamtfunktion Straßenwetterwarnung und kam zu dem Ergebnis, dass sowohl die Zahl der Verkehrstoten als auch die Zahl der Verletzten um jeweils bis zu 3,4 Prozent reduziert werden können (EU28, 2030).

### Strategieentwicklung für die Markteinführung

Im Rahmen des Projekts wurde ein exemplarischer Meilensteinplan entwickelt, der erforderliche Aktivitäten und strategische Elemente für die Einführung kooperativer Systeme in eine zeitliche Folge setzt und die wechselseitigen Abhängigkeiten aufzeigt. Es wurden drei aufeinanderfolgende



Vorgeschlagener Meilensteinplan für die Einführung kooperativer Systeme (Bild: DRIVE C2X)

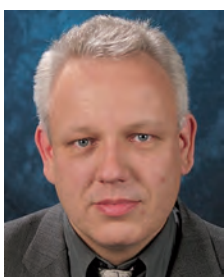
Einführungsphasen mit jeweils einer Dauer von fünf Jahren definiert:

- Phase 1: Startpunkt für Phase 1 ist 2015. Erste nutzbare Funktionsanwendungen sollen über eine begrenzte Marktdurchdringung der Fahrzeuge mit kooperativen Bordsystemen bei gleichzeitiger Ausstattung der Straßeninfrastruktur an einzelnen kritischen Stellen und in Korridoren erreicht werden.
- Phase 2: Aufseiten der Fahrzeuge soll die Marktausbreitung der kooperativen Systeme durch die Einführung von Nachrüstlösungen erhöht werden. Bei der Infrastrukturausstattung konzentriert sich die Entwicklung auf Anwendungen in den Städten. Die Verknüpfung von kooperativen Systemen mit der Technologie des automatischen Fahrens gewinnt zunehmend an Bedeutung.
- Phase 3: Ziel soll es sein, eine vollständige Marktdurchdringung zu erreichen. Am Ende der Phase 3 könnte C2X dann zu einer selbstverständlichen und alltäglichen Technologie im Straßenverkehr werden.

## Fazit

Insgesamt zeigten die getesteten kooperativen Systeme eine positive Sicherheitswirkung, wenngleich zwischen den Anwendungsfunktionen deutliche Unterschiede auftraten. Die Ergebnisse enthalten weiterführende Hinweise zu Nutzung und technischer Zuverlässigkeit, die in die Optimierung und Auslegung zukünftiger

kooperativer Systeme einfließen werden. Eine hohe Akzeptanz erreichen vor allem solche Funktionen, die einen deutlichen Zusatznutzen gegenüber herkömmlichen (nicht-kooperativen) Fahrerassistenzsystemen aufweisen. Die im Rahmen des Projekts erfolgte Harmonisierung zwischen den europäischen Testfeldern wird die künftige Durchführung europaweiter Tests zu kooperativen Systemen erleichtern. Aus den Ergebnissen sind umfangreiche Empfehlungen und Hinweise für die praktische Planung, Durchführung und Auswertung von großangelegten Feldtests vorhanden, die für die Weiterentwicklung der Methode genutzt werden können.



**Dr. Torsten Geißler**  
Volkswirt, Referat „Kooperative Verkehrs- und Fahrerassistenzsysteme“



**Roland Schindhelm**  
Maschinenbauingenieur, Referat „Kooperative Verkehrs- und Fahrerassistenzsysteme“



## Kamera-Monitor-Systeme statt Außenspiegel

Zur Beantwortung der Frage, ob ein Kamera-Monitor-System herkömmliche Außenspiegel ersetzen könnte, hat die BASt in zwei Studien sowohl technische Anforderungen an ein Kamera-Monitor-System als auch psychologische Aspekte bezüglich der Mensch-Maschine-Interaktion im Pkw und Lkw untersucht.

Untersuchungsschwerpunkte bildeten die Distanz- und Geschwindigkeitsschätzung, die subjektive Meinung der Probanden zum Kamera-Monitor-System sowie das Blickverhalten während der Realfahrt im Pkw.

Für beide Fahrzeuge lag eine Ausnahmegenehmigung nach § 70 StVZO für die Fahrt mit Kamera-Monitor-System im öffentlichen Straßenverkehr vor.

### Experimentelle Untersuchung

Insgesamt nahmen 52 Versuchspersonen teil. Jede Untersuchung dauerte etwa zwei bis drei Stunden. Die Versuche fanden sowohl auf der Freifläche der Fahrzeugtechnischen Versuchsanlage der BASt als auch im öffentlichen Straßenverkehr (Autobahnen, Land- und Bundesstraßen) statt.

Die Kameras zur Erfassung des rückwärtigen Verkehrsgeschehens waren am Lkw oberhalb, die Kameras am Pkw unterhalb der Außenspiegel angebracht. Die Monitore befanden sich jeweils an der A-Säule der Fahrer- und Beifahrerseite in Höhe der Außenspiegel und in Augenhöhe des Probanden. Die Versuche wurden sowohl mit einem Kamera-Monitor-System als auch mit konventionellen Außenspiegeln durchgeführt.

### Distanz- und Geschwindigkeitsschätzung

Zur Erfassung der subjektiven Geschwindigkeitsschätzung mit dem Pkw wurde die „last safe gap“ Methode verwendet. Dabei beobachtet der Proband durch Rückspiegel/Display ein herannahendes Fahrzeug

und signalisiert durch einen Tastendruck, in welchem letzten Moment er zum Überholen noch ausscheren würde.

Mittels Auslösen einer am Versuchsfahrzeug angebrachten Lichtschranke wurde der jeweilige Zeitpunkt des Tastendrucks mit der Position des Referenzfahrzeugs in Echtzeit synchronisiert: Vorbeifahrt am Versuchsfahrzeug – Zeitpunkt Tastendruck – Distanz zum Zeitpunkt des Tastendrucks.

Als Referenz für die Distanzschätzung diente eine Pylone, die zehn Meter vor dem Versuchsfahrzeug positioniert war. Anhand dieses Maßstabs schätzte der Proband die Distanz zwischen dem Versuchsfahrzeug und dem dahinterstehenden Referenzfahrzeug.

Die Distanzschätzung mit dem Lkw erfolgte durch rückwärtiges Heranfahren an zwei Pylonen rechts und links vom Ende des Aufliegers. Die Fahraufgabe bestand darin, bis auf vier Meter - in Anlehnung an eine durchschnittliche Pkw-Länge - an die beiden Pylonen rückwärts heranzufahren.

Zur Einschätzung der Differenzgeschwindigkeit dienten herannahende Fahrzeuge während der Autobahnfahrt. Es war anzugeben, ob das Kamera-Monitor-System die Differenzgeschwindigkeit hinreichend erkennen lässt oder eher einschränkt.

### Erfassung des Blickverhaltens

Zusätzlich wurde in der Pkw-Studie untersucht, ob und in welche Richtung sich das Blickverhalten während Realfahrten unter dem Einfluss des Kamera-Monitor-Systems und im Hinblick auf verschiedene Monitorpositionen (Fahrertür, Armaturenbrett, A-Säule) verändert. Zur Erfassung des Blickverhaltens beim Spurwechsel und Einfädeln auf der Autobahn wurde ein Blickerfassungssystem eingesetzt.

Position der Monitore am Lkw



## Ergebnisse

Die Fahrt mit dem Lkw im öffentlichen Straßenverkehr wurde von der Versuchsleiterin begleitet, die zum einen alle von den Versuchspersonen spontan geäußerten Kommentare und zum anderen anhand vorgegebener Kriterien (Wahrnehmung von Differenzgeschwindigkeiten, Erkennbarkeit von entfernten Objekten) deren subjektiven Einschätzungen zum Kamera-Monitor-System erfasste.

## Untersuchungsergebnisse Lkw

Alle Probanden gaben an, dass sich der Fahrer an das Kamera-Monitor-System gewöhnen könne. Die Bildqualität (Helligkeit/Kontrast, Farbwiedergabe, Bildschärfe) des Kamera-Monitor-Systems wurde von der Mehrheit der Probanden schlechter bewertet als die des Außenspiegels. So wurde bemängelt, dass sich Kontrast und Farbtintensität in Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung änderten und auch die Erkennbarkeit weit entfernter Objekte bei starker Sonneneinstrahlung eingeschränkt sei. Jedoch zeigte sich, dass bei einigen Verkehrssituationen das Kamera-Monitor-System durch eine automatische Anpassung der Helligkeit dem konventionellen Außenspiegel überlegen war, beispielsweise bei einer Tunnelfahrt.

Die Einschätzung der Differenzgeschwindigkeit sowie die der Distanz zu den Pylonen durch das Kamera-Monitor-System ergaben keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zur Verwendung der üblichen Außenspiegel.

## Untersuchungsergebnisse Pkw

Die Akzeptanzwerte des Kamera-Monitor-Systems befanden sich durchweg in einem mittleren Bereich: weder Auslösen großer Begeisterung noch grundlegende Ablehnung. Dies veränderte sich nicht mit zunehmender Nutzung.

Die Ergebnisse hinsichtlich der Distanz- und Geschwindigkeitswahrnehmung legten nahe, dass es mit dem Kamera-Monitor-System grundsätzlich gut gelingt,



*Blickerfassungssystem  
(Dikablis)  
(Bild: Ergoneers)*

verschiedene Geschwindigkeiten eines herannahenden Fahrzeugs zu unterscheiden. Hierbei zeigte sich wie bei den Ergebnissen der Lkw-Studie kein signifikanter Unterschied im Vergleich zu konventionellen Außenspiegeln. Die Ergebnisse der Distanzschätzung deuten in die gleiche Richtung.

Die Registrierung des Blickverhaltens ergab bei Nutzung des Kamera-Monitor-Systems die höchste Anzahl von Blicken auf dem Monitor in Position der A-Säule, wobei die Blickdauer im Vergleich zum Außenspiegel unverändert blieb. Dies deutet darauf hin, dass diese Position vom Fahrer bevorzugt wurde und hinreichende Informationen über das Verkehrsgeschehen dem Fahrer zugänglich waren.



### Heike Hoffmann

Psychologin, Referat „Kooperative Verkehrs- und Fahrerassistenzsysteme“



# **Verkehrstechnik: Konzepte, Maßnahmen und Statistik unter der Lupe**

**Feldversuch mit Lang-Lkw: Zwischenbericht**

**Verkehrslenkung und Navigation –  
Wie passt das zusammen?**

**Fahrleistungserhebung 2014**

**Volkswirtschaftlicher Nutzen neuer  
Landstraßenquerschnitte**

**Sicherheitsanalysen im Verkehrsnetz:  
TEN-T (Roads)**

**Europäische Normung für den Winterdienst**

**Digitale Bildanalyse von  
Nachstreumittelgemischen**







## Feldversuch mit Lang-Lkw: Zwischenbericht

Im Feldversuch mit Lang-Lkw (Januar 2012 bis Dezember 2016) werden die Chancen und Risiken des Einsatzes längerer Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen untersucht. Dieses, in der Öffentlichkeit zum Teil emotional diskutierte Thema, ist mit einer Vielzahl von Fragestellungen verbunden, denen im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung durch die BASt nachgegangen wird. Hauptbestandteil der wissenschaftlichen Begleitung ist die Analysephase mit insgesamt 14 Forschungsprojekten, die von ausgewiesenen Experten der verschiedenen Fachdisziplinen im Auftrag der BASt bearbeitet wurden. Die wesentlichen Erkenntnisse aus der abgeschlossenen Analysephase wurden in einem Zwischenbericht zum Feldversuch (Stand 30. April 2014) von der BASt zusammenfassend dargestellt und bewertet. Bei der Bewertung der Auswirkungen eines Einsatzes von Lang-Lkw im Vergleich zur Situation ohne Lang-Lkw wurde dabei unterschieden in Erkenntnisse, bei denen aus dem Lang-Lkw-Einsatz keine veränderten Auswirkungen resultieren, bei denen der Einsatz der Lang-Lkw mit Vorteilen verbunden ist, sowie solchen, bei denen aus dem Einsatz der Lang-Lkw ein Anpassungsaufwand für die Straßeninfrastruktur abgeleitet werden kann.

### Keine Auswirkungen unter den Feldversuch-Randbedingungen

Im Gegensatz zu früheren Untersuchungen (vor allem [1] und [2]) mit höheren Gewichten und deren mögliche negative Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit (An-

prallenergie) und die Straßeninfrastruktur (Brückenbeanspruchung) ist einzig der Einsatz von längeren und nicht schwereren Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen Gegenstand des über fünf Jahre andauernden Feldversuchs. Auswirkungen auf die Anprallenergie bei einem Auffahrunfall sind bei den Lang-Lkw mit einem höchstzulässigen Gesamtgewicht von 40 Tonnen und 44 Tonnen im Kombinierten Verkehr (KV) gemäß § 34 StVZO nicht zu erwarten. Ebenso werden unter der Voraussetzung des gleichen Transportguts mit dem Ersatz von Fahrten herkömmlicher Lkw durch tendenziell schwerere Lang-Lkw (aus drei mach zwei) keine relevanten Veränderungen der maximalen Bauwerksbeanspruchungen eintreten.

Die Beanspruchung der Straßenbefestigungen durch ein Fahrzeugkollektiv mit den im Feldversuch beobachteten Lang-Lkw ist vergleichbar oder marginal geringer als bei dem heutigen Kollektiv herkömmlicher Lkw.

Auf Basis der aus den mit unterschiedlichen Anteilen an Lang-Lkw gebildeten Vergleichskollektiven hervorgehenden Achslastverteilungen kann auch geschlossen werden, dass bei Einsatz von Lang-Lkw unter Maßgabe des höchstzulässigen Gesamtgewichtes von 40/44 Tonnen nicht mit einer zeitlich beschleunigten Verschlechterung der Substanz der Fahrbahnbefestigungen - beispielsweise Spurrinnenentwicklung - zu rechnen ist. Durch den Einsatz von Lang-Lkw ist unter

*Experimenteller Versuchsaufbau im Rahmen der Untersuchungen zum Anprallverhalten mit einem Lang-Lkw vom Typ 3 (Lastkraftwagen + Untersetzachse + Sattelanhänger)*



den Randbedingungen des Feldversuchs demnach kein erhöhter Erhaltungsaufwand für die Fahrbahnen erkennbar.

Fahrzeugtechnische Probleme konnten unter den gegebenen Randbedingungen im Allgemeinen nicht identifiziert werden. Beispielsweise gibt es keinen Hinweis auf eine Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit durch ein mögliches anderes Bremsverhalten von Lang-Lkw gegenüber dem von herkömmlichen Lkw.

Probleme im Verkehrsablauf oder bei der Verkehrssicherheit auf Autobahnen im Allgemeinen, in planfreien Knotenpunkten sowie Einfahrten im Speziellen oder auch bei der Befahrung von Arbeitsstellen traten bisher nicht auf und sind auch bei einer steigenden Anzahl an Lang-Lkw zukünftig kaum zu erwarten.

Die vereinzelt geäußerte Befürchtung eines Durchbruchs durch eine für den Anprall eines 38 Tonnen-Sattelkraftfahrzeugs konzipierte H4b-Schutzeinrichtung in Mittelstreifen auf Autobahnen, hat sich nicht bestätigt. Ein mögliches Umfallen der Zugmaschine oder eines Anhängers auf der ursprünglichen Richtungsfahrbahn und das damit einzuschätzende Risiko für den nachfolgenden Verkehr wären im Falle eines Unfalls hinzunehmen. Dieses Risiko besteht aktuell allerdings ebenso für herkömmliche Lkw mit Anhänger, wenn auch mit geringerer Wahrscheinlichkeit.

Stress oder eine erhöhte psychologische Beanspruchung der Fahrer konnten nicht festgestellt werden.

Aufgrund des überwiegenden Einsatzes von Lang-Lkw auf Autobahnen wird nur eine relativ geringe Fahrleistung auf Landstraßen erbracht. Daher treten nur selten Überholungen von Lang-Lkw durch andere Verkehrsteilnehmer auf, bei denen der Überholende den Fahrstreifen im Gegenverkehr benutzen muss. Dabei laufen diese Überholungen unter den gegebenen Randbedingungen wegen der gegenüber

herkömmlichen Lkw vergleichsweise geringeren Geschwindigkeit und defensiv fahrenden Lang-Lkw-Fahrer nicht gefährlicher ab als dies ohnehin bei Überholvorgängen auf einbahnigen Straßen der Fall ist.

Die Betrachtungen zum Räumen von plangleichen Knotenpunkten sind zwar weitgehend theoretischer Natur, jedoch geben diese keinen Grund zu der Annahme, dass sich durch den Einsatz von Lang-Lkw Schwierigkeiten hinsichtlich des Verkehrsablaufs- oder der Verkehrssicherheit ergeben können.

Unter den Rahmenbedingungen des Feldversuchs konnten bislang keine Verlagerungseffekte beobachtet werden. Auch die mit den Lang-Lkw im Feldversuch transportierten Güter und logistischen Strukturen lassen eine Verlagerung allgemein unter den gegebenen Randbedingungen als unwahrscheinlich erscheinen.

### **Positive Effekte des Einsatzes der Lang-Lkw**

Bisher ersetzen im Durchschnitt zwei Lang-Lkw-Fahrten etwas mehr als drei Fahrten mit konventionellen Lkw (aus drei mach zwei).

Daraus ergeben sich Effizienzgewinne und Kraftstoffersparnisse zwischen 15 und 25 Prozent. Dies hängt jedoch deutlich mit einer im Feldversuch beobachteten nahezu optimal disponierten Volumen- und Stellplatzauslastung zusammen. Eine hohe Auslastung ist jedoch für den betriebswirtschaftlich vorteilhaften Einsatz von Lang-Lkw ohnehin im Regelfall erforderlich.

### **Schwierigkeiten bei der Nutzung der Straßenverkehrsanlagen**

In Abhängigkeit von der Art und Anzahl der Lang-Lkw können sich bei der Nutzung der Straßenverkehrsanlagen Schwierigkeiten ergeben, die sich jeweils in unterschiedlichem Maße durch Änderungen der Straßeninfrastruktur beheben ließen und zum Teil durch die im Feldversuch beobachtete Substitution herkömmlicher Lkw durch



Lang-Lkw vom Typ 3 (Lastkraftwagen + Untersetzachse + Sattelanhänger)



Lang-Lkw kompensiert werden könnten. Der Anteil von Lang-Lkw am Güterverkehrsaufkommen ist dabei maßgeblich für die Beurteilung der identifizierten Risiken. Durch geringe Anteile von bis zu maximal neun Prozent, wie sie die Erkenntnisse aus dem Feldversuch bisher erwarten lassen, sind die Risiken als hinnehmbar oder zumindest beherrschbar einzustufen.

Dies gilt zum Beispiel für die Problematik bei Tunneln hinsichtlich der möglichen Erhöhung der Brandleistung infolge des im Vergleich zu den herkömmlichen Lkw größeren Transportvolumens der Lang-Lkw. Durch relativ einfache kompensatorische Maßnahmen, zum Beispiel verbesserte Lüftungssysteme, könnte dem auch bei einer größeren Anzahl an Lang-Lkw begegnet werden.

Eine deutliche Erhöhung des Anteils an Lang-Lkw in der Verkehrszusammensetzung hätte möglicherweise Auswirkungen auf die Entscheidungskriterien für die Verwendung der Schutzeinrichtungen unterschiedlicher Aufhaltestufen. Diese gälte es dann zu überprüfen und in den Richtlinien für den passiven Schutz an Straßen durch Fahrzeug-Rückhaltesysteme (RPS) [3] zu überarbeiten.

Lang-Lkw der Typen 1 und 5 haben – ebenso wie auch normale Lkw – leichte Schwierigkeiten beim Einfahren in die Nothaltebuchten in Tunneln. Die bis zu 25,25 Meter langen Lang-Lkw – und hierbei besonders der Lang-Lkw vom Typ 2 – passen gar nicht in die im Vergleich zur

freien Strecke kürzeren Nothaltebuchten in Tunneln. Ein Umbau bestehender Nothaltebuchten scheidet aus technischen und ökonomischen Gründen in der Regel aus. Derzeit lässt sich aber noch nicht mit Bestimmtheit sagen, ob im Ergebnis einer Risikobetrachtung ein höheres Risiko bestünde. Beurteilt würde hier die Häufigkeit der erforderlichen Benutzung von Nothaltebuchten bei vergleichsweise geringem Fahrzeugkollektiv und somit seltenen Tunneldurchfahrten – auch unter Berücksichtigung der bereits bei normalen Lkw bestehenden Problematik.

Bei plangleichen Knotenpunkten und Kreisverkehren haben sich ebenfalls typabhängig unterschiedliche Ergebnisse eingestellt. Mit Ausnahme vom Typ 2 sind zwar die Schleppkurven von Lang-Lkw mit der vorhandenen Knotenpunktgeometrie kompatibel. In der Praxis wurden jedoch bei den Fahrversuchen immer auch Randbereiche, wie benachbarte Fahrstreifen oder Bankette, mitbenutzt, weil die sonst zusätzlich zu den Schleppkurven angesetzten Bewegungsspielräume nicht mehr zur Verfügung stehen. Insofern wären kompensatorische Maßnahmen, zum Beispiel Rasengittersteine auf den Banketten, in den Einmündungsbereichen erforderlich. Eindeutig ist jedoch das vergleichsweise schlechte Abschneiden hinsichtlich der Befahrbarkeit von plangleichen Knotenpunkten mit Lang-Lkw vom Typ 2. Zudem zeigte sich dieser Typ auch bei einzelnen fahrdynamischen Analysen und ungleicher Ladungsverteilung als potenziell kritisch.

In Schrägparkstände auf Rastanlagen passt nur der Lang-Lkw vom Typ 1. Alle anderen Typen von Lang-Lkw sind für die standardmäßig auf Rastanlagen vorhandenen Schrägparkstände zu lang. Außerdem haben alle Lang-Lkw aufgrund des Aufstellwinkels Probleme, ohne Überstreichung oder Überfahung der benachbarten Parkstände in die Parkstände einzufahren. Eine kostengünstige kompensatorische Maßnahme gibt es dafür aktuell nicht. Ein Ummarkieren der zur Verfügung stehenden Parkflächen wäre mit einem Parkkapazitätsverlust verbunden, selbst wenn der Einsatz von Lang-Lkw theoretisch zu eingesparten Fahrten führt. Auch das Abstellen der Lang-Lkw auf den privaten Autohöfen erscheint nicht als geeignete Lösung. Inwiefern das von der BAST entwickelte Konzept zum „Kompakt-parken“ sowie das auf einzelnen Rastanlagen durchgeführte „Kolonnenparken“ eine geeignete Kompensationsmaßnahme darstellt, erscheint aufgrund der Schleppkurvenproblematik als fraglich.

Bleibt das Aufkommen an Lang-Lkw gering, könnten die vorhandenen Längsparkstände ausreichend Platz bieten, sofern genügend Raum zum Einparken zur Verfügung steht. Eine Alternative bieten die Abstellflächen für Großraum- und Schwertransporte.

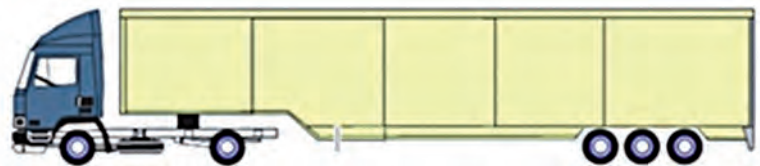
### Weitergehende Hinweise

Ein weiteres Ergebnis stellt die vereinfachte Schätzung des Marktpotenzials von Lang-Lkw dar. Bezogen auf das gesamte deutsche Straßennetz hat die vorgenommene Schätzung ergeben, dass theoretisch zwei bis maximal neun Prozent aller Fahrten oder drei bis maximal sieben Prozent der Fahrleistung konventioneller Lkw durch Lang-Lkw ersetzt werden könnten. Dabei ist zu beachten, dass sich diese Zahlen in Abhängigkeit von den gesetzten Rahmenbedingungen des Lang-Lkw-Einsatzes ändern können. Insbesondere die Beschränkung auf ein spezielles Positivnetz führt zu einer Reduktion des genannten Potenzials.

### Vorläufige Gesamtbewertung

Gravierende Schwierigkeiten beim Einsatz von Lang-Lkw haben sich im Feldversuch unter den gegebenen Randbedingungen bislang nicht gezeigt. Gemessen an der Vielzahl betrachteter Fragestellungen ist die Anzahl der identifizierten Risiken gering. Zudem sind die identifizierten Risiken bei der derzeit vorhandenen Anzahl von im Feldversuch beteiligten Lang-Lkw und auch unter der Annahme von deutlich höheren Anteilen von Lang-Lkw am Güterverkehrsaufkommen (mit Ausnahme der Parkstandthematik) als hinnehmbar oder zumindest beherrschbar einzu-

*Lang-Lkw im Sinne des § 3 der Verordnung über Ausnahmen von Straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften für Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen mit Überlänge*



1. Sattelzugmaschine mit Sattelanhängen (Sattelfahrzeug) bis zu einer Gesamtlänge von 17,80 Metern



2. Sattelkraftfahrzeug mit Zentralachsanhänger bis zu einer Gesamtlänge von 25,25 Metern



3. Lastkraftwagen mit Untersetzachse und Sattelanhängen bis zu einer Gesamtlänge von 25,25 Metern



4. Sattelkraftfahrzeug mit einem weiteren Sattelanhängen bis zu einer Gesamtlänge von 25,25 Metern



5. Lastkraftwagen mit einem Anhänger bis zu einer Gesamtlänge von 24,00 Metern



stufen. Anzumerken ist hinsichtlich dieser Einschätzung jedoch, dass den erzielten Ergebnissen in der Regel die sehr spezifischen Randbedingungen des Feldversuchs zugrunde liegen. Sie resultieren aus den Vorgaben der Ausnahme-Verordnung zum Feldversuch, in Einzelfällen auch aus dem unter Versuchsbedingungen angepassten Verhalten der Lang-Lkw-Fahrer.

Hinzu kommen Umstände, die beim regulären Einsatz von Lang-Lkw größere Freiheitsgrade erlauben würden und sich eventuell negativ auf eine Risikobeurteilung von Lang-Lkw auswirken könnten. Sie waren aufgrund der Rahmenbedingungen im Feldversuch nicht beobachtbar und entziehen sich damit der Untersuchung.

Hierzu könnten vor Ablauf des Feldversuchs weitere Untersuchungen erforderlich werden ([www.bast.de/lang-lkw](http://www.bast.de/lang-lkw)).

### Literatur

- [1] GLAESER et al.: Auswirkungen von neuen Fahrzeugkonzepten auf die Infrastruktur des Bundesfernstraßennetzes, BAST, 2006
- [2] GLAESER et al.: Auswirkungen von neuen Fahrzeugkonzepten - Schlussbericht, BAST, 2008
- [3] Richtlinien für den passiven Schutz an Straßen durch Fahrzeug-Rückhaltesysteme (RPS), Ausgabe 2009, FGSV

### Arbeitsgruppe Lang-Lkw

**Dr. Klaus-Peter Glaeser**, Leiter des Referats „Fahrzeug/Fahrbahn, Akustik“

**Dr. Hardy Holte**, Psychologe, Referat „Verkehrspsychologie, Verkehrsmedizin“

**Dr. Marco Irzik**, Bauingenieur, stellvertretender Leiter des Referats „Straßenentwurf, Verkehrsablauf, Verkehrsregelung“ und Leiter der AG „Lang-Lkw“

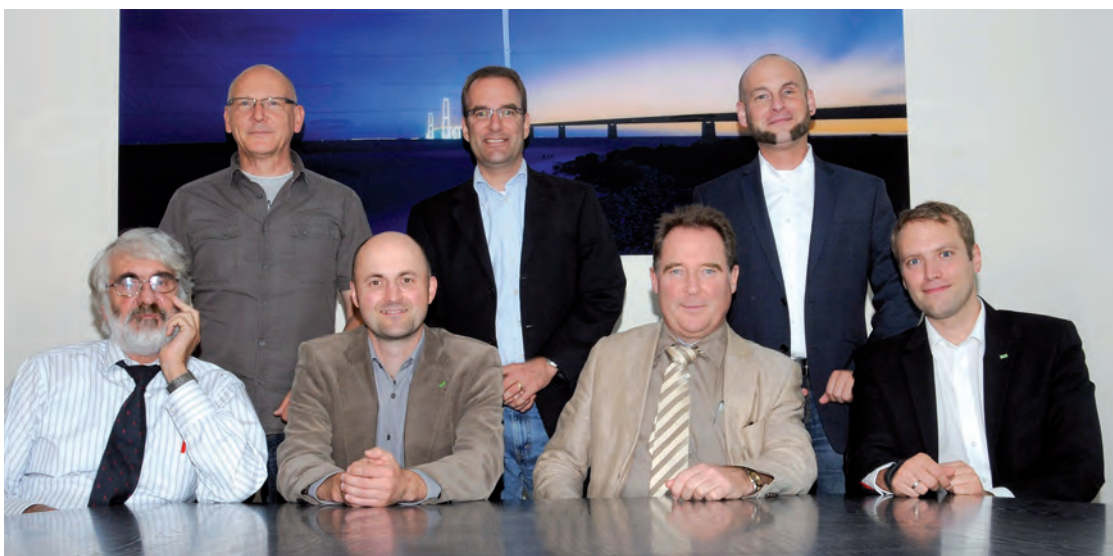
**Ilja Jungfeld**, Bauingenieur, Referat „Straßenausstattung“

**Ingo Kaundinya**, Bauingenieur, Leiter des Referats „Tunnel- und Grundbau, Tunnelbetrieb, Zivile Sicherheit“

**Dr. Thomas Kranz**, Wirtschaftswissenschaftler, Stabsstelle „Forschungscontrolling, Straßeninfrastrukturvermögen“

**Christof Sistenich**, Bergbauingenieur, Referat „Tunnel- und Grundbau, Tunnelbetrieb, Zivile Sicherheit“

**Andreas Wolf**, Bauingenieur und Tropentechnologe, stellvertretender Leiter des Referats „Oberflächeneigenschaften, Bewertung und Erhaltung von Straßen“ für den Teilbereich „Erhaltung von Straßen“



Von links: Dr. Klaus-Peter Glaeser, Andreas Wolf, Dr. Marco Irzik, Ingo Kaundinya, Michael Rohloff, Ilja Jungfeld, Dr. Thomas Kranz (nicht im Bild: Dr. Hardy Holte und Christof Sistenich)

## Verkehrslenkung und Navigation – Wie passt das zusammen?



„Navi aus!“ lautete die Aufforderung an die Verkehrsteilnehmer vor der Großbaustelle am Autobahnkreuz Köln West im Sommer 2012 (der Kölner Stadt-Anzeiger berichtete in seiner Ausgabe vom 24. August 2012). Die Autofahrer wurden aufgefordert, ihre Navigationsgeräte abzuschalten, weil geänderte Verkehrsführungen im Bereich von Arbeitsstellen in den Navigationsgeräten nicht bekannt sind und daher die Verkehrsteilnehmer auf falsche Routen geleitet werden, die bisweilen sogar zu gefährlichen Situationen führen können – zum Beispiel wenn das betreffende Fahrzeug aufgrund geänderter Fahrstreifenuteilungen vom Navigationsgerät in den Gegenverkehr geleitet wird.

Dieses Phänomen trat pressewirksam auch im November 2014 auf, als in Thüringen im Zusammenhang mit der Eröffnung des neuen Jagdbergtunnels ein neues Teilstück der A 4 für den Verkehr freigegeben wurde. Navigationsgeräte leiteten ihre Nutzer jedoch nach wie vor auf die alte Strecke und etliche Autofahrer fuhren trotz Sperrung der Anschlussstelle – ihrem Navi blind folgend – auf

die alte Autobahn auf, um dann beim Zusammentreffen mit der neuen Strecke auf die Gegenfahrbahn zu geraten. Es ist weiterhin zu beobachten, dass mit zunehmender Ausstattung des Straßennetzes mit dynamischen Wechselwegweisern es immer häufiger vorkommt, dass deren Anzeigen im Widerspruch zu den Routenempfehlungen der individuellen Navigation stehen, weil kollektive Wegweisung und individuelle Routenberechnung auf unterschiedlichen Datengrundlagen basieren und verschiedenen Optimierungsansprüchen genügen. Diese Widersprüchlichkeit kann zu einer Verunsicherung der Verkehrsteilnehmer führen.

Diese Beispiele illustrieren, dass der Einfluss der individuellen Navigation auf Verkehrsteilnehmer mittlerweile so groß ist, dass die Maßnahmen der kollektiven Verkehrslenkung teilweise wirkungslos oder zumindest in ihrer Wirkung stark eingeschränkt werden. Die starke Verbreitung von in Fahrzeugen integrierten Navigationsgeräten, mobilen Geräten und zunehmend Navigations-Apps auf Smartphones sowie die immer zuverlässigere

*Bild: Anton Krasniqi*



Berücksichtigung der aktuellen Verkehrssituation bei der Berechnung individueller Routen haben zu dieser Entwicklung geführt.

Es liegt somit auf der Hand, dass in einem abgestimmten Zusammenwirken von Betreibern der Straßen und Anbietern von Navigationsdiensten noch große Potenziale zur Steigerung der Wirksamkeit des Verkehrsmanagements einerseits und der Verkehrssicherheit andererseits liegen. Das Thema fand daher als Maßnahme Berücksichtigung im Aktionsplan für Intelligente Verkehrssysteme des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. Die Bundesanstalt für Straßenwesen – als verantwortliche Stelle für diese Maßnahme – hat dazu ein Forschungsvorhaben formuliert und extern vergeben. Ein mit dem Akronym „LENA 4 ITS“ bezeichnetes Konsortium bestehend aus Hessen Mobil, TomTom und momatec hat wesentliche Rahmenbedingungen für eine zukünftige Kooperation zwischen öffentlichen Straßenbetreibern und privaten Navigationsdiensteanbietern identifiziert und entsprechende Maßnahmen zur Gewährleistung der Interoperabilität zwischen öffentlichem Verkehrsmanagement und individuellen Navigationsdiensten erarbeitet.

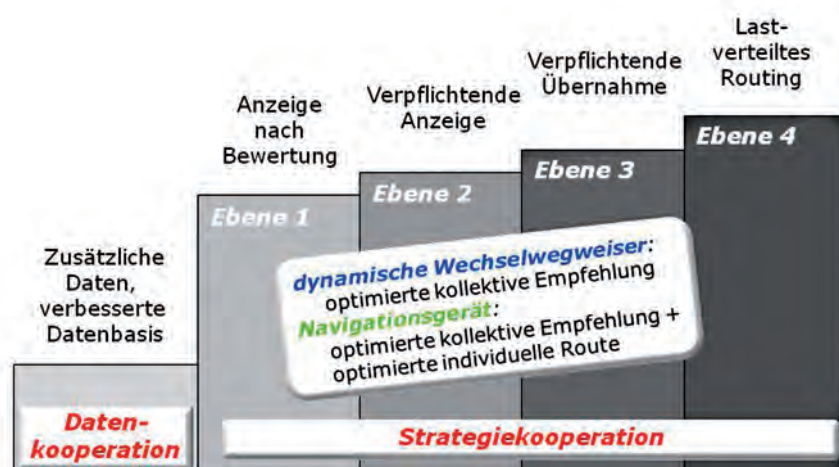
Probleme wie die beschriebenen treten dann auf, wenn die individuelle Navigationsroute und die Wegweisung des Straßenbetreibers im Widerspruch stehen.

Dies kann auf zwei Hauptursachen zurückgeführt werden:

- Die Navigationsroute und/oder die kollektive Empfehlung beruhen auf fehlenden oder fehlerhaften Daten.
- Unterschiede in der Zielsetzung – im Wesentlichen die Differenz zwischen dem Nutzeroptimum und dem Systemoptimum – führen zu unterschiedlicher Bewertung der Situation mit voneinander abweichenden Empfehlungen.

Als Lösungsansatz wurde ein Konzept für eine strategische Kooperation von Straßenbetreibern und Navigationsdiensteanbietern entwickelt und mit Experten von betroffenen Organisationen diskutiert. Das strategische Konzept unterscheidet zwischen einer „Datenkooperation“ und einer „Strategiekooperation“. Zielsetzung der Datenkooperation ist die Optimierung sowohl der kollektiven Lenkungsempfehlungen als auch der individuellen Navigationsrouten durch die gezielte Verbesserung und Vervollständigung der Informationsgrundlagen durch Daten des jeweiligen Kooperationspartners. Hierbei liegen die Nutzenpotenziale für öffentliche Straßenbetreiber vornehmlich in einer Erweiterung der Verkehrslageinformationen durch Daten aus den Fahrzeugen, während sie für Navigationsdiensteanbieter im Wesentlichen in einer Berücksichtigung von Planungsdaten zu Einschränkungen der Nutzbarkeit oder der Kapazität des Straßennetzes liegen.

Gestuftes Konzept für eine Kooperation von Straßenbetreibern und Navigationsdiensteanbietern (Bild: LENA 4 ITS)



Die Strategiekoooperation zielt zunächst auf die Einbindung kollektiver Empfehlungen in die individuelle Navigation ab. Dabei stellen die Straßenbetreiber abgestimmte dynamische Routen als Bestandteil situationsbezogener kollektiver Routingstrategien bereit, die als Lenkungsempfehlungen über die dynamische Netzbeeinflussung oder sonstige kollektive Medien, beispielsweise Rundfunkmeldungen, temporäre Blechbeschilderung, verbreitet werden. Die privaten Navigationsdiensteanbieter beziehen die öffentlichen Strategierouten in das individuelle Routing mit ein, wobei nach dem Grad der Verbindlichkeit der Einbeziehung differenziert wird:

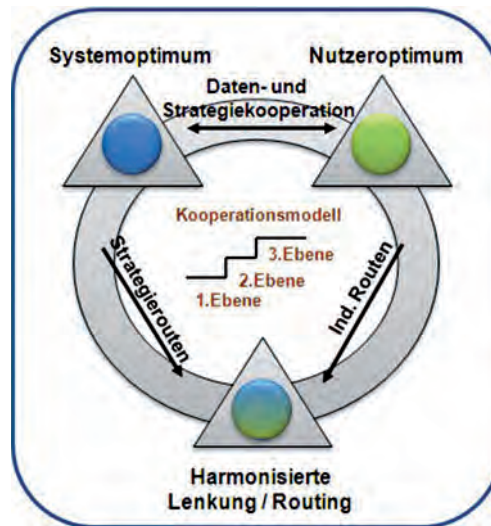
- Kooperationsebene 1: Anzeige der öffentlichen Strategieroute nach positiver Bewertung.  
Die öffentliche Strategieroute wird durch den Navigationsdiensteanbieter bewertet und nach Maßgabe dieser Bewertung angezeigt oder verworfen.
- Kooperationsebene 2: obligatorische Anzeige der öffentlichen Strategieroute.  
Die Strategieroute muss dem Nutzer als Option, gekennzeichnet als Routenempfehlung des Straßenbetreibers, angezeigt werden. Der Nutzer trifft die Entscheidung, ob er die Strategieroute annimmt oder die individuelle Route beibehält.
- Kooperationsebene 3: verpflichtende Übernahme der öffentlichen Strategieroute.  
Die Strategieroute wird als Vorschrift empfangen und muss angezeigt werden. Die zuvor ermittelte individuelle Route wird verworfen.

Hierbei kann auch auf Seiten der Navigationsdiensteanbieter ein Mehrwert erzeugt werden, wenn beispielsweise unmittelbar bevorstehende Einschränkungen oder Störungen im Straßennetz berücksichtigt oder ungünstige individuelle Zielführungen im Nahbereich von Veranstaltungsorten vermieden werden.

Perspektivisch ist darüber hinaus ein bidirektionaler Austausch der Empfehlungen bis hin zu einer untereinander abgestimmten dosierten Routenweitergabe (lastverteiltes Routing) als Instrument eines kooperativen Verkehrsmanagements denkbar.

Zur Validierung der praktischen Anwendung wurde der technische Weg der Erschließung von kollektiven Strategierouten des Verkehrsmanagements zur Bereitstellung an individuelle Navigationsdienste konzipiert und unter Nutzung des Mobilitätsdatenmarktplatzes (MDM) und des Standards DATEX II exemplarisch umgesetzt.

Als Ergebnis der Untersuchungen kann festgehalten werden, dass eine Kooperation ein großes Nutzenpotenzial für alle Seiten – den Straßenbetreiber, den Navigationsdiensteanbieter und nicht zuletzt den Verkehrsteilnehmer – aufweist und je nach Ausprägung bereits ohne große technische Aufwände ein wirkungsvolles Ergebnis erzielt werden kann.



*Kooperationsmodell zur Gewährleistung der Interoperabilität zwischen öffentlichem Verkehrsmanagement und individuellen Navigationsdiensten (Bild: LENA 4 ITS)*



**Dr. Lutz Rittershaus**

Physiker, stellvertretender Leiter des Referats „Kooperative Verkehrs- und Fahrerassistenzsysteme“



## Fahrleistungserhebung 2014

Die Fahrleistung von Kraftfahrzeugen innerhalb eines Jahres auf dem Straßennetz ist eine zentrale Kenngröße zur Beschreibung des motorisierten Straßenverkehrs. Fahrleistungsdaten werden herangezogen

- als aussagekräftiges Maß für die Inanspruchnahme der Verkehrsinfrastruktur. Damit sind diese Daten eine wichtige Voraussetzung für die zukünftige Verkehrs- und Straßenplanung.
- als Indikator für verkehrsbedingte Umweltbelastungen. Die in der Fahrleistungserhebung gewonnenen Daten lassen eine tiefe Untergliederung der Fahrleistungen nach Antriebsarten, Motorleistungen und anderen wichtigen fahrzeugtechnischen Merkmalen zu und sind somit wichtige Eingangsgrößen für die Modellierung verkehrsbedingter Emissionen (TREMOD – Transport Emission Model).
- zur Beurteilung und zum Vergleich des Sicherheitsniveaus verschiedener Verkehrsteilnehmergruppen. Die Anzahl von Unfällen oder Unfallbeteiligten allein lässt zwar die Beschreibung der Unfallsituation oder deren zeitliche Entwicklung zu, aber erst durch den Bezug auf eine Expositionsgröße lässt sich das Unfall- und Verunglücktenrisiko bewerten.

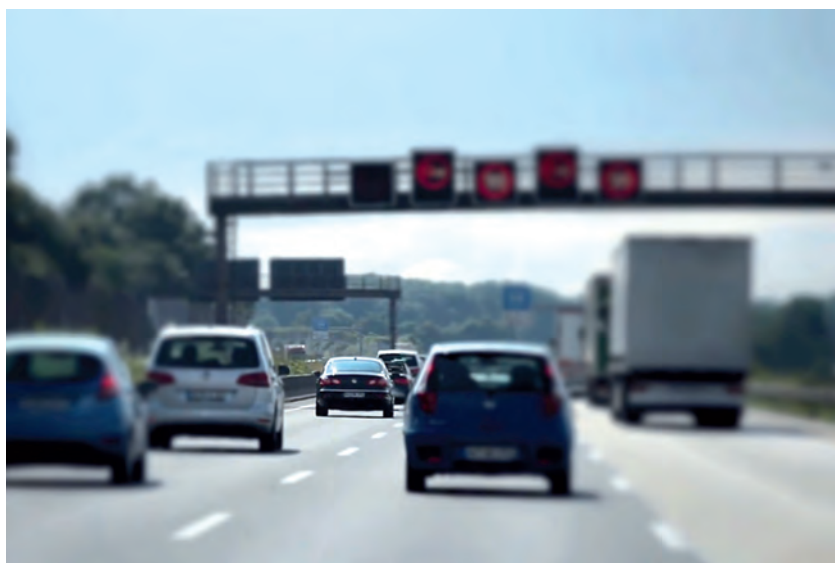
Wichtige Fahr- und Verkehrsleistungswerte werden kontinuierlich durch die BAST, das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), das Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) und das Bundesamt für Güterverkehr (BAG) ermittelt und fortgeschrieben. Diese Berechnungen decken jedoch nur bestimmte Ausschnitte ab – zum Beispiel nur den Güterkraftverkehr – oder beruhen auf Berechnungsmodellen, denen wiederum selbst Primärerhebungen von Fahrleistungen zugrunde gelegt werden müssen.

In der Vergangenheit wurden Fahrleistungserhebungen etwa im zehnjährigen Rhythmus durchgeführt. Die letzte umfassende Primärerhebung von Kfz-Fahrleistungen in Deutschland erfolgte im Jahr 2002. Wegen der veränderten demografischen und verkehrlichen Rahmenbedingungen sind die damaligen Ergebnisse heute insbesondere in ihrer Detailliertheit nicht mehr aktuell. So werden beispielsweise Veränderungen im Mobilitätsverhalten oder des Fahrzeugbestands durch die Daten aus 2002 nicht abgebildet. Daher wurde in 2014 eine neue umfassende Erhebung der Fahrleistungen in zwei Bausteinen durchgeführt.

### Halterbefragung zur Ermittlung der Inländerfahrleistung

Für die Erhebung der Inländerfahrleistung wurde für eine Stichprobe von in Deutschland zugelassenen Kraftfahrzeugen die Fahrleistung in einem definierten Zeitraum erhoben. Diese kann auf den Gesamtbestand der Fahrzeuge hochgerechnet werden.

Die fahrzeugbezogene bundesweite Erhebung richtete sich an zirka 160.000 Fahrzeughalter. Berücksichtigt wurden alle Fahrzeugarten und Haltergruppen. Die Datenbasis der Stichprobe bildet das Zentrale Fahrzeugregister (ZFZR) beim Kraftfahrt-Bundesamt inklusive der Fahrzeuge mit Versicherungskennzeichen.



Die Erhebung fand als zweimalige Befragung im zehnwöchigen Abstand statt. Erhebungsgegenstände waren der jeweilige Tachostand sowie der Kfz-Einsatzzweck und Nutzermerkmale. Durch die Differenz der Tachostände ergibt sich die Fahrleistung des befragten Fahrzeugs für einen klar definierten Zeitraum von etwa zehn Wochen.

Wie bereits in den vorangegangenen Fahrleistungserhebungen erfolgte die Befragung mittels schriftlich-postalischer Fragebogen, die in sechs Wellen, verteilt über das Kalenderjahr 2014, versandt wurden. Zusätzlich wurde bei der aktuellen Fahrleistungserhebung die Möglichkeit der Online-Beantwortung mittels PC, Laptop, Tablet oder Smartphone integriert. Die Online-Befragung war für die Befragten über einen individuellen Login mittels QR-Code zugänglich. Dies erlaubte eine bedarfsgerechtere Ansprache bestimmter Haltergruppen und diente der Erhöhung der Rücklaufquoten insbesondere bei jüngeren und gewerblichen Fahrzeughaltern.

Da nur deutsche Kraftfahrzeuge im ZFZR enthalten sind, spricht man von der Fahrleistung der Inländer oder Inländerfahrleistung. In der Inländerfahrleistung ist jedoch auch die im Ausland erbrachte Fahrleistung enthalten. Andererseits ist



die von ausländischen Kfz in Deutschland erbrachte Fahrleistung damit noch nicht bekannt.

Daher erfolgte in einem zweiten Baustein die Erhebung der Inlandsfahrleistung, also die Fahrleistung von deutschen und ausländischen Kraftfahrzeugen auf deutschen Straßen.

### Erhebung Inlandsfahrleistung

Für die Erhebung der Inlandsfahrleistung wurde ebenfalls im Jahr 2014 eine bundesweite Verkehrszählung durchgeführt, bei der an einer Auswahl von Zählstellen die Anzahl deutscher und ausländischer Kraftfahrzeuge ermittelt wurde. Die Fahr-



Bild: Siemens



leistung der erfassten Fahrzeuge auf dem Erhebungsabschnitt kann dann auf das gesamte deutsche Straßennetz hochgerechnet werden. Die Erhebung basierte technisch auf der Nutzung von Videokameras zur automatischen Erfassung der Nationalität der Fahrzeuge sowie auf Radargeräten zur Zählung der Fahrzeuge differenziert nach Fahrzeugarten.

Die Beobachtungsorte (Zählquerschnitte) wurden auf der Basis einer Zufallsauswahl bestimmt. Das stichprobentheoretische Grundmodell dazu basiert auf einer Zerlegung des Untersuchungszeitraumes in Zeitintervalle (hier das Jahr 2014 zerlegt in 365 Tage) sowie einer Zerlegung des zu untersuchenden Straßennetzes in hinreichend kurze Streckenabschnitte (hier das gesamte mit Kfz befahrbare Straßennetz in Deutschland zerlegt in 100 Meter-Abschnitte). Auswahlseinheiten sind Kombinationen von Streckenabschnitt und Zeitintervall („Ort-Zeit-Kombinationen“). Eine einzelne Kfz-Fahrt über einen Streckenabschnitt während eines Zeitintervalls („Kfz-Durchfahrt“) stellt die Untersuchungseinheit dar. Jede Ort-Zeit-Kombination stellt im Hinblick auf das Stichprobenverfahren einen „Klumpen“ von Untersuchungseinheiten dar.

Der auf dieser Grundlage erarbeitete Stichprobenplan basiert auf dem Modell

der Flächen-Wochen-Stichprobe. Dabei handelt es sich um ein zweistufiges Auswahlverfahren, bei dem auf der ersten Stufe Kombinationen von Gebietseinheiten (Land- und Stadtkreise) und 14-tägigen Erhebungsperioden („Doppelwochen“) ausgewählt wurden („Primäreinheiten“). Bei der Auswahl der Kreise wurden diese nochmals danach geschichtet, ob der Kreis eine Grenze zum Ausland hat oder nicht. Der Stichprobenplan sah somit vor, dass in jeder Doppelwoche (14 Tage) des Jahres 2014 jeweils ein grenznaher und ein grenzferner Landkreis erhoben wurden. Insgesamt fanden somit in 52 Landkreisen Erhebungen statt.

Innerhalb jeder ausgewählten Primäreinheit wurde das Straßennetz nach Straßenklasse (fünf Kategorien) und Ortslage (innerorts/außerorts) differenziert, da diese beiden Variablen als Schichtungsmerkmale für die Sekundärauswahl (Auswahl von Kombinationen aus Streckenabschnitt und Kalendertag) vorgesehen waren. Dabei wurde je Schicht ein Streckenabschnittstag (für BAB zwei) zufällig ausgewählt. Insgesamt ergaben sich damit zehn Streckenabschnittstage je Landkreis. Die Zählung fand somit an 520 zufällig ausgewählten Erhebungsstandorten auf Autobahnen, Land- und Stadtstraßen im gesamten Bundesgebiet über jeweils 24 Stunden während des Jahres 2014 statt, wobei die vorbeifahrenden Kfz nach Fahrzeuggruppe und Nationalität (deutsches/ausländisches Fahrzeug) differenziert wurden.

Dabei wurde das Kennzeichen im Bildausschnitt mittels Schrifterkennung (OCR) erkannt und die Zeichenfolge des Kennzeichens analysiert. Anhand des spezifischen Musters der Kennzeichensyntax konnte die Nationalität zugeordnet und zusammen mit dem Zeitstempel der Durchfahrt abgespeichert werden. Der Prozess der Datenverarbeitung erfolgte geräteintern, sodass weder das Kennzeichen noch Videobilder abgespeichert wurden. Die Erfassung erfolgte von vorne, um bei Gespannen und Zügen die Nationalität des Zugfahrzeuges

Überkopfdetektoren  
und Kameras zur  
Kennzeichenerfassung  
(Bild: Siemens)



zu ermitteln. Zusätzlich erhob eine Kamera die Fahrzeuge von hinten, um auch die Nationalität von Motorrädern erfassen zu können.

Unabhängig von der Erfassung der Nationalität der Fahrzeuge wurden alle Fahrzeuge, die den Zählquerschnitt innerhalb des 24-stündigen Erhebungszeitraumes passieren, gezählt. Dabei wurden die Fahrzeuge differenziert nach Fahrzeugarten erfasst. Je nach örtlichen Gegebenheiten kamen dazu Überkopf-Radardetektoren oder Seitenradargeräte zum Einsatz.

Die Hochrechnung des Totalwertes der Inlandsfahrleistung (Fahrleistung der in- und ausländischen Fahrzeuge in Deutschland) erfolgt grundsätzlich über die Multiplikation der Zählwerte mit der Gesamtnetzlänge des zugrundeliegenden Straßennetzes. Da die Stichprobe der Zählabschnitte nach Ortslage und Straßenklasse geschichtet ist und in der Erhebung die Nationalität der Fahrzeuge und die Fahrzeuggruppe erfasst wurden, lässt sich die Inlandsfahrleistung je Fahrzeuggruppe in der entsprechenden Untergliederung hochrechnen.

Es kamen die im Rahmen einer Verwendung von Videobeobachtungstechnologie geltenden Datenschutzvorschriften (BDSG § 6b) zur Anwendung. Auf die Erhebung wurde mittels Hinweistafel hingewiesen. Um den Datenschutz sicher

zu gewährleisten, wurde das Kennzeichen bereits im ersten Schritt der Datenverarbeitung direkt nach der Erkennung innerhalb der Kamera in eine anonymisierte Zeichenkette umgewandelt und mit einem Hash-Algorithmus irreversibel verschlüsselt. Eine Rückverfolgung ist damit ausgeschlossen, da eine eindeutige Zuordnung der Fahrzeugsignatur zu Kennzeichen nicht mehr möglich ist. Für die Erhebung wurden ausschließlich Infrarotkameras mit einem Filter im 850 Nanometer-Bereich eingesetzt. So können weder die Anzahl noch das Aussehen der Insassen eines Fahrzeugs erkannt werden.

*Aufnahme mit Infrarotkamera bei Tag  
(Bild: Siemens)*



**Arnd Fitschen**

Assessor des Vermessungs- und Liegenschaftswesens, Vermessungsingenieur, Referat „Verkehrsstatik, BISStra“



**Markus Lerner**

Geograph, stellvertretender Leiter des Referats „Unfallstatistik, Unfallanalyse“



**Conrad Piasecki**

Maschinenbauingenieur, Referat „Aktive Fahrzeugsicherheit, Emissionen, Energie“



## Volkswirtschaftlicher Nutzen neuer Landstraßenquerschnitte

Die im Juni 2013 veröffentlichten Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL [1]) bilden die Grundlage für den Entwurf von sicheren und funktionsgerechten Landstraßen. Die Festlegungen in den RAL verfolgen das Ziel, die Ausbildung von Landstraßen soweit wie möglich zu standardisieren. Dazu werden für verschiedene Landstraßentypen vier Entwurfsklassen (EKL 1 bis EKL 4) definiert. Diese EKL werden maßgebend bestimmt durch die Funktion einer Straße im Netz, ausgedrückt durch die Straßenkategorien LS I bis LS IV gemäß den Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN [2]) sowie die zu erwartende Verkehrsnachfrage. Die EKL sollen sowohl die Einheitlichkeit von Straßen einer Kategorie fördern (standardisieren) als auch Straßen unterschiedlicher Kategorien deutlich unterscheidbar machen (wiedererkennbar machen). Hierdurch soll eine der Netzfunktion angemessene Fahrweise unterstützt werden.

Mit der Einführung der RAL stand zum einen die Frage im Raum, ob Straßenprojekte zukünftig teurer und damit bei einem vorgegebenen Etat weniger Straßen neu, um- oder ausgebaut werden könnten, zum anderen ist mit den RAL auch die Erwartung verbunden, zu einer Verbesserung der Verkehrssicherheit auf den Landstraßen beizutragen.

In diesem Kontext wurde die BASt vom Bundesverkehrsministerium beauftragt, eine wissenschaftlich gestützte Bewertung vorzunehmen, ob und gegebenenfalls in welchem Umfang Mehrkosten für den Baulastträger Bund bei der Umsetzung des Bedarfsplans nach den Maßgaben der RAL zu erwarten sind. Im gleichen Zuge sollte auch der mit einer Umsetzung der RAL für die Maßnahmen des Bedarfsplans zu erwartende Sicherheitsgewinn abgeschätzt werden, um somit den volkswirtschaftlichen Nutzen der RAL nachzuweisen.

Da die wesentlichen kostenrelevanten Unterschiede zwischen den seinerzeit gültigen Richtlinien und den neuen RAL in der Querschnittausbildung liegen, konzentrierte sich die Untersuchung auf die Frage, welche Regelquerschnitte (RQ) nach dem seinerzeit geltenden Regelwerk für die Querschnittsgestaltung von Landstraßen (RAS-Q [3]) bei bestimmten verkehrlichen Ausgangsbedingungen zu planen sind und welche Regelquerschnitte stattdessen nach den neuen RAL zu planen wären.

Dies ist zulässig, da die RAL gegenüber den bisher gültigen Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Linienführung (RAS-L [4]) keine nennenswerten Unterschiede bezüglich der Vorgaben zur Linienführung aufweist. Zudem kann bei einem Kostenvergleich von Planungen gemäß den RAL mit Planungen nach dem bisher geltenden Regelwerk die Ausbildung von Knotenpunkten ebenfalls unberücksichtigt bleiben, sofern Straßen mit der gleichen Fahrstreifenanzahl miteinander verglichen werden. Der in den RAL geforderte engere Zusammenhang zwischen Regelquerschnitt und Knotenpunktart greift hierbei lediglich die gängige Planungspraxis sowie die aus Sicherheitserkennnissen abgeleiteten Forderungen von Sicherheitsaudits auf. Sofern sich bei einer Planung gemäß den RAL die



Fahrstreifenanzahl gegenüber der Planung nach den RAS-Q 96 ändert, können zwar auch Änderungen hinsichtlich der zur Anwendung kommenden Knotenpunkte die Folge sein. Die planerischen Freiräume bei der Knotenpunktplanung unter Berücksichtigung der örtlichen Randbedingungen machen jedoch eine Einzelfallbetrachtung erforderlich, die im Rahmen der vorgenommenen pauschalierten Bewertung unmöglich war.

**Vorgehensweise**

Um den vorgesehenen Vergleich zwischen RAL und RAS-Q 96 vornehmen zu können, mussten in einem ersten Schritt zunächst die Einsatzgrenzen der Regelquerschnitte

nach dem heutigen Regelwerk im Vergleich zu den RAL ermittelt werden. Zentraler Bestandteil der Untersuchung war daher die Klärung der Frage, welcher Regelquerschnitt bei Ausbauplanungen mit einer prognostizierten Verkehrsnachfrage für eine bestimmte Straßenkategorie zum Einsatz kommt, wenn die Maßnahme gemäß den Vorgaben der RAS-Q 96 realisiert wird, und welcher Regelquerschnitt stattdessen geplant werden müsste, wenn die RAL eingeführt sind.

Anschließend wurden den Maßnahmen des Bedarfsplans in Abhängigkeit von den so ermittelten Einsatzgrenzen die für beide Vergleichsfälle jeweils zu wäh-

*Regelquerschnitte gemäß den neuen Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL)*



Fernstraßen



Überregionalstraßen



Überregionalstraßen



Überregionalstraßen



Regionalstraßen



Nahbereichsstraßen



lenden Regelquerschnitte zugewiesen. Mit entsprechenden Kostensätzen für den Bau und Betrieb der verschiedenen Regelquerschnitte konnte dann ein Vergleich der beiden Alternativen „Umsetzung des Bedarfsplan nach den RAS-Q 96“ und „Umsetzung nach den RAL“ hinsichtlich der Baulastträgerkosten durchgeführt werden. In gleicher Weise wurden durch den Ansatz der für die verschiedenen Regelquerschnitte zu erwartenden Grundunfallkosten die Sicherheitswirkungen beider Alternativen verglichen.

### Fazit

Als Fazit der Untersuchung bleibt festzuhalten, dass für die Maßnahmen des Bedarfsplans bei Anwendung der RAL im Vergleich zum bisherigen Regelwerk keine Mehrkosten zu erwarten sind. Hinsichtlich der Verkehrssicherheit ist jedoch eine Verbesserung zu erwarten. Dies ist im Wesentlichen im neuen Straßentyp der EKL 2 begründet. Diese abschnittsweise dreistreifigen Straßen des RQ 11,5+ mit plangleichen Knotenpunkten erlauben zwar nur geringere Fahrgeschwindigkeiten als die planfrei geführten, durchgängig dreistreifigen Straßen des RQ 15,5. Sie können jedoch nach den Grundsätzen der RAL ebenso sicher wie diese gebaut werden. Bei einer sicherheitsorientierten Planung nach den Vorgaben der RAL kann durch Anwendung dieses Straßentyps bei zahlreichen Neubauplanungen von Überregionalstraßen der VFS II (Fernstraßen) auf einen Ausbau mit einem RQ 15,5 verzichtet werden. Dieser hochwertige, aber wegen der planfreien Führung auch teure Straßentyp soll nach der Einführung der RAL künftig weitgehend auf die VFS

I beschränkt bleiben. Für diese Fälle bleibt er unverzichtbar, denn nur mit einer planfreien Führung sind die hohen Zielvorstellungen der RIN in Bezug auf die angestrebten mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten erreichbar.

Die Ergebnisse der durchgeführten vergleichenden Untersuchungen verdeutlichen somit insgesamt die Vorteilhaftigkeit der RAL. Dementsprechend hat das Bundesverkehrsministerium die RAL im Mai 2013 mit Allgemeinem Rundschreiben Straßenbau bekannt gegeben.

### Literatur

Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (Hrsg):

- [1] Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL), Köln, 2012
- [2] Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN), Köln, 2008
- [3] Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Querschnitte (RAS-Q 96), Köln, 1996
- [4] Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Linienführung (RAS-L), Köln, 1995

### Dr. Marco Irzik

Bauingenieur, stellvertretender Leiter des Referats „Straßenentwurf, Verkehrsablauf, Verkehrsregelung“



## Sicherheitsanalysen im Verkehrsnetz: TEN-T (Roads)

Mit Einführung der EU-Richtlinie 2008/96/EG „Sicherheitsmanagement für die Straßenverkehrsinfrastruktur“ sind der Bund und die Länder aufgefordert, Sicherheitsanalysen im Transeuropäischen Verkehrsnetz (TEN-T (Roads)) durchzuführen. In diesem Zusammenhang wurde vom Bundesverkehrsministerium das „Allgemeine Rundschreiben Straßenbau Nr. 26/2010“ an die Länder und die BASt gerichtet. Darin wird die BASt als Quelle für solche Sicherheitsanalysen benannt.

So hat die BASt Voraussetzungen für die weitestgehend automatisierte Erstellung von Sicherheitsanalysen geschaffen. „Streckenbezogene Unfallanalysen“ wurden bisher schon für die Bundesautobahnen durchgeführt. Das Transeuropäische Verkehrsnetz stellt eine Auswahl der wichtigsten BAB-Verbindungsstrecken dar, dabei können auch Bundesstraßen oder sogar Landesstraßen zum Netz gehören.

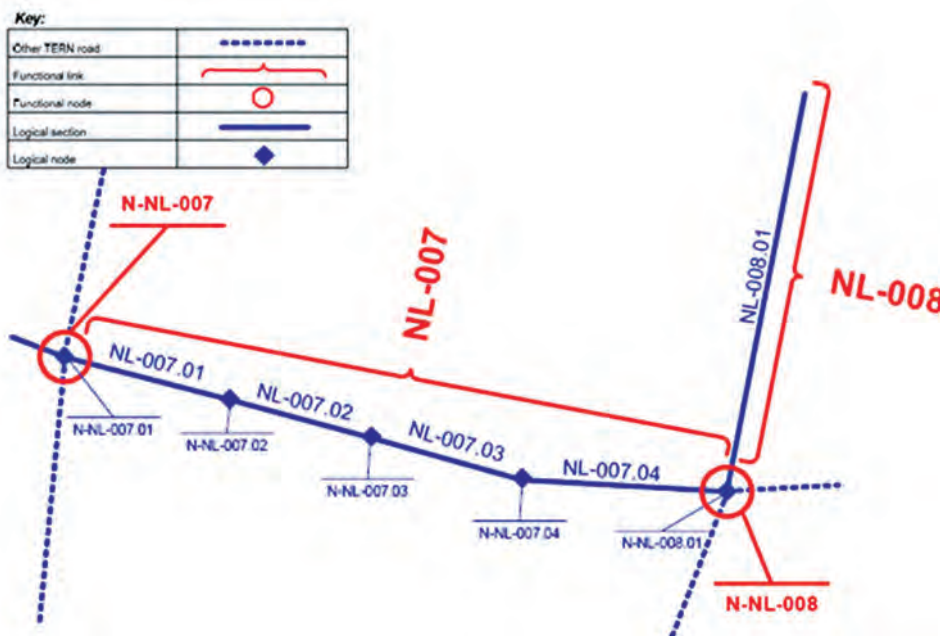
### Streckenabschnitte

Das Netz setzt sich aus zusammengefassten Netzknotenabschnitten zusammen. Ausgehend von einzelnen Abschnitten zwischen Netzknoten erfolgt

schrittweise eine Zusammenfassung zu längeren Strecken. Im ersten Schritt werden Netzknotenabschnitte (Sektoren) zu Logical-Sections, die durch Logical-Nodes begrenzt werden, zusammengefasst. Die Logical-Sections werden weiter zu den Functional-Links zusammengefasst, die von den Functional-Nodes begrenzt werden. Überwiegend entsprechen jedoch die Funktional-Links den Logical-Sections.

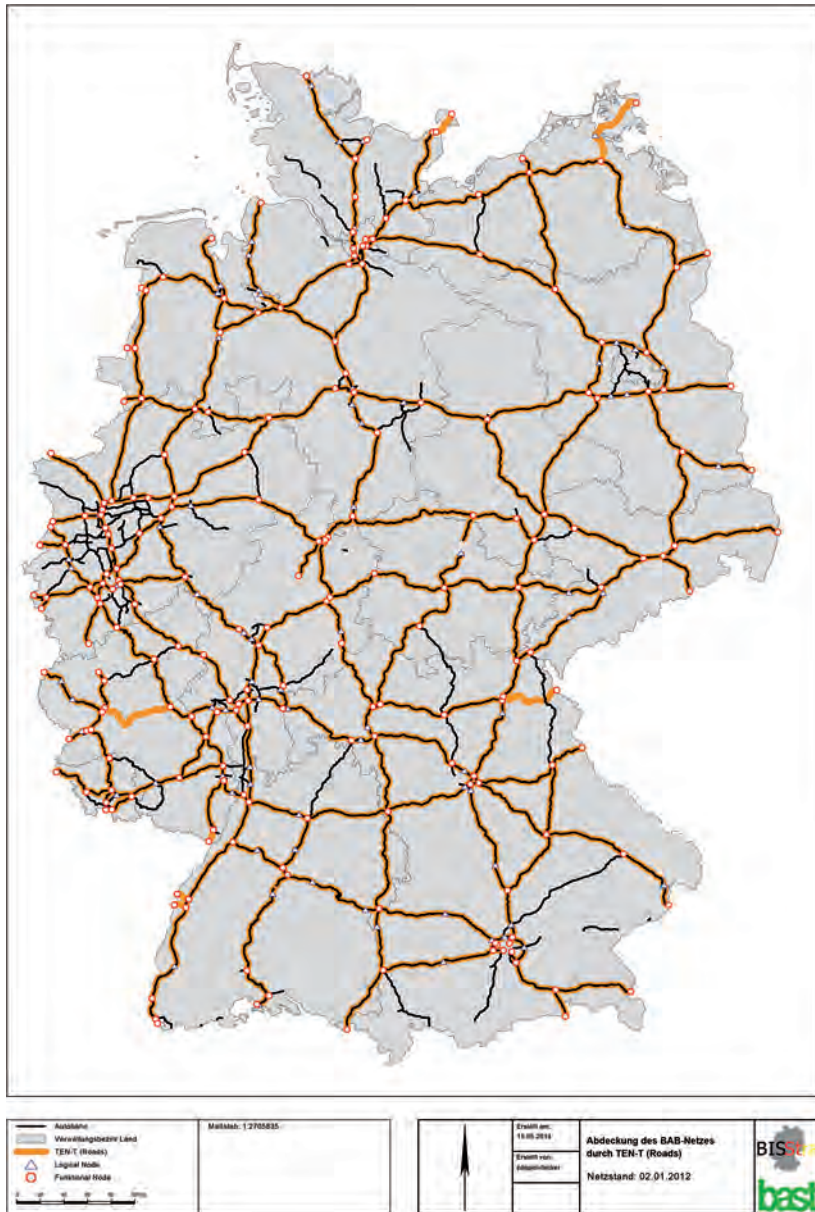
Nach diesem Schema wurden die BAB in Deutschland in 325 Logical-Sections eingeteilt, die wiederum zu 257 Functional-Links zusammengefasst wurden. Die Streckenlängen der Logical-Sections sind sehr unterschiedlich und liegen zwischen 1,5 Kilometern (DE-196.02: A40 AK Kreuz Kaiserberg - AK Kreuz Duisburg) und 117 Kilometern (DE-140.01: A9 AD Dreieck Potsdam - AK Schkeuditzer Kreuz). Die Ergebnisdarstellung erfolgt auf der Ebene der Logical-Sections.

Von 12.799 Kilometern BAB (Netzstand des Bundesinformationssystems Straße vom 2.1.2012) werden rund 9.800 Kilometer durch das Transeuropäische Verkehrsnetz abgedeckt. Hinzu kommen elf



Schematisches Netzmodell von TEN-T (Roads) (Bild: CEDR [1], NL steht für Niederlande)





Abdeckung der Bundesautobahnen im BIStra durch TEN-T (Roads), Netzstand 02.01.2012

Strecken auf Bundesstraßen mit rund 320 Kilometern Länge.

### Unfallanalysen

Durch eine Erweiterung der bereits vorhandenen Verfahren zur Erstellung der „Streckenbezogenen Unfallanalysen auf BAB“ [2] konnten wesentliche Module auch für das Transeuropäische Verkehrsnetz angewendet werden. Ausgehend von der Pflege des Netzes im Bundesinformationssystem Straße (BIStra), wurden dort die Bereiche Netzexport und –import ausgebaut. Weiterhin erfolgte die Anpassung der BIStra-externen Programme zur Lokalisierung und Verarbeitung der Unfalldaten,

Berechnung der Kenngrößen und der Schnittstellen zum BIStra.

### Sicherheitspotenzial

Als Ergebniskenngröße für die Sicherheitsanalysen wurde das Sicherheitspotenzial ausgewählt. Weiterhin wird die Anzahl der Unfälle mit Getöteten ausgewiesen. Das Sicherheitspotenzial (SIPO) [3] ist eine Kenngröße für die Kosten von Straßenverkehrsunfällen, die möglicherweise hätten eingespart werden können, wenn die Gestaltung der Straße den Entwurfsrichtlinien entspräche. Dabei ist zu beachten, dass jeder Netzabschnitt und jede Strecke Besonderheiten aufweist und ein geringes Sicherheitspotenzial nicht in jedem Fall erreichbar ist.

Im Bild auf Seite 69 sind die jährlichen Sicherheitspotenziale auf TEN-T (Roads) für den Zeitraum 2010 bis 2012 dargestellt. Die oberste Klassengrenze (SiPo = 10.000 Euro je Kilometer und Jahr und mehr) wurde so gewählt, dass etwa zehn Prozent der Logical-Sections in diese Klasse fallen. Das sind 36 von 336 Logical-Sections mit einer gesamten Streckenlänge von 865 Kilometern.

Für 17 Strecken (489 Kilometer) konnte kein Sicherheitspotenzial berechnet werden, da ein oder mehrere Abschnitte ohne gültigen DTV-Wert (durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke) enthalten waren.

Insgesamt gesehen konnte somit auf 95 Prozent der Logical-Sections eine Unfallkenngröße berechnet werden. Durch einen flexiblen Umgang mit fehlenden DTV-Werten kann diese Vollständigkeit weiter gesteigert werden. Diese Verfahrensänderung wird im Rahmen der „Streckenbezogenen Unfallanalyse“ getestet und dann auch für das Transeuropäische Verkehrsnetz angewendet.

Zudem hat sich im Rahmen der „Streckenbezogenen Analysen“ gezeigt, dass der Anteil, der im Straßennetz lokalisierten Unfälle in einzelnen Land- und

Stadtkreisen eines Bundeslandes oftmals nicht über den (von der BASt geforderten) 80 Prozent liegt. Die Unfälle aus diesen Kreisen werden zukünftig selektiv aus der Untersuchung herausgenommen und keine Kenngrößen ausgewiesen.

Wenn sich die letzten beiden Ansätze als praktikabel erweisen, wird zum einen die Qualität der Auswertungen punktuell verbessert und zum anderen werden auch die Voraussetzungen für Sicherheitsanalysen auf Bundesstraßen geschaffen, auf denen eine ausreichende Lokalisierungsquote vorliegt.

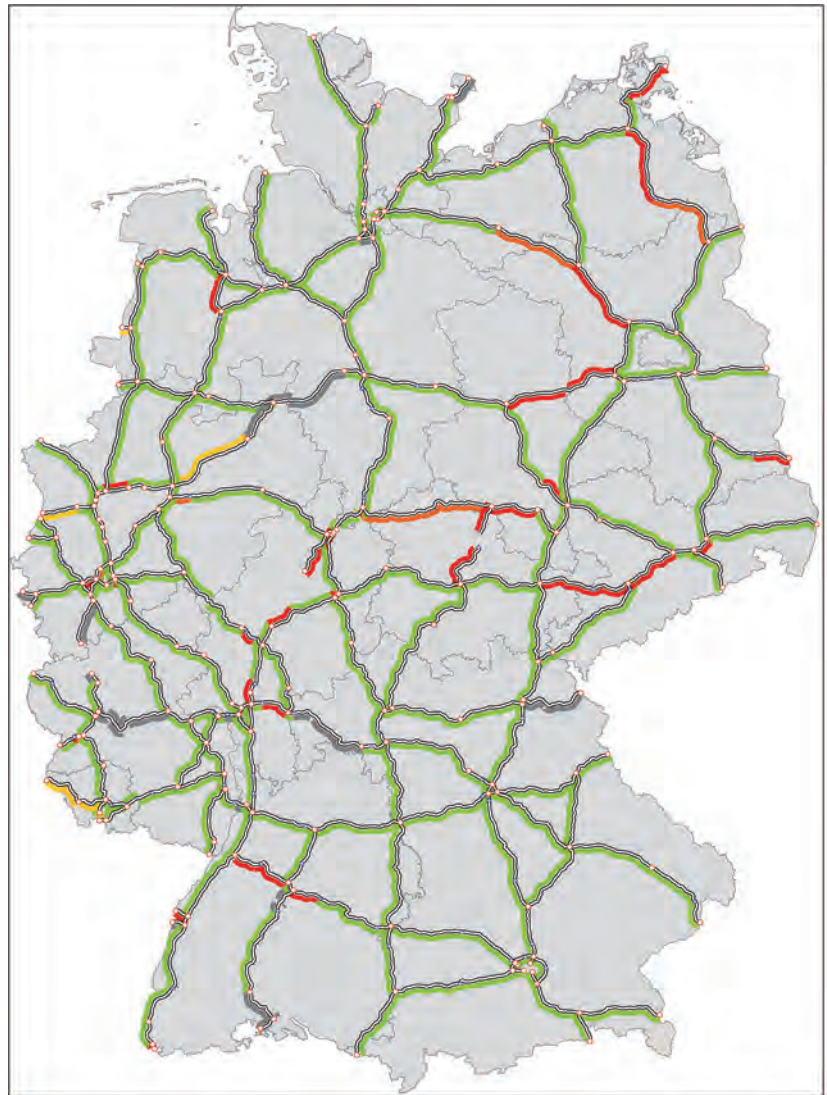
Mit den hier erzeugten Karten und Tabellen ist das Bundesverkehrsministerium in der Lage, die im Rahmen der EU-Richtlinie geforderte Berichtspflicht zu den Sicherheitsanalysen im Transeuropäischen Verkehrsnetz zu erfüllen.

**Literatur**

[1] CEDR, 2010: Conference Europeenne des Directeurs des Routes: Road Data and Performance Indicators, April 2010

[2] Pöppel-Decker, 2003: Pöppel-Decker, M.; Schepers, A.; Koßmann, I.: Grundlagen Streckenbezogener Unfallanalysen auf BAB. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit M153, 2003

[3] FGSV, 2003: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen ESN, Arbeitsgruppe: „Verkehrsführung und Verkehrssicherheit“, Ausgabe 2003



*Sicherheitspotenzial (Tausend Euro je Kilometer und Jahr) auf TEN-T (Roads) in Deutschland 2010 bis 2012*



**Martin Pöppel-Decker**  
 Maschinenbauingenieur, Referat  
 „Unfallstatistik, Unfallanalyse“



## Europäische Normung für den Winterdienst

Vor über zehn Jahren gründete der europäische Normungsverband CEN das Technische Komitee 337 „Ausstattung für den Straßenbetriebsdienst“. Dieses Komitee hat vier Arbeitsgruppen, von denen sich eine Gruppe mit den Produkten für den Winterdienst beschäftigt. Vorteile der Normung werden in geringeren Entwicklungs- und Beschaffungskosten sowie einer bessere Austauschbarkeit der Produkte gesehen.

Für die Ausstattungen des Winterdienstes ist bereits eine Reihe von europäischen Normen erschienen. Im Einzelnen gibt es Normen zu Streu- und Sprühmaschinen, Produkten für Straßenzustands- und -wetterinformationssysteme, Schneepflügen und Schneeräummaschinen mit rotierenden Werkzeugen. Normen für Taustoffe und weitere Produkte zu den Straßenzustands- und -wetterinformationssystemen sind in der Entstehung. Bestehende Normen müssen aufgrund der technischen Entwicklung ständig fortgeschrieben werden.

Die BAST arbeitet seit Bestehen des Komitees an der Entwicklung der Normen mit. Sie konnte viele Untersuchungsergebnisse in die Normen einbringen. Die Arbeiten beziehen sich schwerpunktmäßig

auf Anforderungen und Prüfverfahren für die Produkte Streu- und Sprühmaschinen, Taustoffe sowie Straßenzustands- und -wetterinformationssysteme.

### Streu- und Sprühmaschinen

Schwerpunkt der Diskussionen zur Normung der Streu- und Sprühmaschinen ist die richtige Verteilung der auszubringenden Tausalze und Tausalzlösungen. Untersuchungen der BAST und einiger Straßenbauverwaltungen vor rund zehn Jahren zeigten, dass sich Unfälle bei winterlicher Glätte auch auf falsche Arbeitsweisen der Streumaschinen zurückführen ließen. Eine Ursache der späten Erkenntnis war, dass die damals verwendeten Prüfverfahren für Streumaschinen nicht die tatsächlichen Verhältnisse beim Streuen widerspiegeln. Aus diesem Grunde wurden seitens der BAST zwei Prüfverfahren entwickelt, die eine Beurteilung der Streustoffverteilung unter realen Bedingungen zulassen. Für die Beurteilung der Verteilung von Tausalz durch Streumaschinen kommt das einfach umsetzbare Kehrverfahren zum Einsatz. Damit lassen sich ausreichende Genauigkeiten allerdings nur unter sehr trockenen Bedingungen erzielen. Für genauere Untersuchungen auch unter feuchten Witterungsbedingungen hat die



Sprühmaschine im Einsatz

BAST das Spül-Saug-Verfahren entwickelt. Dieses wird vorrangig für die Prüfung der neu entwickelten Sprühtechnik zum Ausbringen von Tausalzlösungen eingesetzt. Durch Aufsaugen einer ausgebrachten Menge auf vorgegebenen Prüffeldern kann die genaue Verteilung bestimmt werden. Die allgemeine Verfahrensbeschreibung für beide Verfahren ist in eine europäische Vornorm zu Streumaschinen eingeflossen.

Alle Untersuchungen unter Anwendung der beiden Prüfverfahren haben zu wesentlichen Weiterentwicklungen der Streumaschinen in Bezug auf eine bessere Streustoffverteilung geführt. Technisch lassen sie sich heute für die verschiedenen Streusituationen deutlich besser einstellen. Allerdings bedeutet das auch einen höheren Justieraufwand auf Anwenderseite. Hier sind Entwicklungen zu begleiten, die eine automatische Justierung ermöglichen. Für die Prüfung heißt es, die genauen Randbedingungen für zukünftige Prüfungen zu entwickeln. Ein weiterer Schwerpunkt der Entwicklung ist auf eine kürzere Durchführungszeit der Prüfverfahren zu legen.

### **Straßenzustands- und -wetterinformationssysteme**

Der Winterdienst soll so weit wie möglich Glätte vermeiden. Dazu sind vorbeugende Maßnahmen erforderlich. Wirksam sind sie nur, wenn sie zeitnah vor einem erwarteten Glätteereignis durchgeführt werden. Dazu sind genaue Wetterbeobachtungen erforderlich. Den Winterdienstverantwortlichen stehen dafür heute zum einen spezielle Wettervorhersagen zur Verfügung. Sie werden in erster Linie für Personalplanungen und allgemeine Betrachtungen genutzt. Die Bedingungen in einem zu bearbeitenden Streckennetz sind allerdings oft sehr unterschiedlich. Deshalb stehen den Winterdienstverantwortlichen zum anderen auch Glättemeldeanlagen zur Verfügung, die glätterelevante Parameter, wie Temperatur und Wasser auf der Fahrbahn, Taupunkttem-



peratur und Niederschlag, an besonders gefährdeten Stellen messen.

*Spül-Saug-Verfahren im Einsatz bei der Prüfung eines Sprühbildes*

Sensoren werden heute weltweit überwiegend durch subjektive Beobachtungen und Vergleich von Messwerten unter gleichen realen Bedingungen beurteilt. Die Vergleiche zeigen hohe Differenzen zwischen den Messwerten der Sensoren, die zu unterschiedlichen Winterdienstentscheidungen der Verantwortlichen führen würden. Die BAST hat in den letzten Jahren ein Reihe von Prüfverfahren entwickelt, die objektive Beurteilungen zulassen. Sie haben zu neuen Erkenntnissen für sinnvolle Anforderungen an die Sensoren geführt, die in die laufenden Normungsverfahren eingebracht wurden und zukünftig einzubringen sind.

Ein Beispiel für die BAST-Entwicklungen ist der sogenannte Sprühkasten für das Auftragen definierter Filmdicken von Wasser oder Salzlösungen auf in die Fahrbahn einzubauende Sensoren. Dieses Verfahren ist für neue Sensoren, die heute überwiegend berührungslos arbeiten, weiterzuentwickeln.

### **Taustoffe**

Tausalz ist der wirkungsvollste Stoff gegen winterliche Glätte. Sein Einsatz kann nicht nur Glätte schnell beseitigen sondern auch vermeiden. Überwiegend kommt Natriumchlorid zur Anwendung. Die Anforderungen werden derzeit nur anhand der materialspezifischen Kenn-





Prüfstand für Bodensonden für Fahrbahnzustand und Gefriertemperatur

größten Korngröße, Anteil tauwirksamer Substanz, Feuchtgehalt und Anteil an Antifackmitteln beschrieben.

Bis vor wenigen Jahren gab es nur wenige Anbieter von Tausalz für den Winterdienst, deren Tausalze immer eine problemlose Ausbringung ermöglichten. Mit der Globalisierung des Handels kommen

zunehmend Tausalze zu den Straßenbauverwaltungen, die zu Problemen in der Lagerung und Ausbringung führen. Um in Zukunft solche Tausalze ausschließen zu können, sollen neue Qualitätsmerkmale entwickelt werden, die sich mit einfachen Verfahren beim Wareneingang testen lassen. Ein neues Merkmal soll beispielsweise die Rieselfähigkeit sein. Mit Hilfe einer Auslaufbox ließe sich zum Beispiel diese Größe einfach bestimmen. Durch das schlagartige Öffnen einer komplett gefüllten Box läuft je nach Salzkonsistenz eine unterschiedlich große Menge Salz aus dem Behälter. Je mehr nach dem Öffnen selbstständig herausläuft, umso geringere Schwierigkeiten sind bei der Lagerung und Ausbringung zu erwarten.

Eine Grenze zwischen einer guten und problembehafteten Anwendung der Tausalze muss noch festgelegt werden, damit sie in eine zukünftige Norm eingebracht werden kann.



Ergebnisse mit der Auslaufbox (links gute und rechts schlechte Qualität)



### Horst Badelt

Maschinenbauingenieur, Referat „Verkehrsbeeinflussung, Straßenbetrieb“



### Sandra Eimermacher

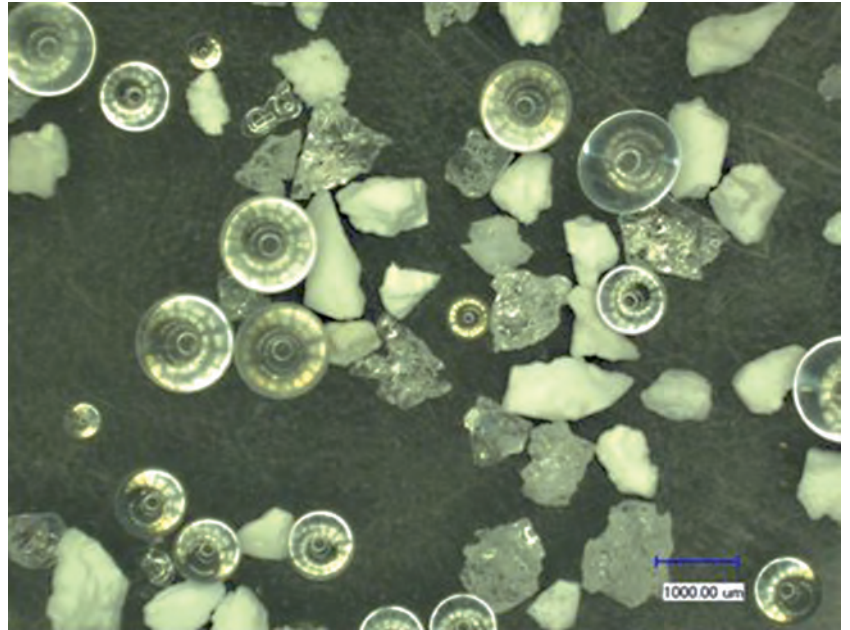
Technikerin, Referat „Verkehrsbeeinflussung, Straßenbetrieb“



## Digitale Bildanalyse von Nachstreumittelgemischen

Unter Nachstreumitteln versteht man Systeme, die auf den zuvor applizierten Straßenmarkierungsstoff aufgestreut werden. Ihre Aufgabe ist es, die wesentlichen verkehrstechnischen Eigenschaften Nachtsichtbarkeit und Griffigkeit des Straßenmarkierungssystems herzustellen und über die Nutzungsdauer der Markierung zu erhalten. Die Nachstreumittel sind wichtige Bestandteile der Straßenmarkierungssysteme, die bei der BAST auf ihre Eignung geprüft werden.

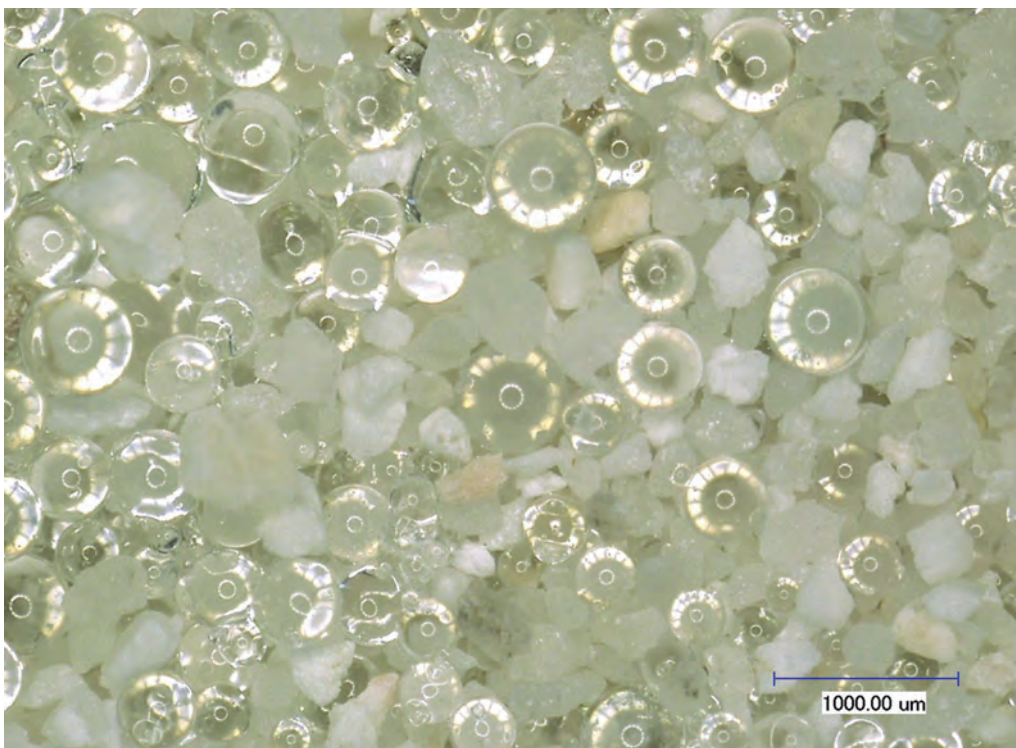
Im Regelfall werden dazu kugelige Reflexkörper aus Glas oder deren Gemische mit Griffigkeitsmitteln eingesetzt: mineralische Körner mit rauer oder scharfkantiger Oberfläche. Die Zusammensetzung bezüglich der Korngrößenverteilung und der Anteile der einzelnen Komponenten ist auf das herzustellende Markierungssystem abgestimmt. Veränderungen in der Zusammensetzung, des Mischungsverhältnisses oder der Korngrößenverteilung können dazu führen, dass das Markierungssystem in der Praxis nicht mehr die erforderlichen verkehrstechnischen Eigenschaften erfüllt.



In der Folge erfüllt die Markierung bei Dunkelheit nicht mehr ihre visuelle Leitfunktion und mangelnde Griffigkeit gefährdet vor allem Zweiradfahrer.

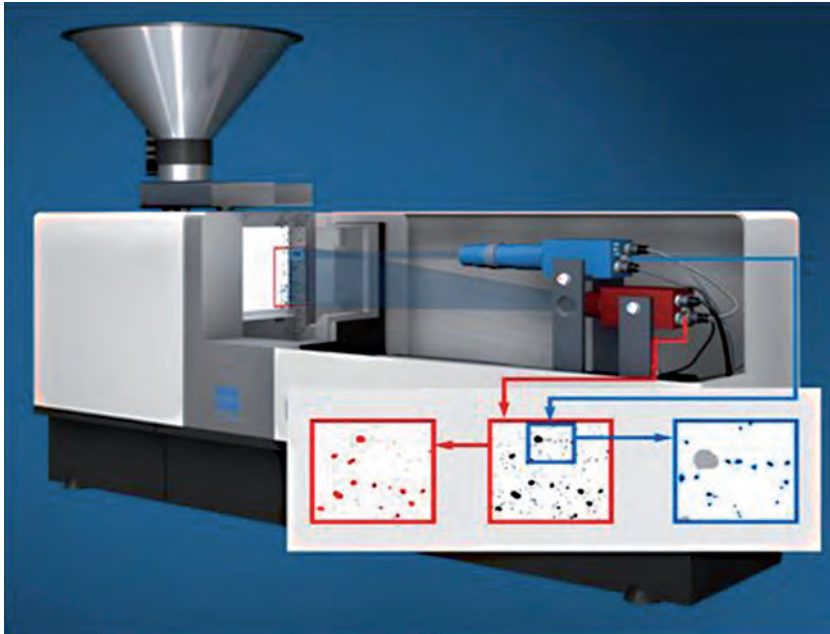
Die Anforderungen und analytischen Bestimmungsmethoden für Reflexglasperlen, Griffigkeitsmittel und Mischungen sind in der DIN EN 1423 „Nachstreumittel

*Nachstreumittelgemisch aus mehreren Komponenten unter dem Mikroskop*



*Reflexperlen und Griffigkeitsmittel in einer Nachstreumittelmischung*



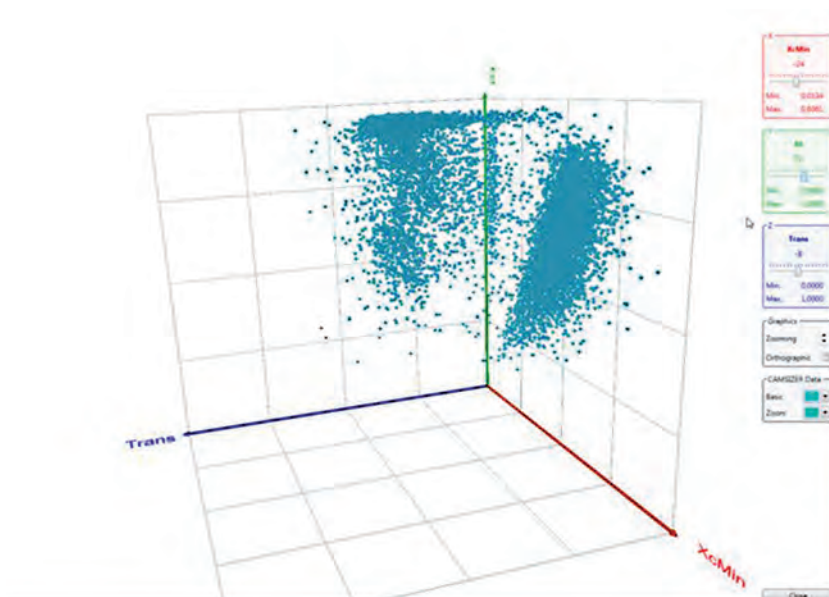


Funktionsprinzip eines dynamischen Partikelanalysators [2]

– Markierungsglasperlen, Griffigkeitsmittel und Nachstreugemische“ beschrieben. Als Referenzverfahren der Partikelgrößenanalyse (Granulometrie) dienen manuelle Siebungen zur Korngrößenbestimmung der Einzelfractionen von Reflexkörpern und Griffigkeitsmitteln.

In Deutschland und in den Niederlanden kommen jedoch oft Gemische aus Reflexkörpern und Griffigkeitsmitteln zum Einsatz. Die Einzelfractionen eines solchen Gemisches sind durch Siebungen nicht mehr zugänglich, da sie im Regelfall eine ähnliche Korngrößenverteilung aufweisen und nicht mehr trennbar sind.

Räumliche Darstellung eines Nachstreumittelgemisches



## Mischungsverhältnis

Die Bestimmung des Mischungsverhältnisses von Reflexglasperlen und Griffigkeitsmitteln durch Auszählung unter dem Mikroskop ist langwierig und bedingt eine aufwendige Probenvorbereitung. Dieses Verfahren zur Partikelgrößenanalyse von Nachstreugemischen ist somit nicht praxisgerecht.

Eine Lösung dieses Problems ermöglicht die dynamische Bildanalyse in Echtzeit.

Die BAST beschäftigt sich seit 2010 mit diesem Verfahren unter Verwendung eines Partikelanalysators. Die Funktionsweise von dynamischen Bildanalysatoren ist in der ISO 13322 – Teil 2 [1] beschrieben.

Eine flächige LED-Lichtquelle erzeugt ein Schattenbild der zwischen Lichtquelle und Kamera freifallenden Nachstreumittelpartikel. Mit statistischen Verfahren errechnet die Software in Echtzeit alle Partikelparameter der so detektierten Partikel. Bereits 100 Gramm Probenmaterial reichen aus, um auch bei größeren Nachstreumitteln ein sehr gut reproduzierbares Ergebnis zu erhalten [2]. Eine mechanische Auftrennung der Probe ist nicht erforderlich. Durch die schnelle Bildfolge und einen leistungsfähigen Rechner können in Minuten mehrere Millionen Einzelpartikel analysiert werden.

## Korngrößenverteilung

Simultan können so Korngrößenverteilungen, die Anteile der Einzelkomponenten, die Kornformen, zum Beispiel der Anteil unrunder Reflexglasperlen und deren Transparenz, bestimmt werden. Durch Programmierung mit speziellen Filterparametern lassen sich gezielt Einzelfractionen in einem komplexen Gemisch ansprechen. Auf diese Weise lässt sich beispielsweise der Anteil fehlerhafter Glasreflexkörper nach den Kriterien der DIN EN 1423 bestimmen.

Die Grafik zeigt die räumliche Darstellung der Partikelparameter „Größe“, „Trans-

parenz“ und „Breiten/Längenverhältnis“ als Maß für die Rundheit eines Nachstreumittelgemisches. Durch diese Darstellung lassen sich isolierte Einzelfractionen eines Nachstreumittelgemisches durch gezielte Kombination mehrerer Partikelkenngrößen erkennen und bewerten.

Die dynamische Bildanalyse ist eine schnelle, präzise und robuste Alternative zu klassischen Verfahren, die auf Partikelgröße, Formfaktoren oder damit zusammenhängende physikalische Eigenschaften von körnigen Proben basieren. So weist die Siebung aufgrund der relativ hohen Fertigungstoleranzen von Sieben, deren Verschleiß und personenabhängiger Parameter, eine relativ schlechte Reproduzierbarkeit und Robustheit auf.

Durch Vergleichsmessungen zwischen Siebungen und Bildanalyse können, falls erforderlich, Anpassungsfaktoren ermittelt werden. Da bei der dynamischen Partikelanalyse Partikelvolumen berechnet werden, erhält man eine Darstellung des Volumenanteils des jeweiligen Siebes gegen seine Maschenweite. Die Umrechnung – etwa zu Vergleichszwecken – auf die ermittelten Massenanteile pro Sieb erfolgt über das spezifische Gewicht des Prüfgutes.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit ist die Bestimmung der Fließfähigkeit von Sanden, einer wichtigen mineralogischen Kenngröße, die ebenfalls von Kornformparametern abhängt.

## Reproduzierbarkeit

In einem Forschungsprojekt, das die Bundesanstalt für Materialforschung (BAM) im Auftrag der BASt durchgeführt hat, konnte die sehr gute Reproduzierbarkeit der Ergebnisse von dynamischen Partikelanalysatoren nachgewiesen werden [3].

Betrachtet man die für ein Analyseverfahren gütebestimmenden Parameter Robustheit (Unempfindlichkeit gegen Bedienerinflüsse) und Reproduzierbarkeit, ist das dynamische Bildanalyseverfahren vielen klassischen Verfahren deutlich überlegen.

Die BASt hat als Konsequenz die Implementierung des neuen Prüfverfahrens in die zu überarbeitende Ausgabe der DIN EN 1423 angeregt und breite Zustimmung bei den Herstellern der Nachstreumittel, Prüfstellen und internationalen Behördenvertretern erhalten.

## Literatur

- [1] ISO 13322 – Teil 2 - Particle size analysis - Image analysis methods – Part 2: Dynamic image analysis methods
- [2] Retsch Technology – Prinzip des CamSizer Partikelanalysators
- [3] Reflexkörper und Griffigkeitsmittel in Nachstreumittelgemischen für Markierungssysteme: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 232, 2014



### Stephan Killing

Ingenieur für Korrosionsschutztechnik und Chemieingenieur, Referat „Chemische Grundlagen, Umweltschutz, Labordienst“



# **Umwelt: Lebensraum schützen und Straßenverkehr nachhaltig gestalten**

**Leiser Straßenverkehr 3: interdisziplinäre  
Forschung gegen Straßenverkehrslärm**

**Artenschutz beim Bau und Betrieb von  
Bundesfernstraßen**

**Mobiles Messsystem zur  
Luftschadstoffdatenaufnahme**

**Überprüfung des Abgasverhaltens von  
Fahrzeugen im Feld**

**Straßenentwässerung und Klimawandel**

**Wärmeenergie aus Straßentunnel-  
Bergwasser**







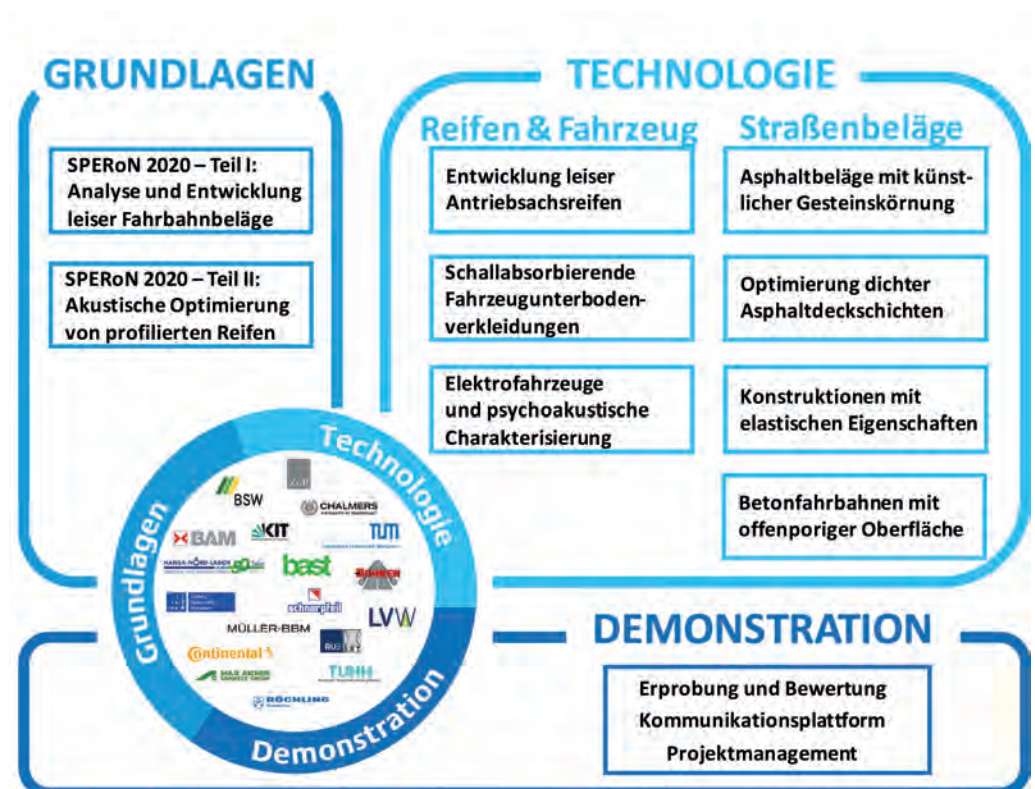


## Leiser Straßenverkehr 3: interdisziplinäre Forschung gegen Straßenverkehrslärm

Aus dem Verkehrsforschungsprogramm der Bundesregierung werden seit über zehn Jahren die Verbundprojekte „Leiser Straßenverkehr“ gefördert. In 2014 wurde das Projekt „Leiser Straßenverkehr 3“ (LEISTRA3) erfolgreich abgeschlossen. Zentrales Ziel war es, Maßnahmen zur Minderung des Straßenverkehrslärms in Ballungsräumen zu entwickeln, die dort aufgrund der hohen Bevölkerungsdichte besonders wirkungsvoll sind. Verfolgt wurden verschiedene Forschungsansätze, die die Geräusche am Entstehungsort nachhaltig reduzieren. Für den fließenden Verkehr ist dies die Kontaktstelle von rollendem Reifen und Fahrbahn. Detaillierte Analysen der physikalischen Wechselwirkungsmechanismen und der induzierten Schallabstrahlung bildeten die Basis für eine akustische Optimierung von Reifen, Fahrzeugen und Straßenbelägen. Angestrebt wurde eine Reduzierung des durch den Straßenverkehr verursachten Geräuschpegels um insgesamt vier bis sechs dB(A) (Fernfeldmessungen) gegenüber dem heutigen Stand der Technik.

### Lösungsansatz

Aufbauend auf Erkenntnissen und Ergebnissen vorangegangener Forschungsarbeiten, insbesondere LEISTRA1 [1] und LEISTRA2 [2], wurden in LEISTRA3 neuartige Technologien, innovative Materialien und Simulationsmodelle eingesetzt, um effektive Lösungen für eine dauerhafte Reduzierung des Straßenverkehrslärms zu entwickeln. Die Forschungsaktivitäten gliederten sich in die Bereiche Grundlagen, Technologie und Demonstration. Diese umfassten insgesamt zehn Teilprojekte, die von den Verbundpartnern interdisziplinär bearbeitet wurden. Die Teilprojekte waren inhaltlich aufeinander abgestimmt und auf vielfältige Weise miteinander verknüpft. Erkenntnisse aus dem Bereich Grundlagen bildeten die Basis für eine zielgerichtete Weiterentwicklung von Reifen, Fahrzeugen und Straßenbelägen im Bereich Technologie. Hier wurden Kenngrößen ermittelt, die zur Erweiterung der Simulationsmodelle genutzt werden konnten. Nach dem erfolgreichen Abschluss der Laboruntersuchungen wurden



Struktur des Verbundprojektes LEISTRA3



die Ergebnisse im Bereich Demonstration in der Praxis erprobt.

### Simulationsmodelle

Ein Schlüsselement in LEISTRA3 war die Erweiterung des Simulationsmodells SPERoN (Statistical Physical Explanation of Rolling Noise) zur quantitativen Analyse und Vorhersage der Reifen-Fahrbahn-Geräusche. Damit lassen sich zugrundeliegende Mechanismen und physikalische Zusammenhänge im Detail aufklären, sodass Fahrbahnbeläge mit lärmmindernder Wirkung zielgerichtet optimiert und die Möglichkeiten neuartiger Deckschichten abgeschätzt werden können.

Grundsätzlich werden beim Reifen-Fahrbahn-Geräusch mehrere physikalische Entstehungsmechanismen unterschieden. So prägen sich beim Abrollvorgang des Reifens auf der Fahrbahn die kleinen Spitzen und Unebenheiten in die Lauffläche des Reifens ein und regen diesen zu Vibrationen an. Diese werden als Schall abgestrahlt. Ein weiterer aerodynamischer Geräuschmechanismus wird als Air Pumping bezeichnet. Beim Abrollen des Reifens auf der Fahrbahn wird im Reifenprofil und in den kleinen Unebenheiten zwischen Reifenlauffläche und Fahrbahn Luft beschleunigt oder eingeschlossen und komprimiert. Beide Entstehungsmechanismen, also Schwingungsanregung und Air Pumping-Geräusche, können durch die Gestaltung der Straßenoberfläche beeinflusst werden.

Um die aerodynamischen Effekte eingehend zu charakterisieren und kritische Größen identifizieren zu können, sind Modelloberflächen mit speziellen Texturmustern entworfen worden, die die Entstehungsmechanismen des Rollgeräusches weitgehend getrennt und unabhängig voneinander anregen. Diese Studien bildeten die Grundlage für die Entwicklung eines tragfähigen physikalischen Modells zur Beschreibung der aerodynamischen Effekte.

Mit SPERoN 2020 lassen sich nun reale Fahrbahnoberflächen hinsichtlich ihres Einflusses auf die Reifen-Fahrbahn-Geräusche quantitativ analysieren und Designs für neuartige geräuschmindernde Fahrbahnbeläge zuverlässig synthetisieren.

Darüber hinaus wurde ein leistungsfähiges Modul zur Reifenoptimierung entwickelt, mit dem der Einfluss der Profilierung und des Reifenaufbaus auf die Schallabstrahlung und den Rollwiderstand untersucht werden kann. Im Fokus stand dabei die Auswahl und Anwendung geeigneter numerischer Verfahren zur Verkürzung der Rechenzeiten, um ein praxistaugliches Optimierungstool bereit zu stellen. Dies ermöglicht eine effiziente Bestimmung von Schallabstrahlung und Rollwiderstand ohne aufwendigen Prototypenbau.

### Reifen/Fahrzeug

Im Lkw-Regionalverkehr treten vielfach Beschleunigungs- und Abbremsvorgänge

*Herstellung von Modelloberflächen und Durchführung von Fernfeldmessungen*



auf, zudem werden häufig enge Kurven durchfahren. Um die nötige Traktion zu gewährleisten, müssen die Reifen auf der angetriebenen Achse der Lkw Profile mit einem hohen Anteil an Querrillen aufweisen. Diese Blockprofile neigen zu einer starken Schwingungsanregung auf der Fahrbahn (singender Reifen) und damit zu einer höheren Geräuschemission. In LEISTRA3 wurden technologische Ansätze erarbeitet, um Rollgeräusche blockprofilierter Lkw-Reifen über die gesetzlichen Grenzwerte hinaus zu reduzieren. Im Straßenversuch hat eine Entwicklungsvariante einen Schalldruckpegel von 74,4 dB(A) (Fernfeldmessung) erreicht. Gegenüber den aktuellen Produkten wurde damit eine Geräuschreduzierung von etwa vier bis fünf dB(A) erzielt. Diese Variante wird in der nächsten Produktgeneration weiterentwickelt, mit dem Ziel, sie in 2015 auf dem Markt einzuführen.

Bei Elektrofahrzeugen entfällt das typische Verbrennungsmotorengeräusch. Mit ihrem Einsatz wird es daher vor allem in innerstädtischen Bereichen, wo Anfahr- und Beschleunigungsvorgänge dominieren, leiser. Um jedoch die Wahrnehmbarkeit der leisen Elektrofahrzeuge, beispielsweise in Kreuzungsbereichen, zu steigern und damit das innerstädtische Unfallrisiko gering zu halten, wird von der Europäischen Kommission vorgeschlagen, Elektro- und Hybridfahrzeuge je nach Geschwindigkeit und Fahrzeugverhalten akustisch zu betonen. Für die Geräuscherzeugung können Soundgeneratoren eingesetzt werden. In LEISTRA3 wurde aufgezeigt, wie stattdessen Reifenprofile gestaltet werden können, um eine gezielte Geräuschabstrahlung zu erzeugen.

Schallabsorbierende Unterbodenverkleidungen am Fahrzeug können Rollgeräusche effizient mindern. Zudem begünstigen sie die Aerodynamik des Fahrzeugs und mindern so den CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Um das Lärminderungspotenzial von Unterbodenverkleidungen zu ermitteln, sind in LEISTRA3 verschiedene Materialaufbauten

und Konstruktionen untersucht worden. Im Ergebnis von Fernfeldmessungen lässt sich der Vorbeifahrtpegel von Lastwagen und Transportern um bis zu drei dB(A) reduzieren, wenn sie mit geeigneten Unterbodenkonstruktionen ausgestattet sind.

### **Fahrbahnbeläge**

Die Entwicklung leiserer Fahrbahnoberflächen stellte einen weiteren Schwerpunkt in LEISTRA3 dar. Modellrechnungen belegen, dass die Oberflächengestalt, auch als Textur bezeichnet, einen starken Einfluss auf die Schwingungsanregung des Reifens und die aerodynamischen Vorgänge in der Kontaktfläche zwischen Reifen und Fahrbahn hat.

Die lärmtechnisch optimierte Asphaltdeckschicht AC D LOA stellt eine neue Entwicklung in der Straßenbautechnik dar und greift diesen Ansatz auf. Die Deckschicht wurde auf Basis einer dichten Asphaltzusammensetzung konzipiert und zeichnet sich durch eine Korngrößenverteilung aus, die auf eine lärmtechnisch wirksame Oberflächentextur abgestimmt ist. In LEISTRA3 wurde daran gearbeitet, die Verdichtungswilligkeit des Asphaltmischgutes zu verbessern. Auf diese Weise lassen sich die Dauerhaftigkeit der Deckschicht und damit ihr lärmtechnischer Nutzen erhöhen. Die Erkenntnisse flossen in die neuen „Empfehlungen für die Planung und Ausführung von lärmtechnisch optimierten Asphaltdeckschichten (E LA D)“ ein, die seit 2014 von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen herausgegeben werden.

Der Gussasphalt mit offener Oberfläche (Porous Mastic Asphalt, PMA) zeigt ebenfalls lärmmindernde Effekte. Im Vergleich zum herkömmlichen Gussasphalt enthält der PMA einen wesentlich höheren Anteil grober Gesteinskörnung. Es entsteht eine Deckschicht, die im unteren Bereich dicht und im oberen Bereich offenporig strukturiert ist. Die akustische Wirksamkeit ergibt sich aus der günstigen Oberflächentextur und einem hohen Hohlraumgehalt

in der oberen Zone. In LEISTRA3 wurde die Mischgutzusammensetzung optimiert und Laborverfahren zur Herstellung von praxisnahen Probekörpern für die Mischgutzkonzeption entwickelt.

Außerdem wurde in LEISTRA3 untersucht, inwieweit der Herstellungsprozess von Elektroofenschlacke (EOS) verbessert werden kann, um bestimmte Kornformen und Korngrößen gezielt zu erzeugen und damit einen hochwertigen Ausgangswerkstoff für den Asphaltstraßenbau zu gewinnen. Mit einer ausgewählten EOS-Körnung (EloMinit®) konnten zwei Asphaltdeckschichtvarianten konzipiert und im Mai 2014 auf einem Testfeld eingebaut werden.

Die Nachgiebigkeit bestimmt neben der Oberflächentextur und der Offenporigkeit die akustischen Eigenschaften eines Fahrbahnbelags. Ein Ziel in LEISTRA3 war es, Asphaltkonstruktionen durch die Nutzung der schwingungsdämpfenden Eigenschaften des Straßenoberbaus geräuschemindernd zu gestalten. Dabei wurden verschiedene Ansätze wie die Integration einer elastischen Dämpfungsschicht oder die Konzeption eines Asphaltmischgutes mit schwingungsdämpfenden Eigenschaften verfolgt.

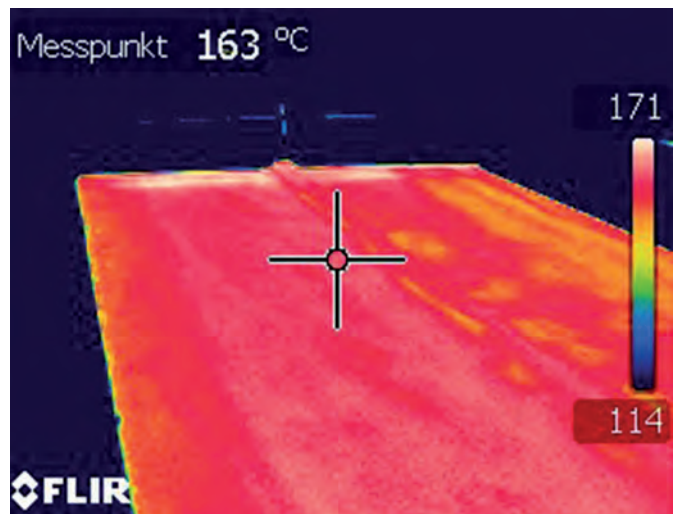
Im Bereich Betonbauweisen stand die Herstellung einer Betondecke mit offener Oberfläche (concrete with porous surface, COPS) im Vordergrund. Die Grundidee

des Systems COPS greift die im Asphaltstraßenbau bereits erfolgreich eingesetzte Mischgutzkonzipierung PMA mit hohem Grobkornanteil und einer feinkörnigen standfesten Bindemittel-/Mörtelphase auf. Während des Einbauvorganges sinkt der feinkörnige Mörtel nach unten ab, sodass innerhalb der oberen zehn Millimeter der Deckschicht eine offenporige Oberfläche entsteht. In Laborversuchen wurde die Betonrezeptur so eingestellt, dass ein kontrolliertes Absetzverhalten des Zementleimes erreicht wird. Die Betonrezeptur muss möglichst stabil gegenüber Einflüssen von Witterung und Einbau sein, um die vorteilhaften akustischen Eigenschaften der fertigen Betondeckschicht sicherzustellen.

**Demonstration**

Eine Voraussetzung für die Umsetzung der Forschungsergebnisse der Verbundprojekte Leiser Straßenverkehr in die Straßenbaupraxis ist die Erprobung und Bewertung der optimierten Fahrbahnbeläge unter möglichst praxisnahen Bedingungen. Zu diesem Zweck wurden nach dem Abschluss der Laborentwicklung Testfelder gebaut, um zu prüfen, ob die Herstellung der neuen Fahrbahnbeläge oder -aufbauten mit herkömmlichen Methoden möglich ist und ob die erzielten Gebrauchs- und Oberflächeneigenschaften den Erwartungen entsprechen, beispielsweise Griffigkeit, Ebenheit, Textur. Für den Bau von Testfeldern standen der BAST in LEISTRA3 Flächen auf dem NATO-Fliegerhorst in

*Herstellung der PMA-Deckschicht auf der BAB A 5 (links) und Prüfung der Einbautemperatur mittels Wärmebildkamera (rechts)*





Geilenkirchen zur Verfügung. Weitere Testflächen entstanden auf Werksgeländen in Treis-Karden und in Freilassing.

Auf den Bundesautobahnen A 553 bei Brühl, A 3 bei Lohmar und A 5 bei Friedberg konnten Erprobungsstrecken mit verschiedenen PMA-Varianten hergestellt werden, die hinsichtlich der Mischgut- und Einbauparameter untersucht wurden.

Der weiterentwickelte AC D LOA wurde auf einer Teststrecke bei Düren eingebaut und beprobt. Um ihre bau- und lärmtechnische

Nutzungsdauer zu verfolgen, werden die Strecken in den nächsten Jahren durch die BASt messtechnisch untersucht und begleitet.

### Literatur

[1] Verbundprojekt „Leiser Straßenverkehr – Reduzierte Reifen-Fahrbahn-Geräusche“: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft S 37, 2005

[2] Verbundprojekt „Leiser Straßenverkehr 2“: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft S 74, 2012

### Projektgruppe Leiser Straßenverkehr 3

**Dr. Wolfram Bartolomaeus**, Physiker, stellvertretender Leiter des Referats „Fahrzeug/Fahrbahn, Akustik“

**Christine Blum**, Sachbearbeiterin, Referat „Oberflächeneigenschaften, Bewertung und Erhaltung von Straßen“

**Dr. Christina Bückers**, Physikerin, bis 2014 in der BASt im Referat „Oberflächeneigenschaften, Bewertung und Erhaltung von Straßen“

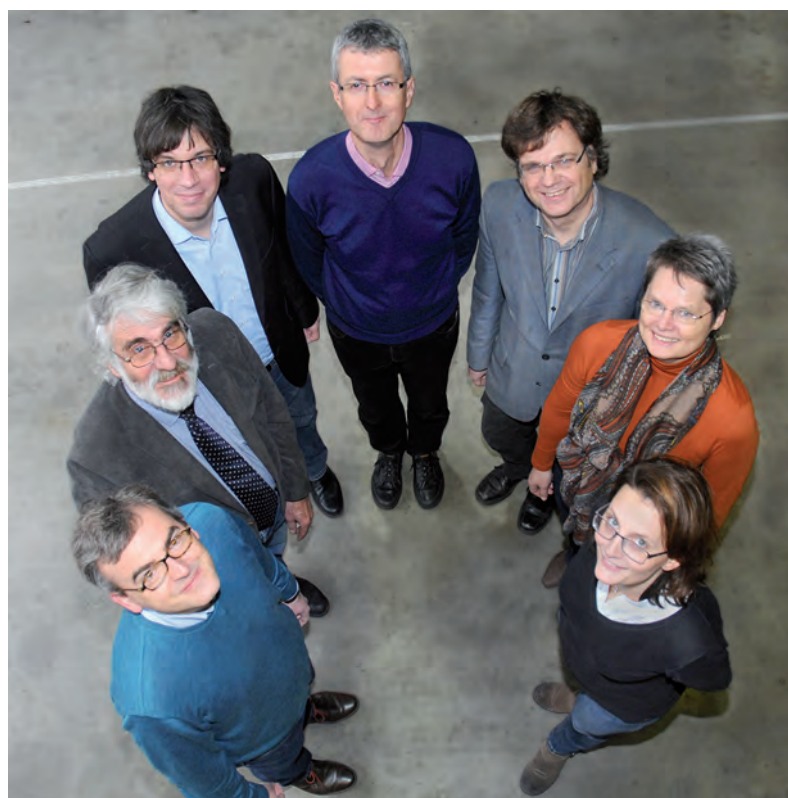
**Dr. Klaus Peter Glaeser**, Fahrzeugingenieur, Leiter des Referats „Fahrzeug/Fahrbahn, Akustik“

**Christian Gottaut**, Bauingenieur, Referat „Oberflächeneigenschaften, Bewertung und Erhaltung von Straßen“

**Oliver Ripke**, Bauingenieur, stellvertretender Leiter des Referats „Asphaltbauweisen“

**Dr. Ulrike Stöckert**, Bauingenieurin, Leiterin des Referats „Oberflächeneigenschaften, Bewertung und Erhaltung von Straßen“

**Marek Zöller**, Fahrzeugingenieur, Referat „Fahrzeug/Fahrbahn, Akustik“



Von links: Oliver Ripke, Dr. Klaus Peter Glaeser, Christian Gottaut, Marek Zöller, Dr. Wolfram Bartolomaeus, Christine Blum, Dr. Ulrike Stöckert (nicht im Bild Dr. Christina Bückers)

## Artenschutz beim Bau und Betrieb von Bundesfernstraßen

Bei konkreten Planungen im Verkehrswegbau sind wie bei vielen mittelgroßen oder großen Bauvorhaben die Anforderungen aus Umweltfachgesetzen umzusetzen. Dies gilt insbesondere auch für das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG), bei dessen Anwendung der allgemeine und besondere Artenschutz zu beachten ist. Gegenstand des Artenschutzes ist der Schutz und die Pflege schützenswert erachteter Tier- und Pflanzenarten in ihrer Vielfalt.

Neben den Regelungen zum allgemeinen Artenschutz wurden im BNatSchG auch die europäischen Anforderungen der Flora-Fauna-Habitat Richtlinie sowie die Vogelschutzrichtlinie umgesetzt. Aus diesen „Vorschriften und Ausnahmen für besonders geschützte Arten und bestimmte andere Tier- und Pflanzenarten“ ist flächendeckend und gegenüber jedermann das Tötungs-, Störungs- und Beschädigungsverbot für schützenswerte Tiere und Pflanzen und deren Fortpflanzungs- und Ruhestätten anzuwenden. Damit ist der besondere Artenschutz grundsätzlich in Planfeststellungsverfahren und auch bei Bau und Betrieb von Straßen zu berücksichtigen. Daneben ist bei Bau und Betrieb von Straßen ebenfalls das Umweltschadengesetz zur Vermeidung von Umweltschäden zu beachten. Das betrifft vor allem die vorsätzliche oder fahrlässige Schädigung von Arten oder ihrer natürlichen Lebensräume.

Die Prüfung von Verbotstatbeständen hinsichtlich des Artenschutzes in der Planung sowie in Planfeststellungsverfahren und die Festsetzung erforderlicher Maßnahmen (Vermeidungs-, Ausgleichs-, Erhaltungsmaßnahmen) sind inzwischen weitgehend etabliert. In der Bauphase besteht dagegen hinsichtlich des Vollzuges der artenschutzrechtlichen Auflagen und Maßnahmen Handlungsbedarf. Im Rahmen eines Projekts werden deshalb

mögliche Konfliktbereiche in der Bauausführung einer Straße evaluiert und Lösungsmöglichkeiten angegeben, die in den Bauablauf integriert werden können.

Der Straßenbetriebsdienst organisiert den reibungslosen Ablauf der Unterhaltungsmaßnahmen im Straßenseiten-/trennraum. Besondere Anforderungen, die durch geschützte Arten bei der Pflege des Straßenseitenraumes und der Trennstreifen entstehen, sollen durch den Betriebsdienst erkannt und erfüllt werden können. Dies ist im Leistungsheft für den Betriebsdienst auf Bundesfernstraßen bisher nicht detailliert geregelt. Die Abschätzung einer möglichen artenschutzrechtlichen Betroffenheit im Ablauf von Unterhaltungsarbeiten sowie Angaben zur Problembewältigung sollen daher dort integriert werden.

### Berücksichtigung des Artenschutzes in der Bauphase

Die Realisation planfestgestellter Baumaßnahmen ist oftmals nur unter Festlegung und Einhaltung bestimmter Auflagen zum Artenschutz möglich. Welche Anforderungen sich daraus für eine Bauvorbereitung und Bauablaufplanung ergeben, ist bisher nicht geregelt.

Konflikte drohen vor allem dann, wenn Unterlagen über die Baurechtserlangung im ökologischen Kontext nicht vollständig ausgewertet, landschaftspflegerische Belange nicht ausreichend berücksichtigt oder nicht genügend in den Bauablauf einbezogen werden. Auch fehlender oder unvollständiger Informationstransfer zwischen den an Planung und Bau Beteiligten unterschiedlicher Fachdisziplinen führt zu mangelnder Umsetzung umweltbezogener Auflagen.

Im Forschungsprojekt werden daher drei konfliktträchtige Problemkreise untersucht.



### **Auflagen und Maßnahmen zum Artenschutz, die in der Bauvorbereitung nicht ausreichend berücksichtigt werden**

Die rechtssichere Umsetzung der durch die Plangenehmigung festgesetzten Maßnahmen zur Vermeidung und/oder zum Ausgleich der Anforderungen aus dem Artenschutz muss geregelt werden.

Vordringlicher Handlungsbedarf besteht bei der fachgerechten, interdisziplinären Umsetzung der Planung aus dem landschaftspflegerischen Ausführungsplan (LAP) in die Bauvorbereitung. Deshalb befürworten die aus einem Projekt hervorgegangenen „Empfehlungen für die landschaftspflegerische Ausführung im Straßenbau“ (ELA) eine dreistufige Vorgehensweise zur sachgerechten Bauvorbereitung: Ausführungsplanung, Vorbereitung der Vergabe, Bauausführung. Diese soll in einen regelmäßigen, fachübergreifenden Informationsaustausch aller beteiligten Fachbereiche zur Berücksichtigung der Belange des Artenschutzes eingebettet werden.

Bei einem besonderen Konfliktpotenzial zwischen Umweltschutz und Straßenbauvorhaben wird die Anwendung des Instruments der Umweltbaubegleitung empfohlen (FGSV, 2012). Die Empfehlungen sind zur Einführung durch das BMVI vorgesehen.

Zusätzlich wird vom Forschungsnehmer die Einführung eines Risikomanagements in Bauvorbereitung und Ausführungsplanung vorgeschlagen. Die Bauzeitenplanung sollte die Prüfung der Funktionsfähigkeit vorgezogener und populationserhaltender Maßnahmen vorsehen. Maßnahmen zur Baufeldfreimachung, die Einrichtung von temporären Schutzmaßnahmen (Bau- und Sperrzäune) und die Baustelleneinrichtung sowie die Errichtung von Bauwerken sollten mit den Vorgaben aus dem landschaftspflegerischen Begleitplan abgeglichen werden.

### **Zeitversatz zwischen Baurechtserlangung und Bauausführung und daraus resultierende artenschutzrelevante Konflikte**

Bei Straßenbauvorhaben kann zwischen Erstellung der Gutachten zum Artenschutz, der Baurechtserlangung und Bauausführung eine Zeitspanne von mehr als 15 Jahren liegen. In dieser Zeitspanne kann sich der Artenbestand erheblich verändert haben. Bei der Bauausführung kann es deshalb zu einer Betroffenheit von Arten kommen, die in der Planfeststellungsgenehmigung nicht erwähnt werden. Aus dem Umweltschadengesetz ergibt sich eine Informationspflicht und Gefahrenabwehr, sodass artenschutzbedingte Verbotstatbestände zu vermeiden sind. Eine Abfrage möglicher Konflikte soll Hinweise liefern, ob neue Arten betroffen sind. Liegen konkrete Hinweise vor, so ist in Abstimmung mit den betroffenen Behörden eine Aktualisierung der Bestandsaufnahmen der Genehmigungsplanung durchzuführen. Danach wäre zu prüfen, welche Vermeidungsmaßnahmen eingeleitet werden können. Hier kommen vor allem Änderungen im zeitlichen Ablauf, Modifikationen im Bauverfahren oder Umsiedlung von Arten in geeignete Ersatzhabitats infrage. Sämtliche Maßnahmen sollten dann erneut in einem LAP dokumentiert werden und in die Ausführungspläne des Straßenbaus übernommen werden.

### **Unvorhersehbare artenschutzrelevante Konflikte, die im Zuge des Baugeschehens auftreten**

Die Beeinträchtigung geschützter Arten ist bisweilen erst während der Bautätigkeit erkennbar. Dann gilt es zu prüfen, ob die Beeinträchtigung durch geeignete Maßnahmen vermieden werden kann. Generell sollte zu Beginn der Maßnahme eine Aufklärung und Sensibilisierung der Bauausführenden im Rahmen der Bauanlaufberatung/Baueinweisung erfolgen. Zur Kontrolle hinsichtlich des Artenschutzes attraktiver Bereiche im Rahmen der Baufeldfreimachung sollte bei absehbaren

Konflikten ein sachkundiger Landespfleger im Rahmen einer Umweltbaubegleitung involviert werden [1].

### **Berücksichtigung des Artenschutzes in der Betriebsphase**

„Die Durchführung von Unterhaltungsmaßnahmen soll vor allem dazu beitragen, die Verkehrssicherheit zu gewährleisten und den Bestand des Bauwerks Straße zu erhalten [2].“

Auch wenn davon ausgegangen wird, dass der Artenbestand an Straßen an die Pflegemaßnahmen angepasst ist, können geschützte Arten betroffen sein. Grundsätzlich sind hierzu mehrere Fallkonstellationen zu beachten und zu hinterfragen.

Unterhaltungsmaßnahmen, die unter Berücksichtigung der Anforderungen des Artenschutzes durch den Planfeststellungsbeschluss abgedeckt sind, gelten als sich wiederholende Bestandteile eines genehmigten Eingriffs, deren Folgen mit der Planfeststellung durch Anordnung erforderlicher Maßnahmen genehmigt wurden.

Unterhaltungsmaßnahmen, die ohne Berücksichtigung der Anforderungen des Artenschutzes in der Planfeststellung fest-

gelegt wurden sowie Fälle, in denen keine Berücksichtigung von Unterhaltungsmaßnahmen im Feststellungsbeschluss genehmigt wurden und Fälle, in denen die Straßenbauvorhaben vor Inkrafttreten der Eingriffsregelung des BNatSchG verwirklicht wurden, sind juristisch bisher nicht eindeutig beurteilt worden. Zur Beurteilung solcher Fälle ist die Erstellung eines Rechtsgutachtens beauftragt worden. Dieses liegt seit Mitte Juli 2014 vor.

Lässt man die vorhergehende Unterteilung der Unterhaltungsmaßnahmen außer Acht, kann sich dennoch eine allgemeine oder besondere Betroffenheit geschützter Arten nach Bundesnaturschutzgesetz und Umweltschadensgesetz herausstellen. Das Leistungsheft für den Betriebsdienst auf Bundesfernstraßen wurde deshalb vor allem in den Leistungsbereichen Grünpflege und Reinigung auf ihr Konfliktpotenzial hin untersucht [1].

Die aus der Untersuchung entstandenen Tabellen stellen das Konfliktpotenzial im Intensivpflegebereich und Extensivpflegebereich einer Bundesfernstraße sowie Sonderstandorten dar. In diesen Tabellen werden Leistungen detailliert aufgelistet, ihre artenschutzrechtliche Relevanz wird bewertet und bei Auftreten eines Konflikts



*Vergrämungsmaßnahme zum Schutz der artenschutzrechtlich streng geschützten Zauneidechsen im Zuge der Vorbereitungen zum Ausbau der Straße in Bayern (Bild: Sabine Meißner, Ebelsbach)*



werden Hinweise zur Problembewältigung durch konkrete Maßnahmen gegeben. Die Tabellen sollen in das Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst auf Bundesstraßen integriert werden. Für Unterhaltungsarbeiten im Extensivbereich sowie auf Sonderflächen bedarf es in Konfliktsituationen einer besonderen Prüfung. Für diese Bereiche wird vom Forschungsnehmer eine Aufstellung von Pflegeplänen empfohlen, die mit den Behörden abgesprochen sind.

### Literatur

[1] KORTEMEIER & BROKMANN (2012): Berücksichtigung artenschutzrechtlicher Belange in den Bau- und Betriebsphasen von Bundesfernstraßen. 2. Zwischenbericht, Oktober 2012, unveröffentlicht

[2] BMVBW [Hrsg.]: Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst auf Bundesstraßen – Version 1.1., Bonn, Leistungsbereich 2: Grünpflege, Leistungsbereich 3: Reinigung, 2004

### Rechtliche Grundlagen und Empfehlungen

Bundesfernstraßengesetz (FStrG) (2007): Bundesfernstraßengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom

28.06.2007 (BGBl. I S.1206), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 31.07.2009 (BGBl. I S.2585) geändert worden ist

Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) (2009): Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege vom 29.7.2009 (BGBl. I S. 2542), in Kraft getreten am 01.03. 2010

Europäische Union (1992): Richtlinie 92/43/EWG des Rates zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wild lebenden Tiere und Pflanzen

Europäische Union (2009): Richtlinie 2009/147/EG des europäischen Parlaments und des Rates über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten

FGSV (2012): Empfehlungen für die landschaftspflegerische Ausführung im Straßenbau (ELA), unveröffentlicht

Gesetz über die Vermeidung und Sanierung von Umweltschäden (Umweltschadensgesetz – UschadG): Umweltschadensgesetz vom 10.05.2007 (BGBl I S. 666), das zuletzt durch Artikel 14 des Gesetzes vom 31.07.2009 (BGBl. I S. 2858) geändert worden ist



**Britta van Dornick**  
Geographin, Referat  
„Umweltschutz“



**Cyrus Schmellekamp**  
Umweltwissenschaftler und Bauingenieur,  
Referat „Betonbau“



**Hermann Wirtz**  
Agraringenieur, Referat „Verkehrseinflussung  
und Straßenbetrieb“

## Mobiles Messsystem zur Luftschadstoffdaten-aufnahme

Mobilität ist eine zentrale Voraussetzung für wirtschaftliches Wachstum und Teilnahme am gesellschaftlichen Leben. Hierfür sind leistungsfähige und optimal vernetzte Verkehrswege unabdingbar. Zunehmende Verkehrsleistungen sind aber auch mit steigenden Umweltbelastungen für Mensch, Fauna und Vegetation verbunden. Aus diesem Grund müssen umweltschonende Lösungen entwickelt werden, die unsere Mobilität langfristig sichern, wirtschaftlich tragfähig und sozial ausgewogen sind. Um diese Ziele zu erreichen, wurden unter anderem mehrere Luftschadstoffe durch die Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa [1] limitiert und durch die 39. Bundesimmissionsschutzverordnung in nationales Recht umgesetzt [2].

Unterschiedliche Maßnahmen sollen helfen, die Luftschadstoffkonzentrationen zu vermindern und die Grenzwerte einzuhalten. Zur Planung und Evaluierung solcher Maßnahmen müssen Messungen vor Ort durchgeführt werden. Um diese Messungen auch nicht-stationär beispielsweise entlang eines Straßenabschnittes vornehmen zu können, wurde ein mobiles Messsystem (Messroboter) entwickelt.

### Mobiles Messsystem

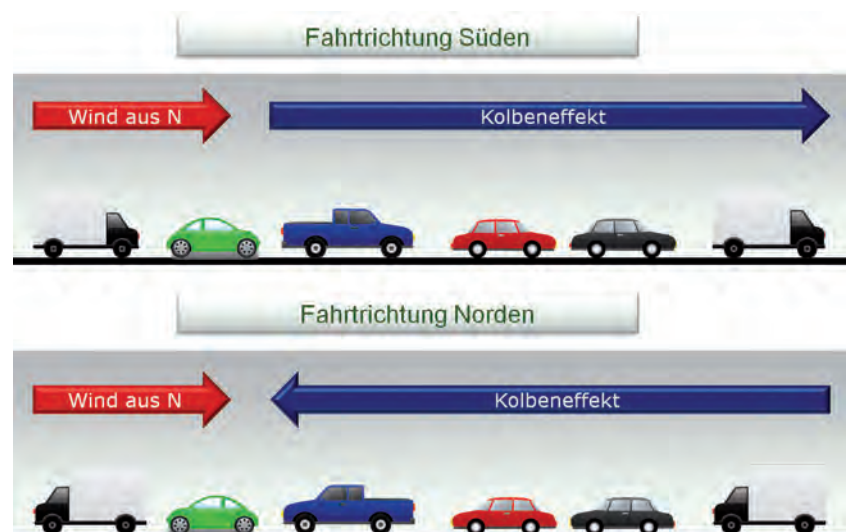
Das neue Messsystem sollte zunächst in Tunneln zur Anwendung kommen. Dies stellte mehrere Anforderungen an den Messroboter. Zum einen durfte er die Bedingungen im Tunnel nicht verändern und insbesondere den fließenden Verkehr nicht beeinflussen. Zum anderen sollte bei den Einsatzfahrten eine Geschwindigkeit von bis zu drei Kilometern pro Stunde kontinuierlich gehalten werden können. Die notwendige Stromversorgung musste unabhängig von der Tunnelversorgung sein und durfte nicht zu einer Konzentrations-erhöhung der gemessenen Luftschadstoffe beitragen.

Aufgrund dieser Anforderungen wurde ein Roboter mit einer Breite von insgesamt 65 Zentimetern entwickelt, der somit auf dem seitlichen Fluchtweg eines Tunnels fahren kann ohne den Verkehr zu beeinflussen. Er enthält zwei Lithium-Eisenphosphat-Akkumulatoren, die eine Betriebszeit von etwa drei Stunden garantieren. Der Roboter kann bis zu zwei 19 Zoll-Geräte, Staub- und Nanopartikelmesstechnik sowie meteorologische Sensoren aufnehmen. Mit dem Messroboter können somit Daten der Konzentration von Stickoxiden und Partikeln sowie meteorologische und Strömungs-Parameter erhoben und ausgewertet werden. Ein Austausch der Messgeräte ermöglicht darüber hinaus die Untersuchung anderer Schadstoffe.

### Tunnelmessungen

In Tunnelanlagen sammeln sich Luftschadstoffe durch die Kolbenwirkung der durchfahrenden Fahrzeuge auf das umgebende Luftvolumen bis zu den Ausgangsportalen an und können im Bereich der Ausfahrtströge zu hohen Konzentrationen bis hin zu temporären Grenzwertüberschreitungen führen. Der Wind, der auf Tunnelein- oder Tunnelausfahrt steht, kann diesen Effekt verstärken oder vermindern.

*Schematische Darstellung zur Kolbenwirkung in einem Tunnel, der durch den aufstehenden Wind verstärkt und durch den entgegengesetzten Wind vermindert wird (Beispiel für einen Nord/Süd-gerichteten Tunnel, und einem Wind aus Nord)*

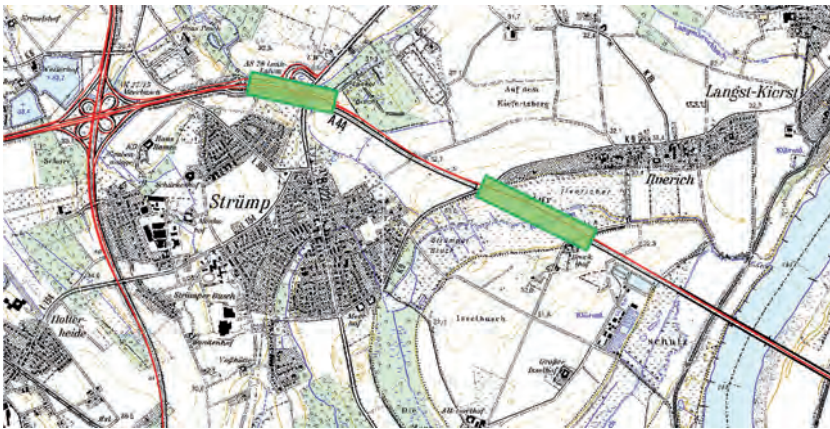




Mit einer konstanten Durchfahrt des Messroboters können grundlegende Einschätzungen gewonnen werden, wie sich die Schadstoffkonzentration entlang der gesamten Länge eines Tunnels in Abhängigkeit verschiedener Parameter wie Tunnellänge, Verkehrsstärke oder zulässige Höchstgeschwindigkeit entwickelt.

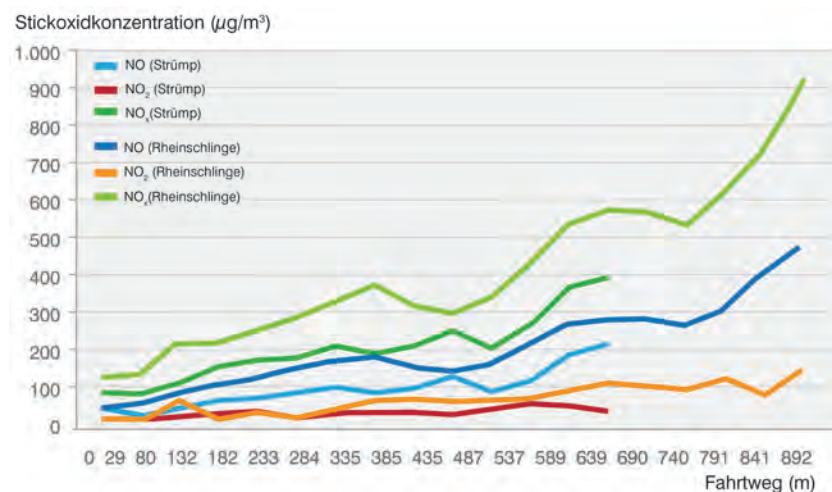
Die ersten orientierenden Messungen wurden in mehreren Tunneln mit Richtungsverkehr und getrennten Röhren für beide Fahrrichtungen durchgeführt. Die Tunnel hatten alle eine reine Längslüftung sowie eine Steigung unter einem Grad und eine Länge von unter 1.000 Metern.

Lage der Tunnel Strümp (links) und Rheinschlinge (rechts) (Karte: BISStra)



Stickoxidkonzentration über die Längsprofile der Tunnel Strümp und Rheinschlinge in Fahrrichtungen Osten

Beispielhaft werden hier die Ergebnisse der  $\text{NO}_2$ -Messungen in den beiden benachbarten Tunneln Strümp und Rheinschlinge an der A 44 in der Nähe von Düsseldorf vorgestellt. Die Tunnel unterscheiden sich in ihrer Länge um 230 Meter, aber auch in den Längen der sich



jeweils anschließenden Trogbauwerke. Alle anderen Randparameter wie Verkehrsstärke (DTV), Schwerverkehrsanteil, Querschnittsform, Längsneigung sowie zulässige Höchstgeschwindigkeit waren während der Messfahrten in diesen Tunneln vergleichbar.

In den Tunneln Strümp und Rheinschlinge lag die zulässige Höchstgeschwindigkeit bei 100 km/h. Der Roboter fuhr mit einer gleichmäßigen Geschwindigkeit von drei km/h. Die Messfahrten durch beide Tunnel wurden nacheinander durchgeführt. Das Längsprofil des Tunnels Strümp wurde von 11:34 bis 11:47 Uhr aufgenommen, das des Tunnels Rheinschlinge von 12:11 bis 12:28 Uhr.

Während der Messfahrt passierten den Tunnel Strümp 358 Fahrzeuge, den Tunnel Rheinschlinge 386 Fahrzeuge. Die etwas höhere Anzahl der während der Messfahrten passierenden Fahrzeuge beim Tunnel Rheinschlinge lässt sich darauf zurückführen, dass dieser Tunnel 230 Meter länger ist als der Tunnel Strümp und somit die Messfahrt vier Minuten länger andauerte.

Bei beiden Tunneln ist eine deutliche Zunahme der drei Stickoxid-Komponenten  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  und  $\text{NO}_x$  in Fahrrichtung zu erkennen. Hierbei treten je nach Tunnel und Komponente entlang des Tunnels eine Verdopplung bis Verachtfachung der Schadstoffkonzentration auf.

Der Anstieg der Stickoxid-Konzentrationen fällt im Tunnel Rheinschlinge deutlich steiler aus als im Tunnel Strümp. Dies weist darauf hin, dass die Länge des Tunnels einen deutlichen Einfluss auf die Höhe der Zunahme der Schadstoffkonzentration über die Tunnelänge hat.

### Projekt Reutlingen

Eine weitere Einsatzmöglichkeit des Messroboters sind innerstädtische Verkehrswege. Da es je nach Umgebungsbedingungen und Randbebauung innerhalb eines Straßenabschnitts zu deutlichen

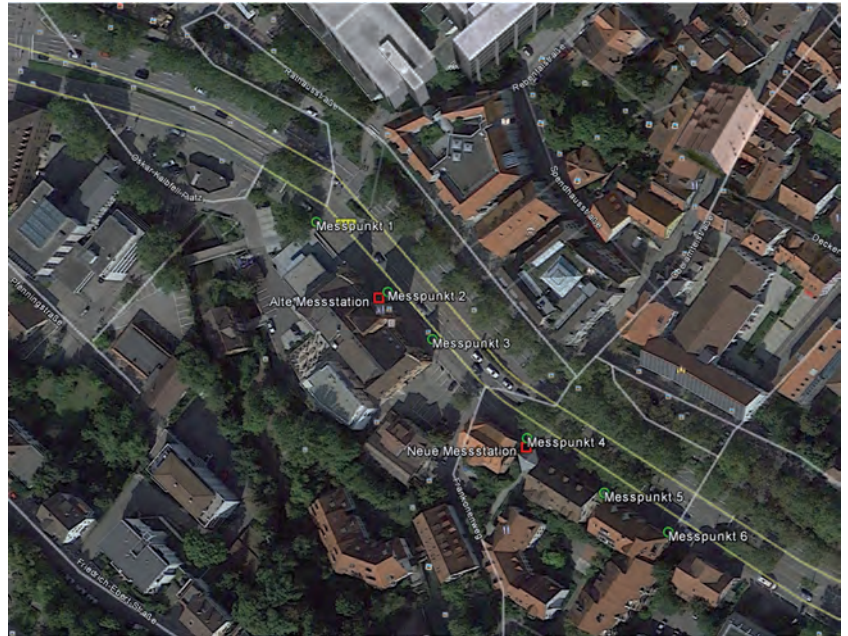
Unterschieden der Luftschadstoffkonzentrationen kommen kann, sind auch hier Messungen der Schadstoff-Längsprofile von großem Interesse.

Der Standort Reutlingen Lederstraße (Bundesstraße 312/313) wird seit dem Jahr 2005 im Rahmen der Spotmessungen Baden-Württemberg als verkehrsbedingter Belastungsschwerpunkt beprobt. Im Jahr 2007 erfolgte die Umstellung der Kleinmessstation am heutigen Standort Reutlingen Lederstraße-Ost. Seit dem Jahr 2011 wird sie im landesweiten Luftmessnetz Baden-Württemberg als Verkehrsmessstation mit dem Ziel geführt, eine Vielzahl von Luftschadstoffkomponenten langfristig zu überwachen und die Entwicklung der Belastung im Vergleich zu anderen Verkehrsmessstationen zu beobachten.

Mit einer baubedingten Umstellung der Station um zirka 100 Meter nach Südosten im Jahr 2007 erhöhten sich die Messwerte für die beiden Schadstoffe PM<sub>10</sub> und NO<sub>2</sub> erheblich. Mit dem Roboter sollen nun in unterschiedlichen Vegetationsperioden und Jahreszeiten Profilmessungen entlang der Straße durchgeführt werden, um die Änderungen der Schadstoff-Konzentrationen entlang des relevanten Abschnittes der Lederstraße aufzuzeigen.

Im Vergleich zu den oben beschriebenen Tunnelmessungen finden die Untersuchungen in Reutlingen nur entlang einer sehr kurzen Strecke von etwa 150 Metern statt. Darüber hinaus wurden keine kontinuierlichen Messfahrten durchgeführt, sondern im Zuge einer Durchfahrt an sechs festgelegten Messpunkten jeweils fünf Minuten Daten aufgenommen.

Beispielhaft sind in der Grafik die Mittelwerte der Stickoxidkonzentrationen über alle Messfahrten, die zwischen dem 29.7. und dem 31.7.2014 tagsüber in der Zeit von 7:00 bis 18:00 Uhr durchgeführt wurden, denjenigen der Nachtstunden am 30.7.2014 in der Zeit von 1:00 bis 4:00 Uhr gegenübergestellt. In den Nachtstunden

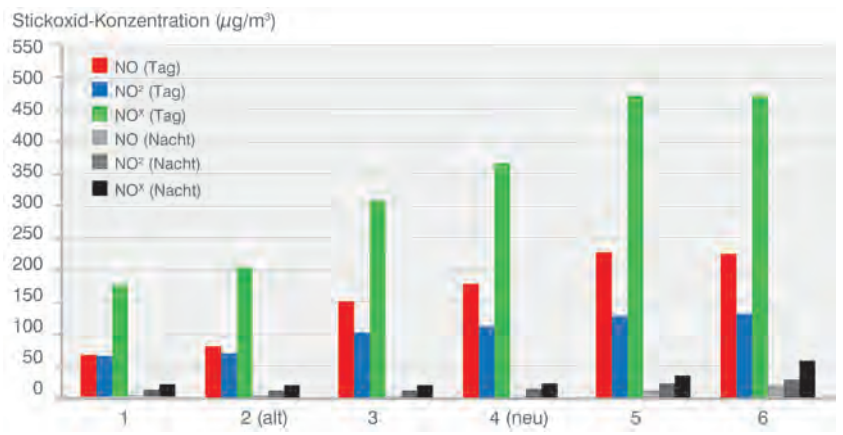


Lage der Messpunkte sowie der alten und neuen Messstation an der Lederstraße in Reutlingen

zeigen sich aufgrund des reduzierten Verkehrsaufkommen deutlich geringere Konzentrationen als tagsüber. Tageszeitunabhängig steigt die Konzentration zwischen den Stationen eins und sechs deutlich an. Die Lederstraße weist an diesem Abschnitt eine Steigung von etwa zwei bis drei Prozent auf, da die Fahrzeuge wegen der höheren Motorlast beim Berganfahren höhere Schadstoffmengen emittieren. Die Schadstoffmengen können zum Ende der Messstrecke kumulieren, da der Baumbestand an den Stationen vier, fünf und sechs dichter ist als an den anderen drei Stationen.

Stickoxidkonzentrationen an der Lederstraße in Reutlingen jeweils über alle Messungen am Tag sowie in der Nacht gemittelt

Die Messungen in Reutlingen sind noch nicht abgeschlossen und werden zu verschiedenen Jahreszeiten wiederholt, sodass den meteorologischen Bedingungen





Der Messroboter im Einsatz an einer Tunnelausfahrt



und der Vegetation der unterschiedlichen Jahreszeiten Rechnung getragen wird.

### Ausblick

Es wurden erste Längsprofilmessungen von Luftschadstoffen mithilfe eines Mess-

roboters in Tunneln und an der innerstädtischen Bundesstraße 312/313 in Reutlingen durchgeführt. Der Roboter konnte hierbei die an ihn gestellten technischen Anforderungen erfüllen. Für eine längere Betriebszeit werden derzeit Anpassungen der Energieversorgung durchgeführt. Darüber hinaus soll die Anwenderfreundlichkeit weiter verbessert werden.

Insgesamt ist der Roboter ein geeignetes Hilfsmittel, um Modellrechnungen oder stationäre Messungen der Luftqualität im Verkehrsbereich zu validieren und durch Längsprofile der Schadstoffkonzentration zu ergänzen.



**Dr. Anja Baum**

Geophysikerin, stellvertretende Leiterin des Referats „Umweltschutz“,



**Jan Sauer**

Biologe, Referat „Umweltschutz“



**Sergej Metzger**

Physiklaborant, Referat „Umweltschutz“

**Fee Käufer**

Studentin der Umweltwissenschaften, Praktikantin im Referat „Umweltschutz“

**Christiane Lutz-Holzauer**

Meteorologin, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Karlsruhe

### Literatur

- [1] RICHTLINIE 2008/50/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa: Amtsblatt der EU vom 11.06.2008, L 152/1-44
- [2] 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV): Bundesgesetzblatt vom 2. August 2010, BGBl, Jahrgang 2010, Teil I. Nr. 40, 2010

## Überprüfung des Abgasverhaltens von Fahrzeugen im Feld

Die Verbesserung der Luftqualität durch die Begrenzung der Schadstoffemissionen von Kraftfahrzeugen ist ein wesentliches Ziel deutscher und europäischer Umwelt- und Verkehrspolitik. Vor diesem Hintergrund wurden in den letzten Jahren die europäischen Typgenehmigungsvorschriften für Kraftfahrzeuge kontinuierlich weiterentwickelt. Neben deutlichen Absenkungen der Emissionsgrenzwerte wurden schrittweise weitere Anforderungen in die Vorschriften eingefügt, um bei normalen Nutzungsbedingungen die Schadstoffemissionen von Fahrzeugen wirkungsvoll im Feld zu begrenzen.

Ein wesentliches Instrument im Rahmen des Typgenehmigungsverfahrens ist hierbei die „Überprüfung der Konformität in Betrieb befindlicher Fahrzeuge“ (Feldüberwachung), die erstmals für Fahrzeuge der Grenzwertstufen Euro 3 und Euro 4 eingeführt wurde. Ziel ist es, mittels eines Stichprobenverfahrens zu erkennen, ob im Verkehr befindliche Fahrzeugtypen serienspezifische Fehler oder Mängel aufweisen, die während der normalen Fahrzeuglebensdauer zu einer signifikanten Erhöhung der Schadstoffemissionen führen könnten.

Dabei werden statistisch ausgewählte Fahrzeuge unter Typprüfbedingungen (Durchfahren eines definierten Prüfzyklus) erneut auf ihre limitierten Schadstoffkomponenten hin untersucht. So soll gewährleistet werden, dass die abgasrelevanten Systeme und Bauteile eines Fahrzeugs auch nach mehreren tausend Kilometern funktionieren.

Diese Untersuchung nimmt den Fahrzeughersteller in die Pflicht. Werden Mängel festgestellt, muss der Fahrzeughersteller diese nicht nur an allen im Verkehr befindlichen Fahrzeugen dieses Fahrzeugtyps, sondern auch für die weitere Serienproduktion beseitigen.

Ergänzend zu den Verpflichtungen im Rahmen des Typgenehmigungsverfahrens können die Mitgliedsstaaten auch eigene nationale Überwachungsprogramme zur Überprüfung der Konformität in Betrieb befindlicher Fahrzeuge durchführen. Dieses wird von einigen Staaten, unter anderem auch Deutschland, bereits seit einigen Jahren erfolgreich praktiziert.

In diesem Zusammenhang wurde zwischen dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) vereinbart, gemeinsam ein entsprechendes Projekt durchzuführen.

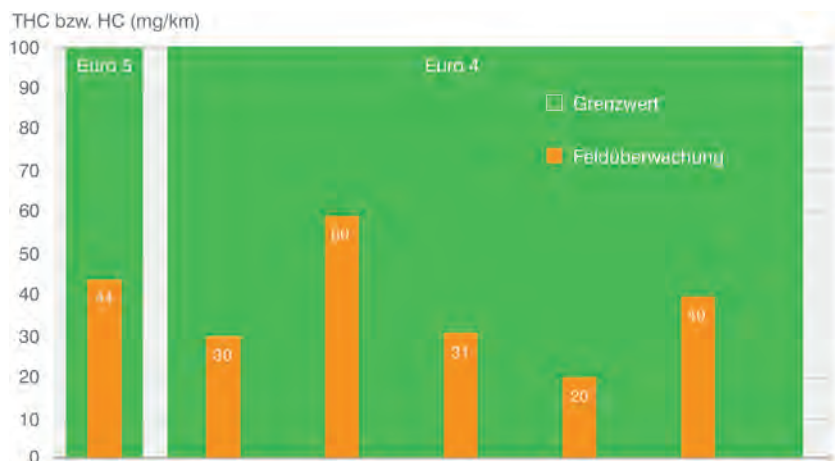
### Untersuchte Fahrzeuge

Die BAST wurde mit der Realisierung dieses Vorhabens beauftragt. Im Projekt, an dem auch externe Forschungsnehmer beteiligt waren, sollten deshalb im Verkehr zugelassene, aktuelle Fahrzeugtypen in Bezug auf das Emissionsverhalten und die Dauerhaltbarkeit der emissionsmindernden Bauteile untersucht werden. Die Überprüfung erfolgte dabei anhand der Kriterien, die in den relevanten EG-Richtlinien und Verordnungen festgelegt sind. Im Fokus der Untersuchung sollten dabei vorwiegend Personenkraftwagen stehen. Aber auch leichte Nutzfahrzeuge waren zu prüfen. Außerdem sollte eine möglichst große Anzahl von Fahrzeugtypen vermessen werden, wobei – bezogen auf den in der Bundesrepublik Deutschland zugelassenen Fahrzeugmix – ein repräsentativer Querschnitt von Fahrzeugtypen auszuwählen war.

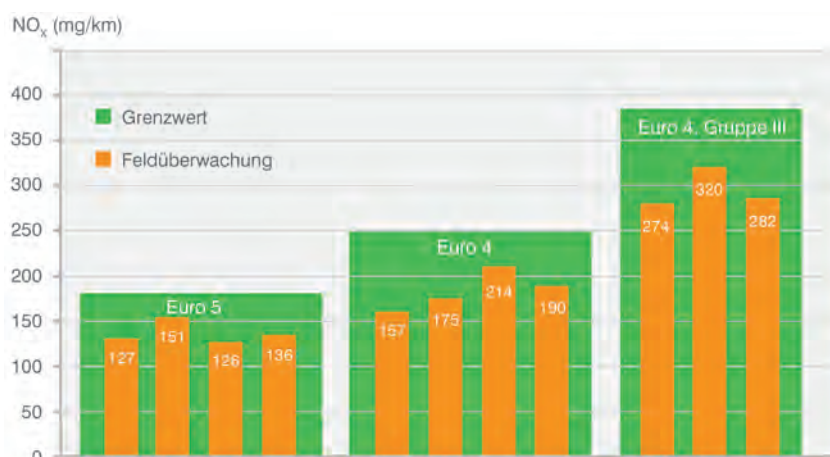
*Verteilung der 17 untersuchten Fahrzeugtypen auf die verschiedenen Fahrzeugkategorien und Abgasnormen*

	Fahrzeugtypen mit Ottomotor		Fahrzeugtypen mit Dieselmotor	
Abgasnorm	Euro 4	Euro 5	Euro 4	Euro 5
Personenkraftwagen	5	1	4	4
Leichte Nutzfahrzeuge	-	-	3	-





Kohlenwasserstoff-Emissionen: Fahrzeugtypen mit Ottomotor



Stickoxid-Emissionen: Fahrzeugtypen mit Dieselmotor



Partikelmasse: Fahrzeugtypen mit Dieselmotor

Unterstützt durch das Kraftfahrt-Bundesamt wurden pro Fahrzeugtyp jeweils 300 Fahrzeughalter nach dem Zufallsprinzip ermittelt und gefragt, ob sie sich bereit erklären, an dem Untersuchungsprogramm teilzunehmen. Die ausgewählten Fahrzeuge wurden daraufhin im Abgaslabor unter (exakt) den gleichen Prüfbedingungen wie bei der jeweiligen Typgenehmigung untersucht. Überprüft wurden dabei – entsprechend der jeweils verbindlichen Abgasnorm – die Abgasemissionen der limitierten Schadstoffkomponenten (HC: Kohlenwasserstoffe, CO: Kohlenmonoxid, NO<sub>x</sub>: Stickoxide, PM: Partikelmasse und gegebenenfalls PN: Partikelanzahl).

## Ergebnis

Die Studie hat gezeigt, dass die „Feldüberwachung“ eine effektive Maßnahme darstellt, mit der überprüft werden kann, ob die Abgasnachbehandlungssysteme und die emissionsmindernden Bauteile von im Verkehr befindlichen Fahrzeugen richtig funktionieren und sich im Betrieb nicht verschlechtern. Die Ergebnisse der Untersuchung belegen dies deutlich. Als Resultat ist hervorzuheben, dass bei keinem der überprüften Fahrzeugtypen Mängel oder serienspezifische Fehler erkennbar waren, die zu einer Erhöhung der Schadstoffemissionen geführt hätten. Alle untersuchten Fahrzeugtypen hielten die jeweils anzuwendenden Euro 4 und Euro 5 Grenzwerte ein oder unterschritten diese. Dies gilt sowohl für Fahrzeugtypen mit Otto- als auch mit Dieselmotor.

Die Möglichkeit, schadstoffrelevante Mängel an in Betrieb befindlichen Fahrzeugtypen zu identifizieren, macht die „Überprüfung des Abgasverhaltens von Fahrzeugen im Feld“ zu einem bedeutenden Bestandteil eines Gesamtkonzeptes zur nachhaltigen Minderung der Luftbelastung durch den Straßenverkehr. Dadurch soll nicht nur bei Neufahrzeugen, sondern auch bei älteren Fahrzeugen ein dauerhaft niedriges Emissionsniveau gewahrt bleiben. Untersuchungen wie diese leisten dazu einen wichtigen Beitrag.

**Dr. Bernd Bugsel**  
Maschinenbauingenieur,  
stellvertretender Leiter des Referats  
„Aktive Fahrzeugsicherheit,  
Emissionen, Energie“



## Straßenentwässerung und Klimawandel

In Projektionen regionaler Klimamodelle ergeben sich für Deutschland bis 2100 deutliche Änderungen des regionalen Klimas mit erhöhten Temperaturen und veränderten Niederschlagscharakteristiken. Änderungen in der Niederschlagscharakteristik haben direkte Auswirkungen auf die Entwässerungseinrichtungen von Straßen. Bei einer Zunahme von Starkregenereignissen kann es vermehrt zur hydraulischen Überlastung der Einrichtungen kommen. Infolgedessen können Überflutungen und Schädigungen der Straßenbauwerke sowie eventuelle Verkehrsbeeinträchtigungen eintreten. Auch Trockenperioden können sich negativ auswirken. So kann beispielsweise der Bewuchs einer Bodenfilteranlage durch Trockenstress geschädigt und dadurch die Reinigungsleistung der Anlage beeinträchtigt werden.

Im Rahmen eines Forschungsprojekts wurden die aktuellen Bemessungsansätze der „Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil Entwässerung (RAS-Ew) und der Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten (RiStWag) im Hinblick auf den Klimawandel überprüft und der gegebenenfalls erforderliche Handlungs- oder Anpassungsbedarf abgeschätzt.

Im Projekt wurden für vier über Deutschland verteilte Regionen die Änderungen von Starkregenereignissen (Region eins bis vier) und Trockenperioden (Region vier) sowie die resultierenden Auswirkungen auf die Straßenentwässerung untersucht. Für die Auswertungen wurden zwei Läufe des regionalen Klimamodells CLM (Climate Local Model) mit unterschiedlichen Anfangsbedingungen verwendet, die auf dem globalen Emissionsszenario A1B basieren.

Die für die Straßenentwässerung maßgeblichen konvektiven Starkregenereignisse mit hohen Niederschlagsintensität

ten und kurzen Dauern werden von den regionalen Klimamodellen nicht abgebildet. Es wurde daher im Projekt ein statistisches Downscalingverfahren verwendet, um die Daten unter Nutzung gemessener historischer Niederschlagszeitreihen für die vier Regionen auf eine kleinere Skala mit höherer zeitlicher und räumlicher Auflösung zu übertragen.

Als Ergebnis liegen jeweils Niederschlagszeitreihen für den Referenzzeitraum 1961 bis 1990, die nahe Zukunft 2021 bis 2050 und die ferne Zukunft 2071 bis 2100 vor. Durch statistische Auswertung der Zeitreihen wurden die Trends für Niederschläge definierter Dauer und Häufigkeit errechnet.

### Zukünftige Änderung von Starkregen

Gegenüber dem Referenzzeitraum ergeben sich für die Zukunft überwiegend Zunahmen der statistischen Starkregenhöhen.

*Mittlere Änderungen der Regenspenden (Dauer 15 Minuten, Wiederkehrzeit ein Jahr) bezogen auf den Referenzzeitraum 1961 bis 1990*

Region	2021 bis 2050 nahe Zukunft		2071 bis 2100 ferne Zukunft	
	CLM1	CLM2	CLM1	CLM2
1 Duisburg - Dortmund - Bönen <sup>1)</sup> (A 3)	16 %	12 %	13 %	9 %
2 Basel - Karlsruhe (A 5)	11 %	9 %	16 %	23 %
3 Hamburg - Paderborn (A 1/B 207)	8 %	9 %	19 %	14 %
4 Großbereich Leipzig (A 14)	-6 %	4 %	3 %	5 %

*1) übernommen aus dem Projekt dynaklim*

Für die Regionen eins bis drei ergeben sich Zunahmen, die überwiegend statistisch signifikant sind und mit über zehn Prozent über dem Toleranzbereich der regionalisierten Starkniederschlagshöhen des Deutschen Wetterdienstes (KOSTRA) liegen. In Region vier fallen die Änderungen deutlich geringer aus. Insgesamt ergeben sich größtenteils Zunahmen der statistischen Starkregenhöhen im Bereich von fünf bis 25 Prozent.



Sowohl die Klimaprojektionen als auch das im Projekt verwendete Downscalingverfahren beinhalten Annahmen und Vereinfachungen. Die Projektergebnisse weisen insgesamt auf eine Starkregenzunahme hin, es treten allerdings große Unterschiede zwischen den untersuchten Regionen und CLM-Rechenläufen auf.

### Zukünftige Entwicklung von Trockenperioden

Im Projekt wurde unter anderem durch Auswertung der CLM-Daten die projizierte Entwicklung von Trockenperioden (30 Tage oder mehr mit bis zu einem Millimeter Niederschlag pro Tag) untersucht. Aus den Projektionsdaten ergeben sich keine signifikanten Zunahmen von Trockenperioden. Damit ist für die Anwendungen, die sensibel auf längere Trockenperioden reagieren, kein zusätzlicher Handlungsbedarf erkennbar.

### Bemessung der Straßenentwässerung

Die Bemessung von Straßenentwässerungseinrichtungen nach den RAS-Ew erfolgt nach dem Lastfallprinzip, das heißt die Überlastungshäufigkeit einer Entwässerungseinrichtung wird mit der Regenhäufigkeit gleichgesetzt. Prozesse der Abflussbildung und Konzentration

sowie des Abflusstransportes werden nicht detailliert abgebildet. Dies wirkt sich insbesondere bei den Abflussspitzen aus, die bei der nach RAS-Ew üblichen einfachen Bemessung mit Regenspenden in der Regel überschätzt werden.

In den Bemessungsverfahren sind demnach teilweise Sicherheiten enthalten, die die projizierten Starkregenzunahmen kompensieren könnten. Um diese Sicherheiten einzuschätzen, wurden fünf fiktive nach RAS-Ew bemessene sowie drei reale Entwässerungssituationen detailliert mit hydrodynamischen und hydrologischen Niederschlag-Abfluss-Modellen mit den im Downscaling erzeugten Regenreihen für den Referenzzeitraum, die nahe und ferne Zukunft nachgerechnet.

### Auswirkungen des Klimawandels und Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen der Beispielrechnungen lassen sich für die vier untersuchten Regionen folgende wesentliche Schlussfolgerungen ableiten:

Für die Bemessung von Ableitungselementen wie Bordrinnen, Straßenabläufe, Kanäle und Mulden ergibt sich kein Anpassungsbedarf, da in den einfachen Bemessungsverfahren ausreichend Si-

	Entwässerungselement	Auswirkungen der Starkregenzunahme	Handlungs- bzw. Anpassungsbedarf
Ableitung	Bordrinnen, Straßenabläufe	Zunahme der Wasserspiegelbreite im Zentimeterbereich	nein
	Kanäle	Überstau ab fünfjährigen Regenereignissen	
	Mulden	keine (Überstau nachweis bei Mulden mit 10 cm Freibord)	
Behandlung, Rückhaltung, Versickerung	Absetz-/RiStWag-Anlagen	Oberflächenbeschickung < 9 m/h	nein
	Bodenfilterbecken	Zunahme der Überlaufhäufigkeit	ja
	Rückhaltebecken (RRB)		
	Versickerbecken	Zunahme der Einstauhöhe und Versickerzeit	

Auswirkungen der Starkregenzunahme und Folgerungen



*Überlastete Beckenanlage (Bild: Karl Dieffenthal, Landesbetrieb Straßenbau NRW, Außenstelle Köln)*

cherheiten enthalten sind, um die mittlere projizierte Starkregenzunahme abzuf puffern.

Bei Speicherbauwerken wie beispielsweise Rückhaltebecken ergibt sich aufgrund der Untersuchungen ein Anpassungsbedarf. Die Bemessung mit dem einfachen Verfahren nach RAS-Ew führt, unabhängig von klimatischen Veränderungen, gegenüber der Langzeitsimulation zu einer Unterbemessung. Es wird daher empfohlen, in den RAS-Ew den im DWA-Arbeitsblatt 117 der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und

Abfall e.V. enthaltenen Zuschlagsfaktor zu übernehmen. Darüber hinaus ergibt sich aus den Untersuchungen aufgrund der projizierten Starkregenzunahme ein erforderlicher Volumenzuschlag von rund 20 Prozent für die Becken.

Um unnötig große Becken zu vermeiden, sollte die in den RAS-Ew vorgegebene maximale Überlaufhäufigkeit, bei der ein Regenbecken nur einmal in zwei Jahren überlaufen darf, diskutiert werden, da andere Regelwerke teilweise häufigere Überläufe und damit kleinere Becken zulassen.



**Michael Bürger**  
Geologe, Referat „Erdbau,  
Mineralstoffe“

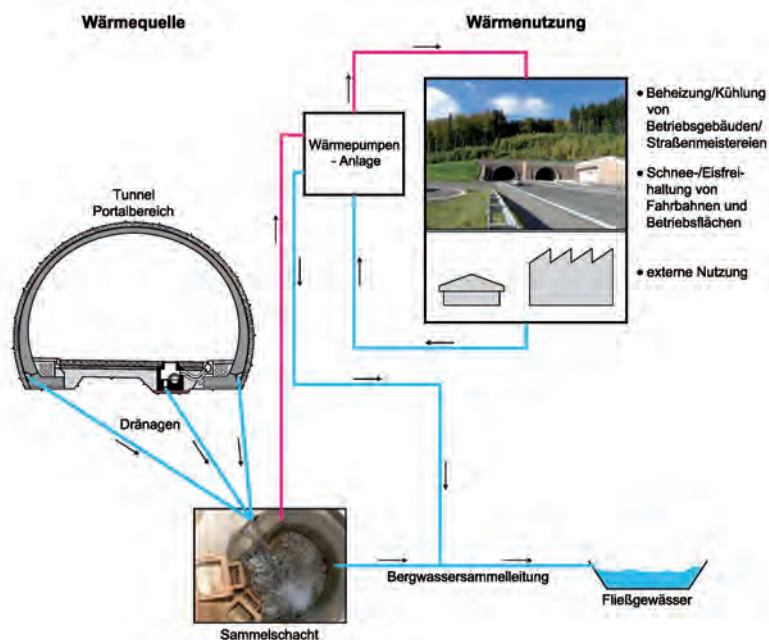


## Wärmeenergie aus Straßentunnel-Bergwasser

Straßentunnel in geschlossener Bauweise (Spritzbetonbauweise) werden in Deutschland bevorzugt dräniert ausgeführt. Das bedeutet, dass das dem Tunnel zufließende Bergwasser in Dränagen gefasst und über Sammelleitungen zu einem Portal geführt wird. In einiger Entfernung vom Portal wird das Bergwasser in ein Fließgewässer eingeleitet. Das an den Portalen anfallende Bergwasser kann bei entsprechender Abflussmenge (Schüttung) und Temperatur zur Gewinnung von Wärmeenergie verwendet werden. Mithilfe von Wärmepumpen können portalnahe bauliche Anlagen beheizt oder gekühlt werden. Dabei handelt es sich um eine Nutzung der oberflächennahen Geothermie.

Der Frage, wie hoch das entsprechende geothermische Potenzial bei dränierten Straßentunneln in Deutschland ist, wurde in einem Projekt der BASt nachgegangen. Dafür wurden zunächst dränierte Straßentunnel recherchiert, die an den Portalen über eine nennenswerte Schüttung verfügen. Anschließend wurden insgesamt 15 Straßentunnel sowie ein Erkundungsstollen ausgewählt und zum Teil mehrfach aufgesucht.

Schematische Darstellung des Bergwasserabflusses und der möglichen Wärmenutzung bei einem dränierten Straßentunnel



### Analysen

An den Portalen wurden jeweils die Schüttung und die Temperatur des Bergwassers in den Sammelleitungen ermittelt. Die chemisch-physikalischen Eigenschaften des Bergwassers beeinflussen den Betrieb und die Lebensdauer von Wärmepumpen erheblich. Zum Beispiel können relevante Alkali-/Erdalkaligehalte zu Versinterungen und relevante Eisen- und/oder Mangan-gehalte in Verbindung mit Sauerstoff zu Verockerungen führen, während zum Beispiel hohe Chloridgehalte die Korrosion der in Wärmepumpen verbauten Materialien beschleunigen. Daher wurden Bergwasserproben zusätzlich chemisch-analytisch untersucht. Es wurden pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Redoxpotenzial und Gesamthärte gemessen. Die Anionengehalte, wie zum Beispiel Sulfat und Nitrat, wurden ionenchromatographisch und mit Hilfe analytischer Testsets bestimmt. Lediglich die Bestimmung des Chloridgehaltes erfolgte mittels potenziometrischer Titration. Zur Bestimmung der Kationengehalte, zum Beispiel von Kalzium, Magnesium, Eisen und Mangan, wurde die optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES) eingesetzt.

Die vor Ort und im Labor durchgeführten Untersuchungen sowie der Zustand der Sammelleitungen wurden dokumentiert und im Hinblick auf eine mögliche geothermische Nutzung des Bergwassers ausgewertet. Anschließend wurden die an den einzelnen Tunneln erhaltenen Ergebnisse vergleichend gegenübergestellt. An den Portalen wurde für eine angenommene Temperaturveränderung des Bergwassers infolge einer Wärmenutzung von vier Kelvin (Spreizung) die theoretisch zur Verfügung stehende thermische Leistung ermittelt.

### Thermische Leistung

Es zeigte sich, dass an den untersuchten Tunneln eine thermische Leistung von insgesamt rund 2.300 Kilowatt vorhanden ist. Dieser Wert entspricht in etwa einem

Jahresheizwärmebedarf von 200 neueren Einfamilienhäusern. Bei der derart ermittelten thermischen Leistung handelt es sich um eine Abschätzung im Sinne einer Momentaufnahme, da die zugrunde liegenden Parameter Schüttung und Temperatur an den Tunnelportalen zeitlichen Schwankungen unterworfen sind. Obwohl die Auswertung der Beobachtungen in den Bergwasserdränagen, die Vor-Ort-Messungen und die Laboranalysen ergeben haben, dass an keinem der untersuchten Tunnel optimale chemisch-physikalische Eigenschaften für eine geothermische Bergwassernutzung vorliegen, wird davon ausgegangen, dass eine geothermische Nutzung möglich ist. Für die Erfassung der Schwankungsbreite einzelner Parameter und eine abschließende Entscheidung, ob zusätzliche Maßnahmen zum Schutz der Wärmepumpen erforderlich sind, bedarf es jedoch noch weiterer Untersuchungen.

Aufbauend auf der vergleichenden Gegenüberstellung der aufgesuchten Tunnel wurden die fünf Portale mit der ergiebigsten Schüttung ausgewählt. Diese gehören zu vier Tunneln, von denen sich jeweils zwei in Thüringen und in Bayern befinden. Aus dieser Vorauswahl wurde eine Rangfolge für eine Machbarkeitsstudie im Hinblick auf ein geothermisches Pilotprojekt abgeleitet. In der Machbarkeitsstudie sollen unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse die technischen und die wirtschaftlichen

Aspekte eingehend bewertet werden. Mit den Erfahrungen aus dem Pilotprojekt kann dann bei weiteren geeigneten Straßentunneln eine geothermische Bergwassernutzung realisiert werden.

### Fazit

Insgesamt ist festzuhalten, dass auch in Deutschland einige in Gebirgsregionen liegende Straßentunnel für eine geothermische Bergwassernutzung in Betracht kommen. Aufgrund der aktuellen Ergebnisse ist jedoch anzunehmen, dass die geothermische Bergwassernutzung bei deutschen Straßentunneln keine breite Anwendung erfahren wird. An ausgewählten Tunneln könnten intelligente Lösungen umgesetzt werden, in dem ein anfallendes, erneuerbares Wärmepotenzial zum Vorteil von Tunnelbetreibern und Externen genutzt wird. Auf der Wärmenutzungsseite sind dafür außer einer Wärmepumpenanlage, eine entsprechende Verteilung des Bergwassers sowie flächenhafte Heiz- und/oder Kühlelemente erforderlich. Für Tunnelbetreiber kann damit bei günstigen örtlichen Verhältnissen beispielsweise eine Beheizung und/oder Kühlung von Betriebsgebäuden und nahegelegenen Straßenmeistereien sowie eine Schnee- oder Eisfreihaltung der Fahrbahnen vor dem Portal und von Betriebsflächen realisiert werden. Mit derartigen Lösungen kann sich der Verkehrsträger „Straße“ als innovativer und umweltbewusster Verkehrsträger präsentieren.



**Jürgen Blossfeld**

Bauingenieur, Referat „Tunnel- und Grundbau, Tunnelbetrieb und zivile Sicherheit“



**Wilhelm Decker**

Techniker, Referat „Tunnel- und Grundbau, Tunnelbetrieb und zivile Sicherheit“



**Claudia Görg**

Chemielaborantin, Referat „Chemische Grundlagen, Umweltschutz, Labordienst“







AK

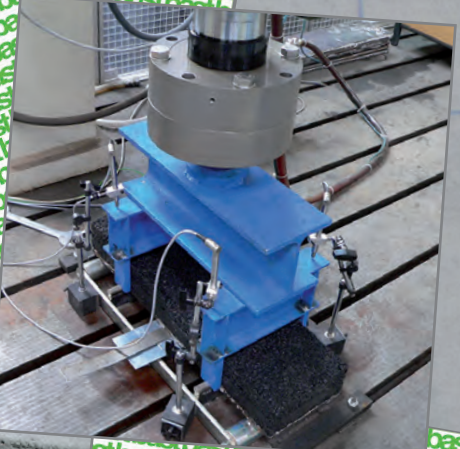
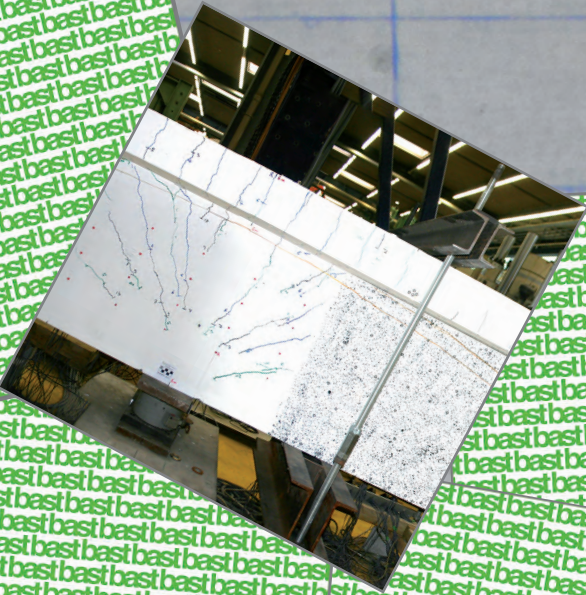
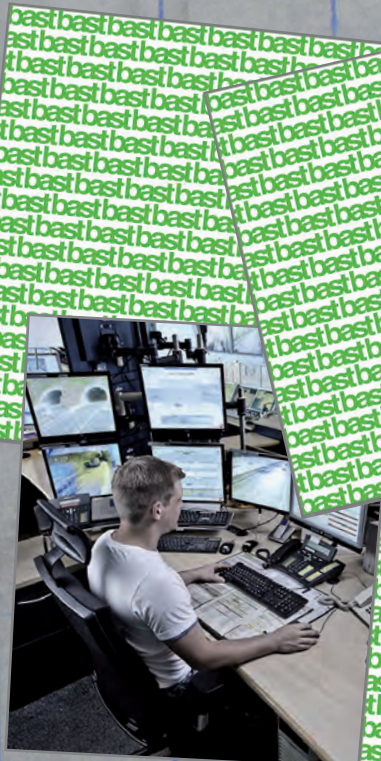
BA

BB

BC

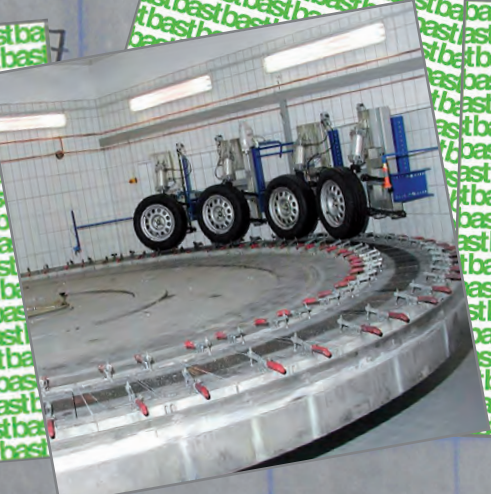
BD

B



5

6





## Echtzeit-Sicherheits-Management-System für Straßentunnel

Straßentunnel sind besonders sensible Elemente der Verkehrsinfrastruktur, deren Sicherheit und Leistungsfähigkeit für die Mobilität und Versorgung der Bevölkerung unverzichtbar sind. Im Vergleich zur freien Strecke können schon kleinere Ereignisse, wie ein wegen überhitzter Bremsen oder Reifen liegengeliebenes Fahrzeug, große Auswirkungen bis hin zu verheerenden Brandkatastrophen nach sich ziehen. Ereignisse, die zu einer längeren Sperrung des Tunnels führen, verursachen zudem hohe wirtschaftliche und volkswirtschaftliche Kosten. Da Straßentunnel auf Netzebene nicht selten einen „Flaschenhalseffekt“ aufweisen, kann ein längerfristiger Ausfall erhebliche Verkehrsumlagerungseffekte, einhergehend mit hohen Reisezeitverlusten der Verkehrsteilnehmer verursachen. Die Verbesserung der Sicherheit in Straßentunneln stellt somit auch weiterhin eine besondere Herausforderung dar.

### Überwachung

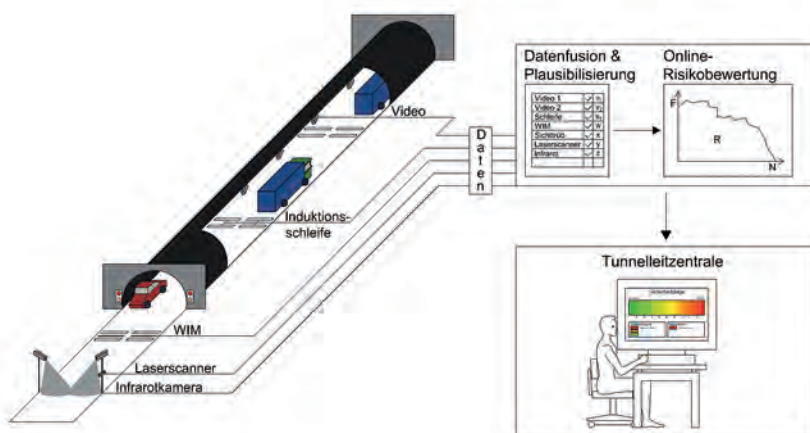
Um die Sicherheit der Tunnelnutzer zu gewährleisten, werden in Deutschland Straßentunnel über 400 Meter Länge permanent mit Videokameras überwacht. Die Überwachung erfolgt zunehmend zentral in übergeordneten Tunnelleitzentralen, die 24 Stunden durch Betriebspersonal (Operatoren) im Schichtdienst besetzt

sind. Vor dem Hintergrund der weiter steigenden Zahl an Straßentunneln, kommt auf die Leitzentralen eine entsprechende Zunahme der Aufgaben im Zuge ihrer Überwachungstätigkeit zu, die zu einer entsprechend ansteigenden Arbeitsbelastung der Operatoren führen wird. Die im Tunnel vorhandenen technischen Einrichtungen ermöglichen eine weitreichende Überwachung der Infrastruktur und Beeinflussung sowohl des Verkehrs als auch der im Tunnel herrschenden atmosphärischen Bedingungen. Dies erfolgt mit Hilfe einer Vielzahl installierter Sensoren und Detektoren, welche auf ihren jeweiligen begrenzten Überwachungsbereich entsprechende Einzelmeldungen abgeben. Eine ganzheitliche Betrachtung der eingehenden Informationen findet aktuell nicht statt. Durch eine weitere Konzentration der Tunnelüberwachung in übergeordneten Leitzentralen können Expertensysteme dazu beitragen, auch in der Zukunft ein hohes Sicherheitsniveau in Straßentunneln zu gewährleisten. Zukünftig wird Systemen zur Unterstützung der Operatoren daher eine hohe Bedeutung zukommen.

### Projekt ESIMAS

Ziel des von der BASt initiierten und geleiteten Verbundprojekts „Echtzeit-Sicherheits-Management-System für Straßentunnel“ (ESIMAS) ist die Entwicklung und die Demonstration eines flexiblen, modularen und innovativen Expertensystems. Das System stellt durch die Entwicklung neuer und die Weiterentwicklung vorhandener Detektionssysteme qualitativ hochwertige Daten für eine in Echtzeit erfolgende Sicherheitsanalyse und Risikobewertung bereit und hieraus - ebenfalls in Echtzeit - Handlungsempfehlungen für die Operatoren. Kernstück von ESIMAS bilden neu zu entwickelnde Datenfusions- und Risikobewertungswerkzeuge, mit deren Hilfe die sicherheitsrelevanten Daten von verschiedenen Detektionssys-

*Schematischer Aufbau von ESIMAS: Ereigniserfassung, Datenfusion und Plausibilisierung, Echtzeit-Risikobewertung und resultierende Handlungsanweisungen*







*Tunnelleitzentrale  
(Bild: TU Ilmenau)*

temen zusammengeführt und in Echtzeit analysiert, plausibilisiert und bewertet werden können. Sicherheitsrelevante Informationen werden dann priorisiert und in der Tunnelleitzentrale visualisiert.

Mit Hilfe von ESIMAS können die Verantwortlichen in der Tunnelleitzentrale die geeigneten präventiven Maßnahmen treffen, um die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer im Straßentunnel in Abhängigkeit des Verkehrszustandes zu gewährleisten, zum Beispiel: Geschwindigkeitsreduzierung, Sperrung des Tunnels, Verkehrsumleitung auf andere Strecken. Auf Grundlage der Datenanalyse und -bewertung von ESIMAS können potenzielle Ereignisse wie Brandgefahr im Tunnel zuverlässig und rechtzeitig erkannt werden. Des Weiteren werden dem Leitzentralenpersonal von ESIMAS in Echtzeit Handlungsempfehlungen zur Ereignisbewältigung zur Verfügung gestellt.

Für den Erfolg von ESIMAS ist jedoch maßgeblich, dass das Betriebspersonal in den Tunnelleitzentralen das System fehlerfrei bedienen kann. Hierzu bedarf es einer besonders ergonomisch hochwertigen Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle, um die menschliche Über-

wachung, Steuerung und Kontrolle des Tunnelgeschehens mit einem Höchstmaß an Effizienz zu ermöglichen und damit die Risiken durch fehlerhafte Entscheidungen zu minimieren. Auf Grundlage der Informationen und Handlungsempfehlungen, die von ESIMAS zur Verfügung gestellt werden, können im Ereignisfall auch die Einsatz- und Rettungsdienste die notwendigen Maßnahmen zur Minimierung des Schadenausmaßes gezielt und sehr frühzeitig treffen. Basis des gewählten Forschungsansatzes stellt die aktuell bereits im Tunnel vorhandene Detektionstechnik wie Brandmeldekabel zur Branddetektion oder Sichttrübungsmessgeräte dar.

Für eine genauere und schnellere Detektion sowie für die Erfassung wichtiger zusätzlicher Informationen werden neu entwickelte und an die aktuelle Aufgabenstellung angepasste automatische Detektionssysteme eingesetzt, zum Beispiel Videodetektion, bei der die Videobilder automatisch ausgewertet werden, oder Infrarotkameras zur Detektion überhitzter Fahrzeugteile.

Diese innovativen Detektionssysteme, die erstmalig zur ganzheitlichen Überwachung von Straßentunneln eingesetzt

werden, können aufgrund des modularen Systemaufbaus in Verbindung mit den vorhandenen Systemen auch für eine genauere und schnellere Detektion von Ereignissen - Brand, Unfall, Stau, liegengeliebenes Fahrzeug/Panne, Identifizierung von Personen - im Tunnel genutzt werden und dabei helfen, Fehlalarme zu vermeiden. Die Informationen, die nach Durchführung der Risikobewertung an das Personal in der Tunnelleitzentrale übermittelt werden, spiegeln die aktuelle Sicherheitslage der überwachten Bauwerke und lenken die Aufmerksamkeit der Operatoren auf mögliche Gefahrensituationen.

Ein wesentlicher Aspekt von ESIMAS ist der präventive Ansatz bei der Bewältigung potenzieller Risikosituationen. Dabei sollen vom System schon dann in Echtzeit Handlungsanweisungen gegeben werden, wenn das Ereignis noch nicht eingetreten ist, es sich aber mit einer hohen, konkret jedoch noch zu bestimmenden Wahrscheinlichkeit anbahnt. Die Umsetzung der Anforderungen bei der Gestaltung der Benutzeroberfläche stellt nicht zuletzt aufgrund der mit der technischen Realisierbarkeit einhergehenden steigenden Komplexität des Systems eine Herausforderung dar. Aktuell wird ESIMAS an einem Demonstrationsbauwerk,

der Einhausung Goldbach-Hösbach, an der A3 in Fahrtrichtung Frankfurt teilweise betrieben.

### **Fazit und Ausblick**

Vor dem Hintergrund der weiter steigenden Zahl an Straßentunneln und dem damit verbundenen Überwachungsaufwand ist das wesentliche Ziel des ESIMAS-Systems die Unterstützung der Operatoren bei der Ereignisprävention und Ereignisbewältigung in den Tunnelleitzentralen. Durch den Einsatz von neuen und verbesserten Technologien zur Erkennung von Gefahren und integrierter Risikobewertung in Echtzeit wird den Betreibern mit ESIMAS ein Werkzeug zur Verfügung gestellt, das einen Überblick über die gesamte Situation und die Sicherheitslage der überwachten Tunnel vermittelt.

In den nächsten Monaten wird ESIMAS im laufenden Betrieb am Demonstrationsbauwerk getestet und den Bedürfnissen der Operatoren weiter angepasst. Die Ergebnisse des Testbetriebs werden ausgewertet und genutzt, um das System weiter zu verbessern. Um Betreibern von Tunnelbauwerken über die Einsatzmöglichkeiten von ESIMAS in ihren Tunneln zu informieren, wird zudem ein Leitfaden entwickelt, der Empfehlungen zur Anwendung des Systems beinhaltet.



**Simon Gerlach**

Rettungsingenieur, Referat „Tunnel- und Grundbau, Tunnelbetrieb und Zivile Sicherheit“



**Esther Kahlen**

Geologin, Referat „Tunnel- und Grundbau, Tunnelbetrieb und Zivile Sicherheit“



**Anne Lehan**

Wirtschaftsingenieurin, Referat „Tunnel- und Grundbau, Tunnelbetrieb und Zivile Sicherheit“

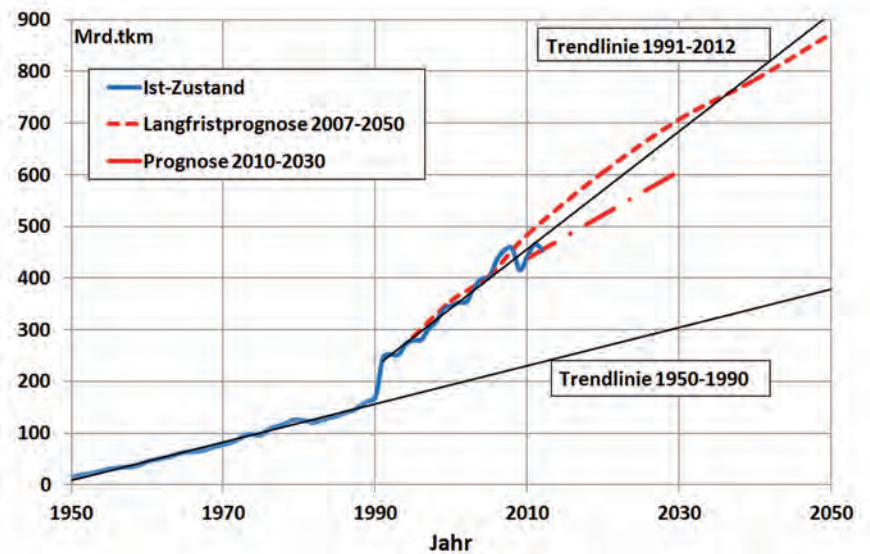


## Nachrechnung und Ertüchtigung von Straßenbrücken

Eine leistungsfähige Straßenverkehrsinfrastruktur ist eine der wesentlichen Voraussetzungen für die Gewährleistung von Mobilität und wirtschaftlichem Wachstum. Die überproportionale Zunahme des Güterverkehrs hat dazu geführt, dass ein Großteil der 39.000 Brücken im Netz der Bundesfernstraßen bis an die Grenze der Leistungsfähigkeit beansprucht ist. Prognosen sagen jedoch eine weitere deutliche Zunahme der Güterverkehrsmengen auf Bundesfernstraßen voraus. Für ältere Brücken hat damit eine Umnutzung stattgefunden, da sie für diese Lasten ursprünglich nicht bemessen wurden. Daraus resultiert die dringende Notwendigkeit, diesen Bauwerksbestand zukunftsfähig zu ertüchtigen. Die BAST hat aufbauend auf wissenschaftlichen Untersuchungen im Rahmen von Verkehrslastsimulationen ein Verfahren zur Priorisierung von vorrangig nachzurechnenden Brücken entwickelt. Auf diese Weise wurden zirka 2.000 Brücken mit einem Viertel der Gesamtbrückenfläche der Bundesfernstraßen ermittelt, die mehrheitlich vor 1980 in Spannbetonbauweise errichtet wurden. Die Straßenbauverwaltungen der Länder sind aufgefordert, die so identifizierten Bauwerke nachzurechnen, um die Sicherheit der Bauwerke nachzuweisen und den erforderlichen Ertüchtigungsbedarf abzuleiten.

### Nachrechnung

Mit der Nachrechnungsrichtlinie wurde im Jahr 2011 unter Beteiligung der BAST

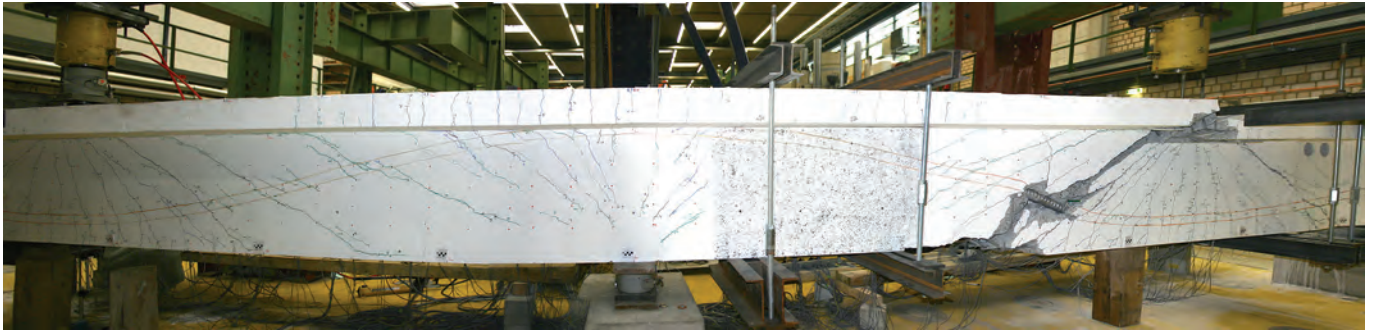


die Grundlage für eine bundeseinheitliche Beurteilung von bestehenden Brücken geschaffen. Sie umfasst alle wesentlichen Bauweisen des Brückenbaus und ermöglicht eine wirklichkeitsnahe Beurteilung der bestehenden Bauwerke durch ein stufenweises Verfahren. Gleichzeitig steigt mit zunehmender Genauigkeit der Aufwand erheblich. Die bislang durchgeführten Nachrechnungen machen deutlich, dass für die Entwicklung verfeinerter Bemessungs- und geeigneter Verstärkungsverfahren vordringlicher Forschungsbedarf besteht.

Zur genaueren Betrachtung besonders häufig festgestellter Defizite wurden daher in den vergangenen Jahren neben rechnerischen Untersuchungen eine Reihe experimenteller Forschungsarbeiten durch die BAST in Auftrag gegeben.

*Verkehrsentwicklung und Prognosen des Straßen-güterverkehrs*





*Versuchsaufbau: Zweifeldriger Spannbetonversuchsträger nach Schubzugbruch (TU Dortmund)*

Die bislang durchgeführten Untersuchungen dienen der Erweiterung des Verständnisses für das Tragverhalten. Durch die im Rahmen der Versuche gewonnenen Erkenntnisse konnten bereits bestehende Modellvorstellungen verfeinert werden, um so zu einer verbesserten Einschätzung des Tragwiderstandes zu kommen.

Durch möglichst realitätsnahe Bemessungsverfahren können bislang nicht genutzte Tragreserven nutzbar gemacht werden, ohne das geforderte Sicherheits- und Zuverlässigkeitsniveau des Bauwerks einzuschränken. Der Umfang erforderlicher Ertüchtigungsmaßnahmen kann auf diese Weise auf ein Mindestmaß reduziert werden.

### **Ertüchtigung**

Zur Beseitigung der bei der Nachrechnung aufgezeigten Defizite sind neue Konzepte zur Ertüchtigung der Bauwerke erforderlich. Entwicklungspotenzial besteht insbesondere im Hinblick auf eine strukturierte Nutzung von Informationen über das Bauwerk, die Einwirkungen und mögliche Ertüchtigungsmaßnahmen. Die BAST realisiert ein System von Entscheidungshilfen, mit dessen Hilfe die Ertüchtigung von Brücken künftig in technologischer und wirtschaftlicher Sicht effektiver geplant und ausgeführt werden kann. Damit sollen die zur Verfügung stehenden Mittel effizienter genutzt werden. Der Nutzer soll anhand einer transparenten und vereinheitlichten Vorgehensweise die erfolgversprechende Variante für ein zu verstärkendes Bauwerk herausarbeiten können. Zur Unterstützung der Straßenbauverwaltungen wird derzeit eine Erfahrungssammlung im Hinblick auf

die Anwendung unterschiedlicher Verstärkungsverfahren und ein neuer Abschnitt der ZTV-ING erarbeitet. Gleichzeitig ist die BAST an der Entwicklung und Erprobung innovativer Verstärkungsmaßnahmen beteiligt, beispielsweise im Rahmen des Forschungsprojekts „Instandsetzung und Verstärkung von Stahlbrücken mit Schäden in Form von Rissen im Bereich von Anschlüssen im Längssystem“.

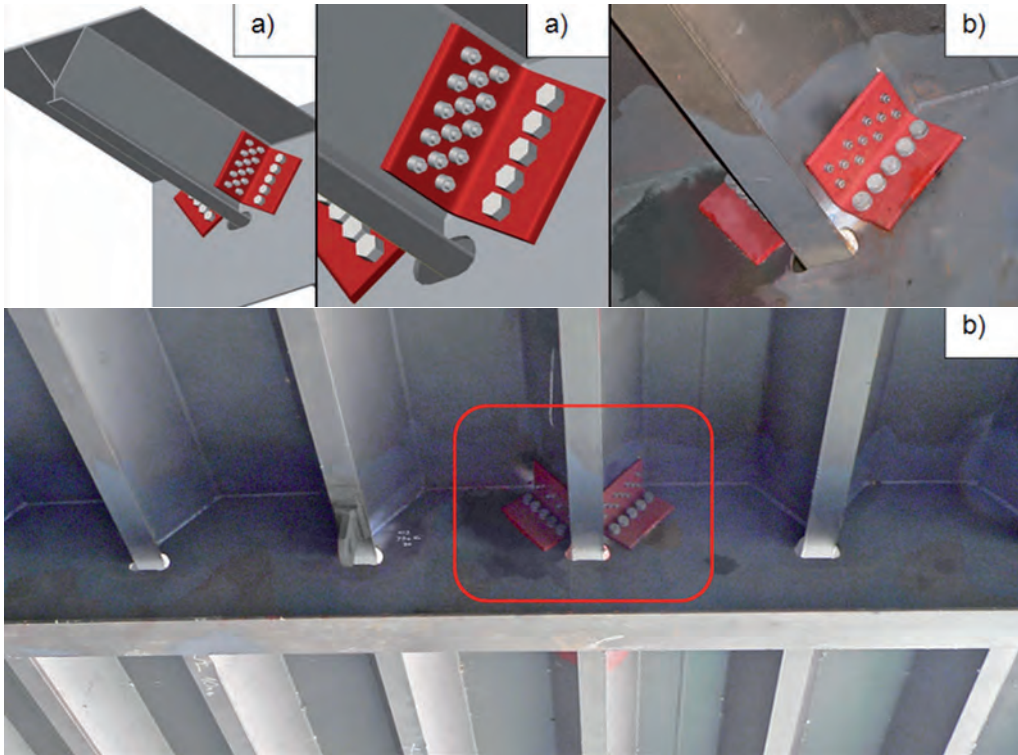
Darüber hinaus wird an der Konzeption kompensierender Überwachungskonzepte für Bestandsbauwerke gearbeitet, um eine weitere verkehrliche Nutzung einer Brücke bei gegebener Tragfähigkeit sicherzustellen.

In vielen Fällen tritt allerdings der Ersatzneubau in den Vordergrund der Überlegungen. Bei der Umsetzung stellt eine möglichst geringe Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit des Straßennetzes eine besondere Herausforderung dar.

### **Fazit**

Die gegenläufigen Entwicklungen aus stetig steigenden Verkehrslastzahlen und einer gleichzeitig alternden Bausubstanz stellen aktuell große Herausforderungen für Bauherren, Ingenieurbüros und Baufirmen dar. Die Tragfähigkeit älterer Brückenbauwerke wird derzeit unter Berücksichtigung der veränderten Randbedingungen überprüft. In vielen Fällen wird eine Ertüchtigung der bestehenden Konstruktionen erforderlich. Zur Bewältigung dieser Aufgaben sind möglichst realitätsnahe Nachrechnungsverfahren und zielführende Ertüchtigungskonzepte erforderlich. Im Zuge der Forschung leistet





*Verstärkung des Anschlusses der Längssteifen an den Querträger: erst in der Forschung (a), dann in der Praxis (b)*

die BAST hierfür einen entscheidenden Beitrag. So wird durch die Vielfältigkeit der abgeschlossenen, laufenden und geplanten Forschungsprojekte auf dem Gebiet der Nachrechnung und Ertüchtigung bestehender Straßenbrücken ein breites Spektrum aktueller Problemstellungen abgedeckt. Neben der Veröffentlichung der Projektergebnisse in der Schriftenrei-

he des BMVI und der BAST in Form von Berichten oder Erfahrungssammlungen fließen die Projektergebnisse kontinuierlich in die Gremienarbeiten zur Fortschreibung der Regelwerke (zum Beispiel Nachrechnungsrichtlinie oder ZTV-ING) ein. Hierdurch wird die zeitnahe Verfügbarkeit neuer Erkenntnisse aus der Forschung für die Praxis gewährleistet.



**Heinz Friedrich**  
Bauingenieur, stellvertretender Leiter des Referats „Stahlbau, Korrosionsschutz, Brückenausstattung“



**Rolf Kaschner**  
Mathematiker, stellvertretender Leiter des Referats „Grundsatzfragen der Bauwerkserhaltung“



**Thomas Mayer**  
Bauingenieur, Referat „Stahlbau, Korrosionsschutz, Brückenausstattung“



**Matthias Müller**  
Bauingenieur, Referat „Betonbau“

## Brückenbeläge aus Gussasphalt mit offener Oberfläche

Auch für Asphaltdeckschichten auf Brückenbauwerken werden aufgrund von Lärmschutzrichtlinien verstärkt lärmindernde Fahrbahnbeläge gefordert. Eine mögliche Lösung ist die Verwendung von Offenporigen Asphalten, was aber hinsichtlich deren Dauerhaftigkeit und wegen erhöhter Vereisungsgefahr im Winter problematisch sein kann. Außerdem erfordern Offenporige Asphalte bei ihrer Verwendung als Asphaltdeckschicht auf einem Brückenbauwerk umfangreiche Entwässerungseinrichtungen, was zu höheren Baukosten führt.

Eine mögliche Alternative mit guten lärmindernden Eigenschaften ist ein Gussasphalt mit offener Oberfläche (PMA). Erste Untersuchungen und Schallpegelmessungen lassen im Neuzustand eine Lärminderung von zirka drei dB(A) erwarten. Nach ersten Anwendungen auf der freien Strecke und auf Betonbrücken sollte nunmehr untersucht werden, inwieweit dieser Belag auch als Asphaltdeckschicht von Belägen auf Stahlbrücken verwendbar ist.

dennden Eigenschaften relativ unabhängig von der Unterlage sind, kann das dynamische Verhalten der Unterlage für die Dauerhaftigkeit des Belages auf Brücken eine entscheidende Rolle spielen. Daher wurde die Dauerhaftigkeit dieses neuen Belages bei der Verwendung als Asphaltdeckschicht von Belägen auf Stahlbrücken mittels Dauerschwellbiegeprüfungen untersucht, um gegebenenfalls Einsatzkriterien und Einsatzgrenzen dieses Belages festzustellen.

### Dauerschwellbiegeprüfung

Eine der wesentlichen technologischen Prüfungen für Beläge und Abdichtungssysteme auf Stahlbrücken ist die Dauerschwellbiegeprüfung. Bei dieser Prüfung werden die Abdichtungssysteme für Stahlbrücken in Verbindung mit einer Schutzschicht sowie einer Deckschicht aus Gussasphalt unter dynamischer Belastung als Verbundkörper geprüft, wobei insbesondere die Prüfung der kraftschlüssigen Verbindung zwischen dem Stahlblech und dem Abdichtungssystem sowie zwischen den einzelnen Schichten des Verbundkörpers im Vordergrund steht.

Die Regelungen des Prüfablaufs, die in den „Technischen Prüfvorschriften für die Prüfung der Dichtungssysteme für Brückenbeläge auf Stahl (TP BEL-ST)“ festgelegt sind, wurden für die vorliegende Fragestellung modifiziert.

### Probekörper

Die Probekörper wurden in Anlehnung an die Vorgaben der Dauerschwellbiegeprüfung nach den TP BEL-ST hergestellt. Als Dichtungssystem wurde ein Dichtungssystem entsprechend der Bauart 1 nach den „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, Teil 7 „Brückenbeläge“, Abschnitt 4 „Brückenbeläge auf Stahl mit einem Dichtungssystem“ (ZTV-ING 7-4)“ mit folgendem Aufbau verwendet:

*Einbau des Asphaltmischgutes für die Deckschicht der Referenzprobekörper*

Während die Oberflächeneigenschaften dieses Belages und somit die lärmmin-





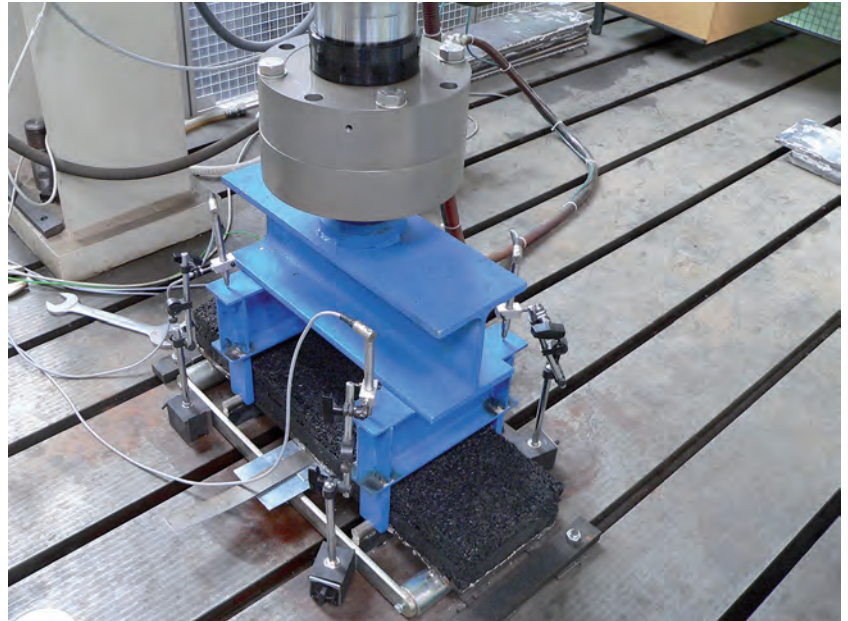
- Epoxidharz-Grundierung SikaCor HM Primer,
- Epoxidharz-Haftschrift SikaCor HM Mastic abgestreut mit Chromerzschlacke der Körnung drei bis vier Millimeter,
- Pufferschicht Esha Isoton abgestreut mit leicht mit Bitumen umhüllten Gesteinskörnungen zwei bis fünf Millimeter.

Auf dieses Dichtungssystem wurde bei allen Probekörpern unter Verwendung einer entsprechenden Schalung eine Schutzschicht aus Gussasphalt MA 11 eingebaut. Als Deckschicht für die Referenzmessungen wurde ebenfalls Gussasphalt MA 11 aufgebracht. Der Praxis entsprechend wurde jeweils ein Polymermodifiziertes Bitumen PmB 25/55-55 mit 0,25 Prozent Sasobit verwendet. Sowohl für die Vorversuche als auch für die endgültigen Untersuchungen wurde für die Deckschicht ein Asphaltmischgut entsprechend PMA 5 mit einem Bitumen 50/70 und 0,30 Prozent Sasobit verwendet.

**Belastungseinrichtung**

Die Belastung der Probekörper erfolgte mit Hilfe einer Hydropulsanlage, die mit einem hängenden Zylinder für Zug und Druck mit einer maximalen Kraft von 400 Kilonewton arbeitet. Die Belastungsfunktion entspricht einer Sinusfunktion, die mit konstanter Lastamplitude zwischen der Grundlast und der Oberlast schwingt.

Während der Durchführung der Dauerschwellbiegeprüfungen wurden die eingeleiteten Lasten mit einer Druckmessdose

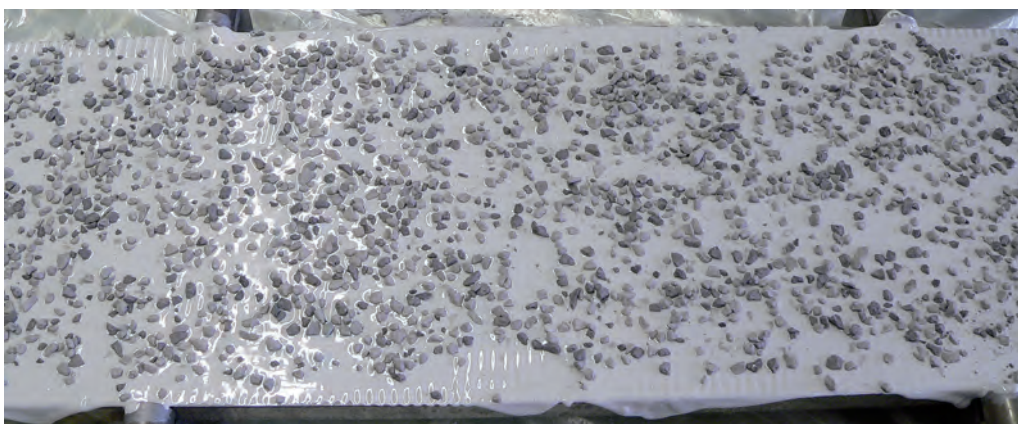


und die resultierenden Durchbiegungen der Probekörper mit Wegaufnehmern kontinuierlich erfasst.

*Belastungseinrichtung für die Dauerschwellbiegeprüfung (5-Punkt-Biegeversuch)*

**Voruntersuchungen**

In Voruntersuchungen wurde festgestellt, dass bei der Herstellung der Probekörper mit einer Asphaltdeckschicht aus PMA eine Erwärmung der Schutzschicht notwendig ist, um die Einbaubedingungen in der Praxis zu simulieren. Hier wird ein Asphaltwulst vor dem Fertiger hergeschoben und erwärmt die Unterlage, da ansonsten kein ausreichender Schichtenverbund erreicht wird. Sowohl bei den Dauerschwellbiegeprüfungen als auch bei den parallel durchgeführten Abreißprüfungen erfolgte die Trennung überwiegend als Adhäsionsbruch zwischen der Deckschicht und der Schutzschicht bei geringen Abreißfestigkeiten.



*Abgestreute Haftschrift*



*Abreißversuch, Trennung in der Deckschicht und zwischen der Deckschicht und der Schutzschicht nach Entfernen der Randstücke*

### Messungen

Für die endgültigen Untersuchungen wurden daher die Probekörper vor dem Aufbringen des Asphaltmischgutes der Deckschicht in einem Wärmeschrank auf etwa 60 Grad Celsius temperiert. Bei den so praxisgerecht hergestellten Probekörpern entsprach das Versagensverhalten dem der mitgeprüften Referenzprobekörper. Die Trennung erfolgte ausnahmslos im Bereich der Pufferschicht als Adhäsionsbruch zwischen der Pufferschicht und der Haftschiicht oder als Kohäsionsbruch in der Pufferschicht bei Laststufen von 30 bis 35 Kilonewton, die den Laststufen beim Versagen der Referenzprobekörper entsprechen.

Während der gesamten Versuchsdauer zeigten sich keine Ablösungen zwischen der Deckschicht und der Schutzschicht. Eine visuelle Überprüfung zeigte auch keine Risse in der Deckschicht aus PMA.

Abschließend durchgeführte Abreißprüfungen zeigten eine gute Haftung der Deckschicht aus PMA auf der Gussasphalt-Schutzschicht. Die Trennung erfolgte ausnahmslos als Kohäsionsbruch in den Schichten bei Abreißfestigkeiten von 0,96 bis 1,10 Newton pro Quadratmillimeter. Ein Adhäsionsbruch zwischen den Schichten wurde nicht festgestellt.

### Fazit

Hinsichtlich der Dauerhaftigkeit gegenüber den sich bei orthotropen Fahrbahntafeln aus den Überrollungen ergebenden dynamischen Belastungen konnte für die Verwendung von Gussasphalt mit offener Oberfläche als Asphaltdeckschicht die grundsätzliche Tauglichkeit nachgewiesen werden. Allerdings kann die mischgutspezifische niedrige Einbautemperatur möglicherweise in einem kritischen Bereich liegen, wenn ungünstige Einbaubedingungen vorliegen. Die Verwendung von PMA als Deckschicht auf (Stahl-)Brücken sollte daher nur unter günstigen Einbaubedingungen – ausreichende Temperatur sowie Trockenheit der Unterlage – erfolgen.

Entsprechend den Vorgaben im Regelwerk und den zugrundeliegenden Untersuchungen wurden die Dauerschwellbiegeprüfungen bei Raumtemperatur durchgeführt. Vor dem endgültigen Einsatz als Asphaltdeckschicht auf einer Stahlbrücke wären Untersuchungen zum Tieftemperaturverhalten im Vergleich zu den üblicherweise auf Stahlbrücken verwendeten Gussasphalten sinnvoll, um die Gefahr der Rissbildung bei niedrigen Temperaturen abschätzen zu können.

**Franz Bommert**  
Bauingenieur, Referat  
„Asphaltbauweisen“



**Manfred Eilers**  
Vermessungsingenieur, Referat  
„Stahlbau, Korrosionsschutz,  
Brückenausstattung“





## 25 Jahre Eignungsprüfungen auf der Rundlaufprüfanlage der BAST

Fahrbahnmarkierungen sind Verkehrszeichen im Sinne der Straßenverkehrsordnung (StVO, § 39). Sie dienen der fortlaufenden optischen Führung des Verkehrsteilnehmers und leisten damit einen unverzichtbaren Beitrag zur Verkehrssicherheit. Markierungen müssen diese Eigenschaften dauerhaft erfüllen und unter allen Bedingungen, insbesondere bei Nacht und Nässe, für die Verkehrsteilnehmer gut erkennbar sein. An Fahrbahnmarkierungen werden somit hohe Anforderungen gestellt, die im Rahmen von Eignungsprüfungen durch die BAST ermittelt werden.

### Historie

Die BAST führt seit 1957 Eignungsprüfungen von Fahrbahnmarkierungen im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums durch. Zu Beginn wurden ausschließlich chemisch-physikalische Materialprüfungen durchgeführt. Erste Eignungsprüfungen auf Straßenprüffeldern wurden Anfang der 70er Jahre durchgeführt. Mit Beginn der Straßenprüffelder konnten auch die verkehrstechnischen Eigenschaften wie Tages- und Nachtsichtbarkeit sowie Griffigkeit messtechnisch erfasst werden.

Der damit verbundene hohe Personalaufwand sowie die hohen Kosten haben Anfang der 80er Jahre dazu geführt, dass die Eignungsprüfungen ins Labor verlegt wurden und seit 1989 auf der speziell dafür entwickelten Rundlaufprüfanlage (RPA) der BAST durchgeführt werden. Damit blickt die BAST auf 25 Jahre Eignungsprüfungen auf der RPA zurück. Im Jahr 2013 wurde in der BAST das Prüflabor für Fahrbahnmarkierungen durch die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS) akkreditiert.

Erste Anpassungen an der RPA wurden 1997 durch Erneuerung und Modernisierung des gesamten Antriebsstranges vorgenommen. Im Jahr 2003 wurde die RPA aufwendig um- und ausgebaut. Dabei



wurden sowohl die RPA einschließlich der elektronischen Steuerungskomponenten als auch das Messlabor dem aktuellen Stand der Technik angepasst. Gleichzeitig wurde die Anzahl der Prüfräder in der RPA von bisher vier auf acht erhöht. Durch den Einsatz von acht Prüfrädern konnte der Zeitaufwand deutlich reduziert werden.

Seitdem wurden in kleineren Maßnahmen eine Druckluftreinigung sowie eine Reifenkühlung für die Eignungsprüfungen von thermoplastischen Markierungssystemen eingebaut und die Steuerung der Prüfräder so angepasst, dass die Auswahl der

*Rundlaufprüfanlage (Ansicht der vier von insgesamt acht Prüfrädern)*

*Straßenprüffeld BAB 4 Anfang der 70er Jahre*

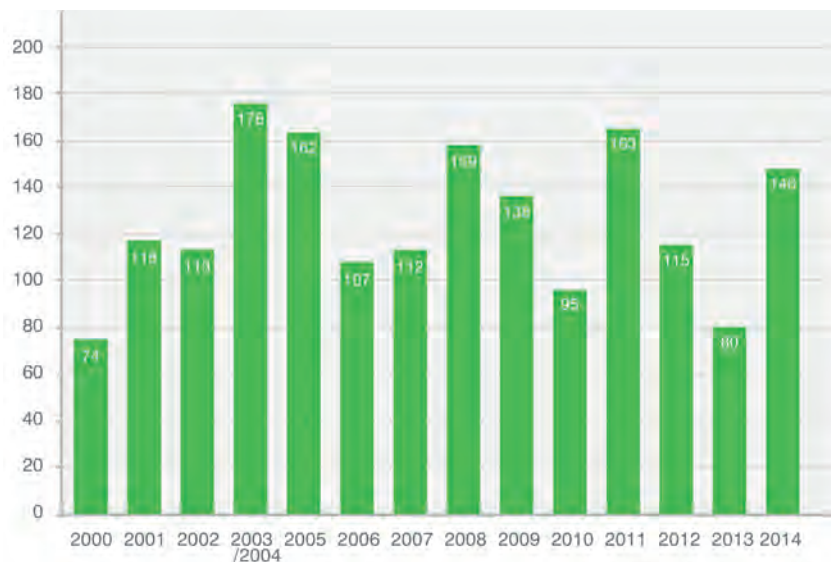


eingesetzten Räder flexibler ist. Zuletzt wurde – als Konsequenz aus der Akkreditierung – der Umfang der erfassten Prüfdaten vergrößert.

### Auswertung der Datenbank

Seit Beginn der Eignungsprüfungen im Jahr 1989 wurden über 3.300 Markierungssysteme geprüft. Bis zum Jahr 2000 wurden die Eignungsprüfungen auf Grundlage von nationalen Vorgaben durchgeführt: „Technische Lieferbedingungen für weiße Markierungsmaterialien“ TL-M 97. Seit dem Jahr 2000 erfolgen die Eignungsprüfungen auf Grundlage von Europäischen Normen: EN 13197 „Verschleißsimulator“ und EN 1436 „Anforderungen an Markierungen auf Straßen“. Die bis zum Jahr 2000 durchgeführten rund 1.500 Eignungsprüfungen werden bei der nachfolgenden Auswertung nicht berücksichtigt, da die Umstellung von nationalen auf europäische Vorgaben auch Einfluss auf den Umfang und die Dokumentation der Prüfdaten hatte. Die Daten vor dem Jahr 2000 können daher nicht ohne Einschränkung verwendet werden.

Anzahl der Eignungsprüfungen nach Jahren



Die Anzahl der Prüfungen schwankt deutlich zwischen den einzelnen Jahren, wofür es unterschiedliche Gründe gibt. Die verhältnismäßig niedrige Anzahl an Prüfungen im Jahr 2000 ist auf die Zunahme der Prüfungen bis zur Verkehrsklasse P7 (vier Millionen Überrollungen) sowie die Zunahme

an Typ II-Markierungen zurückzuführen, bei denen zusätzlich die Nachtsichtbarkeit im feuchten Zustand gemessen wird. Die hohe Anzahl an Prüfungen im Jahr 2005 ist die Folge des seit dem Umbau möglichen Einsatzes von acht Rädern. Die hohe Anzahl an Prüfungen konnte in den Folgejahren jedoch nicht immer gehalten werden. In den Jahren 2006 und 2010 gab es unter anderem längere Pausen aufgrund von Reparaturarbeiten.

Im Jahr 2007 wurden im Rahmen der europäischen Normung zahlreiche Vergleichsuntersuchungen mit der zweiten in Europa existierenden RPA in Spanien durchgeführt, die außerhalb der regulären Eignungsprüfungen durchgeführt wurden. Im Jahr 2013 führten der Testbetrieb mit der neu eingebauten Reifenkühlung sowie Forschungsläufe mit thermoplastischen Systemen zu einer reduzierten Anzahl an Eignungsprüfungen.

Insgesamt ist die Anzahl an Eignungsprüfungen pro Jahr im Gegensatz zur Nachfrage leicht rückläufig, da aufgrund europäischer Vorgaben Farben und thermoplastische Systeme wieder mit vier anstatt mit acht Prüfrädern getestet werden und sich der messtechnische Aufwand stark vergrößert hat. Dadurch hat sich die Dauer einer Prüfung wieder verlängert. Darüber hinaus hält der Trend an, mehr Typ II-Markierungen sowie bis zur höchsten Verkehrsklasse P7 (vier Millionen Überrollungen) zu prüfen.

Selbstverständlich werden auf der RPA nicht nur Produkte deutscher Hersteller geprüft. Die Nachfrage erstreckt sich mittlerweile auch über die Grenzen Europas hinaus. Insbesondere die europäischen Länder sind stark vertreten. Dies zeigt zum einen die Bedeutung des deutschen Marktes, für den eine positive Eignungsprüfung auf der RPA erforderlich ist, und zum anderen, dass Länder, in denen es kein vergleichbares, eigenes Verfahren zur Eignungsprüfung von Fahrbahnmarkierungen gibt, auf das international anerkannte



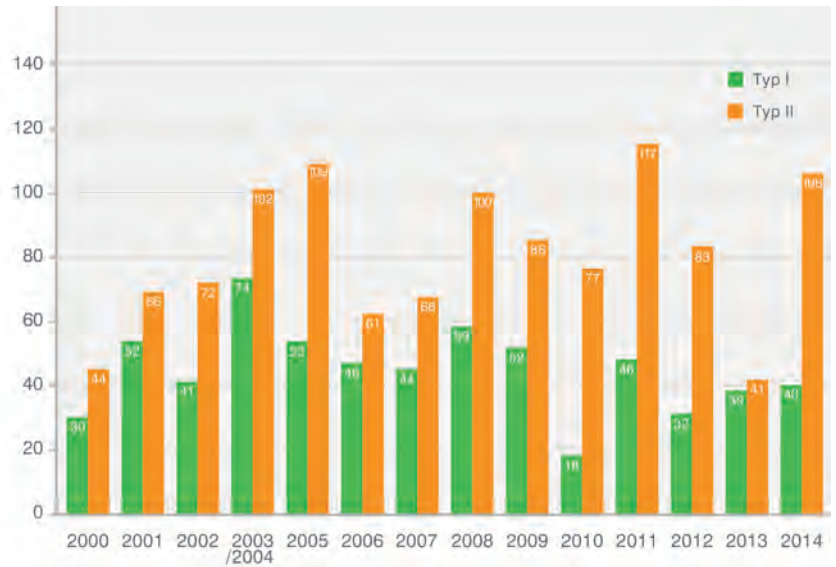
Verfahren der Eignungsprüfung auf der RPA zurückgreifen.

Für die weitere Auswertung der Datenbank wurde zwischen herkömmlichen Markierungssystemen (Typ I) und Markierungssystemen mit erhöhter Nachsichtbarkeit bei Nässe (Typ II), den Stoffarten nach den Technischen Lieferbedingungen für Markierungen (TL M), die für Markierungssysteme verwendet werden (Farben, Kaltplastiken, Thermoplastiken und Folie) sowie nach den Regelwerken, für die die Mindestanforderungen im Rahmen einer Eignungsprüfung erfüllt werden müssen (EN 1436 oder ZTV M), unterschieden. Dabei werden nach ZTV M höhere Klassen gefordert als nach EN 1436. Markierungssysteme, die in Deutschland eingesetzt werden sollen, müssen den höheren Anforderungen der ZTV M genügen.

Die Auswertung nach den geprüften Markierungstypen zeigt, dass der Anteil an Typ II-Markierungssystemen überwiegt. Das verstärkte Interesse der Antragsteller nach Typ II-Markierungssystemen lässt sich unter anderem damit erklären, dass nach den ZTV M auf Bundesautobahnen im Sinne der Verkehrssicherheit nur Typ II-Markierungssysteme zulässig sind.

Bei den weißen, dauerhaft eingesetzten Markierungen ist ein deutlicher Anstieg der Nachfrage an Prüfungen bis zu den höchsten Verkehrsklassen zu verzeichnen. Dies gilt auch für gelbe, temporär eingesetzte Markierungen. Markierungen, die auf der RPA die Anforderungen bis zu den Verkehrsklassen P6 und P7 dauerhaft erfüllen, werden in der Praxis in Bereichen mit hohen Verkehrsbeanspruchungen eingesetzt. Die jeweilige Verkehrsklasse gibt an, mit bis zu wie vielen Radüberrollungen Markierungen auf der RPA belastet werden, wobei eine hohe Verkehrsklasse für eine hohe Prüfbelastung steht und umgekehrt.

Bei den Prüfungen nach Stoffarten ist ersichtlich, dass bei Farben, Kaltplastiken



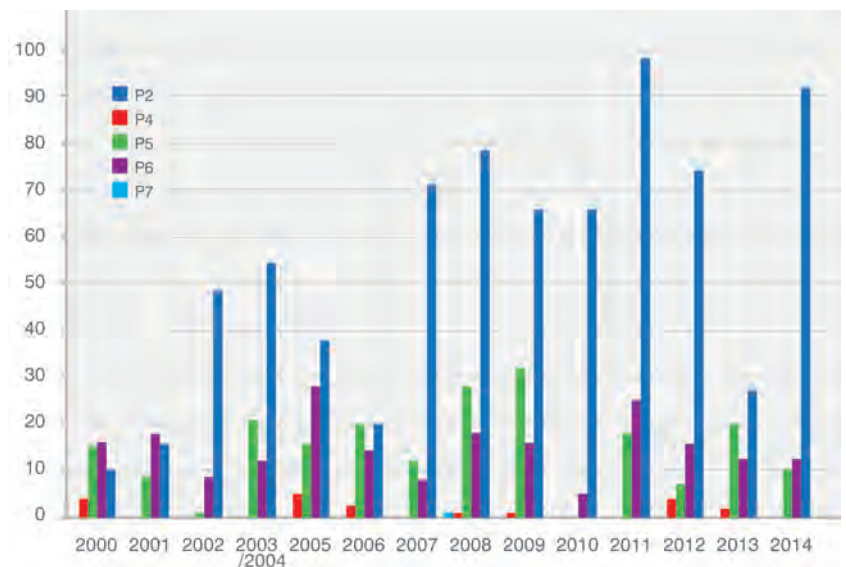
Anteil Markierungstyp (Typ I/II) nach Jahren

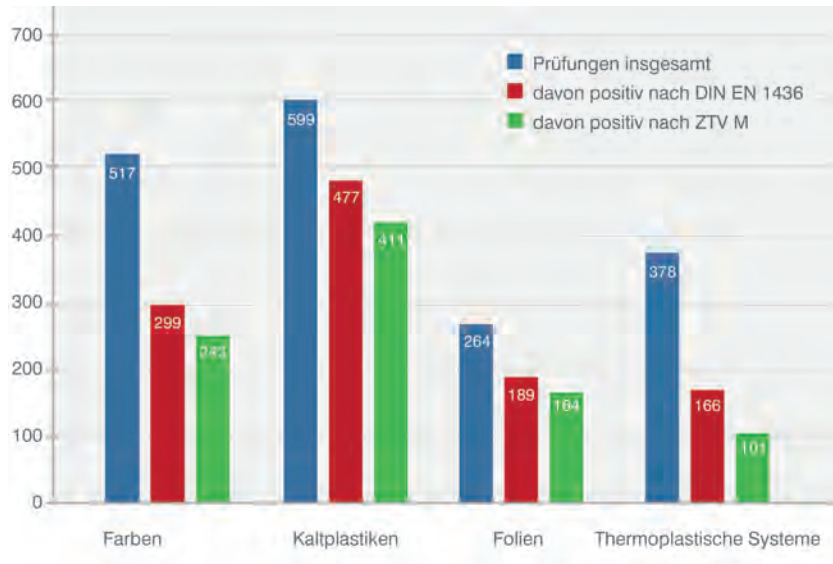
und Folien die Differenz zwischen der Anzahl der nach europäischen oder nationalen Anforderungen bestandenen Systeme geringer ist als bei thermoplastischen Systemen. Mit Einführung der Reifenkühlung entsprechend EN 13197 ist die Anzahl der thermoplastischen Systeme, die auch die nationalen Anforderungen nach ZTV M erfüllen, deutlich angestiegen.

**Fazit und Ausblick**

Im Gegensatz zu den Straßenprüffeldern bietet die RPA die Möglichkeit, innerhalb kurzer Zeit unter reproduzierbaren Bedingungen Eignungsprüfungen an Markierungssystemen durchzuführen, ohne dabei den Verkehr zu beeinträchtigen. Diese Möglichkeit wird von zahlreichen Herstellern aus Deutschland und dem

Beantragte Verkehrsklassen für weiße Markierungssysteme nach Jahren

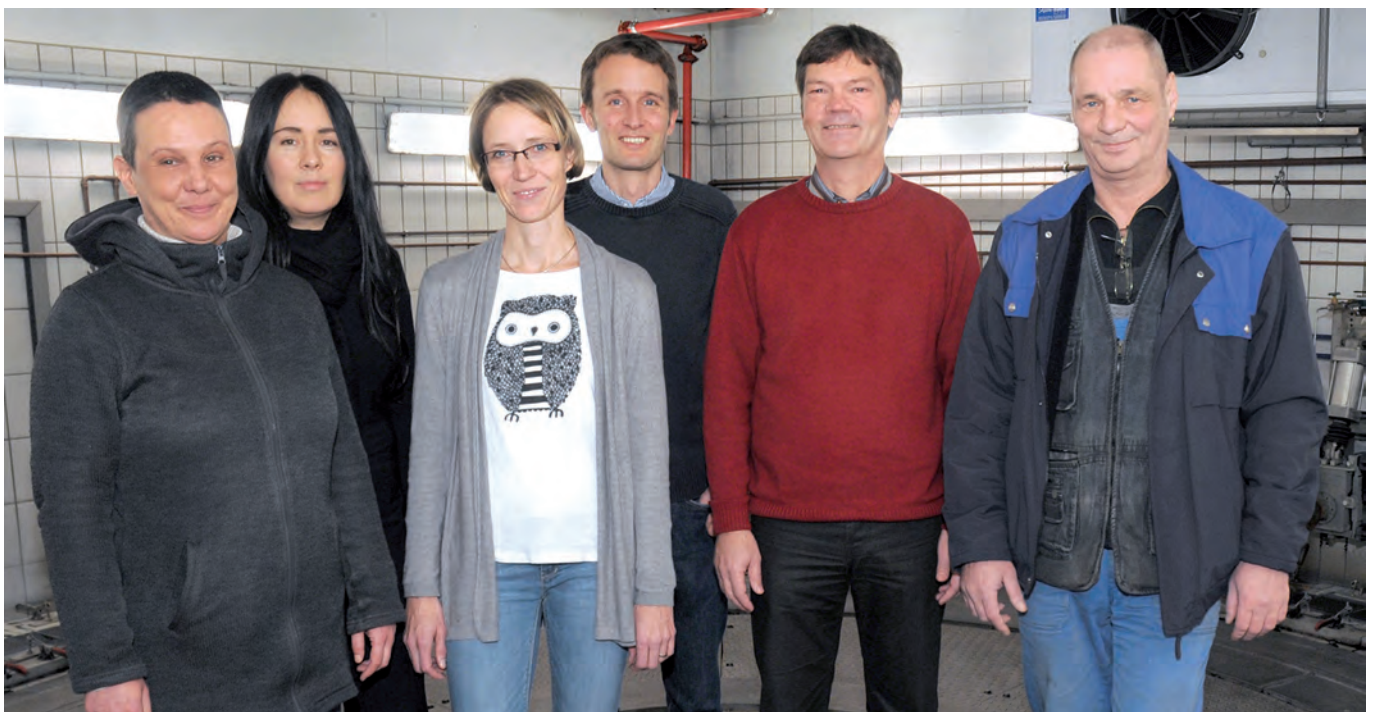




*Prüfergebnisse nach Stoffart und Zulassung von 2000 bis 2014*

europäischen Ausland genutzt. Die starke Nachfrage sowie die zahlreichen durchgeführten Prüfungen haben dazu geführt, dass sich die Qualität der Markierungen in den letzten 25 Jahren deutlich verbessert hat und die RPA damit auch einen Teil zur Verbesserung der Verkehrssicherheit beigetragen hat. Gleichzeitig wird die RPA auch zu Forschungszwecken für neue Systeme, aber auch zur Optimierung bereits geprüfter Systeme genutzt. Unabhängig vom Ziel der Prüfung wird der Stellenwert der RPA durch die starke Nachfrage sowohl national als auch international bestätigt. Darüber hinaus zeigen die zahlreichen Anfragen aus dem Ausland, dass auch dort angesichts des immer weiter steigenden Verkehrs das Interesse an einer Eignungsprüfung von Markierungen im Labor wächst.

**Uwe Ellmers**, Physiker, Leiter des Referats „Straßenausstattung“, Leiter der Prüfstelle „Straßenausstattung“  
**Dr. Annette Gail**, Physikerin, Referat „Straßenausstattung“  
**Karl-Heinz Jung**, Techniker, Referat „Straßenausstattung“  
**Andrea Meyer-Hochwald**, Technikerin, Referat „Straßenausstattung“  
**Dr. Jan Ritter**, Bauingenieur, Referat „Straßenausstattung“  
**Maike Zedler**, Bauingenieurin, Referat „Straßenausstattung“



*von links: Andrea Meyer-Hochwald, Dr. Annette Gail, Maike Zedler, Dr. Jan Ritter, Uwe Ellmers und Karl-Heinz Jung*



## Anprallversuche: Überprüfung der Sanierung von Betonschutzwänden

Schutzeinrichtungen werden eingesetzt, um abkommende Fahrzeuge aufzuhalten, sie im Anprallfall umzulenken und beispielsweise im Mittelstreifen von Autobahnen einen Durchbruch schwerer Fahrzeuge zu verhindern. Die Leistungsfähigkeit, unter anderem die Aufhaltefähigkeit, von Schutzeinrichtungen wird in Anprallversuchen nach der europäischen Prüfnorm DIN EN 1317 im Neuzustand ermittelt. Schutzeinrichtungen werden heute sowohl aus Stahl als auch aus Beton hergestellt.

Betonschutzwände werden entweder im Werk als Fertigteile produziert und dann an der Straße zusammengefügt oder werden als durchgehende Ortbetonschutzwände mit einem Gleitschalungsfertiger direkt an der Straße gefertigt. Diese Ortbetonschutzwände gibt es mit verschiedenen Querschnitten und in unterschiedlichen Aufbauvarianten, zum Beispiel freistehend, in den Asphalt eingespannt oder auch hinterfüllt. Eine in den Wänden liegende durchgehende Längsbewehrung aus Stahl sorgt dafür, dass im Anprallfall auftretende Zugkräfte von der Betonschutzwand aufgenommen werden können. Sie dient also unter anderem dazu, die Aufhaltefähigkeit herzustellen und im Anprallereignis eine mögliche Bruchstückbildung zu vermeiden.

Bei der Herstellung der Ortbetonschutzwände werden in einem Abstand von vier bis sechs Metern Scheinfugen mit einer Tiefe von zirka zwei Zentimetern geschnitten, um Betonspannungen während des Abbinde- und Erhärtungsvorgangs und das Schwinden des Betons gezielt an diesen Stellen abzubauen und dadurch den Verlauf möglicher auftretender Risse im Beton durch die absichtliche Schwächung des Querschnitts vorzugeben. Die Scheinfugen werden mit Fugenfüllstoffen abgedichtet und so gegen eindringendes Wasser geschützt.

### Schadensbilder

Im Bereich dieser Scheinfugen hat sich bei Stichprobenuntersuchungen von Straßen. NRW gezeigt, dass bei vorhandenen Betonschutzwänden in Ortbetonbauweise die Fugenverfüllung oft porös oder teilweise zerstört ist und auch unplanmäßige Risse außerhalb der Scheinfugen vorhanden sind. Infolgedessen können Wasser und Tausalze (Chloride) an den Fugen und Rissen in die Wände eindringen. Dies kann dann dazu führen, dass die durchgehende Längsbewehrung aufgrund der entstehenden Korrosion teilweise oder vollständig durchtrennt ist. Durch die korrodierte Bewehrung im Bereich der Scheinfugen sind die Ortbetonschutzwände erheblich geschwächt und es ist anzunehmen, dass die erwartete und im Neuzustand nachgewiesene Aufhaltefähigkeit bei einem Anprall nicht mehr erreicht wird. Es stellte sich nun die Frage, wie mit den betroffenen Schutzeinrichtungen umgegangen wird.

### Sofortmaßnahmen in den Ländern

In den Bereichen, in denen Betonschutzwände in Ortbetonbauweise wegen korrodierteter Bewehrung ihre nachgewiesene Aufhaltefähigkeit nicht mehr sicher erreichen können, wurden in den Ländern zum Teil die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten für Pkw auf 100 km/h und für Lkw und Busse auf 60 km/h begrenzt sowie Überholverbote für Lkw und Busse angeordnet.

### Entwicklung einer Sanierungslösung

Insbesondere für neuere Wände, die geöffnete Fugen aufweisen, bei denen der Korrosionsgrad der Bewehrung aber nicht bekannt ist, werden Lösungen benötigt, um die Aufhaltefähigkeit sicherzustellen ohne die Wand vollständig austauschen zu müssen. Dazu wurde die BASt seitens des BMVI zur Entwicklung und Prüfung einer entsprechenden Sanierungslö-



*Unterschiedliche Schadensbilder an Schutzeinrichtungen aus Beton*

Ortbetonschutzwand mit aufgebracht Sanierungs-lösung



sung beauftragt. Die Sanierungslösung sollte möglichst einfach zu montieren sein und sie sollte in der Lage sein, die im Anprallfall auftretenden Längskräfte aufzunehmen. Vor dem Einsatz sollte ihre Funktionsfähigkeit in einem Anprallversuch überprüft werden.

In einer Expertengruppe unter Leitung der BASt wurde mit Vertretern vom BMVI, Straßen.NRW, Herstellern (Beton und Stahl) sowie weiteren Fachleuten eine mögliche Sanierungslösung entwickelt. Bei dieser Lösung werden drei Millimeter dicke Stahlkastenprofile am Kopf der Ortbetonschutzwand aufgebracht und über Stoßverbinder miteinander verbunden. Die Stahlkastenprofile werden von oben mit der Ortbetonschutzwand verschraubt, um einen ausreichenden Verbund zu gewährleisten.

Um die Praxistauglichkeit der Lösung zu überprüfen, fand zunächst eine Probemontage in NRW statt. Dabei konnte gezeigt werden, dass der Einbau der Kastenprofile auch im Bereich von Verschwenkungen möglich ist und es wurden noch einige technische Verbesserungen vorgenommen.

Aufgrund der unterschiedlichen Querschnitte der betroffenen Ortbetonschutzwände und Einbausituationen in der Praxis sollte bei den Anprallprüfungen die Ortbetonschutzwand (mit aufgebracht Sanie-

rung) aufgebaut werden, die am häufigsten in der Praxis anzutreffen ist und/oder die geringste Aufhaltefähigkeit hat.

Am häufigsten wurde in den letzten Jahren die eingespannte Ortbetonschutzwand Step 90 mit zwei jeweils zwölf Millimeter Durchmesser Bewehrung verbaut. Diese Wand wurde für die Anprallprüfungen frei auf eine Asphaltbinderschicht aufgestellt. In dieser Aufstellvariante erreicht die Wand aufgrund der fehlenden Einspannung die vergleichsweise geringste Aufhaltewirkung. Um eine korrodierte Bewehrung zu simulieren, wurde im Bereich der geschnittenen Scheinfugen die Bewehrung komplett durchtrennt.

Die Anprallprüfungen nach DIN EN 1317 wurden von der DEKRA Automobil GmbH im Rahmen eines Forschungsprojekts durchgeführt. Zur Ermittlung der Insassenbelastung und des Fahrzeugverhaltens beim Anprall wurde ein Versuch mit einem Pkw durchgeführt (TB11: 0,9 Tonnen, 100 km/h, 20°). Zum Nachweis der Aufhaltefähigkeit und der maximalen seitlichen Auslenkung der sanierten Wand wurde ein Versuch mit einem Bus (TB51: 13 Tonnen, 70 km/h, 20°) durchgeführt. Insgesamt kann die sanierte Ortbetonschutzwand damit die Aufhaltestufe H2 erreichen.

Beide Anprallversuche verliefen erfolgreich und es wurde gezeigt, dass die Aufhaltefähigkeit der Ortbetonschutzwand mit ge-



schädigter oder durchtrennter Bewehrung durch die aufgebrachte Stahlkonstruktion für den H2-Anprall wieder hergestellt werden kann.

Die erzielten positiven Ergebnisse sind zudem zusammen mit weiteren Vergleichsversuchen die Grundlage für die Übertragung auch auf andere Wandquerschnitte und Einbausituationen in der Praxis, sodass auch für diese Wände eine Sanierungslösung verfügbar sein wird.

Den Ländern stehen damit nun Lösungen zur Verfügung, die es ermöglichen, die Aufhaltstufe H2 bei Betonschutzwänden in Ortbetonbauweise mit (teil-)geschädigter Bewehrung aufgrund poröser und offener Fugen wieder herzustellen, ohne die Wände an allen Stellen ersetzen zu müssen. Betonschutzwände mit zahlreichen unplanmäßigen Rissen und Beton- ausbrüchen hingegen sollten durch neue Schutzeinrichtungen ersetzt werden.

**Maßnahmen bei neuen Ortbeton- schutzwänden**

Beim Bau neuer Ortbetonschutzwände sollte von vornherein vermieden werden, dass die Bewehrung durch Korrosion geschädigt werden kann. Hierzu sind Neuentwicklungen seitens der Industrie notwendig. Dies könnten beispielsweise neuartige, dauerhaft geschlossene Fugenabdichtungen oder auch ein Schutz der Bewehrung sowie die Verwendung anderer Materialien für die Bewehrung sein. Die Entwicklungen und Untersuchungen hierzu sind jedoch noch nicht abgeschlossen.



Anprallvorgang mit einem Bus (TB51)



**Janine Kübler**  
Bauingenieurin, stellvertretende Leiterin des Referats „Straßen- ausstattung“



**Linda Meisel**  
Verkehringenieurin, Referat „Straßen- ausstattung“



# **Straßenbau: Optimierte Beläge und Zustandsbewertung**

**PAST: Qualitätsoptimierung im  
Asphaltstraßenbau**

**Asphaltbefestigungen: rechnerisch  
dimensioniert – bauvertraglich vereinbart**

**Genormter Asphalt: zweiter Aufschlag in  
Europa**

**Funktionsprüfung: Asphaltbeläge mit Grip**

**Offenporiger Beton: neue Entwicklungen**

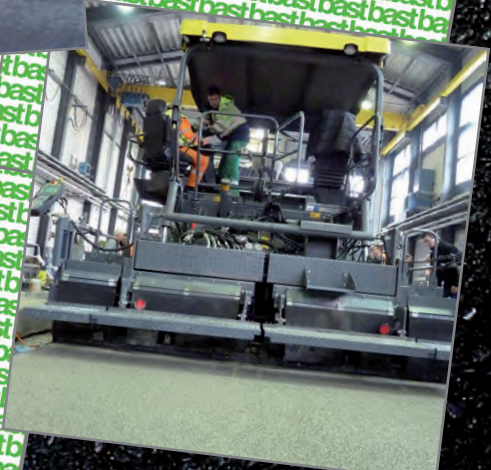
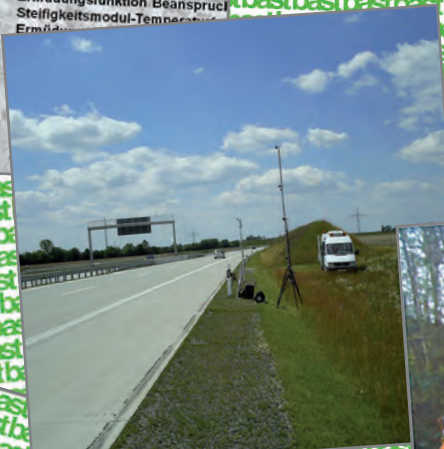
**Grinding: Akustische Optimierung von  
Betonoberflächen**

**Schnellreparatursystem für Betonstraßen**

**Mobile Load Simulator MLS10 im  
Versuchsbetrieb**







Z... Baufos, b... Straßenbr...

4 BK      13 BK

Bohrkern

Ermüdungsfunktion Beanspruchung  
 Ermüdungsfunktion Beanspruchung  
 Ermüdungsfunktion Beanspruchung  
 Steifigkeitsmodul-Temperatur

6  
7  
8  
9  
10  
11  
12

# Laserscanner in der Straßenzustandserfassung



## PAST: Qualitätsoptimierung im Asphaltstraßenbau

Für ein hochtechnisiertes Land ist eine intakte Verkehrsinfrastruktur von enormer Bedeutung. Durch einen stetig steigenden Personen- und Warenverkehr können Weiterentwicklungen im Bau und Erhalt von Verkehrswegen das wirtschaftliche Wachstum maßgeblich beeinflussen. In Zeiten von Just-in-time-Lieferungen ist der Einfluss von Verkehrsengpässen wie Baustellen und den damit verbundenen Staus besonders groß. Nicht nur aus volkswirtschaftlicher Sicht sollte daher die Lebensdauer von Straßenbelägen erhöht werden.

Die Funktionseigenschaften von Straßen können in vielen Fällen nicht über die geplante Nutzungsdauer gewährleistet werden, was zu einer frühzeitigen Sanierung von Teilabschnitten führt, die mit Kosten und Verkehrsengpässen verbunden ist. Zurückzuführen ist dies unter anderem auf einen fehlerbehafteten Asphalteinbau. Der Straßenbau kann den Anforderungen auf Dauer nur gerecht werden, wenn die Bauweise, die Mischgutzusammensetzung, die Maschinenteknik und die Organisationsstruktur konsequent weiterentwickelt

werden und auf der Baustelle prozesssicher zur Anwendung kommen.

Prozessfehler, welche die Funktionen der Straße beeinflussen, gilt es zu erkennen und zu vermeiden. Um die größtmögliche Einbauqualität von Asphaltschichten zu erreichen, ist es wichtig, den kompletten Einbauprozess vom Mischwerk bis zur Walze zu untersuchen, Fehler zu identifizieren und durch gesicherte wissenschaftliche Ansätze abzustellen. An diesem Punkt setzte das Forschungsprojekt „Prozesssicherer Automatisierter Straßenbau“ (PAST) an: Die Funktionseigenschaften der Verkehrswege wie lärmarm, verkehrssicher und vor allem die Gebrauchsdauer der Bauwerke sollen mit neuen Ansätzen der Automatisierungs-, Informations- und Maschinenteknik für den Bauprozess wesentlich verbessert werden [1].

### Asphaltmischgutzusammensetzung und Temperatur

Nur wenn über den gesamten Herstellungsprozess einer Asphaltschicht eine gleichmäßige Zusammensetzung einge-



*Klapp-/Schiebetechnik im Vorratskübel zur Verhinderung des Entmischens des Asphaltmischguts*



*Entwickelte Demonstratoren zur Qualitätsverbesserung*

Nr.	Benennung
1	Mischgutabgabeeinheit für Mischanlagen zur Vermeidung der Entmischungen während des Ladevorgangs des Transportfahrzeugs
2	Neuartige Lkw-Lademulde für Asphaltmischgut mit Thermospeichereffekt, integrierter Temperaturmess- und Kommunikationseinheit und entmischungsreduzierender Übergabeeinheit
3	Mess- und Kommunikationseinrichtung für die Prozesskette der Baustofflogistik (Asphaltmischanlage – Transportfahrzeug – Asphaltfertiger)
4	Mess- und Kommunikationseinrichtung für den Asphaltfertiger zur Asphaltmischgutaufnahme
5	Automatische elektro-hydraulische Andockeinrichtung mit integriertem Stoßabsorber zur Asphaltmischgutaufnahme
6	Thermoisolierter Mischgutaufnahmebunker zur Reduzierung der Entmischung und Abkühlung des Asphaltmischguts
7	Neuartige modellgestützte intelligente Prozessregeleinrichtung der gesamten Asphaltmischgutlogistik eines Asphaltfertigers
8	Thermoisolierte Asphaltmischgutförder- und Verteilereinrichtung für einen Asphaltfertiger
9	Mess- und Kommunikationseinrichtung zur Tendenzbestimmung der Verdichtungsarbeit am Asphaltfertiger während der Arbeit
10	Mess- und Kommunikationseinrichtung zur Schichtdickenbestimmung am Asphaltfertiger während der Arbeit
11	Nivelliereinrichtung mit integrierter Schichtdickeneinstellung und -regelung für Straßenbaumaschinen
12	Anfahrautomatik für Asphaltfertiger zur Vermeidung von Anfahrunebenheiten
13	Temperaturmesssystem für die komplette Asphaltmischgutlogistik
14	Ablegeautomat zur Ablage und Positionierung von metallischen Gegenpolen, geeignet als Trägermaterial für zukünftige intelligente Sensoren
15	Mess- und Kommunikationseinrichtung zur Bestimmung der Schichtdicke und Asphaltmischguttemperatur an Walzen

halten wird, kann ein guter Einbau für eine langlebige Straße gelingen. Vor allem beim Umladen von Schüttgütern treten Materialentmischungen auf, beispielsweise beim Übergeben des Asphaltmischgutes vom Transportfahrzeug in den Vorratskübel des Asphaltfertigers und beim Zusammenklappen der Seitenwände des Vorratskübels. Daher wurden unterschiedliche Klapp-/Schiebetechniken zum Materialtransport im Vorratskübel des Asphaltfertigers entwickelt und erprobt. Im Ergebnis bleibt festzuhalten, dass mit solchen Techniken ein Entmischen des Asphaltmischgutes minimiert oder dem Entmischen entgegengewirkt werden kann.

Ebenso muss beim Herstellen des Asphaltmischguts die erforderliche Mischtemperatur eingehalten werden: Es darf nur ein minimaler Temperaturverlust beim Transport des Asphaltmischgutes von der Asphaltmischanlage auf die Baustelle eintreten. Nur dann ist ein optimales Verdichten des Mischgutes möglich. Wird die erforderliche Temperatur für die Verdichtung unterschritten, drohen frühzeitige Schäden aufgrund unzureichender Verdichtung. Mit der neuartigen und erfolgreich erprobten thermoisolierten Transportmulde steht nun für die Baupraxis ein Modul zur Verfügung, mit dem die Asphaltmischguttemperatur während der Transportfahrt annähernd kon-



Fahrzeug mit thermoisolierter Transportmulde

stant gehalten werden kann. Somit können über die Seitenwände der Transportmulden keine Temperaturverluste auftreten.

### Entwickelte Demonstratoren

Weitere qualitätsverbessernde Werkzeuge wurden entwickelt, die derzeit von den entsprechenden Projektpartnern weiter optimiert werden, sodass diese in die Serienproduktion mit aufgenommen werden können.

### Resümee

Die in dieser praxisorientierten Forschungsarbeit realisierten qualitätsverbessernden Werkzeuge werden schrittweise von der Industrie und der Bauwirtschaft umgesetzt. Ein Teil davon wird künftig aufgrund des Rundschreibens des Bundesverkehrsministeriums für Baumaßnahmen im Bundesfernstraßenbau gefordert: „Einsatzankündigung von Maßnahmen zur Steigerung der Asphalteinbauqualität“.

Die erarbeiteten Forschungsergebnisse bilden die Basis und Voraussetzung einer grundlegenden Verbesserung der Einbauqualitäten und dienen letztlich der Erreichung langlebiger, volkswirtschaftlich effizienter und sicherer Asphaltstraßen.

### Innovationspreis

PAST war 2013 für den Innovationspreis der bauma nominiert, der Weltmesse für die Bau-, Baustoff- und Bergbaumaschinenindustrie. Neben der BAST wirkten acht Institutionen am Verbundprojekt mit: Fachhochschule Köln, Technische Universität Darmstadt, Technische Universität Berlin, Deutsche Asphalt, Herman Kirchner Bauunternehmung, Carnehl Fahrzeugbau, Dynapac und MOBA Mobile Automation.



### Literatur

- [1] LIPKE, Sebastian, DIETRICH, Willi, UTTERODT, Ronald, BERTHOLD, Ralph, HORN, Alfons, BÖHM, Stefan, GERIGK, Marcus, ULRICH, Alfred, HAMEISTER, Hanno, OLFERS, Reinhold: Gesamtabschlussbericht „Prozesssicherer automatisierter Straßenbau“, Hannover, Technische Informationsbibliothek und Universitätsbibliothek, 2013



**Dr. Sebastian Lipke**  
Bauingenieur,  
Referat „Asphaltbauweisen“



## Asphaltbefestigungen: rechnerisch dimensioniert – bauvertraglich vereinbart

In den vergangenen Jahren wurden neue Bauvertragsformen entwickelt: der Funktionsbauvertrag und der Konzessionsvertrag für Betreibermodelle. Für diese Vertragsformen, aber auch für Nebenangebote im Rahmen konventioneller Ausschreibungen, besteht die Möglichkeit, von einem standardisierten Konstruktionsaufbau nach den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen (RStO) abzusehen und stattdessen eine individuelle Dimensionierung vorzunehmen. Hierzu wurden die Richtlinien für die rechnerische Dimensionierung des Oberbaus von Verkehrsflächen mit Asphaltdeckschicht (RDO Asphalt) im Jahr 2009 durch das Bundesverkehrsministerium bekanntgegeben.

Bei der rechnerischen Dimensionierung erfolgt die Festlegung der Schichtdicken des konstruktiven Asphalt oberbaus in erster Linie in Abhängigkeit der Materialeigenschaften der zu verwendenden Asphalte. Asphalt ist ein Baustoffgemisch aus dem Bindemittel Bitumen, einem Gesteinskörnungsgemisch und gegebenenfalls Zusatzstoffen.

Für die Ermittlung der erforderlichen dimensionierungsrelevanten Asphalteigenschaften - dies sind im Wesentlichen Ermüdung und Steifigkeit - sind zusätzliche Materialuntersuchungen notwendig, deren Aufwand deutlich den für eine klassische Asphaltmischgutkonzeption und Erstprüfung übersteigen.

Bei Verwendung eines standardisierten Aufbaus nach den RStO und von in den Technischen Lieferbedingungen Asphalt-StB enthaltenen Asphaltmischgutarten und -sorten reicht es aus, in der vertraglichen Abwicklung kompositionelle Merkmale sowie Hohlraumgehalt und Verdichtung der fertigen Schicht zu vereinbaren und im Zuge der Bauausführung zu überprüfen.

Dies gilt jedoch nicht für einen rechnerisch dimensionierten Konstruktionsaufbau, dessen Schichtdicken und Gesamtdicke unmittelbar von den dimensionierungsrelevanten Kenngrößen abhängt, sodass diese auch für die bauvertragliche Abwicklung herangezogen werden müssen.

### Materialeigenschaften

Vor Ausgestaltung der vertraglichen Vereinbarungen sind zwei Kernfragen zu klären: Wie verändern sich die Materialeigenschaften von der Phase der Erstprüfung im Labor über die Asphaltmischgutherstellung sowie durch den Einfluss des Einbaus durch Fertiger und Walzen? Dieser Fragestellung wird in einem umfangreichen Forschungsvorhaben nachgegangen, in dem bei 21 Baumaßnahmen parallel zur klassischen Vertragsabwicklung die erforderlichen Untersuchungen vorgenommen werden. Erste Auswertungen geben Hinweise darauf, welche Asphalteigenschaften sich kaum verändern, bei welchen relativ sicher von den Ergebnissen der Erstprüfung auf das zu erwartende Ergebnis der eingebauten Schicht geschlossen werden kann, und bei welchen Eigenschaften dieser Zusammenhang nicht so stringent ist.

### Erforderliche Prüfungen

Die zweite Frage richtet sich auf Art und Umfang der für eine Kontrolle der Bauleistung erforderlichen Prüfungen. Das Vorgehen der Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen Asphalt-StB, eine Kontrollprüfung je 6.000 Quadratmeter hergestellter Fläche zu übernehmen, ist aufgrund der großen Anzahl zu entnehmender und zu prüfender Bohrkerne (etwa 15 pro Abschnitt) nicht praktikabel und würde im Neubauzustand bereits zu einer Vielzahl von Schwachstellen in der Konstruktion führen.

Um hier eine gute und für alle Seiten akzeptable Lösung zu finden, wurden in

verschiedenen Forschungsarbeiten mögliche Lösungswege betrachtet.

**Reduzierung des Prüfaufwands**

Eine Möglichkeit für die Überprüfung der erbrachten Bauleistung wurde in der BAST erarbeitet und in die Diskussion eingebracht. Hierbei wird das in den Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt definierte Prüfraster (flächenbezogene Beurteilungskriterien) beibehalten. Jedoch wird nicht für jedes Feld des Prüfrasters der komplette Prüfumfang für die Ermittlung der dimensionierungsrelevanten Asphalteeigenschaften durchgeführt.

Vielmehr wird eine sinnvolle Aufteilung der erforderlichen Anzahl an durchzuführenden Prüfungen auf mehrere Abschnitte vorgenommen. In der Zusammenführung aller Prüfergebnisse kann folglich die Beurteilung der Bauleistung in Bezug auf die zugrunde gelegte Dimensionierung

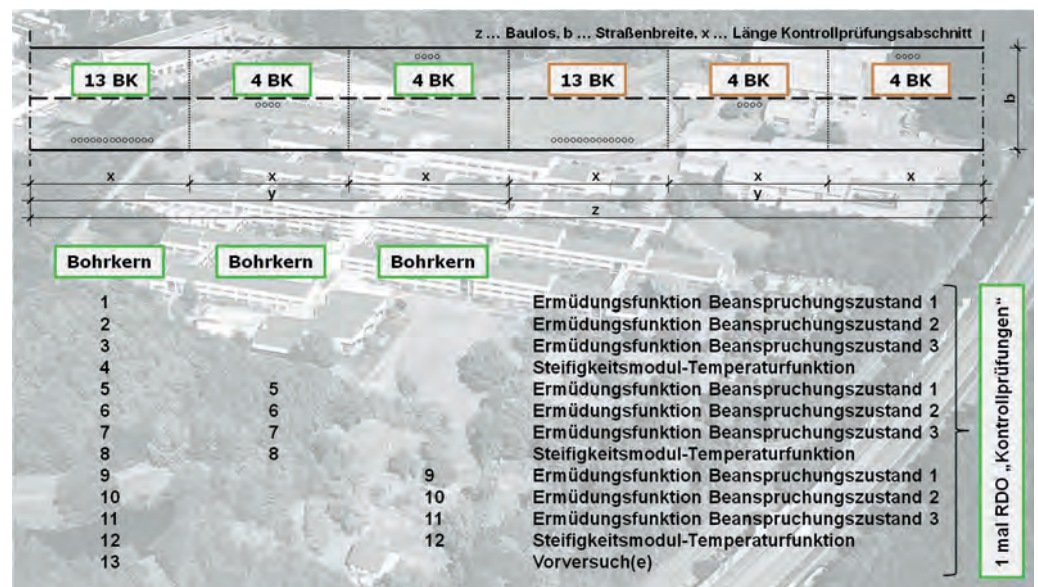
erfolgen. Dies bedeutet eine Reduzierung der Untersuchungskosten, des Arbeits- und Zeitaufwandes aber auch eine geringere Schädigung der neu hergestellten Asphalt-schichten bei Beibehaltung der gleichen Aussagequalität der ermittelten Ergebnisse.

Das erarbeitete Verfahren wird zur Validierung in einer Baumaßnahme in Zusammenarbeit mit der Landesstraßenbaubehörde Sachsen Anhalt angewandt.

Bei erfolgreicher Anwendung ist eine Übernahme dieses Verfahrens als ein Baustein in die zu erarbeitenden Vertragsbedingungen für die Durchführung und Abnahme von Bauleistungen, bei denen die rechnerische Dimensionierung zugrunde gelegt wurde, zu erörtern.

Mit der Erstellung dieser Vertragsbedingungen wird nicht nur die Akzeptanz der rechnerischen Dimensionierung steigen, sondern auch eine Anwendung der RDO Asphalt gefördert.

Mögliches Prüfraster für die Ermittlung der dimensionierungsrelevanten Asphalteeigenschaften für Bauleistungen



Dr. Sebastian Lipke  
Bauingenieur,  
Referat „Asphaltbauweisen“



## Genormter Asphalt: zweiter Aufschlag in Europa

Die derzeit noch gültige Normenreihe für Asphaltmischgut für den Heißeinbau EN 13108 datiert im Wesentlichen aus dem Jahre 2006 und wurde zwischenzeitlich durch vereinzelte Ergänzungen fast nur redaktionell angepasst. Im Jahre 2011 startete die systematische Überprüfung der Normenserie, die nach fünf Jahren der Anwendung mit einer Umfrage nach der Notwendigkeit einer Überarbeitung beginnt. Auch unabhängig vom Ergebnis der Umfrage war für die an der Normung Beteiligten klar, dass ein erheblicher Nachbesserungsbedarf bestand sowie grundlegende Veränderungen an den Normen vollzogen werden sollten. Entsprechend umfangreich war die interne Diskussion, die sich über mehrere Jahre hinzog.

Wesentliche Änderungen wurden in Entwürfe umgesetzt, so zum Beispiel die Aufhebung der strikten Trennung zwischen den traditionellen kompositionellen Eigenschaften und den gebrauchsorientierten Eigenschaften für alle Asphaltbetone und die Übertragung dieses Ansatzes auch für Splittmastixasphalt und Offenporigen Asphalt. Die Änderungen gingen im Jahre 2011 in die CEN-Umfrage, um sie durch eine Veröffentlichung der europäischen

Fachwelt mit dem Ziele der Kommentierung zugänglich zu machen.

Insgesamt gingen zu dem Normenpaket, das acht Mischgutnormen, die Norm für Ausbauasphalt sowie zwei Normenteile zur Qualitätssicherung über 2.000 Einzelkommentare ein, die alle zu behandeln und zu beurteilen waren. Zudem mussten die Mischgutnormen, die von der Europäischen Kommission beauftragt (mandatiert) wurden, an die zwischenzeitlich in Kraft getretene EU-Bauproduktenverordnung als Nachfolgeregelung zur Bauproduktenverordnung angepasst werden.

Diese Arbeiten wurden in den Jahren 2013 und 2014 durchgeführt und fanden ihren Abschluss im „comments resolution meeting“. Auf der Sitzung, die im Herbst 2014 auf Einladung der deutschen Delegation in München stattfand, wurde abschließend über alle Einsprüche abgestimmt. Auf Initiative der BAST konnte hier erreicht werden, dass auch die für die rechnerische Dimensionierung aus deutscher Sicht wichtige Eigenschaft der Bestimmung des Ermüdungsverhaltens mittels des Dynamischen Spaltzugversuchs in die Norm für Asphaltbetone mit aufgenommen wurde.



Somit bietet die künftige europäische Normengeneration die Möglichkeit, weiterhin die bisherigen Eigenschaften nutzen zu können, aber in Ergänzung dazu auch neue Gebrauchseigenschaften europäisch abzubilden. Dies ergibt für die Umsetzung der Normen in das nationale Regelwerk einen sehr weitreichenden Gestaltungsspielraum, mit dem der aktuelle Stand der Technik abgebildet werden kann, und der zudem Spielräume für die Umsetzung künftiger Entwicklungen bietet.

Die BAST ist intensiv in den Prozess der europäischen Normungsarbeit für diese Produktgruppe eingebunden. Neben der aktiven Mitarbeit bei der Formulierung der Normenentwürfe, hier ist die BAST federführend für den Normenteil „Splitt-

mastixasphalt“ und für die Erstellung der Prüfnomen, wird der nationale Spiegelausschuss als Gemeinschaftsausschuss von FGSV und DIN sowie die deutsche Delegation im CEN-TC 227/WG1 von der BAST geleitet.

In Ergänzung zur Mitarbeit bei der Normung stationär hergestellten Asphaltmischguts ist die BAST auch in der Europäischen Normung der Erhaltung in Asphaltbauweise aktiv. Darüber hinaus stellt sie den Leiter des CEN-TC 227 „Straßenbaustoffe“, in dem neben den Asphalten weitere Baustoffe für den Straßenoberbau und die Prüfverfahren für die Oberflächeneigenschaften genormt werden.



Bild: DEUTAG



**Rudi Bull-Wasser**  
Bauingenieur, Leiter des Referats  
„Asphaltbauweisen“



## Funktionsprüfung: Asphaltbeläge mit Grip

Straßenbeläge brauchen Grip. Die Eigenschaft Griffigkeit einer Fahrbahnbefestigung ist maßgebend für die Verkehrssicherheit. Das Messen der Griffigkeit einer fertigen Straße ist mit dem Seitenkraftmessverfahren (SKM) möglich und seit Jahren gängige Praxis in Deutschland. Aber wie kann man die Verhältnisse „ins Labor“ holen?

### Entwicklung des Prüfverfahrens

Einen maßgebenden Einfluss auf die Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen hat der Polierwert der Gesteinskörnung, dieser wird in Deutschland mit dem PSV-Verfahren an der Gesteinskörnung 8/10 Millimeter bestimmt. Der Polierwert ist ein Maß für die Widerstandsfähigkeit von Gesteinskörnungen gegen die polierende Wirkung von Fahrzeugreifen an der Straßenoberfläche. Der Polierwert allein ist aber nicht ausreichend, da auch die Korngrößenverteilung der Gesteinskörnungen und die Zusammensetzung des Asphalts Einfluss auf die Griffigkeit haben. Es wurde also ein Prüfverfahren gesucht, mit dem es möglich ist, vor Beginn einer Baumaßnahme einen Belag zu entwerfen, der bis zum Ende seiner Gebrauchsdauer an der Straßenoberfläche griffig bleibt. An der TU Berlin wurde in den 1960er Jahren von Wehner und Schulze eine Prüfanlage für die Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen entwickelt. Nach jahrelangen Forschungen und technischen Weiterentwicklungen stehen zurzeit europaweit zirka 19 Prüfmaschinen der zweiten Gerätegeneration für die Ansprache der Griffigkeit zur Verfügung.

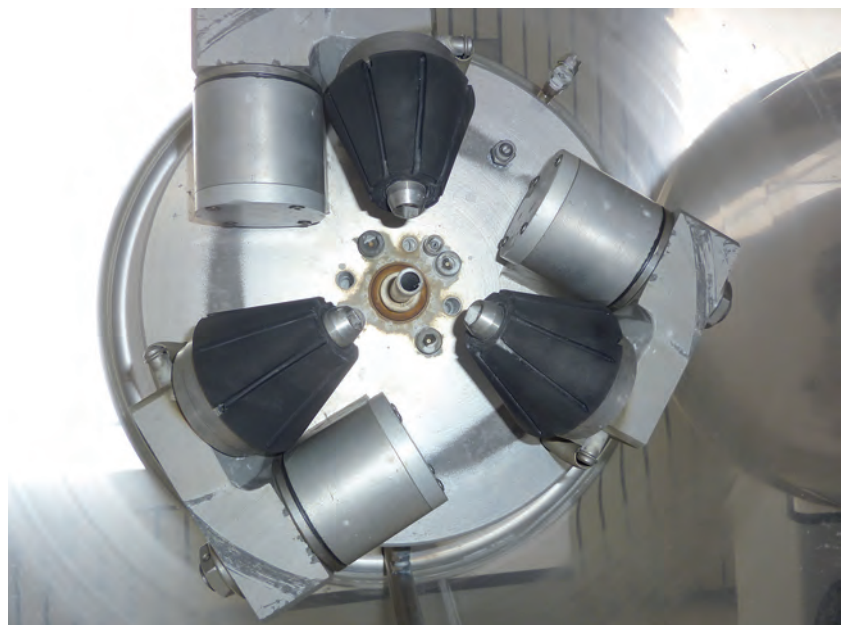
Das Prüfverfahren nach Wehner/Schulze kann zum einen zur Bestimmung des Polierwertes von groben und feinen Gesteinskörnungen eingesetzt werden, zum anderen sind auch Prüfungen zur Prognose der Griffigkeitsentwicklung von Fahrbahnoberflächen möglich. Beim Poliervorgang wird zeitraffend eine Verkehrseinwirkung auf der Prüfoberfläche simuliert. Die polierende Wirkung wird durch drei, unter Schlupf



*Prüfmaschine nach Wehner/Schulze*

laufenden konischen Gummirollen nachgeahmt, wobei die Polierwirkung durch ein Wasser-Quarzmehl-Gemisch verstärkt wird. Bei der anschließenden Griffigkeitsmessung werden drei mit einer Umfangsgeschwindigkeit von etwa 100 km/h rotierende Messgummis auf der bewässerten Prüfoberfläche abgebremst. Die Geschwindigkeit und die zugehörige Reibkraft werden bis zum Stillstand aufgezeichnet. Der Polierwert berechnet sich aus dem Verhältnis zwischen Reibkraft und Aufstandskraft der Messgummis bei einer Geschwindigkeit von 60 km/h.

*Detailaufnahme Polierrollen*



Die Messung der Griffigkeit nach Polieren erfolgt in der Regel nach 90.000 Überrollungen. Für eine Griffigkeitsprognose können auch andere Überrollungszahlen für den Poliervorgang aufgebracht werden. Von der BAST sind Möglichkeiten zur Kontrolle der Maschinenparameter während des Prüfbetriebes entwickelt worden. Die Vorgehensweisen dabei sind im Heft S 82 der BAST-Schriftenreihe veröffentlicht.

**Griffigkeitsprognose**

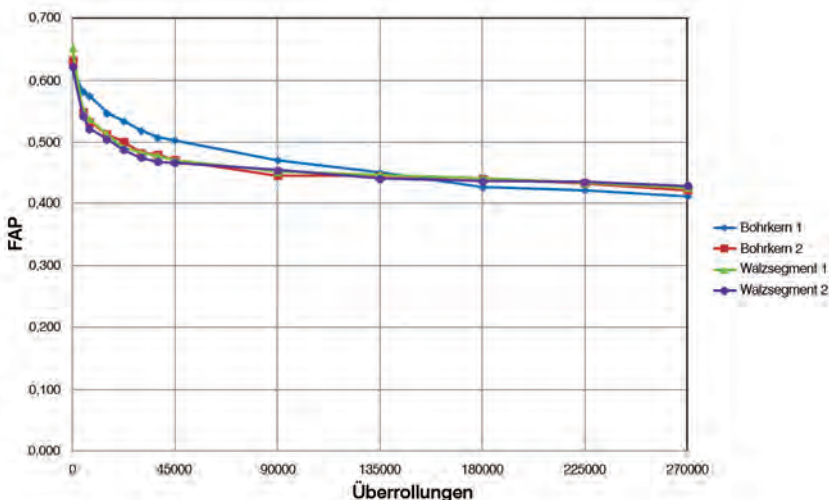
Mit der Griffigkeitsprognose soll die Entwicklung der Griffigkeit planbarer werden, wodurch die bauvertraglichen Anforderungen

*Einflüsse auf die Griffigkeit auf der Straße und im Labor*

Einflüsse auf die Griffigkeit	polierend	aufrauend
auf der Straße	Fahrzeugreifen (Schlupf und Abrieb vom Gummi), Staub und Wasser	Frost, saurer Regen
im Labor	Überrollungen unter Zugabe von Wasser und Quarzmehl	Sandstrahlen, Befrosten, Beregnen

gen gezielter gestellt und erfüllt werden können. Mit dem Prüfverfahren werden mehrere Jahre Verkehrsbelastung durch viele tausend Überrollungen simuliert. Das Verfahren bietet die Möglichkeit, für neuere Bauweisen, mit denen noch keine jahrelangen Erfahrungen vorliegen, Prog-

*Beispiele für Prognosekurven für OPA*



nosen zu treffen. Die Tabelle zeigt, wie die Einflüsse auf die Griffigkeit von der Straße ins Labor übertragen werden.

Offenporige Asphalte (OPA) zum Beispiel weisen bautechnische Besonderheiten, wie beispielsweise die Dränage des Oberflächenwassers, sowie einen einkörnigen Kornaufbau mit nur geringen Anteilen an Sanden auf. In der BAST wurde mit dem Projekt „Griffigkeitsprognose an offenporigen Asphalten“ gezeigt, dass eine Prognose der Griffigkeiten über die Lebensdauer der Straße mit den Verfahren nach Wehner/Schulze grundsätzlich möglich ist. Eine maximale Überrollungszahl von 180.000 Überrollungen ist für eine Griffigkeitsprognose in jedem Fall ausreichend. Der Bericht ist in zwei Teilen in der Schriftenreihe der BAST (Hefte S 64 und S 72) veröffentlicht worden.

**Normung in Europa**

Auch von anderen Europäischen Forschungseinrichtungen wurde das Potenzial des Prüfverfahrens nach Wehner/Schulze zur Ansprache der Griffigkeit von Asphaltoberflächen als sehr groß eingeschätzt. Seit 2008 wurden in mehreren Workshops unter Beteiligung von Kollegen und Kolleginnen aus Frankreich, den Niederlanden, dem Vereinigten Königreich und Deutschland die Arbeiten an der Europäischen Norm zur Messung der Griffigkeit nach Polierung (FAP = Friction after Polishing) vorangetrieben. Die Norm DIN EN 12697-49 wurde im Januar 2014 veröffentlicht. Damit sind die prüftechnischen Voraussetzungen geschaffen worden, sodass für das Asphaltmischgut Anforderungswerte formuliert werden können, die europaweit akzeptiert sind.

**Aktuelle Untersuchungen**

In einem weiteren Forschungsprojekt untersucht die BAST die Griffigkeitsprognose an einem Splitt Mastix Asphalt (SMA) mit dem Prüfverfahren FAP. Mit Rückstellproben aus bereits durchgeführten Straßenbaumaßnahmen werden Griffigkeitswerte anhand von im Labor hergestellter As-

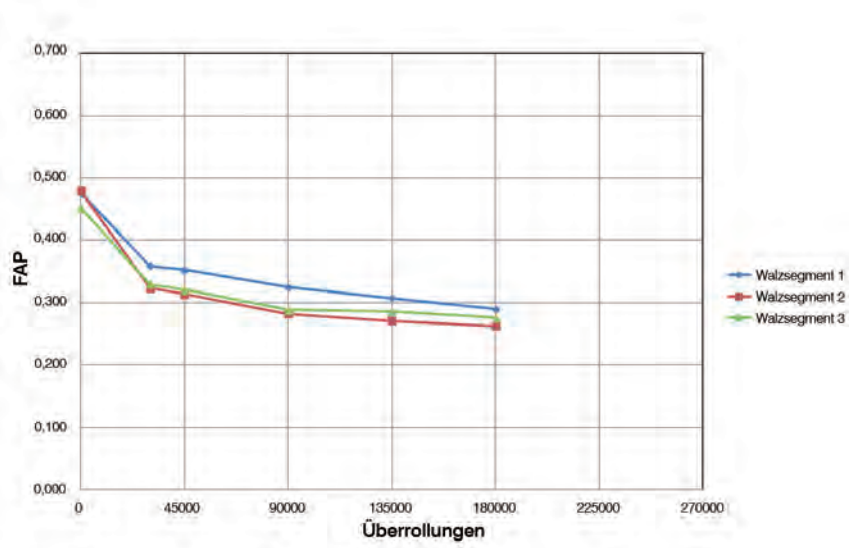


phaltplatten bestimmt. Die Griffigkeitswerte werden nach einem festgelegtem Prüfprogramm gemäß der europäischen Norm EN 12697-49 in mehreren Intervallen mit dem FAP-Gerät ermittelt.

Die verwendeten Strecken weisen eine mehrjährige Verkehrsnutzung auf. In dieser Zeit wurden im Zuge der Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) kontinuierlich Griffigkeitsmessungen auf den ausgewählten Streckenabschnitten durchgeführt. Im Anschluss der Datensammlung soll untersucht werden, wie deutlich der Zusammenhang zwischen den FAP- und Griffigkeitswerten aus der ZEB erkennbar ist. Ist dieser Zusammenhang ersichtlich, sind die Grundlagen für weitere Forschungsaktivitäten geschaffen, um dann als Resultat die Griffigkeit von Asphaltoberflächen im Labor vorhersagen zu können.

**Ausblick**

Derzeit laufen die Revisionen der Europäischen Normen für Asphaltmischgut. In dieser Normenserie werden für das Mischgut für Deckschichten Anforderungswerte



an die Griffigkeit nach Polieren enthalten sein. Aufgrund der bisher vorliegenden Erkenntnisse wurden Klassen von Griffigkeitswerten zwischen FAP-Werten von 0,30 und 0,50 als mögliche Kategorien in die Europäischen Normenteile für Verkehrsflächen aus Walzasphalt aufgenommen. Eine Anpassung der nationalen Regelwerke zum Asphaltstraßenbau, hier insbesondere der Technischen Lieferbedingungen für Asphaltmischgut TL Asphalt-StB muss dann erfolgen.

*Beispiele für Prognosekurven für SMA*



**Franz Bommert**  
Bauingenieur, Referat „Asphaltbauweisen“



**Roderich Hillmann**  
Bauingenieur, Leiter des Referats „Erbau, Mineralstoffe“



**Dr. Christine Kellermann-Kinner**  
Bauingenieurin, Referat „Erbau, Mineralstoffe“



**Patrick Kühn**  
Verkehringenieur, Referat „Asphaltbauweisen“

## Offenporiger Beton: neue Entwicklungen

In Deutschland hat sich die Betonbauweise insbesondere wegen ihrer hohen Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit bewährt. Durch den stetigen Anstieg der Verkehrsleistung und der damit verbundenen Lärmbelastung ergibt sich die Verpflichtung, infrastrukturseitige Maßnahmen zur Lärminderung zu ergreifen. Um den damit verbundenen Anforderungen gerecht zu werden, ist seit 2006 die Waschbetonbauweise als lärmindernder Betonfahrbahnbelag im Straßenbauregelwerk verankert.

Bei der Herstellung der Waschbetontextur wird die Mörtelschicht an der Oberfläche durch Ausbürsten entfernt. Übrig bleibt eine Betonoberfläche mit teilweise freigelegten Gesteinskörnern. Das Lärminderungspotenzial ist dabei im Wesentlichen von der Ausrichtung der Gesteinskörnung an der Oberfläche sowie der Texturtiefe abhängig. Der Waschbetonbauweise wird im Regelwerk eine Lärminderung von zwei dB(A) zugeordnet. Bei besonders hohen Anforderungen an den Lärmschutz sind jedoch deutlich höhere Pegelminderungen erforderlich.

*Durch Ausbürsten des Oberflächenmörtels texturierte Waschbetonoberfläche (links); Hohlraumreiche, offenporige Betonoberfläche (rechts)*

### Lärminderungspotenzial

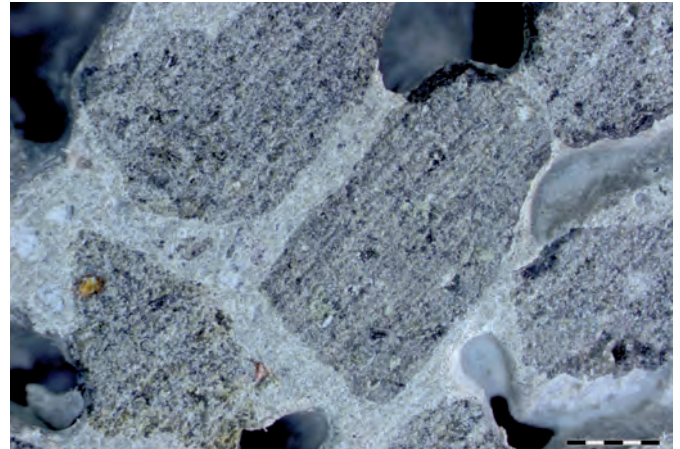
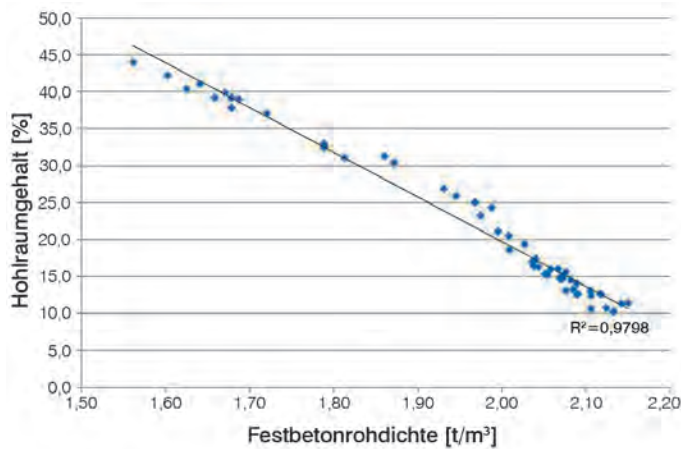
Hierfür müssen neben den texturabhängigen auch die texturunabhängigen akustischen Eigenschaften der Fahrbahnoberfläche genutzt werden. Insbesondere ist hier der oberflächenzugängliche Hohlraum-

gehalt zu nennen, der bei einem Anteil von mehr als acht Volumenprozent zu einer zusätzlich wirksamen Pegelminderung beitragen kann. Dabei gilt: Je höher dieser Hohlraumgehalt, desto besser ist das Schallabsorptionsvermögen des Fahrbahnbelages. Solcherart optimierte offenporige Fahrbahnbeläge können gegenüber einer gleichartig texturierten dichten Oberfläche eine Pegelminderung von mehr als fünf dB(A) aufweisen. So konnten beispielsweise an einer im Jahr 2002 gebauten Erprobungsstrecke mit offenporigem Beton auf der B 56n bei Düren Lärmpegelminderungen von bis zu sieben dB(A) messtechnisch ermittelt und zusätzlich eine hohe Entwässerungsfähigkeit nachgewiesen werden.

Aufgrund von verschiedenen Schwierigkeiten, unter anderem Haftverbund, Kornausbrüchen, Fugenkonstruktion, wies diese Erprobungsstrecke nur eine unzureichende Dauerhaftigkeit auf und musste nach zirka fünfjähriger Liegedauer grundhaft erneuert werden. Dies war im Jahr 2012 Anlass für ein Forschungsvorhaben mit dem Ziel, einen dauerhaften, offenporigen Beton (OPB) für höchste Beanspruchungen zu entwickeln und zu erproben. Ein weiteres Ziel der Untersuchungen ist die Optimierung der Bauweise hinsichtlich ihrer Griffigkeit und Entwässerungsfähigkeit.







Mit der Entwicklung eines dauerhaften, lärmindernden und offenporigen Betonfahrbahnbelags soll eine Alternative zu den offenporigen Belägen in Asphaltbauweise etabliert werden. Den Straßenbauverwaltungen soll hiermit trotz steigender Anforderungen an die Lärminderung – insbesondere bei der Planfeststellung – der notwendige Gestaltungsspielraum bei der straßenbautechnischen Ausführung ermöglicht werden. Die bislang vorhandenen Vorteile der Betonbauweise, wie lange Lebensdauer, helle Oberfläche und sehr gute Verformungsbeständigkeit auch bei hohen Temperaturen, sollen hierbei mit den Vorteilen der offenporigen Beläge kombiniert werden: hohe Lärminderung, gutes Drainagevermögen.

In Zukunft wird die lokale Verfügbarkeit und die Preisentwicklung von Rohstoffen eine immer wichtigere Rolle einnehmen. Insbesondere durch den Einsatz regional verfügbarer Bindemittel (Zement) im offenporigen Beton soll dieser Entwicklung Rechnung getragen werden. Gegenüber vergleichbaren offenporigen Asphaltbelägen ist überdies beim OPB eine weitaus geringere Anfälligkeit der Poren in Bezug auf Verschmutzung oder Verstopfung zu erwarten.

Im Rahmen des seit 2012 laufenden Forschungsvorhabens, das in Zusammenarbeit der BAST mit der „Gütegemeinschaft Verkehrsflächen aus Beton e.V.“ durchgeführt wird, galt es zunächst, eine modifizierte Betonrezeptur, basierend auf

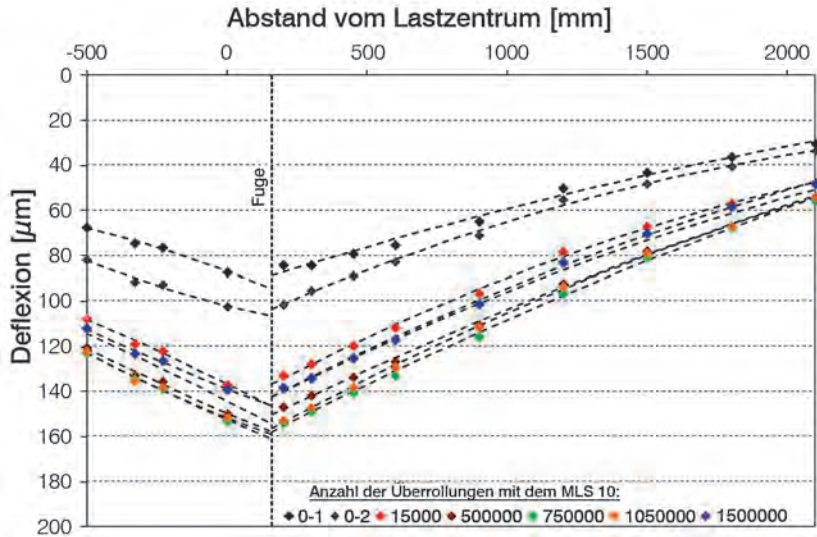
den Erfahrungen der oben genannten Erprobungsstrecke „B 56n“, zu untersuchen. Um eine höhere Pegelminderung als bei lärmindernden Oberflächen von Betonfahrbahndecken mit dichtem Gefüge zu erreichen, wird beim OPB ein Hohlraumgehalt am Festbeton von 18 plus/minus drei Volumenprozent angestrebt. Durch den Einsatz entsprechender Zusatzmittel sowie Zusatzstoffe wie Kunststoffdispersionen und Kunststofffasern soll eine hohe Dauerhaftigkeit des Betons erreicht werden.

### Laboruntersuchungen

Dieser optimierte offenporige Beton wurde zunächst im Labor hinsichtlich seiner Frisch- und Festbetoneigenschaften untersucht. Anschließend wurden seine akustischen Eigenschaften, die Oberflächentextur und der Widerstand der Betonoberfläche gegen Frost-Tausalz-Bearbeitung bestimmt. Weiterhin wurde ein eventuell auftretender Oberflächenabtrag und die damit verbundene Texturveränderung untersucht (Laser-Texturmessung).

Nach Abschluss der Laboruntersuchungen erfolgte in einem nächsten Schritt der Einbau eines vollständigen Straßenaufbaus unter praxisnahen Bedingungen in einer Großversuchsanlage der BAST. Im Anschluss an eine hinreichende Erhärtung des Betons wurde diese Modellstraße dynamisch belastet. Die Beanspruchung durch Schwerverkehr wurde dabei mit der Belastungseinrichtung „Mobile Load Simulator“ (MLS 10) aufgebracht. Während

*Zusammenhang zwischen Festbetonrohichte und zugänglichem Hohlraumgehalt einer OPB-Rezeptur (links); Mikroskopische Untersuchung des Festbetongefüges (rechts)*



Deflexionsverläufe an einer Fuge nach Beanspruchungszyklen mit dem MLS 10 (hier: MP 5 der Modellstraße)



Einbau des offenporigen Betons in eine Großversuchsanlage der BAST

dieser mechanischen Beanspruchung wurden regelmäßig die Tragfähigkeit des Oberbaus messtechnisch ermittelt sowie der allgemeine Oberflächenzustand beurteilt und dokumentiert. Aufgrund der konstanten klimatischen Bedingungen in der Großversuchsanlage ist eine gesonderte Betrachtung des Konstruktionsverhaltens bei gezielter mechanischer Beanspruchung möglich.

### Erprobungsstrecke

Im weiteren Projektverlauf ist der Bau einer Erprobungsstrecke auf dem Gelände der NATO-Airbase in Geilenkirchen vorgesehen, um die Einwirkungen aus der Überlagerung von realitätsnahen thermischen und hygri-schen sowie definierten mechanischen Beanspruchungen zu untersuchen. Entgegen der derzeit praktizierten zweischichtigen Bauweise „frisch auf frisch“ ist vorerst die Betonage des Oberbetons – als offenporiger Beton – auf einer bereits erhärteten Unterlage vorgesehen. „Frisch auf fest“ wird hier erprobt, da die Festigkeit des Betons in der Regel mit zunehmendem Hohlraumgehalt abnimmt und sich daraus eine kürzere Lebensdauer für die OPB-Schicht im Vergleich zum Unterbeton ableiten lässt. Bei derartigen Betondecken muss also – wie auch bei der Asphaltbauweise – die obere Schicht während der Lebensdauer der Gesamtkonstruktion mehrfach erneuert werden. Nach Abschluss der zweiten Untersuchungsphase ist zu prüfen, ob die bis dahin gewonnenen Erkenntnisse eine Anwendung im Bereich von Bundesfernstraßen zulassen.

**Christoph Becker**  
Bauingenieur, Referat  
„Betonbauweisen“



**Dr. Marko Wieland**  
Bauingenieur, Leiter des Referats  
„Betonbauweisen“





## Grinding: Akustische Optimierung von Betonoberflächen

An Fahrbahndecken werden zunehmend erhöhte Anforderungen an die Lärmminde- rung bei anforderungsgerechter Griffig- keit der Oberfläche gestellt. Betondecken sind bei regelgerechter Ausführung sehr dauerhaft, ihr Potenzial hinsichtlich der Lärminderung wird zurzeit jedoch noch nicht ausgeschöpft.

Als Alternative zum Texturieren des frischen Oberflächenmörtels einer Beton- fahrbahndecke kann auch der vollständig erhärtete Beton mittels Grinding texturiert werden. Durch das Grinding entsteht eine gerichtete Textur, die durch Stege und Rillen gekennzeichnet ist. Die Breite der Stege und Rillen wird dabei vom Abstand der Diamantschleifscheiben zueinander sowie von der Dicke der Schleifsegmente bestimmt.

Um das lärmtechnische Potenzial dieser Bauweise einschätzen zu können, führte die BASt 2011 erste SPB-Messungen durch. Dabei wurden verschiedene Autobahnabschnitte untersucht, deren Oberfläche im Rahmen einer Erhaltungs-

maßnahme hinsichtlich vorhandener Ebenheits- oder Griffigkeitsdefizite gegrindet wurden. Im Vergleich zum Referenzwert für Pkw-Vorbeifahrtpegel gemäß RLS-90 von 85,2 dB(A) zeigen die untersuchten Strecken eine Lärmreduzie- rung zwischen 2,4 und 3,0 dB(A).

### Akustische Eigenschaften

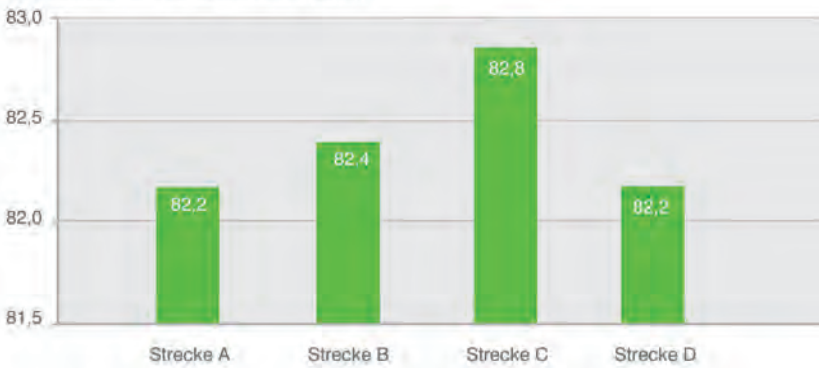
Mit dem CPX-Verfahren wurden drei Auto- bahnabschnitte über eine Länge von etwa 2.500 Metern hinsichtlich der akustischen Eigenschaften untersucht. Dabei wurden pro Streckenabschnitt im Abstand von 20 Metern die A-bewerteten Schalldruckpe- gel gemessen und gemittelt. Die Messun- gen erfolgen bei einer Geschwindigkeit von 80 km/h mit zwei Referenzreifen P1 und H1 nach ISO/TS 11819-3 (Technical Specification - noch im Entwurfsstadium).

Der Pkw-Reifen P1 ist sehr gut geeignet, um die akustische Qualität der Textur der Oberfläche zu beurteilen. Der Kleintrans- porterreifen H1 (repräsentativ für das akustische Verhalten eines Lkw-Reifens) ist hinsichtlich der Texturunterschiede



Grindingmaschine  
(Bild: Firma OAT)

SPB-Messungen Pkw bei 120 km/h (dB(A))



SPB-Messungen der BAST auf Grindingoberflächen

einer Fahrbahnoberfläche verhältnismäßig unempfindlich, reagiert aber empfindlich auf das Absorptionsvermögen und den Hohlraumgehalt einer Oberfläche.

Im Rahmen eines Projektes wurden eine Vielzahl von Waschbetonoberflächen hinsichtlich ihrer Fahrbahnoberflächeneigenschaften untersucht. Der Mittelwert aller Waschbetonstrecken liegt bei 97,4 dB(A) für den Pkw-Reifen P1 und bei 97,2 dB(A) für den Lkw-ähnlichen Reifen H1 und ist mit den erzielten Ergebnissen auf den Grindingstrecken vergleichbar.

CPX Indices	Pkw	Lkw
Strecke A	96,2 dB(A)	97,9 dB(A)
Strecke B	96,3 dB(A)	97,8 dB(A)
Strecke D	96,2 dB(A)	97,9 dB(A)

CPX-Messungen auf Grindingoberflächen (80 km/h)

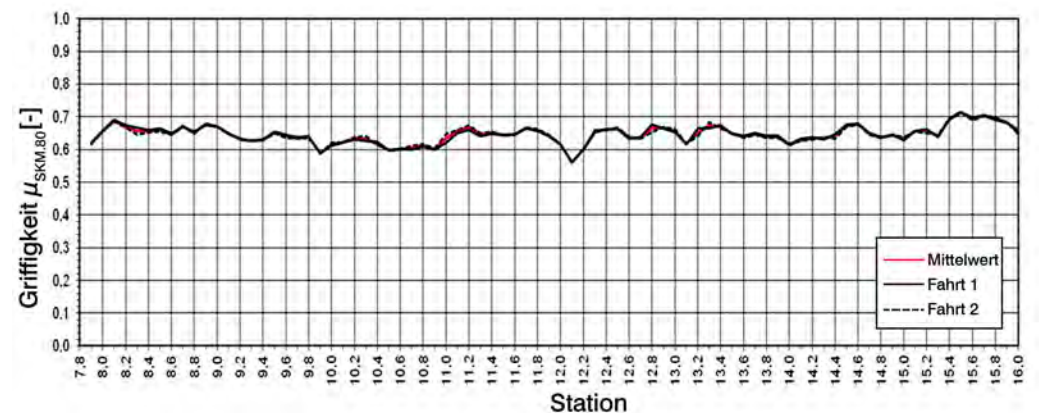
### Griffigkeit

Neben den akustischen Eigenschaften wurde auch die Griffigkeit mit dem SKM-Messfahrzeug unter bauvertraglichen Messbedingungen gemäß den TP Griff-StB auf verschiedenen Grindingstrecken ermittelt. Das jeweilige Grindingalter variierte zwischen einem und zehn Jahren. Insgesamt zeigten alle Abschnitte hohe Griffigkeitswerte im Mittel bei  $\mu_{SKM(80)} = 0,64$  auf. Sie liegt damit deutlich über den Anforderungswerten gemäß ZTV Beton-StB 07.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen belegen ein deutliches Lärmreduzierungspotenzial von Grindingoberflächen, vor allem vor dem Hintergrund einer dauerhaften Lärmreduzierung und hohen Griffigkeit.

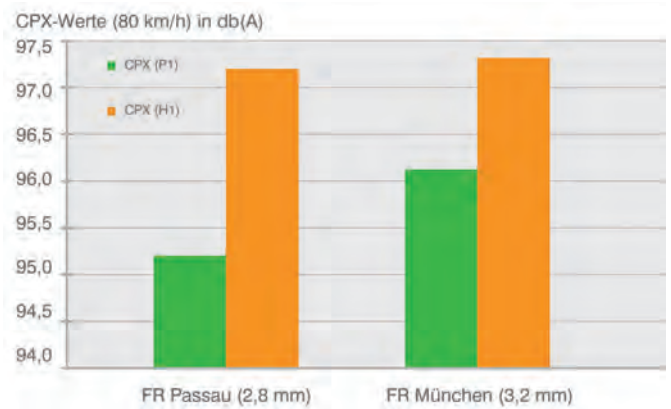
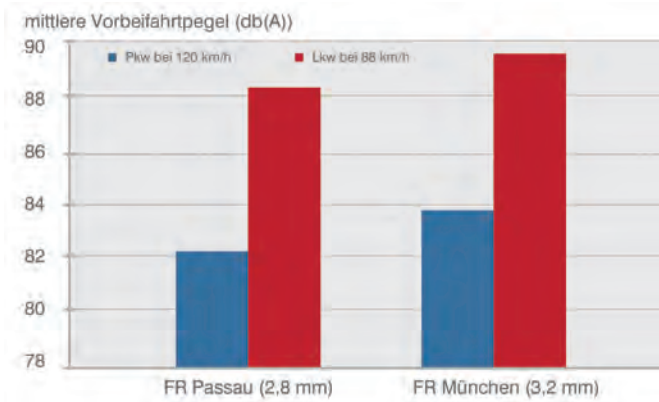
### Erprobungsstrecken

Im Rahmen weiterführender Forschungsaktivitäten wird untersucht, inwieweit dieses Potenzial bei Neubaumaßnahmen oder Deckenerneuerungen weiter ausgeschöpft werden kann. In den letzten Jahren wurden bereits Erprobungsstrecken mit neu entwickelten Schleifbildern gegrindet und akustisch vermessen. Ein Beispiel ist ein zirka 2.000 Meter langer Abschnitt auf der A 94 von München nach Passau, auf dem im Sommer 2011 zwei Teilstücke mittels Grinding texturiert wurden. In Fahrtrichtung Passau betrug die Rillenbreite 2,8 Millimeter, in Fahrtrichtung München 3,2 Millimeter. Der Abstand der Rillen betrug in beiden Abschnitten 2,2 Millimeter. Die BAST hat in 2012 SPB- und CPX-Messungen durchgeführt.



Ergebnisse Griffigkeitsmessungen





Im Vergleich zum Referenzwert für Pkw-Vorbeifahrtpegel gemäß RLS-90 von 85,2 dB(A) zeigen beide Streckenabschnitte eine Lärmreduzierung zwischen 1,5 und 3,1 dB(A), wobei die Grindingtextur mit einer schmaleren Rillenbreite von 2,8 Millimeter deutlich niedrigere Schalldruckpegel im Vergleich zum Abschnitt mit einer Rillenbreite von 3,2 Millimeter aufweist. Diese Tendenz wird durch die CPX-Messungen bestätigt. Hier zeigen sich auf dem Abschnitt mit geringerer Rillenbreite beim Pkw-Reifen niedrigere Schalldruckpegel im Vergleich zum Abschnitt mit höherer Rillenbreite.

Die Untersuchung existierender Grinding-Oberflächen zeigt, dass dieses Texturierungsverfahren grundsätzlich geeignet ist, eine sehr dauerhafte langlebige Oberflächen-Texturierung, verbunden mit einer deutlichen Lärminderung zu erreichen. Allerdings stellt sich diese Textur momentan in Abhängigkeit von verschiedenen Randparametern wie Betonzusammensetzung und Dicke der Mörtelschicht, Diamantscheibenabstand, Schwingungseigenschaften der Diamantscheiben frei ein. Die Grinding-Textur wird bisher nur teilweise definiert erzeugt, zum Teil ist sie noch unzulänglich bekannten weiteren Einflüssen unterworfen, die neben der Griffigkeit das endgültige dauerhafte Erscheinungsbild und die akustische Wirkung maßgeblich mitbestimmen.

**Optimale Grindingtextur**

Aus diesem Grund wurde durch die BAST in 2012 ein Forschungsprojekt vergeben,

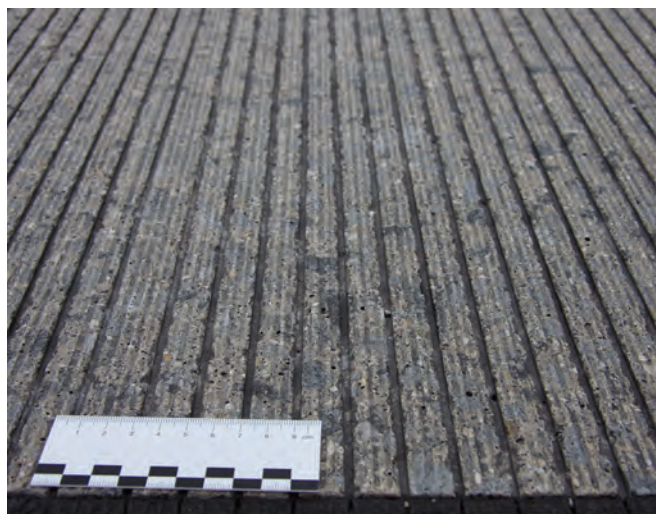
in dem eine lärmtechnisch und griffigkeitstechnisch optimale Grindingtextur entwickelt werden soll, die definiert erzeugt werden kann. Basierend auf theoretischen Ansätzen und Simulationen soll ermittelt werden, welche Geometrie Grindingtexturen mit optimalen lärmmindern Eigenschaften aufweisen müssen. Aufbauend auf den ermittelten Geometrien sollen im Labor Straßenbaubetone entwickelt werden, denen zielsicher die gewünschte Grindingtextur eingeschnitten werden kann.

In der ersten Projektphase wurden in 2013 auf drei Bundesautobahnen, auf denen griffigkeitsverbessernde Maßnahmen erforderlich waren, mehrere Versuchsabschnitte mit unterschiedlichen Grinding-

*Ergebnisse SPB-Messungen (links); Ergebnisse CPX-Messungen A 94 bei Forstinning (rechts)*

*Messstrecke A 94 bei Forstinning*





*Versuchsabschnitt auf der A 13 (links); Grinding und Grooving Oberfläche (rechts)*

texturen hergestellt. Dabei kam auch die Kombination der Verfahren Grinding und Grooving zum Einsatz, die derzeit noch aus zwei Arbeitsgängen besteht.

Aus den Ergebnissen von Textur-, Ebenheits-, Lärm- und Griffigkeitsmessungen wurden Rückschlüsse hinsichtlich der Realisierbarkeit optimierter Grindingtexturen auf einer im Rahmen des Forschungsvorhabens einzurichtenden Erprobungsstrecke gezogen.

Im August 2014 konnte mit Unterstützung des Landesbetriebs Straßenwesen

Brandenburg auf der A 12 bei Briesen innerhalb einer geplanten Erneuerungsmaßnahme ein Abschnitt von etwa einem Kilometer als erste Erprobungsstrecke hergestellt werden. Es kamen drei verschiedene Oberbetone mit unterschiedlichen Grindingvarianten zum Einsatz. Im Frühjahr 2015 ist der Bau einer weiteren Erprobungsstrecke auf der A 5 bei Bruchsal geplant. Die Ergebnisse des Forschungsprojekts verbunden mit Untersuchungen der BAST werden in 2016 veröffentlicht.



**Dr. Wolfram Bartolomaeus**  
Physiker, stellvertretender Leiter des Referats „Fahrzeug/Fahrbahn, Akustik“



**Dr. Ulrike Stöckert**  
Bauingenieurin, Leiterin des Referats „Oberflächeneigenschaften, Bewertung und Erhaltung von Straßen“



**Dr. Marko Wieland**  
Bauingenieur, Leiter des Referats Betonbauweisen“



**Marek Zöller**  
Fahrzeugingenieur, Referat „Fahrzeug/Fahrbahn, Akustik“



## Schnellreparatursystem für Betonstraßen

Im Hinblick auf die prognostizierte Entwicklung des Verkehrsaufkommens ist davon auszugehen, dass die Betonbauweise im Bundesfernstraßennetz künftig einen höheren Stellenwert einnehmen wird. Betonfahrbahndecken haben auch bei starker Verkehrsbelastung eine lange Nutzungsdauer. Außerdem sind sie wartungsarm, eine hohe Verfügbarkeit der Infrastruktur „Straße“ ist damit sichergestellt. Da die Verfügbarkeit mit steigendem Verkehrsaufkommen immer bedeutsamer wird, ergibt sich im Kontext mit der baulichen Erhaltung die Notwendigkeit, Störungen des Verkehrsablaufs auf ein Minimum zu beschränken. Ziel war es daher, ein Schnellreparatursystem für die Instandsetzung von singulären Schäden an Betonfahrbahndecken zu entwickeln und zu erproben.

Konstruktionsbedingt stellen bei der herkömmlichen Plattenbauweise von Betonstraßen die Fugen eine Schwachstelle dar. Zudem treten an den Plattenrändern und Plattenecken die höchsten mechanischen Beanspruchungen infolge der Verkehrslast auf, sodass diese Bereiche systembedingt anfällig sind. Es können trotz der generellen Wartungsarmut im Laufe der Nutzung singuläre Schädigungen insbesondere im Bereich des Fugenkreuzes auftreten, die in speziellen Fällen durch weitere Schädigungsmechanismen verstärkt werden, zum Beispiel durch eine Alkali-Kieselsäure-Reaktion im Beton.

### Instandsetzung

Soll ein derart geschädigter Bereich fachgerecht und dauerhaft saniert werden, erfordert die Verwendung konventioneller Bauverfahren längere Sperrzeiten des Verkehrs. Im Hinblick auf eine Reduktion negativer Einflüsse auf den Verkehrsablauf werden diese Schäden daher vielfach durch den Einsatz von Asphaltfüllungen zunächst temporär instandgesetzt.

Diese Form der Instandsetzung hat jedoch zur Folge, dass eine grundhafte Beseitigung des Mangels zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen muss. Gemäß Regelwerk sind Eckabbrüche durch das Ausbessern mit PC-Mörtel oder durch den Ersatz von Platten oder Plattenteilen mit Schnellbeton zu beseitigen. Durch die Verwendung von Schnellbetonen lässt sich eine hohe Dauerhaftigkeit erzielen, diese Methode ist jedoch vergleichsweise kostenintensiv. Zudem sind für den Prozess der Materialerhärtung je nach Witterung zwischen vier und mehr als zwölf Stunden anzusetzen, sodass der Verkehrsablauf gegebenenfalls stark beeinträchtigt wird.

### Betonfertigteile

Eine deutliche Verkürzung der Bauzeiten, insbesondere bei singulär auftretenden Schadensereignissen, ist durch den Einsatz vorgefertigter Betonteile zu erwarten. Weiterer Vorteil dieser Technologie ist, dass die Herstellung des Fertigteils witterungsunabhängig im Werk erfolgt und eine



Geschädigter Fugenkreuzbereich (links);  
mit Asphalt saniertes Fugenkreuz (rechts)

gleichbleibend hohe Qualität gewährleistet werden kann. In den Untersuchungen galt es nunmehr zu klären, inwiefern ein Reparatursystem mit Betonfertigteilen eine Alternative zu konventionellen Instandsetzungssystemen darstellen kann. Grundidee des Systems ist es, den geschädigten Bereich zu entfernen und durch ein Fertigteil aus gleichem Material zu ersetzen. Die Bettung und die Einbindung des Fertigteils in das vorhandene Deckensystem stellen dabei die wesentlichen Herausforderungen dar.

In einem schrittweisen Vorgehen wurden zum einen theoretische Grundlagen erarbeitet sowie erste Modell- und Praxisversuche durchgeführt, zum anderen wurden Betrachtungen zur Fertigteilgeometrie im Kontext mit der Herstellung der dazugehörigen Aussparung in der Fahrbahndecke vorgenommen.

Im Hinblick auf die am Fertigteil und am angrenzenden Deckenbeton auftretenden Spannungen, stellte sich nach Abschluss der Voruntersuchungen die Verwendung kreisrunder Fertigteile als günstigste Variante heraus. Zudem zeigte sich in der Praxis, dass insbesondere die Herstellung rechteckiger oder quadratischer Aussparungen mit einem hohen zeitlichen sowie technischen Aufwand verbunden ist.

Basierend auf diesen Erkenntnissen wurde ein Spezialkernbohrgerät für die Herstel-

lung kreisrunder Aussparungen (Durchmesser bis zu zwei Meter) entwickelt und in mehreren Feldversuchen getestet.

### **Versuchsstrecken**

Nach erfolgreichem Abschluss dieser Berechnungen und Versuche wurden Ende Juli 2013 auf der Bundesautobahn A 9 bei Niemegk zwei Versuchsstrecken angelegt, auf denen geschädigte Fugenkreuze unter Verwendung kreisrunder Betonfertigteile instandgesetzt wurden. Insgesamt kamen hierbei jeweils 15 Fertigteile mit einem Durchmesser von 1,6 und 2,0 Metern zum Einsatz.

Für die Instandsetzung wird zunächst die schadhafte Stelle auf der Fahrbahnoberfläche markiert und die Lage der Dübel und Anker mittels Georadar bestimmt, um einen störungsfreien Bohrprozess zu sicherzustellen. Danach wird die erforderliche Aussparung mit dem Spezialkernbohrgerät hergestellt und der geschädigte Beton herausgehoben. Nach Vorbereitung der Unterlage wird das an Traversen fixierte Betonfertigteil schwebend über der Aussparung justiert.

Für eine dauerhafte Instandsetzung ist die vollflächige Auflagerung des Fertigteils auf der Unterlage von großer Bedeutung. Aus diesem Grund wird der Hohlraum zwischen dem in der Aussparung hängenden Fertigteil und der vorhandenen Tragschicht mit einem speziellen Silikatharz ausgefüllt. Diese Methode hat den Vorteil, dass Erhärtungszeiten im Bauablauf entfallen und durch die schnelle Reaktion des Silikatharzes (wenige Minuten) eine zeitnahe Verkehrsfreigabe möglich ist.

Zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit des Reparatursystems werden die angelegten Versuchsstrecken messtechnisch begleitet. Neben dem Monitoring von Tragfähigkeit und Ebenheit erfolgt turnusmäßig eine visuelle Erfassung des allgemeinen Oberflächenbildes zur Dokumentation gegebenenfalls auftretender Schäden wie Rissbildungen oder Kantenschäden.

*Funktionsprüfung des Spezialkernbohrgerätes (Prototyp) auf der Bundesautobahn A 14*







### Fazit

Die bisher gesammelten Erfahrungen lassen erkennen, dass das betrachtete Schnellreparatursystem künftig eine alternative Instandhaltungs- und Instandsetzungsmethode für partielle Schäden an Betonfahrbahnen darstellen kann. Gegenwärtig ist das System jedoch nur für die Anwendung im Bereich von Fugenkreuzen erprobt. Ferner können noch keine abgesicherten Aussagen zur Dauerhaftigkeit getroffen werden. Die Ergebnisse aus den Modellversuchen und Anwendungen in der Praxis zeigen tendenziell eine vergleichbare Dauerhaftigkeit zu jenen

aus Instandsetzungen mittels Ortbeton. Eine Gesamtbeurteilung des entwickelten Systems insbesondere hinsichtlich seiner Wirtschaftlichkeit und Praxistauglichkeit kann erst nach Abschluss des Monitorings erfolgen. Ferner müssen die gewonnenen Ergebnisse an weiteren Praxisanwendungen erprobt und validiert werden. Da die bis dato gewonnenen Erkenntnisse einen durchgehend positiven Charakter aufweisen, soll hierauf aufbauend der Einsatz großformatiger Betonfertigteile über den gesamten Fahrbahnquerschnitt untersucht werden.

*Ausheben des Bohrkerns zur Herstellung der kreisrunden Aussparung (links); an Traversen fixiertes Betonfertigteile vor der Unterpressung mit Silikatharz (rechts)*



**Christoph Becker**  
Bauingenieur, Referat  
„Betonbauweisen“



**Alexandra Spilker**  
Bauingenieurin, Referat  
„Betonbauweisen“



**Dr. Marko Wieland**  
Bauingenieur, Leiter des Referats  
Betonbauweisen“

## Mobile Load Simulator MLS10 im Versuchsbetrieb

Ein funktionstüchtiges und qualitativ hochwertiges Fernstraßennetz ist für das Transitland Deutschland elementar. Im zusammenwachsenden Europa werden viele Güter über die Straße transportiert. Dabei verlaufen maßgebliche transeuropäische Verkehrsachsen über das deutsche Fernstraßennetz. Es gilt, das Fernstraßennetz so auszulegen, dass die Belastungen aus dem Güterverkehr dauerhaft ertragen werden können. Grundlage für die Dimensionierung des Straßenaufbaus bilden dabei wissenschaftliche Erkenntnisse aus Untersuchungen zur Beschreibung des Baustoffverhaltens, sowie langjährige Erfahrungen beim Bau und der Nutzung von Straßenbefestigungen. Einen wichtigen Baustein für Untersuchungen zum Gebrauchverhalten des gesamten Straßenaufbaus bilden zeitraffende Belastungsversuche im Maßstab 1:1. Dazu betreibt die BAST eine Asphaltmodellstraße die nach anerkannten Dimensionierungs- und Ausführungsregeln gebaut wurde. Eine realitätsnahe zeitraffende Belastung wird durch den Mobile Load Simulator MLS10 der BAST ermöglicht. Diese Belastungseinrichtung stellt einen Meilenstein für die Dauerbelastung von Straßenkonstruktionen jeglicher Bauweisen im Großversuch dar.

### Versuchsinfrastruktur

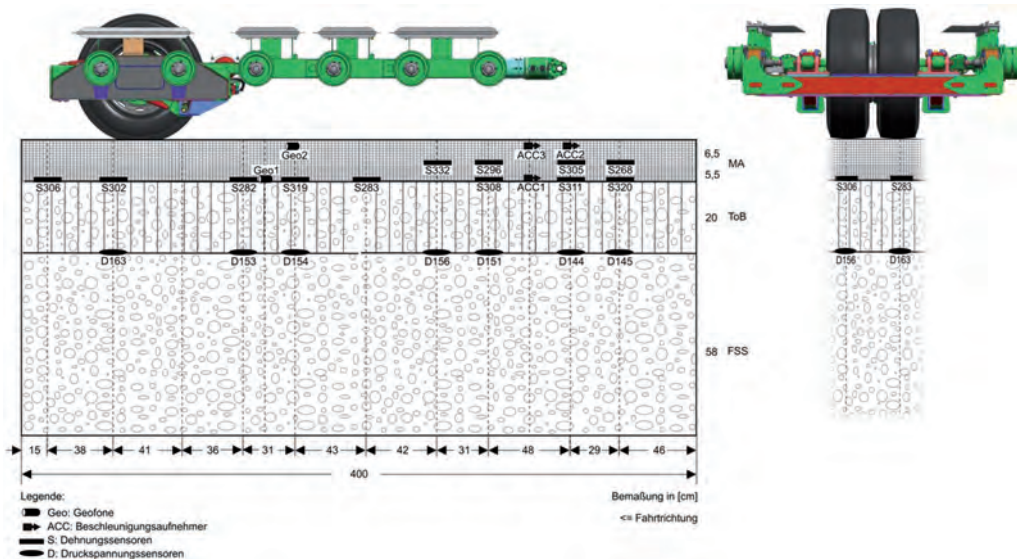
Zeitraffende Belastungsversuche, international als Accelerated Pavement Testing (APT) bekannt, werden mit verschiedenen Anlagen durchgeführt [1, 2, 3]. Der Mobile Load Simulator MLS10 wurde an der Universität Stellenbosch, Südafrika entwickelt und vor Ort produziert. Mit seinen Abmessungen von 10,7 x 2,4 x 3,1 Meter (Länge x Breite x Höhe) und einem Gesamtgewicht von zirka 40 Tonnen ist die Einheit über Transporträder auf kurzen Strecken selbstfahrend. Die optionale Nutzung des integrierten Dieselgenerators macht ihn von stationären Energiequellen unabhängig und generalisiert seine flexiblen Einsatzmöglichkeiten. Durch die mobile Verwendung ist es somit möglich, den MLS10 auf unterschiedlichsten Konstruktionen einzusetzen. Die Belastung der Straßenkonstruktion wird über handelsübliche Zwillingssreifen aufgebracht. Um die Konformität zu den Dimensionierungsregelwerken (RStO, RDO) zu gewährleisten, wurde für die ersten Versuchsreihen in der BAST die Radlast auf 50 Kilonewton (statisch gemessen) eingestellt. Dies entspricht den für Dimensionierungsrechnungen üblichen äquivalenten Zehntonnen-Achsübergängen. Innerhalb des MLS10 sind die Reifen Teil einer Konstruktion, dem sogenannten Bogie und Radsatzzug, und werden über seitliche Führungsräder in einer vertikal ovalen Bewegung mit bis zu 22 km/h durch die Maschine bewegt. Die gewünschte Belastung kann für jeden einzelnen Bogie separat eingestellt werden.

Für den ersten Versuch mit dem Mobile Load Simulator MLS10 wurde auf der Asphaltmodellstraße der BAST [4] ein Versuchsfeld mit verschiedenen Sensoren und Gussasphalt in zwei Lagen aufgebaut. Dazu wurden in diesem Versuchsfeld eigenentwickelte Druckspannungs-, Dehnungs- und Temperatursensoren integriert [5], die für ein kontinuierliches Strukturmonitoring in äquidistanten Zeitabstän-

Mobile Load Simulator  
MLS10 der BAST







Querschnitt des Versuchsfelds mit Belastungsrädern

den Signale gemessen haben. Durch die Anordnung der Sensoren in zwei Reihen passenden Abstands und entsprechender Positionierung des MLS10 konnten die Signale jeweils im Lastzentrum zentrisch unterhalb der Zwillingreifen gemessen werden. Die erzeugten Signale wurden über eine speziell für diesen Einsatz entwickelte Messwerterfassung mit entsprechender Software aufbereitet und für die Auswertung bereitgestellt.

**Versuchsergebnisse**

Die Bewertung der Sensorwerte stützt sich vor allem auf die Spitzenwerte der Dehnungs- und Druckspannungssensoren. Bei den an der Unterkante des Asphaltpaketes positionierten Dehnungssensoren treten infolge einer Radüberrollung Druck- und Zugdehnungen auf. Eine reine Druck-Schwellbeanspruchung lässt sich bei den Druckspannungssensoren in den ungebundenen Schichten feststellen.

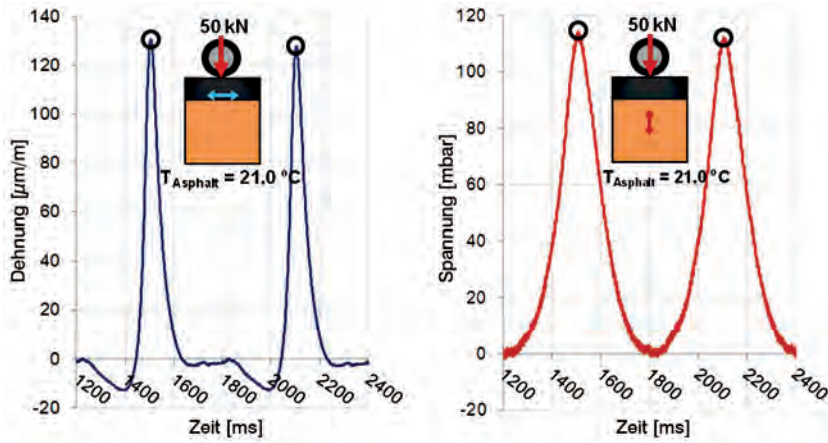
Die Betrachtung der Spitzenwerte zeigt bei der Auswertung ein leichtes Ansteigen der Werte über die gesamte Versuchsdauer. Auffällig ist, dass im Laufe eines Belastungstages ein deutlicher Anstieg in den Spitzenwerten der Dehnungen und Druckspannungen deutlich wird. Dieser verhält sich proportional zur aufgezeichneten Asphalttemperatur. Im Anschluss an eine Belastungspause, zwischen zwei Belastungstagen, ist ein Rückgang der

Spitzenwerte erkennbar. Eine strukturelle Schädigung, die mit einem Anstieg der Dehnungen und Druckspannungen einhergeht, lässt sich nach 300.000 Überrollungen noch nicht erkennen. Daher wurde die Dauerbelastung fortgeführt und wird derzeit ausgewertet.

Im Laufe des Belastungsprogramms wurden Falling Weight Deflectometer-Messungen (FWD-Messungen) durchgeführt. Während dieser Messungen wurde die Messwerterfassung zur Aufnahme der Sensorsignale jeweils aktiviert. Die Auswertung dieser Signale ermöglicht es, die gesamte Lasteintragung bestehend aus

Messfeld mit Druckspannungs-, Dehnungs- und Temperatursensoren



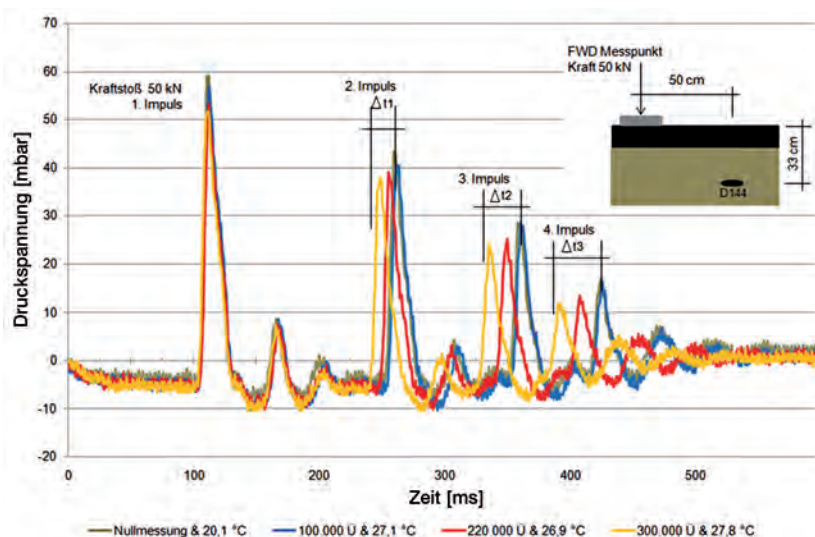


Dehnungen an der Asphaltunterseite (links); Druckspannungen in der ungebundenen Tragschicht (rechts)

dem Kraftstoß mit 50 Kilonewton und drei erkennbaren, nachfolgenden Impulsen (Nachfedern) detailliert gegenüberzustellen. Bei dieser Betrachtung konnte festgestellt werden, dass mit der Zunahme an Überrollungen die Periodendauer der gesamten Lasteintragung reduziert wurde. Die Peaks der einzelnen Impulse verschoben sich um bis zu 30 Millisekunden bezogen auf die Nullmessung. Dies ist ein Indiz für eine strukturelle Veränderung des Straßenaufbaus. Um Aussagen über den Grad der strukturellen Schädigung tätigen zu können, sind weitergehende Untersuchungen idealerweise mit verschiedenen, auch innovativen Messverfahren erforderlich.

Druckspannungen in der ungebundenen Tragschicht infolge einer FWD-Belastungssequenz

Weiterhin wurde während der Durchführung deutlich, dass mithilfe von Sensoren im Versuchsfeldaufbau neben der Datenerhebung für eine strukturelle Auswertung auch eine Überwachung der



Belastungseinrichtung möglich ist. Anhand der Sensordaten konnte, im Vorfeld einer regulären Inspektion, eine Reduzierung der Belastung an einem Belastungsrad detektiert werden.

Bei der Betrachtung und Auswertung der Sensordaten wurde eine Temperaturerhöhung im Versuchsfeldaufbau im Laufe der jeweiligen Belastungstage festgestellt. Hierzu wurde im Anschluss ein gesonderes Messprogramm durchgeführt, dessen Ergebnisse bei folgenden Planungen von Belastungsversuchen berücksichtigt werden.

**Fazit**

Durch den ersten Einsatz des Mobile Load Simulator MLS10 auf der instrumentierten Asphaltmodellstraße der BAST wurden wissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen, die in zukünftige Projekte der Straßenbauforschung einfließen werden. Mit dem MLS10 können realitätsnahe Simulationen von Verkehrsbelastungen in Form von zeitraffenden Belastungsversuchen im Großversuch durchgeführt werden. Neben der Versuchsanlage bildet ein ausgereiftes Sensorkonzept mit entsprechender Messwerterfassung und Software die Grundlage zur Analyse des Gebrauchsverhaltens von Straßenaufbauten.

Es wurden auch für den Bereich der Messtechnik Ergebnisse erzielt, die helfen werden, die Messtechnik weiter zu entwickeln und die strukturelle Schädigung im Straßenaufbau des Versuchsfeldes detektieren und aufzeichnen zu können.

Diese Ansätze sind in Zukunft durch weitere Versuche und Messprogramme weiter zu erforschen, zu erweitern sowie zu diskutieren. Seit der technischen Abnahme und dem Einbinden in den regulären Versuchsbetrieb hat der Mobile Load Simulator MLS10 bis Ende Oktober 2014 insgesamt über 4,8 Millionen Überrollungen auf Straßenkonstruktionen in Asphalt- und innovativen Betonbauweisen aufgebracht.



**Literatur**

- [1] NCHRP, National Cooperative Highway Research Program: Synthesis of Highway Practice 325 - Significant Findings from Full-Scale Accelerated Pavement Testing, Washington DC, Transportation Research Board, 2004
- [2] ARRAIGADA, Martin, et al.: Pilotstudie zur Evaluation einer mobilen Grossversuchsanlage für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen, Schweiz, Schweizerische Eidgenossenschaft, Bericht zum Projekt Nr. ASTRA 2004/018, 2009
- [3] COST 347 - European Cooperation in the field of scientific and technical research: Improvements in Pavement research with Accelerated Load Testing, Brüssel, COST, Final Report, 2004
- [4] RABE, Rolf: Bau einer instrumentierten Modellstraße in Asphaltbauweise zur messtechnischen Erfassung der Beanspruchungssituation im Straßenbau, Projekt 03 342/S4, Bergisch Gladbach, Bundesanstalt für Straßenwesen, 2004
- [5] SCHERKENBACH, Michael: Sensortestfeld - Analyse neuer und alter Sensoren, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, 2013

**Gudrun Golkowski**, Bauingenieurin, Referat „Erdbau, Mineralstoffe“  
**Rolf Rabe**, Bauingenieur, Referat „Dimensionierung und Straßenaufbau“  
**Michael Scherkenbach**, Elektroingenieur, Referat „Dimensionierung und Straßenaufbau“  
**Bastian Wacker**, Bauingenieur, Referat „Dimensionierung und Straßenaufbau“



Von links – oben: Erhard Ebbinghaus, Wolfgang Kumm – unten: Benjamin Rudolph, Gudrun Golkowski, Rolf Rabe, Bastian Wacker, Michael Scherkenbach

## Laserscanner in der Straßenzustandserfassung

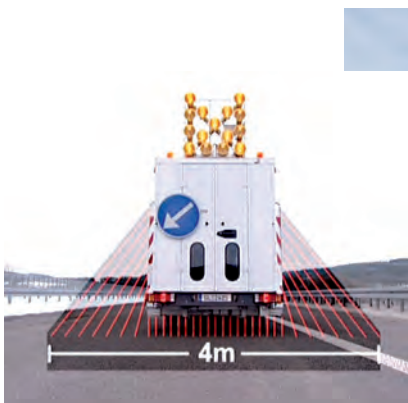
Im Rahmen der Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) werden seit dem Jahr 1991 die Zustandsmerkmale Griffigkeit, Ebenheit und Substanzmerkmale (Oberfläche) auf Bundesfernstraßen in einem regelmäßigen Turnus von vier Jahren erfasst. Die in diesem Prozess gewonnenen Daten finden unter anderem Eingang in die Erhaltungsplanung der Bundesfernstraßen.

Das Zustandsmerkmal Ebenheit ist dabei im Hinblick auf die Verkehrssicherheit von zentraler Bedeutung, bestimmt aber auch den Fahrkomfort sowie die Straßenbeanspruchung der gesamten Oberbaukonstruktion. Für die Ebenheitserfassung, bei der zwischen der Erfassung in Längs- und Querrichtung unterschieden wird, besitzt die BAST die zwei berührungslos arbeitenden Messsysteme EFA (Erfassungssystem zur Fahrbahnoberflächenanalyse) und MEFA (Multifunktionales Erfassungssystem zur Fahrbahnoberflächenanalyse).

Die Längsebenheitsmessung erfolgt bei beiden Fahrzeugen mittels vier in der rechten Radspur unter dem Fahrzeug-

boden montierten Einzellasersensoren nach dem Prinzip der Mehrfachabtastung (HRM-Prinzip), sodass ein Höhenwert des Höhenlängsprofils je 0,1 Meter Fahrstrecke gespeichert werden kann. Zur Querprofilermittlung kommen zwei unterschiedliche Technologien zum Einsatz. Beim EFA erfolgt die Erfassung nach der „klassischen“ Methode mit 41 diskreten Lasertriangulationssensoren am Fahrzeugheck, die in Querrichtung im Abstand von 0,1 Meter jeweils einen Laserpunkt auf die Fahrbahn projizieren, sodass je zehn Zentimeter Vorwärtsbewegung des Messfahrzeugs ein Querprofil mit einer Breite von 4,0 Meter erfasst werden kann. Die Querebenheitsmessung des MEFA basiert auf einer durch die BAST in 2011 initiierten Neuentwicklung.

Im Hinblick auf eine angestrebte dreidimensionale Betrachtung der Fahrbahnoberfläche wurde das Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM durch die BAST erstmals mit der Weiterentwicklung eines Laserscanners für den Einsatz auf Fahrbahnoberflächen beauftragt. Diese Messtechnik fand schließlich Eingang im Messsystem MEFA und wird nach



EFA: Erfassungssystem zur Fahrbahnoberflächenanalyse







MEFA: Multifunktionales Erfassungssystem zur Fahrbahnoberflächenanalyse

erfolgreichem Testbetrieb zur Erfassung der Querebenheit verwendet.

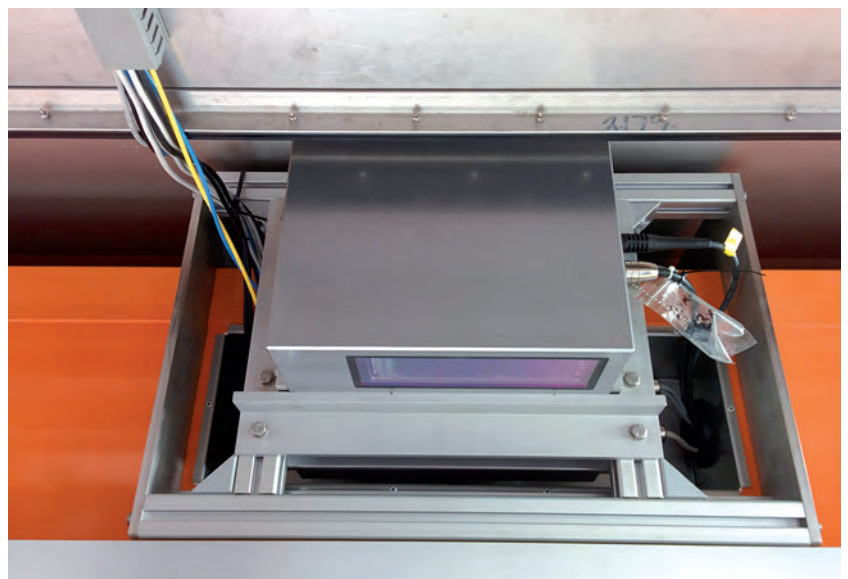
Der Laserscanner, der aufgrund der Einstufung in Laserklasse eins ohne weitere Sicherheitsmaßnahmen betrieben werden kann, besteht aus einem langwelligen Infrarotlaser und einem für die Strahlauslenkung rotierenden Oktaederspiegel. Dieser innovative Ansatz ermöglicht die Aufzeichnung von zirka 800 Querprofilen je Sekunde mit je 800 Messpunkten auf einer Breite von vier Metern. Somit kann bei 80 km/h Messgeschwindigkeit etwa alle drei Zentimeter Fahrstrecke ein Querprofil gemessen werden. Wesentliche Vorteile sind im Vergleich zur bisherigen Querebenheitsmessung mit seiner hohen Anzahl an Einzellasern ein deutlich reduzierter Wartungsaufwand und eine schmalere Fahrzeugbreite, die sich besonders beim Einsatz auf Bundesstraßen bewähren soll.

Beim Messsystem MEFA ist im Messbetrieb eine rote „Linie“ zu erkennen, die aus der zur Erfassung des Oberflächenbildes mittels Zeilenkameras benötigten LED-Beleuchtung resultiert und bei gerin-

gerer Breite in etwa dem vom Laserscanner abgetasteten Bereich entspricht. Der eigentliche Laserscanner befindet sich mittig in zirka 2,7 Meter Höhe hinter der am Kofferaufbau befindlichen Heckabdeckung.

Zusätzlich zu der Längs- und Querebenheitsermittlung erfolgt eine Abstandsmessung als seitlicher Abstand der Messlinie zur rechten Fahrbahnmarkierung. Über das miterfasste Frontbild und die dazu-

Laserscanner hinter der am Kofferaufbau befindlichen Heckabdeckung (MEFA)



gehörigen Navigationsdaten (WGS84-Koordinaten) ist stets eine genaue Zuordnung der Messwerte zum Straßennetz gegeben.

### 3D-Erfassung

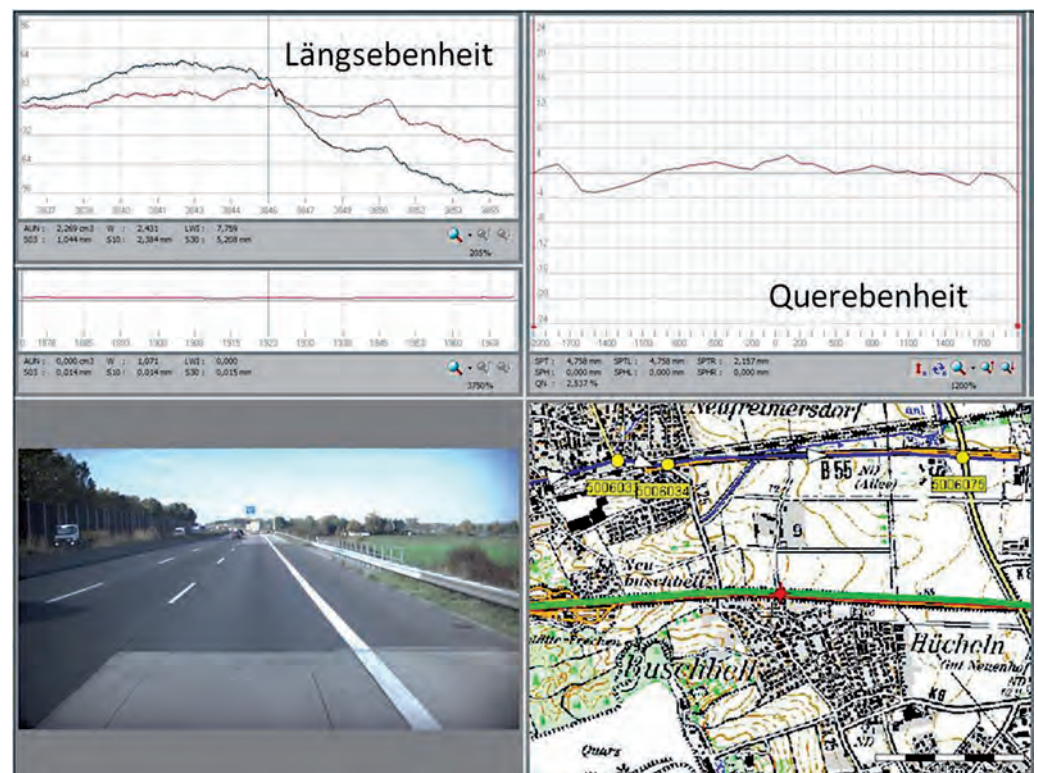
Infolge der rasanten Entwicklung auf dem Gebiet der Laserscannertechnologie ist inzwischen die Bewertung der Ebenheit neben der etablierten zweidimensionalen auch als dreidimensionale Abbildung der Straßenoberflächen mit schnell fahrenden Messsystemen möglich. Durch eine 3D-Erfassung werden in der Zukunft immer realitätsnähere geometrische Abbildungen der Fahrbahnoberfläche erreichbar sein. Bereits heute ist es möglich, die Oberflächen unter Einsatz des Laserscannerverfahrens dreidimensional mit befriedigender Punktdichte darzustellen.

Anhand dieser realen Abbildungen der Fahrbahnoberfläche wird es künftig möglich sein, die aus der Ebenheit resultierenden Einflüsse auf das Ladegut, den Fahrer und den Fahrbahnaufbau wesentlich umfassender analysieren und bewerten zu können. Die in der Vermessung erreichte Punktdichte und

Genauigkeit sowie die Algorithmen zur Datenaufbereitung weisen für die 3D-Erfassung jedoch noch ein deutliches Entwicklungspotenzial auf. So wurde hinsichtlich dieser Thematik durch die Firma Lehmann und Partner im Auftrag der BAST das Forschungsprojekt „Integrale Bewertung der Ebenheit“ durchgeführt. Ziel war es hier, Grundlagen für eine integrale Beschreibung und Bewertung der Straßenoberflächen in dreidimensionaler Betrachtungsweise zu erarbeiten. Dazu sind die theoretischen Anforderungen an eine solche 3D-Erfassungsmethodik mittels Laserscanner zu formulieren, deren prototypenhafte Umsetzung in ein 3D-Messsystem zu realisieren und neue Konzepte für die zukünftige Bewertung einer erfassten 3D-Ebenheit mittels neu entwickelter 3D-Fahrzeugmodelle aufzubauen.

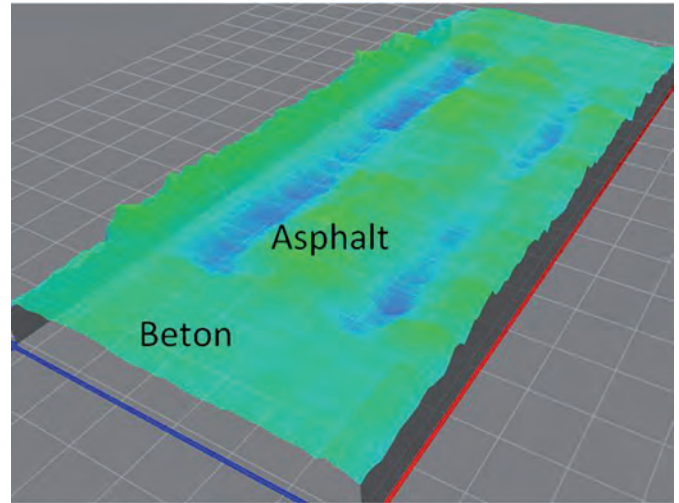
### Weitere Einsatzmöglichkeiten

Während die Verwendung von Laserscannern zur Erfassung des Querprofils in der ZEB mittlerweile standardmäßig erfolgt, werden durch private Firmen basierend auf den Erfahrungen und dem technologischen Fortschritt auch weitergehende



Messprotokoll der Erfassung der Längs- und Querebenheit mittels MEFA





*Links: Erfassung der Ebenheit auf einem Übergangsbereich Beton-Asphalt. Rechts: 3D-Darstellung der Messergebnisse. Der in der Frontaufnahme (links) erkennbare Übergang von einer Betondeckschicht auf eine Asphaltoberfläche wird auch in der dreidimensionalen Oberflächenbetrachtung aufgrund der entsprechenden Charakteristik dieser Fahrbahneläge (hier: unterschiedliche Ebenheiten/Unebenheiten) deutlich sichtbar*

Anwendungsfelder kontinuierlich entwickelt. Zu nennen ist hier beispielhaft die Möglichkeit, im Rahmen der Bauüberwachung die Überprüfung der profilgerechten Lage von Straßenbaumaßnahmen mittels Laserscanner in Kombination mit fotografischen Verfahren als kinematische Vermessung durchzuführen.

Durch diese Methodik kann die Ebenheit der Straße und damit die Verkehrssicherheit und die Dauerhaftigkeit der Strecke positiv beeinflusst werden. Neben dem Vorteil einer eingängigen Visualisierung kann mit dieser zeitsparenden Methode auch eine hochgenaue Massenbestimmung im Straßenbau erfolgen.



### **Børge Wasser**

Bauingenieur, stellvertretender Leiter des Referats „Oberflächeneigenschaften, Bewertung und Erhaltung von Straßen“



# Fakten und Zahlen

Forschung in der BAST

Neue Wege der europäischen Zusammen-  
arbeit: Infravation und CEDR-Calls

Internationale Zusammenarbeit

Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Wissenschaftlicher Beirat

Qualitätsmanagement

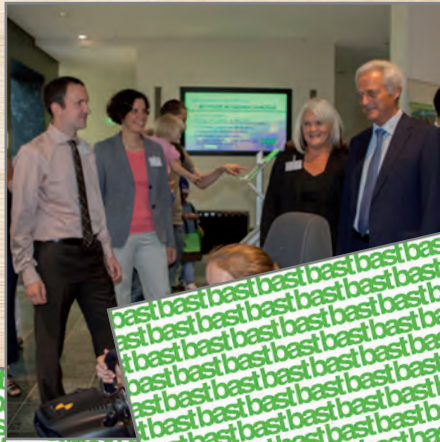
Informations- und Kommunikationstechnik

Haushalt und Finanzen

Personal







 Dr. Thomas Adolph hat einen Lehrauftrag an der Fachhochschule Ost (FH OÖ) inne.	 Dr. Thomas Goller hat Lehraufträge an der Fachhochschule Ost (FH OÖ) inne.	 Dr. Christian Gasser hat Lehraufträge an der Fachhochschule Ost (FH OÖ) inne.
 Dr. Sabine Kasper hat Lehraufträge an der Fachhochschule Ost (FH OÖ) inne.	 Dr. Michael Kasper hat Lehraufträge an der Fachhochschule Ost (FH OÖ) inne.	 Dr. Michael Kasper hat Lehraufträge an der Fachhochschule Ost (FH OÖ) inne.
 Dr. Jochen Kasper hat Lehraufträge an der Fachhochschule Ost (FH OÖ) inne.	 Dr. Jochen Kasper hat Lehraufträge an der Fachhochschule Ost (FH OÖ) inne.	 Dr. Jochen Kasper hat Lehraufträge an der Fachhochschule Ost (FH OÖ) inne.
 Dr. Jochen Kasper hat Lehraufträge an der Fachhochschule Ost (FH OÖ) inne.	 Dr. Jochen Kasper hat Lehraufträge an der Fachhochschule Ost (FH OÖ) inne.	 Dr. Jochen Kasper hat Lehraufträge an der Fachhochschule Ost (FH OÖ) inne.
 Dr. Jochen Kasper hat Lehraufträge an der Fachhochschule Ost (FH OÖ) inne.	 Dr. Jochen Kasper hat Lehraufträge an der Fachhochschule Ost (FH OÖ) inne.	 Dr. Jochen Kasper hat Lehraufträge an der Fachhochschule Ost (FH OÖ) inne.
 Dr. Jochen Kasper hat Lehraufträge an der Fachhochschule Ost (FH OÖ) inne.	 Dr. Jochen Kasper hat Lehraufträge an der Fachhochschule Ost (FH OÖ) inne.	 Dr. Jochen Kasper hat Lehraufträge an der Fachhochschule Ost (FH OÖ) inne.





## Forschung in der BAST

Zur Beantwortung von technischen und verkehrspolitischen Fragen führt die BAST eigene Forschungsarbeiten durch und vergibt Aufträge an Dritte. Die Forschungsarbeiten werden aus eigenen Haushaltsmitteln und aus Mitteln des Bundesverkehrsministeriums finanziert. Bei der Konzipierung ihrer Forschungsarbeiten arbeitet die BAST eng mit dem BMVI und anderen Institutionen zusammen, beispielsweise mit der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV).

Die BAST betreut jährlich etwa 500 externe Forschungsvorhaben mit einem Gesamtvolumen von rund 75 Millionen Euro schwerpunktmäßig im Rahmen

- des „Forschungsprogramms Straßenwesen“ aus dem Budget des BMVI mit zirka zehn Millionen Euro je Jahr,
- des von ihr aufgestellten „Forschungsprogramms Straßenverkehrssicherheit“ aus ihrem eigenen Budget in Höhe von etwa drei Millionen Euro je Jahr,
- des von ihr aufgestellten „Innovationsprogramms Straße“ aus ihrem eigenen Budget in Höhe von rund einer Million Euro je Jahr und
- des „Forschungsprogramms Stadtverkehr“ aus dem Budget des BMVI im Umfang von zirka einer Million Euro je Jahr.

Hervorzuheben ist hierbei das „Innovationsprogramm Straße“, mit dem die BAST seit 2009 Antragsforschung finanziert. Ziel des Programms ist die Förderung innovativer Konzepte und Technologien beim Bau und bei der Erhaltung von Straßen.

Die oben genannten Forschungsprogramme sind Bestandteil des Gesamtforschungsprogramms des BMVI.

## EU-Forschung

Die BAST beteiligt sich erfolgreich an den Forschungsrahmenprogrammen der Europäischen Union. Seit 1999 hat sie an 102 EU-Projekten mitgewirkt, davon war sie bei sieben Projekten als Koordinator tätig: ALLTRAIN (All-Hazard Guide for Transport Infrastructure), DRUID (Driving under the Influence of Drugs, Alcohol and Medicines), eMAP (Electromobility – scenario based Market potential, Assessment and Policy options), IMPROVER (Impact Assessment of Road Safety Measures for Vehicles and Road Equipment), RIPCORDER (Road Infrastructure Protection – Core Research and Development for Road Safety in Europe – Increasing Safety and Reliability of Secondary Roads for a Sustainable Surface Transport), ROSEBUD (Road Safety and Environmental Benefit-Cost and Cost-Effectiveness Analysis for Use in Decision-Making), SecMan (Security Risk Management Process for Road Infrastructure).

Die BAST wirkte an insgesamt 30 Projekten aus dem siebten Rahmenprogramm der Europäischen Union mit. 21 Projekte wurden davon bis Ende 2013 abgeschlossen. 2013 waren in der BAST 22 EU-Projekte in Bearbeitung, in 2014 20 Projekte im Rahmen von Horizon 2020 - dem achten Rahmenprogramm. Von diesen sind sieben Projekte bereits abgeschlossen. Weitere Projekte befinden sich in der Beantragungs- oder Vertragsverhandlungsphase.



**Erika Borsberg**

Sachbearbeiterin für internationale Angelegenheiten, Stabsstelle „Forschungscontrolling, Straßeninfrastrukturvermögen“



**Ingo Koßmann**

Soziologe, Leiter des Referats „Externe Forschung, Wissensmanagement“



## Neue Wege der europäischen Zusammenarbeit: InfraVation und CEDR-Calls

Der Forschungsbedarf der europäischen Straßenbaudirektoren wurde früher traditionell auf nationaler Ebene identifiziert. Es gibt jedoch eine Vielzahl von Themen, die unabhängig von den Grenzen in Europa sind und, wenn nicht alle, so doch mehrere Länder betreffen. Es ist also sinnvoll, diese Fragestellungen gemeinsam anzugehen, um Doppelforschung zu vermeiden, Erfahrungen zu teilen und mit begrenztem Ressourceneinsatz bestmögliche Ergebnisse zu erzielen. Hierzu wurden von den europäischen Straßenbaudirektoren gemeinsame Mittel im Rahmen von zwei neuen, sich ergänzenden Förderinstrumenten der Europäischen Kommission bereitgestellt.

### CEDR-Calls

Seit dem Jahr 2008 werden von CEDR (Conference of European Directors of Roads) gemeinsame jährliche Forschungsaufträge (Calls) durchgeführt. Deutschland ist hier durch das BMVI vertreten.

Die administrativen Kosten wurden im Rahmen von ERA-NET ROAD (European Road Administration Network) in den Jahren 2008 bis 2012 zunächst als „Anschubhilfe“ von der Europäischen Kommission übernommen. Nach dem Auslaufen von ERA-NET ROAD blieb das ursprüngliche Motto „Trust – Understanding – Commitment“ (Vertrauen – Verständnis – Verpflichtung) auch weiterhin Grundlage für die gemeinsame Forschung der europäischen Straßenbaudirektoren. Gemeinsam identifizierter länderübergreifender Forschungsbedarf wird hier ausgeschrieben und finanziert. Die Teilnahme ist freiwillig und abhängig vom jeweiligen länderspezifischen Interesse. Die Forschungs-

ergebnisse stehen allen CEDR-Mitgliedern zur Verfügung.

An den sieben Forschungsaufträgen (2008 bis 2014) haben bisher 17 europäische Länder mit einem Mindestanteil von je 150.000 Euro partizipiert. Von 2008 bis 2010 gab es jeweils nur ein Forschungsthema. 2008: Road Owners Getting to Grips with Climate Change, 2009: Safety at the Heart of Road Design, 2010: Effective Asset Management Meeting Future Challenges.

Danach wurden die Forschungsaufträge breiter gefächert und umfassten jährlich bis zu fünf Forschungsthemen, zum Beispiel 2013: Ageing Infrastructure Management, Traffic Management, Safety, Energy Efficiency, Roads and Wildlife. Die CEDR-Mitglieder haben jedoch beschlossen, die Ausrichtung der Forschungsthemen künftig zu schärfen und ihre Anzahl damit zu beschränken. Im Jahr 2014 gab es daher zwei Forschungsaufträge zu den beiden Themen „Mobility and ITS“ und „Asset Management and Maintenance“.

Das Forschungsbudget ist seit dem Call 2008, für den 1,5 Millionen Euro zur Finanzierung der vier Forschungsprojekte zum Thema „Klimawandel“ zu Verfügung standen, kontinuierlich auf fast sechs Millionen Euro im Jahr 2013 gewachsen. Das Forschungsbudget ist seit dem Call 2008, für den 1,5 Millionen Euro zur Finanzierung der vier Forschungsprojekte zum Thema „Klimawandel“ zu Verfügung standen, kontinuierlich auf fast sechs Millionen Euro im Jahr 2013 gewachsen. Dieser Anstieg spiegelt den Erfolg dieses Modells wider.



Die administrativen Kosten sind mit zirka zehn Prozent dabei vergleichsweise gering.

Bisher wurden mit einem Gesamtbudget von fast 20 Millionen Euro 59 Projekte gefördert, die von 103 Forschungsorganisationen aus 22 Ländern durchgeführt wurden. Sieben Länder, darunter auch Deutschland, haben sich bisher in jedem Jahr beteiligt.

### **Infravation-Programm**

Sind es bei den CEDR-Calls ganz praktische Fragestellungen, die erforscht werden, sollen im Infravation-Programm Innovationen für den Straßenbau in industriegetriebenen Konsortien untersucht werden. Zielsetzung ist die funktionale Weiterentwicklung der Straße, die sicherer, wirtschaftlicher, effizienter, verlässlicher und intelligenter werden soll. Hierzu sollen durch eine hochinnovative und gleichzeitig anwendungsorientierte Forschung Lösungen aus der Grundlagenforschung wie Sensortechnik, Risikomanagement, Simulationsverfahren oder die Verwendung neuer Baustoffe und -verfahren zeitnah in die Praxis überführt werden.

Während im Rahmen der ERA-NET-Förderung von der Europäischen Kommission lediglich die Mittel zur Koordination der gemeinsamen Ausschreibung bereitgestellt werden, wird das Infravation-Programm durch eine Weiterentwicklung, dem ERA-NET Plus Instrument, gefördert. Die gemeinsamen Forschungsmittel der unterstützenden Länder werden von der

Europäischen Kommission um 50 Prozent aufgestockt. Für Infravation stehen insgesamt neun Millionen Euro von elf Ländern und der Europäischen Kommission zur Verfügung. Bemerkenswert ist die Beteiligung durch die USA und Israel an dieser europäischen Förderung.

Im Rahmen einer Vorstudie wurden zum Schwerpunkt „Fortschrittliche Systeme, Materialien und Techniken für die Straßeninfrastruktur“ zunächst Forschungsbedarf in sieben Bereichen identifiziert und deren genaue Forschungserfordernisse festgelegt. Auf den Infravation-Forschungsauftrag im Frühjahr 2014 gingen 103 Vorschläge von internationalen Konsortien aus 28 Ländern ein, die sich um eine Förderung von jeweils bis zu 1,5 Millionen Euro bewerben. Diese Zahl zeigt, wie viel Innovationspotenzial vorhanden ist, das durch die bisherigen Förderinstrumente nicht abgerufen werden konnte.



**Ursula Blume**

Geologin, Referat „Betonbauweisen“



## Internationale Zusammenarbeit

### Internationale Organisationen

In 2013 und 2014 vertraten jeweils etwa 80 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die BASt in rund 190 Gremien von 36 inter- und supranationalen Organisationen. Die quantitativ stärkste Bedeutung hatte die Mitarbeit in europäischen Gremien. Insgesamt lag der Anteil der Mitwirkungen an der europäischen und weltweiten technischen Normung bei rund 30 Prozent aller Gremientätigkeiten im internationalen Bereich.

Die Entwicklung eines gemeinsamen europäischen Forschungsraums dient der Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit Europas und der effizienten Nutzung seiner Ressourcen. Diese Zielsetzung unterstützte die BASt mit etwa 50 Prozent der Ausschussarbeit ihres Personals.

Am weltweiten wissenschaftlichen Erfahrungsaustausch, wie ihn zum Beispiel PIARC (World Road Association) und das JTRC (Joint Transport Research Centre) von OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) und ITF (International Transport Forum) organisieren, ist die BASt mit rund 20 Prozent der gesamten Mitwirkung in internationalen Gremien beteiligt.

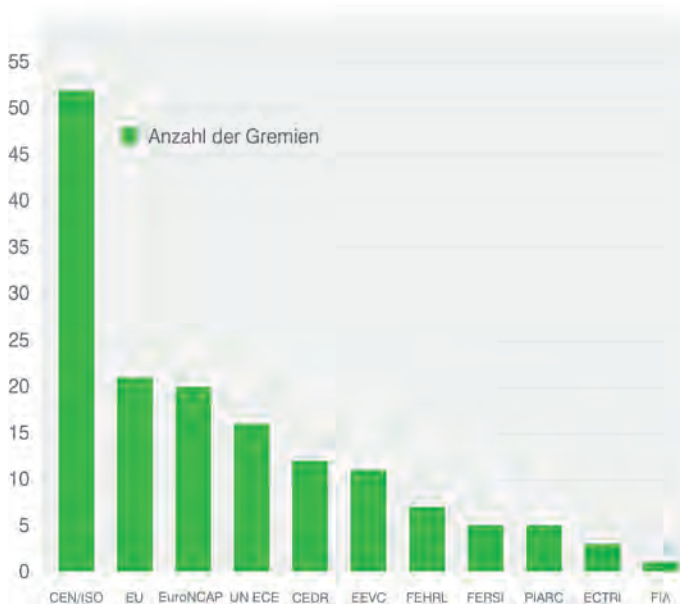


Im Auftrag des BMVI wirkt die BASt in einigen technischen Arbeitsgruppen von PIARC, dem Welt-Straßenverband, mit. Im Council wird sie durch den Präsidenten vertreten. Das deutsche nationale Komitee wird durch das BMVI und die FGSV vertreten.

*FEHRL-Generalversammlung in Berlin, vorne rechts BASt-Präsident Stefan Strick*

Ferner ist die BASt Mitglied von FEHRL (Forum of European National Highway Research Laboratories) und arbeitet dort in der General Assembly, im Executive Committee und im Kreis der Research Coordinators mit. Am 1. Januar 2014 trat der Präsident der BASt, Stefan Strick, die Präsidentschaft von FEHRL an.

*Mitwirkung der BASt in ausgewählten Organisationen*



CEDR	Conference of European Directors of Roads
CEN	Comité Européen de Normalisation
ECTRI	European Conference of Transport Research Institutes
EEVC	European Enhanced Vehicle-Safety Committee
Euro NCAP	European New Car Assessment Programme
FEHRL	Forum of European National Highway Research Laboratories
FERSI	Forum of European Road Safety Research
FIA	Fédération Internationale de l'Automobile
ISO	International Organization for Standardization
EU	Europäische Union
PIARC	World Road Association
UN ECE	United Nations Economic Commission for Europe

Die BAST ist darüber hinaus vertreten in ECTRI (European Conference of Transport Research Institutes) und FERSI (Forum of European Road Safety Research Institutes). Hier ist Dr. Horst Schulze, Abteilungsleiter „Verhalten und Sicherheit im Verkehr“, Präsident und Raschid Urmeew, wissenschaftlicher Mitarbeiter im Referat „Verkehrspsychologie, Verkehrsmedizin“, Generalsekretär.

Die BAST arbeitet im Auftrag des BMVI in zahlreichen Arbeitsgruppen bei Euro NCAP (European New Car Assessment Programme) mit. Bis Ende 2014 war Andre Seeck, Abteilungsleiter „Fahrzeugtechnik“, Präsident von Euro NCAP. Außerdem ist die BAST eins von zwei akkreditierten Prüflaboren in Deutschland, die Tests für die Euro NCAP Bewertungen durchführen dürfen.

Auch beim EEVC (European Enhanced Vehicle Safety Committee) ist die BAST in mehreren Arbeitsgruppen aktiv. Seit April 2014 ist Bernd Lorenz, Referatsleiter „Passive Fahrzeugsicherheit, Biomechanik“, Generalsekretär des EEVC. Das EEVC wurde 1970 als Spiegelorganisation zum amerikanischen Programm ESV (Enhanced Safety Vehicle) gegründet und ist eine europaweite regierungsnaher Forschungsorganisation, die sich mit regelungsnaher Forschung befasst. So wurden beispielsweise die Test- und Prüfverfahren zum Insassenschutz beim Frontal- und Seitenaufprall und die Komponententests zum Fußgängerschutz durch das EEVC entwi-

ckelt. Zahlreiche Forschungsergebnisse fließen neben den Arbeiten an Regelungen bei der UN-Wirtschaftskommission für Europa in Genf auch in die Entwicklung von Bewertungsverfahren zur Sicherheit von Fahrzeugen bei Euro NCAP ein.

### **Besucher und Gastwissenschaftler**

Im Zeitraum 2013/2014 besuchten 934 Gäste aus 49 Ländern die BAST, um sich über Arbeitsergebnisse, laufende Untersuchungen und neue Vorhaben zu informieren oder an Sitzungen internationaler Organisationen teilzunehmen. 62 Delegationen mit 281 Experten aus 19 Ländern hielten sich in der Regel zu eintägigen Informationsveranstaltungen in der BAST auf, um mit deutschen Kolleginnen und Kollegen fachliche und verwaltungsrelevante Themen des Straßenwesens zu erörtern.



*Der namibianische Verkehrsminister Erkki Nghimtina (rechts) besuchte die BAST am 26. Juni 2013*

Darüber hinaus nahmen 637 Besucher aus dem Ausland an 44 Sitzungen europäischer Gremien in der BAST teil. 16 Gastwissenschaftler aus Japan, Korea, Kosovo, Moldawien, Russland und Tschechien nutzten mehrwöchige Studienaufenthalte, um an Themen der Straßenbautechnik, Straßenverkehrstechnik, Fahrzeugtechnik und der Verkehrspsychologie zu arbeiten.

Keith Platte, Bundeskanzler-Stipendiat aus den USA, war für ein Jahr zu Gast bei der BAST. Im Referat Verkehrs- und Fahrerassistenzsysteme arbeitete er an seinem selbst konzipierten Projekt „Examination of how



*Eine hochrangige Delegation von ROSAVTODOR, ein für das Straßennetz zuständiges exekutives Organ des russischen Verkehrsministeriums, war am 7. August 2013 zu Gast bei der BAST, um sich über Straßenbautechnik und Qualitätskontrolle im Straßenbau zu informieren. Dr. Lutz Pinkofsky (Sechster von links) begrüßte die Delegation*





Germany and other European countries, develop and implement new innovations/ technologies“.

### Internationale Kooperationsvereinbarungen

Um den wissenschaftlichen Erfahrungsaustausch im Straßenwesen auf internationaler Ebene voranzutreiben, schließt die BAST Kooperationsvereinbarungen mit Forschungsinstitutionen verschiedener Länder ab. Dies waren in 2013 und 2014 jeweils zwei Forschungsinstitute aus Russland, der Volksrepublik China und Israel, drei aus Japan und jeweils einem Forschungsinstitut aus Australien, Brasilien, Korea, Tschechien, Polen und den USA.



*Dr. Jürgen Krieger (links), BAST-Abteilungsleiter „Brücken- und Ingenieurbau“, und Dr. Agnelo Queiroz, der Gouverneur des Bundesbezirkes Brasília, unterzeichneten am 7. November 2013 einen „Letter of Intent“*



*BAST-Präsident Stefan Strick und Osamu Imura, Präsident der japanischen Verkehrssicherheits- und Umweltinstitution National Traffic Safety and Environment Laboratory (NTSEL), unterzeichneten am 21. Januar 2014 einen Kooperationsvertrag*



### Veranstaltungen

Ein Treffen der deutsch-niederländischen Straßenbaudirektoren fand am 25. Februar 2014 in der BAST statt, an dem unter anderem Prof. Dr.-Ing. Dr. Ing. Eh. Josef Kunz, der ehemalige BMVI-Abteilungsleiter Straßenbau, teilnahm. Die niederländische Delegation wurde von Generaldirektor Jan Henrik Dronkers geleitet. Innovative, lärmindernde Asphaltdeckschichten, LEISTRA3 sowie der Cooperative ITS Corridor waren Themen der Expertenrunde.

Eine deutsch-israelische Konferenz zu Straßenmarkierungen und Schutzeinrichtungen fand am 16. und 17. Juni 2014 mit dem Kooperationspartner NETIVEI bei der BAST statt. Shimon Nesichi, chief scientist, führte die Delegation an. Mit den Fachleuten wurde über europäische Standards im Bereich von Straßenmarkierungen und Schutzeinrichtungen, Testverfahren, Qualitätssicherung und Anwendung von verschiedenen Materialien auf unterschiedlichen Straßentypen diskutiert.

*Michael Rohloff, Vertreter des BAST-Präsidenten (Mitte rechts), begrüßte am 19. März 2014 eine Delegation aus Georgien unter der Leitung des Ministers für Regionalentwicklung und Infrastruktur, Dr. Davit Narmania*



### Erika Borsberg

Sachbearbeiterin für internationale Angelegenheiten, Stabsstelle „Forschungscontrolling, Straßeninfrastrukturvermögen“

## Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Anfang des Jahres 2014 präsentierte sich die BAST mit einem neuen Auftritt im Internet ([www.bast.de](http://www.bast.de)). Eine klar gegliederte benutzerfreundliche Struktur ermöglicht einen noch schnelleren Zugriff auf gesuchte Inhalte. Das deutsch- und englischsprachige Angebot wird ständig aktualisiert und erweitert, bedeutende Projekte, Forschungs- oder Aufgabenschwerpunkte in Subsites dargestellt, wie die „Intelligente Brücke“ ([www.intelligentebruecke.de](http://www.intelligentebruecke.de)) oder die in 2014 bei der BAST akkreditierte Zertifizierungsstelle Straßenausstattung ([www.bast.de/bast-zert](http://www.bast.de/bast-zert)). Informationsportale zur MPU (Medizinisch Psychologischen Untersuchung) ([www.bast.de/mpu](http://www.bast.de/mpu)) und das Baustelleninformationssystem des Bundes und der Länder ([\[stelleninfo\]\(#\)\) liefern beispielsweise praktische Hinweise für Bürgerinnen und Bürger. Gebärdenvideos und Informationen in leichter Sprache gewährleisten den barrierefreien Zugang.](http://www.bast.de/bau-</a></p>
</div>
<div data-bbox=)

### Publikationen

Ausgewählte Forschungsergebnisse der BAST werden in der Schriftenreihe „Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen“ publiziert. In den letzten zwei Jahren sind 74 Berichte erschienen. Alle Berichte werden neben der gedruckten Form zeitgleich im Internet zum kostenfreien Herunterladen angeboten: <http://bast.opus.hbz-nrw.de>. Außer der BAST-Schriftenreihe sind dort weitere Publikationen der BAST zu finden.

Berichte von besonderem Interesse werden in der Reihe „Forschung kompakt“ in kurzer Form vorgestellt, in 2013 und 2014 gab es insgesamt 36 Ausgaben.

In der ebenfalls von der BAST betreuten BMVI-Schriftenreihe „Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik“ wurden in den letzten zwei Jahren 31 Berichte herausgegeben.

Neben dem deutschsprachigen Infodienst „BAST aktuell“ gibt es nun auch eine englische Version für die internationalen Kontakte. „BAST-topics“ erscheint unregelmäßig, ist kostenfrei erhältlich und steht als Download wie viele weitere Publikationen der BAST im Internet zur Verfügung. So auch die in 2014 aktualisierte Fassung der „Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung“ ([www.bast.de/begutachtungsleitlinien](http://www.bast.de/begutachtungsleitlinien)), die auch als Heft der BAST-Schriftenreihe in gedruckter Version erschienen ist (siehe Seite 16).

### Presse

Zu Forschungsergebnissen von allgemeinem Interesse gibt die BAST Pressemitteilungen heraus, beispielsweise zu den psychischen Folgen von Verkehrsunfällen (siehe Seite 14). Sie berichtet aber auch

Der neue Internetauftritt der BAST

The screenshot shows the BAST website homepage with the following elements:

- Header:** Logo 'bast', navigation links (Straßenbau, Brücken- und Ingenieurbau, Verkehrstechnik, Fahrzeugtechnik, Verhalten und Sicherheit), search bar, and language options (Gebärdensprache, Leichte Sprache, English, Presse, Kontakt).
- Main Content:**
  - Fahrleistungserhebung 2014:** Erhebung der Fahrleistung auf deutschen Straßen.
  - aspeccss:** Erfolgreich beendet. Die Sicherheit von Fußgängern stand im Fokus des EU-Projekts AsPeCSS (Assessment Methodologies for forward looking integrated Pedestrian and further extension to Cyclist Safety).
  - Berichte der BAST:** Prozessevaluation der Kampagnenfortsetzung 2011-2013 „Runter vom Gas!“.
- Navigation/Quick Links:**
  - Häufig gesucht:** Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung, Baustelleninformation, Ageing and Safe Mobility, Regelwerke Brücken- und Ingenieurbau, etc.
  - Neu:** Intelligente Sensoren, Intelligente Bewertungsverfahren.
  - Termin:** 3rd China-Europe Workshop on Functional Pavement, 1. Deutscher Fußverkehrskongress, etc.
  - Publikationen im Überblick:** Berichte der BAST, Broschüren und Medien, Forschung kompakt, BAST-aktuell, etc.
  - Service:** Kontakt, Presse, Abonnements, Fragen & Antworten, etc.
- Footer:** © 2014 Bundesanstalt für Straßenwesen, Inhalt, Impressum, Datenschutz, Hilfe, Seite drucken.



jährlich über die Entwicklungen der Verkehrsbelastung auf deutschen Autobahnen, die Anzahl der Medizinisch Psychologischen Untersuchungen oder die Gurtanschnallquoten von Pkw- und Lkw-Insassen und die Helmtragequoten beim Zweiradfahren.

Auf besonders großes Medieninteresse stieß in 2013/2014 der Feldversuch mit Lang-Lkw, der noch bis Ende 2016 von der BAST wissenschaftlich begleitet wird (siehe Seite 52). Am 17. Januar 2013 trafen sich Medienvertreter und rund 100 Fachleute in der BAST, um sich über das wissenschaftliche Untersuchungsprogramm zu informieren und auszutauschen. In 2014 wurde ein Zwischenbericht vorgelegt, der wie sämtliche Forschungsberichte zum Feldversuch Lang-Lkw zum Download im Internet steht: [www.bast.de/lang-lkw](http://www.bast.de/lang-lkw).

Häufig nachgefragt wurden aber auch die aktuellen Ergebnisse der Untersuchung zu Falschfahrten auf Autobahnen, zu Minikreisverkehren zum Mobilitäts Daten Marktplatz sowie zur Luftqualität an Straßen. Insgesamt beantwortete die Pressestelle in den letzten zwei Jahren rund 1.600 Presseanfragen.

Die Akzeptanz und Sicherheit von Elektrofahrzeugen war Thema einer Presseveranstaltung am 20. Oktober 2014, die in Kooperation mit dem Verband der Motorjournalisten e.V. stattfand. Die BAST-Referenten präsentierten den Medienvertretern aktuelle Ergebnisse internationaler Projekte zum Thema „Elektromobilität“ (siehe auch Seite 33).

## Veranstaltungen

„Die Straße im 21. Jahrhundert – Innovationen im Straßenbau in Deutschland“ ist ein gemeinsames Rahmenforschungsprogramm des Bundesverkehrsministeriums und der BAST. In 2013 und 2014 diskutierten rund 400 Fachleute aus Wirtschaft, Verwaltung und Wissenschaft die Ziele und Schwerpunkte des Programms im Rahmen von sechs Workshops: „Die energiespa-

rende Straße“, „Die intelligente Straße“, „Die emissionsarme Straße“, „Die sichere und verlässliche Straße“, „Die Straße als Teil des Lebensraums“ und „Die nachhaltige Straße“. Für 2015 sind weitere Workshops geplant.

Darüber hinaus trafen sich zahlreiche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, um an nationalen und internationalen Veranstaltungen der BAST teilzunehmen. Beispielhaft werden hier nur einige genannt:

Zum dritten gemeinsam mit der FGSV durchgeführten „Kolloquium Luftqualität an Straßen“ kamen am 20. und 21. März 2013 etwa 150 Fachleute aus Deutschland, Österreich und Belgien in die BAST.

*Presseveranstaltung zum Thema Elektrofahrzeuge in der BAST*



Am 9. Oktober 2013 fand zum sechsten Mal das BAST-Tunnelsymposium mit mehr als 170 Teilnehmern aus Ministerien, Straßenbauverwaltungen, Ingenieurbüros, Industrie und Hochschulen statt.

Mitglieder des Forschungsnetzwerks Trauma-Biomechanik informierten am 12. Februar 2014 bei der Veranstaltung „Traumabiomechanik des älteren Verkehrsteilnehmers – Herausforderungen des de-

*Abschlussveranstaltung  
Leiser Straßenverkehr 3  
in München*



mographischen Wandels“ über moderne technische Möglichkeiten die dabei helfen, Gefährdungen älterer Verkehrsteilnehmer aufzuzeigen und Folgeverletzungen von Unfällen abzuschätzen.

Die Sicherheit und Mobilität älterer Menschen war auch Gegenstand der zweitägigen interdisziplinären europäischen Konferenz „Ageing and Safe Mobility“ am 27. und 28. November 2014. Durchgeführt wurde die Konferenz, an der rund 200 internationale Fachleute teilnahmen, federführend von FERSI (Forum of European Road Safety Research Institutes).

Am 24. Juni 2014 veranstaltete die BAST im Verkehrszentrum des Deutschen

Museums in München das Abschluss-symposium des Verbundprojekts Leiser Straßenverkehr 3. Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft haben gemeinsam Lösungen erarbeitet, die das Lärmminde-rungspotenzial von Reifen, Fahrzeug und Fahrbahn weiter ausschöpfen. Die Ergebnisse wurden vor Ort in einer Fachausstel-lung präsentiert (siehe Seite 78).

Die Sicherheit von Fußgängern stand im Fokus des EU-Projekts AsPeCSS (Assessment Methodologies for forward looking integrated Pedestrian and further extension to Cyclist Safety Systems). 13 Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft entwickelten harmonisierte und standardisierte Prozeduren und Werkzeuge zur Bewertung von vorausschauenden integralen Fuß-gängersicherheitssystemen in Pkw und präsentierten die Ergebnisse am 1. Juli 2014 in der BAST.

Am 23. September 2014 tauschten sich rund 130 Fachleute in der BAST über aktu-elle Forschungsaktivitäten und innovative Maßnahmen beim Stahlbrückenbau aus.

Unter Schirmherrschaft der Bauindustrie, der BAST und der Technischen Universität Dresden fand erstmalig ein Forschungs-kolloquium zum Betonstraßenbau unter dem Motto „Wissen schafft Qualität“ am 11. und 12. Dezember 2014 mit mehr als 170 Teilnehmern in Dresden statt.

*Ältere Menschen standen  
bei den Veranstaltungen  
„Traumabiomechanik  
des älteren Verkehrsteil-  
nehmers – Herausforde-  
rungen des demogra-  
phischen Wandels“ und  
„Ageing and Safe Mobility“  
im Mittelpunkt*







*Der Stand des BMVI und der BAST bei der TRA in Paris*

## Ausstellungen

Auf dem Weltverkehrsforum Leipzig vom 21. bis 23. Mai 2014 besuchte Alexander Dobrindt, Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur, den Stand des BMVI und der BAST. Er informierte sich dort über die Möglichkeiten, die der Mobilitäts Daten Marktplatz (MDM) für Unternehmen und öffentliche Institutionen schafft. Bei der Verkehrsdatenkonferenz im November 2014 in Berlin konstatierte die parlamentarische BMVI-Staatssekretärin Dorothee Bär die Bedeutung des MDM vor mehr als 150 Teilnehmern.

Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit und stellvertretendes Mitglied im Ausschuss für Verkehr und digitale Infrastruktur, über aktuelle Projekte der BAST.

## Girls Day und Tag der offenen Tür

Im April 2013 und März 2014 kamen zum wiederholten Male Schülerinnen im Rahmen des Girls Days in die BAST.

Wie in den Vorjahren war die BAST in 2013 und 2014 beim Tag der offenen Tür der Bundesregierung im Bundesverkehrsministerium mit einem eigenen Stand vertreten.



Das Bundesverkehrsministerium und die BAST präsentierten sich ebenfalls auf einem gemeinsamen Stand bei der fünften Transport Research Arena (TRA) vom 14. bis 17. April 2014 in Paris sowie beim deutschen Straßen- und Verkehrskongress vom 30. September bis 2. Oktober 2014 in Stuttgart.



*Tag der offenen Tür 2013 in Berlin*

## Besucher

Am Tag des Lärms, dem 30. April 2014, informierte sich MdB Karsten Möring als Mitglied des Bundestagsausschuss für



## Iris Schneidermann

Bauingenieurin, stellvertretende Leiterin der Stabsstelle „Presse und Öffentlichkeitsarbeit“

## Wissenschaftlicher Beirat

Die BAST wird seit 2008 in grundsätzlichen wissenschaftlichen Angelegenheiten von einem Wissenschaftlichen Beirat beraten. Unter Vorsitz von Professor Dr. Wolfram Ressel, Universität Stuttgart, gehören dem wissenschaftlichen Beirat deutsche und ausländische Wissenschaftler aus der Industrie, wissenschaftlichen Einrichtungen, Universitäten oder Bundesministerien und deren Ressortforschungseinrichtungen an. Der Beirat hat die BAST unter anderem maßgeblich bei der Erstellung der Mittelfristigen Forschungsplanung 2011 bis 2015 unterstützt.



neuen Hightech-Strategie, des Infrastrukturmanagements, des Datenschutzes und der IT-Sicherheit, der Akkreditierung von BAST-Referaten, der Gleichstellung in der BAST und des Programms „Straße im 21. Jahrhundert“ diskutiert. Aktuelle Forschungsthemen und Fragen der strategischen Ausrichtung der BAST sowie die internationale Zusammenarbeit waren weitere Gesprächsthemen.

In der Nachfolge des verstorbenen Beiratsmitglieds Professor Dr. Hans-Peter Krüger wurde im Juni 2013 Professor Dr. Mark Vollrath, Universitätsprofessor und Leiter des Lehrstuhls für Ingenieur- und Verkehrspsychologie an der Technischen Universität Braunschweig, in den Beirat berufen.



Seit Juni 2013 ist Professor Dr. Mark Vollrath neues Mitglied des Wissenschaftlichen Beirats (Bild: Michael Seidel, Deutscher Verkehrssicherheitsrat e. V.)

In 2013 und 2014 tagte der Wissenschaftliche Beirat jeweils zweimal: Am 19. März 2013 und am 1. April 2014 in der BAST sowie auf Einladung am 1. Oktober 2013 bei der TU Dresden und am 6. November 2014 beim Schweizer Bundesamt für Straßen ASTRA. Unter anderem wurde bei den Sitzungen über forschungsrelevante Aspekte der Digitalen Agenda und der

**Dr. Karl-Josef Höhnscheid**  
Volkswirt, Leiter der Stabsstelle  
„Forschungscontrolling,  
Straßeninfrastrukturvermögen“





## Qualitätsmanagement

Zentrale Aufgabe der Qualitätsmanagement (QM)-Aktivitäten in der BAST ist der Ausbau und die Weiterentwicklung eines zielgerichteten Qualitätsmanagementsystems in den Organisationseinheiten mit geeigneter Verzahnung zum Rahmenhandbuch der BAST. Hierbei werden insbesondere die Anforderungen des Ministeriums und der externen Kunden (Politik und Gesellschaft) berücksichtigt.

Alle Aktivitäten orientieren sich an den aktuellen Rahmenbedingungen wie

- Personalabbau, knapper werdende Ressourcen bei zunehmenden Aufgaben,
- demographischer Wandel, Wegfall erfahrenen Personals, Wissenserhaltung,
- Vereinheitlichung der Anforderungen durch EU-Verordnungen und daraus resultierende geänderte Arbeitsbedingungen, Rahmenparameter sowie
- steigenden Kundenanforderungen (Regelwerke).

Für den wirtschaftlichen und sparsamen Umgang mit Ressourcen ist die Fehlervermeidung im Vorfeld von entscheidender Bedeutung. Durch interne Audits werden Prozesse und Verfahrensweisen überprüft, analysiert und gegebenenfalls verbessert.

Als Ergebnis aller Tätigkeiten werden sichere, fehlerfreie, verlässliche, standardisierte Produkte (Prozesse, Projekte und Verfahren) sowie gleichbleibend hohe Qualität bei enger werdenden Rahmenbedingungen angestrebt.

An die Prüf- und Kalibriertätigkeiten der BAST wurden und werden besondere Anforderungen gestellt. Diese führten dazu, dass im Jahr 2011 das Referat „Passive Fahrzeugsicherheit, Biomechanik“ vom Kraftfahrt-Bundesamt als „Technischer Dienst der Kategorie A“ benannt und im Ergebnis bei der Kommission der Europäischen Union sowie beim Sekretariat der UN-ECE notifiziert wurde.

Seit Dezember 2013 verfügt die BAST im Bereich Passive Fahrzeugsicherheit, Biomechanik über ein durch die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) akkreditiertes Kalibrierlabor für Sensoren für die Messgröße Beschleunigung.

Im gesetzlich geregelten Bereich, seit 2011 auch im Bauproduktensektor, ist die Akkreditierung die Voraussetzung für die Notifizierung durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt). So begleitete das QM hausintern die Umsetzung der Anforderungen der DIN EN ISO/IEC 17025 an die Prüfstelle „Straßenausstattung“ und die Akkreditierung. Die Prüfstelle Straßenausstattung ist aus der seit 1999 notifizierten Stelle im Bereich Straßenausstattung hervorgegangen.

Im Jahr 2014 wurde die Zertifizierungsstelle Straßenausstattung (BAST-Zert) bei der BAST akkreditiert. Mit der Akkreditierung ist die internationale Anerkennung ihrer Zertifikate sichergestellt.



Die Qualität der Forschungsprojekte wird durch ein Projektcontrolling mit standardisiertem Berichtswesen (Kosten-Leistungsrechnung mit SAP) sichergestellt. Die Daten werden aufbereitet, analysiert und bewertet. Zusätzliche Qualitätssicherungsmaßnahmen sind im Rahmenhandbuch der BAST beschrieben.



### Sabine Lilgert

Mineralogin, Qualitätsmanagementbeauftragte der BAST, stellvertretende Leiterin der Stabsstelle „Forschungscontrolling, Straßeninfrastrukturvermögen“

## Informations- und Kommunikationstechnik

Die BAST trat den bestehenden IT-Herausforderungen mit Instrumenten entgegen, die sich mit zwei Schlagworten beschreiben lassen: Standardisierung und Zentralisierung. So wurde ein umfassender Hausstandard für Hard- und Software etabliert, der kostengünstig, effizient und mit haushalterischer Sicherheit einen modernen Arbeitsplatz begründet. Dabei wurde im vergangenen Jahr über die Hälfte aller Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der BAST, also deutlich über 200 Personen, mit neuer Software und Hardware ausgestattet, die mit einem mehrjährigen externen Support erworben wurde und zum Beispiel den Austausch defekter Geräte am nächsten Tag garantiert. Notfall-PCs, die bei einem Defekt eines Gerätes innerhalb kürzester Zeit, meist innerhalb einer Stunde, zur Verfügung gestellt werden, minimieren die Ausfallzeiten. Um diese Ziele zu erreichen, wurden insgesamt Mittel in Höhe von über 100.000 Euro investiert.

Der gleiche Weg wurde auch „hinter den Kulissen“, also im Server-Bereich der BAST eingeschlagen: Hoch effiziente und leistungsfähige Server mit mehrjährigem, externem Support wurden neu beschafft und ersetzen schrittweise bestehende, veraltete Systeme – in der Regel bei laufendem Betrieb. Auch hier spielen Mechanismen zur weiteren Minimierung von Ausfallzeiten sowie erhöhte IT-Sicherheit eine entscheidende Rolle. Die Kosten bewegten sich dabei ebenfalls in einem deutlich sechsstel-

ligen Bereich, um die gestartete IT-Konsolidierung angemessen fortführen zu können.

Im Zuge der vorgeschriebenen Migration auf Windows 7 wurden bereits mehr als die Hälfte aller Systeme, inklusive Laboratorien und Messstände fast 300, auf das neue Betriebssystem aktualisiert. Anfang des Jahres 2015 wird die Migration fortgesetzt, um allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der BAST eine moderne und aktuelle IT-Konfiguration zur Verfügung zu stellen.

Die Prozesse und Veränderungen geschehen nahezu ausschließlich im laufenden Betrieb. Rund 3.500 Tickets jährlich kamen hinzu mit Anfragen, Meldungen und Aufträgen wie Wartung, Pflege und Support. Darüber hinaus fallen übliche Routinearbeiten an.

Ein Erfolgsmodell für standardisierte und zentralisierte Prozesse ist die Einführung und der Ausbau von zentralen Druckern. Dabei handelt es sich um energiesparende, kostengünstige, zentral zu verwaltende Systeme mit externem Support, einheitlichem Verwaltungs- und Installationsmanagement sowie Farbdruck in verschiedenen Formaten und Scan-Funktionalität. Der systematische Einsatz dieser Drucker konnte viele zusätzliche Geräte wie Arbeitsplatzscanner oder Farbtintenstrahldrucker ersetzen. Ein Modell des sukzessiven Ersatzes der Arbeitsplatzdrucker zur weiteren Einsparung bei gleichzeitigem Erhalt aller Funktionalitäten und bestehender Leistungsfähigkeit wird deshalb überlegt.

Letztlich führten die Standardisierungsprozesse nicht nur zu höherer Verfügbarkeit und Sicherheit, sie reduzierten auch Kosten und Energieverbrauch. Im Jahr 2014 wurden im Vergleich zu 2012 Energieeinsparungen von über 17 Prozent realisiert, im Vergleich zu 2013 fast zehn Prozent.



**Karsten Strauch**  
Diplompädagoge, Leiter des Referats „Informations- und Kommunikationstechnik“



## Haushalt und Finanzen

Der Haushalt der BAST wies im Jahr 2013 nur geringe Abweichungen zu den Vorjahren auf. Erhöhungen waren bei den Personalausgabebetiteln aufgrund von Besoldungs- und Tarifierhöhungen erforderlich. Gleichzeitig reduzierten sich die Haushaltsansätze im IT-Bereich wegen der Verlagerung von Budget für die Bundesanteile an Bund-/Länder-Fachinformationssystemen im Straßenwesen aus dem Haushalt der BAST in den Straßenbauplan.

Im Jahr 2014 war allerdings eine deutliche Erhöhung bei den Sachausgaben festzustellen. Hintergrund dafür war die Übertragung des Eigentums an der Liegenschaft der BAST an die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben mit der Folge, dass die BAST nun Miete für die weitere Nutzung ihrer Gebäude und Flächen zahlen muss. Die Eigentumsübertragung wurde zum 1. September 2013 wirksam. Die Mietzahlungen wurden erstmals im Haushalt 2014 ausgewiesen, wobei die Höhe des Ansatzes von 5,856 Millionen Euro den Zeitraum September bis Dezember 2013 mit einbezog. Ab 2015 wird dieser Ansatz entsprechend reduziert.

Erhöhungen waren in 2014 auch im Bereich der Zuweisungen/Zuschüsse erforderlich. In dieser Kategorie sind unter anderem die Zuweisungen an den Versorgungsfonds für die Beamten des Bundes auszuweisen. In Folge einer gestiegenen Anzahl von Verbeamten beim Stammpersonal der BAST waren die Zuweisungen an den Versorgungsfonds zu erhöhen.

Personalausgaben waren im Jahr 2013 der größte Ausgabeposten der BAST mit rund 55 Prozent des Gesamtausgabebelags. Auf die Sachausgaben – wie externe Forschung, Unterhaltung Gebäude und Versuchsanlagen, Geschäftsbedarf, Öffentlichkeitsarbeit – entfiel ein Anteil von 36 Prozent. Mit sehr deutlichem Abstand folgten die Bereiche Zuweisungen/Zuschüsse und Investitionen mit jeweils weniger als fünf Prozent Anteil. Das Jahr 2014 hatte demgegenüber zumindest im Verhältnis Personalausgaben und Sachausgaben eine deutlich andere Verteilung. Der Anteil der Personalausgaben machte nur noch 47 Prozent am gesamten Haushaltsvolumen aus, die Sachausgaben hingegen fast 45 Prozent. Der Anteil der Zuweisungen/Zuschüsse und der Investitionen blieb annähernd gleich.

Der Bundeshaushalt für das Jahr 2014 wurde erst Ende Juli 2014 verabschiedet. Dementsprechend war die Bewirtschaftung des Haushalts in diesem Jahr maßgeblich geprägt durch die Beschränkungen der vorläufigen Haushaltsführung gemäß Artikel 111 Grundgesetz. Im Zuge der Haushaltsverhandlungen wurde zudem eine haushaltsgesetzliche Ausgabensperre von fünf Prozent der Ansätze in allen flexiblen Haushaltstiteln, sowie die Verfügbarkeitssperre von Ausgaberesten festgeschrieben. Diese Bewirtschaftungseinschränkungen verursachten bei der BAST erhebliche Schwierigkeiten, sodass ein Ausnahmeantrag von der Haushaltssperre gestellt wurde. Der Antrag wurde im

Haushaltsansätze (in tausend Euro)	2013	2014
BAST-Etat	38.705	44.510
Personalausgaben	21.391	21.176
Sachausgaben	13.947	19.907
Zuweisungen/Zuschüsse	1.598	1.770
Sonstige Investitionen	1.769	1.657

Oktober 2014 positiv beschieden. Im November 2014 wurde die Haushaltssperre aufgehoben.

Die im Jahr 2007 in der BAST eingeführte Kosten- und Leistungsrechnung (KLR), als Ergänzung zum kameralistischen Haushalt, hat sich inzwischen gut etabliert. Insbesondere für die Preiskalkulation und die Darstellung der Kosten bei der Erbringung von Leistungen für Dritte gegen Entgelt, für unternehmenssteuerliche Fragestellungen sowie der Kostenabrechnung von Drittmittelprojekten, ist die Kosten- und Leistungsrechnung inzwischen unverzichtbar.

Kontinuierlich wird daran gearbeitet, die Strukturen und Ergebnisse der KLR zu optimieren.



**Hildegard Behr-Greinert**

Verwaltungsbeamtin, Leiterin des Referats „Haushalt, Finanzwesen, KLR“

## Personal

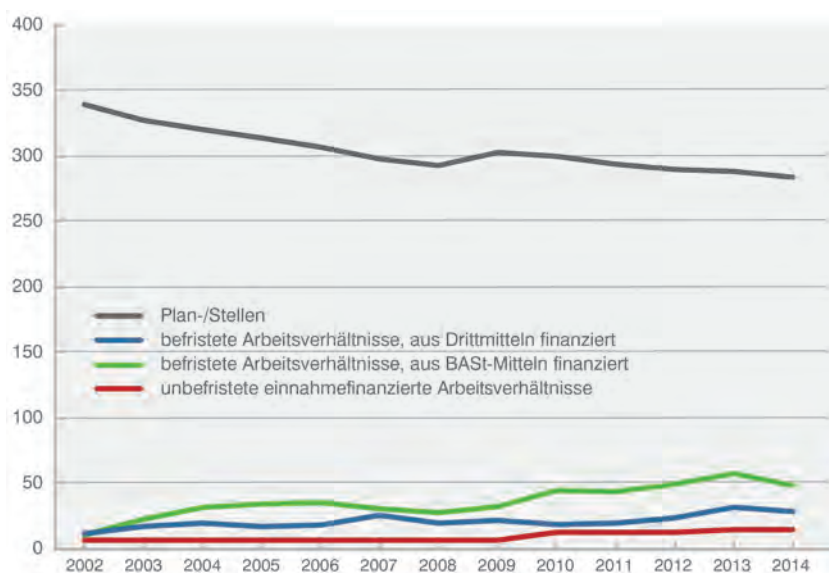
Die BAST beschäftigt ohne Auszubildende, Praktikanten und geringfügig Beschäftigte rund 400 Personen. Der überwiegende Teil der Beschäftigten hat eine naturwissenschaftliche oder technische Ausbildung. Aber auch Humanwissenschaftler, Rechts- und Wirtschaftswissenschaftler sowie die klassischen Verwaltungsberufe sind vertreten.

einem gesetzlich vorgegebenen Sparprozess geprägt. Zwar besteht seit 2013 nicht mehr die jährliche gesetzliche Stelleneinsparungspflicht von 1,5 Prozent der Stellen für Tarifbeschäftigte und Planstellen für Beamtinnen und Beamte, dafür ist aber seit 2013 eine Nachsparleistung aufgrund der Kompensation von neuen Stellen im Bundeshaushalt in erheblichem Umfang zu erbringen. Die Einsparleistungen in Form von Stellen und Planstellen hat in den letzten zwei Jahren zu einer weiteren kontinuierlichen Reduzierung von dauerhaft Beschäftigten geführt.

Da keine deutliche Aufgabenreduzierung erfolgte und sogar zusätzliche neue Daueraufgaben hinzugekommen sind, muss die Aufgabenwahrnehmung durch weitere Optimierung und durch den verstärkten Abschluss zeitlich befristeter Arbeitsverträge aufgefangen werden.

Anzumerken ist, dass die Geldmittel für befristet Beschäftigte in einigen Fällen nur durch die Übernahme zusätzlicher drittfinanzierter Projekte akquiriert werden können, und insoweit mit der Gewinnung des befristeten Personals zugleich auch

*Entwicklung der Stellen und Planstellen in der BAST*



Die Entwicklung des Personalhaushaltes war auch in den Jahren 2013 und 2014 von



ein Aufgabenzuwachs erfolgt. Heute haben von den 250 Tarifbeschäftigten der BAST rund 30 Prozent einen befristeten Arbeitsvertrag.

### Ausbildung

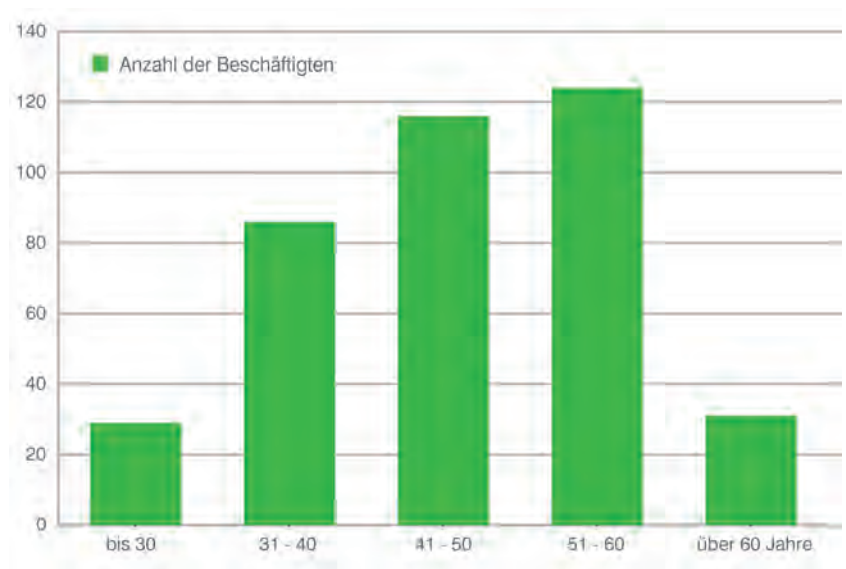
Die BAST bietet eine breite Palette an Ausbildungsberufen an wie Baustoffprüfer/-in, Physikalaborant/-in, Chemielaborant/-in, Bauzeichner/-in, Fachangestellte/r für Medien- und Informationsdienste sowie Metallbauer/-in und Fachinformatiker/-in für Systemintegration. In den Jahren 2013 und 2014 wurden 18 Auszubildende in der BAST beschäftigt. Den Auszubildenden, die ihre Ausbildung erfolgreich beendet haben, bietet die BAST in der Regel eine befristete Anschlussbeschäftigung an. In Einzelfällen konnte ehemaligen Auszubildenden auch eine unbefristete Perspektive geboten werden.

### Altersstruktur und Gesundheitsförderung

70 Prozent der Beschäftigten der BAST (ohne Auszubildende, Praktikanten und geringfügig Beschäftigte) sind älter als 40 Jahre, 40 Prozent sind älter als 50 Jahre. Auch vor dem Hintergrund, dass das Durchschnittsalter des Stammpersonals in den nächsten Jahren steigen wird, intensiviert die BAST seit einigen Jahren die Maßnahmen der Gesundheitsförderung. Zu diesem Zweck wurde ein Konzept zum betrieblichen Gesundheitsmanagement erstellt. Die darin vorgesehenen Maßnahmen, beispielsweise Vorträge und Seminare zu Themen wie „Work-Life-Balance“ und „Stressbewältigung“, werden umgesetzt und gut angenommen. Als Konsequenz aus einer Befragung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zur Gesundheitsförderung wurde im Herbst 2014 ein Gesundheitstag zum Thema „Gesunder Rücken“ durchgeführt.

### Fort- und Weiterbildung

Um den aktuellen Kenntnisstand der Beschäftigten, insbesondere auch den des wissenschaftlichen Personals, zu erhalten und zu erweitern, sind Fort- und Weiter-



Altersstruktur der Beschäftigten

bildungen unerlässlich. Die Teilnahme an Fortbildungsveranstaltungen dient der Verbesserung der fachlichen Leistungen der Beschäftigten und verbindet dies mit den Aussichten auf berufliche Weiterbildungsmöglichkeiten. Regelmäßig nehmen jedes Jahr mehr als die Hälfte der Beschäftigten an Fort- oder Weiterbildungsveranstaltungen teil. Dazu bietet die BAST bedarfsorientierte Qualifizierungsmaßnahmen, insbesondere auch für Führungskräfte und Nachwuchsführungskräfte, an.

### Auszeichnungen/Ernennungen/Promotionen/Lehraufträge

Wie erfolgreich die BAST-Beschäftigten in den Jahren 2013 und 2014 waren, zeigen auch verschiedene Auszeichnungen, Ernennungen und Promotionen sowie ausgewählte Lehraufträge an unterschiedlichen Hochschulen und Fakultäten wie auf den folgenden Seiten dargestellt.



**Dr. Kirstine Lamers**

Juristin, Leiterin des Referats „Personal, Justizariat, Beschaffung/Vergabe“



Dr. Thorsten Adolph hat einen Lehrauftrag an der Fachhochschule Köln im Bereich „Passive Sicherheit“.



Dr. Thorsten Geißler hat Lehraufträge an der Hochschule Fresenius in Köln und der Verwaltungs- und Wirtschaftsakademie Düsseldorf im Bereich Volkswirtschaftslehre. Ihm wurde im Mai 2014 gemeinsam mit Dr. Josef Kaltwasser (Albrecht Consult GmbH) der DATEX II Award verliehen.



Dr. Taiseer Aljazzar hat einen Lehrauftrag für den Masterstudiengang Bauingenieurwesen an der Fachhochschule Koblenz.



Peter Gusia leitet seit August 2014 die „Zertifizierungsstelle Straßenausstattung“.



Dr. Jan-André hat einen Lehrauftrag an der Hochschule Fresenius in Köln im Fach Volkswirtschaftslehre.



Rainer Krautscheid wurde 2013 von der FSD Fahrzeugsystemdaten GmbH zum Mitglied des Technischen Beirats bestellt.



Dr. Anja Baum wurde in 2014 der akademische Grad „Doktor der Ingenieurwissenschaften“ von der Bergischen Universität Wuppertal verliehen.



Anita Künkel-Henker hat einen Lehrauftrag an der Ruhr-Universität Bochum zum Thema „Managementsysteme für die Straßenerhaltung“. Sie ist seit Mai 2014 Sonderbeauftragte für internationale Forschungsaufgaben in der BAST.



Rudi Bull-Wasser wurde am 29. September 2014 die Lür-Nadel der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen verliehen.



Dr. Sebastian Lipke hat einen Lehrauftrag an der Universität Duisburg/Essen im Fachgebiet „Straßenbau und Verkehrswesen“.



Dr. Andre Eggert wurde im September 2013 der akademische Grad „Doktor der Ingenieurwissenschaften“ von der Technischen Universität Berlin verliehen. Er hält Vorlesungen an der Hochschule Furtwangen und der Bergischen Universität Wuppertal.



Bernd Lorenz ist seit April 2014 neuer Generalsekretär des European Enhanced Vehicle Safety Committees (EEVC).





Dr. Christine Lotz-Keens erhielt 2013 den Achievement Award der TISA für ihr außerordentlich förderndes und unterstützendes Engagement.



Stefan Strick, Präsident der BAST, übernahm im Januar 2014 die Präsidentschaft des Forum of European Highway Research Laboratories (FEHRL).



Fabian Overath, Auszubildender im Bereich Kraftfahrzeugmechatronik bei der BAST in Kooperation mit dem Autohaus Stein, wurde als zweitbesten Absolvent der Kraftfahrzeuginnung Bergisches Land ausgezeichnet.



Tobias Teichner hat einen Lehrauftrag an der Bergischen Universität Wuppertal zum Thema Steuerung von Lichtsignalanlagen.



Dr. Michael Rohleder übernahm im Oktober 2013 die Geschäftsführung der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). Er war zuvor langjähriger Mitarbeiter der BAST, zuletzt als Referatsleiter „Informations- und Kommunikationstechnik“.



Dr. Marko Wieland hat einen Lehrauftrag an der Hochschule Magdeburg-Stendal im Bereich „Straßenbau“.



Michael Rohloff wurde 2013 in den Wissenschaftlichen Beirat der Deutschen Verkehrswacht e.V. berufen und für weitere vier Jahre als Leiter der Arbeitsgruppe „Verkehrsmanagement“ der FGSV bestätigt.



Markus Schumacher gewann 2013 mit seinem Vortrag „Assessing fitness to drive under long-term treatment with opioid analgetics“ den ersten Preis im Rahmen des Young Researchers Seminars.

Jessica Kleine und Rainer Lehmann wurde im Juli 2013 der Sonderpreis des Center for Transportation & Logistics Neuer Adler e.V. (CNA) für ihr Konzept „Lkw-Kompaktparken“ verliehen. Rainer Lehmann wurde zudem für weitere vier Jahre als Leiter des FGSV-Arbeitsausschusses „Verkehrsbeeinflussung außerorts“ gewählt.



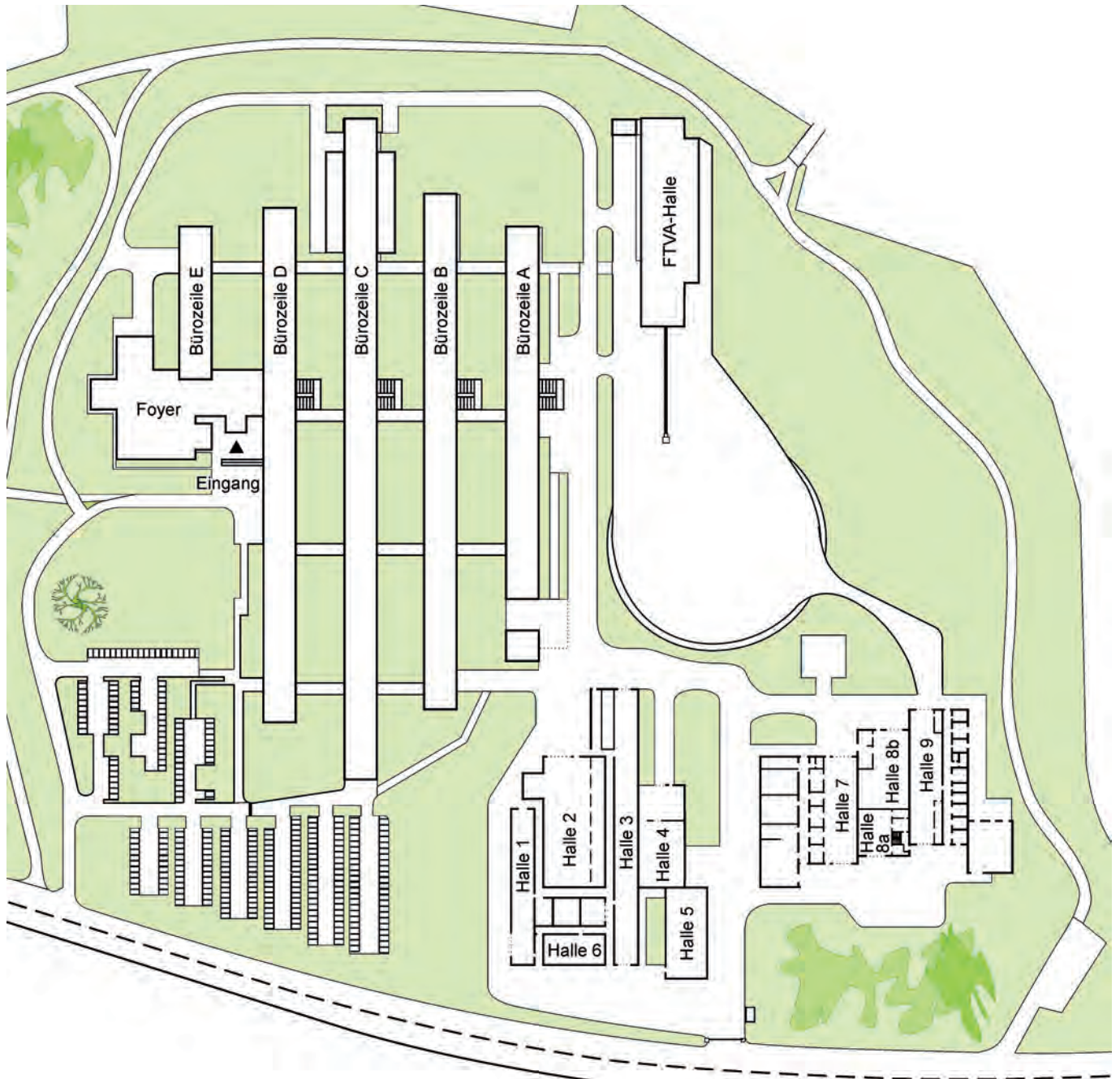
Andre Seeck hält Vorlesungen an der Dresden International University im Masterstudiengang „Fahrzeugsicherheit und Verkehrsunfallforschung“ sowie an der Technischen Universität Graz im Masterstudiengang „Traffic Accident Research“.

## Organisationsplan der Bundesanstalt für Straßenwesen





## Geländeplan der BAST



Halle 1: Kalibrierung von Dummys, Komponenten und Sensoren

Halle 2: Rundlaufprüfanlage

Halle 3: Lichthalle und Halle für aktive Fahrzeugsicherheit und Fahrerassistenz

Halle 4: Prüfstand Fahrzeug/Fahrbahn

Halle 5: Krafftfahrzeughalle

Halle 6: Halle für akustische Modelltechnik

Halle 7: Prüfhalle Straße, Grundbau und Brücke

Halle 8a: Innentrommelprüfstand

Halle 8b: Beton-Modellstraße

Halle 9: Asphalt-Modellstraße

FTVA-Halle: Fahrzeugtechnische Versuchsanlage

## **Bundesanstalt für Straßenwesen**

Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) wurde 1951 gegründet. Ihre Arbeit begann damals mit Forschungen im Straßenbau. 1965 erhielt sie den Auftrag, über den eigentlichen Straßenbau hinaus, auf die Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Straßen und auf die Sicherheit des Verkehrs hinzuwirken. 1970 wurde sie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages als zentrale Stelle für die Unfallforschung bestimmt. Heute ist die BASt die praxisorientierte, technisch-wissenschaftliche Forschungseinrichtung des Bundes auf dem Gebiet des Straßenwesens und widmet sich den vielfältigen Aufgaben, die aus den Beziehungen zwischen Straße, Mensch und Umwelt resultieren. Ihr Auftrag ist es, die Sicherheit, Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit der Straßen zu verbessern.

Dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) gibt die BASt in fachlichen und verkehrspolitischen Fragen wissenschaftlich gestützte Entscheidungshilfen. Sie wirkt weltweit maßgeblich bei der Ausarbeitung von Vorschriften und Normen mit und arbeitet führend im Netzwerk der Spitzenforschungsinstitute auf dem Gebiet des Straßenwesens. Zu ihren Aufgaben gehören des Weiteren Beratungs- und Gutachtertätigkeiten. Außerdem begutachtet die BASt die Qualität von Dienstleistungen und beurteilt die Qualität von Produkten. Hierzu führt sie Prüfungen, Anerkennungen sowie Lehrgänge durch.

Sie hat seit 1983 ihren Sitz in Bergisch Gladbach auf einem rund 20 Hektar großen Gelände mit zehn Versuchshallen und teils weltweit einzigartigen Großversuchsständen.



# Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

## Unterreihe „Allgemeines“

A 1: Tätigkeitsbericht 1992 56 Seiten, 1993	kostenlos	A 21: Tätigkeitsbericht 1997 64 Seiten, 1998	kostenlos
A 2: Arbeitsprogramm 1993 432 Seiten, 1993	vergriffen	A 22: 50 Jahre Bundesanstalt für Straßenwesen 60 Seiten, 2001	vergriffen
A 3: Verzeichnis der Veröffentlichungen 1970 bis 1992 44 Seiten, 1993	vergriffen	A 23: Festveranstaltung 50 Jahre BAST 5. Mai 2001, Bergisch Gladbach 102 Seiten, 2001	kostenlos
A 4: Straßen- und Verkehrsforschung in der ehemaligen DDR von G. Krumnow, S. Pech und K.-D. Affeldt 140 Seiten, 1993	vergriffen	A 24: Symposium 2002 BAST-Forschung 48 Seiten, 2002	Euro 11,50
A 5: Sicherheitsforschung Straßenverkehr - Programm 1993/94 68 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 6: Tätigkeitsbericht 1993 64 Seiten, 1994	kostenlos	A 26: Jahresbericht 2002 76 Seiten, 2003	vergriffen
A 7: Forschungsprogramm der BAST 1994 152 Seiten, 1994	vergriffen	A 27: Jahresbericht 2003 92 Seiten, 2004	kostenlos
A 8: Kunst am Bau 48 Seiten, 1994	kostenlos	A 28: Jahresbericht 2004 96 Seiten, 2005	kostenlos
A 9: Tätigkeitsbericht 1994 72 Seiten, 1995	kostenlos	A 29: 2. Deutsch-Russische Verkehrssicherheitskonferenz 126 Seiten, 2005	Euro 18,50
A 10: Verzeichnis der Veröffentlichungen 1970 bis 1994 48 Seiten, 1995	vergriffen	A 30: Jahresbericht 2005 92 Seiten, 2006	kostenlos
A 11: Forschungsprogramm der BAST 1995 256 Seiten, 1995	kostenlos	A 31: Jahresbericht 2006 102 Seiten, 2006	kostenlos
A 12: Symposium '96 BAST-Forschung 66 Seiten, 1996	Euro 13,00	A 32: Jahresbericht 2007/2008 184 Seiten, 2009	kostenlos
A 13: Tätigkeitsbericht 1995 116 Seiten, 1996	kostenlos	A 33: 4. Deutsch-Russische-Verkehrssicherheitskonferenz Referate auf CD	29,50 Euro
A 14: Forschungsprogramme der BAST 1996 180 Seiten, 1996	vergriffen	A 34: Jahresbericht 2009/2010 167 Seiten, 2011	kostenlos
A 15: Verzeichnis der Veröffentlichungen 1970 bis 1996 56 Seiten, 1997	vergriffen	A 35: Jahresbericht 2011/2012 151 Seiten, 2013	kostenlos
A 16: Tätigkeitsbericht 1996 68 Seiten, 1997	kostenlos	A 36: Annual Report 2011/2012 151 Seiten, 2013	kostenlos
A 17: Symposium '97 - Mensch und Sicherheit 48 Seiten, 1997	Euro 10,50	A 37: Jahresbericht 2013/2014 168 Seiten, 2015	kostenlos
A 18: Forschungsprogramm Straßenverkehrssicherheit 1997/98 56 Seiten, 1997	vergriffen		
A 19: BAST-Forschung 1997/98 138 Seiten, 1997	kostenlos		
A 20: BAST Research 1997/98 135 Seiten, 1997	kostenlos		

Zu beziehen durch:  
 Carl Schünemann Verlag GmbH  
 Zweite Schlachtpforte 7  
 D-28195 Bremen  
 Telefon: 0421 36903-53  
 Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)