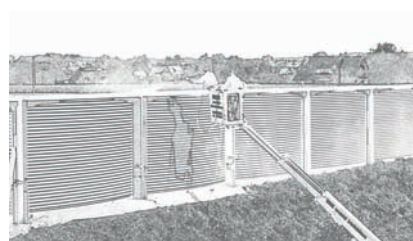


Jahresbericht 2015 / 2016

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Allgemeines Heft A 38



bast

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 arbeitet führend im Netzwerk der Spitzenforschungsinstitute auf dem Gebiet des Straßenwesens und wirkt weltweit maßgeblich bei der Ausarbeitung von Vorschriften und Normen mit. Zu ihren Aufgaben gehören darüber hinaus Beratungs- und Gutachtertätigkeiten, außerdem prüft und zertifiziert sie und ist zudem Begutachtungsstelle für das Fahrerlaubniswesen

Sie hat seit 1983 ihren Sitz in Bergisch Gladbach auf einem rund 20 Hektar großen Gelände mit zehn Versuchshallen und teils weltweit einzigartigen Großversuchsständen.

Jahresbericht 2015 / 2016

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Allgemeines Heft A 38

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, Redaktion und Gestaltung:

Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Redaktionsschluss: Dezember 2016

Bildnachweis:

Bundesanstalt für Straßenwesen, Guido Rosemann und Tanja Steg (BAST), Seite 36/37 TÜV | DEKRA arge tp 21 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 978-3-95606-260-5

Bergisch Gladbach, März 2017

Einführung

Gute Verkehrspolitik braucht wissenschaftliche Beratung. Unverzichtbar im Sinne eines auf Vorsorge und Sicherheit gerichteten staatlichen Gemeinwesens sind dabei Erkenntnisse über Anwendung und Wirkung moderner Technologien, über Verkehrssicherheit, Mobilität und Verkehrsentwicklung, über Gesundheit, Umwelt, Energie und Klimaschutz, über veränderte Arbeits- und Lebensbedingungen wie auch über die Herausforderungen der globalisierten Ökonomie. Die Bundesregierung kann sich mit der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) auf eine moderne Forschungseinrichtung stützen, die wissenschaftlich fundierte Expertise bereitstellt. Die BASt erfüllt damit eine wichtige Brückenfunktion zwischen Politik auf der einen und Wissenschaft auf der anderen Seite.

Die strategische Forschungsplanung der BASt orientiert sich unter Berücksichtigung aller für den Straßenverkehr relevanten gesellschaftlichen Herausforderungen an langfristig ausgerichteten, nationalen, europäischen und internationalen Programmen zum Thema Verkehr, wie dem Programm Straße im 21. Jahrhundert, den Verkehrssicherheitsprogrammen der Bundesregierung oder dem Europäischen Verkehrssicherheitsprogramm.

Als Ressortforschungsinstitut hat die BASt die Aufgabe, die Entwicklung des Straßenwesens zu fördern und hierfür der Bundesregierung für anstehende verkehrspolitische und fachliche Fragestellungen auf dem Gebiet des Straßenwesens wissenschaftlich gesicherte Entscheidungshilfen zur Verfügung zu stellen. Dabei wirkt die BASt hin auf eine Verbesserung und Steigerung der Effizienz beim Bau und der Erhaltung sowie eine Verbesserung der Verlässlichkeit der Straßeninfrastruktur, eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit des Verkehrssystems Straße und der Verkehrssicherheit, eine Verbesserung der Umweltverträglichkeit von Straßenbau und Straßenverkehr sowie die Stärkung der Resilienz des Verkehrssystems Straße und des technologischen Fortschritts im Straßenwesen.

Die BASt betreibt sowohl eigene Forschung als auch externe Forschung, die sie konzipiert, koordiniert, wissenschaftlich betreut und auswertet. Sie greift gesellschaftliche, technologische und wirtschaftliche Fragestellungen auf und erkennt wichtige Heraus-



Stefan Strick, Präsident der Bundesanstalt für Straßenwesen

forderungen. Die Ergebnisse der Forschungsarbeit bringt die BASt in die Gesetzgebung sowie in Normen und andere Regelwerke ein.

Um das System Straße leistungs- und zukunftsfähig zu gestalten, müssen innovative Konzepte, Materialien, Technologien sowie Methoden und Verfahrensweisen entwickelt und erforscht werden. Hierbei gilt es mehr Dynamik bei Innovationen und bei deren Umsetzung im Straßen- und Brückenbau zu entwickeln. Innovative Ideen müssen gefördert werden, um zum einen den Neubau effizient und prozesssicher zu gestalten und zum anderen den erforderlichen Erhaltungsaufwand zu reduzieren. Die Straße der Zukunft muss zugleich intelligenter, wirtschaftlicher, sicherer und umweltgerechter sein und mit geringeren Folgekosten für Nutzer und Betreiber verbunden sein.

Die Realisierung ihrer Forschungsziele erfolgt in der BASt nicht allein mittels Eigen- und Auftragsforschung sondern auch durch Forschungsförderung. So sollen mit dem „Innovationsprogramm Straße“

Anreize für Industrie und Wissenschaft geschaffen werden, die anwendungsorientierte Forschungsvernetzung zu intensivieren.

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Die Beschäftigten der BAST forschten in den letzten beiden Jahren in gewohnt hoher Qualität in allen Bereichen des Straßenwesens. Neben ihren Aufgaben in der BAST engagierten sich Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den letzten zwei Jahren mit Lehraufträgen an verschiedenen Institutionen. Erfreulich ist auch die Tatsache, dass in 2015 und 2016 fünf Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Dokortitel verliehen wurde sowie weitere Beschäftigte mit Auszeichnungen und Ernennungen bedacht wurden.

In den vergangenen zwei Jahren konnten wir zahlreiche neue – darunter viele junge – Kolleginnen und Kollegen für die BAST gewinnen. Dies ist unter anderem im BMVI-Expertennetzwerk begründet. Dieses neue Forschungsformat ging im Januar 2016 an den Start. Unter der Gesamtkoordination der BAST haben sich sieben Ressortforschungseinrichtungen und Fachbehörden des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) zu einem innovativen Netzwerk zusammengeschlossen.

Die BAST engagiert sich aber auch als Ausbildungsbetrieb und bietet eine Reihe von Ausbildungsberufen an. Über 20 junge Menschen konnten so in den letzten zwei Jahren ausgebildet werden.

Erweiterte Aufgabenbereiche

Neue Herausforderungen und Themenschwerpunkte erforderten strukturelle Anpassungen in der BAST.

So wurde der Bereich Fahrzeugtechnik Mitte 2016 neu aufgestellt. Wir haben das Referat „Emissionen im Kraftfahrzeugbereich“ eingerichtet, um diese Thematik mit der notwendigen Außenwirkung gesamtheitlich anzugehen. Neben Abgasemissionen werden hier auch Geräuschemissionen von Fahrzeugen und Prüfverfahren von Reifen behandelt.

Die Automatisierung von Kraftfahrzeugen eröffnet neue Fragestellungen, denen sich das neue Referat „Automatisiertes Fahren“ widmet.

Das ebenfalls neue Referat „Vernetzte Mobilität“ beschäftigt sich mit aktuellen Herausforderungen der immer stärker wachsenden Vernetzung von

Verkehrssystem, Fahrzeugen und verfügbaren Verkehrsinformationen.

Die Aufgaben in der Abteilung „Verhalten und Sicherheit im Verkehr“ wurden ebenfalls neu strukturiert und bereits in 2015 den aktuellen Anforderungen angepasst.

Im Bereich der Forschung sind unterschiedlichste IT-Systeme in Betrieb und nicht mehr wegzudenken. Um eine langfristig leistungsfähige und sichere IT-Umgebung aufbauen und betreiben zu können, wurde 2016 die „Koordinierungsstelle Forschungsmanagement“ ins Leben gerufen. Der Koordinierungsstelle obliegt die frühzeitige Erfassung und Beurteilung aller relevanten Informationen hinsichtlich Entwicklung, Implementierung, Betrieb und Risikobewertung von IT-Fachanwendungen. Sie verbessert so nicht nur die Wirtschaftlichkeit aller Projekte mit IT-Bezug, sondern auch die Sicherheit als Teil der Forschungsleistung.

Im Juni 2015 wurde mit dem Bau des Demonstrations-, Untersuchungs- und Referenzareal der BAST (duraBAST) im Kölner Osten begonnen. Zukünftig werden hier neu entwickelte Baustoffe, Bauweisen und Bauverfahren unter realitätsnahen Bedingungen getestet. Darüber hinaus befindet sich auf dem Gelände eine Referenzstrecke für die Qualitätssicherung und Weiterentwicklung schnellfahrender Messsysteme.

Fachbeiträge

Schwerpunkt unseres Jahresberichts ist die Darstellung ausgewählter Erkenntnisse und Forschungsergebnisse der vorangegangenen zwei Jahre. 43 Fachbeiträge sollen Ihnen eine gute Übersicht über unser breit aufgestelltes Aufgabengebiet geben.

Exemplarisch sei der Feldversuch mit Lang-Lkw erwähnt, mit dessen wissenschaftlicher Begleituntersuchung die BAST seit 2011 beauftragt war, endete im Dezember 2016. Insgesamt konnte gezeigt werden, dass durch den Einsatz von Lang-Lkw keine wesentlichen Schwierigkeiten oder Verlagerungseffekte zu erwarten sind. Aus betriebswirtschaftlicher und verkehrsnachfrageseitiger Sicht wird der Einsatz von Lang-Lkw in bestimmten Bereichen und Einsatzfeldern als sinnvoll erachtet. Die im Feldversuch gewonnenen Erkenntnisse

dienten dem BMVI als Entscheidungshilfe für den weiteren Einsatz von Lang-Lkw.

Während die Zahl der im Straßenverkehr Getöteten im Jahr 2016 mit rund 3.200 auf den seit mehr als 60 Jahren niedrigsten Stand sank, stagniert die Zahl der Schwerstverletzten. Bisher gibt es jedoch kaum Wissen über besonders schwer verletzte Unfallopfer, da deutschlandweit keine entsprechenden Informationen vorliegen. Mit den Daten aus der Datenbank GIDAS (German In-Depth Accident Study) beteiligt sich die BAST an einer von der europäischen Kommission geförderten Studie.

Der Klimawandel hat auch direkte Auswirkungen auf die Verkehrsinfrastruktur. Im Projekt RAINEX wurden Gefahrenprozesse von extremen Regenereignissen definiert und potenzielle Auswirkungen auf die Infrastruktur identifiziert.

Alters- und zustandsbedingt wird der Bauwerkserhaltung in den kommenden Jahren eine immer wichtigere Rolle zu kommen. Da die bisher zum Einsatz kommende handnahe Bauwerksprüfung sehr aufwendig und teilweise nicht ungefährlich ist, untersucht die BAST innovative Ansätze der Bauwerksprüfung. Ein Projekt ist die „Zustandserfassung im Flug“, bei dem der Einsatz von unbemannten Flugsystemen untersucht wurde.

Kontakte und Gäste

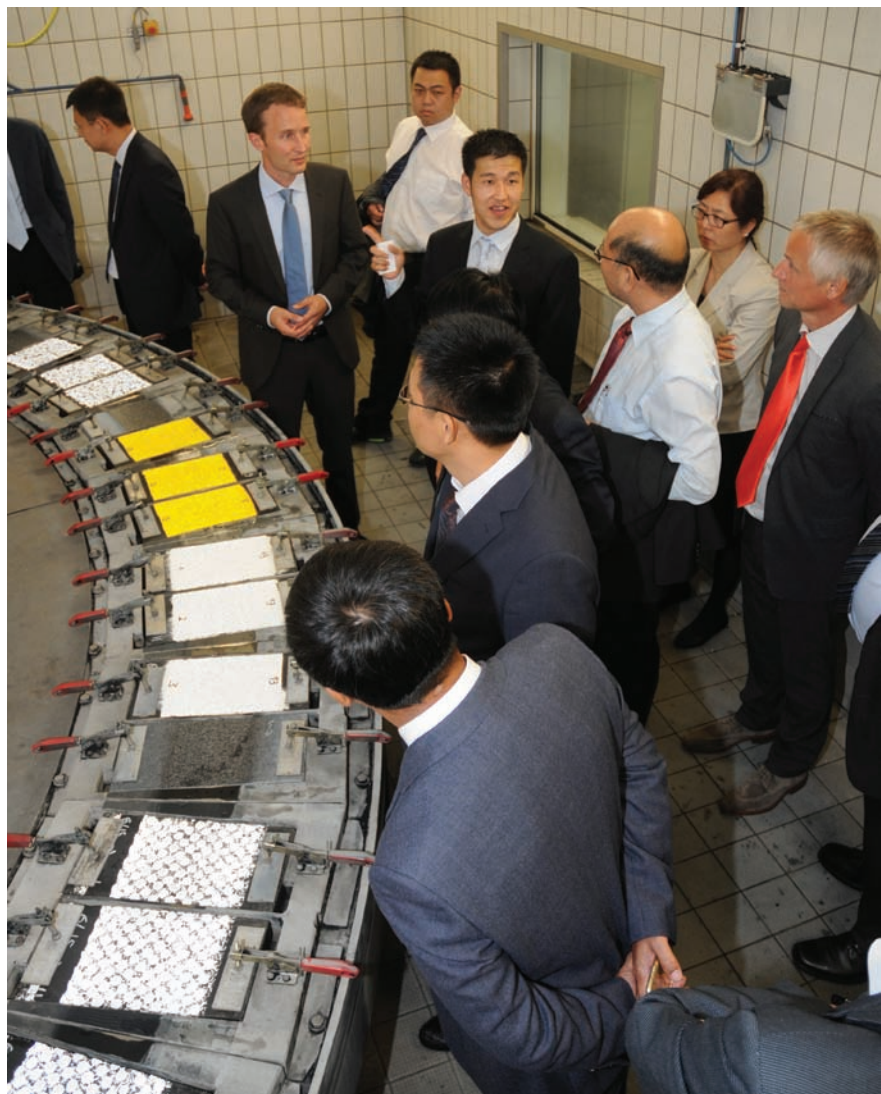
Im internationalen Bereich war die BAST an über 20 Projekten der Europäischen Union beteiligt und mit 80 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in 200 Gremien unterschiedlicher Organisationen vertreten. Dabei stellt die BAST den Präsidenten und Generalsekretär für FERSI (Forum of European Road Safety Research Institutes), den Past President von FEHRL (Forum of European Highway Research Laboratories) sowie nun auch den Vorsitzenden der sogenannten Amsterdam-Gruppe.

Zur Intensivierung internationaler Aktivitäten schließt die BAST Kooperationen mit ausländischen Institutionen. In den vergangenen zwei Jahren wurden neue Verträge mit der Ukraine und China geschlossen sowie bestehende Kooperationen mit den Niederlanden und China ausgebaut.

In den Jahren 2015 und 2016 fanden rund 850 nationale und internationale Besucher ihren Weg in die

BAST. 14 Gastwissenschaftlerinnen und Gastwissenschaftler aus dem Ausland unterstützen die Arbeit unserer Fachabteilungen – zum Teil über mehrere Monate. Zudem begrüßten wir Gäste aus aller Welt bei zahlreichen Fachveranstaltungen in unserem Haus. Im Juni 2015 öffneten wir am Tag der Verkehrssicherheit unsere Türen, um interessierten Fachleuten aber vor allem unseren direkten Nachbarn Einblicke in unsere Arbeit zu geben.

Als Präsident der Bundesanstalt für Straßenwesen freue ich mich, Ihnen die Ergebnisse unserer Forschung präsentieren zu dürfen. Ich hoffe, ich konnte Ihr Interesse für den vorliegenden Bericht und die Arbeit der BAST wecken.



Viele – auch internationale – Gäste fanden den Weg in die BAST

Verkehrstechnik	8
Feldversuch mit Lang-Lkw.....	10
Kompaktparken für Lkw: Der Weg in die Praxis.....	13
MARZ: Neufassung des Merkblatts.....	14
Neues zur Ausstattung von Arbeitsstellen an Straßen.....	15
Verkehrszeichenkatalog: Überarbeitung und Neufassung.....	18
Überholmodell für einbahnig zweistreifige Landstraßen.....	19
Wildwarner und Wildunfallprävention.....	21
Fahrzeugtechnik	22
Einführung kooperativer Systeme und Dienste in Europa.....	24
SENIORS: Weiterentwicklung der Fußgängerschutz-Prüfverfahren.....	27
Belastung durch den Sicherheitsgurt bei Kindern.....	28
Mensch-Maschine-Interaktion beim automatisierten Fahren.....	30
Kamera-Monitor-Systeme als Ersatz für Spiegel.....	33
Anforderungen an automatisches Lenken.....	34
Bewertung von Notbremsystemen in der Praxis.....	35
Verkehrssicherheit	36
Optimierung der Praktischen Fahrerlaubnisprüfung.....	38
Mehr Verkehrssicherheit für Schwächere.....	40
Schwerstverletzte im Straßenverkehr.....	41
Betriebsdienst: Arbeitsbelastung und Altersstruktur.....	45
Verhalten im Tunnel: Automatische Brandbekämpfungsanlagen.....	47
Umwelt	48
Mobilität 2050 in Deutschland.....	50
Photokatalytische Lärmschutzwandoberflächen.....	52
RAINEX: Schutz der Verkehrsinfrastruktur.....	55
Durchsickerung von Straßenböschungen.....	56
Gefahrlose Lösung: Octansäuremethylester.....	57



Infrastruktur 60

Zustandserfassung im Flug 62

Feuerverzinkte Verbundbrücken..... 64

Verstärken von Betonbrücken 65

SMART-DECK: Intelligentes Verstärkungs- und Schutzsystem..... 66

Neue Ingenieurmodelle: Nachrechnung von Hohlkastenbrücken 67

Fahrbahnübergänge aus Polyurea oder Polyurethan 68

Konstruktiver Brandschutz in deutschen Fernstraßentunneln 71

Straßenbau 72

duraBAST: das neue Testareal der BAST..... 74

Mobile Load Simulator MLS30: Projekte im Rück- und Ausblick 77

Blick in die Straße: Zerstörungsfreie Substanzerfassungstechnik..... 79

Betonbauweisen: Praxisorientierte Forschung 80

Tragschichten aus ziegelreichen RC-Baustoffen..... 84

Qualitätssicherung in der Zustandserfassung..... 85

SKM-Griffigkeitsmessungen 86

Wie kommen die Bienen in das Bitumen? 89

Einblicke, Fakten und Daten 92

Straßenverkehrszählung 2015..... 94

Fahrleistungserhebung 2014..... 96

Ökonomische Folgenabschätzung für Regelungsvorhaben 98

BMVI-Expertennetzwerk Wissen – Können – Handeln 100

Forschungsmanagement in der BAST..... 103

FOX und USE-iT 104

Internationale Zusammenarbeit..... 106

Presse und Öffentlichkeitsarbeit 108

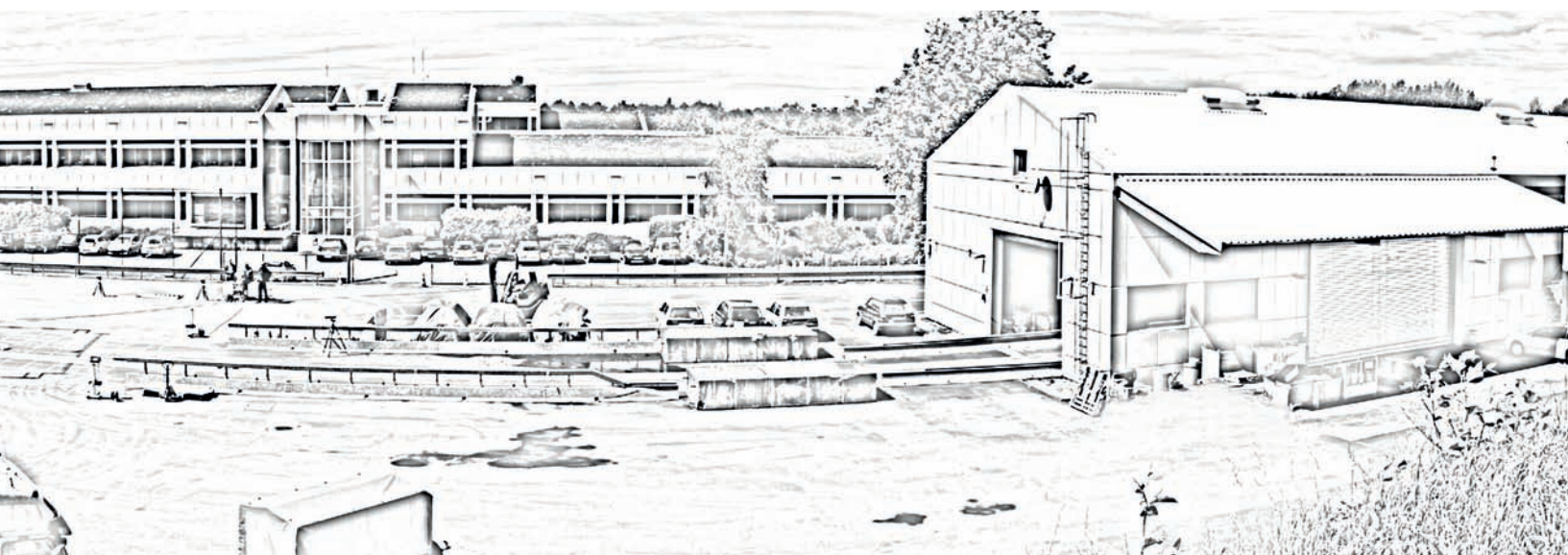
Wissenschaftliche Beratung der BAST 111

Qualität im Mittelpunkt 111

Haushalt und Finanzen..... 112

Personal..... 112

Auszeichnungen/Ernennungen/Promotionen/Lehraufträge..... 114



Verkehrstechnik





Feldversuch mit Lang-Lkw

Im Jahr 2011 beauftragte das Bundesverkehrsministerium die BASt mit der wissenschaftlichen Begleituntersuchung des bundesweiten Feldversuchs mit Lang-Lkw. Lang-Lkw dürfen mit bis zu 25,25 Metern zwar um 6,50 Meter länger als nach den geltenden Regelungen ausgeführt sein; ein höheres Gesamtgewicht als die auch heute schon geltenden 40 beziehungsweise 44 Tonnen im Vor- und Nachlauf zum Kombinierten Verkehr ist bei Lang-Lkw hingegen nicht zulässig.

Der Versuch startete mit Wirkung vom 01.01.2012 und war auf die Dauer von fünf Jahren ausgelegt. Er ist Bestandteil des Aktionsplans Güterverkehr und Logistik des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur.

Die gesetzliche Grundlage zur Durchführung des Feldversuchs bildet die vom Bundesminister für Verkehr erlassene Verordnung über Ausnahmen von straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften für Fahr-

zeuge und Fahrzeugkombinationen mit Überlänge (LKWÜberlStVAusV) vom 19.12.2011 sowie deren dazugehörige Änderungsverordnungen. Eine der Vorgaben betraf zum Beispiel den auf ein geprüftes Streckennetz beschränkten Einsatz der Lang-Lkw, eine andere die Teilnahme an der wissenschaftlichen Begleitung.

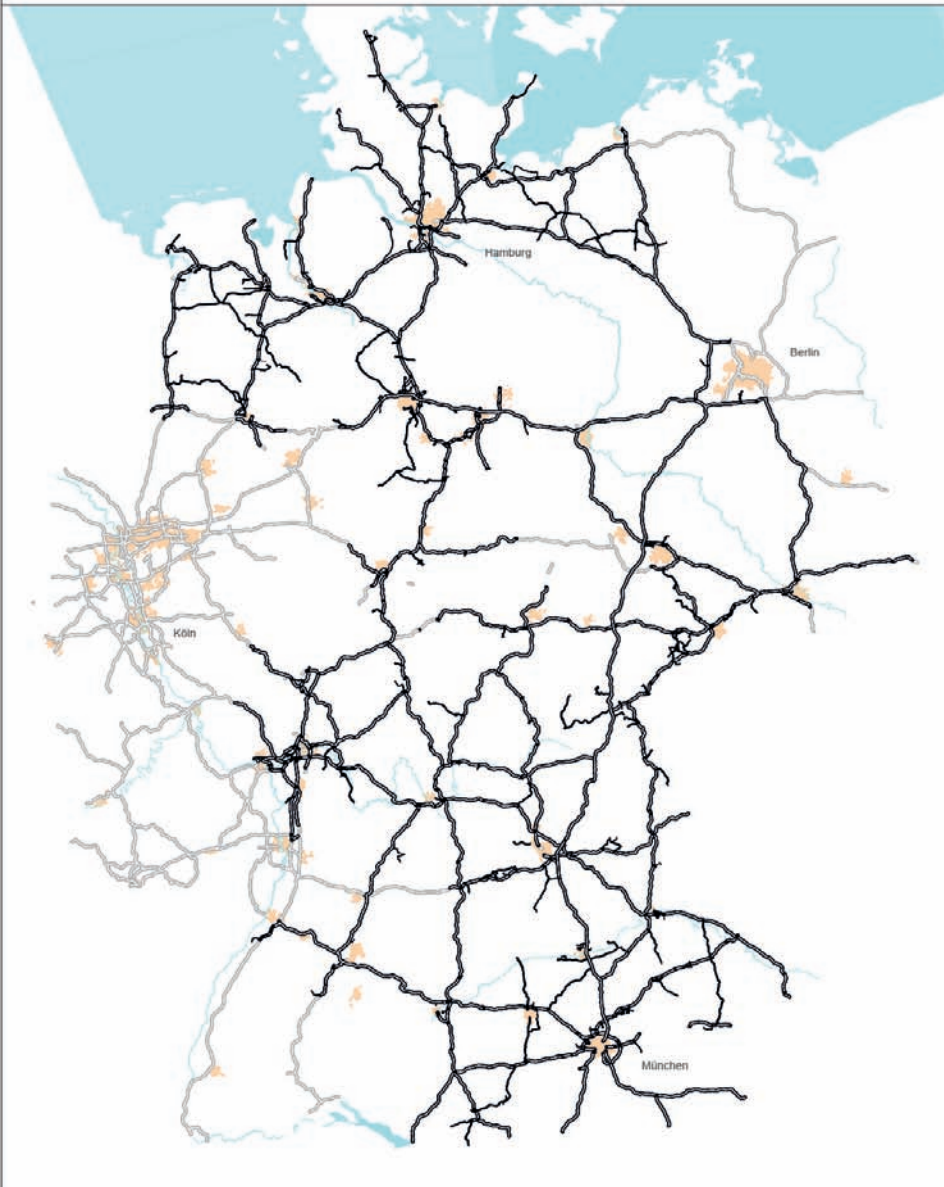
Der Zweck der unabhängigen wissenschaftlichen Begleitung bestand unter anderem in einer Versachlichung des Themas „Längere Lkw“, denn ausgehend von den Argumenten gegen längere und schwerere Lkw aus der Vergangenheit, wurden auch von Interessenvertretern der Bahn und Umweltverbänden, aber auch von Automobilclubs Bedenken geltend gemacht, gegen die im Feldversuch ausschließlich adressierte Vergrößerung der Länge dieser Lkw.

Der Umstand, dass es sich beim Lang-Lkw um ausschließlich längere, nicht jedoch schwerere Lkw handelt, hat keine grundlegende Veränderung in der Diskussion gebracht.

Wissenschaftliche Begleitung

Das Ziel der Konzeption der wissenschaftlichen Begleitung war es, alle in der Öffentlichkeit diskutierten Hoffnungen in und Bedenken gegen den Einsatz von Lang-Lkw umfassend zu berücksichtigen. Aufbauend auf einer internationalen Literaturstudie und unter Berücksichtigung der

Positivnetz Lang-Lkw, Stand: 6. Änderungsverordnung
Deutschland



bast

Kartenmaterial: Navteq/PTV

Karte nicht rechtsverbindlich, maßgebend ist die LKWÜberlStVAusV, Anlage zu §2 Abs. 1

Unverbindlicher Überblick über das Positivnetz gemäß der 6. Änderungsverordnung zur LKWÜberlStVAusV vom 29.04.2016



Lang-Lkw vom Typ 3: Motorwagen mit Untersetzachse (Dolly) und Sattelanhänger, Länge=25,25 Meter

rechtlichen Rahmenbedingungen sowie öffentlichen Diskussion wurden diejenigen Aspekte ermittelt und aufgelistet, die als mögliche Chancen und Risiken für einen Einsatz von Lang-Lkw in den verschiedenen Quellen benannt wurden. Bei einem Kolloquium im Mai 2011 diskutierten Experten die Liste und entwickelten sie weiter. Zur Beantwortung der identifizierten Fragestellungen wurden mehrere Forschungsprojekte initiiert und in den vergangenen fünf Jahren zum Teil von der BAST selbst, überwiegend jedoch von externen Forschungsinstituten bearbeitet.

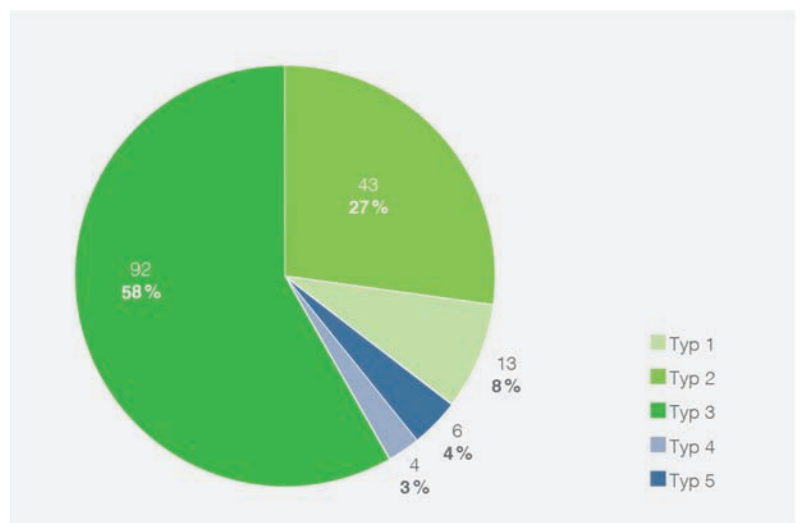
Der zum Ende des Feldversuchs im November 2016 vorgelegte Abschlussbericht der BAST enthält – neben den für die Konzeption der Gesamtuntersuchung erforderlichen rechtlichen Grundlagen und vorliegenden Erkenntnissen aus der Literatur – die Zusammenfassungen der verschiedenen Forschungsprojekte aus allen Untersuchungsphasen der wissenschaftlichen Begleitung. Alle Berichte zum Feldversuch stehen im Internet zum Download bereit (www.bast.de/lang-lkw).

Ergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse dienen als wertvolle Unterstützung der politischen Entscheidungsfindung. Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass sich bedeutende Probleme im Feldversuch nicht gezeigt haben. Gemessen an der Vielzahl betrachteter Fragestellungen ist die Anzahl der identifizierten potenziellen Risiken gering. Zudem können die

identifizierten Risiken bei der derzeit vorhandenen Anzahl an im Feldversuch beteiligten Lang-Lkw und auch noch unter der Annahme von deutlich höheren als im Rahmen der Untersuchungen zu den Verkehrsnachfragewirkungen prognostizierten Anteilen von Lang-Lkw am Güterverkehrsaufkommen als hinnehmbar oder beherrschbar eingestuft werden.

Es kann zudem festgehalten werden, dass der Einsatz des Lang-Lkw eine positive Verkehrsnachfragewirkung bezüglich einer Reduktion von gefahrenen Lkw-Kilometern und dementsprechend auch eine Reduktion von Klimagasen und Luftschadstoffen im Versuch gezeigt hat und zu-



Verteilung der gemäß LKWüberlStVAusV verschiedenen Typen der bei der BAST gemeldeten 159 Lang-Lkw von 60 Speditionen (Stand 30.09.2016)

künftig haben kann. Es zeigte sich bislang, dass Verlagerungseffekte von der Bahn beziehungsweise vom Binnenschiff auf den Lang-Lkw vor allem aufgrund der bestehenden Gewichts-, aber auch der tatsächlichen, beziehungsweise im Modell angenommenen, Streckenbeschränkungen sehr gering und damit vernachlässigbar sind.

Wenngleich deutlich wird, dass der Lang-Lkw nur eine mögliche Teillösung zur Eindämmung des Güterverkehrswachstums und den damit einhergehen-

den Umweltwirkungen darstellt, ist der Einsatz aus betriebswirtschaftlicher und verkehrsnachfragegesteuerter Sicht in bestimmten Bereichen und Einsatzfeldern sinnvoll.



Lang-Lkw

Arbeitsgruppe Lang-Lkw

Dr. Wolfram Bartolomaeus, Physiker, Referat „Umweltschutz“

Dr. Jan-André Bühne, Volkswirt, Referat „Unfallanalyse und Sicherheitskonzeption, Verkehrsökonomie“

Uwe Ellmers, Physiker, Leiter des Referats „Emissionen im Kraftfahrzeugbereich“

Dr. Jost Gail, Physiker, Leiter des Referats „Aktive Fahrzeugsicherheit und Fahrerassistenzsysteme“

Dr. Klaus-Peter Glaeser, bis 2015 in der BAST als Leiter des Referats „Fahrzeug/Fahrbahn, Akustik“

Dr. Hardy Holte, Psychologe, Referat „Verkehrspsychologie und Verkehrspädagogik“

Dr. Marco Irzik, Bauingenieur, stellvertretender Leiter des Referats „Straßenentwurf, Verkehrsablauf, Verkehrsregelung“ und Leiter der Arbeitsgruppe

Ilja Jungfeld, Bauingenieur, Referat „Straßenausstattung“

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

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

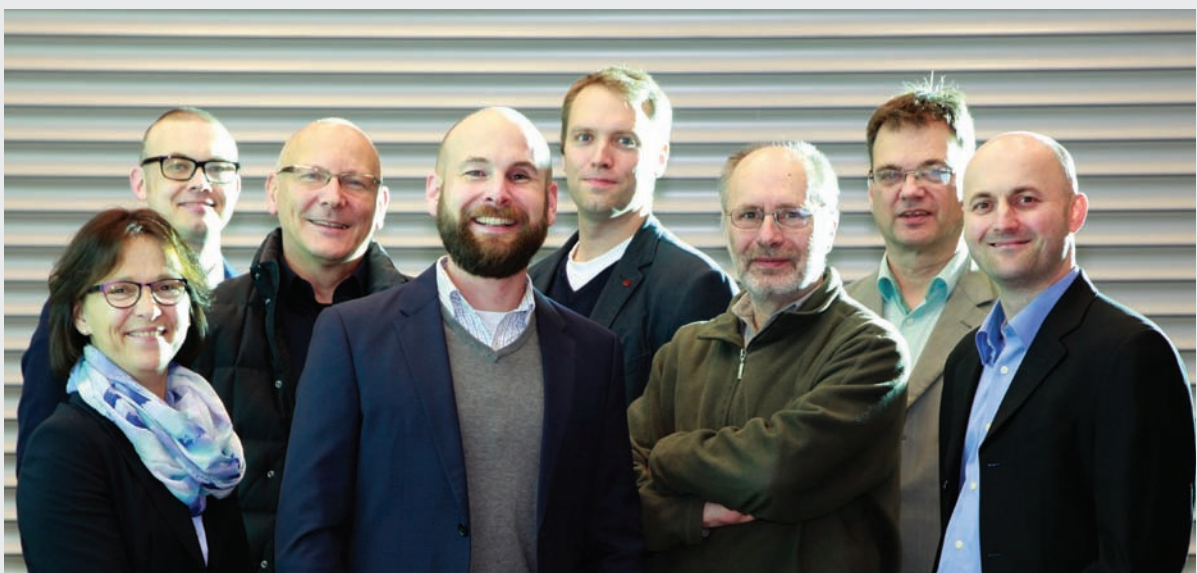
Dr. Thomas Kranz, Wirtschaftswissenschaftler, Stabsstelle „Forschungscontrolling“

Janine Kübler, Bauingenieurin, Leiterin des Referats „Straßenausstattung“

Sigrid Limbeck, Verfahrensingenieurin, Referat „Emissionen im Kraftfahrzeugbereich“

Christof Sistenich, Bergbauingenieur, stellvertretender Leiter des Referats „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: Sigrid Limbeck, Dr. Jan-André Bühne, Andreas Wolf, Ilja Jungfeld, Dr. Thomas Kranz, Dr. Hardy Holte, Dr. Wolfram Bartolomaeus, Dr. Marco Irzik; nicht im Bild: Dr. Klaus-Peter Glaeser, Dr. Jost Gail, Christof Sistenich, Ingo Kaundinya, Uwe Ellmers, Janine Kübler, Rolf Kaschner

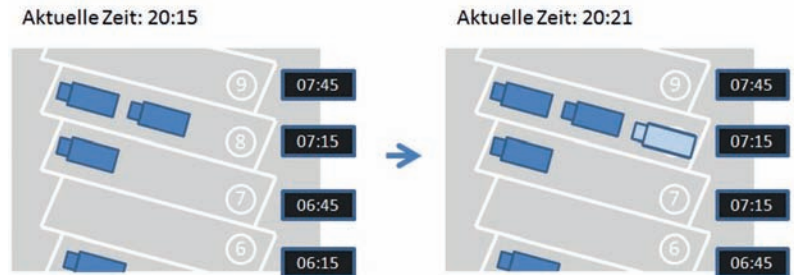
Kompaktparken für Lkw: Der Weg in die Praxis

Aufgrund des enormen Verkehrsanstiegs im Güterverkehr kommt es auf den Bundesfernstraßen in Deutschland trotz der beträchtlichen Zahl der vorhandenen Lkw-Parkstände zu bestimmten Zeiten zu Engpässen und Überbelegungen auf Rastanlagen. Um Parkstandengpässen und dem verkehrsfährdenden Abstellen von Lkw entgegenzuwirken, werden neben dem stetigen Aus-, Neu- und Umbau auch intelligente Lösungen zur effizienteren Ausnutzung der vorhandenen Parkstandkapazitäten entwickelt, erprobt und umgesetzt. Mithilfe von Telematik soll die Parknachfrage entlang der Strecke besser verteilt und damit der vorhandene Parkraum der Rastanlagen optimal ausgenutzt werden. Telematische Systeme ermöglichen es darüber hinaus, die Parkkapazität von Rastanlagen innerhalb der vorhandenen Fläche zu erhöhen: Durch eine Sortierung nach deren Abfahrzeiten können mehrere Lkw direkt hintereinander in Parkstandreihen geparkt werden. Fahrgassen können so entfallen und die Flächen als zusätzliche verkehrsrechtlich ausgewiesene Parkstände genutzt werden. Diese Systeme werden unter dem Begriff „besondere Parkverfahren“ zusammengefasst.

Die BAST hat im Jahr 2009 das besondere Parkverfahren „Telematisch gesteuertes Kompaktparken“ – kurz: Kompaktparken – als ein Modell zur Erhöhung der Parkkapazität einer Rastanlage entwickelt. Beim Kompaktparken werden mittels dynamischer Abfahrzeitanzeigen über den Parkstandreihen nachfrageabhängig Abfahrzeiten für ankommende Lkw angeboten. Die ankommenden Lkw-Fahrer wählen eine freie Parkstandreihe mit der für sie passenden Abfahrzeit und parken dicht hintereinander. Ein Detektionssystem erkennt die Veränderungen der Belegungszustände der Reihen – vollständig frei, frei oder vollständig belegt –, sodass das Angebot der Abfahrzeiten vollautomatisch an die Nachfrage angepasst werden kann. Im Ergebnis parken die Lkw zeitlich sortiert hintereinander.

Das Bild zeigt vereinfacht die Funktionsweise des Systems für einen Ausschnitt von vier benachbarten Parkstandreihen. Um 20:21 Uhr wird im Beispiel die Parkstandreihe 8 vollständig belegt, und die Abfahrzeit 07:15 Uhr am Folgetag (Aufenthaltszeit von 11 Stunden) wird auf die benachbarte Reihe 7

übertragen und kann damit unmittelbar weiter angeboten werden.



Das Pilotprojekt zum Kompaktparken wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur gemeinsam mit der Bayerischen Straßenbauverwaltung und der BAST auf der Rastanlage Jura West an der A3 in Fahrtrichtung Regensburg realisiert und Anfang 2016 in Betrieb genommen. Durch die Umgestaltung der Trenninseln wurde die Anzahl an Lkw-(Bus-) Schrägparkständen zunächst von 66 auf 70 erhöht. Durch die zusätzliche Ummarkierung der vorherigen mittleren Fahrgasse konnten insgesamt 35 Parkstandreihen mit Längen von rund 70 Metern für das Kompaktparken eingerichtet werden. Unter der Annahme von drei Lkw in einer Reihe ergeben sich beispielsweise daraus rechnerisch 105 Parkmöglichkeiten.

Derzeit wird das Kompaktparken in der Praxis erprobt. Insbesondere sollen Erkenntnisse zur Nutzerakzeptanz und Leistungsfähigkeit des Systems gewonnen werden. Damit soll sich nun zeigen, ob sich dieses Verfahren oder ähnliche Telematikanwendungen zukünftig als Ergänzung zum konventionellen Aus- und Neubau von Parkflächen zur Erhöhung der Parkkapazität eignen (www.kompaktparken.de).

*Beispiel
Funktionsweise
Kompaktparken
– belegungs-
abhängiges
Angebot*



Kompaktparken



Rainer Lehmann
Elektroingenieur
Leiter des Referats „Verkehrsbeeinflussung und Straßenbetrieb“



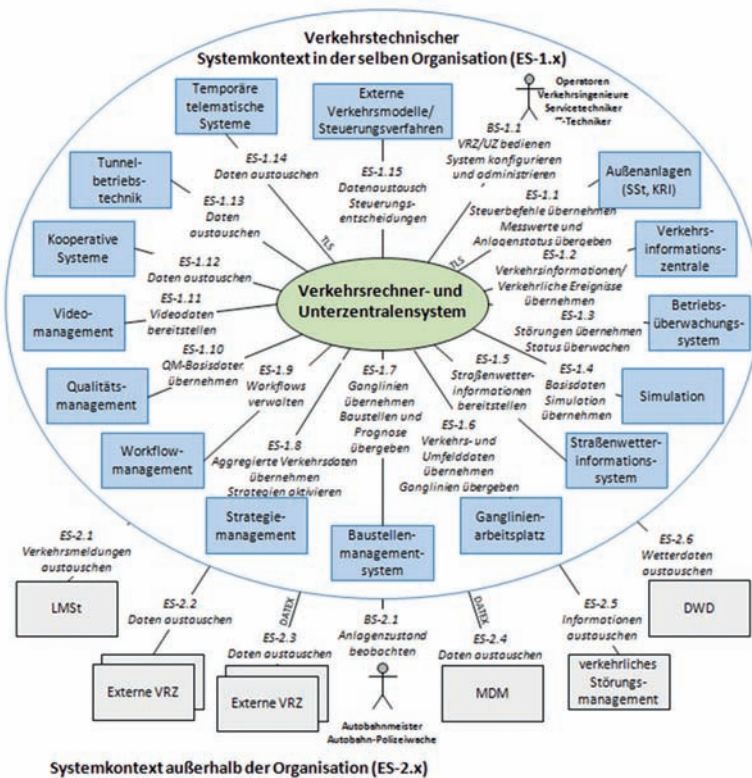
Jens Dierke
Bauingenieur
Referat „Verkehrsbeeinflussung und Straßenbetrieb“

MARZ: Neufassung des Merkblatts

Neue Technologien und Entwicklungen in der Verkehrsbeeinflussung erfordern die Erweiterung und Modernisierung von Verkehrsrechnerzentralen (VRZ) und Unterzentralen (UZ). Sie dienen der Steuerung, Überwachung und Koordinierung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen. Dabei muss sichergestellt sein, dass alle Anlagenteile des Systems Verkehrsbeeinflussung möglichst optimal zusammenwirken. Neben den technischen Aspekten spielen auch wirtschaftliche Aspekte eine Rolle. Die Migration von Teilsystemen und Systemkomponenten muss mit geringem Aufwand herstellerunabhängig möglich sein. Der Bestand an Hard- und Software muss auf dessen Weiterverwendung geprüft werden. Zudem müssen Anlagen so gestaltet werden, dass eine zukünftige Anpassung an neue Aufgaben oder eine Verknüpfung mit Dritten nur geringen Aufwand verursacht.

In dem 1999 erstellten und vom Bundesverkehrsministerium eingeführten Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen (MARZ) wurden deshalb Vorgaben und Randbedingungen für die Konzeption von VRZ und UZ aufgestellt. In einem externen Forschungsprojekt wurde das Merkblatt aktualisiert, um den aktuellen Stand der Technik abzubilden und die Zukunftsfähigkeit der Verkehrszentralen zu gewährleisten [1].

Inhalt und Aufbau des überarbeiteten Merkblattes lassen sich anhand der Grafik veranschaulichen, die das „VRZ-/UZ-System“ in seiner Systemumgebung skizziert. Zunächst werden die funktionalen Anforderungen an die internen Funktionsbereiche (grün hinterlegter Bereich) beschrieben. Diese umfassen unter anderem die Datenübernahme, -aufbereitung, -haltung, -archivierung, das Ereignismanagement, die Situationserkennung und -bewertung, sowie den Maßnahmenabgleich. Daraufhin folgen die funktionalen Anforderungen an externe Funktionsbereiche innerhalb derselben Organisation, die auch das VRZ-/UZ-System betreibt (ES-1.1 bis 1.15) sowie an systemexterne Schnittstellen (ES-2.1 bis 2.6). Darüber hinaus werden nicht-funktionale Anforderungen beispielsweise Systemeffizienz und Performance, Betriebssicherheit und Ausfallsicherheit, Softwareeigenschaften, DV-Sicherheit definiert und die Gesamtsystemarchitektur, der Lieferumfang sowie der Abnahmeprozess beschrieben. Während der Aktualisierung wurden neue Themen identifiziert, die für einen effizienten, harmonisierten und nachhaltigen Auf- und Ausbau von Verkehrszentralen wichtig sind. Diese in einem parallelen Forschungsprojekt erarbeiteten Themen können in das neue MARZ integriert werden: Anforderungen an ein Workflowmanagementsystem, an Services aus dem Geoinformationsbereich (Geo-, Karten-, Objekt-Manager) sowie die Definition von einheitlichen Rahmenbedingungen für ein Systemarchitekturkonzept. Das überarbeitete Merkblatt unterstützt die Harmonisierung der Systemarchitekturen der VRZ und UZ des Bundes.



Systemkontext des VRZ-/UZ-Gesamtsystems

Melanie Zorn
Wirtschaftsingenieurin
Referat „Verkehrsbeeinflussung
und Straßenbetrieb“



Literatur

[1] LISTL, G.; SCHWIETERING, C. et al.: „Überarbeitung und Aktualisierung des Merkblattes für die Ausstattung von Verkehrsrechner- und Unterzentralen (MARZ 1999)“, 2016

Neues zur Ausstattung von Arbeitsstellen an Straßen

Staustelle Baustelle – Warum gibt es so viele Staus in Arbeitsstellen?

Arbeitsstellen an Straßen stellen für viele Verkehrsteilnehmer ein ärgerliches und zeitraubendes Hindernis dar. Auch wenn es mit Unannehmlichkeiten verbunden ist, Arbeitsstellen an Straßen sind erforderlich: Die Straße unterliegt einem Verschleiß, der nach einigen Jahren zum Beispiel zum Austausch der Deckschicht führt (Erhaltungsmaßnahmen). Weitere Maßnahmen sind unter anderem der Anbau von Fahrstreifen, der Aufbau von Lärmschutzwänden, die Reparatur der Schutzplanke oder Betonschutzwand nach einem Unfall oder Arbeiten des Straßenbetriebsdienstes. Ein funktionierendes Straßennetz – insbesondere eine leistungsfähige Autobahn – ist ein wichtiger Baustein der wirtschaftlichen Stärke Deutschlands.

Staus vor Arbeitsstellen entstehen häufig, weil die Straße von weniger Fahrzeugen pro Stunde durchfahren werden kann. Auch kann es passieren, dass durch das Abbremsen der Fahrzeuge vor der Arbeitsstelle der „Stau aus dem Nichts“ entsteht. Besonders stauanfällig sind Arbeitsstellen, wenn auf viel frequentierten Straßen während der Baumaßnahme die Anzahl der vorhandenen Fahrstreifen reduziert werden muss. Jährlich werden in Deutschland circa 400 Arbeitsstellen längerer Dauer – das heißt länger als ein Tag – und circa 100.000 Arbeitsstellen kürzerer Dauer (Tagesbaustellen) eingerichtet. Ein Teil der Tagesbaustellen dient dabei der Einrichtung von Arbeitsstellen längerer Dauer. Die Bewältigung dieser Vielzahl von Arbeitsstellen stellt eine große Herausforderung dar.

Die BASt beschäftigt sich auf vielfältige Weise mit Arbeitsstellen, um den Verkehr gut und sicher in der Arbeitsstelle zu führen. Die Ausstattung der Arbeitsstellen trägt hierzu wesentlich bei.

Führung des Verkehrs durch die Arbeitsstelle

Wie eine Arbeitsstelle an Straßen aussieht und wie der Verkehr dort geführt wird, legen die „Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen“ (RSA) fest. Sie regeln unter anderem die Breite von (Behelfs-)Fahrstreifen und legen fest, wie und wo beispielsweise Leitbaken, Leitkegel oder Verkehrszeichen aufgestellt werden müssen. Die RSA regeln

auch die Geschwindigkeitsbeschränkung im Zulauf und in der Arbeitsstelle. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit im Zulauf wird in mehreren Schritten alle 200 Meter um jeweils 20 km/h gesenkt (Geschwindigkeitstrichter), um ein zu starkes und abruptes Abbremsen zu verhindern. Die in Deutschland im Normalfall übliche Höchstgeschwindigkeit in Arbeitsstellen – 80 km/h – ist in den RSA festgeschrieben. Bei der Überarbeitung der RSA werden auch Forschungsergebnisse der BASt sowie die Erfahrungen der letzten Jahre in das neue Regelwerk integriert.

Bisher regeln die RSA nur, wie die Arbeitsstelle aussieht, wenn sie vom Verkehrssicherer fertig eingerichtet wird. Wie dieser Zustand am besten erreicht wird, ist momentan Gegenstand eines Forschungsvorhabens der BASt. Ziel ist es, eine einheitliche Reihenfolge von aufeinander folgenden Arbeitsschritten beim Einrichten einer Arbeitsstelle so festzulegen, dass die Eingriffe in den fließenden Verkehr möglichst gering ausfallen, Stau vermieden wird, und die Sicherheit der Beschäftigten gewährleistet bleibt. Nach Abschluss des Forschungsvorhabens werden die Ergebnisse in die entsprechenden Regelwerke übernommen.

Ausstattung der Straße mit Verkehrseinrichtungen

In Arbeitsstellen werden zur Leitung des Verkehrs und zur Trennung des Verkehrs- und Baubereichs verschiedene Elemente eingesetzt. Dies sind zum einen die bereits erwähnten Verkehrseinrichtungen Leitbake und Leitkegel. Zum anderen zählen auch temporäre Schutzeinrichtungen und vorübergehende (gelbe) Markierungen dazu. Diese Produkte dürfen nur eingesetzt werden, wenn sie

*Arbeitsstelle:
vier Behelfs-
fahrstreifen auf
einer Richtungs-
fahrbahn*



neben den allgemeinen Anforderungen aus der Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) weitere, spezielle Anforderungen erfüllen. Dies sind neben konstruktiven Vorgaben wie Mindestgewicht, Abmessungen oder Stabilität und Standsicherheit zumeist auch Sichtbarkeitseigenschaften, beispielsweise Farbe und Helligkeit. Festgeschrieben sind diese Anforderungen überwiegend in Technischen Lieferbedingungen (TL) oder Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen (ZTV).

Die BAST führt die zugehörigen Eignungsprüfungen durch oder beurteilt die Produkte im Rahmen von Begutachtungen. Die Gewährleistung der „passiven Sicherheit“ hat dabei eine besondere Bedeutung: Keine Verkehrseinrichtung darf die Insassen eines anprallenden Fahrzeugs gefährden. Die BAST führt zum Nachweis der passiven Sicherheit im Auftrag der jeweiligen Hersteller zum Beispiel bei Leitbaken einen Crashtest mit 80 km/h durch. Nur Leitbaken, die diesen Crashtest erfolgreich absolvieren, erfüllen die Anforderungen an die passive Sicherheit und dürfen zur Sicherung von Arbeitsstellen eingesetzt werden. Bei der Erstellung oder Überarbeitung von TL, ZTV oder sonstigen technischen Regelwerken und Richtlinien ist die BAST maßgeblich beteiligt.

Markierung in Arbeitsstellen

Gelbe Markierungen stellen in Deutschland ein wesentliches Element zur Sicherung von Arbeitsstellen dar. Sie zeigen in Arbeitsstellen längerer Dauer dem Verkehrsteilnehmer die vorübergehend geänderte Verkehrsführung. Dabei heben gelbe Markierungen gemäß der StVO die vorhandenen weißen Markierungen auf. Um diese Aufgabe erfüllen zu können, müssen sie bei Tag und Nacht ebenso gut wahrgenommen werden können wie weiße Markierungen. Mindestanforderungen unter anderem an die Sichtbarkeit sind in den Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Markierungen auf Straßen (ZTV M 13) enthalten. Zur Sicherstellung, dass die in Deutschland eingesetzten gelben Markie-

rungen die geltenden Anforderungen erfüllen, führt die BAST seit mehr als 25 Jahren Eignungsprüfungen auf ihrer in Deutschland einmaligen Rundlaufprüfanlage durch. Auf diesem Großversuchsstand werden die Markierungen bis zu vier Millionen Mal überrollt und die verkehrstechnischen Eigenschaften erfasst. Nur wenn die Mindestwerte nach ZTV M 13 dauerhaft erfüllt sind, wird ein BAST-Prüfzeugnis als Voraussetzung für den Einsatz in Arbeitsstellen ausgestellt. In der von der BAST veröffentlichten Liste sind derzeit insgesamt 65 positiv geprüfte gelbe Markierungen enthalten. Die vollständig in der Fabrik hergestellten Markierungsfolien machen dabei den größten Teil aus. Darüber hinaus sind aber auch auf der Baustelle aus Einzelkomponenten entstehende gelbe Markierungen in der Liste vertreten.

Neben der Sichtbarkeit werden weitere, teils sogar technisch gegenläufige, Anforderungen an gelbe Markierungen gestellt: Einerseits sollen die häufig eingesetzten Markierungsfolien über den Nutzungszeitraum fest mit der Fahrbahndecke verbunden sein, andererseits sollen sie nach Beendigung der Bauarbeiten wieder rückstandsfrei und leicht entfernt werden können, damit der Verkehrsteilnehmer nicht durch Markierungsreste falsch geleitet oder die Fahrbahndecke beschädigt wird. Da sich die rückstandsfreie Entfernung von gelben Markierungsfolien in der Praxis häufig als schwierig erweist, wurde in einem Forschungsprojekt die Möglichkeit der Bewertung der Demarkierbarkeit mit einem Laborverfahren untersucht. Anhand umfangreicher Belastungs- und Demarkierungsversuche konnte gezeigt werden, dass die Entfernbarkeit von vielen unterschiedlichen Einflussgrößen, wie Oberflächentextur und -beschaffenheit, Materialeigenschaften oder Alterungszustand der Straßenoberfläche, abhängig ist. Auf Basis der Ergebnisse wurden Empfehlungen für eine zukünftige Versuchsanordnung als Ergänzung der Eignungsprüfung abgeleitet.

Schutz der Verkehrsteilnehmer durch temporäre Schutzeinrichtungen

In Arbeitsstellen ist es oft erforderlich, den Verkehr komplett auf einer Richtungsfahrbahn zu führen, damit die andere Seite vollständig für Baumaßnahmen zur Verfügung steht. Die auf Autobahnen übliche Trennung der Richtungsfahrbahnen (Gegenverkehrstrennung) durch eine Mittelschutzplanke oder Betonschutzwand im Mittelstreifen entfällt dadurch. Um dennoch den Schutz der Verkehrsteil-

Rundlaufprüfanlage der BAST



nehmer sicherzustellen, werden speziell für diesen Anwendungsfall entwickelte sogenannte temporäre Schutzvorrichtungen (TSE) eingesetzt. Sie sollen verhindern, dass Fahrzeuge in den Gegenverkehr geraten können. Dies gilt ebenso für die Absicherung der Arbeitsstelle selbst. Für den Einsatz in Deutschland müssen TSE die Anforderungen der europäischen Prüfnorm DIN EN 1317 erfüllen und ihre Eignung durch ein Prüfzeugnis der BAST nachweisen. In der Vergangenheit ist es häufig vorgekommen, dass leichte temporäre Schutzvorrichtungen aufgrund der starren Verbindung der einzelnen Elemente über mehrere Kilometer aufgrund eines Anpralls umgekippt sind.

Um zu verhindern, dass TSE bei einem Anprall über längere Strecken umkippen und Dritte – insbesondere den Gegenverkehr – gefährden, ist unter bestimmten Bedingungen auch ein Versuch zur Ermittlung der Kipplänge erforderlich. Dabei ist nachzuweisen, dass die Gesamtlänge der umgekippten Elemente (Kipplänge) nicht größer als 250 Meter ist. Gegebenenfalls ist dabei der Einsatz eines sogenannten Kipplängenbegrenzers erforderlich, der mindestens alle 250 Meter eingesetzt wird und das Umkippen der TSE bei einem Anprall über größere Längen verhindern soll. Momentan werden die „Technischen Liefer- und Prüfbedingungen für temporäre Schutzvorrichtungen“ überarbeitet. Dabei werden die Erfahrungen der letzten Jahre mit temporären Schutzvorrichtungen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit in Arbeitsstellen aufgenommen.

Innovation

Die BAST entwickelt, bewertet und begleitet immer wieder technische und organisatorische Neuerungen. Sie hat bereits vor einigen Jahren in Untersuchungen festgestellt, dass die Verkehrsteilnehmer durch die Verwendung von Pfeilbaken deutlich besser durch die Arbeitsstelle geführt werden als bei Verwendung der Schraffenbake. Mit der neuen RSA werden Pfeilbaken künftig als Regelfall eingeführt. Derzeit werden Pilotversuche zu Verkehrsfüh-



rungen in Arbeitsstellen im Richtungswechselbetrieb begleitet. Richtungswechselbetrieb heißt, dass ein Fahrstreifen je nach anliegender Verkehrsbelastung in die eine oder in die andere Fahrtrichtung für den Verkehr freigegeben wird. Anwendungsfälle sind beispielsweise Entlastungen im Berufsverkehr, da die Pendlerströme in der Regel morgens in die Stadt und abends aus der Stadt fahren. Mit dem Richtungswechselbetrieb kann – wenn die jeweiligen örtlichen Rahmenbedingungen es zulassen – eine Verbesserung des Verkehrsflusses erreicht werden. Insbesondere dann, wenn die Anzahl der zur Verfügung stehenden Fahrstreifen reduziert werden muss.

Warnschwellen werden 100 Meter vor der fahrbaren Absperrtafel auf dem zu sperrenden Fahrstreifen oder dem Seitenstreifen ausgelegt. Hat ein unachtsamer Verkehrsteilnehmer den Fahrstreifen nicht rechtzeitig gewechselt, wird er durch die mechanische Wirkung beim Überfahren der Warnschwellen auf die bevorstehende Fahrstreifensperrung hingewiesen und hat noch ausreichend Zeit, den Fahrstreifen zu wechseln oder abzubremesen. Warnschwellen können und dürfen überfahren werden. Die BAST führt Eignungsprüfungen gemäß den „Technischen Liefer- und Prüfbedingungen für Warnschwellen“ durch.

*Belastungs-
versuch zur
Ermittlung der
Kipplänge*



Markus Herpers
Maschinenbau-
ingenieur
Referat „Straßenaus-
stattung“



Linda Meisel
Verkehrsingenieurin
Referat „Straßenaus-
stattung“



Dr. Jan Ritter
Bauingenieur
Referat „Straßenaus-
stattung“

Verkehrszeichenkatalog: Überarbeitung und Neufassung

Der Verkehrszeichenkatalog (VzKat) ist eine Anlage zur Verwaltungsvorschrift der Straßenverkehrsordnung (VwV-StVO). Er enthält sämtliche zulässigen Darstellungen und Varianten der in Deutschland gültigen amtlichen Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen wie Leitposten, Leitbaken und Leitkegel. Er stellt somit für die örtlich zuständigen Verkehrsbehörden, in deren Aufgabenbereich das Anordnen von Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen fällt, ein essenzielles Instrument dar.

Der VzKat wurde letztmalig im Jahr 1992 überarbeitet. Seither ergab sich im Zuge diverser Novellierungen von StVO und VwV-StVO eine Vielzahl von Änderungen, die auch den VzKat betreffen. So wurden diverse Verkehrszeichen gestrichen, neue Verkehrszeichen eingeführt und insbesondere im Rahmen der Novelle der StVO von 2013 mit der Zielsetzung „Weniger Verkehrszeichen - bessere Beschilderung“ umfangreiche Neustrukturierungen vorgenommen. Dies alles machte eine Überarbei-

tung der Fassung des VzKat von 1992 dringend erforderlich.

Im Rahmen dieser Überarbeitung hat die BASt zunächst sämtliche Novellierungen und sonstige amtliche Bekanntmachungen im Amtsblatt des jeweiligen Bundesministeriums für Verkehr (Verkehrsblatt) auf dem Gebiet von StVO und VwV-StVO, die seit 1992 durchgeführt wurden, auf ihre Relevanz hinsichtlich des VzKat hin analysiert. Daraus wurden durch kontinuierlichen Abgleich mit der aktuell noch gültigen VzKat-Variante von 1992 entsprechend notwendige Änderungen abgeleitet und eingearbeitet.

In umfangreichen Abstimmungen mit den obersten Straßenverkehrsbehörden der Länder über den Bund-Länder-Fachausschuss StVO hat sich die Anzahl der im VzKat enthaltenen Zusatzzeichen in erheblichem Maße erhöht. Zusatzzeichen ergänzen als schwarze Darstellungen auf weißem Grund die Inhalte anderer Verkehrszeichen und werden mit diesen gemeinsam angebracht. Die im VzKat enthaltenen Zusatzzeichen sind jedoch auf solche, die häufig angeordnet werden beschränkt, zum Beispiel Entfernungs- oder Zeitangaben. Darüber hinaus besteht für die obersten Verkehrsbehörden der Länder die Möglichkeit, in ihrem Zuständigkeitsbereich auf Länderebene eigene Zusatzzeichen für spezifische Anwendungsfälle einzuführen.

Anders als in der bislang gültigen Ausgabe werden im neuen VzKat bei Verkehrszeichen mit variablem Inhalt nicht mehr alle Varianten grafisch, sondern nur noch als verbale Liste dargestellt. Dies betrifft beispielsweise das Zeichen 274 StVO „Zulässige Höchstgeschwindigkeit“. Damit konnte eine erhebliche Verschlankung realisiert werden.

Nachdem alle genannten Neuerungen von der BASt eingearbeitet und umgesetzt wurden, liegt der überarbeitete Verkehrszeichenkatalog vor. Er soll im Rahmen der kommenden Novelle der VwV-StVO amtlich eingeführt werden und damit offizielle Gültigkeit erlangen. Die Novelle der VwV-StVO befindet sich im Gesetzgebungsverfahren und soll nach gegenwärtigem Stand im Frühjahr 2017 verkündet werden.



Varianten des Zeichens 274

Bernhard Kollmus
Verkehringenieur
Referat „Straßenentwurf,
Verkehrsablauf, Verkehrsregelung“



Überholmodell für einbahnig zweistreifige Landstraßen

Im Jahr 2013 wurden die „Richtlinien für die Anlage von Landstraßen“ (RAL 2012) vom damaligen Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung eingeführt. Da das Unfallgeschehen auf Landstraßen von einer besonders hohen Unfallschwere geprägt ist, stand bei der Bearbeitung der Richtlinien die Verbesserung der Verkehrssicherheit im Vordergrund.

Ein Ansatz ist es, die Unfälle im Längsverkehr zu reduzieren, die auf Fehler bei Überholvorgängen zurückzuführen sind. Dazu wird jedem der vier Entwurfsklassen für Landstraßen (EKL) ein eigenes Überholprinzip zugrunde gelegt. Während bei Straßen mit hoher Verbindungsbedeutung das Überholen ganz (EKL 1) oder in regelmäßig wiederkehrenden Abschnitten (EKL 2) durch einen zusätzlichen Überholfahrstreifen gesichert wird, finden Überholvorgänge auf Landstraßen mit regionaler Bedeutung (EKL 3) weiterhin in der Regel unter Nutzung des Fahrstreifens der Gegenrichtung statt.

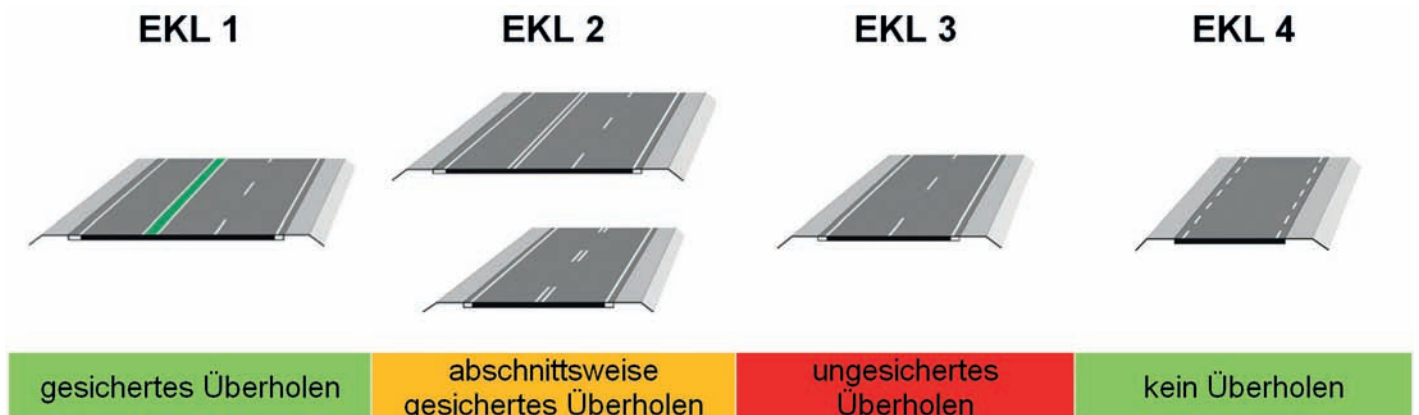
Die zum Überholen empfohlenen Überholsichtweiten gehen im Wesentlichen auf empirische Untersuchungen aus den 1980er Jahren zurück, die später auf Basis theoretischer Betrachtungen weiter angepasst worden sind. Aus diesem Grund hat die BAST kürzlich das Forschungsprojekt „Aktualisierung des Überholmodells auf Landstraßen“ abgeschlossen, bei dem auf der Basis der aktuellen Fahrzeugflotte empirische Untersuchungen zur Ermittlung des aktuellen Überholverhaltens auf Landstraßen durchgeführt wurden.

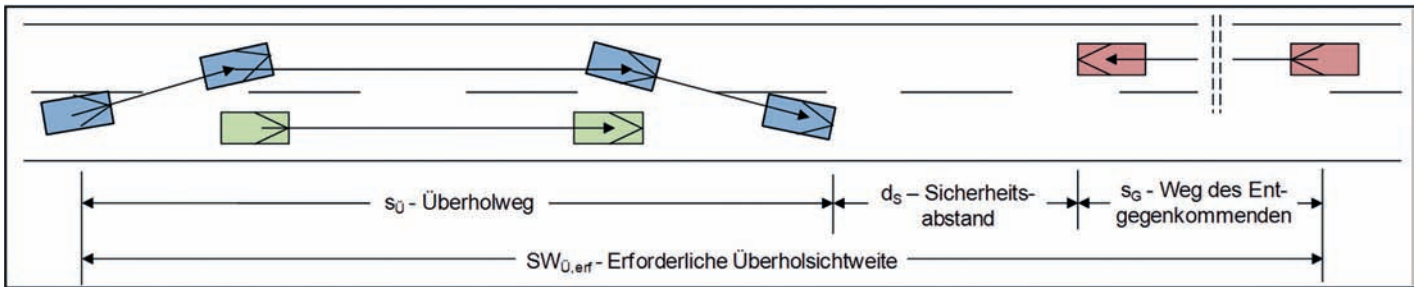
Untersuchungsmethodik

Für diese Aufgabenstellung wurde ein Verfahren genutzt, mit dem es möglich ist, vollständige Überholvorgänge lückenlos zu erfassen: Sichtweiten, Abstände, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen et cetera. Dafür bediente man sich der Drohnentechnik „Hovering Remote controlled Ultralight Sensorplattform“ (HORUS) mit einem hochauflösenden Kamerasystem, für die lediglich eine freie Sicht aus der Luft auf die jeweilige Untersuchungsstrecke vorhanden sein muss. Ein großer Vorteil dieses Erhebungsverfahrens ist, dass das Fahr- und Überholverhalten nicht durch die Messanordnung selbst beeinflusst wird. Begünstigt durch eine Flughöhe von 250 Metern ist die Drohne für den Verkehrsteilnehmer praktisch unsichtbar. Die Drohne hält automatisch die programmierte Position schräg über der zu messenden Untersuchungsstrecke. Bildstabilisatoren bewirken ruhige Aufnahmen. Nach der Aufbereitung der Messdaten standen für jedes beobachtete Fahrzeug Weg-Zeit-Trajektorien zur Verfügung, die mit der Stationierung und den Sichtweiten der jeweiligen Untersuchungsstrecke überlagert werden konnten. Da alle Untersuchungsstrecken im Vorfeld in Lage und Höhe vermessen wurden, standen die vorhandenen Sichtweiten an jeder Stelle der Untersuchungsstrecke für nachfolgende Auswertungen zur Verfügung.

Ergebnisse

Die Grundlage der Ergebnisse bildeten circa 1.200 Überholungen, die auf acht Untersuchungsstrecken bei Tageslicht und trockener Fahrbahn in verschiedenen Bundesländern in rund 90 Flugstunden erfasst worden waren. Auf allen Untersuchungs-





Überholmodell für Landstraßen

strecken galt eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h.

Mehr als die Hälfte aller Überholvorgänge sind Überholungen, bei denen ein Pkw aus erster Position hinter einem Lkw eine beschleunigte Überholung des Lkw durchführt. Die über den gesamten Überholvorgang gemittelte Geschwindigkeit der Überholer bei diesen beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen liegt unterhalb der zulässigen Höchstgeschwindigkeit, auch wenn die Geschwindigkeiten beim Wiedereinscheren meist darüber liegen. Während der Überholung weisen die überholten Lkw eine konstante Geschwindigkeit auf. Diese ist etwas geringer als die mittlere Geschwindigkeit aller Lkw auf Landstraßen.

Die Überholentscheidung ist zudem stark abhängig von der Sicht auf den Gegenverkehr. Ist der Gegenverkehr zum Zeitpunkt des Überholbeginns bereits

sichtbar, nutzen die Überholenden Sichtweiten von im Mittel 620 Metern (Median). Hat der Überholende zum Überholbeginn noch keine Sicht auf den Entgegenkommenden, sondern erscheint dieser erst im Verlauf der Überholung im Sichtfeld, werden deutlich kürzere Sichtweiten für den Überholvorgang akzeptiert (405 Meter). Entsprechend kürzer sind dann auch die Sicherheitsabstände zum Gegenverkehr am Ende der Überholung. Diese Überholungen gehen mit vergleichsweise höheren Geschwindigkeiten am Ende der Überholung einher.

Empfehlungen

Die Ergebnisse der empirischen Untersuchung wurden in ein Überholmodell für Landstraßen übertragen, welches sich aus dem Weg des Überholenden, dem Weg des Entgegenkommenden und einem Sicherheitsabstand zwischen beiden Fahrzeugen am Ende der Überholung zusammensetzt. Auf Grundlage der Beobachtungen wurde die beschleunigte Pkw/Lkw-Überholung als maßgebende Überholung für die Festlegung der notwendigen Überholstrecke ausgewählt. Unter Beachtung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit ist demnach eine Sichtweite von rund 600 Metern für eine sichere Überholung erforderlich. Damit bestätigen die Ergebnisse die Empfehlungen zur Überholstrecke aus den RAL (2012).

Die Beobachtungen haben auch gezeigt, dass Überholende vorhandene Entfernungen zum Teil deutlich unterschätzen, wenn zum Überholbeginn der Gegenverkehr noch nicht sichtbar, und damit die drohende Gefahr für den Überholenden nicht unmittelbar präsent ist. Daher bietet die Untersuchung ebenfalls Ansatzpunkte dafür, bei welchen Entfernungen Verkehrsteilnehmer zum Beispiel mittels verkehrsrechtlicher Regelungen unterstützt und geschützt werden müssen, da die Gefahr des Überholens aus wahrnehmungspsychologischen Gründen nicht ausreichend erkennbar ist.



Drohne „HORUS“ mit Luftaufnahme (Bilder: Technische Universität Dresden und Airclip GmbH)

Dr. Thomas Jährig
Verkehringenieur
Referat „Straßenentwurf,
Verkehrsablauf, Verkehrsregelung“



Wildwarner und Wildunfallprävention

Zur Verringerung der Anzahl von Wildunfällen werden häufig am Fahrbahnrand optisch wirkende Wildwarnreflektoren (WWR) montiert. Diese sollen das Licht der Frontscheinwerfern von Fahrzeugen in Bereiche des Seitenraumes lenken. Anhand der Lichtreflexe soll das Wild vertrieben und dadurch Wildunfälle vermieden werden.

Im Forschungsprojekt „Wirkungsweise von Wildwarner“ wurde im Auftrag der BAST das lichttechnische Wirkprinzip von optischen Wildwarnreflektoren untersucht. Dazu wurden die geometrischen Beziehungen zwischen sich an den Wildwarnreflektor annähernden Scheinwerfern, dem Wildwarnreflektor und möglichen Standorten von Wild im Straßenseitenraum umfassend analysiert, und die Annäherungsvorgänge in lichttechnischen Messungen simuliert. Insgesamt wurden neun verschiedene optische Wildwarnreflektoren – am Markt erhältliche Serienprodukte – untersucht. Die lichttechnischen Messungen erfolgten in drei verschiedenen Laboraufbauten: Ein Aufbau ermöglichte die gleichzeitige Abbildung der räumlichen Reflexion von WWR in den gesamten Seitenraum. Ein zweiter Aufbau diente der Ermittlung spezifischer Abstrahlwerte für zwei exemplarische Beobachtungspositionen sowie eine Vielzahl praktischer Anwendungssituationen: Landstraßen verschiedener Querschnitte mit Fahrzeugen auf allen regelmäßig befahrenen Fahrstreifen in den Gestaltungen Gerade, Kurve, Steigung, Gefälle, Kuppe und Wanne. Ein dritter Aufbau diente der Messung retroreflektierender Eigenschaften von WWR aus Fahrersicht.

Ergebnisse

Die lichttechnische Charakterisierung der WWR aus Sicht der Tiere zeigte, dass die Reflexionen von Licht durch die Wildwarnreflektoren in die Wirkungsrichtungen nicht als vollflächige Abstrahlung erfolgen. Es handelt sich vielmehr um sehr kleinflächig spiegelnde Reflexionen in der Ausdehnung weniger Millimeter. Bei allen untersuchten WWR erfolgen bei Betrachtung aus dem Seitenraum über mehr als 75 Prozent der Oberfläche keine Reflexionen, bei zwei Drittel der untersuchten WWR bleiben mehr als 90 Prozent der Oberfläche dunkel. In 148 (92,5 Prozent) der insgesamt 160 simulierten Annäherungssituationen auf der Geraden kam es zu keiner Sichtbarkeit der durch die jeweiligen WWR erzeugten Lichtreflexe.

Zwölf Situationen mit wenigstens abschnittsweiser Sichtbarkeit traten bei vier verschiedenen Wildwarnreflektoren sowie ausnahmslos bei Fernlichtverteilung des sich annähernden Fahrzeugs auf. Das lichttechnische Wirkpotenzial der untersuchten WWR ist auf räumlich eng umgrenzte Bereiche konzentriert. Im Mittel aller WWR wird ein Abdeckungsumfang des identifizierten Wirkungsbereiches zu weniger als fünf Prozent belegt.

Der mittlere Anteil der reflektierenden Objektoberfläche beträgt aus Sicht der Tiere im Straßenseitenraum über alle untersuchten WWR etwa 1,5 Prozent. Die Intensität des in den Straßenseitenraum reflektierten Lichtes ist damit so gering, dass diese Reflexe von Tieren gegenüber dem ebenfalls durch Scheinwerferlicht erhellten Straßenraum nicht erkennbar sind. Anschaulicher beschrieben erscheint das reflektierte Licht wie eine Kerzenflamme durch zwei übereinanderliegende Sonnenbrillen betrachtet. Vor dem Hintergrund der praktischen Landstraßenverhältnisse mit vielfältig bewegter räumlicher Linienführung, dem in einem weiten Bereich variierenden anstehenden Gelände und der dadurch sowie durch verschiedene Augpunkthöhen und Positionen von Wildtieren stark wechselnden Beobachtungsgeometrie erscheint im Fazit der grundsätzliche Ansatz optischer Wildwarnreflektoren als wirksames Instrument zur tierseitigen Vermeidung von Wildunfällen nicht geeignet.

Ausblick

Zur umfassenden Klärung weiterer Faktoren, die zu Wildunfällen führen, sind weiterführende Forschungsarbeiten zu verkehrssicherheitserhöhender Straßenausstattung an Bundesfernstraßen geplant. Diese schließen die Effektivität und Wirtschaftlichkeit von Wildschutzzäunungen, die Evaluation von Wildunfallsschwerpunkten an Bundesfernstraßen, die Landnutzung an Bundesfernstraßen und die Beeinflussung der Verkehrsteilnehmer bei drohenden Konflikten mit Wild ein.



Dr. Udo Tegethof
Biologe
Referat „Umweltschutz“



Fahrzeugtechnik



Einführung kooperativer Systeme und Dienste in Europa

Technologie erforschen, demonstrieren, testen – die Vorarbeiten sind geleistet

Fahrzeuge und Verkehrsinfrastruktur, die sich miteinander „unterhalten“, sich gegenseitig über die Bedingungen auf der Straße informieren und vor Gefahren warnen, sind in Deutschland und Europa für mehr als eine Dekade Gegenstand zahlreicher Forschungsaktivitäten und Feldtests gewesen – unter anderem Feldtests im Rhein-Main-Gebiet im Rahmen der Projekte simTD und DRIVE C2X. Die vergangenen BAST-Jahresberichte zeichnen ein durchgängiges Bild von dieser Entwicklung und dem kontinuierlichen Engagement der BAST in den verschiedenen technologischen Reifephasen. Nachdem die Einsatzreife nachgewiesen ist und essenzielle Standards sowie grundlegende Systemprofile vorliegen, rückt die Umsetzung kooperativer intelligenter Verkehrssysteme – im Englischen kurz als C-ITS bezeichnet – und darauf aufbauender Dienste nun in greifbare Nähe, insbesondere da auch die Technik zunehmend erschwinglich wird. In jüngster Zeit hat sich in Europa, ebenso wie in anderen entwickelten Wirtschaftsräumen, eine fruchtbare Umsetzungslandschaft bei gleichzeitiger Rahmensetzung durch supranationale Institutionen herausgebildet.

Ein erster Umsetzungsfahrplan

Bereits im Jahr 2011 haben Vertreter von Infrastrukturorganisationen in Europa und der Automobilindustrie Beratungen begonnen, um eine gemeinsame Basis für die Erstumsetzung kooperativer Systeme und Dienste zu schaffen. Beteiligt waren CEDR (Conference of European Directors of Roads) als europäische Interessenvertretung der nationalen Straßenbehörden, ASECAP als Dachorganisation der Mautstraßenbetreiber, POLIS als Interessenverband innovativer Verkehrslösungen in Städten und das Car2Car Communication Consortium als Vertreter der Automobilindustrie. Einige dieser Dienste, zum Beispiel Warnung vor sich annähernden Einsatzfahrzeugen oder Weitergabe der Information über Gefahrenbremsung voraus, zielen auf Kommunikation zwischen Fahrzeugen. Andere Dienste, wie etwa Baustellenwarnung oder Informationen zum Schaltzustand von Lichtsignalanlagen (Ampelphasen), machen die Infrastruktur zu einem Kernpartner der Umsetzung. Die strategische Allianz aus Infrastrukturorganisationen und Automobilindustrie ist unter dem Namen Amsterdam Gruppe bekannt. Sie hat

aus dem Blickwinkel der beteiligten Umsetzungspartner im Jahr 2013 einen ersten Umsetzungsfahrplan skizziert und die Sachverhalte benannt, die für eine erfolgreiche Einführung gelöst werden müssen: unter anderem Spezifikationen für Erstanwendungen, IT Security, Datenschutz, Konformitätsbewertung, Konzept zur hybriden Kommunikation, Rollen und Verantwortlichkeiten, Internationale Harmonisierung.

Kommunikation – die Basis für Kooperation

Die Kommunikation in einem Netzwerk aus Fahrzeugen und Verkehrsinfrastruktur – in einem weiteren Schritt auch mobile Endgeräte einbeziehend – kann über Nahbereichskommunikation basierend auf ETSI ITS G5 (einer Spielart des WLAN-Standards IEEE 802.11p, der das Frequenzband um 5,9 GHz nutzt), Mobilfunk (basierend auf 3G – UMTS, 4G – LTE und künftigen Weiterentwicklungen hin zur fünften Generation 5G) sowie digitalen Rundfunk DAB+ erfolgen. Im Fokus des Interesses stehen Anwendungen für die Verkehrssicherheit. Sicherheitsrelevante Informationen erfordern Echtzeitkommunikation. Aufgrund der Anforderungen an Latenzzeiten bietet es sich an, im Umfeld von Gefahrenstellen Warnungen in einem Ad-hoc-Netzwerk direkt über ETSI ITS G5 zu verbreiten. Für weniger sicherheitskritische Anwendungen, beispielsweise zur strategischen Information von Verkehrsteilnehmern über Verkehrsbehinderungen auf der Fahrtroute, bietet sich die Kommunikation über Mobilfunk unter Einbeziehung zentraler Komponenten (Backends der Fahrzeughersteller, Verkehrszentralen der Straßenbetreiber, Nationaler Zugangspunkt für Verkehrsdaten – MDM: MobilitätsDatenMarktplatz) an. Grundsätzlich gilt, dass in einem dynamischen technologieoffenen Ansatz die Kommunikation zum Einsatz kommt, die die Anforderungen an einen Dienst am besten erfüllt. Die Mischung der genutzten Kommunikation kann sich daher im Zeitablauf ändern, wenn sich Leistungsfähigkeit und Einsatzreife der Kommunikationstechnologien ändern, Beispiele: DAB+, 5G-Kommunikation. Gleiches gilt für erweiterte Funktionalitäten ein und derselben Kommunikationstechnologie.

Aktuell nähert sich die Verbreitung vernetzter Fahrzeuge einem Anteil von 20 Prozent am Fahrzeugbestand. Die Vernetzung wird hier zunächst über Mobilfunk realisiert („Connected“-Dienste der Fahrzeughersteller). Mit der Verbreitung von ETSI ITS G5

in den Fahrzeugflotten ist nach Ankündigungen des Car2Car Communication Consortiums mit 15 Fahrzeugherstellern und mehr als 30 globalen Zulieferern ab dem Jahr 2019 zu rechnen.

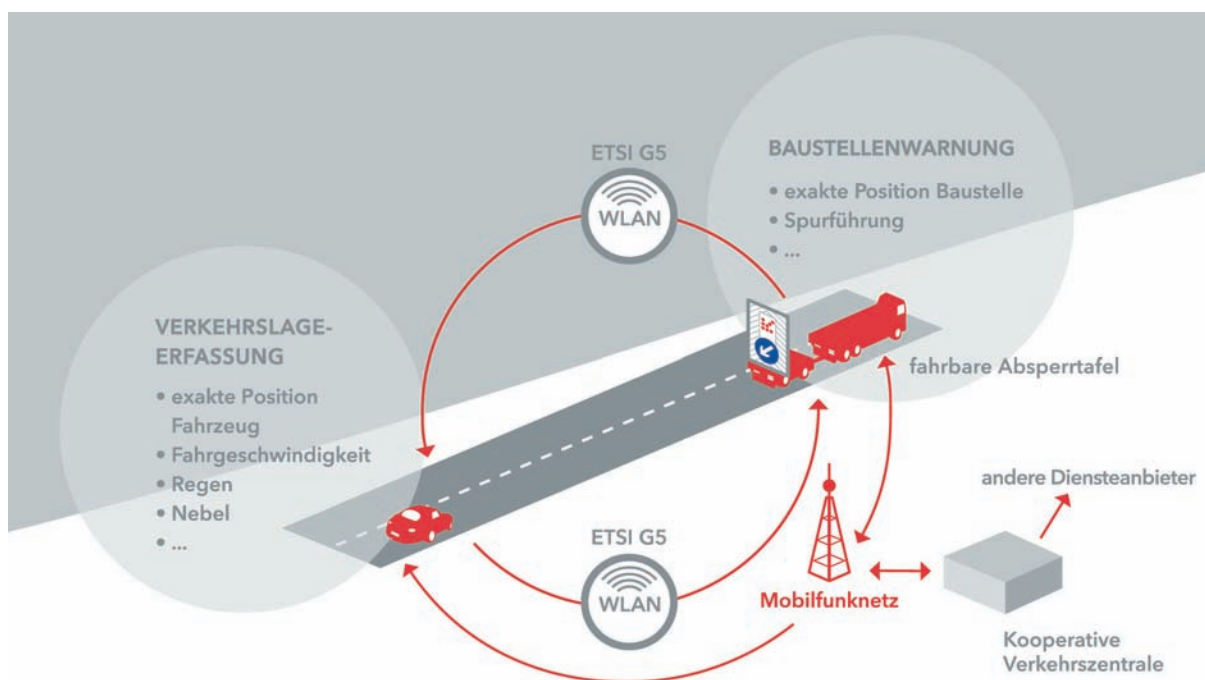
Von Verkehrsinfrastrukturorganisationen initiierte Umsetzungen

Den Startschuss für die Umsetzung kooperativer Systeme haben die drei Verkehrsminister Deutschlands und seiner Nachbarländer Niederlande und Österreich im Jahr 2013 gegeben. Der Cooperative ITS Corridor versteht sich als ein erster Schritt für die Überführung einer neuen Dienstegeneration in den Regelbetrieb im Fernstraßennetz. Die Dienste Baustellenwarnung und Verbesserung des Verkehrsmanagements auf der Basis von Fahrzeugdaten stellen die beiden gemeinsamen Erstanwendungen der drei Länder dar. Die Prinzipskizze der Dienste und der genutzten Kommunikationswege (ETSI ITS G5, Mobilfunk) ist im Bild dargestellt. Es zeigt, dass die Warnung vor Baustellen im Umfeld der Gefahrenstelle direkt an die Fahrzeuge kommuniziert wird. Gleichzeitig kommuniziert die fahrbare Absperrtafel grundlegende Daten über Mobilfunk in die Kooperative Verkehrszentrale, zum Beispiel Position, Pfeilstellung. Diese Daten werden über den MDM Mobilitätsdienstleistern zur Verfügung gestellt. Andererseits nimmt die Infrastruktur Verkehrsdaten aus den Fahrzeugen auf, um diese für ein verbessertes Verkehrsmanagement zu nutzen. Auch in anderen EU-Mitgliedsstaaten wird die konkrete Einführung von C-ITS-Diensten vorbereitet, beispielsweise SCOOP@F

in Frankreich, BaSIC in der Tschechischen Republik sowie NordicWay in Finnland, Schweden, Norwegen und Dänemark. Die Dienstebündel für die Erstanwendungen lassen sich insgesamt unter den Überschriften „Gefahrenwarnungen“ und „Übertragung von Verkehrszeichen ins Fahrzeug“ zusammenfassen. Die Amsterdam Gruppe hat hier unter den Umsetzungspartnern wesentliche Vorarbeiten für eine Harmonisierung geleistet, die nunmehr Konsens unter allen beteiligten Institutionen sind.

Eine Plattform für die Umsetzung kooperativer Systeme und Dienste

Mobilität in Europa überschreitet mühelos Grenzen, Fahrer kümmern sich in der Regel nicht darum, wer die Straße für die Verkehrsteilnehmer bereitstellt. Was für die „harte“ Infrastrukturgrundlage gewohnter Gebrauch ist, sollte auch im Bereich von Mobilitätsdiensten reibungslos funktionieren. Die erfolgreiche Einführung interoperabler Dienste im europäischen Maßstab stellt für alle Beteiligten eine große Herausforderung dar. Die Europäische Kommission (EU-KOM) hat daher 2014 eine Plattform für die Umsetzung kooperativer Systeme und Dienste ins Leben gerufen: C-ITS Plattform. Als Expertengruppe der EU-KOM bildet sie die Basis für den Dialog aller an der Umsetzung beteiligten Institutionen. Nach mehr als einem Jahr intensiver Arbeit ist im Januar 2016 der Endbericht zur Phase 1 der C-ITS Plattform vorgelegt worden. Er beinhaltet die Ergebnisse und Empfehlungen der Expertengruppen zu einem weiten thematischen Spektrum technischer, rechtlicher,



Schematische Darstellung der Erstanwendungen im Cooperative ITS Corridor

organisatorischer und finanzieller Fragestellungen. Einige dieser Themen bedürfen einer Rahmensetzung auf europäischer Ebene. Dazu zählen unter anderem einheitliche Regeln für IT-Sicherheit, Datenschutz, Konformitätsbewertung, Anforderungen zur technischen Interoperabilität und Durchgängigkeit von Diensten (Liste mit Erstanwendungen). Auf Grundlage der IVS-Richtlinie 2010/40/EU fließen diese Themen auf der Politikebene in eine Delegierte Verordnung für kooperative Systeme und Dienste ein, die sich derzeit in Vorbereitung befindet. Themen und umsetzungsbezogene Verantwortlichkeiten werden im C-ITS Masterplan der EU-KOM adressiert.

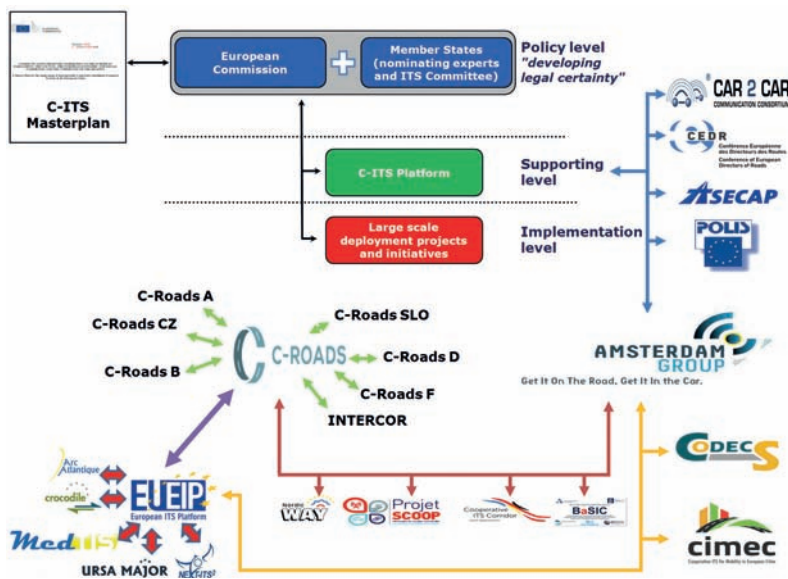
Auf dem Weg zu einer fruchtbaren Umsetzungslandschaft

Der Erfolg der Politik misst sich auch an erfolgreichen Umsetzungen. Insofern hat die EU-KOM, genauso wie die Kernpartner der Einführung, ein hohes Interesse an einer fruchtbaren und sichtbaren

Umsetzung. Seit Herbst 2016 befinden sich weitere C-ITS Piloten und Umsetzungsinitiativen am Start, die von der EU-KOM mittels der Connecting Europe Facility (CEF) kofinanziert werden, sodass sich nun bereits mehr als zehn Mitgliedsstaaten der EU in der C-ITS-Einführung engagieren. Alle diese Umsetzungsinitiativen haben sich verpflichtet, zu Harmonisierung und Interoperabilität im Rahmen der C-Roads Platform beizutragen. Dieser ebenfalls 2016 gestarteten, übergeordneten Aktivität kommt damit eine zentrale Rolle im Wissensmanagement bezüglich der C-ITS-Umsetzung zu, analog zur Rolle der European ITS Platform (EU EIP) in der Umsetzung traditioneller IVS-Dienste. Die Amsterdam-Gruppe bietet auch weiterhin den Raum für den strategischen Austausch zwischen den Infrastrukturorganisationen und der Automobilindustrie.

BASt-Engagement im Rahmen der Einführung kooperativer Systeme und Dienste

Die BASt engagiert sich im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums stark in dieser vielfältigen Umsetzungslandschaft und gestaltet den Rahmen für die Einführung kooperativer Systeme und Dienste in Europa aktiv mit. Auf der Umsetzungsebene erfolgt dies im C-ITS Corridor und in C-Roads Germany. Auf der Ebene des Expertenaustauschs ist die BASt in koordinierender Funktion in der Amsterdam-Gruppe tätig, darüber hinaus in der C-ITS Platform engagiert und als Partner in mehrere Unterstützungsaktionen eingebunden, unter anderem EU EIP, CODECS. Von hoher Relevanz ist zudem das Engagement der BASt in Standardisierungsgremien. Sichtbares Ergebnis ist die Veröffentlichung eines Standards zur Organisationsarchitektur kooperativer Systeme und Dienste sowie der damit verbundenen Rollen und Verantwortlichkeiten (ISO TS 17427).



Synopsis des Rahmens für die Einführung kooperativer Systeme und Dienste



Sandro Berndt
Physiker
Referat „Vernetzte Mobilität“



Torsten Geißler
Volkswirt
Referat „Vernetzte Mobilität“



Amsterdam Gruppe



Cooperative ITS Corridor



C-ITS Platform



C-Roads Platform

SENIORS: Weiterentwicklung der Fußgängerschutz-Prüfverfahren

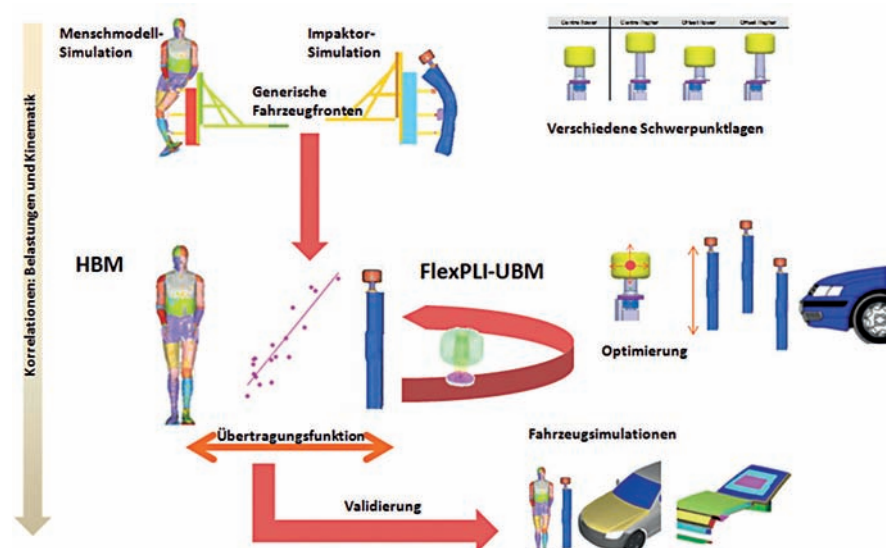
Jüngste Analysen verschiedener europäischer Verkehrsunfalldatenbanken offenbaren eine Verschiebung der Verletzungsmuster von Fußgängern und Radfahrern bei Kollisionen mit Pkw. So zeigt sich bei Unfällen, mit nach den Regelungen zum Fußgängerschutz typgenehmigten Fahrzeugen, eine Erhöhung des Anteils der schweren Verletzungen im Brustkorb bei gleichbleibender Relevanz von Verletzungen des Kopfes und der unteren Extremitäten. Dieser Effekt ist verstärkt bei älteren Verkehrsteilnehmern (65 Jahre und älter) zu beobachten. In den aktuellen Prüfverfahren werden jedoch Brustkorbverletzungen nicht berücksichtigt.

Das europäische Projekt „Safety-Enhanced Innovations for Older Road UserS“ (SENIORS) wirkt diesem Trend durch die Neu- und Weiterentwicklung von Prüfverfahren und Impaktoren zum passiven Fußgänger- und Radfahrerschutz entgegen. Die in Gesetzgebung und Verbraucherschutz derzeit eingesetzten Kopf- und Beinimpaktoren, welche diese Körperregionen repräsentieren, werden durch entsprechende fehlende Körpermassen wie einem Fußgängertorso ergänzt und somit hinsichtlich ihrer Biofidelität (mensenähnliche Eigenschaften) optimiert. Dies betrifft besonders die Gebiete Kinematik und Verletzungsbiomechanik.

Ein Werkzeug zur Verletzungsvorhersage für den Brustkorb wird erstmalig in ein Impaktorprüfverfahren implementiert. Virtuelle Menschmodelle und Impaktoren werden in Computersimulationen eingesetzt, um deren Anprall an Fahrzeugfronten zu untersuchen. Die daraus zu entwickelnden Übertragungsfunktionen übersetzen dabei das menschliche Verletzungsrisiko in Impaktorgrenzwerte. Diese Grenzwerte geben Hinweise auf das Schutzz Potenzial von Fahrzeugfronten im realen Unfallgeschehen. Im Anschluss erfolgt eine Optimierung und schließlich eine Validierung der neuen Impaktormodelle durch Simulationen mit virtuellen Fahrzeugmodel-

len. Die Anfertigung von Impaktor-Prototypen sowie der Entwurf entsprechender Prüf- und Bewertungsprozeduren münden in eine Effektivitätsabschätzung bei erfolgter Einführung in Gesetzgebung und Verbraucherschutz.

Ziel ist letztlich, die derzeitigen Prüfverfahren und Impaktoren durch Tests mit dem neu geschaffenen flexiblen Beinprüfkörper mit Oberkörpermasse (FlexPLI-UBM), dem Kopf-Hals-Impaktor (HNI) sowie dem Thorax-Verletzungsvorhersagetool (TIPT) zu ersetzen, um so die im aktuellen Unfallgeschehen auftretenden Konstellationen und Verletzungsmuster von Fußgängern und Radfahrern besser zu adressieren und zu einer weiteren Reduktion der Anzahl der Getöteten und Schwerverletzten im öffentlichen Straßenverkehr entscheidend beizutragen.



Ablaufdiagramm zur Entwicklung einer neuen Prüfprozedur am Beispiel der Entwicklung eines Beinprüfkörpers mit oberer Prüfkörpermasse



Julian Ott
 Maschinenbauingenieur
 Referat
 „Passive Fahrzeugsicherheit und Biomechanik“



Markus Wisch
 Mechatronik Ingenieur
 Referat
 „Passive Fahrzeugsicherheit und Biomechanik“

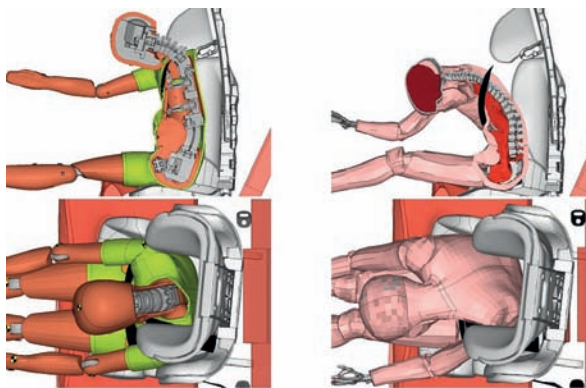


Oliver Zander
 Ingenieur für Sicherheitstechnik
 stellvertretender Leiter des Referats „Passive Fahrzeugsicherheit und Biomechanik“

Belastung durch den Sicherheitsgurt bei Kindern

Untersuchungen mit Dummy und Menschmodell

In Deutschland müssen Kinder, die kleiner als 150 Zentimeter sind, bis zum vollendeten zwölften Lebensjahr ein geeignetes Kinderschutzsystem (KSS) verwenden. Systeme für ältere Kinder, sogenannte Booster (Sitzerhöhungen) mit und ohne Rückenlehne, sollen das fahrzeugeigene Erwachsenengurtsystem so positionieren, dass es sein Schutzpotenzial auch bei einem Kind entfalten kann.



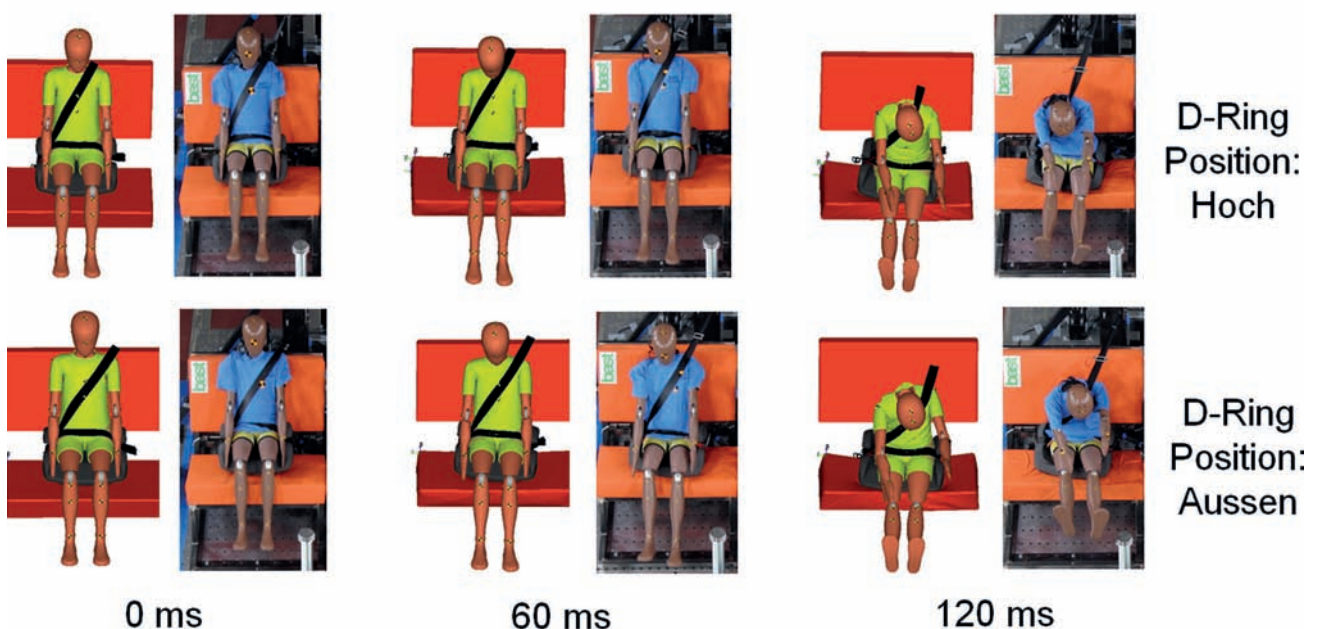
Q10 und THUMS 10YO in der Simulation: Vergleich der Vorverlagerung

Die Beurteilung des Sicherheitspotenzials erfolgt mit Hilfe von Kinderdummies der Q-Dummy-Serie. Um die Ergebnisse der unterschiedlichen Testprozedu-

ren realistisch einordnen zu können, ist es erforderlich zu wissen, wie realistisch und biofidel die wechselseitige Beeinflussung von Gurt und Dummy ist. Im Rahmen einer Parameterstudie wurde die Interaktion zwischen Fahrzeuggurt und Kind im Bereich Gurt/Schulter und Gurt/Abdomen für den Q10 Dummy untersucht. Der Q10 repräsentiert ein zehneinhalbjähriges Kind. Verglichen wurde der Dummy im Test und in der Simulation mit einem zehn Jahre alten Menschmodell, dem THUMS 10YO.

Ziel der Studie war die Analyse von Unterschieden im Bereich der Interaktion von Fahrzeuggurt und Insassen zwischen Dummy und Menschmodell sowie die Identifikation möglicher Ursachen. Aus den Ergebnissen sollten Vorschläge erarbeitet werden, wie diese Abweichungen durch Verbesserung des Dummies adressiert werden können.

Der Testaufbau ließ unterschiedliche Variationen zu, so dass der Einfluss der Rückenlehne des KSS untersucht werden konnte, ebenso wie der Effekt von Gurtstraffer und -kraftbegrenzer, einer Rotation des Fahrzeugs sowie der Einfluss der Lage des oberen Gurtverankerungspunktes (D-Ring). Beispielhaft zeigt das Bild unten eine gute Übereinstimmung der Gurtbewegung im Test und in der Simulation mit dem Q10 Dummy.

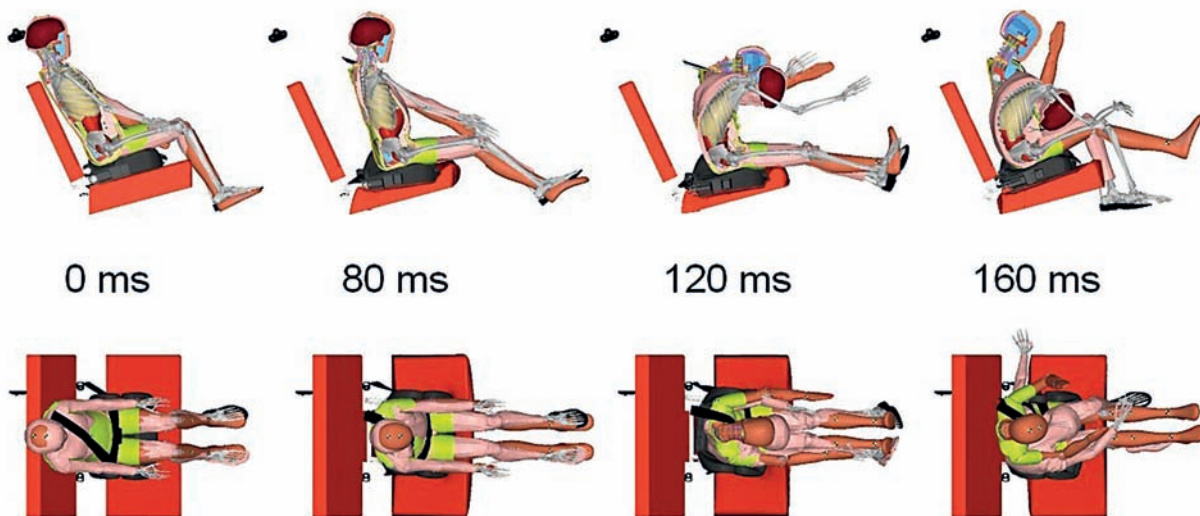


Vergleich Q10 Dummy im Test und in der Simulation

Im Bild unten ist der Vergleich von Q10 Dummy und THUMS 10 YO in der Simulation dargestellt. In der vorliegenden Konfiguration mit Booster ohne Rückenlehne, unter Verwendung eines Gurtstraffers und eines 3,5 Kilonewton Gurtkraftbegrenzers zeigt das THUMS Menschmodell eine größere Rotation um die vertikale Achse im Schulterbereich. Außerdem finden sich Unterschiede in der Kopf/Hals-Vorverlagerung bedingt durch eine stärkere Rotation um die Querachse im Bereich der Brustwirbelsäule. Unabhängig von der Konfiguration zeigen die Simulationen mit dem THUMS eine deutlichere Verlagerung von Kopf und Brust, meistens aber mit derselben Tendenz. Vergleicht man die Maximalwerte der analysierten Messwerte in allen Konfigurationen, zeigen der Q10 und THUMS ähnliche Tendenzen für die meisten Werte.

pen, die Beugung und Rotation erlauben. Eine korrekte Abbildung der menschlichen Bewegungsabläufe ist insbesondere bei ungünstig erscheinender Positionierung des Gurtes relevant. In Bezug hierauf sind weitere Untersuchungen erforderlich, um mögliche Verbesserungen des Dummies zu erarbeiten.

Im Ergebnis ist der Q10 Dummy prinzipiell geeignet, die auf ein Kind einwirkenden Belastungen durch den Sicherheitsgurt darzustellen. Die wesentlichsten Unterschiede entstehen durch die flexiblere Wirbelsäule des Menschmodells sowie durch die flexibleren Rip-



Vergleich von Q10 Dummy und THUMS 10 YO in der Simulation



Britta Schnottale
Ingenieurin für
Sicherheitstechnik
Referat „Passive Fahr-
zeugsicherheit und
Biomechanik“



Dr. Andre Eggers
Maschinenbau-
ingenieur
Referat „Passive Fahr-
zeugsicherheit und
Biomechanik“



Julian Ott
Maschinenbau-
ingenieur
Referat „Passive Fahr-
zeugsicherheit und
Biomechanik“

Mensch-Maschine-Interaktion beim automatisierten Fahren

Die derzeitige Entwicklung hin zum kontinuierlich automatisierten Fahren äußert sich in unterschiedlichen Automatisierungsgraden, die vom konventionellen Fahren – ohne Automatisierung – über Assistenzsysteme, teilautomatisierte Systeme, hochautomatisierte Systeme bis hin zu vollautomatisierten Fahrfunktionen reichen. Während Fahrerinformations- und Fahrerassistenzsysteme bereits seit längerer Zeit im Straßenverkehr verwendet werden und erste teilautomatisierte Systeme am Markt verfügbar sind, hat die Automobilindustrie die Einführung hochautomatisierter Fahrfunktionen für Ende dieses Jahrzehnts angekündigt. Die Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf den Straßenverkehr sind jedoch noch nicht vollumfänglich abschätzbar.

Forschungsfragen

Da sich die Aufgaben des Menschen als Fahrzeugführer entscheidend verändern werden, richtet sich ein Forschungsschwerpunkt der BASt auf Fragen der Mensch-Maschine-Interaktion (MMI). Mit zunehmendem Automatisierungsgrad steigt der Anteil an der Fahraufgabe, den automatisierte Fahrfunktionen bewältigen können. Zumindest mittelfristig wird es jedoch noch Aufgaben und Situationen geben, die die Automatisierung nicht beherrscht. In diesen Fällen spielt der Mensch als Fahrer nach wie vor eine zentrale Rolle. Der Fahrer muss die Fahrzeugsteuerung nach kurzer Vorlaufzeit wieder übernehmen, wenn das System hierzu auffordert.

Aufgrund der veränderten Anforderungen bei der Kooperation von Mensch und Maschine stehen unter anderem folgende Aspekte im Fokus der Forschung:

- Heute verfügbare Automatisierung des kontinuierlichen Fahrens und die damit einhergehende Verschiebung der Fahreraufgabe hin zu einer Überwachungsaufgabe können bereits zu Veränderungen der Aufmerksamkeit und Vigilanz führen. Die Kenntnis um die Verfügbarkeit und die Übernahmebereitschaft des Fahrers sind im Hinblick auf die Rückübertragung der Fahraufgabe auf den Fahrer von hoher Bedeutung.
- Für eine erfolgreiche Übergabe der Fahraufgabe ist auch die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle relevant. Hier geht es vor allem um

Systemtransparenz und geeignete Informations- und Bedienstrategien, um Verwechslungen der Betriebsmodi, Fehlgebrauch oder Missbrauch zu vermeiden.

- Im Hinblick auf die Kollisionsvermeidung im Mischverkehr stellt sich die Frage, wie die Intentionen des automatisierten Fahrzeugs und der umgebenden, nicht automatisierten Verkehrsteilnehmer kommuniziert werden müssen.
- Beim hochautomatisierten Fahren soll es dem Fahrer künftig ermöglicht werden, fahrfremde Tätigkeiten während der Fahrt aufzunehmen. Es ist daher zu untersuchen, welche Nebentätigkeiten sich dafür eignen und gegebenenfalls sogar die Übernahmebereitschaft positiv beeinflussen.
- Bestehende Methoden zur Bewertung der MMI müssen überprüft und angepasst werden. Für besondere Aspekte des automatisierten Fahrens bedarf es der Entwicklung neuer Testmethoden.

Simulationswerkzeuge

Zur Bewertung der Auswirkungen auf das Fahrerverhalten, die von assistierenden Systemen bis hin zu automatisierten Fahrfunktionen ausgehen, stützt sich die Forschung unter anderem auf experimentelle Untersuchungen, bei denen die realen Versuchspersonen (Fahrer, Passagier) die Systemfunktionen und deren Bedienung im Kontext der primären Fahraufgabe „erfahren“. In den Experimenten wird häufig die Simulation eingesetzt. Mithilfe der Modellbildung, die reale Systeme in abstrahierter Form nachbildet, können beispielsweise Elemente der Fahraufgabe des menschlichen Fahrers, Straßeninfrastruktur, Bedienungsaufgaben bei elektronischen Bordsystemen, aber auch automatisierte Fahrfunktionen in die Versuchsumgebung gebracht und die untersuchungsrelevanten Versuchsbedingungen erzeugt werden.

Die BASt nutzt verschiedene Versuchsumgebungen, die je nach Eignung für die zu untersuchenden Forschungsfragen herangezogen werden: MMI-Labor, Fahrsimulator, BASt-Versuchsfahrzeug auf nicht-öffentlichen Teststrecken oder im realen Straßenverkehr. Beispielsweise ermöglicht das BASt-Versuchsfahrzeug zur Erforschung von Automatisierungseffekten die Simulation unterschiedlicher Automatisierungsgrade des Fahrens und ist daher vielseitig für die Untersuchung von Interak-

tionen zwischen automatisierter Fahrfunktion und menschlichem Fahrer nutzbar.

Projektbeispiele

Einfluss von Umgebungssituationen auf die Übernahmeleistung

Da hochautomatisierte Fahrfunktionen eine Rückübertragung der Fahraufgabe auf den menschlichen Fahrer mit kurzer Vorlaufzeit vorsehen, stellt sich die Frage, ob und wie der Fahrer bei verschiedenen Verkehrssituationen die Übernahme der Fahraufgabe bewältigen kann. Die BAST führt hierzu eine Untersuchung im realen Straßenverkehr durch, bei der das BAST-Versuchsfahrzeug eingesetzt wird. Neben der Versuchsperson ist der Versuchsleiter im Fahrzeug anwesend. Ziel der Untersuchung ist es, mögliche Einflüsse verschiedener Verkehrssituationen auf die Bewältigungsleistung bei der Übernahme der Fahraufgabe zu identifizieren und die Kritikalität von Umgebungsparametern abzuschätzen.

Untersuchungen zur Vigilanz des Fahrers beim automatisierten Fahren

Durch die zunehmende Automatisierung verändert sich die Aufgabe des Fahrers hin zu einer Überwachungsaufgabe. In Verbindung mit monotonen Verkehrssituationen wird ein Absinken der Wachsamkeit des Fahrers befürchtet. Die BAST untersucht in diesem Problembereich, wie sich die Vigilanz der Fahrer im Vergleich zwischen konventionellem, teilautomatisiertem und hochautomatisiertem Fahren verändert. In einer laufenden Studie zum Ermüdungsverhalten des Fahrers werden Fahrversuche mit dem BAST-Versuchsfahrzeug auf einem Testgelände durchgeführt. Ziel ist es, Erkenntnisse über die Veränderungen des Fahrerzustands in einer reizarmen Umgebung zu gewinnen. Von besonderem Interesse ist, ob Verfügbarkeit und Bewältigungsleistung des Fahrers in Übernahme-situationen beeinträchtigt sind, wenn er zuvor für längere Zeit die automatisierte Fahrfunktion überwachen musste.

Einfluss des freihändigen Fahrens auf die Bewältigungsleistung bei Wiederübernahme der Fahrzeugkontrolle

In einem gemeinsam von der BAST und der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e. V. (FAT) betreuten Projekt zur Teilautomatisierung wurde untersucht, wie freihändiges Fahren und andere Faktoren der Fahrsituation die Bewältigungsleistung

des Fahrers bei Wiederübernahme der Fahrzeugkontrolle beeinflussen. Dazu wurden mehrere Studien im Fahrsimulator und eine Validierungsstudie mit Realfahrzeug auf einer Teststrecke durchgeführt. Die resultierenden Übernahmezeiten nach freihändigem teilautomatisiertem Fahren waren länger als nach nicht-freihändigem teilautomatisiertem Fahren.

Beim teilautomatisierten Fahren traten im Vergleich zum konventionellen Fahren höhere Werte bei Lenkwinkel, Querschleunigung und Standardabweichung des Gierwinkelfehlers auf, die jedoch in der überwiegenden Zahl der Fälle auf eine unkritische Bewältigung der Übernahme-situationen schließen lassen. Bei hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten konnten die Übernahme-situationen allerdings nicht von allen Probanden erfolgreich bewältigt werden.

Kompensative Fahrerstrategien im Kontext automatisierter Fahrfunktionen

Menschen verfügen über Verhaltensstrategien zur Bewältigung von Fahraufgaben. Es stellt sich die Frage, inwieweit Fahrer auf diese Strategien zurückgreifen können, wenn sie in kritischen Fahrsituationen innerhalb kurzer Zeit die Fahrzeugführung von der automatisierten Fahrfunktion übernehmen und eine sichere Fahrt garantieren müssen. Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage wurde im Auftrag der BAST eine Studie im Fahrsimulator durchgeführt, in der Staufahrten mit einer hochautomatisier-



BAST-Versuchsfahrzeug zur Erforschung von Automatisierungseffekten

ten Fahrfunktion auf einer zweistreifigen Autobahn simuliert wurden. Den Fahrern war es möglich, sich von der Fahraufgabe abzuwenden und fahrfremde Tätigkeiten auszuführen. Die Ergebnisse zeigen, dass Fahrer in der Lage sind, im Anschluss an eine Übernahmeaufforderung die Beschäftigung mit fahrfremden Tätigkeiten zu reduzieren und sich so an die Anforderungen einer konventionellen Fahrt anzupassen.

Methodenentwicklung zur Bewertung von Aufmerksamkeitseffekten

Die BAST beteiligte sich an der Weiterentwicklung und Standardisierung einer neuen Methode, mit der Effekte auf die Fahreraufmerksamkeit aufgrund kognitiver Belastung des Fahrers gemessen werden können. Erhebliche kognitive Belastung kann beispielsweise bei der Verwendung von Informations- und Kommunikationssystemen im Fahrzeug oder bei Überwachungsaufgaben in Verbindung mit automatisiertem Fahren auftreten. Die neue Methode ist in unterschiedlichen Versuchsumgebungen einsetzbar: Labor, Fahrsimulator, Teststrecke. Im Rahmen einer koordinierten internationalen Versuchsreihe wurde die Methode im BAST MMI-Labor

auf ihre Anwendbarkeit getestet. Zur Simulation der Fahraufgabe wurde eine kontinuierliche Tracking-Aufgabe am PC verwendet. Parallel dazu mussten die Versuchspersonen weitere Aufgaben am Computer ausführen, mit deren Hilfe die kognitive Belastung durch fahrfremde Tätigkeiten experimentell realisiert wurde. Die Internationale Organisation für Normung (ISO) nutzte die Versuchsergebnisse für die weitere Standardisierungsarbeit.

Fazit und Ausblick

Die genannten Methoden dienen dazu, Anforderungen an das automatisierte Fahren zu identifizieren und Lösungen zu bewerten. Die Vielzahl der unterschiedlichen Fragestellungen zur Mensch-Maschine-Interaktion beim automatisierten Fahren erfordert ein breites Spektrum an Methoden und Versuchsumgebungen, die ineinandergreifen und sich ergänzen. Die Simulation trägt dazu bei, die Untersuchungen mit einem hohen Grad an Sicherheit und Wiederholbarkeit durchzuführen und den technisch-wirtschaftlichen Versuchsaufwand zu begrenzen.

Referat „Automatisiertes Fahren“

Rico Auerswald, Psychologe

Alexander Frey, Psychologe

Dr. Heike Hoffmann, Psychologin

Anne Klamroth, Psychologin

Torsten Marx, Ingenieur für Elektrotechnik/Automatisierungstechnik

Nadine Moritz-Kokot, Juristin

Roland Schindhelm, Maschinenbauingenieur,

Tom M. Gasser, Jurist, stellvertretender Leiter des Referats



Von Links: Alexander Frey, Tom M. Gasser, Dr. Heike Hoffmann, Rico Auerswald, Nadine Moritz-Kokot, Torsten Marx, Roland Schindhelm (nicht im Bild: Anne Klamroth)

Kamera-Monitor-Systeme als Ersatz für Spiegel

Für die indirekte Sicht nach hinten, besonders zur Beobachtung des rückwärtigen Verkehrs, werden klassischerweise Spiegel an Fahrzeugen verwendet. Die dabei abzudeckenden Sichtfelder und weiteren Anforderungen sind in der UN/ECE R 46 (United Nations Economic Commission for Europe Regulation Number 46) definiert. Mit Inkrafttreten der aktuellen Fassung der UN/ECE R 46 können Kamera-Monitor-Systeme (KMS) alternativ zu den bisher verwendeten Spiegeln verwendet werden. Kamera-Monitor-Einrichtungen für indirekte Sicht bestehen immer aus einer Kombination von Kamera und Monitor.

Technische und ergonomische Untersuchungen als Grundlage

In einer ersten Studie der BAST wurden KMS und herkömmliche Außenspiegel sowohl unter technischen Gesichtspunkten als auch bezüglich ergonomischer Fragestellungen der Mensch-Maschine-Interaktion verglichen und bewertet. Dabei wurde der Einsatz an Pkw und Lkw mittels Versuchsfahrten und Labortests analysiert. Anhand der Ergebnisse wurden Gütekriterien abgeleitet, die zu erfüllen sind, um KMS bei Pkw und Lkw für die indirekte Sicht als Spiegelerersatz verwenden zu können.

Darüber hinaus zeigten sich weitere Vorteile von KMS, zum Beispiel mehr Informationen als mit einem Spiegelsystem darstellen zu können, so dass sich unter anderem der Tote Winkel reduzieren lässt. Generell war eine rasche Umgewöhnung bei Verwendung von KMS zu beobachten, während der keine sicherheitsrelevanten Situationen auftraten.

Neue internationale fahrzeugtechnische Vorschriften

Die Ergebnisse der zuvor beschriebenen Untersuchungen sind von der UN/ECE Arbeitsgruppe „Informal Group on Camera-Monitor-Systems (IG-CMS-II)“ bei der Erweiterung und Anpassung der Regelung Nummer 46 verwendet worden. Die im Juni 2016 in Kraft getretene aktuelle Version beschreibt die Anforderungen an Systeme zur indirekten Sicht und ermöglicht nun KMS an Pkw und Lkw als Ersatz für Spiegelsysteme. Weiterhin wird für KMS auf den Standard ISO 16505 „Straßenfahrzeuge – Ergonomie und Leistungsaspekte für Kamera-Monitor-Systeme – Anforderungen und Prüfproze-

duren“ Bezug genommen. Diese Norm beschreibt Testverfahren für KMS in Zusammenhang mit technischen Leistungsmerkmalen und ergonomischen Ansprüchen.

Ausblick

In weiterführenden Untersuchungen wird die BAST spezielle Aspekte von Kamera-Monitor-Systemen im Detail beleuchten. Es sollen zum einen vertiefte Analysen zur Mensch-Maschine-Schnittstelle durchgeführt werden, unter anderem in Bezug auf unterschiedliche Monitorpositionen und auf Wahrnehmungsgeschwindigkeit sowie Diskriminationsleistung bei Verwendung von KMS. Auch diese Ergebnisse können als Grundlage für Anforderungen künftiger KMS Verwendung finden. Zum anderen soll im Hinblick auf die Typprüfung dieser Systeme untersucht werden, wie die im Realverkehr auftretenden sowohl typischen als auch speziellen Wetterbedingungen und Beleuchtungssituationen berücksichtigt werden können.

*Kamerasystem
an der
ursprünglichen
Anbauposition
eines Außen-
spiegels*



Maxim Bierbach
Maschinenbauingenieur
Referat „Aktive Fahrzeugsicherheit
und Fahrerassistenzsysteme“

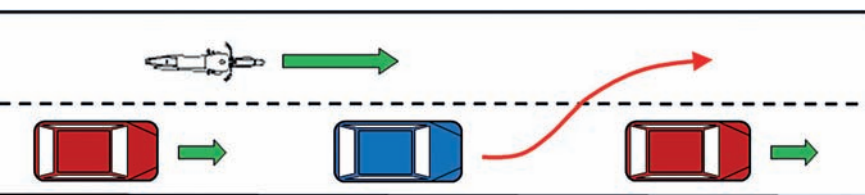
Anforderungen an automatisches Lenken

Automatische Lenkfunktionen sind gemäß der UN-Regelung Nummer 79 über einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Fahrzeuge hinsichtlich der Lenkanlage bisher nur bis zu 10 km/h erlaubt, abgesehen von diskontinuierlichen, korrigierenden Lenkeingriffen. Die Weiterentwicklung der Technik im Bereich der Fahrerassistenzsysteme und der Automatisierung der Fahraufgabe ermöglichen jedoch technisch, automatische Lenkfunktionen auch bei höheren Geschwindigkeiten einzusetzen.

Neben mehr Komfort wird von diesen Systemen auch ein Beitrag zur Verbesserung der Verkehrssicherheit im Sinne von vermiedenen Unfällen erwartet. Dieses Verkehrssicherheitspotenzial wird man jedoch nur ausschöpfen können, wenn die automatisierten Lenksysteme entsprechend sicher gestaltet sind und ein Mindestmaß an Performance aufweisen. Insbesondere sollten mögliche Risiken aufgrund automatischen Lenkens erst gar nicht entstehen beziehungsweise minimiert sein.

Aus diesen Gründen laufen derzeit Arbeiten auf Ebene der United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) im Rahmen einer informellen Arbeitsgruppe, um die Regelung Nummer 79 in Bezug auf automatische Lenkfunktionen „Automatically Commanded Steering Functions“ (ACSF) zu überarbeiten.

Ziel ist es, diese unter bestimmten Bedingungen auch bei höheren Geschwindigkeiten genehmigen zu können. Hierzu werden technische Anforderungen an automatisches Lenken und für die fahrzeugtechnischen Vorschriften vorgesehene Testprozeduren entwickelt. Besondere Bedeutung gilt dabei den verbauten Sicherheitssystemen, wenn automatisches Lenken aktiviert werden kann, in Abhängigkeit davon, ob der Fahrer die Hände am Lenkrad hat oder nicht. Hier kommt der Bremse ebenso eine besondere Bedeutung zu, obwohl es sich um Arbeiten an den Vorschriften zur Lenkanlage handelt: Zum einen, wenn auch die Längsführung kontinuierlich ablaufen soll, beispielsweise wenn zusätzlich zu einem Spurhaltesystem ein Tempomat oder Abstandsregeltempomat aktiviert ist. Zum anderen, wenn während automatisiert ablaufender Fahrt plötzlich eine kritische Situation auftritt, in der eine Übergabe an den Fahrer aufgrund der zeitlichen Kürze oder wegen falschen Verhaltens des Fahrers – zum Beispiel mangelnder Vigilanz – nicht mehr möglich ist.



Beispiel für einen Funktionstest für ein ACSF-Fahrzeug bei einem automatisierten Überholmanöver: Der automatisierte Spurwechsel (Überholvorgang) des roten Fahrzeugs muss automatisch abgebrochen werden, wenn sich das Motorrad schon zu weit angenähert hat



Oliver Bartels
Physiker
Referat „Aktive Fahrzeugsicherheit und Fahrerassistenzsysteme“

Notbremssysteme müssen dann selbstständig in der Lage sein, die Situation zu meistern. Dabei besteht ein qualitativer Unterschied zu heutigen Notbremssystemen, bei denen der Bremsung in der Regel eine Warnphase vorausgeht, und die zunächst noch eine mögliche Fahrerreaktion, wie Lenken und Ausweichen, einbeziehen müssen.

Bewertung von Notbremssystemen in der Praxis

Eine differenzierte Sicherheitsbewertung von Neufahrzeugen hat sich das europäische Bewertungsprogramm für neue Fahrzeuge „European New Car Assessment Programme“, besser bekannt als Euro NCAP, zur Aufgabe gemacht.

Euro NCAP vergibt zwischen 0 und 5 Sterne je Fahrzeug. Diese Wertung basiert auf Tests aus vier verschiedenen Kategorien (Insassensicherheit, Kindersicherheit, Fußgängersicherheit, Sicherheit durch Assistenzfunktionen). Seit 2014 werden zusätzlich zu den bisherigen Crashtests Notbremsversuche durchgeführt, die ebenfalls in die Sternebewertung einfließen. Alle Tests werden von der BAST selbst durchgeführt.

Euro NCAP testet fabrikneue Serienfahrzeuge. Nach Auswahl im Werk und Transport zur BAST wird das Fahrzeug, hier beispielsweise ein Mercedes E220d, mit Messtechnik und Fahrrobotern ausgerüstet, die in der Lage sind, es automatisch bis zu fünf Zentimetern genau zu steuern. Getestet wird auf dem Testgelände der RWTH Aachen in Aldenhoven bei Düren.

Ein Fahrzeug, das es schafft, Kollisionen mit anderen Pkw automatisch zu vermeiden, schützt neben den eigenen Insassen auch andere Verkehrsteilnehmer. Geprüft wird das mit Auffahrten auf ein Zielobjekt aus weichem Material, das aber für Radarsensoren wie ein Auto aussieht. Neben stehender Nutzung kann es auch mittels eines speziellen Anhängers bewegt werden, um zum Beispiel ein langsam vorausfahrendes oder ein plötzlich verzögerndes Fahrzeug darzustellen.

Besonders wichtig für die Verkehrssicherheit ist die Vermeidung von Fußgängerunfällen. Das Testobjekt ist dann ein Dummy mit bewegten Beinen, der quer über die Fahrbahn gezogen wird, um vier verschiedene Kollisionssituationen realistisch darzustellen: verschiedene Laufgeschwindigkeiten, Erwachsener oder Kind, frühes oder spätes Loslaufen.



Das hier von der BAST getestete Fahrzeug vermied nahezu alle Kollisionen mit einem stehenden, langsam vorausfahrenden oder bremsendem Fahrzeug. Von insgesamt 33 Testsituationen kam es überhaupt nur in drei Fällen zu einer Kollision, das reicht für volle Punktzahl im Kriterium „Notbremssystem Stadt“ und fast volle Punktzahl (2,94 von 3) bei „Notbremssystem Außerorts“. Generell sind Fußgängerunfälle für die Technik viel schwieriger zu vermeiden, denn bei hohen Fahrgeschwindigkeiten gibt es fast keine Chance mehr, rechtzeitig zu bremsen. Das ist im Bewertungsschema aber berücksichtigt, und so wird in dieser Kategorie die derzeit zweitbeste Wertung erreicht: 4,2 von 6 Punkten. Ein Zusammenschnitt aller in der BAST durchgeführten Tests befindet sich im Youtube-Kanal von Euro NCAP.



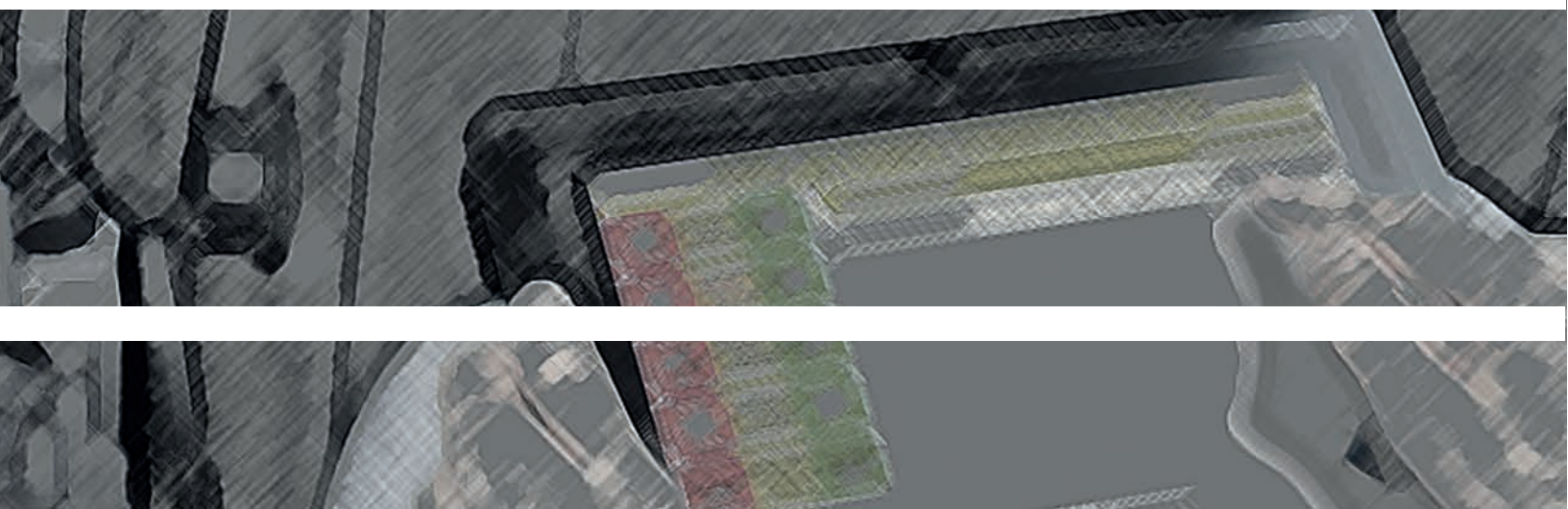
Euro NCAP bei Youtube



Dr. Patrick Seiniger
 Maschinenbauingenieur
 stellvertretender Leiter des Referats
 „Aktive Fahrzeugsicherheit und
 Fahrerassistenzsysteme“



Verkehrssicherheit



Optimierung der Praktischen Fahrerlaubnisprüfung

Die Fahrerlaubnisprüfung ist eine zentrale Maßnahme im System der Fahranfängervorbereitung. Zum einen dient sie dazu, nur Fahranfänger mit ausreichender Fahrkompetenz zur motorisierten Teilnahme am Straßenverkehr zuzulassen (Selektionsfunktion), zum anderen werden durch diese Prüfung Standards für eine verkehrssichere Vorbereitung, insbesondere für die Fahrausbildung vorgegeben (Steuerungsfunktion).

In den letzten Jahren wurden umfangreiche Forschungs- und Entwicklungsprojekte zur Verbesserung beider Prüfungsteile – Theorie und Praxis – durchgeführt. Zunächst richteten sich die Optimierungsbemühungen auf die theoretische Fahrerlaubnisprüfung. In mehreren Schritten wurden Prüfungsinhalte und -methodik dieses Prüfungsteils an aktuelle wissenschaftliche Standards angepasst.

Die Einführung der Theorieprüfung am Computer schuf die Grundlage, mithilfe computergenerierter dynamischer Fahrscenarien bislang nicht ausreichend prüfbare Fahrkompetenzkomponenten – vor allem im Bereich der Verkehrswahrnehmung und Gefahrenvermeidung – in die Fahrerlaubnisprüfung mit aufnehmen zu können.

Die Optimierung der praktischen Fahrerlaubnisprüfung erfolgte ebenfalls in mehreren Etappen. Neben den von der BAST in Auftrag gegebenen Projekten wurden mehrere Studien und Zuarbeiten von der TÜV|DEKRA arge tp 21 durchgeführt.

Wissenschaftliche Basis

Ein wesentliches Element dieses Entwicklungsprozesses stellt das wissenschaftlich begründete Modell für eine optimierte praktische Prüfung dar, das das Institut für angewandte Familien-, Kindheits- und Jugendforschung (IFK) an der Universität Potsdam im Auftrag der BAST erarbeitet hat [1].

Zunächst erfolgte die Analyse ausgewählter verkehrspsychologischer Fahrkompetenzmodelle sowie der Inhalte von Ausbildungs- und Prüfungsunterlagen. Darauf aufbauend wurden Möglichkeiten zur Modellierung und Messung von Fahrkompetenz erörtert, sowie ein Fahrkompetenzmodell zur theoretischen Bestimmung der Prüfungsinhalte skizziert. Dies bildete die Grundlage für die Definition von Anforderungsstandards an eine optimierte praktische Fahrerlaubnisprüfung sowie für Mindeststandards der Leistung von Fahrerlaubnisbewerbern.

Fahraufgabenkatalog und elektronisches Prüfprotokoll

Im Zuge des Projekts wurde auch ein Expertengremium eingerichtet, das auf Basis dieser Vorarbeiten einen Fahraufgabenkatalog erarbeitete. Diesem Gremium gehörten Vertreter der Prüforganisationen und der Fahrlehrerschaft sowie wissenschaftliche Experten an. Der erarbeitete Fahraufgabenkatalog definiert Anforderungsstandards der Prüfung in Form von situationsbezogenen Fahraufgaben und situationsübergreifenden Beobachtungskategorien. Er enthält außerdem Kriterien für eine ereignisorientierte Leistungsbewertung, eine zusammenfassende Kompetenzbeurteilung sowie Kriterien für das Treffen der Prüfungsentscheidung als solche.

Zur Umsetzung dieser weiterentwickelten Anforderungs-, Bewertungs- und Dokumentationsstandards wurde ein inhaltliches und methodisches Konzept für ein elektronisches Prüfprotokoll erstellt,



Die Etappen des Optimierungsprozesses der praktischen Fahrerlaubnisprüfung (Bild: eigene Darstellung in Anlehnung an [2])

kurz „e-Prüfprotokoll“, das auch die hard- und softwareergonomisch begründete Gestaltung des e-Prüfprotokolls umfasst. Durch die computergestützte Dokumentation der Prüfungsleistungen sollen Fahrerlaubnisprüfer künftig bei der Planung des Prüfungsablaufs und bei der Bewertung des Fahrverhaltens der Fahrerlaubnisbewerber unterstützt werden. Darüber hinaus werden eine Optimierung der Leistungsrückmeldung an die Bewerber und eine Verbesserung der Möglichkeiten für die wissenschaftliche Evaluation der optimierten Praktischen Fahrerlaubnisprüfung erwartet.

Handbuch zum Fahrerlaubnisprüfungssystem (Praxis)

Des Weiteren wurden im Rahmen des Projekts Empfehlungen für ein inhaltliches und methodisches (Betriebs-)Konzept zur kontinuierlichen Pflege, Qualitätssicherung und Weiterentwicklung der Praktischen Fahrerlaubnisprüfung erarbeitet. Das „Handbuch zum Fahrerlaubnisprüfungssystem (Praxis)“ beschreibt institutionelle Strukturen des optimierten Prüfungssystems sowie die Prüfungsverfahren und Prüfungsabläufe – einschließlich der notwendigen Anforderungs-, Bewertungs-, Dokumentations- und Evaluationsstandards.

Revision

Zu dem optimierten Prüfungsverfahren wurden im Auftrag der BAST weitere Untersuchungen zur instrumentellen Evaluation und eine groß angelegte Felderprobung durchgeführt [2]. Fachleute erprobten hierfür die Durchführungs-, Anforderungs- und Bewertungsstandards unter Verwendung des e-Prüfprotokolls bei insgesamt circa 9.000 realen Fahrerlaubnisprüfungen. Die Ergebnisse bestätigten das theoretische und methodische Konzept der optimierten Prüfung. Die Inhalte und die Struktur des Fahraufgabenkatalogs sowie die Festlegung der Kompetenzbereiche und Bewertungskriterien haben sich als tragfähig erwiesen.

Insgesamt belegen die Ergebnisse der Untersuchungen zur Objektivität, Reliabilität und Validität eine zufriedenstellende Verfahrensgüte und damit die Einsatztauglichkeit der optimierten Prüfung. Aus wissenschaftlicher Sicht wird das modellhaft erprobte verbesserte Verfahren der praktischen Fahrerlaubnisprüfung empfohlen. Die Entscheidung über eine bundeweite Implementierung steht noch aus.



Das elektronische Prüfprotokoll im Einsatz (Bild: TÜV|DEKRA arge tp 21)

Literatur

- [1] STURZBECHER, D., MÖRL, S., KALTENBAEK, J.: Optimierung der Praktischen Fahrerlaubnisprüfung, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 243, 2014
- [2] STURZBECHER, D., LUNIAK, P., MÖRL, S.: Revision zur optimierten Praktischen Fahrerlaubnisprüfung, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 268, 2016



Michael Bahr

Sozialwissenschaftler, Fahrlehrer stellvertretender Leiter des Referats „Fahreignung, Fahrausbildung, Kraftfahrerrehabilitation“

Mehr Verkehrssicherheit für Schwächere

Entwicklung von ganzheitlichen Analyse- und Bewertungsmethoden

Wann führt unsicheres Verhalten im Straßenverkehr zu Unfällen? Welche Faktoren spielen dabei eine Rolle, und wie sind die kausalen Zusammenhänge? Die Beantwortung dieser Fragen erfordert geeignete und vielleicht auch neue Analysemethoden. Im Rahmen des Europäischen Forschungsrahmenprogramms HORIZON 2020 beteiligt sich die BAST daher an einem Forschungsprojekt, das sich primär mit der Verbesserung und Weiterentwicklung von Analysemethoden für die Verkehrssicherheit von schwächeren Verkehrsteilnehmern und der Bewertung der Unfallkosten dieser Verkehrsteilnehmer beschäftigt: „In-depth Understanding of Accident Causation for Vulnerable Road Users“ (InDeV) (www.indev-project.eu).

Ziel des Projekts ist es in erster Linie, Empfehlungen zu geben, wie und welche Methoden eingesetzt werden sollten, um detaillierte Erkenntnisse über die kausalen Zusammenhänge zu gewinnen, die im Straßenverkehr zu Unfällen führen. Ein besonderer

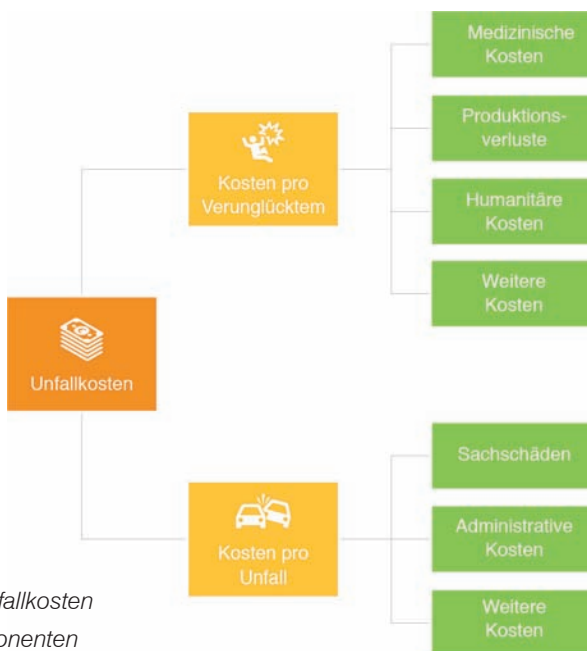


Schwerpunkt liegt dabei auch auf der Weiterentwicklung technischer Ansätze zur Videobeobachtung von Verkehrsverhalten und kritischen Situationen, die nachfolgend zu Unfällen führen können. Da solche Situationen deutlich häufiger auftreten, kann deren Betrachtung schneller zu aussagekräftigen Ergebnissen führen. Insbesondere werden im Projekt auch Methoden zur ganzheitlichen Bewertung der Kosten von Unfällen mit eingeschlossen, die als Basis für eine verlässliche Kosten-Nutzen-Analyse von Verkehrssicherheitsmaßnahmen dienen sollen. In einem ersten Schritt wurden die Methoden der Unfallkostenrechnung der Länder in Europa einer kritischen Prüfung unterzogen. Es konnte festgestellt werden, dass weder die Methoden noch die zugrundeliegenden Daten oder Definitionen einheitlich sind. Außerdem berücksichtigt fast keines der Länder die besonderen Belange der schwächeren Verkehrsteilnehmer.

In einem vorliegenden Projektbericht [1] hat die BAST daher aufgezeigt, wie die Berechnung von Unfallkosten idealerweise erfolgen könnte. Bis zum Ende des Projektes in 2018 wird die BAST außerdem Ansätze entwickeln, wie die Belange schwächerer Verkehrsteilnehmer auch bei der Bewertung auf der Basis von Unfallkosten besser Berücksichtigung finden können.

Literatur

[1] KASNATSCHEEW, A. et al.: Deliverable D5.1: Review of European Accident Cost Calculation Methods – With Regard to Vulnerable Road Users, 2016



Gliederung der Unfallkosten nach Kostenkomponenten

Susanne Schönebeck
Statistikerin
stellvertretende Leiterin des Referats
„Unfallanalyse und Sicherheitskonzeption, Verkehrsökonomie“



InDeV Homepage



HORIZON 2020

Schwerstverletzte im Straßenverkehr

Im Jahr 2015 wurden 67.706 Menschen bei Straßenverkehrsunfällen schwer verletzt [1]. Gemäß der amtlichen Unfallstatistik gelten Unfallopfer als schwer verletzt, wenn sie für mindestens 24 Stunden in einem Krankenhaus behandelt werden. Die körperlichen Unfallfolgen, die sich bei diesen Verletzten finden, sind sehr verschieden. Sie unterscheiden sich insbesondere hinsichtlich der Verletzungsschwere erheblich.

Für die Verkehrssicherheitsarbeit sind die besonders schwer Verletzten (=schwerstverletzte) Unfallopfer von herausragender Bedeutung, da diese in der Regel hohe volkswirtschaftliche Kosten verursachen und die humanitären Kosten – Leid und Trauer – bei diesen Menschen ebenfalls besonders groß sind.

Zudem gibt es Hinweise, dass die positiven Reduktionsraten, die sich vor allem bei der Zahl der Getöteten im Straßenverkehr im Verlauf der letzten Jahrzehnte zeigen, nicht für die Schwerstverletzten gelten. Vielmehr ist eine Stagnation der Schwerstverletztenzahlen wahrscheinlich [2].

Bislang sind die Kenntnisse zu besonders schwer Verletzten Unfallopfern begrenzt, da deutschlandweit keine Daten vorliegen, die ergänzend zu dem durch die Polizei erfassten 24-Stunden-Kriterium Informationen zur Verletzungsschwere liefern.

Die Europäische Kommission gibt den Weg vor

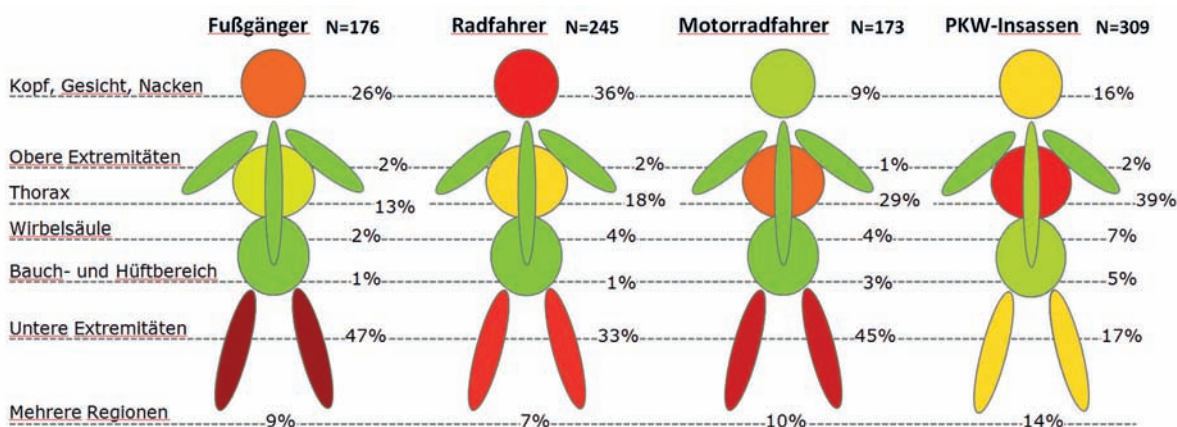
Die Europäische Kommission strebt eine Harmonisierung der Erfassung schwerstverletzter Straßenver-

kehrsunfallopfer in den Mitgliedstaaten an und hat hierzu eine Definition anhand der Verletzungsschwere festgelegt. Als Maß für die Verletzungsschwere haben sich die Mitgliedstaaten auf die Maximum Abbreviated Injury Scale (MAIS) geeinigt, eine Bewertungsskala für die Überlebenschance.

Die Skala unterscheidet zwischen sechs Stufen der Verletzungsschwere (1=gering, 2=ernsthaft, 3=schwer, 4=sehr schwer, 5=kritisch, 6=maximal). Für die Erfassung von schwersten Verletzungen, „serious injuries“, wurde ein Schwellenwert von MAIS3+ festgesetzt.

Eine von der Europäischen Kommission geförderte Studie [3] zielt darauf ab, die Umstände zu beleuchten, unter denen schwerste Verletzungen auftreten. Auf der Basis verschiedener europäischer Unfalldatenbanken wurden Daten zu rund 78.300 Schwerstverletzten (10.300 Fußgänger, 37.200 Radfahrer, 9.200 Motorradfahrer und 21.600 Pkw-Insassen) aus neun europäischen Ländern zusammengetragen und analysiert. Die Grafik zeigt die Ergebnisse für Deutschland, die auf Daten der German In-Depth Accident Study (GIDAS) der Jahre 2005 bis 2015 basieren. In der bildlichen Darstellung wurde bei Unfallopfern mit Mehrfachverletzungen jeweils die Körperregion herangezogen, die am schwersten verletzt war. Waren zwei oder mehr Körperregionen gleich stark betroffen, wurden „mehrere Regionen“ kodiert.

In der weiteren Analyse typischer Unfallszenarien zeigte sich beispielsweise, dass Thorax-Verletzungen bei Motorradfahrern vorrangig bei Einzelunfällen und



Verteilung der am stärksten verletzten Körperregionen (MAIS3+) für Fußgänger, Radfahrer, Motorradfahrer und Pkw-Insassen (GIDAS, Unfalljahre 2005 bis 2015)

einer Kollision mit einem festen Objekt auftreten. Verletzungen der unteren Extremitäten traten hingegen häufig bei einer Kollision mit einem Pkw auf. Das Wissen um die konkreten Umstände des Unfalls ist zielführend, wenn es zukünftig darum geht, spezifische präventive Maßnahmen zu entwickeln.

Mit Fokus auf Gesamteuropa sind derart umfassende und detaillierte Analysen zum Unfallgeschehen derzeit nicht möglich. Die Unterschiede zwischen den Ländern hinsichtlich der Unfalldatenerfassung sind zu groß. Die Einführung einer europaweit einheitlichen Definition für „serious injuries“ mag als ein erster wichtiger Schritt auf dem Weg zu einer Homogenisierung der in Europa erfassten Unfalldaten angesehen werden.

Seitens der Europäischen Kommission waren alle Mitgliedstaaten dazu aufgefordert, in 2015 erstmals Angaben zur Anzahl von „serious injuries“ für das Jahr 2014 zu liefern. Aktuell laufen die Erhebungen für das Berichtsjahr 2015.

In einer vom Forum of European Road Safety Research Institutes (FERSI) durchgeführten europaweiten Befragung [4] wurde eruiert, ob und gegebenenfalls mit welchen Methoden die Mitgliedstaaten die geforderten Daten erheben oder ermitteln. Im Ergebnis zeigt sich ein sehr heterogenes Bild. Derzeit ist nur eine begrenzte Anzahl der Mitgliedstaaten dazu in der Lage, Angaben zur Anzahl von „serious injuries“ im Sinne von MAIS3+ zu machen. Dabei werden unterschiedliche Methoden angewandt, die einen Vergleich zwischen den Ländern erschweren. Zudem sehen sich die einzelnen Länder mit unterschiedlichen Herausforderungen konfrontiert, die in den kommenden Jahren bewältigt werden müssen.

Für die Ermittlung der Zahl der schwerstverletzten Unfallopfer in Deutschland wurde in der BAST eine Arbeitsgruppe gegründet, die sich aus Vertretern des TraumaRegisters® der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (TraumaRegister DGU®), der German In-depth Accident Study (GIDAS), der Unfallforschung der Versicherer (UDV) sowie Experten zur amtlichen Unfallstatistik zusammensetzt. Ziel der Arbeitsgruppe ist es, Methoden zur deutschlandweiten Hochrechnung der Anzahl Schwerstverletzter im Sinne von MAIS3+ auf der Basis bestehender Datenquellen zu erarbeiten und die neu gewonnenen Informationen im Hinblick auf

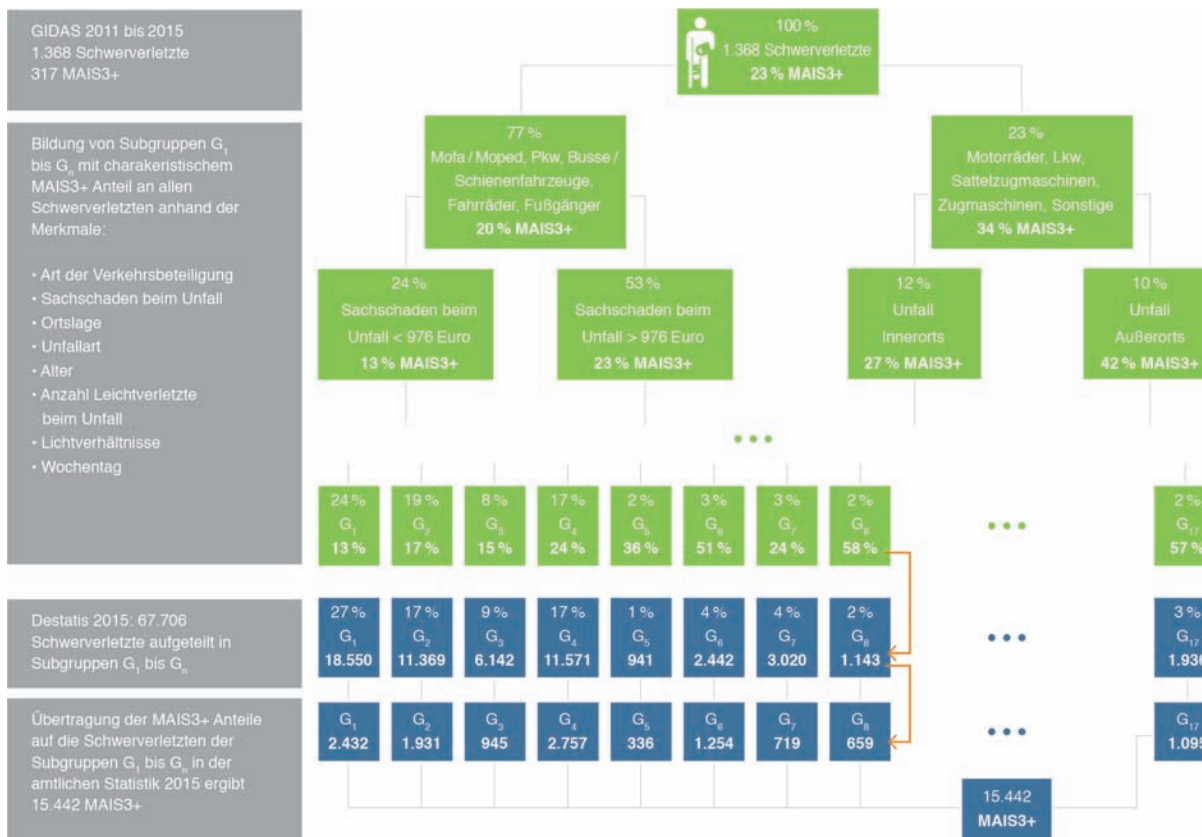
Ansatzpunkte für zukünftige Verkehrssicherheitsmaßnahmen auszuwerten. Hinsichtlich der Datenquellen erfolgte eine Konzentration auf GIDAS und das TraumaRegister DGU®.

Hochrechnung der Anzahl Schwerstverletzter in Deutschland

Im Rahmen des GIDAS-Projekts erfolgt eine vertiefte Dokumentation von Verkehrsunfällen mit Personenschäden in zwei Erhebungsgebieten in Deutschland (Region Hannover und Region Dresden). Es werden sowohl technische als auch medizinische Unfalldaten gesammelt. Da die GIDAS-Datenerfassung eine – inhaltlich sehr detaillierte – repräsentative Stichprobe der polizeilich erhobenen Unfalldaten ist und die Erfassungsgebiete als weitestgehend beispielhaft für Deutschland gelten, eignen sich die Daten für eine Hochrechnung der Anzahl Schwerstverletzter auf das Bundesgebiet. Es lässt sich hier nach sowohl die Absolutzahl Schwerstverletzter als auch der Anteil Schwerstverletzter (MAIS3+) an allen Schwerverletzten (24-Stunden-Kriterium) bestimmen. Zudem können die Daten weiterführende Informationen liefern, die für die Identifizierung von Risikogruppen und damit die zielgruppenspezifische Entwicklung von Verkehrssicherheitsmaßnahmen relevant sind, zum Beispiel Art der Verkehrsteilnahme, Unfallort.

Für die Hochrechnung der Anzahl Schwerstverletzter wurde ein Entscheidungsbaumverfahren gewählt. Ziel dieses Verfahrens ist es, anhand von Risikofaktoren – beispielsweise Verkehrsbeitragsart, Ortslage, Tageszeit – Subgruppen zu differenzieren, die sich in ihrer Verletzungsschwere unterscheiden. Die Risikofaktoren beschränken sich dabei ausschließlich auf Merkmale, die sowohl in der nationalen Statistik als auch in GIDAS Verwendung finden. Die Ausgangsstichprobe bilden alle in GIDAS erfassten Schwerverletzten (stationäre Behandlung mehr als 24 Stunden im Krankenhaus) mit bekanntem MAIS und dokumentierten Risikofaktoren der Jahre 2011 bis 2015. Für jede Subgruppe wird jeweils der Anteil Schwerstverletzter (MAIS3+) an allen Schwerverletzten bestimmt. Insgesamt wurden 17 Subgruppen (G1 bis G17) mit charakteristischen MAIS3+-Anteilen differenziert.

Für die eigentliche Hochrechnung wurden die MAIS3+-Anteile auf die Schwerverletzten der Subgruppen G1 bis G17 gemäß der amtlichen Unfall-



Entscheidungsbauverfahren und Hochrechnung

statistik des Jahres 2015 übertragen. So lässt sich die Anzahl der schwerstverletzten Unfallopfer sowohl für die einzelnen Subgruppen und summativ für die Gesamtheit ermitteln. Hiernach errechnet sich für Deutschland eine Gesamtzahl von 15.442 Schwerverletzten im Jahr 2015. Dies entspricht einem Anteil von 22,8 Prozent aller 67.706 stationär behandelten Unfallopfer. Im Jahr 2014 waren es mit 15.392 (22,7 Prozent aller Schwerverletzten) geringfügig weniger schwerstverletzte Unfallopfer.

Auf der Basis der Daten des TraumaRegister DGU® wurde ein zweiter Hochrechnungsalgorithmus entwickelt. Im TraumaRegister DGU® werden in den beteiligten Kliniken alle über den Schockraum aufgenommenen Patienten mit anschließender Intensiv-Überwachung erfasst sowie alle Patienten, die die Klinik mit Lebenszeichen erreichen und vor Aufnahme auf die Intensivstation versterben. Das Register ist in Deutschland flächendeckend etabliert und erlaubt eine relativ vollständige Erfassung aller Unfallopfer. Die Herausforderung bei einer Hochrechnung schwerstverletzter Straßenverkehrsunfallopfer besteht insbesondere in der Bestimmung des Anteils an Patienten, die zwar eine Verletzungsschwere von MAIS3+ aufweisen,

jedoch nicht die definierten Einschlusskriterien des TraumaRegisters DGU® erfüllen, also beispielsweise keine intensivstationäre Behandlung benötigen. Weiterhin gilt es, die Straßenverkehrsunfallopfer aus allen anderen Unfallopfern – zum Beispiel Sportunfälle – herauszufiltern und Datenverluste zu korrigieren, beispielsweise Anzahl der Patienten, die in Kliniken behandelt werden, sich aber nicht am TraumaRegister DGU® beteiligen. Unter Berücksichtigung dieser Korrekturfaktoren errechnet sich für das aktuelle Berichtsjahr 2015 eine Anzahl von 15.838 Schwerverletzten. Für 2014 liegt die Zahl bei 16.694 schwerstverletzten Unfallopfern.

Es wird davon ausgegangen, dass die „wahre“ Anzahl Schwerverletzter innerhalb der durch GIDAS und das TraumaRegister DGU® gesteckten Grenzen liegt.

Welche Wege sind noch zu gehen?

Auf europäischer Ebene sind die ersten Schritte zu einer Vereinheitlichung der Erfassung von „serious injuries“ getan. Im Hinblick auf die Umsetzung bestehen in den Ländern jedoch noch zahlreiche Herausforderungen, die in den kommenden Jahren bewältigt werden müssen, um verlässliche und

europaweit vergleichbare Ergebnisse berichten zu können.

In Deutschland müssen die Bemühungen zur Optimierung und Validierung der beiden Hochrechnungsalgorithmen fortgesetzt werden. Ein weiteres Ziel ist es, aus der Gesamtzahl Schwerstverletzter Risikogruppen herauszufiltern. Aus den GIDAS-Daten sind hier insbesondere Differenzierungen in Abhängigkeit der Art der Verkehrsbeteiligung, des Unfallortes, des Alters und Geschlechts der Verunglückten zu erwarten. Auf Basis der Daten des TraumaRegisters DGU® können Schwerstverletzte ebenfalls nach der Art der Verkehrsbeteiligung unterschieden werden. Es können aber auch Zusammenhänge mit medizinischen Parametern hergestellt werden, die für ein umfassendes Verständnis der Situation Schwerstverletzter oder bestimmter Risikogruppen von Bedeutung sind, beispielsweise Verletzungsmuster, Behandlungsdauer, Verletzungsfolgen. Die derart neu gewonnenen Kenntnisse können maßgeblich die Entwicklung innovativer und zielgruppenspezifischer Verkehrssicherheitsmaßnahmen unterstützen und damit dazu beitragen, die Anzahl Schwerstverletzter und die Schwere ihrer Verletzungen zu reduzieren.

In der Bilanz wurde durch die Initiative der Europäischen Kommission und durch die für Deutschland spezifische Umsetzung zur Ermittlung der Anzahl an Schwerstverletzten ein wichtiger Schritt getan, um neue Wege für eine erfolgreiche Verkehrssicherheitsarbeit zu erschließen. Die fortgesetzte Kooperation und der Konsens zwischen den Experten auf nationaler und internationaler Ebene werden hierbei auch in Zukunft eine entscheidende Rolle spielen.

Literatur

- [1] Statistisches Bundesamt: Verkehrsunfälle, 2016
- [2] LEFERING, R.: Entwicklung der Anzahl Schwerstverletzter infolge von Straßenverkehrsunfällen in Deutschland. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 200, 2009
- [3] AARTS, L., COMMANDEUR, J., WELSH, R., NIESEN, S., LERNER, M., THOMAS, P., BOS, N. & DAVIDSE, R.: Study on Serious Road Traffic Injuries in the EU, MOVE/C4/SER/2015- 162/ SI2.714669, Manuscript in preparation, 2016
- [4] AUERBACH, K. & SCHMUCKER, U.: Country Survey – State of the art of MAIS3+ assessment in the FERSI Member States and EU/EEA countries, unveröffentlichter Bericht, Bundesanstalt für Straßenwesen, 2016

Dr. Kerstin Auerbach

Psychologin und
Psychotherapeutin
Referat „Verkehrs-
psychologie,
Verkehrspädagogik“



Markus Lerner

Geograph, stellvertreter
Leiter des Referats „Unfall-
analyse und Sicherheits-
konzeption,
Verkehrsökonomie“



Claus Pastor

Physiker
Referat „Passive
Fahrzeugsicherheit
und Biomechanik“



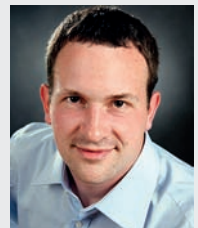
Dr. Sandra Breunig

Physikerin
Referat „Passive Fahr-
zeugsicherheit und
Biomechanik“



Markus Wisch

Mechatronik
Ingenieur
Referat „Passive
Fahrzeugsicherheit
und Biomechanik“



Betriebsdienst: Arbeitsbelastung und Altersstruktur

Während die Arbeiten des Betriebsdienstes an und auf Straßen für die Verkehrsteilnehmenden eine unvermeidbare, aber meist nur kurzfristige zumutbare Einschränkung im Verkehrsablauf bedeuten, sind sie für die Straßenwärterinnen und Straßenwärter deutlich belastender und langfristiger. Der Beruf des Straßenwärters gilt in Deutschland als der mit dem höchsten Unfallrisiko, was in der Öffentlichkeit kaum wahrgenommen wird. Die Arbeit ist körperlich schwer und gefährlich. Dies kann zu negativen Folgen für Gesundheit, Sicherheit und Wohlbefinden führen.

Aus diesem Grunde hat die BAST in den letzten Jahren eine Serie von Studien vergeben, in denen die physische Arbeitssituation im Betriebsdienst untersucht wurde. Ergänzend wurden nun drei Studien durchgeführt, die sich schwerpunktmäßig mit den psychischen Belastungen im Straßenbetriebsdienst befassen.

Arbeitsbelastung

Nachdem eine Untersuchung die psychischen Belastungsschwerpunkte ermittelte und beschrieb [1], wurden in einer Pilotstudie die vorgeschlagenen Maßnahmen zur Verringerung der psychischen Belastung durchgeführt [2]. An der Studie nahmen

143 Straßenwärter und acht Meistereileiter und -stellvertreter aus vier Autobahnmeistereien sowie Vertreter der Straßenbauverwaltung teil.

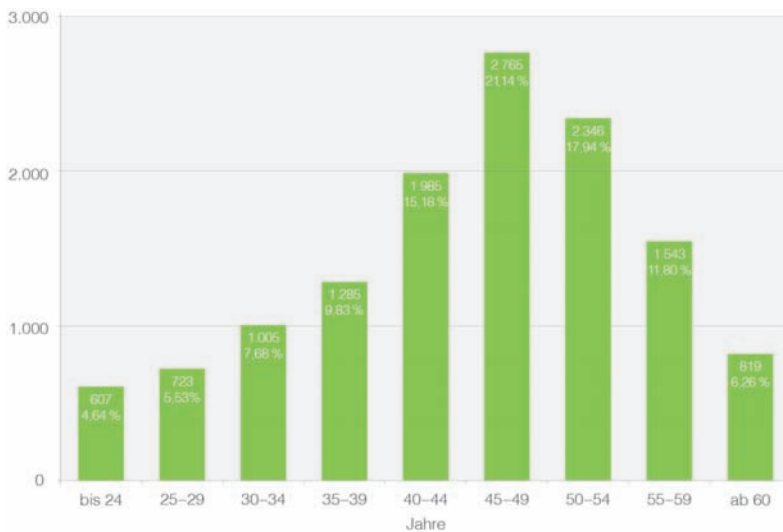
Vor und nach den Schulungsblöcken wurden mittels eines standardisierten Verfahrens Belastungen und Beanspruchungen der Straßenwärter erhoben. Es zeigte sich, dass die mit den Mitarbeitern durchgeführten Schulungsblöcke vor allem die Beanspruchung verringern. Außerdem wurde deutlich, dass es die sogenannten „weichen“ Faktoren sind, wie unzureichender Informationsfluss, mangelnder Rückhalt durch den Vorgesetzten oder geringe Anerkennung der Tätigkeit in der Öffentlichkeit, die die Straßenwärter als besonders belastend empfinden. Als Ergebnis der Pilotstudie konnten Handlungsfelder für einen breiten Einsatz abgeleitet werden. Dabei muss jedwede Maßnahme in ein umfassendes Gesundheitsmanagement eingebettet und ein klarer Wille der Gesamtorganisation zur Integration des Themengebietes gegeben sein und durch Ressourcenentscheidungen untermauert werden.

Altersstruktur

In einem weiteren Projekt [3] wurde untersucht, welche Auswirkungen der demografische Wandel auf den Betriebsdienst hat. Die Studie zeigt in einer



Projekttablauf (Bild: eigene Darstellung in Anlehnung an [3])



Altersstruktur der Straßenwärter in der Bundesrepublik, Stand 2013

(Bild: eigene Darstellung in Anlehnung an [3])

Altersstrukturanalyse die bundesweite Ist-Situation in den Ländern auf und prognostiziert die künftige Personalentwicklung. Demnach wird der Betriebsdienst in zehn Jahren überwiegend von Beschäftigten mit einem Alter von über 50 Jahren bewältigt werden müssen. Es wurde deutlich, dass als Folge der meist jahrelangen belastenden Arbeitsbedingungen mit erheblichen physischen und psychischen Einschränkungen der Beschäftigten zu rechnen ist. Die schwierigen Tätigkeiten im Straßenbetriebsdienst können so kaum noch bewältigt werden. Im Rahmen einer Mitarbeiterbefragung, die in allen Bundesländern durchgeführt wurde, zeigte sich, dass die Straßenwärter im Großen und Ganzen zwar mit ihrer Tätigkeit zufrieden sind, das Ende ihrer Erwerbslaufbahn aber aufgrund großer psychischer und körperlicher Belastung durchaus kritisch sehen.

Um die Leistungsfähigkeit des Betriebsdienstes angesichts der Auswirkungen des demografischen Wandels zu erhalten, wurden Handlungsfelder abgeleitet. Hier steht die Erhaltung und Förderung der Gesundheit der Beschäftigten im Rahmen eines Gesundheitsmanagements im Mittelpunkt, flankiert von

einer alterskritischen Arbeitsorganisation und -gestaltung und Maßnahmen zum Personalmarketing.

Ausblick

Inwieweit eine Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen – basierend auf den Ergebnissen und Erkenntnissen dieser drei hier vorgestellten Studien – erfolgt ist, ist unbekannt. Für die nähere Zukunft wäre daher eine erneute Evaluierung der Arbeitsbelastung sinnvoll.

Literatur

- [1] FASTENMEIER, W., EGGERDINGER, Ch. & GOLDSTEIN, Ch.: Den Arbeitsprozess begleitende Maßnahmen zur Bewältigung der besonderen psychischen Belastungen des Straßenbetriebsdienstpersonals, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 175, 2008
- [2] PÖPPING, U., POLLACK, N., Dr. MÜLLER, K.: Maßnahmen zur Bewältigung der besonderen psychischen Belastung des Straßenbetriebsdienstpersonals, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 220, 2013
- [3] POLLACK; N.; SCHULZ-RUCKRIEGEL; P.: Analyse der möglichen Auswirkungen des demografischen Wandels im Straßenbetriebsdienst und Entwicklung von Lösungsstrategien, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 280, 2016

Hermann Wirtz
Agraringenieur
Referat „Verkehrsbeeinflussung
und Straßenbetrieb“



Verhalten im Tunnel: Automatische Brandbekämpfungsanlagen

Die Ausstattung von Straßentunneln mit stationären Brandbekämpfungsanlagen (BBA) als zusätzliches Sicherheitselement wird in Europa zunehmend in Erwägung gezogen. Hierfür sprechen die Ergebnisse mehrerer Untersuchungen, die die Wirksamkeit dieser Anlagen zeigen, einen Brand im Tunnel eindämmen und bis zum Eintreffen der Einsatzkräfte auf niedrigem Niveau halten zu können. Dabei ist eine möglichst frühe Aktivierung der Anlagen anzustreben. Bisher lagen jedoch keine Untersuchungen vor, inwieweit die Auslösung dieser Anlagen Einfluss auf das Selbstrettungsverhalten des Tunnelnutzers hat. Daher wurden durch die BASt eine Reihe von Studien durchgeführt, um den Einfluss einer aktivierten Anlage auf das menschliche Verhalten zu ermitteln. Wesentliche Untersuchungsparameter waren dabei die Reaktions- und Fluchtgeschwindigkeit.

Da Realversuche aufgrund der hohen Verfügbarkeitsanforderungen an Tunnel nur selten möglich sind, und nur wenige Tunnel bisher mit BBA ausgestattet sind, wurde zunächst der Einfluss einer aktivierten BBA auf die Tunnelnutzer in „Virtueller Realität“ (VR) untersucht. Die Probanden erleben das Szenario einer virtuellen Tunnelfahrt als Fahrer eines Pkw, mit Stillstand im Tunnelinneren hinter einem brennenden Lkw mit starker Rauchentwicklung und einer Durchsage, die zum Verlassen des Tunnels auffordert. Zur Ermittlung von Unterschieden im Verhalten erlebt jeweils ein Proband das Szenario mit, der folgende Proband ohne Aktivierung der BBA. Obwohl die Aktivierung für den jeweiligen Probanden eine deutliche Sichteinschränkung sowohl innerhalb als auch außerhalb des Pkw bedeutete, hatte die Aktivierung der BBA in der VR nur geringe Auswirkungen auf die Dauer bis zum Verlassen des Fahrzeugs und das weitere Fluchtverhalten.

Die in „Virtueller Realität“ durchgeführte Untersuchung lieferte erste wichtige Erkenntnisse über das Verhalten und Erleben von Tunnelnutzern bei Aktivierung einer BBA und zeigte eine wirklichkeitsnahe Darstellung der hierbei auftretenden visuellen und auditiven Effekte. Zur Einbeziehung auch haptischer Effekte wie Nässe oder Kälte wurden ergänzende Realversuche durchgeführt. Diese erfolgten bei sonst vergleichbarer Versuchskonzeption jeweils in einem Straßentunnel mit installierter BBA vom Typ Druckluftschäum (DLS) und Wasserdampf (WN). Die Realver-

suche bestätigten in Bezug auf die Sichtverhältnisse die Ergebnisse aus den VR-Untersuchungen. Die Aufforderung zum Verlassen des Tunnels war bei aktivierter BBA nur eingeschränkt verständlich. Beim Fluchtverhalten war die Tendenz zu längeren Reaktionszeiten bis zum Verlassen des Fahrzeugs bei aktivierter Anlage zu erkennen, demgegenüber war die Fluchtgeschwindigkeit der Probanden etwas höher. Die Versuche zeigten auch, dass nicht alle Probanden der Aufforderung zur Flucht nachkamen und einige noch versuchten, einen Notruf abzusetzen, obwohl aus der Durchsage zum Verlassen des Tunnels auf bereits informierte Einsatzkräfte geschlossen werden konnte.

Insgesamt sprechen die Ergebnisse dafür, dass die Aktivierung einer BBA in einem Straßentunnel zwar zu einer deutlich eingeschränkten Sicht führt, aber keine maßgeblichen negativen Auswirkungen auf das Fluchtverhalten der Tunnelnutzer hat, solange Teile der Infrastruktur des Tunnels auf die Aktivierung einer BBA abgestimmt sind. Dabei ist vor allem auf eine gut verständliche Durchsage gegebenenfalls mit dem Hinweis auf die Aktivierung der Brandbekämpfungsanlage Wert zu legen, damit auch Personen im direkten Einflussbereich der BBA diese verstehen und ihr Fahrzeug verlassen. Die Ergebnisse der Studien sind in Heft B 135 der Berichte der BASt zusammengefasst.



Brandbekämpfungsanlage vom Typ Wasserdampf zum Zeitpunkt der Aktivierung

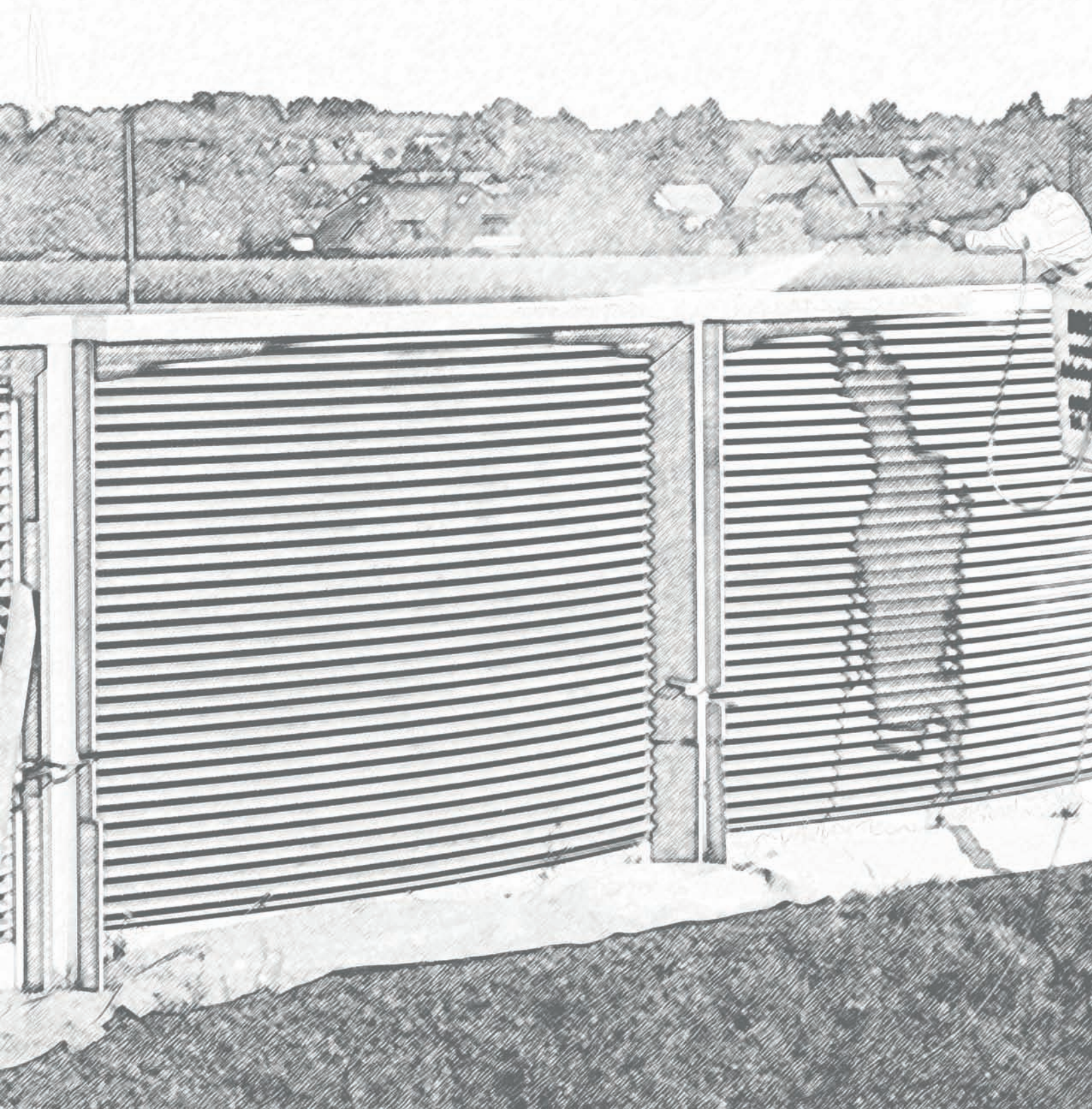


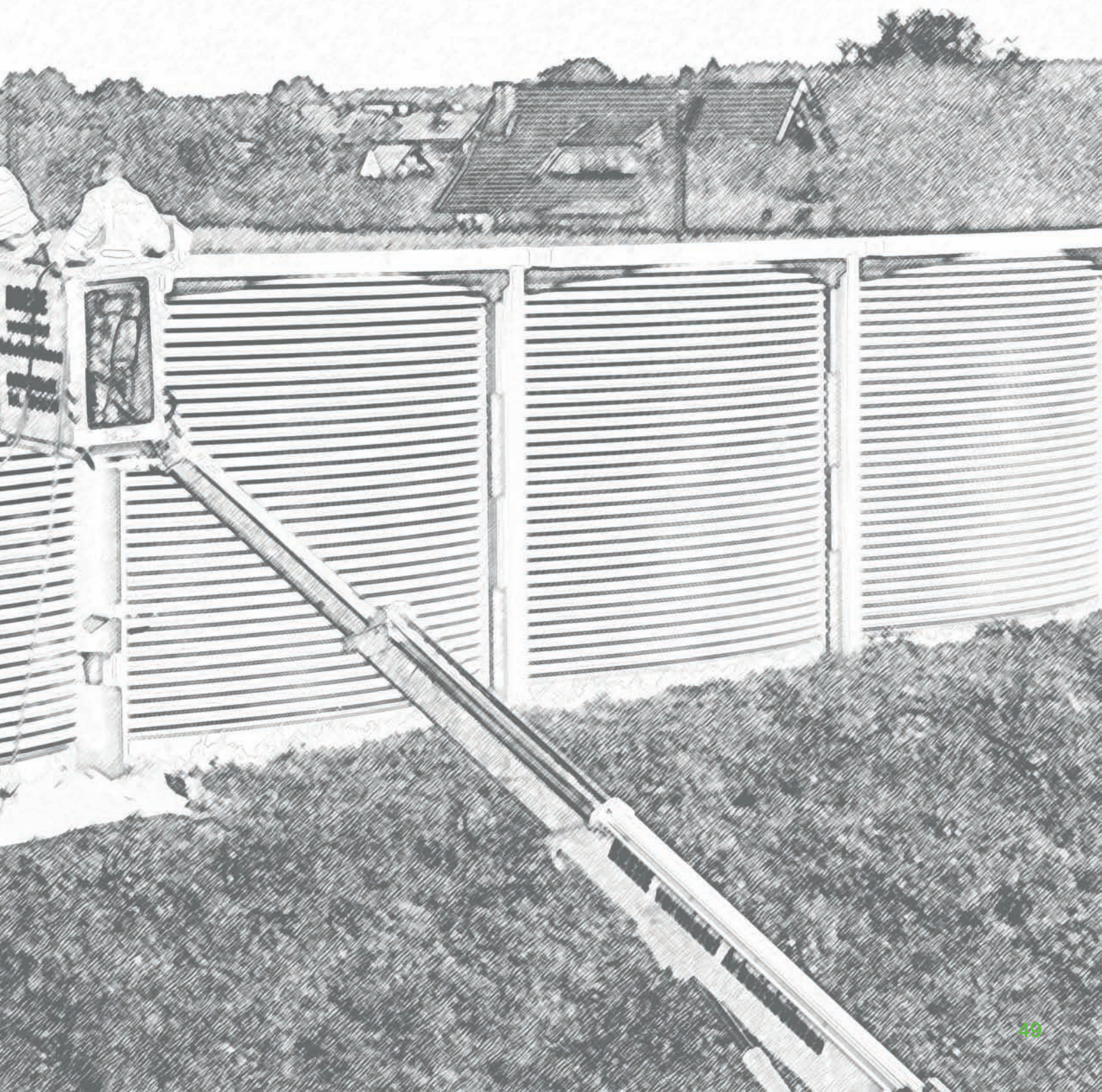
Anne Lehan
Wirtschaftsingenieurin
Referat „Tunnel- und Grundbau,
Tunnelbetrieb, Zivile Sicherheit“



Christof Sistenich
Bergbauingenieur
stellvertretender Leiter des Referats
„Tunnel- und Grundbau,
Tunnelbetrieb, Zivile Sicherheit“

Umwelt





Mobilität 2050 in Deutschland

Trendszenarien zur Entwicklung der straßenverkehrsbedingten Emissionen und Fahrzeugbestände

Im Zuge der Weiterentwicklung nationaler und internationaler Vorschriften zur Verringerung von Schadstoff- und Treibhausgasemissionen, insbesondere im urbanen Raum, unterliegt der Mobilitätssektor einem sich stetig fortschreitenden, technologischen Wandel. Neben der Entwicklung neuartiger Antriebslösungen und Konzepte in der Fahrzeugtechnik, sind es nicht zuletzt Fortschritte unter anderem im Bereich der Digitalisierung des Straßenverkehrssektors, die das Mobilitätswesen zunehmend prägen. Die fortschreitende Marktdurchdringung von alternativen Antriebstechnologien und Energieträgern in Verbindung mit innovativen Verkehrsstrategien wird eine deutliche Reduzierung der straßenverkehrsbedingten Emissionen und Energieverbräuche bis zum Jahr 2050 bewirken. Zur Beantwortung emissionsrelevanter Fragestellungen und zur Vorbereitung politischer Maßnahmen nutzt die BAST das Emissionsrechenmodell TREMOD (Transport Emission Model). Es wurde um Datensätze alternativer Antriebstechnologien und Energieträger erweitert, um Trendszenarien zur Entwicklung der straßenverkehrsbedingten Emissionen, Fahrleistungen und Fahrzeugbestände von Personenkraftwagen bis zum Jahr 2050 berechnen zu können.

TREMOD

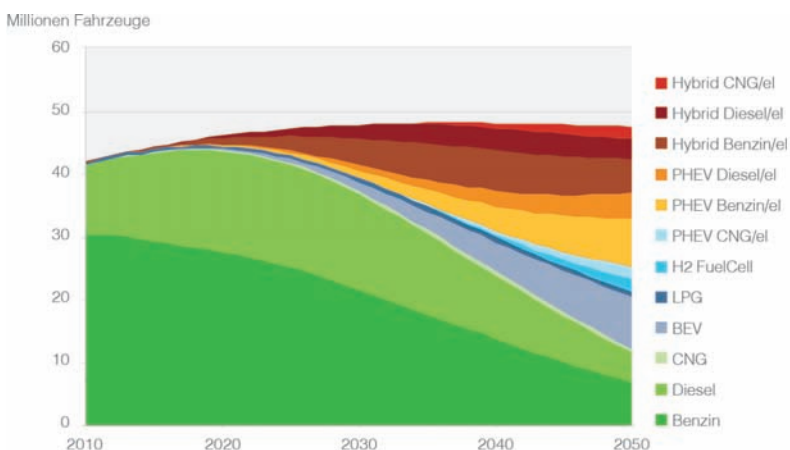
Der motorisierte Verkehr in Deutschland wird für verschiedene Verkehrsträger – Straßen-, Luft-, Bahnverkehr, Binnenschifffahrt – durch das Emis-

sionsrechenmodell TREMOD abgebildet. Es bilanziert sowohl Verkehrs- und Fahrleistungen als auch den Energie- und Kraftstoffverbrauch und die zugehörigen Luftschadstoff- und Klimagasemissionen für den Zeitraum 1960 bis 2050. Die Ergebnisse aus TREMOD basieren auf realen Emissions- und Fahrleistungsdaten von im Verkehr zugelassenen Fahrzeugen, außerdem im Trendszenario auf Annahmen zu künftigen Entwicklungstrends in der Fahrzeugtechnik, einer sich weiterentwickelnden Emissionsgesetzgebung sowie Prognosen zur Umsetzung politischer Zielvorgaben und Fördermaßnahmen. Der motorisierte Straßenverkehr ist aufgrund seiner wesentlichen Bedeutung besonders detailliert abgebildet. Etwa ein Drittel der Schadstoffemissionen sowie rund ein Fünftel der Klimagasemissionen gehen auf diesen Sektor zurück.

Trendszenario 2050

Die Ergebnisse der Szenarienrechnung 2050 zeigen zum Teil erhebliche Veränderungen in Bezug auf CO₂-Emissionen, Fahrleistung und Flottenzusammensetzung gegenüber dem Basisszenario 2010 auf. Die Gesamtzahl der zum Straßenverkehr zugelassenen Personenkraftwagen bleibt gemäß Prognose bis zum Jahr 2050 mit circa 45 bis 48 Millionen Fahrzeugen annähernd konstant. Bei der Flottenzusammensetzung wird ein Trend hin zu alternativen Antriebsformen ab 2020 erkennbar. Der Anteil an Fahrzeugen, die mit konventionellen Antriebstechniken betrieben werden (Diesel und Benzin) nimmt ab dem Jahr 2020 kontinuierlich ab, wohingegen die Marktdurchdringung alternativer Antriebstechniken ab diesem Zeitpunkt zunehmend an Bedeutung gewinnt. Es zeigt sich, dass zunächst unterschiedliche Formen der Hybridisierung Einzug in den Pkw-Markt erhalten, während rein elektrisch betriebene Fahrzeuge voraussichtlich erst ab 2030 relevante Marktanteile verzeichnen. Bis zum Jahr 2050 wird der Anteil konventionell angetriebener Fahrzeuge an der deutschen Pkw-Fahrzeugflotte nach TREMOD auf circa 20 Prozent sinken.

Der Fahrleistungsanteil der mit alternativen Antriebssystemen ausgestatteten Fahrzeuge an der Pkw-Gesamtfahrleistung in Deutschland stellt sich annähernd analog zur Entwicklung der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte dar. Aus dem Trendszenario geht hervor, dass bis zum Jahr 2030 ein



Pkw Flottenzusammensetzung 2010 bis 2050

(CNG: Compressed Natural Gas, PHEV: Plug-In Hybrid Electric Vehicle, LPG: Liquefied Petroleum Gas, BEV: Battery Electric Vehicle)

Anstieg der Pkw-Gesamtfahrleistung um circa zehn Prozent auf 660 Milliarden Kilometer gegenüber dem Basisszenario 2010 zu erwarten ist. Der Fahrleistungsanteil alternativer Antriebskonzepte steigt gemäß TREMOD in diesem Zeitraum auf circa 25 Prozent an. Bis zum Jahr 2050 entfallen schließlich rund 75 Prozent auf solche Antriebssysteme. Analog dazu nimmt zwischen 2030 und 2050 die Pkw-Gesamtfahrleistung unter anderem infolge demografischer Entwicklungen ab und nähert sich dem Wert des Basisszenarios 2010 von circa 600 Milliarden Fahrzeugkilometern pro Jahr wieder an. Fahrzeugkonzepte, die mit Wasserstoffbrennstoffzellen betrieben werden, tragen entsprechend der Prognose erst ab dem Jahr 2050 mit erkennbaren Fahrleistungsanteilen von rund fünf Prozent zum Straßenverkehr in Deutschland bei.

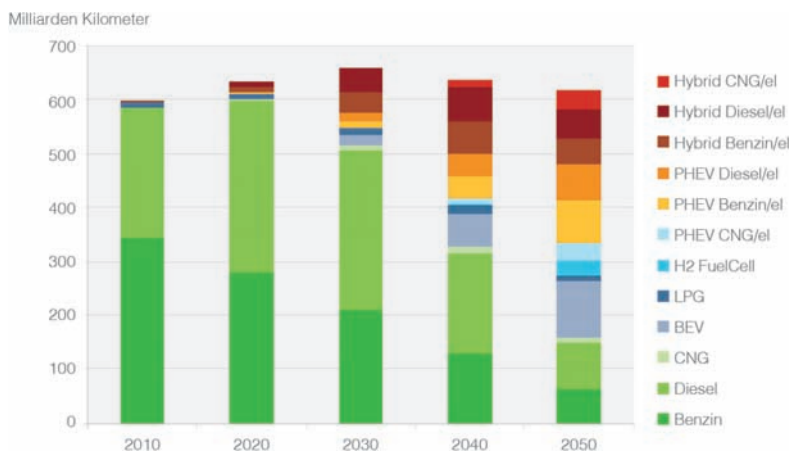
Hinsichtlich der straßenverkehrsbedingten CO₂-Emissionen im Pkw-Bereich ergibt sich infolge einer sich verändernden Zusammensetzung des Fahrzeugbestands und der Entwicklung der Fahrleistung folgender Trend: Es zeigt sich, dass durch eine fortschreitende Marktdurchdringung mit alternativen Antriebskonzepten der CO₂-Ausstoß je Fahrzeug und damit auch der gesamten Fahrzeugflotte abnimmt. Bis zum Jahr 2030 ist von einer Minderung der CO₂-Emissionen von knapp 20 Prozent auf circa 81.000 Kilotonnen pro Jahr, trotz geringfügig steigender Fahrleistung gegenüber dem Basisszenario 2010, auszugehen.

Ab dem Jahr 2030 wird sich dieser Trend aufgrund der einsetzenden Abnahme der jährlichen Fahrleistung verstärken und, in Verbindung mit einer fortschreitenden Marktdurchdringung alternativer Antriebskonzepte, zu einer weiteren Halbierung der Pkw CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2050 gegenüber 2030 auf rund 40.000 Kilotonnen pro Jahr führen.

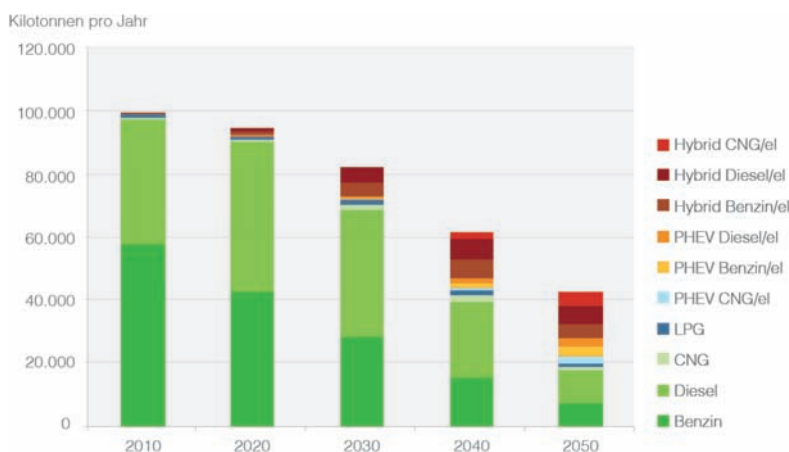
Ausblick

Die Erweiterung der Software TREMOD um Emissions-, Fahrleistungs- und Bestandsdatensätze von Fahrzeugen mit alternativen Antriebstechnologien erlaubt die Berechnung von Verkehrsszenarien bis zum Jahr 2050. Die Grundlage der Berechnung bilden unter anderem aktuelle Fahrzeugbestandsdaten sowie Annahmen zur Verkehrsleistungsentwicklung und Marktdurchdringung neuartiger Antriebskonzepte und nicht zuletzt die Berücksichtigung politischer Entscheidungen. Die Qualität der

Ergebnisse hängt dabei stets von der Aktualität und Differenziertheit der Eingangsdatenbasis ab und erfordert die kontinuierliche Weiterentwicklung und Pflege des Modells.



Pkw-Fahrleistungen nach Antriebsart 2010 bis 2050



Pkw CO₂-Emissionen 2010 bis 2050



Conrad Piasecki
 Maschinenbauingenieur
 Referat „Emissionen im Kraftfahrzeugbereich“

Photokatalytische Lärmschutzwandoberflächen

Lösung des Stickoxidproblems an hoch belasteten Verkehrswegen?

Luftschadstoffmessungen im gesamten Bundesgebiet haben gezeigt, dass der Jahresmittelgrenzwert für Stickstoffdioxid zum Schutz der menschlichen Gesundheit insbesondere an verkehrsnahen Standorten zum Teil stark überschritten wird. Obwohl Stickoxide von Fahrzeugen durch innermotorische Maßnahmen sowie Abgasnachbehandlungen seit einigen Jahren deutlich reduziert wurden, nehmen die Stickstoffdioxidimmissionen nicht oder nicht in dem erwarteten Umfang ab.

Kurz- und mittelfristig werden daher auch Maßnahmen diskutiert, die außerhalb der Fahrzeugtechnik schadstoffmindernd wirken. Zu diesen Maßnahmen zählt der Einsatz von Titandioxid (TiO_2), das als Suspension auf Oberflächen aufgetragen oder direkt als Zusatzstoff während der Betonherstellung in den Zement beigegeben werden kann. Durch Einwirkung von UV(A)-Strahlung kann das TiO_2 aktiviert und Schadstoffe wie Stickoxide reduziert werden. Titandioxid ist ein Photokatalysator, der während der Reaktion nicht verbraucht wird, so dass die Oxidationsprozesse beliebig oft wiederholbar sind. Bei vollständiger Reaktion bilden sich aus Stickoxiden wasserlösliche Nitrate und aus organischen Schadstoffen Kohlendioxid und Wasser. Unter Laborbedingungen konnte diesbezüglich ein hohes

Minderungspotenzial gegenüber Stickoxiden nachgewiesen werden. Versuche in situ sind jedoch die Ausnahme, zudem kommen diese zu ganz unterschiedlichen Aussagen und Wirkungsgraden.

Pilotprogramm

Innerhalb eines mehrere Projekte umfassenden Pilotprogramms wird das Stickoxid-Minderungspotenzial von Titandioxid unter Realbedingungen an verschiedenen Bauwerken hoch frequentierter Verkehrswege untersucht. Dabei wurden und werden Studien an drei Standorten an unterschiedlichen Verkehrsbauwerken durchgeführt: an einer Lärmschutzwand an der A1 bei Osnabrück, an einem Straßenbelag an der B433 in Hamburg und in einem Tunnel an der A113 in Berlin.

Bei den drei Projekten kommen unterschiedliche Konfigurationen der photokatalytisch aktiven Oberflächen zum Einsatz. An der Lärmschutzwand wurde eine TiO_2 -Suspension appliziert. Die Straße wurde mit einem Belag ausgestattet, der aus offenporigem Asphalt besteht, in dessen oberen Zentimetern eine TiO_2 -Zementschlämme eingefügt wurde. Im Tunnel ist die Anbringung von Kassetten geplant, die gegenüber der Tunnelumgebung abgeschlossen sind, und in deren Inneren die angesaugte schadstoffhaltige Tunnelluft an TiO_2 -haltige Oberflächen transportiert wird. In den Kassetten



Beschichtungsarbeiten an der Lärmschutzwand an der A1

enthaltene UV(A)-Leuchtmittel sorgen für den photokatalytischen Prozess. Nach der photokatalytischen Reaktion wird die Luft in die Tunnelumgebung zurückgeführt.

Vor dem Einsatz der photokatalytischen Materialien mussten zunächst mehrere Voruntersuchungen durchgeführt werden. Hierzu zählten beispielsweise Griffigkeitsuntersuchungen für den Einsatz in Straßenoberflächen oder auch Untersuchungen an offenporigen Lärmschutzwandmaterialien. Modellrechnungen wurden für alle drei Projekte durchgeführt.

Während der Laufzeiten fanden darüber hinaus verschiedene projektbegleitende Untersuchungen statt, wie zum Beispiel Bodenanalysen, Bewitterungen von Prüfkörpern oder eine Nitratbilanzierung des Abflusswassers an der Lärmschutzwand. Im Anwendungsfall des Tunnels wurden und werden darüber hinaus intensive Laboruntersuchungen zur Entwicklung geeigneter Materialien durchgeführt.

Die Voruntersuchungen wurden genutzt, um die Materialien so anzupassen, dass keine negativen Effekte an den Straßenbauwerken auftreten. Hierzu zählte beispielsweise die Anpassung der Viskosität der Suspension, um eine Verschlechterung der hoch absorbierenden Eigenschaften der Lärmschutzwand ausschließen zu können.

In den Begleituntersuchungen konnte unter anderem bei der Betrachtung der angefallenen Nitratfrachten im Abflusswasser der Lärmschutzwand gezeigt werden, dass eine Umwandlung der Stickoxide zu Nitrat unter direkter Sonneneinstrahlung stattfindet. Es konnte aber auch festgestellt werden, dass die anfallende Nitratmenge so gering ist, dass eine Grenzwertproblematik gemäß Trinkwasser- oder Oberflächenwasserverordnung ausgeschlossen werden kann.

Ergebnisse

Die Untersuchungen an der Lärmschutzwand fanden an der A1 zwischen den Anschlussstellen Osnabrück-Nord und Osnabrück-Hafen statt. Das betrachtete Untersuchungsgebiet umfasste eine Länge von circa zwei Kilometern. Die sechsstreifige Autobahn ist in diesem Abschnitt auf beiden Seiten mit einer Lärmschutzwand eingefasst, auf die im September 2011 auf einer Länge von einem

Kilometer beidseitig eine TiO_2 -haltige Suspension im Airless-Verfahren aufgetragen wurde. Die beschichtete Fläche beträgt rund 20.000 bis 30.000 Quadratmeter. Ein Teilstück von einem Kilometer Länge diente im Zuge der Untersuchung als Referenzfläche.

Die Bestimmung der Luftschadstoffkonzentrationen erfolgte an vier Standorten auf der verkehrszugewandten Seite der Lärmschutzwand, wobei zwei Messstandorte am beschichteten Abschnitt und zwei am unbeschichteten Abschnitt lagen. Darüber hinaus wurden auf der verkehrszugewandten und der verkehrsabgewandten Seite der Lärmschutzwand in unterschiedlichen Entfernungen zum Straßenbauwerk 22 NO_2 -Passivsammler der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) aufgestellt.

Die Auswertungen der Luftschadstoffdaten haben NO_2 -Minderungen von einstelligen Prozentzahlen ergeben. Dabei waren die höchsten Minderungsraten auf der Ostseite der Autobahn zu beobachten, auf der sich die Schadstoffe durch die vorherrschende Queranströmung vermutlich über längere Zeiträume an der photoaktiven Wand aufhalten konnten als auf der Westseite. Unterstützt wird diese Beobachtung durch die projektbegleitenden Modellrechnungen.

Die Entwicklung der Minderungsraten in Verbindung mit den Bewitterungsuntersuchungen über die Jahre der Messdatenaufnahme hinweg lässt vermu-



Bewitterungsgestelle mit Prüfkörpern an der A1 (Bild: KRONOS)



Messcontainer und Passivsammler an einem der vier Standorte der kontinuierlichen Messungen an der A1



Trichterkonstruktion zur Sammlung ausreichender Mengen an Niederschlagswasser (Bild: UIT GmbH Dresden)

ten, dass photokatalytische Suspensionen zum Teil mehrere Monate benötigen, um sich frei zu brennen und die aktiven TiO_2 -Partikel an die Oberfläche treten zu lassen. Kontraproduktiv wirken hier in Straßennähe sicher auch die verkehrsbedingten Verunreinigungen auf den photoaktiven Oberflächen. Bei einer Verwendung von TiO_2 -Partikeln in Bau-Beton sollte dieses Phänomen jedoch nicht auftreten.

Die Betrachtung der Passivsammlermessungen zeigt darüber hinaus, dass eine Lärmschutzwand alleine schon eine deutliche Verminderung der NO_2 -Konzentration im direkten Hinterland des Bauwerks ergibt. Jedoch handelt es sich hierbei nicht – wie bei der Photokatalyse – um einen Abbau oder eine Umwandlung des NO_2 , sondern nur um eine Verfrachtung der Schadstoffe in höhere Luftschichten.

Am Standort Hamburg (B433) wurden neben den Messungen zur Minderung der NO_2 -Belastung auch vergleichende Höhenprofile, Griffigkeitsuntersuchungen sowie Materialuntersuchungen zur Haltbarkeit der eingebauten Straßenoberfläche durchgeführt. Die ausgewerteten Daten der Luftqualitätsmessung konnten jedoch nicht auf einen stickoxidmindernden Effekt der photokatalytischen Oberfläche hinweisen.

Die Untersuchungen im Tunnel Rudower Höhe in Berlin (A113) sollen nach einem erfolgreichen Abschluss der Laboruntersuchungen und Modellrechnungen mit einer Untersuchung der Haltbarkeit der Kassettensysteme fortgeführt werden.

Dr. Anja Baum
Geophysikerin
stellvertretende
Leiterin des Referats
„Umweltschutz“



Jan Sauer
Biologe
Referat
„Umweltschutz“



Sergej Metzger
Physiklaborant
Referat
„Umweltschutz“



RAINEX: Schutz der Verkehrsinfrastruktur

Die Hochwasserereignisse der jüngsten Vergangenheit und die daraus resultierenden Beeinträchtigungen wichtiger Verkehrsinfrastrukturen wie Brücken, Unterführungen oder Dämme, zeigen die Notwendigkeit, bestehende Sicherheitsaspekte hinsichtlich der Verfügbarkeit und Leistungsfähigkeit von Verkehrsinfrastrukturen anzupassen. Hierbei ist der Einfluss des Klimawandels auf extreme Regenereignisse – Häufigkeit, Intensität, räumliches und zeitliches Auftreten – zu berücksichtigen.

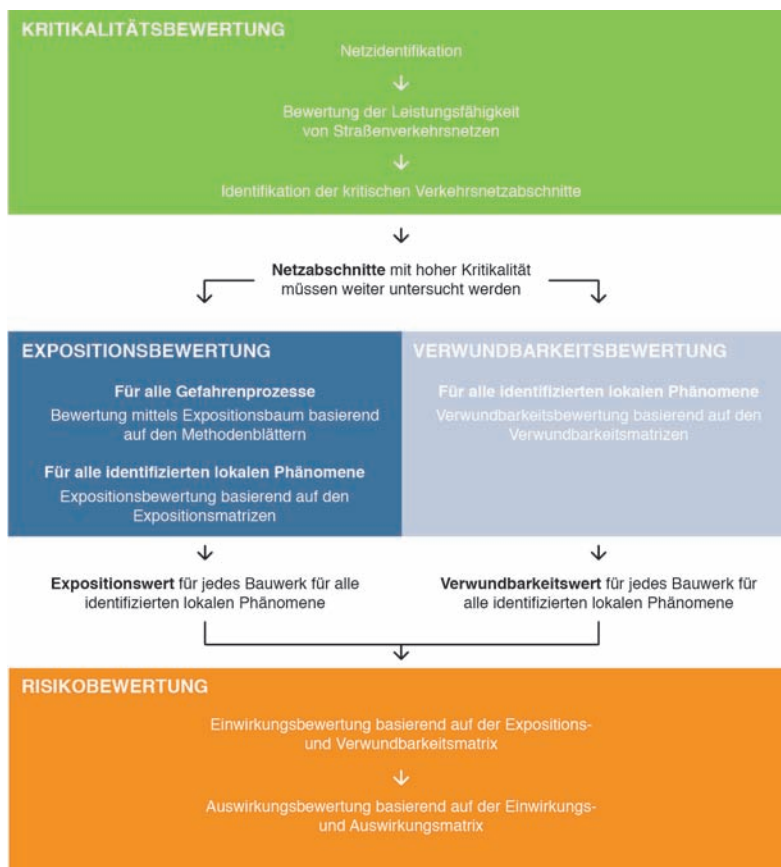
Um die Komplexität von regeninduzierten Gefahrenprozessen verdeutlichen und verstehen zu können, wurden im Rahmen des von der EU geförderten und von der BAST geleiteten Forschungsprojekts „Risikobasierter Ansatz zum Schutz der Landverkehrsinfrastruktur vor den Auswirkungen extremer Regenfälle“ (RAINEX) bestimmte Gefahrenprozesse definiert, sowie deren potenzielle Wirkung auf die Verkehrsinfrastruktur identifiziert. In der Grafik ist dieser Identifikationsprozess vereinfacht dargestellt (www.rainex-project.eu).

Primäres Ziel des RAINEX-Projekts war die Sicherstellung beziehungsweise Erhöhung der Verfügbarkeit der Landverkehrsinfrastruktur. Die hierzu entwickelte risikobasierte semi-quantitative Bewertungsmethodik ermöglicht Eigentümern und Betreibern die Identifizierung und Bewertung ihrer Verkehrsinfrastrukturen hinsichtlich Kritikalität, Exposition und Verwundbarkeit gegenüber Gefahren, die durch extreme Regenereignisse verursacht werden.

Bewertungsmethodik

Bei der RAINEX-Methodik handelt es sich um eine risikobasierte Bewertungsmethodik, die sich in vier Hauptschritte gliedern lässt. Im ersten Schritt wird die Kritikalität des zu untersuchenden Straßennetzes ermittelt und Abschnitte identifiziert, deren Beeinträchtigung sich am stärksten auf die Verfügbarkeit und Leistungsfähigkeit des gesamten Verkehrsnetzes auswirkt (Netzebene). In den darauffolgenden Schritten erfolgt eine Bewertung der Exposition und Verwundbarkeit für jedes, in den zuvor ermittelten kritischen Abschnitten des Verkehrsnetzes, vorhandene Bauwerk (Objektebene).

Im Ergebnis erhält der Nutzer anhand eines Punktesystems eine quantifizierte Einschätzung, nach der



dann die einzelnen Bauwerke kategorisiert werden können. Im letzten Schritt werden die Ergebnisse der Expositions- und Verwundbarkeitsbewertung im Risikobewertungsverfahren zusammengefügt. Auf diese Weise kann der Anwender der Methodik potenziell gefährdete Verkehrsabschnitte und Bauwerke bewerten und anschließend für diese entsprechende Prioritäten festlegen.

Das RAINEX-Projekt wurde Ende August 2016 erfolgreich abgeschlossen. Als wesentliches Ergebnis dieses Forschungsvorhabens wurde ein Handbuch erstellt, das Eigentümer und Betreiber von Landverkehrsinfrastrukturen bei der Identifikation und Bewertung von exponierten, verwundbaren sowie kritischen Verkehrsinfrastrukturen unterstützt, die extremen regenbedingten Gefahren ausgesetzt sind.

Die RAINEX-Bewertungsmethodik



RAINEX

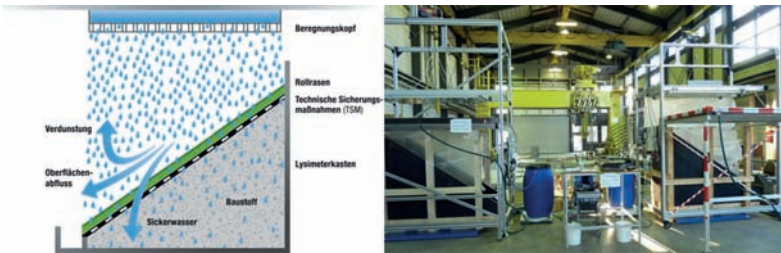


Dr. Kalliopi Anastassiadou
Bergbauingenieurin
Referat „Tunnel- und Grundbau,
Tunnelbetrieb, Zivile Sicherheit“

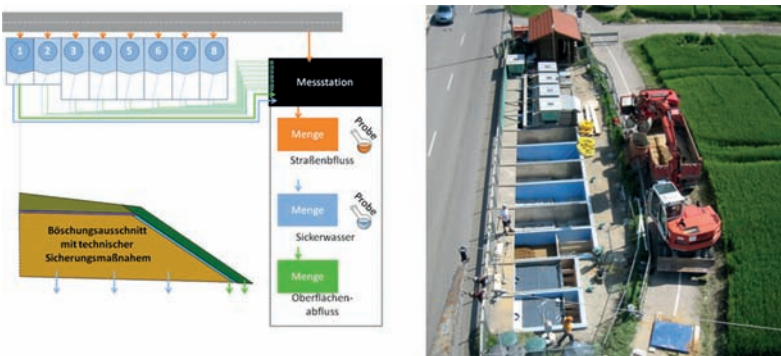
Durchsickerung von Straßenböschungen

Recycling-Baustoffe, industrielle Nebenprodukte und Bodenmaterial mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen unterliegen neben den bautechnischen auch umwelttechnischen Anforderungen. Diese Baustoffe können umweltrelevante Inhaltsstoffe enthalten, die mit dem Sickerwasser in Boden und Grundwasser ausgetragen werden können. Daher kann ein Teil der Baustoffe nur dann zum Einsatz kommen, wenn technische Sicherungsmaßnahmen den Austrag dieser Inhaltsstoffe reduzieren.

entsprechen und eine Versickerung vollständig verhindern sollen. Die BAST untersucht in verschiedenen Projekten technische Sicherungsmaßnahmen als Alternative zu diesen Abdichtungen. Mit diesen Projekten sollen für den Straßenbau Instrumente entwickelt werden, mit denen die Wirksamkeit von Bauweisen mit technischen Sicherungsmaßnahmen im Hinblick auf den Boden- und Grundwasserschutz beim Einsatz der oben genannten Baustoffe nachgewiesen werden kann. Hierzu sind belastbare Daten zur Durchsickerung von Straßenböschungen zu generieren. Diese wurden durch großmaßstäbliche Versuche in Lysimetern unter Laborbedingungen und im Freiland erhalten.



Lysimeter unter Laborbedingungen: Schema und Versuchsanlage



Lysimeter unter Freilandbedingungen: Schema und Versuchsanlage

Über technische Sicherungsmaßnahmen bestehen bundesweit unterschiedliche Regelungen. Die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) fordert als technische Sicherungsmaßnahmen aufwendige Abdichtungssysteme, die denen auf Deponien

In den Freilandlysimetern wurden in Böschungsausschnitten zwei unterschiedliche Bodenmaterialien eingesetzt: ein schwach wasserdurchlässiger, bindiger Boden und ein gut wasserdurchlässiger, kiesiger Boden. Die „Null-Lysimeter“ ohne technische Sicherungsmaßnahme können nun denen mit gut wasserdurchlässigen Schichten, Dränmatten und einer Anspritzung mit Bitumenemulsion gegenübergestellt werden.

Unter Laborbedingungen wurden in den Lysimeterkästen die oben genannten Böden, RC-Baustoffe und ausgewählte industrielle Nebenprodukte zum Teil in Kombination mit verschiedenen technischen Sicherungsmaßnahmen eingebaut und künstlich beregnet. Die Menge des Sickerwassers und des Oberflächenabflusses wurden erfasst, das Sickerwasser auf seine umweltrelevanten Inhaltsstoffe untersucht.

Es hat sich bestätigt, dass die Sickerwassermengen maßgeblich von der Art des Bodens oder des Baustoffes abhängen. Durch das Aufbringen einer gut wasserdurchlässigen Schicht auf der Böschung kann die Sickerwassermenge deutlich verringert werden. Durch den Rückhalt des Sickerwassers wird auch die Menge an ausgetragenen umweltrelevanten Inhaltsstoffen reduziert. Die Bitumenemulsion, die als wasserabweisende Schicht fungieren soll, bewirkte hingegen keine Veränderung der Sickerwassermenge.



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



Tanja Marks
Umweltingenieurin
Referat „Erbau, Mineralstoffe“

Gefahrlose Lösung: Octansäuremethylester

Asphalt ist ein Baustoffgemisch aus Gesteinskörnungen und Bitumen. Dieses Baustoffgemisch ist in seiner Anwendung sehr anpassungsfähig, flexibel und vielseitig auf sämtlichen Verkehrsfächenbefestigungen einsetzbar. Mit Asphalt können Straßen gezielt griffig, leise, wasserdurchlässig oder auch wasserdicht und für schwerste Beanspruchungen optimiert werden. Je nach Zielrichtung der Optimierung unterscheidet sich die Zusammensetzung des Asphaltes im Wesentlichen in den verwendeten Gesteinskörnungen und Bitumen.

Die Herstellung des Asphaltes erfolgt großtechnisch in Asphaltmischanlagen. Für den Straßenbau sind die dafür zu produzierenden Mengen sehr groß. So werden für einen Kilometer einer zweistreifigen Autobahn mit Seitenstreifen circa 9.500 Tonnen Asphalt benötigt. Um diese Menge an die Baustelle anzuliefern, werden 380 Sattelzugladungen benötigt.

Asphalt-Qualitätskontrolle

Der Prozess der Asphaltherstellung und der Asphaltverarbeitung unterliegt einer regelmäßigen Qualitätskontrolle. Ziel der Qualitätskontrolle sind dauerhafte Asphaltsschichten, aus denen Straßen gebaut werden, die wenig Erhaltungsaufwand benötigen und somit über eine lange Zeit einen ungestörten Verkehrsfluss gewährleisten.

Ein Aspekt dieser Qualitätskontrolle ist die Überprüfung des Asphaltmischguts hinsichtlich seiner Zusammensetzung. Wird das geliefert, was bestellt wurde? Entspricht das Asphaltmischgut der zuvor mit nicht unerheblichem Prüfaufwand festgelegten Rezeptur? Sind Veränderungen im Herstellungsprozess erforderlich? Die Beantwortung dieser Fragen ist für alle an einer Straßenbaumaßnahme Beteiligten von großer Bedeutung.

Für die Überprüfung der Zusammensetzung des Asphaltes werden Proben, die an verschiedenen Stellen des Herstellungs- und Verarbeitungsprozesses entnommen werden, wieder in ihre einzelnen Bestandteile zerlegt. Mit dem Verfahren der Extraktion wird das Bitumen aus dem Asphaltgemisch herausgewaschen und von den Gesteinskörnungen getrennt. In einem weiteren

Arbeitsschritt wird das Bitumen aus der Waschlösung separiert und rückgewonnen. Sowohl die Gesteinskörnungen als auch das Bitumen können dann hinsichtlich Menge, Art und Beschaffenheit beurteilt werden. Da das Bitumen im Asphalt sehr beständig gegenüber vielen Stoffen ist, müssen für die Extraktion geeignete Lösemittel eingesetzt werden. In Deutschland wird dazu traditionell das Lösemittel Trichlorethen verwendet.

Die traditionelle Lösung: Trichlorethen

Trichlorethen ist ein Chlorkohlenwasserstoff und hat für die Extraktion von Bitumen aus Asphalt einige Vorzüge. Es hat ein gutes Lösevermögen, es ist nicht brennbar und es hat einen niedrigen Siedepunkt, sodass mit geringem Aufwand das Bitumen aus der Waschlösung separiert werden kann. Die Extraktion von Bitumen aus Asphalt erfolgt in automatisierten Geräten, die mit einer hohen Präzision arbeiten.

Neben den rein technischen Vorzügen des Trichlorethen gibt es aber auch schwerwiegende Nachteile, die beim Umgang mit dem Lösemittel zu beachten sind. Nach Beurteilung der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) ist Trichlorethen ein besonders besorgniserregender Stoff. Trichlorethen ist als krebserzeugender, erbgutverändernder und fortpflanzungsgefährdender Stoff eingestuft. Dies hat zur Folge, dass seit 2016 die Verwendung von Trichlorethen verboten ist, beziehungsweise nur auf Antrag bei der ECHA für einen begrenzten Zeitraum weiterhin möglich ist. Dieser Antrag für die weitere Verwendung von Trichlorethen wurde in Zusammenarbeit vom Deutschen Asphaltverband und DOW Chemical Company, dem weltgrößten Hersteller von Trichlorethen, gestellt. In diesem Antrag muss dargelegt werden, wie eine schrittweise Reduktion des Verbrauchs und letztendlich eine vollständige Substitution des bedenklichen Lösemittels Trichlorethen erfolgen soll. In den vergangenen zehn Jahren wurden Arbeitsschritte und Prozesse im Asphaltlabor so weiterentwickelt, dass eine deutliche Reduktion des Verbrauchs an Trichlorethen erreicht werden konnte. Auch wurde die Suche nach möglichen Alternativen für das Lösemittel Trichlorethen intensiv verfolgt. Die bisher unternommenen Anstrengungen bei der Reduktion des Verbrauchs und bei der Suche nach mög-

lichen Alternativen wurden bei der Antragstellung dokumentiert. Eine Entscheidung der ECHA, über welchen Zeitraum hin das Lösemittel Trichlorethen weiter verwendet werden darf, steht noch aus.

Die alternative Lösung: Octansäuremethylester

Bei der Suche nach möglichen Alternativen werden andere chlorierte Kohlenwasserstoffe wie Dichlormethan oder Tetrachlorethen, die in anderen Ländern zur Extraktion von Asphalt eingesetzt werden, bewusst nicht weiter berücksichtigt, da mittelfristig auch hier ähnliche Bewertungen durch die ECHA mit vergleichbaren Folgen erwartet werden.

Erste erfolgreiche Ansätze bei der Suche nach einem geeigneten alternativen Lösemittel wurden bei einem Forschungsprojekt [1] aufgezeigt. Im Rahmen dieses Projektes wurden 15 verschiedene Pflanzenölester, verschiedene Biodieselsorten und andere alternative Lösemittel sowie Reinigungsmittel auf ihr Lösevermögen auf Bitumen getestet. Die Vorteile der Pflanzenölester bestehen unter anderem darin, dass sie leicht biologisch abbaubar, nicht kennzeichnungspflichtig nach Gefahrstoffverordnung und Chemikaliengesetz und praktisch ungiftig sind. Bei diesem Projekt zeigte sich auch, dass das Verfahren der Bitumenrückgewinnung an das jeweilige Lösemittel anzupassen ist, was sich als weitere Herausforderung bei der Suche nach der „gefahrlosen Lösung“ herausstellt. Nachdem erwiesen war, dass Octansäuremethylester ein gutes Lösevermögen zeigt, wurden hiermit weitere Versuche durchgeführt. Dazu gehörte zum einen die Rückgewinnung des Bitumens nach Extraktion durch Abdestillierung des Lösemittels und zum anderen einfache Prüfungen am rückgewonnenen Bitumen. Das Ergebnis war, dass Octansäuremethylester grundsätzlich eine Alternative zu dem traditionellen Lösemittel Trichlorethen darstellt.

In einem weiteren von der BAST betreuten Forschungsprojekt [2] wurde das Lösemittel Octansäuremethylester weitergehend untersucht. Bei diesem Projekt wurden verschiedene Asphalte verwendet, die sich in der Zusammensetzung unterscheiden.

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts zeigen, dass das Verfahren der automatisierten Extraktion im Asphaltanalysator grundsätzlich mit dem Löse-

mittel Octansäuremethylester durchgeführt werden kann. Allerdings waren die mit dem Lösemittel Octansäuremethylester derzeit betriebenen Asphaltanalysatoren störungsanfällig. Hier bestand noch weiterer Entwicklungsbedarf. Die Probleme bei der Prozesssicherheit der Asphaltanalysatoren gelten mittlerweile als gelöst.

Hinsichtlich der Prozesssicherheit der automatisierten Geräte zur Extraktion des Bitumens aus dem Asphalt hat der Hersteller des Gerätes Modifikationen daran vorgenommen, sodass zukünftig ein dauerhaft prozesssicherer Betrieb der automatisierten Geräte zu erwarten ist.

Die Verwendung des Lösemittels Octansäuremethylester beim Verfahren der Extraktion mit dem automatisierten Asphaltanalysator ist nach jetzigen Erkenntnissen hinsichtlich Arbeits- und Gesundheitsschutz als unkritisch zu bewerten. Der Prozess der Bitumenextraktion mit dem Lösemittel Octansäuremethylester benötigt jedoch etwa die doppelte Zeit gegenüber der Extraktion mit dem Lösemittel Trichlorethen.

Die an den rückgewonnenen Bitumen bestimmten Eigenschaften weisen darauf hin, dass die Separation des Lösemittels aus dem Bitumen-Lösemittelgemisch (Waschlösung) mit Verfahren der Vakuum-Destillation im Rotationsverdampfer nicht vollständig gelingt. Es verbleiben Reste des Lösemittels im Bitumen, so dass eine eindeutige Beurteilung des rückgewonnenen Bitumens nicht möglich ist. Die Ergebnisse der Vergleichsuntersuchungen von fünf automatisierten Geräten zur Extraktion zeigen, dass die Extraktion des Bitumens aus dem Asphaltmischgut und die Bestimmung der Mischgutzusammensetzung mit einer ähnlichen Präzision wie bei dem Verfahren mit dem Lösemittel Trichlorethen erfolgen kann.

Ausblick

Zwei Probleme auf dem Weg zur gefahrlosen Lösung sind noch zu lösen: Zum einen muss die Prozesslaufzeit mit dem alternativen Lösemittel Octansäuremethylester verkürzt, zum anderen das Verfahren der Rückgewinnung des Bitumens optimiert werden. Für eine wirksame Qualitätssicherung müssen die Ergebnisse schnell vorliegen und die Bitumeneigenschaften zweifelsfrei ermittelt werden.



Mit dem von der BAST beauftragten Projekt „Prozessoptimierung der Asphaltextraktion mit Oktansäuremethylester“ sollen diese zwei noch offenen Fragestellungen geklärt werden, sodass im Jahr 2018 eine gefahrlose Lösung bei der Qualitätssicherung von Asphalt zur Verfügung steht. Diese Lösung muss dann im straßenbautechnischen Regelwerk integriert werden, um den Rahmen für einen gesicherten Übergang vom traditionellen Lösemittel Trichlorethen hin zum alternativen Lösemittel Octansäuremethylester zu geben. Es sollen alle Voraussetzungen für gesicherte Investitionsentscheidungen und eine rasche Marktdurchdringung für diese neue gefahrlose Lösung geschaffen werden.

Literatur

- [1] WEINGART W. und KRÜGER, K.: Bindemittelrückgewinnung nach Asphaltextraktion mit alternativen Lösemitteln aus nachwachsenden Rohstoffen, IGF-Vorhaben Nr. 16287 BR, Dessau, Rosslau, 2012
- [2] ALISOV, A. und WISTUBA, M.: Bitumenextraktion aus Asphalt mit dem nachwachsenden Rohstoff Kokosester (Octansäuremethylester), Bericht im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2015

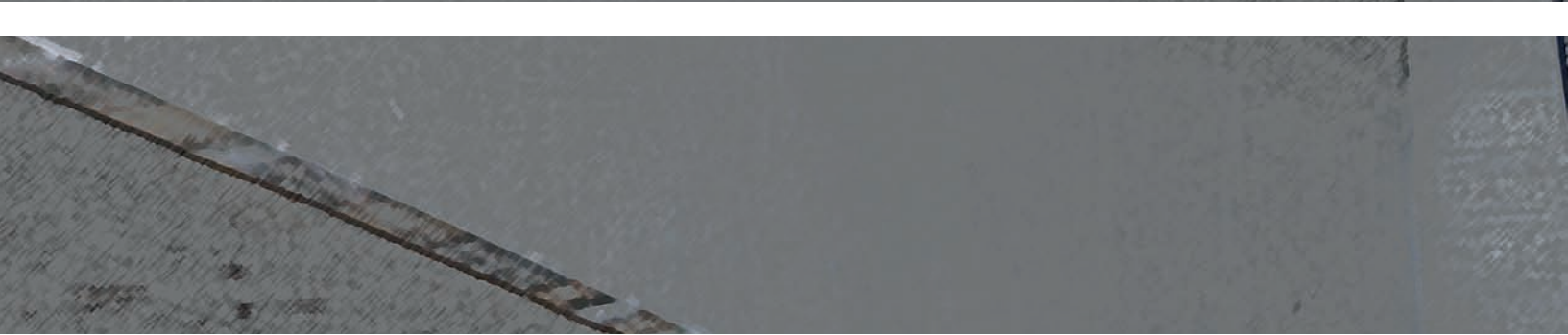


Franz Bommert
Bauingenieur
Referat „Asphaltbauweisen“



Infrastruktur





Zustandserfassung im Flug

Wie können unbemannte Flugsysteme die Bauwerksprüfung unterstützen?

Das Alter und der Zustand der Bauwerke der Bundesfernstraßen erfordern es, dass zukünftig deutlich mehr Aufwand in die Erhaltung dieser Bauwerke investiert werden muss. Aus diesem Grund sind die finanziellen Mittel hierfür deutlich erhöht worden. Das spiegelt sich auch im Entwurf des Bundesverkehrswegeplans wider.

Damit diese Mittel zielgerichtet und mit möglichst geringem Eingriff in die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs eingesetzt werden können, ist es notwendig, frühzeitig und möglichst umfassend den Zustand der Bauwerke zu erfassen.

Dazu gibt es seit Jahren das bewährte Vorgehen der handnahen Bauwerksprüfung gemäß DIN 1076. Hierbei werden alle sechs Jahre alle Bauwerkteile handnah auf Schäden und Mängel hin untersucht und bewertet. Dieses Vorgehen ist sehr zeit- und personalaufwendig und erfordert Arbeiten im oder in der Nähe des Verkehrsraumes. Das bedeutet eine Gefährdung des Prüfpersonals und einen Eingriff in die Verkehrssicherheit der Verkehrsteilnehmer.

Aus diesem Grund erforscht die BAST innovative Untersuchungsverfahren – konkret ihre Leistungsfähigkeit im Hinblick auf eine Unterstützung der Bauwerksprüfung. Dabei werden sowohl die Möglichkeiten und Grenzen der Verfahren selbst als auch die Wirt-

schaftlichkeit in Bezug auf die übliche Vorgehensweise geprüft und bewertet.

Innovative Verfahren

In den letzten Jahren sind unbemannte Flugsysteme – Unmanned Aerial Systems (UAS) – in vielen Bereichen eingesetzt und dabei kontinuierlich weiterentwickelt worden. Es lag nah zu untersuchen, welche Potenziale diese Geräte in Verbindung mit geeigneter Aufnahmetechnik zur Erfassung und Darstellung von Veränderungen an Bauwerken der Verkehrsinfrastruktur haben. Aus diesem Grund hat die BAST im Jahr 2014 ein Forschungsprojekt initiiert,

- um typische Schäden zu recherchieren, die für eine Detektion mit unbemannten Flugsystemen geeignet sind,
- zur Erarbeitung einer Konzeption für die Erfassung, Bewertung und Darstellung typischer Schäden mittels AUS und
- zur Umsetzung der Konzeption und Erprobung an einer realen Brücke.

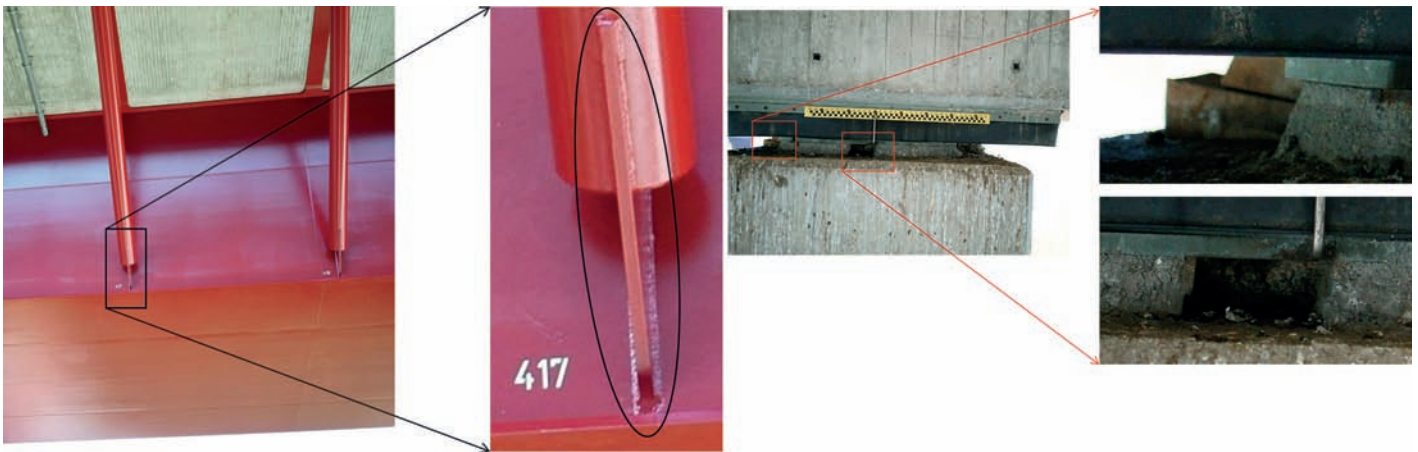
Ergebnisse

Das Projekt hat die grundsätzliche Eignung der Anwendung von UAS zur Unterstützung der Bauwerksprüfung bestätigt. Dabei zeigte sich auch, dass wie erwartet nicht alle relevanten Schäden erkannt werden können. Andere, zu Beginn des Projekts als nicht oder nur schwer zu erkennend eingestufte Schäden, erwiesen sich durchaus als erkennbar. Sowohl die Flug- als auch die Aufnahmetechnik sind sehr weit ausgereift. Allerdings sind bei der Bauwerksprüfung zur Erkennung auch kleinster Schäden – zum Beispiel Risse ab 0,1 Millimeter – sehr geringe Abstände zu Bauteilen notwendig. Hierfür ist eine automatisierte Lage- und Abstandregelung notwendig, die sehr schnell auf Veränderungen der Randbedingungen – beispielsweise durch Windböen – reagieren kann. Insbesondere bezüglich einer automatisierten Abstandskontrolle und -stabilisierung besteht noch Entwicklungspotenzial bei den Herstellern.

Neben den technischen Belangen hat sich gezeigt, dass rechtliche Fragestellungen einen erheblichen Einfluss sowohl auf die Vorbereitungszeit als auch auf die Befliegung selbst und damit auf einen wirtschaftlichen Einsatz haben. Als Ergebnis hieraus hat



Eingesetztes Fluggerät (Bild: TÜV Rheinland)



Anschluss Kragarmstrebe und Lager (Bilder: TÜV Rheinland)

sich die Erarbeitung von Prüf- und Befliegungsplänen als zielführend erwiesen, die schon für die notwendigen Genehmigungsverfahren zur Verfügung stehen und diese deutlich verkürzen.

Die Aufnahmen der verschiedenen Bauteile haben durchgängig eine gute Qualität, und es lassen sich mit entsprechenden Bildüberlappungen auch 3D-Darstellungen erzeugen, die für spätere Anwendungen und Prüfungen mit verwendet werden können. Hier liegt ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens. Durch die Digitalisierung, sowohl der Bauteile als auch der Schäden und Mängel, ergibt sich eine gute Basis für automatisierte Vergleiche von Bildaufnahmen aus unterschiedlichen Prüfzyklen – im Allgemeinen alle sechs Jahre – und damit eine Arbeitserleichterung bei der Beurteilung von Schadensveränderungen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass unbemannte Flugsysteme sich gut eignen, Zustandsaufnahmen von schwer zugänglichen oder großen Bereichen in kurzer Zeit mit guter Bildqualität zu liefern, zum Beispiel von Talbrückenpfeilern. Die Flugzeiten sind mit zwölf bis 15 Minuten jedoch noch eingeschränkt; es ist aber mit einer deutlichen Steigerung der Einsatzzeiten in Zukunft zu rechnen. Eine (teil-)automatisierte Erkennung und Vermaßung von Schäden mit entsprechenden Algorithmen wird in anderen Bereichen schon erfolgreich eingesetzt. In weiteren Projekten wird die Übertragbarkeit für einen Einsatz an Brücken und sonstigen Ingenieurbauwerken der Straßen untersucht werden. Damit steht der Bauwerkprüfung zukünftig eine weitere Technik zur Verfügung, die Zustandserfassung und Bewertung als Basis für eine systematische Erhaltungsplanung zu optimieren.



3D-Darstellung (Pfeiler) (Bild: TÜV Rheinland)



Ralph Holst
Bauingenieur
Referat „Grundsatzfragen der
Bauwerkserhaltung“

Feuerverzinkte Verbundbrücken

Stahl- und Stahlverbundbrücken sind wichtige Bestandteile der Verkehrsinfrastruktur. Die Vorteile des Werkstoffs Stahl kommen im Brückenbau vor allem dann zur Geltung, wenn besondere Herausforderungen zu meistern sind, wie große Spannweiten, geringe Bauhöhen oder kurze Bauzeiten. Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, dass sich mit dem Baustoff Stahl auch bei kleinen und mittleren Spannweiten nachhaltige und – über den Lebenszyklus betrachtet – kostengünstige Verbundbrücken realisieren lassen. Allerdings müssen Stahlbauteile vor Korrosion geschützt werden, um eine ausreichende Nutzungsdauer zu gewährleisten. Hierfür haben sich vor allem organische Beschichtungen und die Feuerverzinkung als geeignete Maßnahmen bewährt.



Verzinkte Verbundbrücke bei der Anschlussstelle Waldkappel-Hoheneiche

wissenschaftlicher Ebene wurden anhand umfangreicher Untersuchungen zum Einfluss der Feuerverzinkung auf die Ermüdungsfestigkeit die Grundlagen für den Nachweis der Ermüdungssicherheit erarbeitet. Auf der technischen Ebene haben zahlreiche Großverzinkereien ihre Anlagenkapazität erweitert und verfügen nun über Tauchbäder und Hebezeuge, die für eine Verzinkung von Stahlbauteilen mit brückenrelevanten Dimensionen geeignet sind.

Die erste Verbundbrücke mit feuerverzinkter Stahlkonstruktion im Bereich der Bundesfernstraßen wurde im Rahmen des Neubaus der A44 von Kassel nach Herleshausen errichtet. Es handelt sich um ein integrales Einfeld-Bauwerk mit einer Stützweite von 40 Metern zur Überführung eines Wirtschaftsweges. Die BAST ist maßgeblich an der Realisierung dieses Pilotprojekts beteiligt:

- Mitgliedschaft im Betreuerkreis zum Forschungsprojekt der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. (FOSTA) „Feuerverzinken im Stahl- und Verbundbrückenbau“ (November 2010 bis Mai 2014).
- Stellungnahme zum Antrag auf Zustimmung im Einzelfall zum Pilotprojekt zur Feuerverzinkung der Stahlkonstruktion einer Stahlverbundbrücke (Juni 2013).
- Initiierung und Betreuung des BAST-Projekts „Nachhaltigkeitsberechnung von feuerverzinkten Stahlbrücken“, Bericht der BAST B 112 (Juli 2013 bis Juni 2014).
- Fachtechnische Begleitung der Umsetzung des Pilotprojekts über die A44 (März 2015 bis März 2017).

Ein etwa 8,5 Meter langes Teil des Hauptträgers wird aus dem Zink-Tauchbad gehoben



Bei Brücken- und Ingenieurbauten im Zuge von Bundesfernstraßen beschränkte sich der Einsatz von feuerverzinkten Bauteilen bislang auf Verkehrszeichenbrücken und Komponenten der Brückenausstattung, beispielsweise Geländer. Basierend auf dem neusten Stand der Wissenschaft und Technik, ist jetzt auch die Anwendung von feuerverzinkten Stahlträgern im Straßenbrückenbau in greifbare Nähe gerückt. Auf

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



Verstärken von Betonbrücken

Um ein zukunftsfähiges Bundesfernstraßennetz aufrechtzuerhalten, gewinnt die Beseitigung von Defiziten bei Betonbrücken hinsichtlich Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit durch eine Verstärkung immer größere Bedeutung. Die Feststellung der Defizite erfolgt seit dem Jahr 2011 auf Basis der Nachrechnungsrichtlinie. Die BAST hat vom Bundesverkehrsministerium den Auftrag erhalten, Entscheidungshilfen und Regelungen zu erarbeiten, um die Auftragsverwaltung bei einer effektiven Planung und Ausführung von Verstärkungsmaßnahmen an Brücken zu unterstützen.

Entscheidungshilfen zum Verstärken von Betonbrücken

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurde zunächst der Kenntnisstand bezüglich der Verstärkungstechniken aufgezeigt. Anschließend wurden die von den Straßenbauverwaltungen und Ingenieurbüros zur Verfügung gestellten repräsentativen Anwendungsfälle anhand der Kriterien Anwendbarkeit, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit beschrieben, systematisch ausgewertet und bewertet. Die folgenden Verstärkungstechniken haben sich als „Regelverstärkungstechniken“ im Betonbrückenbau bewährt:

- zusätzliche externe Vorspannung,
- Verstärkung mit Stabspanngliedern oder geklebten Stahllaschen,
- Aufbeton mit Verdübelung,
- zusätzliche Bewehrung in Nuten,
- aufgeklebte CFK-Lamellen,
- in Schlitze eingeklebte CFK-Lamellen,
- Querschnittsergänzung mit Beton.

Die Zusammenfassung der Ergebnisse erfolgte in der Dokumentation „Verstärkungen älterer Beton- und Spannbetonbrücken, Erfahrungssammlung“. Sie steht auf der BAST-Homepage zum Download bereit (www.bast.de/regelwerke-ingenieurbauten).

Regelungen zum Verstärken von Betonbrücken

In einem zweiten Schritt wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens erforderliche Regelungen identifiziert, die für die sichere Anwendung der Verstärkungstechniken im Betonbrückenbau notwendig sind. Diese ergänzen die allgemein bestehenden Re-

gelungen zu den Verstärkungstechniken, zum Beispiel allgemein bauaufsichtliche Zulassungen, die vielfach die Belange des Betonbrückenbaus nicht vollumfänglich berücksichtigen. Regelungen, welche die Planung von Verstärkungsmaßnahmen betreffen, wurden in die „Richtlinien für den Entwurf und die Ausbildung von Ingenieurbauwerken“ (RE-ING), Teil 2 Brücken, Abschnitt 2 „Konstruktive Grundsätze“, eingearbeitet. Regelungen zur Bauausführung von Verstärkungsmaßnahmen sind in den „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauwerke“ (ZTV-ING), Teil 3 „Massivbau“, Abschnitt 7 „Verstärken von Betonbauteilen“, zusammengeführt worden.

Beide Regelwerke werden, nach Bewältigung der letzten formalen Schritte, vom Bundesverkehrsministerium 2017 mit einem Allgemeinen Rundschreiben bekanntgegeben und stehen dann auf der BAST-Homepage zum Download bereit.

Fazit

Mit der Erfahrungssammlung wurde die Möglichkeit geschaffen, einen grundlegenden Überblick für die zur Verstärkung von Betonbrücken infrage kommenden Techniken zu erlangen. Die Erfahrungssammlung dient als Entscheidungshilfe für die effektive und wirtschaftliche Planung von Verstärkungsmaßnahmen. Darüber hinaus wurden Regelungen für die RE-ING und ZTV-ING erarbeitet, die eine qualitätsgesicherte Planung und Baudurchführung von Verstärkungsmaßnahmen im Betonbrückenbau sicherstellen.



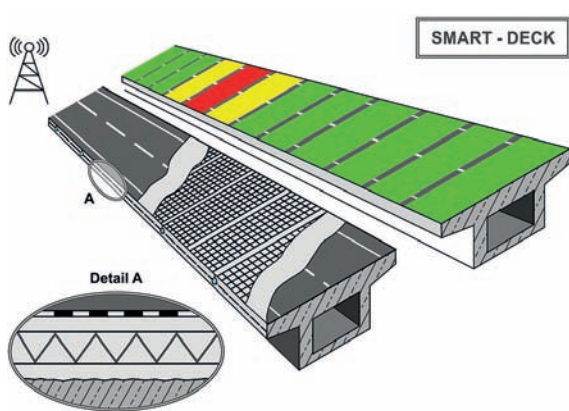
Dieter von Weschpfennig
Bauingenieur
Referat „Betonbau“

SMART-DECK: Intelligentes Verstärkungs- und Schutzsystem

Die Dauerhaftigkeit von Straßenbrücken wird insbesondere durch unterläufige Abdichtungen, beschädigte Fugen und Übergangprofile aufgrund des Eintritts von Chloriden in den Beton gefährdet. Korrosionsschäden von Bewehrungen werden an der Brückenseite meist erst dann sichtbar, wenn bereits ein erhebliches Schadensausmaß vorliegt. Des Weiteren sind wegen des gestiegenen Verkehrsaufkommens bei einigen Bestandsbrücken konstruktive Defizite hinsichtlich ihrer Querkraft- und Biegetragfähigkeit in Querrichtung zu verzeichnen. SMART-DECK – ein multifunktionales, intelligentes

ein üblicher Fahrbahnbelag aufgebracht werden. Um den Schadensbereich bei der Feststellung von Undichtigkeiten einzugrenzen, wird die textile Bewehrung in bis zu zwölf Quadratmeter große Felder eingeteilt. Jedes Feld repräsentiert einen Sensor, der über ein Bussystem in messtechnischer Hinsicht getrennt angesteuert wird. Anhand von geeigneten Kalibrierkurven wird über die Messung des elektrischen Widerstands zwischen den Carbonlagen der Feuchtegehalt des Mörtels ermittelt. Ein Widerstandsabfall deutet auf eine Undichtigkeit in der Abdichtung hin, da geringe Widerstände mit einem hohen Wassersättigungsgehalt des Mörtels einhergehen. Mittels einer Zustandsanzeige ist der Betreiber in der Lage, die Brücke über Mobilfunk oder Internet in Echtzeit zu überwachen. Wenn im Schadensfall eine Instandsetzung der Brücke zeitnah nicht möglich ist, kann mit der Aktivierung des pKKS eine Instandsetzung in günstigere Perioden verschoben werden. Bei der Aktivierung des pKKS wird zwischen der textilen Bewehrung und der Stahlbewehrung ein elektrisches Feld aufgebaut, welches der Diffusion von Chloriden entgegenwirkt und demzufolge eine Depassivierung der Stahlbewehrung verhindert.

Funktionaler Aufbau von SMART-DECK (Bild: ibac)



Verstärkungs- und Schutzsystem – zielt darauf ab, den genannten Mängeln mittels modularer Funktionalitäten vorzubeugen. Durch das System wird die gesamte Fahrbahnplatte bezogen auf ihren Feuchtegehalt

überwacht, mittels präventiven kathodischen Korrosionsschutzes (pKKS) geschützt und in Hinblick auf ihre Biege- und Tragfähigkeit in Querrichtung ohne signifikante Erhöhung des Eigengewichts verstärkt. Der Einsatz von SMART-DECK lässt reduzierte Lebenszykluskosten des Bauwerks und verringerte Verkehrsbeeinträchtigungen erwarten.

Funktionsweise

SMART-DECK besteht aus einer dünnen Schicht feuchtesensitiven Mörtels, der durch zwei, mittels Abstandshalter fixierte, epoxidharzgetränkte Carbonfasermatten bewehrt ist. Die Querschnittsergänzung erfolgt auf der Oberseite der Brückenfahrbahnplatte direkt auf dem Konstruktionsbeton. Anschließend kann das Tragwerk abgedichtet und

Analysen und Ausblick

Unter Konsortialführung der Firma EUROVIA Niederlassung Bauwerksinstandsetzung, haben die Projektpartner – RWTH Aachen (ibac, IMB), die Firmen StoCretec, FTA in Kooperation mit der solidian GmbH, Massenberg, instakorr und die BAST – einen Anforderungskatalog erstellt und ein Mörtelsystem, eine textile Bewehrung sowie ein Messtechniksystem entwickelt. Im April 2016 wurde ein Kleindemonstrator auf dem Gelände der BAST zur Beurteilung und Optimierung des Gesamtsystems außerhalb des bis zu diesem Zeitpunkt untersuchten Labormaßstabs fertiggestellt. Dabei wird die Funktionalität des Monitorings mithilfe von Feuchte-, Temperatur- und Widerstandsmessungen überprüft und die pKKS-Funktionalität getestet. Des Weiteren wurde durch Bauteilversuche an ausgesägten größeren Segmenten das Tragverhalten im Labor untersucht. Nach einer abschließenden Optimierung der Einzelkomponenten soll 2017 das SMART-DECK-System auf einer bestehenden Brücke zur Validierung des Konzeptes unter realen Baustellenbedingungen realisiert werden.

Sarah Dabringhaus
Maschinenbauingenieurin
Referat „Betonbau“



Neue Ingenieurmodelle: Nachrechnung von Hohlkastenbrücken

Ein großer Teil der Betonbrücken im Netz der Bundesfernstraßen hat bereits ein Alter von 40 bis 60 Jahren erreicht. In der Nutzungszeit dieser Bauwerke hat eine überproportionale Zunahme des Güterverkehrs stattgefunden und zu einer Umnutzung der älteren Brücken geführt, die für diese Einwirkungen ursprünglich nicht ausgelegt wurden. Die seit dem Jahr 2011 auf Basis der Nachrechnungsrichtlinie durchgeführten rechnerischen Beurteilungen der Tragfähigkeit der am stärksten betroffenen und damit vorrangig nachzurechnenden Bauwerke führt immer wieder zu dem Ergebnis, dass die schubfeste Verbindung zwischen den Bodenplatten und den seitlichen Stegen von Hohlkastenbrücken nicht mit ausreichender Sicherheit nachgewiesen werden kann. Die Auswertung der rechnerischen Tragfähigkeitsdefizite deutet darauf hin, dass die erhöhten Einwirkungen aus dem aktuellen Verkehr nicht allein verantwortlich für die Ergebnisse sind. Vielmehr führen die im Zuge der Fortschreibung der technischen Regelwerke in Deutschland geänderten Nachweisformate zur Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit, die ohne nennenswerte Modifikationen auch beim Nachweis der schubfesten Verbindung zwischen Bodenplatte und Steg Anwendung finden, für die hier beschriebene Bemessungsaufgabe zu sehr konservativen Ergebnissen. Hierin kann eine weitere wesentliche Ursache für die derzeitige Situation in der Nachrechnungspraxis gesehen werden.

Entwicklungsgrundlage für neue Bemessungsmodelle

In einem von der BAST durchgeführten Forschungsprojekt wurden die Rechenannahmen und Randbedingungen, welche dem derzeit in Deutschland normativ eingeführten Bemessungsmodell zugrundeliegenden, mit dem in Versuchen beobachteten und in analytischen und numerischen Modellrechnungen ermittelten Tragverhalten verglichen. Es konnte gezeigt werden, dass wesentliche, das Tragverhalten der Gurtanschlüsse maßgeblich beeinflussende, Zusammenhänge in der derzeitigen Bemessungspraxis nur unzureichend oder gar nicht berücksichtigt werden.

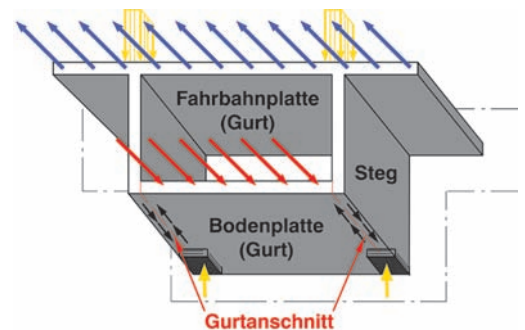
Im Unterschied zum Steg handelt es sich bei den einzelnen Beanspruchungen im Gurtanschnitt um korrespondierende Größen, die sich im Wesentlichen aus Längs- und Schubbeanspruchungen in

der Scheibenebene zusammensetzen. Beim derzeit für die Bemessung des schubfesten Anschlusses eingeführten Nachweisverfahren wird dieser Umstand vernachlässigt. Damit liegen die Bemessungs- beziehungsweise Nachrechnungsergebnisse einerseits auf der sicheren Seite, sind jedoch andererseits unter Umständen sehr konservativ. Diese konservative Herangehensweise bei der Bemessung ist für die Planung von Neubauten durchaus sinnvoll, da sie zu einer robusten Tragwerksauslegung führt und sich die Mehrkosten durch die so ermittelte Bewehrung gleichzeitig in Grenzen halten. Allerdings sind für die Bewertung bestehender Bauwerke genauere Verfahren notwendig, da nachträgliche Verstärkungen in diesem Bereich sehr aufwendig und oft technisch fragwürdig sind.

Auf Basis von durchgeführten Nachrechnungen experimenteller Untersuchungen und weiteren Simulationsrechnungen an Bauteilen mit für den Brückenbau relevanten

Abmessungen wurden daher einfache Handrechenverfahren abgeleitet. Mit diesen ist es möglich, den Tragwiderstand von Gurten im Biegedruckbereich wirklichkeitsnäher zu ermitteln.

Schematische Darstellung eines Hohlkastenquerschnitts



Ausblick

Derzeit erfolgt die Ausarbeitung konkreter Richtlinienentwurfsvorschläge, um diese im Zuge der geplanten Weiterentwicklung der Nachrechnungsrichtlinie einzubringen. Hierdurch wird die zeitnahe Verfügbarkeit der neuen Erkenntnisse aus der Forschung für die Praxis gewährleistet.



Dr. Matthias Müller
Bauingenieur
Referat „Betonbau“

Fahrbahnübergänge aus Polyurea oder Polyurethan

Flexibel, standfest und lärmarm

Aufgrund der temperaturbedingten Bewegungen von Brückenbauwerken, aber auch der Bewegungen aus Kriechen und Schwinden, müssen zwischen Bauwerken und den angrenzenden Streckenbelägen Fugen angeordnet werden. Zur Überbrückung und zum Abdichten dieser Fugen sind unterschiedliche Fahrbahnübergangskonstruktionen möglich. Die Auswahl der Fahrbahnübergangskonstruktion ist abhängig von der Art und Größe der aufzunehmenden Bewegungen, den direkten und indirekten Beanspruchungen aus dem Verkehr sowie den konstruktiven Bedingungen des Bauwerks.

Während bei Brücken mit großen Spannweiten ausschließlich Fahrbahnübergangskonstruktionen aus Stahl zur Anwendung kommen, können für Brücken mit Dehnlängen bis circa 50 Meter seit den 1980er Jahren auch Fahrbahnübergänge aus Asphalt eingesetzt werden, die seit 1998 in den „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauwerke“ (ZTV-ING Teil 8 Abschnitt 2) geregelt sind. Neben den geringeren Kosten liegen die Vorteile dieser Bauweise in der Schnelligkeit

beim Einbau, der Möglichkeit der fahrstreifenweisen Erneuerung sowie in der geringen Geräuschkentwicklung und dem Fahrkomfort bei Überrollungen durch Kraftfahrzeuge. Nachteilig ist die begrenzte Standfestigkeit des Systems, weshalb diese Fahrbahnübergänge nur begrenzt für Lkw-Fahrspuren in hoch belasteten Strecken geeignet sind.

Um diesen Nachteil auszugleichen, wurden in den letzten Jahren Fahrbahnübergänge in der Bauart aus Polyurea oder Polyurethan (Polymerdehnfugen) entwickelt.

Bei Polymerdehnfugen handelt es sich um elastische Belagsdehnfugen, die in ihrer Funktionsweise weitgehend den in den ZTV-ING Teil 8 Abschnitt 2 geregelten Fahrbahnübergängen aus Asphalt entsprechen. Anstatt bitumenhaltiger Massen werden jedoch elastische Polymere auf der Basis von Polyurea oder Polyurethan verwendet. Auf diese Weise wird bei einer hohen Elastizität eine gute Standfestigkeit erreicht, die – im Gegensatz zu Fahrbahnübergängen aus Asphalt – weitgehend unabhängig von der Temperatur ist.



Fahrbahnübergang bei schwierigen geometrischen Verhältnissen

Systembedingt werden parallel zu den Muldenflanken der vorhandenen Asphalt-schichten Lochblech-winkel eingebaut, die beim späteren Einbau der Fugenfüllung in das System eingebettet werden. Hierdurch werden die Flanken der Polymerdehnfuge zum anschließenden Belag weitgehend von Rückstellkräften bei großer Fugenöffnung aufgrund einer niedrigen Bauwerkstemperatur entlastet und somit die Gefahr der Flankenablösung minimiert.

Je nach Aufbau und Einbaubreite sind die zurzeit zur Anwendung kommenden Fahrbahnübergänge aus Polyurea oder Polyurethan für nominelle Dehnwege zwischen 15 und 135 Millimetern geeignet.

Da die Verwendung von Polymerdehnfugen in Deutschland noch nicht geregelt ist, kommt das System zurzeit nur mit Zustimmung im Einzelfall zur Anwendung. Zur Erfahrungssammlung „Fahrbahn-übergänge aus Polyurethan“ wurden durch die BAST unter anderem folgende Bauwerke begangen:

- Brücke A70 bei Kulmbach: Einbau 2013/2014 abschnittsweise und mit Stützrippen. Ausbrüche im Asphalt an einer Fuge, daher Asphaltersatz durch Stützbalken aus Polymerbeton.
- Dilltalbrücke A45 Hessen: Einbau 2012 über drei Fahrstreifen ohne Stützrippen oder Stützbalken. Schäden in Form von Ausbrüchen zwischen Fahrbahnübergang und altem Fahrbahnbelag und in der Grenzfläche des Fahrbahnbelages. Instandsetzung erfolgt.
- Brücke A5 Hessen: Einbau in drei Tagen je Bauabschnitt unter Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses. Keine vierzehntägige Vollsperrung nötig.
- Hattenbacher Dreieck A7/A5: Teilweise spitzwinklige Fugenverläufe und Vielzahl von Abzweigungen. In Schrammborden und Leiteinrichtungen teilweise senkrecht hochgezogen. Stellenweise Poren an der Oberfläche.
- Straßenbahnüberführung Rudolf-Diesel-Straße in Schwerin: Einbau 2014.
- Grüne Brücke Hamburg. Einbau 2013: Polymerdehnfugen teilweise mit Stützrippen im Belag.
- Moorbrücke Waren-Müritz B192: Eine von vier Polymerdehnfugen weist Ausbrüche an der Grenzfläche zwischen Polymerdehnfuge und altem Belag auf. Vermutlich nicht ausreichende Standfestigkeit des vorhandenen Belages.
- Suhltalbrücke B27 Baden-Württemberg: Stahl-Übergangskonstruktion innerhalb von wenigen



*Ausbrüche
an den
Fugenflanken*

Jahren drei Mal gebrochen. Instandsetzung in engem zeitlichen Rahmen erforderlich, daher Polymerdehnfuge.

- Friedrich-Engels-Ring Neubrandenburg 2015: Straßenring um historische Altstadt, daher fünf geräuscharme Polymerdehnfugen eingebaut.

Die Vorteile einer Polymerdehnfuge gegenüber einer herkömmlichen Stahlübergangskonstruktion liegen in den geringeren Kosten sowie einer wesentlich kürzeren Einbauzeit. Je nach Größe und Randbedingung kann die Polymerdehnfuge mit kurzem Vorlauf innerhalb eines Wochenendes eingebaut werden. Ein weiterer Vorteil liegt in der Möglichkeit, die Polymerdehnfuge fahrbahnstreifenweise einzubauen. Somit kann der Verkehr während des Einbaus aufrechterhalten werden. Der Anschluss erfolgt durch Ausarbeitung eines Schwalbenschwanzes an der späteren Anschlussstelle oder durch eine Aktivierung der Anschlussstelle. Die Polymerdehnfuge lässt sich außerdem auch bei außergewöhnlichen Geometrien einbauen.

*Maschinelles
Einbau der
Muldenfüllung*





Herstellen einer gleichmäßigen Höhe der Fugenmulde durch Aufbringen eines Polymerbetons

Die Erfahrungen mit den Baustoffen Polyurea oder Polyurethan, auch im Rahmen anderer Anwendungsbereiche, haben gezeigt, dass diese Baustoffe empfindlich auf die teilweise ungünstigen Einbaubedingungen auf Brückenbaustellen reagieren können. Bei der Durchführung der Baumaßnahmen ist daher besondere Sorgfalt auf die Einhaltung der notwendigen Einbaubedingungen zu verwenden, insbesondere hinsichtlich der Einbautemperatur und der Luftfeuchte. Feuchtigkeit auf der Unterlage, auch durch Taupunktunterschreitungen oder Feuchtigkeitsbelastung während des Einbaus, ist auf jeden Fall zu vermeiden. Außerdem muss auf eine gute Sauberkeit der Muldenflanken sowie der Unterlage geachtet werden.

Als grundsätzlich kritischer Punkt hat sich bei Polymerdehnfugen der Übergang zwischen Fahrbahnübergang und angrenzendem Asphaltbelag herausgestellt. Der Anbau der Polymerdehnfuge sollte daher nur an einem neuen Belag aus Gussasphalt erfolgen.

Ist im Streckenbereich oder auf der Brücke keine Belagserneuerung geplant, sollte im Bereich des Fahrbahnüberganges ein mindestens ein Meter breiter Streifen des vorhandenen Belags durch Gussasphalt ersetzt werden. Auf stark belasteten Strecken kann es sinnvoll sein, in die angrenzenden Belagsflächen Stützrippen einzubauen, um dort Spurrinnen zu vermeiden.

Die Verwendung elastischer Belagsdehnfugen auf der Basis von Polyurea oder Polyurethan ist in Deutschland bisher noch nicht geregelt. Der Arbeitskreis 7.7.4 „Fahrbahnübergänge aus Asphalt“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) erarbeitet jedoch zurzeit einen ersten Entwurf für ein Regelwerk „Hinweise für die Herstellung von Fahrbahnübergängen aus Polyurea oder Polyurethan für Ingenieurbauten“. Bei positivem Ergebnis der Erfahrungssammlung ist eine Einführung dieses Regelwerkes für das Jahr 2017 vorgesehen.



Manfred Eilers
Vermessungsingenieur
Referat „Stahlbau, Korrosionsschutz,
Brückenausstattung“



Michael Staeck
Techniker
Referat „Stahlbau, Korrosionsschutz,
Brückenausstattung“

Konstruktiver Brandschutz in deutschen Fernstraßentunneln

Für die Verbesserung des konstruktiven Brandschutzes in deutschen Fernstraßentunneln wurde die Zugabe von Kunststoffasern aus Polypropylen (PP-Fasern) zum Tunnelinnenschalenbeton untersucht. Im Falle eines Brandereignisses schmelzen die im Betongefüge gleichmäßig verteilten PP-Fasern. Das so entstehende Netz aus Verbindungskanälen erlaubt es dem während eines Brandes im Beton entstehenden Wasserdampf zu diffundieren und somit ein großflächiges Abplatzen des Betons zu verhindern.

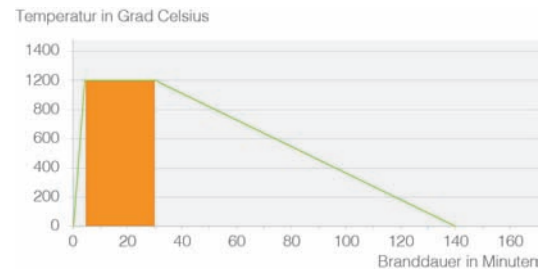
Insbesondere wurde untersucht, welche Zugabemenge welcher Faser notwendig ist, um ein großflächiges Abplatzen des Betons zu verhindern und die Bewehrungstemperatur gemäß der Vorgaben der Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING) unter 300 Grad Celsius zu halten. Weiterhin war zu klären, ob und wie ein solcher Beton – unter den Vorgaben der ZTV-ING und der Verarbeitbarkeitsanforderungen der Baustelle – hinsichtlich Konsistenz, Ansteifverhalten und Blutneigung (Wasserabsonderung an der Betonoberfläche) zielsicher herzustellen ist. Zudem galt es zu erörtern, wie die besonderen Anforderungen an die Ausführung eines PP-Faserbetons im Regelwerk berücksichtigt werden können.

Die Wirksamkeit von PP-Fasern mit einer Länge von sechs Millimetern, einem Durchmesser zwischen 0,016 und 0,020 Millimetern und einer Zugabemenge von zwei Kilogramm pro Kubikmeter konnte durch Brandversuche an großmaßstäblichen belasteten Probekörpern nachgewiesen werden.

Pilotprojekte

Um die Anwendbarkeit dieses Ergebnisses in der Praxis festzustellen, wurden für die offene Bauweise im Tunnel Bautzen und für die geschlossene Bauweise im Bühlertunnel in Siegen und im Tunnel Hirschhagen Pilotprojekte unter wissenschaftlicher Begleitung der BAST ausgeführt. Auf Grundlage der Erfahrungen aus den Pilotprojekten wurden die für eine zufriedenstellende Ausführung des PP-Faserbetons notwendigen vertraglichen Grundlagen in einem Anhang zu den ZTV-ING Teil 5 zusammengestellt. Somit sind für zukünftige Tunnelneubauprojekte auf Bundesfernstraßen vertraglich bindende Anforderungen geschaffen, die die statisch-konstruktive Sicherheit des Bauwerks im Brandfall deutlich erhöhen. Infolge ei-

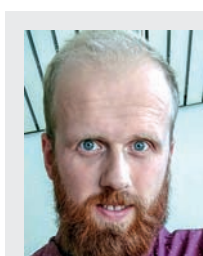
ner Brandeinwirkung gemäß des in der ZTV-ING dargestellten Temperatur-Zeit-Verlaufs kann nach den neuesten Festlegungen davon ausgegangen werden, dass bei einem Brandereignis die luftseitige Bewehrung nicht über 300 Grad Celsius erwärmt, und somit nicht dauerhaft geschädigt wird.



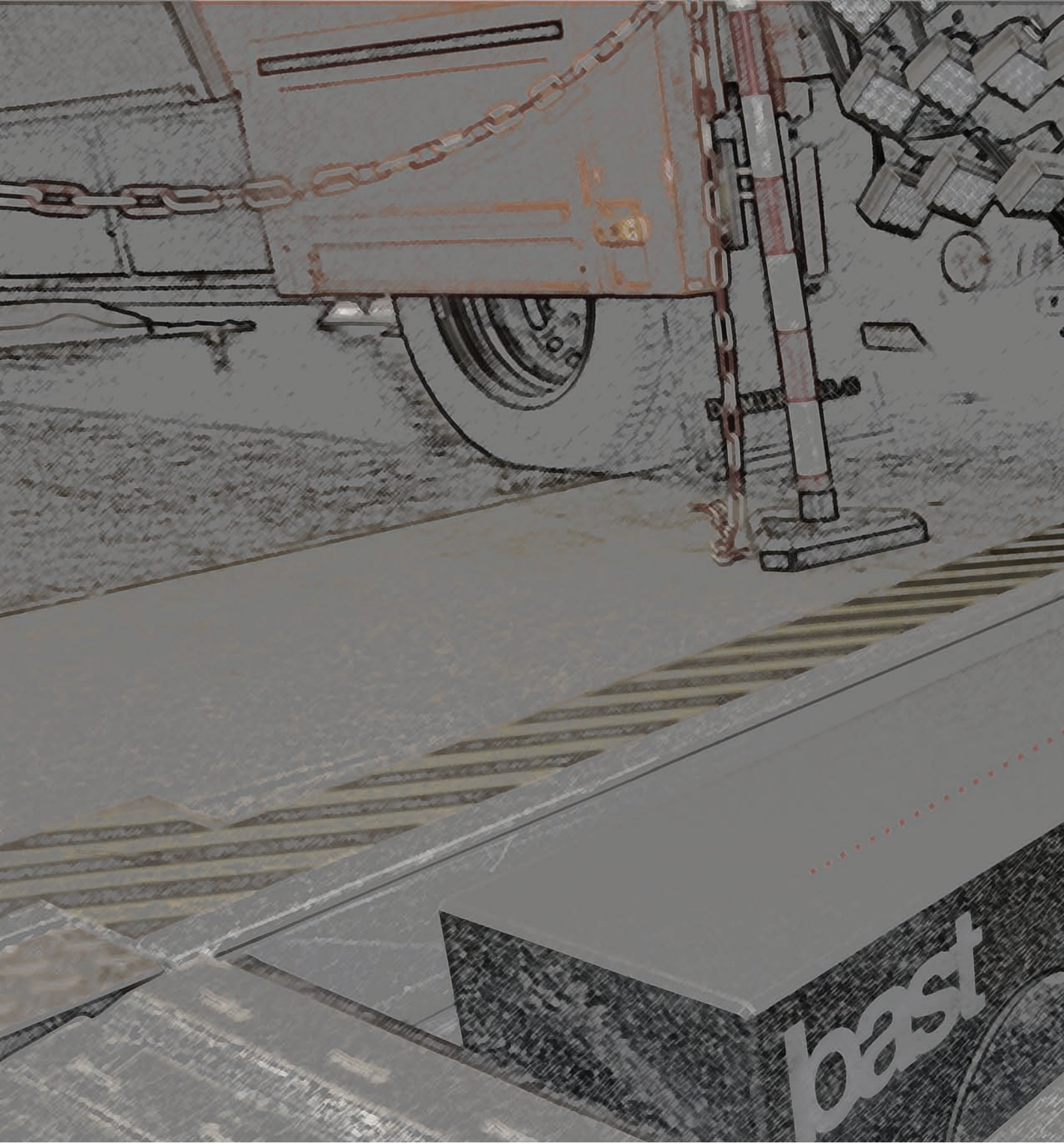
Aktuell erfolgt im Auftrag der BAST die Untersuchung weitergehender Detailfragen. So gilt es unter anderem, weitere Erkenntnisse über den Einfluss des Mischprozesses auf die Fasereigenschaften und deren Verteilung zu gewinnen. Zudem soll ein Verfahren entwickelt werden, um anhand der Porenstruktur oder von Transportmechanismen durch den Beton – beispielsweise Gasdurchlässigkeit – Rückschluss auf die Brandbeständigkeit ziehen zu können. Weiterhin gilt es, die Langzeitbeständigkeit der PP-Fasern im alkalischen Umfeld eines Betons zu untersuchen. Aufgrund der angesetzten Lebensdauer von Tunnelbauwerken von 100 und mehr Jahren ist sicherzustellen, dass über die gesamte Zeit ein ausreichender Brandschutz durch den PP-Faserbeton gewährleistet werden kann. Um in der Zukunft sowohl geschädigte Tunnel mit Innenschale aus PP-Faserbeton instandsetzen, als auch Tunnel aus dem Bestand ohne PP-Faserbeton brandschutztechnisch verbessern zu können, wird ebenfalls an möglichen Vorgaben für Instandsetzungsverfahren geforscht.

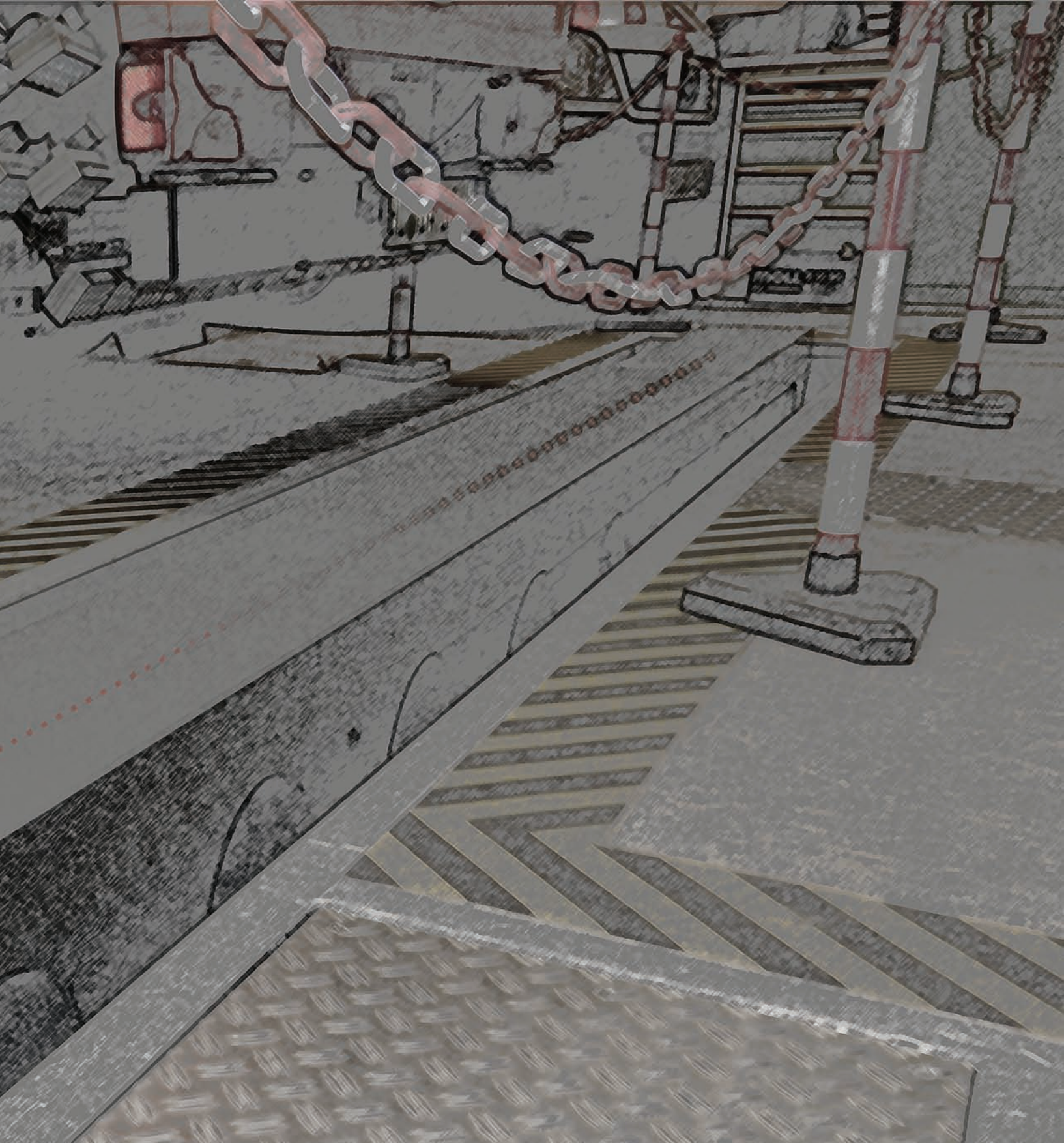
Diese weitergehenden Forschungstätigkeiten sollen dazu beitragen, die Qualität des Baustoffes PP-Faserbeton zu sichern und hierdurch eine erhöhte Sicherheit des Tunnels im Brandfall zu gewährleisten. Dies gilt für die im Falle eines Brandereignisses betroffenen Nutzer, für die Standsicherheit des Tunnels sowie für den einem Brandereignis folgenden geringeren Instandsetzungsbedarf.

Temperatur-Zeit-Verlauf der Brandbelastung nach ZTV-ING



Daniel Eickmeier
 Bauingenieur
 Referat „Tunnel- und Grundbau,
 Tunnelbetrieb, Zivile Sicherheit“





Straßenbau

duraBAST: das neue Testareal der BAST

Am östlichen Stadtrand von Köln liegt das neue Demonstrations-, Untersuchungs- und Referenzareal der BAST – kurz duraBAST. Das Areal befindet sich zwischen den Autobahnen A3 und A4 auf einem bisher ungenutzten Gelände im Autobahnkreuz Köln-Ost. Der rund sieben Millionen Euro teure Bau wird in Zusammenarbeit mit dem Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen und dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur errichtet. Für das gut ein Kilometer lange Areal ist ein Nutzungszeitraum von zunächst 30 Jahren vorgesehen.

In diesem Areal werden typische Elemente der Straßeninfrastruktur abgebildet. Dazu gehören Streckenabschnitte in verschiedenen Asphalt- und Betonbauweisen ebenso wie Brückenbauwerke, eine tunnelähnliche Situation unterhalb einer Brücke, Lärm- und Sichtschutzwände sowie Straßenentwässerungseinrichtungen. Das duraBAST ist funktional in drei verschiedene Einheiten gegliedert: Referenzstrecke, Untersuchungsfläche und Demonstrationsfläche (siehe Bild unten).

Referenzstrecke

In Deutschland erfolgt die Zustandserfassung der Fahrbahnoberflächen von Bundesfernstraßen in regelmäßigem Turnus mit schnellfahrenden Messfahrzeugen. Die Referenzstrecke des duraBAST dient der Überprüfung und zur Qualitätssicherung

BAST-eigener und extern betriebener Messfahrzeuge. Außerdem wird diese Strecke für die Weiterentwicklung dieser Messsysteme genutzt.

Die Referenzstrecke setzt sich aus Abschnitten zur Erfassung der Oberflächeneigenschaften Griffigkeit, Textur, Substanzmerkmale sowie Längs- und Querebenheit zusammen. Dabei werden die Straßenoberflächen so hergestellt, dass die Grenzbereiche der Messsysteme erreicht werden. Zum Beispiel soll auf einer Wankstrecke ein schneller Neigungswechsel in der Fahrbahn zum „Durchschütteln“ der Messtechnik führen. Da das duraBAST-Gelände vom öffentlichen Straßenverkehr entkoppelt ist, können die Messfahrzeuge dort ohne zu stören und mit geringen Geschwindigkeiten operieren. Weiter ermöglichen die Referenzabschnitte einen direkten Vergleich unterschiedlicher Erfassungstechniken und verschiedener Messsysteme miteinander.

Untersuchungs- und Demonstrationsflächen

Derzeit umfasst der Entwicklungszyklus für Innovationen im Straßenbau häufig einen Zeitraum von mehr als 20 Jahren. Dies ist unter anderem der langen Nutzungsdauer und dem hohen Sicherheitsbedürfnis geschuldet. Mit dem Forschungsprogramm „Straße im 21. Jahrhundert“ reagiert das BMVI auf die ständig steigenden Anforderungen an Straßen, zum Beispiel durch Zunahme des Güterverkehrs



Übersicht über die Referenz- (grün), Untersuchungs- (gelb) und Demonstrationsabschnitte (rot) auf dem duraBAST – die Versuchsstrecke der BAST liegt im Autobahnkreuz Köln-Ost



Am 3. Juni 2015 wurde die Baustelle mit einem symbolischen Spatenstich eröffnet. Von links: Winfried Pudenz, Straßen.NRW-Hauptgeschäftsführer; Stefan Strick, BAST-Präsident; Michael Groschek, NRW-Verkehrsminister; Rainer Bomba, BMVI-Staatssekretär; Gerhard Rühmkorf, BMVI-Unterabteilungsleiter; Dr. Hermann Tebroke, Landrat des RBK

und durch den voranschreitenden, technologischen und demografischen Wandel. Für eine schnellere und erfolgreichere Einführung von Forschungsergebnissen und Innovationen in die Baupraxis ist neben klein- und großmaßstäblichen Laborversuchen auch die Erprobung in realitätsnahen Pilotanwendungen notwendig. Neu entwickelte Baustoffe, Bauweisen und Bauverfahren werden hier unter realen Bedingungen beschleunigt getestet. Neben der „Intelligenten Brücke“ stehen auf dem duraBAST dafür sechs Untersuchungsflächen mit einer Länge von jeweils 100 Metern zur Verfügung.

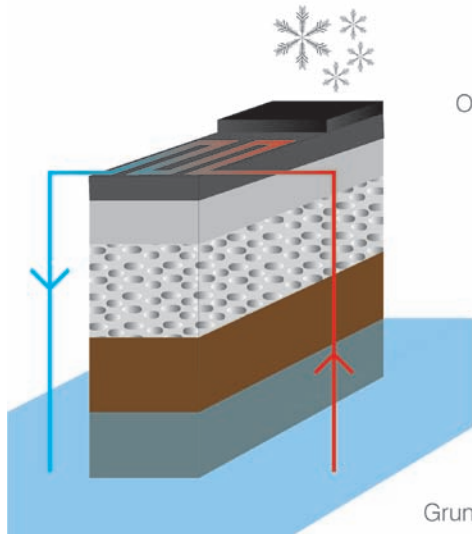
Im Bereich der „Intelligenten Brücke“ werden verschiedene Sensoren getestet, die den Zustand von Brückenbauwerken in Echtzeit überwachen. Mithilfe dieser Sensoren sollen Brücken in Zukunft bereits frühzeitig Daten über ihren Zustand senden können. Ein Teil dieser Sensoren wurde bereits im Jahr 2015 in die „Intelligenten Brücke“ eingebaut, sodass bereits erste Ergebnisse vorliegen.

Auf den Demonstrationsflächen werden in erster Linie Neuentwicklungen präsentiert. Unter anderem ist für diesen Bereich die Ausführung einer Pilotanlage „Temperierte Straße“ geplant. Mithilfe von Erdwärme soll die Oberfläche einer Straße bei Frost „beheizt“ werden. Durch die Vermeidung von Glatteis erhöht sich die Sicherheit der Verkehrs-

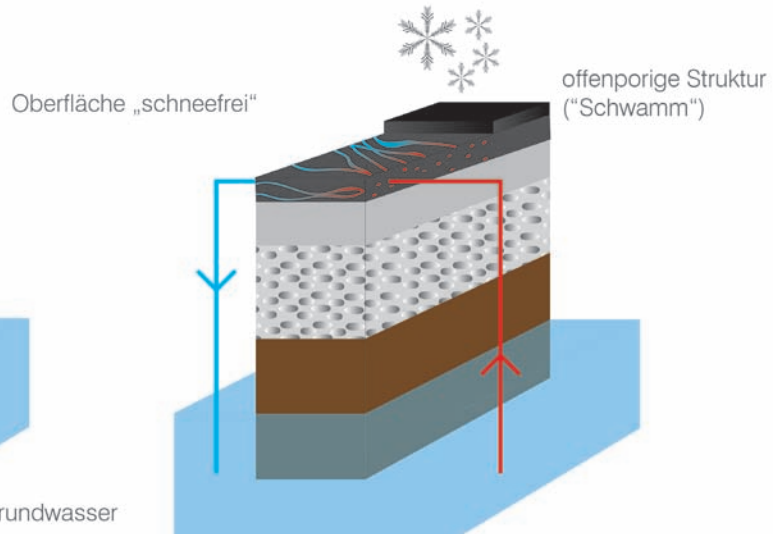


Einbau von Sensoren auf der „Intelligenten Brücke“

Temperierung über Rohrregister



Temperierung über durchströmte Zwischenschicht



Prinzip der „Temperierten Straße“: Über Rohrregister oder durchströmte Asphaltsschichten zirkuliert ein Wärmemedium; die Energie kann in Form von Erdwärme aus dem Untergrund entnommen werden

teilnehmer. Im Sommer hingegen kann durch eine Ableitung der Oberflächenwärme eine Kühlung der Straße herbeigeführt werden, wodurch der Entstehung von Spurrinnen entgegengewirkt wird.

Auf den Untersuchungsflächen werden Neuentwicklungen auf ihre Gebrauchstauglichkeit getestet. Auf diesen Flächen können neuartige Baustoffe und innovative Bauweisen maschinell im Maßstab 1:1 gebaut und unter realen Witterungsbedingungen untersucht werden. Der BAST-eigene Mobile Load Simulator (MLS30) bringt auf den Untersuchungsflächen beschleunigt Verkehrslasten auf, siehe auch Beitrag auf der folgenden Seite. Mithilfe verschiedener Sensoren wird dann die Veränderung des Straßenaufbaus durch die Messung von Dehnung, Spannung, Feuchte und Temperatur dokumentiert. Damit wird es möglich, zeitnah Aussa-

gen zur Bewertung der strukturellen Substanz und zur Dauerhaftigkeit neu entwickelter Baustoffe oder Bauweisen zu treffen.

Beispiele für anstehende Untersuchungen auf diesen Flächen sind die im Rahmen des Projekts „InnoBond“ von einem Forschungskonsortium unter der Leitung der RWTH Aachen entwickelte polyurethanegebundene, offenporige Deckschicht sowie eine Straßenkonstruktion, die Wärmeenergie in Strom umwandelt. Diese futuristische Straßenbefestigung wird von der TU Dresden in Kooperation mit Partnern aus Industrie und Forschung für das Projekt „SEDA“ entwickelt.

Die Untersuchungsflächen des duraBAST stehen allen Interessierten aus der Industrie, der Verwaltung und der Forschung offen.



Stefan Höller
Bauingenieur
Referat „Intelligenter Straßen-
aufbau, regenerative Energie,
Klimawandel“



Manja Krysta
Geologin
bis Dezember 2016 in der BAST im
Referat „Erdbau, Mineralstoffe“



duraBAST



Intelligente Brücke

Mobile Load Simulator MLS30: Projekte im Rück- und Ausblick

In der BAST werden zeitraffende Belastungsversuche im Maßstab 1:1 mit dem Mobile Load Simulator MLS30 – ehemals als MLS10 bekannt – durchgeführt. Mittels zeitraffender Belastungsversuche können maßgebende Erfahrungen zur Übertragung von Ergebnissen aus Laboruntersuchungen in reale Straßenaufbauten gewonnen werden, zum anderen neue Methoden zur Substanzbewertung erprobt und bewertet werden.

Seit 2013 setzt die BAST mit dem MLS30 eine realitätsnahe Belastungseinrichtung ein, in der vier Belastungsräder (Standard-Lkw-Reifen) die Straßenkonstruktion belasten. Neben dem Aufbau der benötigten Infrastruktur wurden auch die spezifischen Charakteristika der Belastungsversuche mit dem MLS30 untersucht. Für das langfristige Ziel, die mechanischen Prozesse im Straßenaufbau unter Belastung eindeutiger klassifizieren zu können, wird der MLS30 weiterhin auch auf definierten Aufbauten eingesetzt. Dabei spielt der Einsatz zerstörungsfreier Messverfahren eine maßgebliche Rolle, um die Veränderungen während der Belastung laufend detektieren zu können. Diese Vorgehensweise soll und wird ebenfalls bei Untersuchungen von innovativen Materialien und Bauweisen angewendet. Viele Untersuchungen haben bislang auf der im Jahre 2003 errichteten Asphaltmodellstraße in einer klimatisierten Versuchshalle stattgefunden. In Zukunft werden daneben auch Freiluft-Untersuchungsflächen auf dem Demonstrations-, Untersuchungs- und Referenzareal der Bundesanstalt für Straßenwesen (duraBAST) für Versuche verwendet – siehe voriger Beitrag. Hierdurch soll die Konstruktion durch die unbeeinflussbare Witterung ebenfalls beansprucht werden sowie reale Einbautechnologien zum Einsatz kommen.

Temperaturuntersuchungen: Praktische Anwendbarkeit des MLS30

Zum besseren Verständnis der Belastungseinrichtung MLS30 führte die BAST umfangreiche Temperaturmessungen durch. Hierzu wurden Temperatursensoren an verschiedenen Stellen, aber auch eine Infrarotkamera zur Visualisierung der Temperaturentwicklung innerhalb der Maschine und auf der Belastungsfläche eingesetzt. Durch diese Untersuchungen konnten maßgebliche Wärmequellen detektiert werden. Unter anderem konnte so der optimale Zeit-

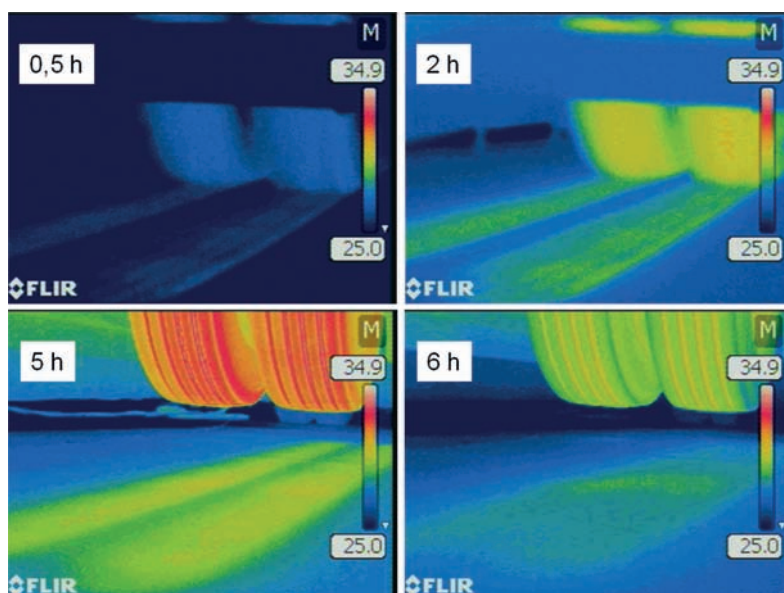
punkt für vergleichbare zerstörungsfreie Messungen der Tragfähigkeit im Anschluss an die Belastung festgelegt werden. Dies und andere Ergebnisse werden bei der Entwicklung und Auswertung neuer Belastungsprogramme berücksichtigt.

InnoBond: Belastung von innovativen Baustoffen

Mit den Belastungsversuchen auf einem mit Polyurethan gebundenen Aufbau wurde erstmals der innovative Baustoff großmaßstäblich getestet. Im Laufe der Belastungsversuche konnten wichtige Daten für die weitere Materialentwicklung gesammelt werden. Des Weiteren konnten durch die MLS30-Versuche wertvolle Informationen für bautechnische Einbauanforderungen eruiert werden, auch wenn diese nicht im Fokus des Belastungsprogramms standen.

Belastungsversuche: Zerstörungsfreie Bewertung von Straßenaufbauten

Im Rahmen des achten Calls im Innovationsprogramm der BAST wurden insgesamt zwei Felder der Modellstraße belastet. Zu festgelegten Zeitpunkten haben zwei Forschungsgruppen innovative zerstörungsfreie Messverfahren angewendet. Die BAST hat neben der Sicherstellung des MLS30 Betriebs (drei Millionen Überrollungen in 85 Tagen, beziehungsweise 300.000 Überrollungen in acht Tagen) auch eigene Messungen mittels etablierter Verfahren durchgeführt. In einem weiteren Versuch, außerhalb des geförderten Calls, hat die BAST ein weiteres Feld der



Infrarotbilder während der Belastungsversuche mit dem MLS30



Einbau neuer Versuchsfelder in der BAST-Versuchshalle



Bohrkerne für Materialuntersuchungen im Rahmen des Innovationsprogramms

Modellstraße belastet und dabei den dimensionierungsrelevanten Bereich deutlich überschritten. Alle beteiligten Experten haben daraus im Laufe des Projekts Erkenntnisse unterschiedlichster Art ableiten können. In einem nächsten Schritt gilt es, die gesammelten Erkenntnisse zu verschneiden, um daraus innovative Substanzbewertungsmethoden abzuleiten. Zur Validierung wird auch auf die etablierten Laborverfahren zur Bestimmung von Materialparametern zurückgegriffen.

Der Einsatz des MLS30 zur Eruiierung von Substanzbewertungsverfahren wird in Folgeprojekten weitergeführt.

Ausblick und weitere Ziele der Belastungsversuche

Auch auf dem neuen Testgelände duraBAST soll der MLS30 auf verschiedenen Konstruktionen zum Einsatz kommen. Dabei handelt es sich um Projekte, in denen die BAST als Partner beteiligt ist, Eigenforschung betreibt oder auch als externe Forschungsarbeiten an andere Forschungsinstitute vergibt.

Im Zuge des EU-Projektes HEALROAD, in dem die BAST als Partner mitwirkt (www.healroad.eu), wird eine innovative Methode zur nichtinvasiven Erhaltung von Asphaltstraßen untersucht. Hierzu soll das neu entwickelte Asphaltmischgut im Maßstab 1:1 eingebaut und im Jahr 2017 mit dem MLS30 bis zu einer bestimmten Schädigung belastet werden. Durch einen weiteren Arbeitsschritt werden die im Asphalt eingebauten magnetischen Partikel über elektromagnetische Induktion erwärmt. Hierdurch soll die zuvor entstandene Schädigung durch das vorhandene Bitumen verschlossen beziehungsweise geheilt werden.

Mittels BAST-eigener Vorversuche sollen passende Konstruktionen für das Projekt HEALROAD aber auch für weitere Versuche, zum Beispiel auf dem duraBAST, ermittelt werden. Hierzu wurde im September 2016 die vorhandene Konstruktion der Modellstraße teilweise zurückgebaut, und mit dem Neueinbau begonnen.

Dr. Dirk Jansen
Bauingenieur, Leiter des Referats „Dimensionierung und Straßenaufbau“

Bastian Wacker
Bauingenieur, Referat „Dimensionierung und Straßenaufbau“



Dr. Dirk Jansen (links) und Bastian Wacker



HEALROAD

Blick in die Straße: Zerstörungsfreie Substanzerfassungstechnik

Für die rechtzeitige Planung und Einleitung von Erhaltungsmaßnahmen an Straßen ist eine regelmäßige Erfassung des aktuellen Straßenzustands von elementarer Bedeutung. Seit geraumer Zeit wird diese Zustandserfassung mit schnellfahrenden, zerstörungsfreien Messverfahren durchgeführt. Da diese Methode eine umfassende, aber auch ausschließliche Bewertung der Fahrbahnoberfläche liefert, werden zusätzliche Verfahren gesucht, die Aufschluss über die Befestigungsaufbauten und deren Zustand geben können.

Eines dieser alternativen Verfahren ist das Georadar: Radarwellen werden von einer Antenne in den Untergrund gesendet, dort teilweise reflektiert und durch die Antenne wieder erfasst. Reflexionen entstehen immer dann, wenn sich die elektromagnetischen Eigenschaften des Materials ändern, ähnlich einem Schall-Echo in der Luft, das von einer Mauer zurückgeworfen wird. Aufgrund der unterschiedlichen Baustoffe in den verschiedenen Tiefen der Straßenbefestigung kann somit der gesamte Straßenaufbau abgebildet werden. Die Inventarisierung des Straßennetzes und die Bildung homogener Abschnitte sind somit ebenso wie die Detektion größerer Inhomogenitäten schnellfahrend möglich. Ergänzend hierzu können weitere zerstörungsfreie Messungen angewendet werden, um das aktuelle Tragverhalten der Straßenbefestigung zu beurteilen. Die Tragfähigkeit wird dabei mittels des Verformungsverhaltens der Straße unter Lasteinwirkung beurteilt. Der Lasteintrag erfolgt entweder stationär durch ein Fallgewicht oder durch ein rollendes Lkw-Rad. Mit geeigneten Methoden können hieraus Kennwerte für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen ermittelt werden.

Neue Möglichkeiten mit dem 3D-Georadar

Im Gegensatz zu herkömmlichen Georadar-Systemen, mit denen pro Messung eine Profillinie erfasst wird, können beim 3D-Radar bis zu 25 Kanäle genutzt werden, das heißt, es werden gleichzeitig nebeneinander bis zu 25 Profillinien aufgenommen. Die integrierte Stepped-Frequency-Technik (schrittweise Änderung der Frequenz) ermöglicht außerdem eine schnellere und trotzdem hochpräzise Signalerfassung gegenüber den bisher meistgebräuchlichen Impulsradar-Systemen. Mit nur einer Streckenbefahrung kann zum einen also die Messung sehr schnell und trotzdem hochauflösend erfolgen, zum anderen

kann mittels der Mehrkanaltechnik nahezu die gesamte Fahrstreifenbreite auf einmal erfasst werden. Dies erlaubt neben der linienhaften Auswertung auch eine flächenhafte Darstellung von Untergrundstrukturen ähnlich einer Luftbildansicht. Hohlräume, Leitungen und andere ausgedehnte Strukturen können dadurch einfacher in der entsprechenden Tiefe identifiziert werden.

Forschungsaktivitäten

Ziel der laufenden Forschungsaktivitäten ist es, die Möglichkeiten und Grenzen zerstörungsfreier Messtechniken für die Substanzerfassung und -bewertung zu eruieren und daraus systematische Anwendungen abzuleiten. Hierzu werden sowohl interne als auch externe Forschungsprojekte bearbeitet. Des Weiteren wird ein schnellfahrendes Messsystem zur Substanzerfassung auf Netzebene beschafft, welches insbesondere Tragfähigkeiten misst und dabei auch Georadarmessungen schnellfahrend erlaubt. Für die vertiefte Substanzbewertung auf Objekt- und Netzebene werden zudem spezielle Ansätze verfolgt, die sich sowohl auf zerstörungsfreie als auch invasive Prüfungen stützen.

3D-Georadar-system im Einsatz – die Antenne wird auf ein mobiles Traggstell montiert



Dr. Dirk Jansen

Bauingenieur, Leiter des Referats „Dimensionierung und Straßenaufbau“

Dr. Claudia Podolski

Geophysikerin, Referat „Dimensionierung und Straßenaufbau“



Betonbauweisen: Praxisorientierte Forschung

„Mobilität ist zentrale Voraussetzung für wirtschaftliches Wachstum, Beschäftigung und Teilhabe des Einzelnen am gesellschaftlichen Leben“ (Leitsatz BMVI). In diesem Kontext nimmt die Straßeninfrastruktur eine Schlüsselrolle ein. Der Investitionshochlauf, vorhandene Defizite im Bundesfernstraßennetz, die Privatisierung von Teilstrecken sowie Diskussionen über eine privatrechtliche Infrastrukturgesellschaft zeigen unverkennbar an, dass insbesondere der Qualität der baulichen Erhaltung ein hoher Stellenwert zuzuschreiben ist. Um diese heute und künftig sicherzustellen, ist eine bedarfsgerechte und praxisorientierte Forschung unabdingbar. Für den Bereich Betonbauweisen stehen aktuell die prozesssichere Herstellung von Straßen, zielorientierte Regelwerke, die Weiter- und Neuentwicklung innovativer Technologien und Baustoffe, die bauliche Erhaltung sowie umwelttechnische Aspekte im Fokus. Nachfolgend wird exemplarisch über Forschungsaktivitäten mit einem hohen Praxisbezug berichtet.

Lärmtechnische Eigenschaften von Betonfahrbahndecken – Status quo

Zur Reduktion des Reifen-Fahrbahngeräusches werden Betonfahrbahnoberflächen derzeit standardmäßig mit einer Waschbetontextur ausgeführt. Dieser wird eine Lärminderung mit einem Fahrbahnoberflächen-Korrekturwert (DStrO) von -2 dB(A) zugeordnet. Bei erhöhten Lärmschutzanforderungen im Straßenbau gilt es künftig, Oberflächen mit verbesserten akustischen oder lärmtechnischen Eigenschaften zur Verfügung zu stellen. Für Fahrbahnbeläge mit dichtem Betongefüge wird derzeit neben einer weiteren Optimierung der Waschbeton-

textur die akustische Wirkung längsgerichteter Texturen (Grinding) untersucht. Als griffigkeitsverbessernde Maßnahmen werden im Grundsatz vergleichbare Texturen schon seit mehr als 15 Jahren ausgeführt. Ferner erfolgen intensive Forschungsaktivitäten im Bereich der Materialentwicklung von offenporigem Beton (OPB).

Grinding beschreibt die Herstellung definierter längsgerichteter Texturen, die mittels Diamantschleifverfahren in die Oberfläche des erhärteten Straßenbetons eingebracht werden. Theoretisch lassen sich hiermit Lärminderungen von circa -5 dB(A) erreichen. Zudem ist aus der Praxis bekannt, dass derartige Texturen ein hohes Griffigkeitsniveau aufweisen und mit einer sehr hohen Qualität und Homogenität hergestellt werden können. Mittels Grinding lassen sich zum einen Texturen witterungsunabhängig und zielsicher herstellen. Zum anderen kann mit diesem Verfahren das Ebenheitsniveau im Vergleich zu den herkömmlichen Anforderungen im Straßenbau signifikant erhöht werden. Die Ausführung ist sowohl im Zuge der baulichen Erhaltung als auch im Neubau möglich. Außerdem können grindingtexturierte Betondecken im Vergleich zum Waschbeton aufgrund einer möglichen Substitution des Edelsplitts durch weniger kostenintensive Gesteinskörnungen wirtschaftliche Vorteile bieten.

Grundsätzlich werden Grindingtexturen untersucht, die sich hinsichtlich ihrer akustischen Eigenschaften in zwei Kategorien unterscheiden: Das Schleifen einer Standardtextur (Typ S) als Alternative zum Waschbeton sowie eine Textur mit verbesser-



Grindingtextur A14 (10/2016)

ten akustischen Eigenschaften (Typ A). Seit 2013 konnten diese sowohl an Bestands- als auch an Neubaustrecken mehrfach umgesetzt werden. Die Ergebnisse spezieller Lärmpegelmessungen (Nahfeldverfahren) lassen dabei Lärminderungen von bis zu -5 dB(A) erwarten. Ferner konnte durch die Kombination von Ebenheits- und Texturgründing eine erhöhte Ebenheitsanforderung von ≤ 2 mm/4 m erfüllt werden. Die Dauerhaftigkeit aller notwendigen Oberflächeneigenschaften vom Texturtyp S wird derzeit überprüft, um eine Überführung ins Regelwerk zu erwirken. Für den Texturtyp A stehen der wissenschaftliche Nachweis der Dauerhaftigkeit sowie weitere Untersuchungen zur Optimierung noch aus.

Offenporiger Beton (OPB) ist ein Stoffsystem, das untereinander vernetzte und zur Oberfläche hin zugängliche Hohlräume aufweist. Im Straßenbau werden derartige hohlraumreiche Systeme für Fahrbahnbeläge eingesetzt, zum Beispiel offenporiger Asphalt (OPA), um unter anderem die physikalische Eigenschaft der Schallabsorption auszunutzen. Dabei lassen sich theoretisch Lärminderungen von weit mehr als -5 dB(A) erzielen. In der BAST werden daher seit 2012 Untersuchungen durchgeführt, die sich mit dem Einsatz von offenporigem Beton auf Bundesautobahnen beschäftigen. In erster Linie war eine Rezeptur zu entwickeln, mit der die allgemeinen straßenbautechnischen Anforderungen an den Frisch- und Festbeton erfüllt werden können. Basierend auf zahlreichen Laboruntersuchungen wurde der OPB zunächst in einem Großversuchsstand der BAST getestet. Hierbei galt es, die Einbautechnologie praktisch zu erproben und erste Erkenntnisse zur Dauerhaftigkeit des Materials zu gewinnen. Darauf aufbauend wurde in 2016 auf einer Nebenanlage der A6 (Nordbayern) eine Versuchsstrecke mit einer weiterentwickelten Betonrezeptur hergestellt. In einem systematischen Monitoring soll hier die Dauerhaftigkeit des OPB unter Praxisbedingungen untersucht werden.

Neue Einsatzgebiete für Fertigteilssysteme im Betonstraßenbau

Zur Sicherstellung der Verfügbarkeit der Straßeninfrastruktur ergibt sich insbesondere bei der baulichen Erhaltung auf Autobahnen die Notwendigkeit, Störungen im Verkehrsablauf auf ein Minimum zu beschränken. Durch den Einsatz modularer Schnellreparatursysteme mittels Betonfertigteilen lassen sich Bauzeiten deutlich verkürzen. Ferner lassen sich die



Herstellung eines Endbereichs mittels Fertigteilen (A14)

Vorteile der seriellen werksseitigen Produktion auf den Bereich des Betonstraßenbaus übertragen, so dass Betone mit hoher Qualität und definierter Oberflächentexturierung zielsicher hergestellt werden können.

Seit 2012 wird in der BAST der Einsatz von Betonfertigteilen untersucht. In einem ersten Schritt wurden Einzelfertigteilssysteme zur Instandsetzung singulärer Schädigungen entwickelt und in Labor- und Praxisanwendungen erprobt. Darauf aufbauend fand eine Weiterentwicklung des Fertigteilensystems zur Adaption für weitere Anwendungsfälle statt. Da in der Praxis die Erneuerung einzelner Betonplatten (Einzelfelderneuerung) einen wichtigen Anwendungsfall darstellt, wurde unter anderem hierfür ein Mehrfachfertigteilensystem entwickelt und seit 2015 auf der A7 und A352 (Niedersachsen) erprobt. Bis dato wurden über 35 Anwendungen bei der Instandsetzung im BAB-Netz umgesetzt und seither durch die BAST wissenschaftlich betreut.

Die bisherigen Ergebnisse lassen erwarten, dass das neue Instandsetzungsverfahren „Einzelfertigteilensystem“ zeitnah in das Regelwerk überführt werden kann. Ferner wurde außerhalb des Anwendungsbereiches „Straßenbau“ ein System mit möglicher Implementierung der Unterflurbefeuerung (Beleuchtung von Lande- und Rollbahnen) für die Instandsetzung von Flugbetriebsflächen entwickelt. Der erstmalige Einsatz dieser speziellen Fertigteile erfolgte im November 2016 auf dem Flughafen in München.

Der Übergang zu angrenzenden Oberbauten ist ein wichtiges Konstruktionsdetail bei Betonfahrbahndecken. In einem Forschungsvorhaben wurde für die Ausführung sogenannter Endbereiche beim Neubau eine konstruktive Lösung mittels Fertigteilen entwickelt. Im Vergleich zu konventionellen Verfahren zur Herstellung von Endbereichen soll hiermit eine Erhöhung der Dauerhaftigkeit erreicht werden. Dieses System kam 2016 erstmals auf der A14 in Sachsen-Anhalt zum Einsatz.

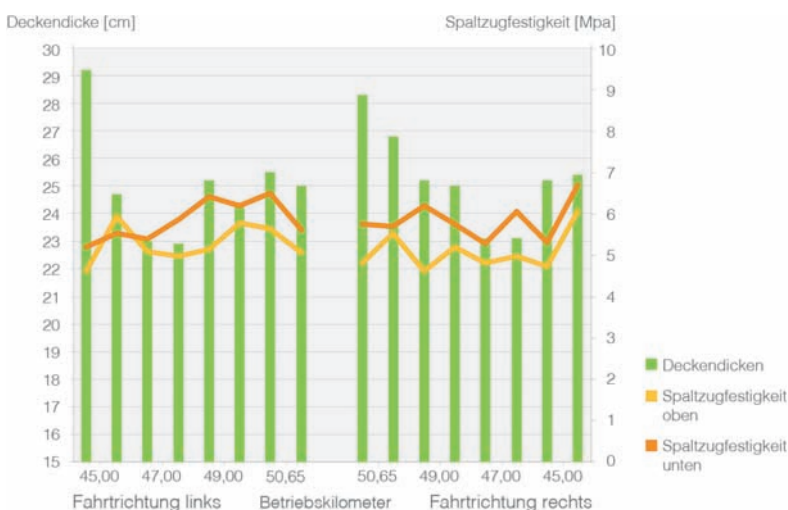
In einem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Verbundvorhaben forscht die BAST seit 2015 an einem hybriden Ertüchtigungssystem für die Straßenerhaltung (HESTER) im urbanen und kommunalen Bereich. Anwendungsfelder stellen insbesondere hochbeanspruchte Verkehrsflächen dar – beispielsweise Busspuren, Kreisverkehre und Kreuzungsbereiche. Die wissenschaftliche Herausforderung besteht in der Entwicklung eines komplexen Fertigteilsystems, wofür material-, konstruktions- und verfahrenstechnische Fragestellungen ganzheitlich zu lösen sind.

Systematische Untersuchung von Betonfahrbahndecken im Autobahnnetz

Die messtechnische Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) der Fahrbahnoberfläche aller Bundesautobahnen erfolgt in einem regelmäßigen Abstand von vier Jahren, um ein objektives Gesamtbild über den Netzzustand zu erhalten. Die ermittelten Daten bilden zudem die Grundlage für das Erhaltungsmanagement sowie für die Ermittlung des Gebrauchs- aber auch des Substanzwerts. Aufgrund

der rein oberflächenspezifischen Betrachtung ist dieser jedoch nur bedingt belastbar. Für das präventive und wirtschaftliche Handeln wären daher zusätzliche Kennwerte opportun, die eine direkte Ansprache der Substanz über die Oberfläche hinaus ermöglichen. So werden beispielsweise zur genauen Klärung von Schadensursachen auf Objektebene intensive Vor-Ort- und Laboruntersuchungen durchgeführt, die mit einem erhöhten Zeit- und Kostenaufwand verbunden sind. Für die netzbezogene Betrachtung ist hingegen die Kenntnis über beginnende strukturelle Schädigungen von Bedeutung, um diese frühzeitig bei der Erhaltungsplanung beachten zu können. Daher ist die Arbeitsthese zu verfolgen, ob und wie sich durch Einbindung zusätzlicher Kenngrößen eine signifikante Verbesserung der Belastbarkeit gegenwartsbezogener als auch prognostizierter Substanzwerte für das Autobahnnetz erzielen lässt. Hierbei besteht ein hoher fachlicher Bezug zu den Themen der rechnerischen Dimensionierung und Restsubstanzbewertung von Straßenkonstruktionen.

Die BAST führt seit einiger Zeit intensive Untersuchungen an Betonfahrbahndecken im Autobahnnetz der Länder Bayern, Rheinland-Pfalz und Sachsen-Anhalt durch, um streckenbezogene Materialkennwerte zur ingenieurtechnischen Beschreibung und Bewertung der Substanz zu erheben. So wurden in 2015 allein in Sachsen-Anhalt unter anderem 2.000 Bohrkern auf einer Streckenlänge von rund 600 Kilometern entnommen. Im Anschluss erfolgte im Labor der BAST die Ermittlung von straßenbautypischen Materialkennwerten in circa 6.000 Einzelprüfungen, zum Beispiel Druck- und Spaltzugfestigkeit, statischer und dynamischer E-Modul, spezifischer thermischer Ausdehnungskoeffizient. Wie erwartet konnte im Ergebnis festgestellt werden, dass sich die Substanz von Betonfahrbahndecken, die keine substanzrelevanten Oberflächenmerkmale aufweisen, hinsichtlich ihrer Materialkennwerte – beispielsweise Spaltzugfestigkeit – unterscheiden können. Basierend auf dem Grundgedanken der rechnerischen Dimensionierung lässt sich die oben genannte These in der Form stützen, als dass die Berücksichtigung relevanter mechanischer Kennwerte bei der Substanzanalyse zu einer Verbesserung der Qualität des resultierenden Ist-Substanz-Wertes führt. Da die Erhaltungsplanung insbesondere auf prognostizierten Zustandswerten basiert, besitzt die Qualität des Ist-Substanz-Wertes



Darstellung ausgewählter Kennwerte aus den Untersuchungen im Autobahnnetz (anonymisierte Datendarstellung des Streckenbandes)

(Eingangsgröße) an dieser Stelle ebenfalls eine grundlegende Bedeutung.

Aufbauend auf den Erkenntnissen wurden in einer Pilotanwendung die im Netz der oben genannten Länder ermittelten Materialkennwerte für die systematische Erhaltungsplanung herangezogen. Dabei kam ein neuartiges Verfahren zum Einsatz, das sowohl eine statistisch und mechanisch abgesicherte Bewertung der Ist-Substanz von Betonfahrbahndecken als auch deren Prognose zulässt. So werden mittels Ereigniszeitanalysen (Überlebensfunktionen) Ausfallraten berechnet, die das prozentuale Versagen von Betonfahrbahnplatten über die Zeit beschreiben. Eine Validierung der Kenngröße „Ausfallrate“ kann unter Verwendung von Oberflächenbildern – zum Beispiel aus ZEB – erfolgen. Im Ergebnis wurde den Ländern eine Empfehlung für kurz-, mittel- und langfristig durchzuführende Maßnahmen der baulichen Erhaltung mit entsprechendem Streckenbezug zur Verfügung gestellt.

Um insbesondere die Variationsbreite real im Netz auftretender Materialkennwerte genauer analysieren zu können, sind in künftigen Untersuchungen etwaige fehlende Präzisionskenndaten verwendeter Prüfverfahren unbedingt zu ermitteln. Ferner soll in den nächsten Jahren durch die BAST ein

Prüfverfahren für die standardisierte Ermittlung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Fahrbahndeckenbeton entwickelt werden. Aufgrund der ständigen technischen Weiterentwicklungen ist zudem abzuklären, inwiefern sich die Genauigkeit der Substanzbewertung noch weiter verbessern lässt. So ist beispielsweise zu hinterfragen, ob verwendete konventionelle Kennwerte im Kontext mit der jeweils zu beantwortenden Fragestellung durch andere Kennwerte ergänzt oder abgelöst werden können.



Messtechnische Untersuchung der Dübellage im Rahmen der Streckenuntersuchungen im Autobahnnetz in Südbayern

Referat „Betonbauweisen“

Christoph Becker, Bauingenieur

Christiane Fischer, Bauingenieurin

Barbara Jungen, Bauingenieurin

Alexandra Spilker, Bauingenieurin

Dr. Marko Wieland, Bauingenieur, Leiter des Referats



Von links: Christiane Fischer, Christoph Becker, Barbara Jungen, Alexandra Spilker, Dr. Marko Wieland

Tragschichten aus ziegelreichen RC-Baustoffen

Auf Initiative des Landesbetriebs Straßenwesen Brandenburg wurde eine Erprobungsstrecke mit dem Ziel angelegt, den zulässigen Ziegelanteil in Schichten ohne Bindemittel unter realer Belastung aus Verkehr und Witterung zu überprüfen.

Zur Lösung der Fragestellung wurden auf der Erprobungsstrecke unterschiedliche Versuchsfelder mit Recycling-Beton (RC-Beton) angelegt, die sich im Ziegelanteil unterscheiden. Der Ziegelanteil variiert dabei zwischen zehn und 40 Prozent (Varianten 1 bis 5) und wird einem Aufbau mit traditionellen Materialien (0-Varianten mit Grauwacke) gegenübergestellt. Die Erprobungsstrecke liegt hälftig in Dammlage und hälftig in Einschnittlage.

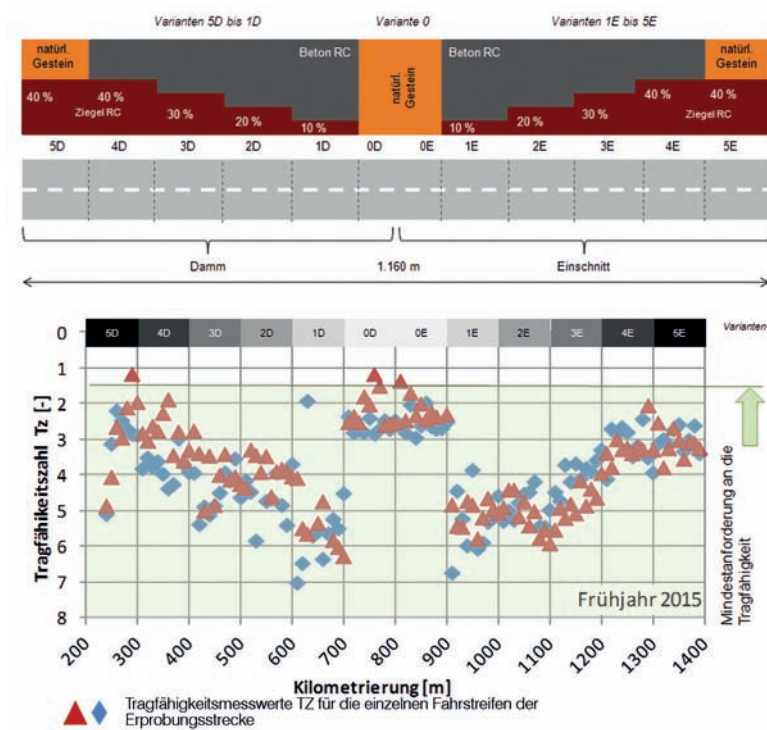
Im Beobachtungszeitraum 2007 bis 2015 fanden umfangreiche und regelmäßige Untersuchungen

auf der Erprobungsstrecke statt. So wurden unter anderem zweimal jährlich Tragfähigkeitsmessungen mit dem Falling Weight Deflectometer und Frosthebungsmessungen nach Frostereignissen im Winter durchgeführt. Zusätzlich flossen stündlich erfasste Temperatur- und Feuchtedaten in verschiedenen Höhen des Straßenaufbaus in die Auswertung ein.

Die Erprobungsstrecke stellt sich auch nach nunmehr achtjähriger Nutzungsdauer in einem guten Zustand dar. Teilweise werden die Anforderungen an die Tragfähigkeit insbesondere in den Varianten mit hohem Anteil an Betonrecycling deutlich übertroffen. Tragfähigkeitsunterschiede hinsichtlich der Zusammensetzung der Schichten ohne Bindemittel sind in der Tendenz deutlich zu erkennen. Mit zunehmendem Ziegelanteil in den Schichten ohne Bindemittel aus Betonrecycling ist eine abnehmende Tragfähigkeit festzustellen. Die nachgiebigsten Varianten im Vergleich sind die Varianten mit natürlichen Gesteinskörnungen. Die ausgewerteten Tragfähigkeitskenngrößen weisen aber für alle Untersuchungsvarianten eine für die gewählte Belastungsklasse und die bisher ertragene Verkehrsbelastung ausreichende Tragfähigkeit auf. Weiterhin zeigen sich in Einschnittlage tendenziell höhere Tragfähigkeiten als in Dammlage. Die Messungen im Frühjahr weisen eine nachgiebigere Konstruktion über geringere Tragfähigkeiten als die Messungen im Herbst auf.

Die Auswertungen der Temperatur- und Frosthebungsdaten zeigen keine systematischen Abhängigkeiten zwischen der Temperatureindringung und den ermittelten geringen Frosthebungen sowie der Zusammensetzung der Schichten ohne Bindemittel. Es zeigen sich keine Auffälligkeiten, die auf eine strukturelle Schädigung aufgrund der Zusammensetzung der Schichten ohne Bindemittel hinweisen.

Anhand der bisher durchgeführten Untersuchungen wird die im Regelwerk umgesetzte Erhöhung des Ziegelanteils in RC-Baustoffen als unkritisch eingestuft. Kritisch zu bewerten ist die nachträgliche Konglomeratbildung in den Untersuchungsvarianten mit hohem Anteil an Betonrecycling. In diesen Untersuchungsvarianten sind entstandene Querrisse auffällig, deren mögliche Ursache in der nachträglichen Teil-Verfestigung der Schicht aus Betonrecycling liegen kann. Diese gilt es zu überprüfen.



Darstellung der Erprobungsstrecke mit Aufteilung in Versuchsfelder und Ergebnisse der Tragfähigkeitsmessung

Gudrun Golkowski
 Bauingenieurin
 stellvertretende Leiterin des
 Referats „Erdbau, Mineralstoffe“



Qualitätssicherung in der Zustandserfassung

In regelmäßigen Intervallen werden die Straßenoberflächen von Bundesfernstraßen hinsichtlich ihrer Ebenheit in Querrichtung vermessen. Dies geschieht im Rahmen der „Zustandserfassung und Bewertung“, kurz ZEB. Dabei werden im Wesentlichen die Merkmale Spurrinntiefe und Querneigung ermittelt. Die hierzu eingesetzten Messsysteme werden durch die BAST jährlich mittels einer „Zeitbefristeten Betriebszulassung“ geprüft und damit qualitätsgesichert. Um den aktuellen und zukünftigen Anforderungen an die Prüf- und Gerätetechnik Rechnung zu tragen, war es notwendig, eine hochpräzise Kalibriereinrichtung zu entwickeln. Mit dem hierzu errichteten Querebenheitsprüfstand (QEP) kann nunmehr die BAST-eigene Messtechnik präziser kalibriert werden und Messsysteme Dritter für Anwendungen im Rahmen der ZEB und im Bauvertrag diesen Erfordernissen entsprechend qualitätsgesichert werden.

Inbetriebnahme des Querebenheitsprüfstands

Der QEP ist in den Boden der Prüfhalle eingelassen und kann zur Vermeidung von Schäden an der empfindlichen Messoberfläche mit einer Rollabdeckung verschlossen werden. Die Einzelkomponenten des QEP bestehen aus einer Trag- und Hebekonstruktion, dem Prüfbalken, einer temperierbaren Belüftung, der Messsensorik und dem Steuerstand. Der Prüfbalken ist mit einer reversiblen Folierung an der Oberseite ausgerüstet um eine optisch homogene, nicht reflektierende Oberfläche als Messoberfläche bereitzustellen.

Er besteht aus Gabro-Gestein (Impala), ist 4,6 Meter lang, 0,3 Meter tief, 0,5 Meter hoch und wiegt circa 1,2 Tonnen. Die Trag- und Hebeeinrichtung weist insgesamt nochmals ein ähnliches Gewicht auf. Der Prüfbalken wird stets in Waage gehalten und ist vertikal um +/- 150 Millimeter verfahrbar. Die Ebenheitsabweichungen der Prüfbalkenoberfläche betragen nur etwa 17 Mikrometer. Im Vergleich dazu ist ein durchschnittliches menschliches Haar mit 50 Mikrometer nahezu dreimal dicker.

Die Messeinrichtungen zur Feststellung der vertikalen Position weisen eine Präzision von circa 1,5 Mikrometer auf. Die Einrichtungen zur Messung der Neigung des Prüfbalkens sowohl in Längs- als auch in Querrichtung haben eine Genauigkeit von fünf

Mikrometer je Meter. Somit wird über die gesamte Länge des Prüfbalkens eine absolute Höhenabweichung von deutlich unter 100 Mikrometern erreicht. Die Repositionierpräzision des Prüfbalkens beträgt ein Mikrometer, dies zeigt den hohen Standard, der in der Ansteuerung der Kugelspindeln zur Vertikalverstellung erreicht werden konnte.

In Ruhelage ist der Prüfbalken vertikal auf minus 150 Millimeter eingestellt und die Rollabdeckung geschlossen. Für die Benutzung wird die Rollabdeckung geöffnet und der Prüfbalken auf vertikal null Millimeter angehoben. Dies entspricht dem Höhengniveau des Hallenbodens. Hiervon ausgehend werden systematisch verschiedene Höhengniveaus eingestellt und die vom geprüften Messsystem ermittelten Messwerte hinsichtlich ihrer Abweichung vom Sollwert verglichen.

Querebenheitsprüfstand mit Rollabdeckung, Prüfbalken, Messsystem



In Verbindung mit der dynamischen Prüfung auf dem duraBAST – siehe Beitrag auf Seite 74 – wird eine höhere Qualität der Querebenheitsdaten für ZEB- und Bauvertragsmessungen erreicht. Insbesondere wird die BAST-eigene Qualitätssicherung wesentlich verbessert. Im Ausblick wird durch die beiden Prüfeinrichtungen QEP und duraBAST eine Grundlage für zukünftige Prüfverfahren zur Erfassung der dreidimensionalen Ebenheit geschaffen.



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



Winfried Glattki
Elektrotechnikingenieur
Referat „Oberflächeneigenschaften, Bewertung und Erhaltung von Straßen“

SKM-Griffigkeitsmessungen

Kooperation zwischen Rijkswaterstaat (RWS) und BAST

Seit Mitte der 90er Jahre wird in den Niederlanden systematisch die Griffigkeit in Lkw-Fahrstreifen gemessen, zunächst im Zweijahres-Turnus, seit 2009 im jährlichen Rhythmus. Als Griffigkeitsmessverfahren kam hierfür bislang der RAW 72 zum Einsatz. Mit diesem Messanhänger wird der Längsreibungsbeiwert nach dem Prinzip des definiert gebremsten Messrades (86 Prozent Schlupf) unter Verwendung eines profillosen PIARC-Reifens ermittelt.

Vor dem Hintergrund der europäischen Harmonisierungs- und Standardisierungsbestrebungen haben die Niederlande in 2013 entschieden, ab dem Jahr 2016 die Griffigkeitsmessungen auf das in Deutschland netzweit eingesetzte Seitenkraftmessverfahren (SKM) umzustellen. Die BAST hat in diesem Zusammenhang die Aufgabe der Qualitätssicherung, also die Zulassung und Fremdüberwachung der niederländischen Betreiberfahrzeuge sowie die Durchführung von Kontrollprüfungen, übernommen. Darüber hinaus begleitet die BAST den gesamten Umstellungs- und Implementierungsprozess bis einschließlich 2020 mit ihrer fachlichen Expertise und beteiligt sich an Forschungsaktivitäten, insbe-

sondere hinsichtlich der Erfahrungssammlung mit offenporigen Belägen.

In einem Memorandum of Agreement wurde die Zusammenarbeit Ende 2015 zwischen Rijkswaterstaat (RWS) und der BAST vereinbart.

Charakteristika des niederländischen Autobahnnetzes

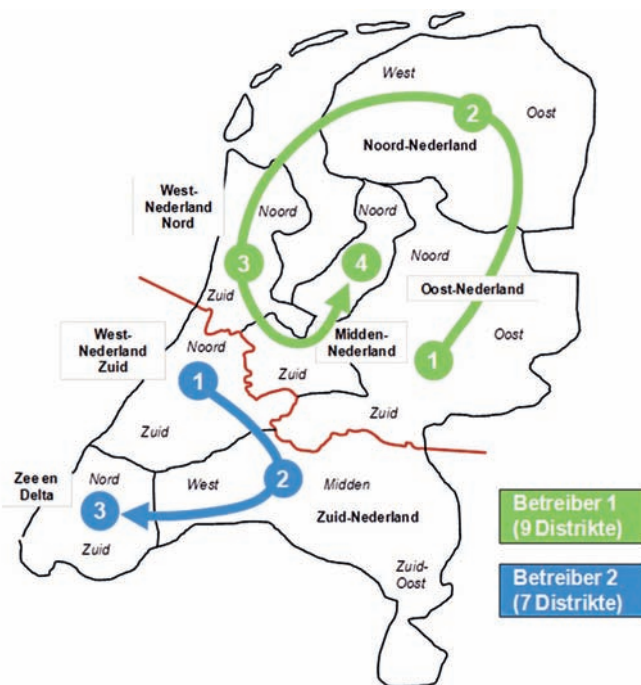
Das von RWS verwaltete niederländische Autobahnnetz hat eine Streckenlänge von rund 3.000 Kilometern bei einer fahrstreifenbezogenen Erfassungslänge von circa 5.800 Kilometern.

Für die Planung und Durchführung der Kontrollmessungen waren insbesondere zwei Besonderheiten zu berücksichtigen. Zum einen sind circa 90 Prozent der Deckschichten in offenporigem Asphalt (OPA) ausgeführt, für die die Temperaturkorrektur derzeit noch nicht abgesichert ist. Demnach dienen die Messungen auch der wichtigen Erfahrungssammlung mit dieser Bauweise. Zum anderen erfolgt die Nummerierung der Fahrstreifen nicht wie in Deutschland von rechts nach links, sondern in umgekehrter Reihenfolge. Dies kann dazu führen, dass ein durchgehender Fahrstreifen bei Spuraddition oder -subtraktion seine Nummer wechselt, was insbesondere bei der eindeutigen Identifikation eines Erfassungsabschnittes berücksichtigt werden muss.

Das Streckennetz wurde von RWS in insgesamt 16 Distrikte unterteilt. Diese wurden wiederum zu zwei Teilerfassungsgebieten (Nord und Süd) zusammengefasst, die jeweils von einem Betreiber gemessen wurden.

Online-Meldesystem

Zur Planung und Koordinierung der durchzuführenden Kontrollprüfungen seitens der BAST muss der Erfassungsfortschritt tagesgenau nachvollzogen werden. Hierzu wurde ein Online-Meldesystem entwickelt und programmtechnisch umgesetzt, das einerseits den spezifischen Belangen des niederländischen Netzes Rechnung trägt – unter anderem Fahrstreifennummerierung, Seitenstreifenfreigaben – andererseits aber auch möglichst einfach und komfortabel zu nutzen ist, um den Betreibern einen intuitiven Zugang zu ermöglichen.



Aufteilung des niederländischen Autobahnnetzes in zwei Teilerfassungsgebiete mit insgesamt 16 Distrikten (7 Regionen) und schematische Darstellung der groben zeitlichen Messabfolge

Neben der tabellarischen Ansicht der Erfassungsabschnitte können die gemessenen Strecken auch anschaulich in einer Karte dargestellt werden.

Über das Portal konnten außerdem unplanmäßige Messpausen mitgeteilt werden, sodass bereits angesetzte Kontrollprüfungen rechtzeitig umgeplant und dadurch die zeitlichen Abstände zu den Betreibermessungen minimiert werden konnten.

Durch eine individuelle Zuweisung von Lese- und Schreibrechten für RWS, die BAST und die beiden Betreiber konnte das Tool von allen Parteien zielgerichtet und effizient genutzt werden.

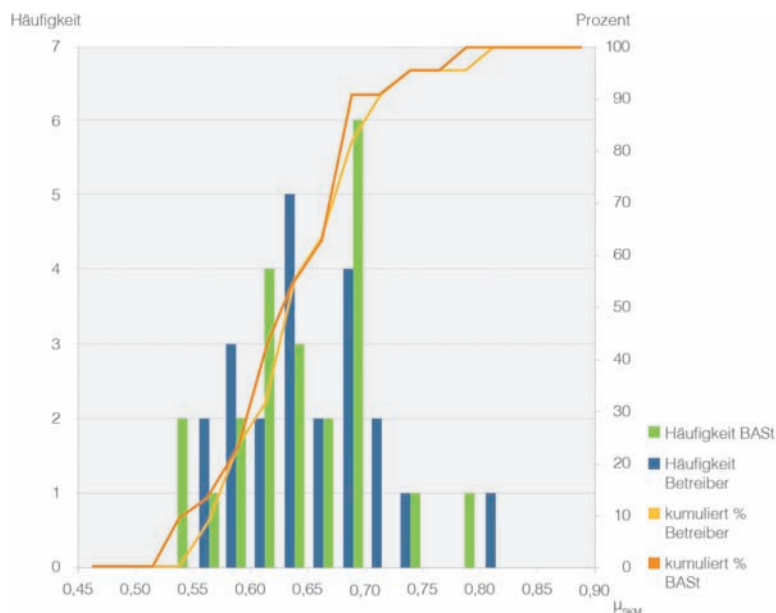
Erkenntnisse aus den Kontrollprüfungen

Die SKM-Kontrollprüfungen erfolgten gemäß der deutschen Technischen Prüfvorschriften für Griffigkeitsmessungen im Straßenbau TP Griff-StB (SKM) 2007 als Doppelmessung bei 80 km/h. In vier Messkampagnen wurden im Zeitraum von Mitte Mai bis Mitte August 2016 insgesamt 22 jeweils zwei Kilometer lange Streckenabschnitte überprüft. Außerdem wurden bei jeder Kampagne zwei ausgewählte OPA-Strecken (Projektstrecken) zur Erfahrungssammlung gemessen, die regelmäßig auch von den Betreibern als Eigenüberwachungsstrecke genutzt werden.

Im Bild rechts ist die Verteilung des Griffigkeitsniveaus für die untersuchten Kontrollabschnitte getrennt nach BAST und Betreiber dargestellt. Wenngleich eine statistische Aussage auf dieser geringen Datenbasis nicht möglich ist, so können der Darstellung doch zwei wichtige Aussagen entnommen werden:

- Die Griffigkeiten liegen allesamt auf einem vergleichsweise hohen Niveau. Zieht man den deutschen Abnahmewert für Neubaustrecken als Vergleichsgröße heran ($\mu_{SKM} = 0,46$), so liegen alle gemessenen Werte über diesem Grenzwert.
- Die Spannweite der Griffigkeitswerte reicht von $0,53_{\mu_{SKM}}$ bis nahezu $0,80_{\mu_{SKM}}$, sodass das ausgewählte Streckenkollektiv als aussagekräftig und repräsentativ für das gesamte Netz angesehen werden kann.

Wurden größere Unterschiede zwischen den Messergebnissen der BAST und denen der Betreiber festgestellt, so konnten hierfür in aller Regel Abwei-



chungen von der Messlinie (Rollspur) als Ursache identifiziert werden. Es ist zu erwarten, dass sich diese Defizite aufgrund von Lerneffekten aufseiten der SKM-Fahrer in den kommenden Jahren reduzieren.

Verteilung der Griffigkeiten μ_{SKM} auf Basis der durchgeführten 22 Kontrollmessungen

Der Einfluss des Messzeitpunktes auf die Griffigkeit ist exemplarisch für eine der Projektstrecken im Bild auf der folgenden Seite dargestellt. Auch hier wurden jeweils Doppelmessungen durchgeführt. Das Griffigkeitsniveau lag bei der ersten Messung Mitte Mai 2016 bei $0,531_{\mu_{SKM}}$ und hat sich innerhalb von gut drei Monaten signifikant auf $0,481_{\mu_{SKM}}$ verringert, also um $0,050$. Neben den verkehrlichen Einflüssen aus der polierenden Wirkung der Reifen sind hierfür insbesondere auch jahreszeitliche Schwankungen als Ursache anzuführen. Diese Effekte sind sehr komplex und deshalb schwer modellhaft zu erfassen, werden im weiteren Verlauf der Kooperation jedoch weiter beobachtet und analysiert.

Fazit

Am 14. Oktober 2016 wurde im Rahmen eines Review-Meetings zwischen RWS, der BAST und den beiden niederländischen SKM-Betreibern die abgelaufene Übergangsphase aufgearbeitet und evaluiert. Fazit ist:

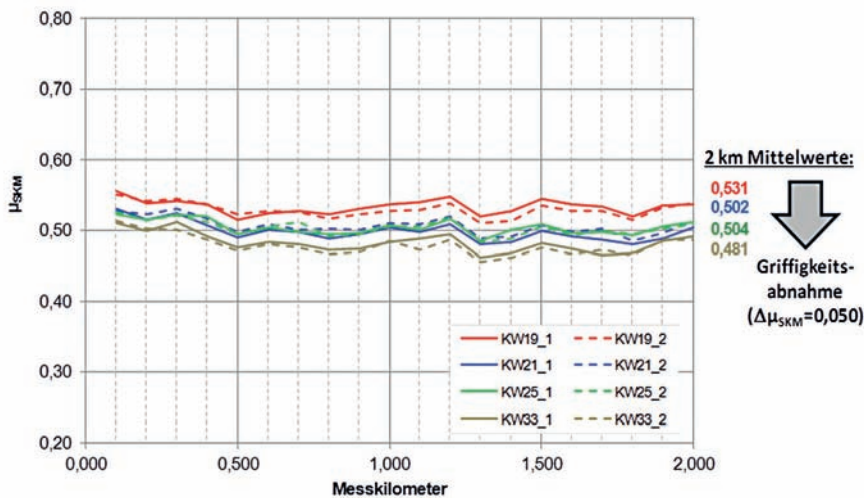
- Für die niederländischen Messfahrzeuge konnte im Rahmen der Qualitätssicherung ein hoher technischer Standard nachgewiesen werden.
- Die Qualität der Messergebnisse konnte im Rahmen der Kontrollprüfungen anhand von Auswertediagrammen objektiv dargelegt wer-

den. Aufgetretene Differenzen zwischen BAST- und Betreibermessungen wurden analysiert und die Betreiber über mutmaßliche Fehlerquellen in Kenntnis gesetzt, insbesondere Defizite in der Spurhaltung.

- Die Testphase hat den ihr zugedachten Zweck in vollem Maße erfüllt, und die verbindlichen Messungen können ab 2017 mit Zuversicht angegangen werden.

Derzeit erfolgt aufseiten von RWS die Auswertung sämtlicher Messdaten mit dem Ziel, eine statistisch abgesicherte Umrechnung zwischen dem alten Verfahren und dem neuen SKM-Verfahren sicherzustellen, sodass vorhandene, auf dem RAW 72 basierende Anforderungsniveaus bestehen bleiben können.

Es ist vorgesehen, dass auch die BAST diese Daten nutzt, um insbesondere die Gültigkeit der Temperaturkorrektur für offenporige Beläge zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen.



Veränderung des Griffigkeitsniveaus auf einer der Projektstrecken („preselected sections“) innerhalb von drei Monaten (Mai bis August 2016)

Referat „Oberflächeneigenschaften, Bewertung und Erhaltung von Straßen“

Tanja Altemeier, Geographin

Jürgen Cadera, Techniker

André Meyer, Bauingenieur

Hans-Joachim Olesch, Elektroingenieur

Daniel Schüller, Informatiker

Kevin Storz, Techniker

Dr. Ulrike Stöckert, Bauingenieurin, Leiterin des Referats

Karen Scharnigg, Bauingenieurin, Referat „Verkehrsbeeinflussung und Straßenbetrieb“



Von Links: Jürgen Cadera, André Meyer, Kevin Storz, Tanja Altemeier, Karen Scharnigg, Dr. Ulrike Stöckert, Hans-Joachim Olesch und Daniel Schüller

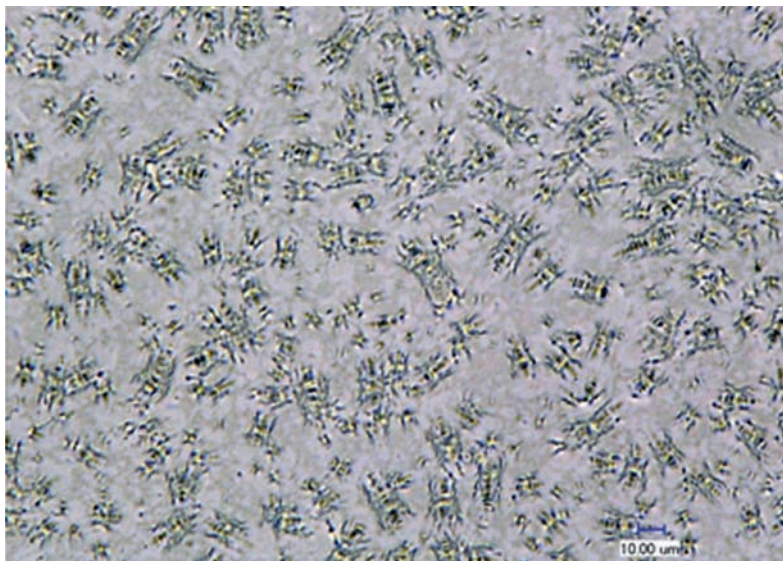
Wie kommen die Bienen in das Bitumen?

Auf den ersten Blick mögen die folgenden Untersuchungen praxisfern und von rein „akademischem“ Interesse erscheinen. Die komplexe chemische Zusammensetzung von Bitumen manifestiert sich in der Ausbildung der beobachteten Strukturen. Falls es sich bestätigt, dass diese Strukturen nicht nur an der Oberfläche entstehen, sondern ein dreidimensionales Netzwerk ausbilden, hat dies erhebliche Konsequenzen auf die bisherigen Modell-Vorstellungen über den Aufbau von Bitumen. Bereits kleine Veränderungen der chemischen und strukturellen Zusammensetzung von Bitumen haben einen Effekt auf die rheologischen und thermoplastischen Eigenschaften des Materials. Obwohl Bitumen nur einen geringen Massen-Anteil an Asphalt hat, haben bereits minimale Veränderungen der molekularen Verteilung und der mikromechanischen Anordnung einen deutlichen Einfluss auf die Performance von Asphaltmischungen. Ein besseres Verständnis der mikromechanischen und chemischen Eigenschaften von Bitumen ist deshalb eine zwingende Voraussetzung, um die Performance von Asphaltmischungen und deren zeitliche Entwicklung zukünftig besser modellieren zu können.

Untersuchungen

Seit mehreren Jahren erscheint im Zusammenhang mit Bitumen der Begriff „Bienenstruktur“. Um was handelt es sich dabei? LOEBER et al. waren die ersten Autoren, die über merkwürdige Strukturen berichteten, die auf Bitumenoberflächen mithilfe der Atomkraftmikroskopie (AFM) zu erkennen waren. Es handelt sich um bienenähnliche Streifenmuster, die unmittelbar von einer weiteren markanten Phase umgeben sind. Diese sind wiederum in einer weitgehend homogenen Matrix zufällig verteilt. Im Rahmen von Untersuchungen in der BAST wurden Bitumen identifiziert, die so große Strukturen aufwiesen, dass sogar die Lichtmikroskopie sinnvoll eingesetzt werden konnte.

Im Bild rechts oben sind streifenförmige Bienenstrukturen zu erkennen, für die sich der Begriff „Catana-Phase“ durchgesetzt hat. Die angrenzende Phase wird als Peri- oder Paraphase bezeichnet, während die indifferente Grundstruktur die Perpetua- oder Sal-Phase bildet. Eine detaillierte Erklärung für die Entstehung dieses Phänomens steht noch aus. Alle Ergebnisse weisen jedoch darauf hin, dass die Struk-

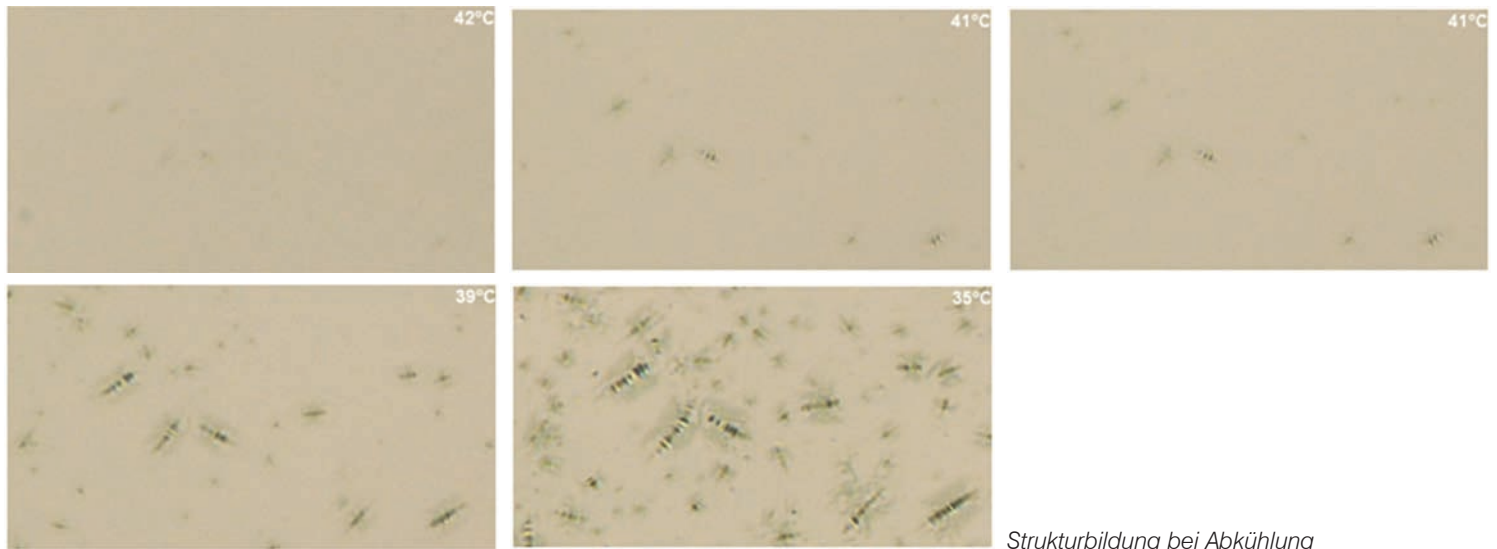


Bienenstruktur (lichtmikroskopische Aufnahme)

turbildung die Folge einer molekularen Selbstaggregation ist. Darunter ist die spontane Assoziation von Molekülen unter Ausbildung beständiger, geordneter Strukturen aufgrund schwacher Wechselwirkungen zu verstehen. Die Stabilität der Strukturen resultiert aus einem komplexen Zusammenwirken der verschiedensten anziehenden und abstoßenden Wechselwirkungsanteile, wie zum Beispiel van der Waals-Wechselwirkungen, π - π -Wechselwirkungen und Wasserstoffbrückenbindungen.

Die Entstehung geordneter Strukturen in einem Vielstoffsystem wie Bitumen ist thermodynamisch zunächst nicht begünstigt, da lokal eine Abnahme der Entropie (Maß für die Irreversibilität eines Systems) damit verbunden ist. Dass dennoch eine Strukturbildung im Bitumen auftritt, ist wohl auf eine Abnahme der Freien Enthalpie ΔG des molekularen Systems und einem Zuwachs an Entropie im Gesamtsystem zurückzuführen. Aufgrund der Komplexität des Systems und der Wechselwirkungen ist die Aufklärung der Mechanismen, die zur Strukturbildung führen, eine große Herausforderung.

Die Strukturbildung ist vom jeweiligen Bitumen abhängig und erfolgt bei Abkühlung innerhalb eines engen Temperaturbereiches. In der Bildfolge auf der folgenden Seite oben setzt der Vorgang bei einer Temperatur von 42 Grad Celsius ein und hat bereits bei 35 Grad Celsius seine vollständige Ausprägung erreicht.



Strukturbildung bei Abkühlung

Eine rasche Abkühlung führt zur Bildung kleiner Strukturen (ein bis zwei Mikrometer), während eine langsame Abkühlung die Bildung von größeren Strukturen begünstigt (20 bis 35 Mikrometer).

Erhitzt man die Probe wieder, dann verschwindet zwischen 40 und 50 Grad Celsius zunächst die Catanaphase. Gleichzeitig wächst die Fläche der Perpetuaphase auf Kosten der Periphase. Die Perpetuaphase erscheint mobil, kontinuierlich, und wirkt vermittelnd bei fast allen Temperaturen. Eine abermalige Abkühlung führt zur vollständigen Wiederherstellung der ursprünglichen Mikrostruktur. Der Vorgang ist somit vollständig reversibel.

Mit Unterstützung des Instituts für Physikalische Chemie der Justus-Liebig-Universität Gießen wur-

den unter Verwendung der konfokalen Laser Scanning Mikroskopie, deutliche Höhenunterschiede auf der vermeintlich so glatten Bitumenoberfläche festgestellt.

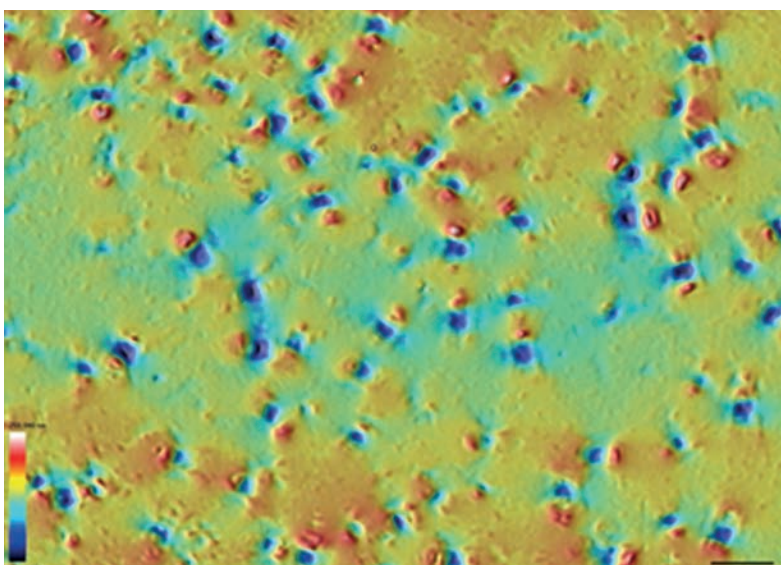
Auch Bienenstrukturen weisen ein regelmäßiges Höhenprofil auf, wie JÄGER et al. mithilfe der AFM-Technik nachweisen konnten. Die Bienenstruktur erscheint als eine symmetrische Folge von Erhebungen und Vertiefungen.

Der Pulsed-Force-Modus eines Atomkraftmikroskops ermöglicht es, Aussagen über die mechanischen Eigenschaften der verschiedenen Bitumenphasen zu erhalten.

So zeigt die Catanaphase entsprechend den Erhebungen und Vertiefungen einen Wechsel zwischen sehr harten und sehr weichen Eigenschaften. Die umgebende Periphase ist sehr steif beziehungsweise hart und die dritte Perpetuaphase ist hingegen niedrigviskos und fast flüssigkeitsähnlich.

Generell besitzen Oberflächenbereiche mit hoher Steifigkeit eine verminderte Adhäsion. Dies trifft besonders auf die Periphase zu.

Bezüglich der chemischen Zusammensetzung der verschiedenen Phasen gibt es bisher noch keine allgemein akzeptierte Erklärung. Das klassische Bitumenmodell ist in diesem Fall nur von begrenztem Nutzen. Gemäß diesem Modell bestehen Micellen (Molekülaggregaten) aus höhermolekularen aromatischen Strukturen (Asphaltenen), die von leichteren Komponenten mit weniger aromatischen Eigen-



Höhenunterschiede der Bitumenoberfläche (Konfokale Laser-Scanning-Mikroskopie)

schaften umhüllt sind. Die chemische Zusammensetzung der „Hülle“ geht mit zunehmendem Abstand kontinuierlich in die Zusammensetzung der zwischen-micellaren Phase über. Deshalb ist keine klare Grenze zwischen den verschiedenen Bereichen feststellbar.

Es können sich zwei Extremformen ausbilden: Das „Sol-Bitumen“, dessen Asphalt-Micellen vollständig dispergiert sind und nicht interagieren, und das „Gel-Bitumen“, dessen Asphalt-Micellen Wechselwirkungen eingehen. Die meisten Straßenbaubitumen entsprechen einem Zustand zwischen den Extremen.

Bezüglich der Bienenstrukturen gibt es derzeit eine Reihe von teilweise widersprüchlichen Erklärungen. Einige Autoren gehen davon aus, dass die Catana-Phase aus kristallinen Paraffinen besteht und als reiner Oberflächeneffekt keine darunterliegende Struktur wiedergibt.

FISCHER, DILLINGH und HERMSE interpretieren Bitumen als eine heterogene aus zwei Phasen bestehende Flüssigkeit, die einen Anteil einer kristallisierenden Fraktion enthält. Asphaltene fungieren als „Kristallisationskeime“, die aufgrund ihrer Affinität zu Paraffinwachsen ausfallen. Dies könnte zur Bildung von schwerlöslichen flokkulierten Asphaltene führen.

AGUIAR-MOYA et al. fanden Hinweise, dass die Bienenstrukturen nicht im Zusammenhang mit Asphaltene stehen. Es wird vielmehr ein Zusammenhang mit den Naphthen-Aromaten vermutet. Die Kristallisation von Paraffinwachsen, sowie die Oxidation von Bitumen werden für die Strukturbildung als nicht relevant angesehen.

JÄGER et al. vermuten hingegen, dass die harten und weichen Bereiche der Bienenstrukturen abwechselnd von hochpolaren Molekülen, wie Asphaltene und Harz und den Polyaromaten/Aromaten gebildet werden.

Die in der BAST durchgeführten Experimente stützen die These, dass zur Bildung der Catana-Struktur, Asphaltene erforderlich sind. Es ist bekannt, dass Asphaltene in wechselnden Anteilen aus planaren Strukturen bestehen, die größere übereinander gestapelte Aggregate bilden können.

Asphaltene allein genügen jedoch nicht, um die Bienen-Struktur zu erklären. Asphaltene wirken versteifend im Bitumen, während hingegen die Reihe der polaren Verbindungen, Polyaromaten, Aromaten und Aliphaten eine abnehmende Viskosität aufweist. Eine mögliche Erklärung für den deutlichen Wechsel der physikalischen Eigenschaften der aufeinanderfolgenden Streifen in der Bienenstruktur ist die Bildung einer „Sandwichstruktur“. Diese wird aus „steifen“ aggregierten Asphaltene und zwischengelagerten niedrigviskose – vorwiegend aus Aliphaten bestehenden – Komponenten gebildet. Generell könnten derartige Strukturen auf einen Verteilungszustand hindeuten, der eher dem Charakter eines „Gel-Bitumens“ entspricht.

Literatur

AGUIAR-MOYA, J. P., SALAZAR-DELGADO, J., BONILLA-MORA, V., RODRÍGUEZ-CASTRO, E., LEIVA-VILLACORTA, F., LORÍA-SALAZAR, L.: Morphological analysis of bitumen phases using atomic force microscopy, *Road Materials and Pavement Design*, 16 (sup1), Seiten 138 bis 152, 2015

FISCHER, H. R., DILLINGH, E., HERMSE, C.: On the microstructure of bituminous binders, *Road Materials and Pavement Design*, 15 (1), Seiten 1 bis 15, 2014

JÄGER, A., LACKNER, R., EISENMENGER-SITTNER, C., BLAB, R.: Identification of four material phases in bitumen by atomic force microscopy, *Road Materials and Pavement Design*, 5 (sup1), Seiten 9 bis 24, 2004

LOEBER, L. et al.: New direct observations of asphalt and asphalt binders by scanning electron microscopy and atomic force microscopy, *Journal of Microscopy* (182), Seiten 32 bis 39, 1996



Dr. Volker Hirsch

Chemiker

Leiter des Referats „Chemische Grundlagen und Umweltschutz“

Einblicke, Fakten



und Zahlen



Straßenverkehrszählung 2015



Bild: Staatliches Bauamt Traunstein

Informationen über Art und Umfang des Kraftfahrzeugverkehrs bilden eine wesentliche Grundlage für die Verkehrsplanung und verkehrspolitische Entscheidungen. Um statistische Grundlagen zu liefern, wurde im Jahre 2015 wieder bundesweit die turnusmäßige Zählung des Straßenverkehrs durchgeführt, die auch alle 12.000 Abschnitte des Bundesfernstraßennetzes erfasst.

Erhebungsarten

An jedem achten Abschnitt (zwölf Prozent) war keine gesonderte Zählung erforderlich, da die Erhebung durch automatische Dauerzählstellen kontinuierlich erfolgt. Zwei Drittel aller Abschnitte (65 Prozent) wurden, wie in der Vergangenheit üblich, durch Zählerinnen und Zähler am Straßenrand mit Strichlisten erfasst. Gezählt

wurde von April bis Oktober an sechs bis acht ausgewählten Tagen jeweils drei Stunden am Nachmittag. Auf stark befahrenen Strecken waren die Zählerinnen und Zähler zusätzlich an zwei Tagen morgens zwischen sieben und neun Uhr vor Ort.

Ein Novum ist die Erhebung des Verkehrs mit unsichtbar in Leitpfosten integrierter Seitenradartechnik. Diese wurde für die Straßenverkehrszählung (SVZ) 2015 erstmals zugelassen und an einem Viertel der Abschnitte (24 Prozent) eingesetzt. Damit können die Fahrzeuge (auch Fahrräder) des nahegelegenen Fahrstreifens zuverlässig erfasst werden. Die Zählraten werden täglich per Mobilfunk abgerufen und von der BAST automatisiert in die Online-Datenbank übernommen.

Art der Zählung	Manuelle Straßenverkehrszählungen	Temporäre Messungen	Automatische Dauerzählstellen
Beginn	1952/53	2014	1975
Zeitliche Erhebung	Stichprobe (Fünfjahres-turnus)	Stichprobe	Totalerhebung
Räumliche Erhebung	Totalerhebung	Standorteignung	Stichprobe
Hochrechnung	Kfz-Verkehr im Jahr	Kfz-Verkehr im Jahr	Kfz-Verkehr im Bundesfernstraßennetz
Erhebung im Jahre 2015	Kraftfahrzeugverkehr auf den freien Strecken der überörtlichen Straßen		
Anzahl der Zählstellen	12.650	6.050	1.635
BAB	1.840	-	765
Bundesstraßen	5.960	2.875	640
Landes- oder Staatsstraßen	4.850	3.175	230
Zählzeit je Zählstelle	15 bis 18 Uhr an 8 Tagen*	0 bis 24 Uhr in 3 Wochen**	0 bis 24 Uhr an 365 Tagen
Fahrzeugartenerfassung	5 Kfz-Gruppen + Fahrräder	5 Kfz-Gruppen + Fahrräder	2 bis 8 Kfz-Gruppen***

* 2 Normalwerktag 7 bis 9 und 15 bis 18 Uhr, 2 Ferienwerktag 15 bis 18 Uhr, 2 Freitage 15 bis 18 Uhr, 2 Sonntage 16 bis 19 Uhr

** 1 Normalwoche im 1. Halbjahr, 1 Sommerferienwoche, 1 Normalwoche im 2. Halbjahr

*** Je nach Gerätetyp werden bis zu acht Kfz-Gruppen unterschieden

Straßenverkehrszählungen in Deutschland

In der Tabelle sind die drei Erhebungsarten gegenübergestellt. Die temporären Messungen mit Seitenradartechnik werden auch in den Folgejahren weiter durchgeführt, um den Zählaufwand im nächsten turnusmäßigen SVZ-Jahr (2020) zu verringern. Es ist davon auszugehen, dass auch das Landes- und Kreisstraßennetz durch diese neue Technik wieder verstärkt erfasst werden.

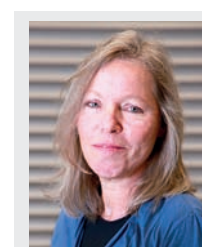
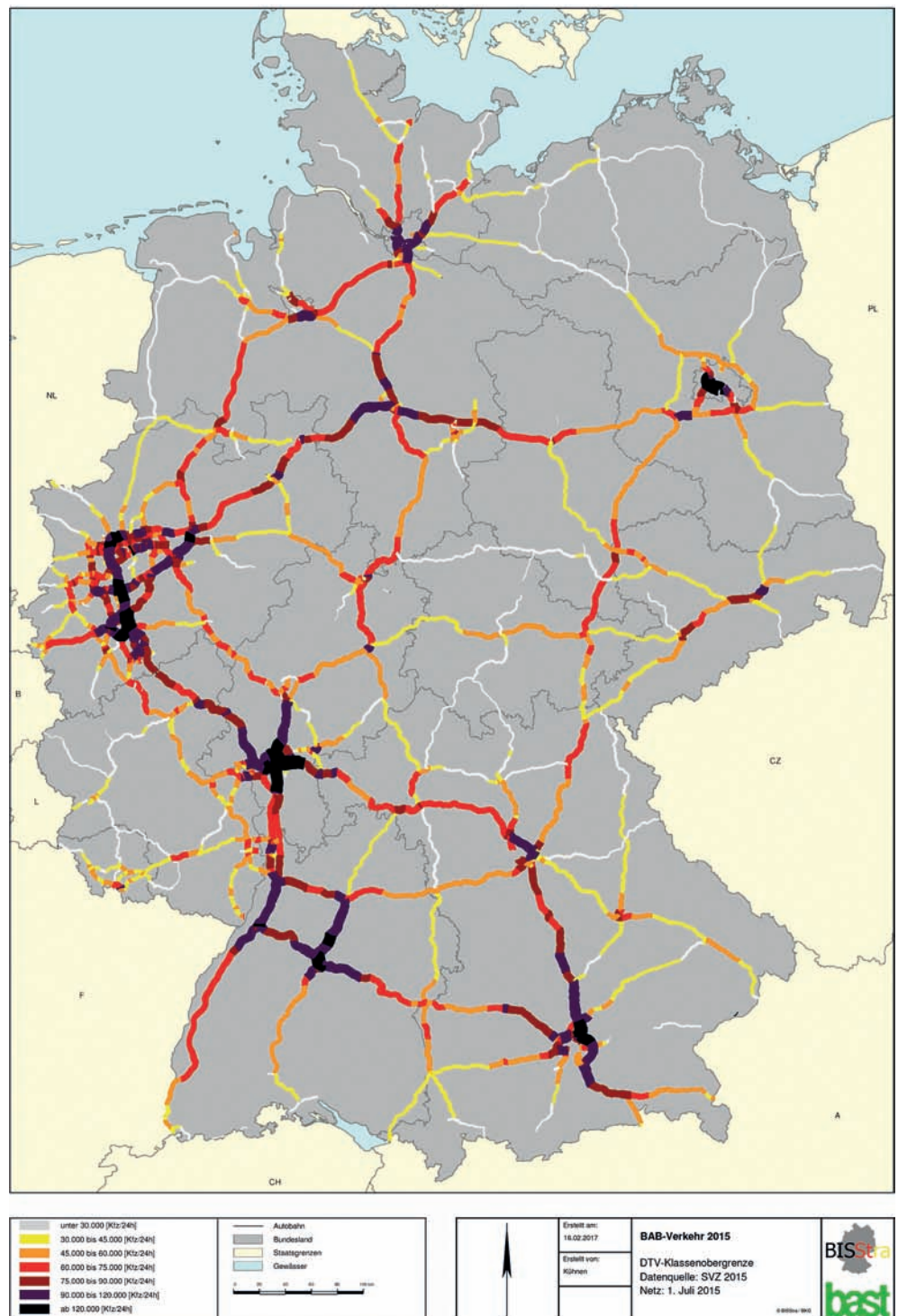
Ergebnisse

Die Straßenverkehrszählung liefert Daten für jeden Zählabschnitt des Bundesfernstraßennetzes. Die Ergebnisse sind auf der Homepage der BAST verfügbar – zusätzlich BAB-Karten mit den Verkehrsmengen insgesamt und für den Schwerverkehr.

Auch im Jahr 2015 zählten die Abschnitte der A3 in Köln und der A100 in Berlin wieder zu den meistbefahrenen Strecken im BAB-Netz. Die durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken erreichten hier Werte von mehr als 165.000 Kraftfahrzeugen am Tag. Der Verkehr war generell in den Ballungsräumen am höchsten.

Beim Schwerverkehr lagen die Spitzenwerte bei über 20.000 Kraftfahrzeugen pro Tag. Dabei trat die A2 nicht nur mit Spitzenbelastungen einzelner Abschnitte sondern auch als Hauptroute des Lkw-Verkehrs als West-Ost-Verbindung deutlich in den Vordergrund. Weitere Spitzenbelastungen waren auch wieder auf den Abschnitten der A3 bei Köln zu verzeichnen.

Alle Ergebnisse werden im Bericht zur Straßenverkehrszählung 2015 in der Schriftenreihe der BAST ausführlich erörtert. Dem Bericht liegt auch eine großformatige bundesweite Karte mit den Verkehrsstärken im gesamten Bundesstraßennetz bei.



Maria Antonia Kühnen
 Volkswirtin
 Referat „Verkehrsstatistik,
 BIStra“

Fahrleistungserhebung 2014

Die Fahrleistung von Kraftfahrzeugen auf dem deutschen Straßennetz ist eine zentrale Kenngröße zur Beschreibung des motorisierten Straßenverkehrs. Eine Primärerhebung dieser Kenngröße ist aufwendig und kostenintensiv und wird deshalb nur in relativ großen Zeitschritten durchgeführt. Die angestrebten Daten können nur im Rahmen eines Erhebungs- und Hochrechnungsverfahrens gewonnen werden, welches aus zwei – einander ergänzenden – Bausteinen besteht. Seit 2002 wurde nun für das Jahr 2014 erst-

mals wieder die Fahrleistung von in Deutschland zugelassenen Fahrzeugen (Inländerfahrleistung) sowie der deutschen und ausländischen Fahrzeuge auf dem deutschen Straßennetz (Inlandsfahrleistung) erhoben.

Die Erhebung der Inländerfahrleistung, die im Auftrag der BAST durch das Kraftfahrt-Bundesamt im Rahmen einer Befragung der Fahrzeughalter durchgeführt wurde, sowie die Erhebung der Inlandsfahrleistung als Verkehrszählung wurden

planmäßig im Jahr 2014 durchgeführt. Die Plausibilisierung und Auswertung der Erhebungsdaten sowie die Aufbereitung der Ergebnisse konnte inzwischen abgeschlossen werden.

Die Ergebnisse werden in zwei separaten Berichten „Fahrleistungserhebung 2014 – Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko“ und „Fahrleistungserhebung 2014 – Inländerfahrleistung“ mit umfangreichem Tabellenanhang dargestellt. Zusätzlich wird der Datensatz der Inländerfahrleistung für weitere wissenschaftliche Analysen über die Clearingstelle Verkehr beim Deutschen Institut für Luft- und Raumfahrt (DLR) zur Verfügung gestellt.

Ergebnisse der Inlandserhebung

Der Fahrleistungstotalwert für das Jahr 2014 auf deutschen Straßen beträgt 743,8 Milliarden Fahrzeugkilometer. Knapp 31 Prozent davon entfallen auf Autobahnen. Insgesamt werden etwa 5,6 Prozent der gesamten Fahrleistung in Deutschland von ausländischen Fahrzeugen erbracht, auf Autobahnen sind es sogar 12,4 Prozent. Die Fahrleistungszahlen können herangezogen werden, um beispielsweise Unfallbeteiligungsraten (unfallbeteiligte Kraftfahrzeuge pro eine Milliarde Fahrzeugkilometer) zu berechnen und somit das Unfallrisiko im Kfz-Verkehr zu quantifizieren.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass sich die Ergebnisse aus einer Hochrechnung von Zählergebnissen einer Stichprobe von Erhebungsorten auf das gesamte Straßennetz ergeben. Aussagen zu Fahrleistungen auf einzelnen Straßenabschnitten oder

Fahrzeugart	Fahrleistung (Milliarden Kilometer)	Anteil ausländischer Kfz (Prozent)
Motorisierte Zweiräder	17,5	9,1
Pkw	586,2	3,5
Pkw mit Anhänger	14,8	7,5
Busse	4,6	5,4
Lieferwagen	51,8	5,7
Lkw ohne Anhänger	22,4	9,1
Lkw mit Anhänger	16,6	27,1
Sattelzüge	26,2	31,7
sonstige Kfz	3,8	6,7
Summe	743,8	5,6

Inlandsfahrleistung 2014 nach Fahrzeugarten

Straßenklasse	Fahrleistung (Milliarden Kilometer)	Anteil ausländischer Kfz (Prozent)
BAB	228,3	12,4
Bundesstraße	168,9	3,1
Landesstraße	137,3	2,0
Kreisstraße	72,0	2,1
sonstige Straße	137,3	2,9
Summe	743,8	5,6

Inlandsfahrleistung 2014 nach Ortslage

Nationalität des Kfz	Fahrleistung (Milliarden Kilometer)	Anteil (Prozent)
deutsch	702,0	94,4
andere	41,8	5,6
Summe	743,8	100,0

Inlandsfahrleistung 2014 nach Nationalität des Fahrzeugs

Fahrzeugart	Unfall mit Getöteten	Unfall mit Schwerverletzten	Unfall mit Leichtverletzten	Insgesamt
	Unfallbeteiligte Kraftfahrzeuge pro eine Milliarde Fahrzeugkilometer			
Motorisierte Zweiräder	41	781	1.851	2.673
Pkw	5	99	526	630
Lieferwagen	4	53	249	306
Pkw mit Anhänger	3	38	151	193
Busse	13	199	1.014	1.226
Lkw ohne Anhänger	9	58	209	276
Lkw mit Anhänger	7	48	124	179
Sattelzüge	13	71	179	263
Sonstige Kfz	32	389	1.327	1.748

Unfallbeteiligte Kfz pro eine Milliarde Fahrzeugkilometer 2014 gegliedert nach Fahrzeugart und Unfallkategorie

Fahrzeuggruppe	Inländerfahrleistung 2014 (Milliarden Kilometer)	mittlerer Kfz-Anmeldebestand 2014 (1.000 Fahrzeuge)	Fahrleistung pro Kfz und Jahr (Kilometer)
Krafträder	12,4	4.148	2.982
Pkw private Halter	489,1	39.657	12.334
Pkw gewerbliche Halter	109,6	4.469	24.519
Kraftomnibusse	4,0	77	51.309
Lkw private Halter	17,4	921	18.949
Lkw gewerbliche Halter	46,4	1.753	26.486
Sattelzugmaschinen	19,3	194	99.692
Sonstige Zugmaschinen	0,6	133	4.209
Sonstige Kfz	3,6	304	11.921
Kfz mit Versicherungskennzeichen	4,6	1.824	2.532
Insgesamt	707,0	53.480	13.220

Inländerfahrleistung 2014 gegliedert nach Fahrzeugarten

Regionen oder aber über die Anzahl der Fahrzeuge, welche die ermittelte Fahrleistung erbringen, sind nicht möglich.

Ergebnisse der Inländererhebung

Aus der Halterbefragung ergibt sich eine Gesamtfahrleistung von deutschen Kraftfahrzeugen im Jahr 2014 in Höhe von 707 Milliarden Fahrzeugkilometern. Etwa drei Prozent davon wurden im Ausland erbracht. Im Mittel über alle Fahrzeuggruppen liegt die jährliche Fahrleistung pro

Kfz bei über 13.000 Kilometern. Die höchsten jährlichen Fahrleistungen pro Kfz finden sich bei den Sattelzugmaschinen.

Anhand der zur Verfügung stehenden Fahrzeug- und Haltermerkmale lassen sich Fahrleistungskennzahlen in tiefer Untergliederung erzeugen und somit beispielsweise die Fahrleistungen von Fahrzeugen nach Antriebsarten oder Emissionsklassen darstellen.



Markus Lerner
Geograph
stellvertretender Leiter des Referats „Unfallanalyse und Sicherheitskonzeption, Verkehrsökonomie“

Ökonomische Folgenabschätzung für Regelungsvorhaben

Grundsätzlich bedürfen seit 2001 alle Regelungsvorhaben der Bundesregierung einer Gesetzesfolgenabschätzung, welche die finanziellen und administrativen Be- und Entlastungen, Nachhaltigkeitsaspekte sowie generell alle wesentlichen, beabsichtigten Auswirkungen und unbeabsichtigten Nebenwirkungen darstellt. Zweck der Gesetzesfolgenabschätzungen ist es, staatliches Handeln effektiver und effizienter zu gestalten, staatliche Eingriffe auf das notwendige Mindestmaß zu beschränken und mögliche Alternativen einzubeziehen.

Die Gemeinsame Geschäftsordnung der Bundesministerien beschreibt dabei das Verfahren zur Erarbeitung von Gesetzesentwürfen durch die Bundesministerien. Im Rahmen des Gesetzgebungsprozesses ist danach eine Vielzahl an Anforderungen von den federführenden Ministerien zu erfüllen. Diese stiegen seit 2006 erheblich durch die Einführung des Normenkontrollrats an, der als zentrales politisches Steuerungsorgan die Einhaltung der Grundsätze der standardisierten

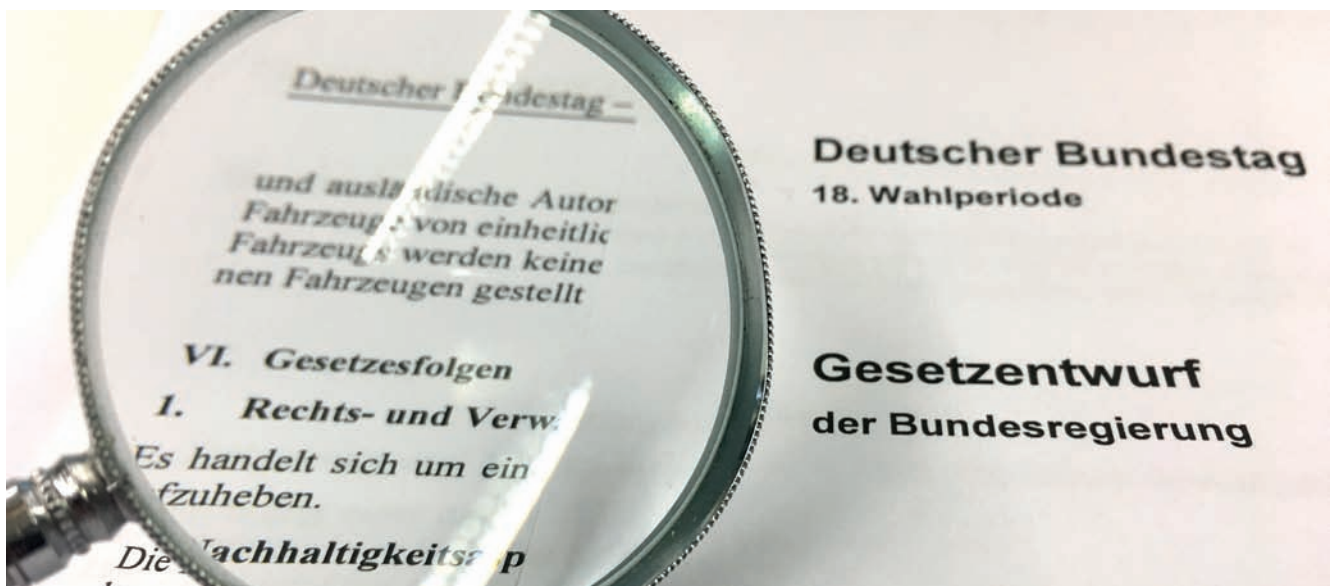
Bürokratiekostenmessung überwacht. Zentraler Baustein ist die Bestimmung des gesamten messbaren Aufwands – der Erfüllungsaufwand – für die betroffenen Normadressaten, Bürgerinnen und Bürger, die Wirtschaft und die Verwaltung.

Seit 2011 misst die BAST auf Grundlage des „Leitfadens zur Ermittlung und Darstellung des Erfüllungsaufwands in Regelungsvorhaben der Bundesregierung“ den Erfüllungsaufwand für ausgewählte Gesetzesvorhaben des Bundesverkehrsministeriums im Bereich Straßenverkehr. Dabei wird bereits im Rahmen der Entwurfserstellung geprüft, welche zeitlichen und finanziellen Be- oder Entlastungen, einschließlich der Bürokratiekosten, sich aus einem Gesetz oder einer Verordnung ergeben. Unterschieden wird zwischen einmaligem Umstellungsaufwand und den jährlichen Folgekosten.

Für die Ermittlung des Vollzugsaufwandes bindet die BAST die Länder und Kommunen systematisch anhand einer Befragung ausgewählter Behörden ein.

Die Behörden auf kommunaler Ebene werden in der Regel von den Landesministerien benannt und können durch die BAST direkt kontaktiert werden. Dabei bedient sich die BAST eines selbstentwickelten Abfrageformulars, welches eine strukturierte Erfassung der Vollzugsaufwände der befragten Behörden ermöglicht. Ziel ist es, den Vollzugsaufwand für Länder und Kommunen bei der Konzeption und Überarbeitung bundesrechtlicher Regelungen praxistgerecht darzustellen und zu berücksichtigen. Dabei werden die Zeitaufwendungen beziehungsweise die Kosten pro Fall dargestellt und, wenn möglich, eine bundesweite Fallzahl abgeschätzt, um letztlich die Auswirkungen für ganz Deutschland bestimmen zu können. Die Berechnungen zum jährlichen und einmaligen Erfüllungsaufwand werden je Normadressat sowohl im Vorblatt als auch in der Begründung der Gesetzesinitiative veröffentlicht.

Sind kleine- und mittlere Unternehmen (KMU) in besonderem Maße von einem hohen Erfüllungsaufwand betroffen, wird in bestimm-

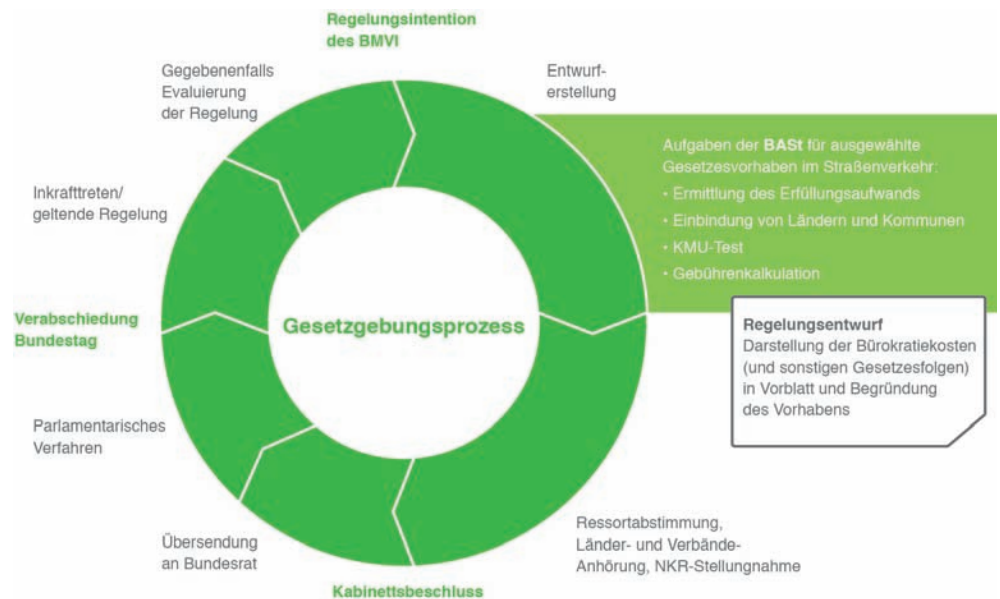


ten Fällen von der BAST zudem ein KMU-Test durchgeführt. Dadurch wird sichergestellt, dass bei der Vorbereitung des Bundesrechts die Belange kleiner und mittlerer Unternehmen frühzeitig berücksichtigt werden. Darüber hinaus können Regelungsvorhaben eine Neukalkulation von Gebühren für Amtshandlungen erforderlich machen, welche ebenfalls durch die BAST durchgeführt werden. Seit Anfang 2016 beschränkt sich die Überprüfung von Regelungsvorhaben auf ihren Erfüllungsaufwand nicht nur auf die nationale Gesetzgebung. Bei Regelungsvorschlägen der EU-Kommission, die EU-weit einen Erfüllungsaufwand (Folgekosten) von mehr als 35 Millionen Euro jährlich aufweisen, ist der nationale Gesetzgeber gehalten, die Folgenabschätzung der EU-Kommission zu bewerten und eine eigene Aufwandsschätzung für Deutschland durchzuführen.

In den letzten zehn Jahren ist insgesamt ein umfassendes System entstanden, das Bürokratie- und Kostenbelastungen aus gesetzlichen Regelungsvorhaben des Bundes für Verwaltung, Bürger und Unternehmen in bisher unbekanntem Ausmaß in Deutschland transparent macht. Damit können klare Orientierungspunkte für die Regierung und die parlamentarischen Entscheidungsträger sowie die interessierte Öffentlichkeit geliefert werden.

Beispiele

Die Arbeit der BAST hat in dieser Zeit einen wichtigen Beitrag für die Umsetzung von wesentlichen Regelungsvorhaben im Bereich des Straßenverkehrs geleistet. Angefangen von der Reformierung des Punktesystems für Verkehrssünder und der Reform des Fahrlehrerrechts bis hin zur Förderung von Elektromobilität und Carsharing haben die Ermitt-



Aufgaben der BAST im Gesetzgebungsprozess

lungen der BAST zum Erfüllungsaufwand zur notwendigen Transparenz beigetragen. Diese haben es den relevanten Entscheidungsträgern ermöglicht, unter Abwägung der ökonomischen Folgekosten wichtige Projekte zur Verkehrssicherheit und Nachhaltigkeit gesetzlich zu verankern.

Dr. Jan-André Bühne

Volkswirt, Referat „Unfallanalyse und Sicherheitskonzeption, Verkehrsökonomie“

Felix Heini

Kaufmann, Referat „Unfallanalyse und Sicherheitskonzeption, Verkehrsökonomie“



Felix Heini (links) und Dr. Jan-André Bühne

BMVI-Expertennetzwerk Wissen – Können – Handeln

Seit Januar 2016 befasst sich das BMVI-Expertennetzwerk Wissen – Können – Handeln mit Forschungsfragen der sicheren und nachhaltigen Entwicklung der Verkehrssysteme in Deutschland. Die BAST und sechs weitere nachgeordnete Behörden aus dem Geschäftsbereich des Bundesverkehrsministeriums sind Teil dieses Forschungsverbundes: Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Deutscher Wetterdienst (DWD), Bundesamt für Güterverkehr (BAG) und Eisenbahn-Bundesamt (EBA). Gemeinsam gestalten sie ein neues Format der Ressortforschung.

Fachleute der BAST leisten wissenschaftlich-technische Beiträge zur verkehrsträgerübergreifenden Forschung und Entwicklung in den verschiedenen Themenfeldern des Netzwerks. Die Gesamtkoordination des Netzwerks ist in der BAST verankert und umfasst einen wis-

senschaftlichen Arbeitsstab, der die Forschungsarbeiten sowie den Wissens- und Technologietransfer fachlich und organisatorisch begleitet (bmvi-expertennetzwerk.de).

Themenfeld 1: Verkehr und Infrastruktur an Klimawandel und extreme Wetterereignisse anpassen

Das Themenfeld 1 widmet sich der Aufgabe, die Verkehrsinfrastruktur des Bundes gegenüber extremen Wetterereignissen und dem Klimawandel widerstandsfähig zu gestalten. Hierzu werden Klimaszenarien und Verfahren zur Risikoanalyse entwickelt und in Fokusgebieten angewendet.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der BAST leiten die Schwerpunkte „Risikoanalyse“, „Hangrutschungen“ sowie „Fokusgebiet Binnen“ und bearbeiten Teilaufgaben in den Schwerpunkten „Hochwassergefahren“ und „Anpassungsoptionen“. Mit dieser Ausrichtung leistet

Themenfeld 1 einen Beitrag zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS).

Im Schwerpunkt „Risikoanalyse“ wird ein Werkzeug zur Analyse von Klimarisiken entwickelt, das auf einem Geographischen Informationssystem (GIS) beruht und Geoinformationen sowie Infrastrukturdaten verknüpft und räumlich visualisiert. Die Risikoanalyse stützt sich auf ein Indikatorenmodell und nutzt Techniken der integrierten Bewertung, um potenzielle Schadensbilder zu systematisieren und Risikofolgen über Wirkungsketten zu modellieren. Es werden Datenprodukte entwickelt, die Auskunft über Gefährdungspotenziale und Verwundbarkeiten geben, sowohl für die nahe als auch die ferne Zukunft.

Der weitere Schwerpunkt „Hangrutschungen“ beinhaltet die Entwicklung von Gefahrenhinweiskarten und den Aufbau einer Rutschungsdatenbank. Im Rahmen der GIS-gestützten Untersuchungen werden Dispositionsfaktoren statistisch analysiert, auf Basis von Expertensystemen gewichtet und räumlich modelliert. Als wesentliche Arbeitsgrundlagen fungieren digitale Gelände- und Landschaftsmodelle sowie ingenieurgeologische und klimatische Forschungsdaten. Die Gefahrenhinweiskarten für die Verkehrsträger Straße und Schiene ermöglichen es, potenziell gefährdete Bereiche auf Netzebene zu identifizieren und für Standortanalysen vorzuselektieren.

Lokale Fallstudien in verkehrlich intensiv genutzten Risikoräumen erfolgen innerhalb des Schwerpunktes „Fokusgebiet Binnen“. Für die Selektion von geeigneten Untersuchungsstandorten werden Auswahlkriterien



Überschwemmungsgebiet (Bild: © mb67 - Fotolia)

wie Gefährdung und Kritikalität sowie die Daten- und Modellverfügbarkeit herangezogen. Neben den Hauptachsen des Transeuropäischen Verkehrsnetzes (TEN-T) in Deutschland sind bedeutende Verkehrsknotenpunkte und Hinterlandverbindungen Teil der Betrachtung. Der Schwerpunkt „Fokusgebiet Binnen“ nimmt eine räumliche Fokussierung vor, um Gefährdungspotenziale mit verfeinerten Methoden lokal zu analysieren.

Themenfeld 2: Verkehr und Infrastruktur umweltgerecht gestalten

Der Verkehr garantiert in einer Gesellschaft die Mobilität der Menschen und trägt in nicht unerheblichem Maße zum Wirtschaftswachstum eines Landes bei. Die umweltgerechte Gestaltung von Verkehr und Infrastruktur ist dabei eine zentrale Voraussetzung nachhaltiger Entwicklung. Die Zunahme der Verkehrsleistung bedingt jedoch immer auch steigende Umweltbelastungen. Diese zeigen sich in der Versiegelung von Bodenflächen, dem Verbrauch von energetischen Rohstoffen, dem Eingriff in empfindliche Biotope mit einhergehendem Schaden für Flora und Fauna, dem Ausstoß von klimaschädlichem Kohlendioxid sowie der Luftschadstoff- und Lärmbelastung.

Bei der Betrachtung von schädlichen Wirkungen auf die Umwelt haben alle Verkehrsträger gemeinsame Schutzziele. Daher sollen im Themenfeld 2 „Verkehr und Infrastruktur umweltgerecht gestalten“ die Kompetenzen der beteiligten Partner miteinander vernetzt und Synergien in den drei folgenden Schwerpunktthemen genutzt werden.



Grünbrücke in Brandenburg (Bild: © Mario Hagen - Fotolia)

Erhaltung und Förderung von Biodiversität und Strukturdiversität

Verkehr trennt und verbindet Lebensräume. Darüber hinaus wird die Ausbreitung von Organismen erschwert oder auch gefördert. Unter diesem Schwerpunktthema werden zwei zentrale Aspekte der biologischen Vielfalt in ihrer Wechselwirkung mit der Mobilität behandelt:

- Die Erhaltung beziehungsweise Wiederherstellung von Lebensräumen mit einer für die Entfaltung von Biodiversität erforderlichen Mindestgröße.
- Die Einschleppung und Verbreitung fremder Arten (Neobiota), zu der alle Verkehrsträger beitragen.

Bewertung und Minimierung stofflicher und nichtstofflicher Wirkungen

Stoffliche und nichtstoffliche Belastungen aus dem Verkehr wirken sich negativ auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt aus. Dieses Schwerpunktthema rückt daher die qualitative Beeinträchtigung des na-

türlichen Lebensraumes von Menschen, Tieren und Pflanzen in den Mittelpunkt:

- Der Verkehr ist Quelle von Schadstoffen, die insbesondere in die Luft emittiert werden, aber auch Boden und Gewässer belasten können.
- Beim Bau von Verkehrswegen und während des Betriebs durch die Verkehrsbauwerke selber können Schadstoffe insbesondere in Boden und Gewässer, gegebenenfalls auch in die Luft gelangen.
- Die Nutzung der Verkehrsträger zieht Lärmbelastung von Mensch und Umwelt nach sich.

Nachhaltigkeitsbewertung

Dieses Schwerpunktthema wirkt in alle Projekte des Themenfelds hinein. Generelle Anforderungen an nachhaltiges Handeln und umweltgerechte Entwicklung wie die Senkung des Energieverbrauchs, die Reduzierung des Ausstoßes von Treibhausgasen und Schadstoffen, die Reduzierung des Verkehrslärms, die Begrenzung des Flächenverbrauchs

und der Erhalt unzerschnittener Lebensräume werden aufgenommen und in praktische Entscheidungshilfen zur Nachhaltigkeitsbewertung übertragen.

Im Ergebnis der verkehrsträgerübergreifenden Zusammenarbeit werden zukunftsfähige Lösungen stehen, die unsere Mobilität langfristig sichern, wirtschaftlich tragfähig und sozial ausgewogen sind und gleichzeitig die Umwelt schonen.



Mintarder Ruhrtalbrücke (Bild: © travelpeter - Fotolia)

Themenfeld 3: Verlässlichkeit der Verkehrsinfrastrukturen erhöhen

Die Verkehrsinfrastrukturen der Verkehrssysteme Schiene, Straße, Wasserstraße sind in die Jahre gekommen. Dies betrifft in besonderem Maße Brücken und sonstige Ingenieurbauwerke, beispielsweise Tunnel, Schleusen, Wehre und Stützwände. Es gilt, die Verlässlichkeit der Verkehrsinfrastrukturen zu gewährleisten.

Damit das Verkehrssystem in Deutschland resilient und nachhaltig weiterentwickelt werden kann, müssen Strategien und Konzepte der Erhaltung auf Optimierungsmöglichkeiten hin untersucht werden.

Aus diesem Grund haben sich für die Arbeiten im Themenfeld 3 vier Schwerpunktthemen herausgebildet:

- Zustandserfassung und -bewertung,
- Zuverlässigkeitsbetrachtungen,
- Vulnerabilitätsanalysen,
- Bauen unter Betrieb.

Grundlage bilden Verfahren der Erfassung und Bewertung des Ist-Zustandes. Dabei sollen zum einen neue Verfahren und Techniken auf Eignung hin untersucht und weiterentwickelt werden. Zum anderen werden bekannte Verfahren hinsichtlich ihrer Aussagequalität und ihres Kosten/Nutzen-Effekts bewertet.

Neben dem aktuellen Zustand ist es sehr wichtig, qualifizierte Aussagen zum zukünftigen Verhalten von Bauwerken treffen zu können. Die bisher weitgehend deterministischen Verfahren sollen zukünftig durch zuverlässigkeits- oder risikobasierte Ansätze ergänzt und langfristig ersetzt werden.

Neben den planmäßigen regelwerkskonformen Beanspruchungen muss die Infrastruktur immer häufiger auch außergewöhnlichen Ereignissen standhalten, zum Beispiel Hochwassern oder Unfällen. Hierfür sind entsprechende Verfahren und Methoden anzupassen oder neu zu entwickeln.

Letztendlich müssen (Bau-)Maßnahmen durchgeführt werden. Die besondere Herausforderung liegt hierbei darin, diese unter Verkehr mit der notwendigen Qualität und unter möglichst geringem Eingriff in den Verkehr durchzuführen. Dafür sind bestehende Verfahren und Methoden anzupassen sowie neue zu entwickeln.



BMVI-Expertennetzwerk

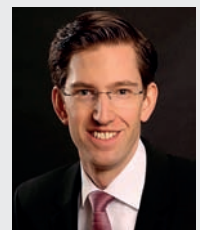
Dr. Anja Baum
Geophysikerin
stellvertretende
Leiterin des Referats
„Umweltschutz“



Ralph Holst
Bauingenieur
Referat „Grundsatz-
fragen der Bauwerks-
erhaltung“



Dr. Martin Klose
Geograph
Referat „Intelligenter
Straßenbau,
regenerative Energie,
Klimawandel“



Forschungsmanagement in der BAST

Zur Beantwortung von technischen und verkehrspolitischen Fragen führt die BAST selbst Forschung durch und vergibt Aufträge an Dritte. Die Forschungsarbeiten werden aus eigenen Haushaltsmitteln und aus Mitteln des Bundesverkehrsministeriums finanziert. Bei der Konzipierung ihrer Forschungsaufgaben arbeitet die BAST eng mit dem Bundesverkehrsministerium (BMVI) und anderen Institutionen zusammen, beispielsweise mit der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). Die BAST betreut jährlich etwa 350 externe Forschungsvorhaben mit einem Gesamtvolumen von rund 70 Millionen Euro schwerpunktmäßig im Rahmen

- des „Forschungsprogramms Straßenwesen“ aus dem Budget des BMVI mit circa 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 drei Millionen Euro je Jahr.

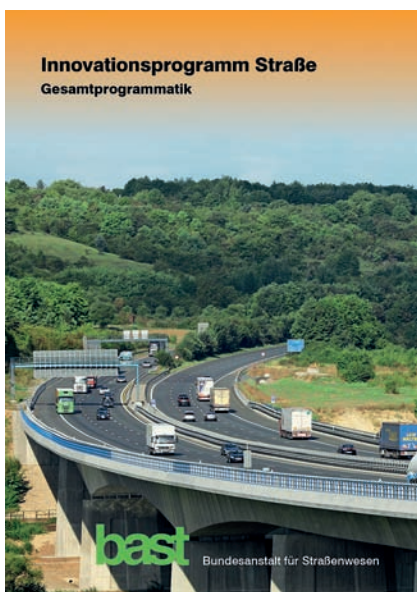
Hervorzuheben ist hierbei das „Innovationsprogramm Straße“, mit dem die BAST seit 2009 Antragsforschung finanziert. Ziel des Programms ist die Förderung innovativer Konzepte und Technologien beim Bau und bei der Erhaltung von Straßen. Die oben genannten Forschungsprogramme sind Bestandteil des Gesamtforschungsprogramms des BMVI.

EU-Forschung

Die BAST wirkte in den Jahren 2015 und 2016 an insgesamt 21 Projekten aus dem siebten und achten Forschungsrahmenprogramm der Eu-

ropäischen Union mit. Insbesondere in den Themenfeldern Straßenbau (Projekte ROSANNE, ECOLABEL, HEALROAD), Resilienz (Projekte RAIN-EX, RESILENS) sowie Automatisierung und Vernetzung (Projekte ECo-AT, European ITS Platform, AdaptIVe, CODECS) hat sich die BAST im Berichtszeitraum in internationalen Kooperationsprojekten engagiert. Beim in 2015 begonnenen Projekt SENIORS (Safety ENhanced Innovations for Older Road userS) liegt die Konsortialfederführung bei der BAST.

Weitere Projekte befinden sich für das achte Forschungsrahmenprogramm (HORIZON 2020) in der Antragungs- oder Vertragsverhandlungsphase.



Dr. Ingo Koßmann
Soziologe
Leiter des Referats
„Forschungskoordination, Bibliothek und Dokumentationswesen“



Dr. Karl-Josef Höhnscheid
Volkswirt
Leiter der Stabsstelle
„Forschungscontrolling“

Intermodaler Ansatz für die europäische Forschungsplanung

Das Forum of European National Highway Research Laboratories (FEHRL) ist die Dachorganisation der nationalen Transportforschungsinstitute auf europäischer Ebene. Von 2014 bis 2016 war BAST-Präsident Stefan Strick gleichzeitig Präsident von FEHRL. In dieser Zeit wurden die wesentlichen Schritte für das neue „Strategic European Road and Cross-modal Research Programme (SERRP)“ mit der FORx4 Initiative „Forever Open Road, Rail, Runway and River across all modes“ eingeleitet. Im neuen SERRP wird durch einen intermodalen Ansatz der Wissenstransfer von und zu den anderen Verkehrsträgern berücksichtigt. Darüber hinaus sollen neue Materialien und Technologien schnell in die Praxis umgesetzt werden, da nur so der angestrebte Mehrwert erreicht werden kann (www.fehrl.org).

Die Europäische Kommission hat in den letzten Jahren einen Schwerpunkt auf die stärkere Intermodalität des Transportwesens mit dem Ziel gelegt, ein transeuropäisches intermodales Transportnetz zu generieren [1]. Das Europäische Forschungsrahmenprogramm „Horizon 2020“ beinhaltet daher diverse Aktivitäten zur Förderung der intermodalen Forschung, unter anderem durch die Entwicklung gemeinsamer Forschungsansätze, die mittels „Coordination and Support Actions“ (CSAs) gefördert werden. Aufgabe von CSAs ist die Unterstützung der Europäischen Kommission bei der Implementierung des Arbeitsprogramms und bei den Evaluierungs- und Monitoringaktivitäten von europäischen Forschungsprojekten.

Konkret umgesetzt wird dies beispielsweise in den drei Projekten „Forever Open Infrastructure across

(x) all modes“ (FOX), „Users, safety, security and energy in transport infrastructure“ (USE-iT) und „Rethinking future infrastructure networks“ (REFINET), die von 2015 bis 2017 eine EU-Förderung erfahren. Involviert sind Partner von allen vier Verkehrsträgern, die zudem die unterschiedlichen Interessen von Forschung, Industrie, Verwaltung und Administration vertreten (www.useitandfoxprojects.eu).



Ziel von REFINET ist es, eine gemeinsame europäische Vision zu formulieren, wie das nachhaltige multimodale Infrastrukturnetz der Zukunft geplant, errichtet und erhalten werden sollte. Das REFINET-Konsortium, das sich aus unterschiedlichen Interessenvertretern mit einem hohen Anteil an Vertretern aus der Wirtschaft zusammensetzt, nimmt sich im Projekt dieser Herausforderung an (www.refinet.eu).

Die beiden Projekte FOX und USE-iT verfolgen dagegen den Ansatz, bereits erprobte Technologien, vielversprechende Ansätze sowie den erforderlichen Forschungsbedarf für deren multimodale Weiterentwicklung zu identifizieren. FEHRL hat die administrative Leitung inne und leitet das Arbeitspaket für die Verbreitung der Projektergebnisse in den beiden miteinander verknüpften Projekten. FOX und USE-iT sind somit die neuen Flaggschiffprojekte von FEHRL, durch die der strategische Ansatz des neuen SERRP VI praktisch umgesetzt und mit Leben gefüllt wird.

Ziel von USE-iT ist ein besseres Verständnis der künftigen gemeinsamen Herausforderungen aller Verkehrs-

träger in den Bereichen Schutz, Sicherheit und Energie. Der Fokus liegt dabei auf den Belangen der Verkehrstechnik. Schwerpunkt von FOX ist dagegen die intermodale Weiterentwicklung der Verkehrsinfrastruktur. Im Rahmen beider Projekte werden unterschiedliche Interessenvertreter zusammengebracht, um auf Basis ihrer Erfahrungen mögliche gemeinsame Forschungsziele zu evaluieren und zu formulieren. Gleichzeitig wird durch gemeinsame Workshops die Grundlage für einen zukünftigen intensiven intermodalen Dialog gelegt.

Die BAST engagiert sich insbesondere im FOX-Projekt. Dessen Ziel ist die Identifikation von gemeinsamen, innovativen Maßnahmen und Verfahren sowie des erforderlichen gemeinsamen Forschungsbedarfs für alle Prozesse des Lebenszyklus von Verkehrsinfrastrukturen. Dies wird in vier technischen Arbeitspaketen bearbeitet:

- Bau (Workpackage (WP) 2; Leitung: lfsttar/Frankreich),
- Erhaltungsmanagement (WP3; Leitung: BAST),
- Inspektion (WP4; Leitung: ZAG/Slovenien) sowie
- Recycling und Wiederverwendung (WP5; Leitung: TNO/Holland).

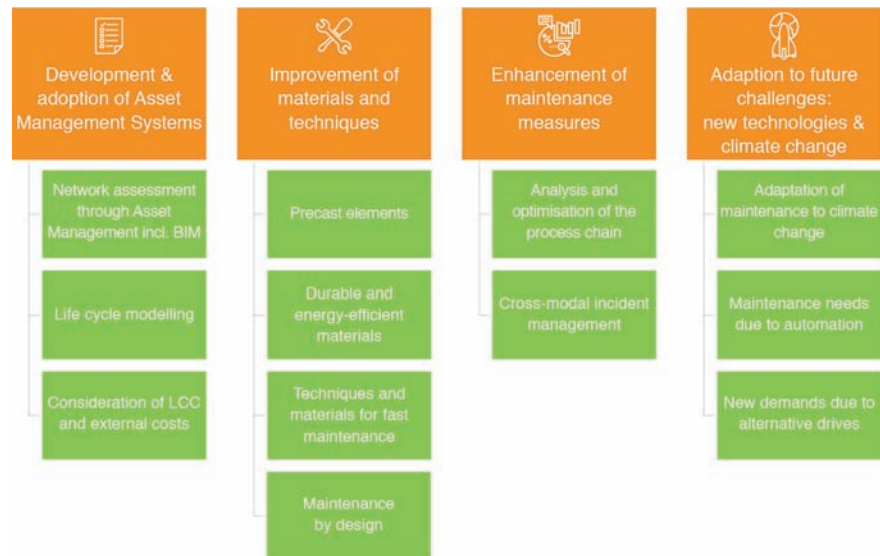
Neben diesen Instituten sind folgende weitere Projektpartner direkt oder indirekt (das heißt über FEHRL umbrella) im Projekt eingebunden: die Transportforschungsinstitute aus Israel (NETIVEI), Österreich (AIT), Polen (IBDiM), Portugal (LNEC), Tschechien (CDV), Ukraine (DNDI), sowie EURNEX (europäische Schirminstitution der Eisenbahnen) und STAC (französisches Technikzentrum für die zivile Luftfahrt). Durch die aktive Beteiligung dieser Organisationen werden die Belange aller Transportmodi gespiegelt. Experten

der BAST unterstützen die Leiter der Arbeitspakete mit ihrem Wissen und stellen damit den Transfer des deutschen Fachwissens sicher.

Sowohl in FOX als auch in USE-iT sind eine Vielzahl weiterer Interessenvertreter eingebunden, damit die unterschiedlichen Sichtweisen aller Institutionen (Politik, öffentliche und private Infrastrukturbetreiber, Forschungsinstitutionen, Universitäten) bei der Definition und Entwicklung der zukünftigen Forschungsziele berücksichtigt werden. Alle Mitwirkenden sind gefragt, ihre Meinung durch die Teilnahme an Workshops, Umfragen und Interviews einzubringen. Methodisch arbeiten die beiden Projekte dabei eng zusammen.

Nach einer ausführlichen Recherche wurden bislang zwei gemeinsame Stakeholder-Workshops von FOX und USE-iT in Brüssel, eine große Fragebogen-Kampagne sowie gezielte Interviews mit Schlüsselpersonen durchgeführt. Daneben gab es durch Präsentationen auf nationalen, europäischen und internationalen Veranstaltungen sowie im Rahmen von Webseminaren die Möglichkeit, mit weiteren Experten in Kontakt zu kommen und deren Einschätzungen und Vorschläge zu berücksichtigen.

Die Ergebnisse umfassen bislang eine Auflistung bewährter Verfahren und optimaler Vorgehensweisen der Themenschwerpunkte der einzelnen Arbeitspakete. Zur Abschätzung des Potenzials ihrer intermodalen Weiterentwicklung durch die beteiligten Experten wurde vom FOX und USE-iT-Konsortium eine gemeinsame Bewertungsmethodik entwickelt. Aufbauend auf dessen Ergebnis wurden potenzielle Forschungsgebiete definiert und den künftigen Herausforderungen zugeordnet. Dieses Zwischenergebnis ist in der Grafik



Identifizierte Herausforderungen und Forschungsbereiche für FOX WP3

exemplarisch für den Bereich „Erhaltungsmanagement“ dargestellt. Der finale Schritt in beiden Projekten betrifft die Erstellung von Roadmaps, das heißt strategischen „Fahrplänen“. Hierin wird die praktische zeitliche Umsetzung der kurz- und mittelfristigen Forschung für die vielversprechendsten technologischen und methodischen Ansätze vorgeschlagen. Diese Roadmaps dienen der Europäischen Kommission als Entscheidungshilfe zur strategischen Festlegung der zukünftigen Agenda der intermodalen Forschung im Bereich „Verkehrsinfrastruktur“.

Ein weiteres wichtiges Ergebnis ist die Etablierung einer neuen Kultur des Austausches zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern. Die vielen gemeinsamen Kontaktpunkte während der Projektbearbeitung sind ein wichtiger Schritt in diese Richtung, die auch nach Projektabschluss weiter gepflegt werden sollen. Zur Informationsverbreitung und zur weiteren künftigen Zusammenarbeit sollen unter anderem soziale Netzwerke wie LinkedIn oder Twitter genutzt werden.

Eine stärkere intermodale Zusammenarbeit zwischen den einzelnen

Verkehrsträgern ist notwendig und erforderlich. Die bisherigen Projektergebnisse verdeutlichen jedoch klar, dass aufgrund der Unterschiede zwischen den einzelnen Verkehrsträgern eine gezielte monomodale Forschungsförderung auch künftig unerlässlich ist.

Literatur

[1] 52011DC0144: WHITE PAPER Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system/* COM/2011/0144 final*/



FEHRL



USE-iT und FOX



REFINET



Ursula Blume
Geologin
Referat „Internationale Forschungsaufgaben im Straßenbau“

Internationale Zusammenarbeit

Forschungsaufgaben der BAST enden in aller Regel nicht an den Landesgrenzen. Die internationale Zusammenarbeit ist daher ein unverzichtbarer Bestandteil der Arbeit der BAST-Wissenschaftler und -Wissenschaftlerinnen und dient sowohl dem Erfahrungsaustausch als auch der Bildung strategischer Allianzen.

Gremien und Organisationen

In den vergangenen zwei Jahren vertraten jeweils über 80 Beschäftigte die BAST in 200 Gremien von mehr als 30 Organisationen. Die meisten und am stärksten besetzten Gremien dienen der Normung. Über die Hälfte der Gremienmitglieder sind hier aktiv, beispielsweise im internationalen Arbeitskreis „Mensch-Maschine-Schnittstelle“. Die BAST beteiligte sich an der Weiterentwicklung und Standardisierung einer neuen Methode, mit der Effekte auf die Fahreraufmerksamkeit aufgrund kognitiver Belastung des Fahrers gemessen werden können (Tactile Detection Response Task (TDRT)). Versuche hierzu erfolgten auch im BAST-MMI-Labor. Die Versuchser-

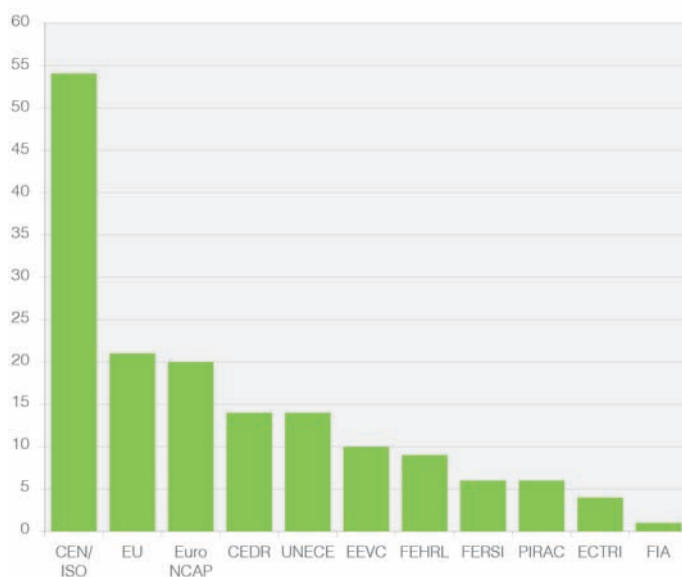
gebnisse sind in die Erstellung der Norm ISO 17488 eingeflossen, die 2016 veröffentlicht wurde. Auch werden im Hinblick auf die geplante Einführung automatisierter Fahrfunktionen derzeit Begrifflichkeiten definiert, die bei der Weiterentwicklung von Metriken zur Messung der menschlichen Verfügbarkeit und Leistung in automatisierten Fahrzeugen zugrunde gelegt werden können. Die Ergebnisse dieser Harmonisierungsarbeit werden zum ISO Technical Report 21959 beitragen.

Darüber hinaus von Bedeutung ist aber auch die bilaterale und multilaterale Kooperation auf allen Ebenen und in verschiedenen Netzwerken. So engagierte sich die BAST im Rahmen der Deutsch-Französischen Zusammenarbeit im Straßenwesen sowohl auf Fach- als auch auf Leitungsebene in jährlichen Sitzungen und Tagungen. Die BAST wirkte in zahlreichen technischen Arbeitsgruppen mit und leitete knapp zehn Prozent der Gremien. Sie stellte mit ihrem Präsidenten Stefan Strick bis 2016 den Präsidenten

von FEHRL (Forum of European Highway Research Laboratories). Dr. Horst Schulze, Leiter der Abteilung Verhalten und Sicherheit im Verkehr, wurde im Oktober 2015 in seinem Amt als Präsident von FERSI (Forum of European Road Safety Research Institutes) bestätigt – ebenso Raschid Urmeew als Generalsekretär.

Im September 2015 übernahm BAST-Wissenschaftler Dr. Torsten Geißler, den Vorsitz der Amsterdam-Gruppe. Die Umsetzung kooperativer Systeme und Dienste (C-ITS) gehört zu den vielbeachteten Themen im Bereich Intelligenter Verkehrssysteme auf der Straße. Deutschland und seine Nachbarländer Niederlande und Österreich testeten hier gemeinsam Pilotanwendungen. Auf europäischer Ebene bemühen sich im Rahmen der Amsterdam-Gruppe die Infrastrukturorganisationen CEDR, ASECAP und POLIS im Dialog mit der Automobilindustrie um das Schaffen der Rahmenbedingungen für eine kohärente C-ITS-Umsetzung.

Anzahl der Gremien



<i>CEDR</i>	<i>Conference of European Directors of Roads</i>
<i>CEN</i>	<i>Comité Européen de Normalisation</i>
<i>ECTRI</i>	<i>European Conference of Transport Research Institutes</i>
<i>EEVC</i>	<i>European Enhanced Vehicle-Safety Committee</i>
<i>Euro NCAP</i>	<i>European New Car Assessment Programme</i>
<i>FEHRL</i>	<i>Forum of European National Highway Research Laboratories</i>
<i>FERSI</i>	<i>Forum of European Road Safety Research</i>
<i>FIA</i>	<i>Fédération Internationale de l'Automobile</i>
<i>ISO</i>	<i>International Organization for Standardization</i>
<i>EU</i>	<i>Europäische Union</i>
<i>PIARC</i>	<i>World Road Association</i>
<i>UN ECE</i>	<i>United Nations Economic Commission for Europe</i>

Mitwirkung der BAST in ausgewählten Organisationen



Mit der Beteiligung von 37 Forschungseinrichtungen aus 17 Mitgliedsländern der EU sowie Norwegen, und einem Budget von 23,5 Millionen Euro war DRUID das bislang größte Europäische Forschungsprojekt in seinem Bereich

Projekte und Auszeichnungen

Für das Europäische Forschungsprojekt DRUID (Driving Under Influence of Drugs, Alcohol and Medicines) erhielt Dr. Horst Schulze als Projekt-Koordinator im Oktober 2016 den Widmark Award. Der Preis wird für herausragende, international sichtbare wissenschaftliche Leistungen auf dem Gebiet der Erforschung von Alkohol und anderen Drogen für die Verkehrssicherheit vergeben. DRUID ist ein von der Europäischen Union gefördertes und von der BAST koordiniertes Projekt. Ziel war es, wissenschaftliche Grundlagen für verkehrspolitische Entscheidungen innerhalb der EU zu schaffen und effiziente Maßnahmen gegen das Fahren unter dem Einfluss von Alkohol, Drogen und Medikamenten vorzuschlagen.

Im September 2016 organisierte und leitete die BAST einen Workshop bei der Europäischen Kommission, bei dem von europäischen Vertretern aus Politik, Wissenschaft und Praxis Empfehlungen für den Bereich der Fahrausbildung und Fahrerlaubnisprüfung als Grundlage für die nächste EU-Führerscheinrichtlinie entwickelt wurden.

Auf transnationaler Ebene wurden unter maßgeblicher Beteiligung der

BASt mit dem Start von ERANET ROAD im Jahr 2008 und der Fortführung bis 2016 durch das CEDR Transnational Research Programme in nunmehr neun transnationalen Ausschreibungen kontinuierlich Instrumente und Prozesse für eine länderübergreifende Zusammenarbeit entwickelt. Mit einem Gesamtbudget von fast 25 Millionen Euro wurden bislang knapp 70 Projekte gefördert, die über 100 Forschungsorganisationen aus mehr als 20 Ländern durchgeführt haben. Auch im deutschsprachigen Raum bietet es sich an, vorhandene Ressourcen in Gemeinschaftsvorhaben zu bündeln, um Themen umfassender beforschen zu können.

So wurde im Rahmen der Verkehrsinfrastrukturforschung ein erstes Pilotvorhaben „Weiterentwicklung der Betontechnologie im Bereich Straßenbau“ mit einem Budget von über zwei Millionen Euro gemeinsam von Österreich und Deutschland konzipiert und im Frühjahr 2016 erfolgreich ausgeschrieben. Aufgrund der positiven Erfahrungen soll im Jahr 2017 unter zusätzlicher Beteiligung der Schweiz eine ähnliche Ausschreibung zur Asphalttechnologie durchgeführt werden.

Kooperationen

Seit Januar 2015 beraten Unfallexperten der BAST ukrainische Fachleute aus dem dortigen Infrastrukturministerium beim Aufbau eines Teams zur technischen Untersuchung von schweren Verkehrsun-

fällen kommerzieller Fahrzeuge (Lkw und Busse). Im Rahmen dieses EU-Twinning Projektes sollen die BAST-Mitarbeiter nicht nur technische Details vermitteln, sondern die Ukrainer auch bei der Ausarbeitung gesetzlicher Vorlagen unterstützen und aufzeigen, wie gewonnene Erkenntnisse zur Verbesserung der Verkehrssicherheit genutzt werden können. Eine bestehende Kooperationsvereinbarung mit RIOH (Research Institute of Highway) in Beijing wurde 2016 mit zwei wissenschaftlichen Arbeitstreffen in Deutschland und China gefestigt.

In 2016 fand das Deutsch-Niederländische Arbeitstreffen mit Schwerpunkt Straßenbau in der BAST statt. Der niederländischen Delegation, geleitet von Theo van de Gazelle, stellvertretender Generaldirektor von Rijkswaterstaat, gehörte erstmalig auch die Niederländische Organisation für Angewandte Naturwissenschaftliche Forschung (TNO) an.

Im Dezember 2016 unterzeichnete Andre Seeck, Leiter der Abteilung Fahrzeugtechnik der BAST, eine Kooperationsvereinbarung mit Xiaobo Wu, dem stellvertretenden Präsidenten des China National Institute of Standardization (CNIS). Im Mittelpunkt der Vereinbarung steht die Untersuchung und Analyse von Verkehrsunfällen vor Ort. Vorbild ist GIDAS (German In-Depth Accident Study), das größte Projekt zur Detailanalyse von Unfällen in Deutschland.



Petra Peter-Antonin
Ingenieurin für Sicherheitstechnik
Leiterin der Stabsstelle „Presse und Öffentlichkeitsarbeit“

Presse und Öffentlichkeitsarbeit



Beim Tag der Verkehrssicherheit wurde unter anderem ein Auffahrunfall mit simuliertem Feuerwehreinsatz gezeigt

Der Tag der Verkehrssicherheit fand am 20. Juni 2015 zum elften Mal in Folge statt. Zu diesem Anlass öffnete auch die BAST ihre Labore und Versuchshallen und bot zusammen mit 23 Partnern eine Vielzahl von Aktionen zum Mitmachen sowie Informationen rund um das Thema Verkehrssicherheit an.

Außerdem ist es schon Tradition, dass sich die BAST jedes Jahr im August beim Tag der offenen Tür der Bundesregierung im BMVI in Berlin mit einem eigenen Stand präsentiert: 2015 zum Thema Elektrokleinfahrzeuge und 2016 mit Informationen zur Kindersicherheit im Auto.

Veranstaltungen

In den Jahren 2015 und 2016 wurden teils in Zusammenarbeit mit anderen Organisationen und unter Beteiligung von nationalen und internationalen Fachleuten zahlreiche Fachveranstaltungen und Workshops durchgeführt. Einige davon werden im Folgenden beispielhaft genannt:

Unter Schirmherrschaft des BMVI stand die Tagung „Straßenbauwerk, Umweltschutz, Kreislaufwirtschaft (StrUK): Wie sind sie miteinander vereinbar?“, die Staatssekretär Rainer Bomba am 22. und 23. Juni 2015 in der BAST eröffnete. Rund 100 Experten kamen bei dieser von der BAST und der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV) veranstalteten Tagung auf der Suche nach Lösungen zusammen.

Am 3. September 2015 fand in der BAST das 5. Deutsch-Chinesische Straßenverkehrssicherheitssymposium statt. Das Hauptinteresse der hochrangig besetzten Delegation chinesischer Wissenschaftler lag auf der Verbesserung der Verkehrssicherheit durch verkehrstechnische und organisatorische Maßnahmen.

Fachleute aus ganz Deutschland trafen sich am 8. und 9. Oktober 2015 auf Einladung der ZNS-Hannelore Kohl Stiftung und der BAST

in Bergisch Gladbach, um neue Wege zur Versorgung der jährlich etwa 70.000 Verkehrsunfallopfer mit Kopfverletzungen zu erarbeiten und Maßnahmen zu entwickeln, die Unfallzahlen zu verringern. Der parlamentarische Staatssekretär Norbert Barthle überbrachte ein Grußwort des Bundesverkehrsministers.

„Intelligente Brücke - Der Weg in die Praxis“ war der Titel eines Symposiums am 30. November 2015, zu dem rund 200 Fachleute in die BAST kamen, um sich über den Stand der Technik und die Umsetzung aktueller Erkenntnisse in die Praxis zu informieren.

Erstmals war die BAST als ideeller Mitträger an der STUVA-Tagung der Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V. (STUVA) beteiligt. Rund 1.800 Tunnelexperten kamen Anfang Dezember 2015 in Dortmund zusammen und konnten in der begleitenden Ausstellung ein Segment des Modelltunnels anschauen, an dem zukünftig in der BAST unter anderem strömungstechnische Optimierungen von Lüftungssystemen untersucht werden können.

Die von der BAST, dem DVR und der Moskauer Technischen Universität für Automobil- und Straßenwesen (MADI) veranstaltete 8. Deutsch-Russische Verkehrssicherheitskonferenz fand am 9. und 10. Juni 2016 im Bundesverkehrsministerium in Berlin statt. Norbert Barthle, parlamentarischer Staatssekretär im BMVI, begrüßte die Teilnehmer.

Das unter Schirmherrschaft von Bundesverkehrsminister Alexander Dobrindt stehende International Symposium on Enhancing Highway

Performance (ISEHP), vereinte erstmals das 7th International Symposium on Highway Capacity and Quality of Service mit dem 3rd International Symposium on Freeway and Tollway Operations des US-amerikanischen Transportation Research Boards (TRB). Die BAST koordinierte die Veranstaltung, die vom 13. bis 17. Juni 2016 in Berlin stattfand. Sie wurde von der Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (FGSV) und den TRB Committees on Highway Capacity and Quality of Service (AHB40) sowie Freeway Operations (AHB20) organisiert. Die rund 200 Teilnehmer aus über 20 Ländern informierten sich über aktuelle verkehrstechnische Projekte, Innovationen, und technische Regelwerke.

Ebenfalls in den Räumen des BMVI in Berlin organisierte die BAST am 25. und 26. August 2016 das 4. KOTSA-BAST Symposium unter dem Motto "Road Safety in Korea and Germany: Status, Targets and Measures". Die koreanische Delegation unter Leitung von YoungTae Oh, des Präsidenten der Korea Transportation Safety Authority (KOTSA), tauschte sich mit Vertretern des BMVI und der BAST über europäische sowie nationale Verkehrssicherheitsthemen aus.

Im Herbst 2016 widmeten sich gleich zwei Veranstaltungen den schwächeren Verkehrsteilnehmern: Unter Schirmherrschaft des Bundesverkehrsministers Alexander Dobrindt fand am 21. September im BMVI in Berlin das gemeinsame Symposium der BAST und der Unfallforschung der Versicherer (UDV) zum Thema „Mehr Radverkehr - aber sicher!“ mit Beteiligung von mehr als 200 Fachleuten statt. Auch beim 9. ADAC/BAST-Symposium „Sicher Fahren in Europa“ stellten am 11. Oktober na-

tionale und internationale Experten unter anderem Erkenntnisse zu E-Bikes im Straßenverkehr, Ablenkung bei Radfahrern sowie Rad-schnellwegen vor und diskutierten während der abschließenden Podiumsdiskussion zum Thema „Fahradhelme“.

Ausstellungen

Gemeinsam mit dem BMVI präsentierte sich die BAST beim Weltstraßenkongress in Seoul im November 2015, im April 2016 bei der Transport Research Arena in Warschau sowie im September 2016 beim Deutschen Straßen- und Verkehrskongress in Bremen.

Besucher

In den Jahren 2015 und 2016 besuchten mehr als 850 internationale und nationale zum Teil hochrangige Gäste die BAST. Vertreter aus Ministerien, der Verwaltung, Industrie und Forschung kamen in die BAST, um sich über aktuelle Arbeitsergebnisse, laufende Untersuchungen und neue Vorhaben zu informieren. Täglich fanden Projektworkshops oder Sitzungen internationaler Organisationen und europäischer Gremien statt.

In den vergangenen zwei Jahren verbrachten 14 Gastwissenschaftler und Gastwissenschaftlerinnen aus acht verschiedenen Ländern mehrwöchige, teils sogar mehrmonatige Aufenthalte in der BAST. Vier Mitarbeiter des ukrainischen Ministeriums für Infrastruktur hospitierten Ende 2016 zwei Tage in der BAST.

Verstorben

Im März 2015 verstarb Professor Dr.-Ing. Dr.-Ing. e.h. Josef Kunz im Alter von 62 Jahren. Er war von 2002 bis 2008 Präsident der BAST und anschließend Abteilungsleiter im Bundesverkehrsministerium.

Publikationen

Die BAST publiziert ausgewählte Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe „Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen“. In den Jahren 2015 und 2016 sind insgesamt 109 Berichte erschienen. Alle Berichte werden im elektronischen BAST-Archiv (ELBA) zum kostenfreien Herunterladen angeboten: bast.opus.hbz-nrw.de. 54 dieser Berichte liegen zusätzlich in gedruckter Form vor. In der ebenfalls von der BAST betreuten BMVI-Schriftenreihe „Forschung Straßenbau und Stra-



BMVI-Staatssekretär Rainer Bomba (Zweiter von links) war im Juli 2016 zu einem fachlichen Informationsgespräch in der BAST

Benverkehrstechnik“ wurden in den letzten zwei Jahren zehn Berichte herausgegeben.

Berichte von besonderem Interesse werden in der Reihe „Forschung kompakt“ in kurzer Form vorgestellt, in 2015 und 2016 in insgesamt 50 Ausgaben.



Daneben informiert „BAST aktuell“ viermal jährlich über Aktuelles aus der BAST sowie „BAST-topics“ in englischer Version. Beide Publikationen sind kostenfrei erhältlich und stehen als Download, wie viele weitere Publikationen der BAST, auf deren Homepage zur Verfügung (www.bast.de).

Broschüren

Seit Herbst 2016 stellt sich die BAST in ihrem neuen Kurzporträt vor. Die Broschüre „Fünf Jahre Forschung 2011 bis 2015 der Bundesanstalt für Straßenwesen“, beinhaltet ausgewählte Ergebnisse der BAST-Forschung.

Zwei Broschüren für Bürgerinnen und Bürger stießen auf besonderes Interesse: „Kindersicherheit im Auto“ und „Informationen zur MPU (Medizinisch Psychologische Untersuchung)“. Insgesamt wurden über 50.000 Exemplare kostenfrei angefordert.

Presse

Das Thema MPU interessierte auch die Medien. Hier gab es vor allem Anfragen zu den jeweils aktuellen Zahlen und zur neuen Broschüre.

Besonderes Interesse zeigten die Medien auch am Feldversuch mit Lang-Lkw, der von der BAST wissenschaftlich begleitetet und Ende 2016 abgeschlossen wurde (siehe Seite 10), sowie an dem duraBAST, dessen Bau in 2015 startete (siehe Seite 74). Im Blickpunkt stand hier insbesondere die Temperierte Straße.

Auch die Ergebnisse der Straßenverkehrszählung (siehe Seite 94) und der Fahrleistungserhebung (Seite 96) wurden und werden immer wieder nachgefragt.

Insgesamt veröffentlichte die BAST in den letzten zwei Jahren 48 Pressemitteilungen zu Forschungsergebnissen und Geschehnissen von allgemeinem Interesse und beantwortete rund 1.600 Presseanfragen.

Stabsstelle „Presse und Öffentlichkeitsarbeit“

Petra Bierl, Dokumentarin

Petra Fischer, Außenhandelskauffrau

Christopher Gerhard, PR und Integrierte Kommunikation

Petra Peter-Antonin, Ingenieurin für Sicherheitstechnik, Leiterin der Stabsstelle

Guido Rosemann, Fotodesigner

Iris Schneidermann, Bauingenieurin, stellvertretende Leiterin der Stabsstelle

Tanja Steg, Betriebswirtin



Von Links: Petra Peter-Antonin, Petra Bierl, Christopher Gerhard, Petra Fischer, Iris Schneidermann, Guido Rosemann, Tanja Steg

Intranet

Anfang 2015 schloss sich die BAST dem inet des Bundesverkehrsministeriums an. Neben ressortübergreifenden Inhalten für alle, hat jede teilnehmende Behörde einen eigenen geschlossenen Bereich. Dieses Konzept bietet den Beschäftigten einen Mehrwert und reduziert gleichzeitig den Pflegeaufwand für alle beteiligten Behörden.



BAST



ELBA

Wissenschaftliche Unterstützung der BAST

Auch in den Jahren 2015 und 2016 hat der Wissenschaftliche Beirat die BAST beraten und unterstützt. Im Mittelpunkt standen hierbei die Auswertung der Ergebnisse der BAST-Forschung 2011 bis 2015 sowie die Beratung der neuen Mittelfristigen Forschungsplanung 2016 bis 2020. Im Berichtszeitraum fanden vier Sitzungen des Beirats statt, der durch Professor Martin Radenberg, Lehrstuhl für Verkehrswegebau, Ruhr-Universität Bochum verstärkt wurde. Als Vertreter des BMVI folgte Unterabteilungsleiter „Straßeninvestitionspolitik, Erhaltung, Finanzie-

rung“, Gerhard Rühmkorf, seinem Amtsvorgänger Dr. Stefan Krause, der zum Abteilungsleiter Straßenbau ernannt wurde. Nach acht Jahren Unterstützung der BAST wurde der Wissenschaftliche Beirat Ende 2016 aufgelöst, um im Folgejahr in neuer Form als Beirat mit zwei angegliederten Fachbeiräten für Verkehrsinfrastruktur und Verkehrssicherheit seine Arbeit nahtlos wieder aufzunehmen. Mit der neuen Struktur soll unter anderem der fachlichen Expertise zu den Themenschwerpunkten der BAST mehr Raum gegeben werden.



Professor Martin Radenberg (links) und Gerhard Rühmkorf

Qualität im Mittelpunkt

Qualität steht im Mittelpunkt bei allen Arbeiten der BAST. Die stetig steigenden Anforderungen der Kunden (Ministerium und Gesellschaft) werden dabei stets berücksichtigt. Eine große Herausforderung sind der Personalabbau und die knapper werdenden Ressourcen bei wachsender Anzahl von Aufgaben. Der Umgang mit dem demografischen Wandel, die Wissenserhaltung sowie die Vereinheitlichung der Anforderungen durch EU-Verordnungen beeinflussen zudem zunehmend die Tätigkeiten der BAST.

Insbesondere an die Prüf- und Kalibrieraufgaben der BAST wurden und werden spezielle Anforderungen gestellt. Die Qualitätsmanagementbeauftragte (QMB) koordiniert unter anderem die hausinterne Umsetzung der Anforderungen der relevanten Regelwerke in den Referaten, die Konformitätsbewertungen durchführen. So ist das Referat „Passive Fahrzeugsicherheit, Biomechanik“ vom Kraftfahrt-Bundesamt benannter „Technischer Dienst der Kategorie A“ und bei der

EU-Kommission und beim Sekretariat der UN-ECE notifiziert. Das Kalibrierlabor für Sensoren im gleichen Bereich, ein durch die Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) für die Messgröße Beschleunigung akkreditiertes Labor, wurde in 2016 erneut erfolgreich durch die DAkkS begutachtet.

Die im Jahr 2014 durch die DAkkS akkreditierte Zertifizierungsstelle Straßenausstattung bei der BAST (BAST-Zert) stellt durch regelmäßige (erfolgreiche) Audits durch die DAkkS, zuletzt in 2016, die internationale Anerkennung ihrer Zertifikate sicher. Auch die akkreditierte „Prüfstelle Straßenausstattung“ unterzieht sich in regelmäßigen Abständen der Überprüfung durch die DAkkS, zuletzt mit Erfolg in 2015.

Zur Sicherstellung der Qualität im Bereich Forschung und im Bereich Beratung wurden die Leitfäden zur „Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ sowie zur „guten wissenschaftlichen Politikberatung“ erarbeitet.

Die Qualität der Forschungsprojekte wird durch ein Projektcontrolling mit standardisiertem Berichtswesen (Kosten-Leistungsrechnung mit SAP) sichergestellt. Die Daten werden aufbereitet, analysiert und bewertet. Durch interne Audits werden Prozesse und Verfahrenswesen in den Organisationseinheiten überprüft, analysiert und gegebenenfalls verbessert. Die QMB leitet seit 2015 ein Team zur Verbesserung der Qualität der BAST-Produkte, schult Beschäftigte und wirkt beim Projekt zur Einführung der E-Akte mit. Als Ergebnis aller Tätigkeiten werden sichere, fehlerfreie, standardisierte Prozesse, Projekte und Verfahren angestrebt, die dem Ausbau und der Weiterentwicklung eines zielgerichteten Qualitätsmanagementsystems dienen.



Dr. Karl-Josef Höhnscheid
Volkswirt
Leiter der Stabsstelle „Forschungscontrolling“



Sabine Lilgert
Mineralogin
Qualitätsmanagementbeauftragte der BAST, stellvertretende Leiterin der Stabsstelle „Forschungscontrolling“

Haushalt und Finanzen

Haushaltsansätze (in tausend Euro)	2015	2016
BASt-Etat	44.609	48.690
Personalausgaben	22.438	22.638
Sachausgaben	18.734	19.335
Zuweisungen/Zuschüsse	1.770	1.400
Sonstige Investitionen	1.667	5.317

Im BASt-Etat des Jahres 2015 gab es kaum Veränderungen gegenüber dem Vorjahr. Für das Haushaltsjahr 2016 hatte die BASt zwei budgeterhöhende Maßnahmen in den Haushalt eingestellt, für die Sondermittel bewilligt wurden: die Beschaffung eines Traffic Speed Deflectometer (3,5 Millionen Euro) sowie notwendige Investitionen in das Informationssystem BISStra (Bundesinformationssystem Straße) mit dem Ziel der Aktualisierung und Weiterentwick-

lung des Verfahrens (0,4 Millionen Euro). Die Realisierung beider Maßnahmen wurde in 2016 eingeleitet, jedoch noch nicht kassenwirksam. Dies führte dazu, dass bei den investiven Haushaltstiteln in größerem Umfang Mittel nicht verausgabt wurden. Ähnliches gilt, wenn auch aus anderen Gründen, für die Zuweisungen und Zuschüsse. Die Haushaltsansätze für Personal- und sächliche Verwaltungsausgaben wurden hingegen weitgehend verausgabt.

Ab dem Jahr 2015 hat der Haushalt der BASt haushaltsrechtliche und -technische Änderungen erfahren, indem die Flexibilisierungsregelungen nach § 5 des jeweiligen jährlichen Haushaltsgesetzes auf weitere Haushaltstitel angewendet werden

können. Es sind danach nur noch einige wenige Haushaltstitel von der Flexibilisierung ausgenommen. Nach nunmehr zwei Jahren sind die erwarteten positiven Auswirkungen eingetreten, etwa durch die Erweiterung der Möglichkeiten bei der Budgetplanung und -bewirtschaftung.

Ab dem Haushaltsjahr 2016 wurden im Einzelplan 12 des Verkehrsressorts (BMVI) umfangreiche Strukturänderungen vorgenommen. So wurde die Kapitelstruktur des Einzelplans vollständig geändert, nahezu jedes Kapitel erhielt eine neue Zuordnung. Die gravierendste Veränderung resultiert aus dem neu erschaffenen separaten Kapitel 1211 „Zentral veranschlagte Verwaltungseinnahmen und -ausgaben“. Dafür wurden bestimmte Haushaltstitel aus den Kapiteln der einzelnen Behörden herausgelöst und für den gesamten Geschäftsbereich zusammengeführt. Die Haushaltsverantwortung für das Kapitel liegt beim BMVI. Die einzelnen Behörden erhalten Budgets aus den einzelnen Titeln, sofern sie diese bisher bereits bewirtschaftet haben.

Hildegard Behr-Greinert
Verwaltungsbeamtin
Leiterin des Referats
„Haushalt, Finanzwesen,
KLR“



Personal

Personalstruktur

In der BASt sind rund 400 Personen beschäftigt, hinzu kommen Auszubildende, Praktikanten und studentische Hilfskräfte.

Der überwiegende Teil der BASt-Beschäftigten hat eine naturwissenschaftliche oder technische Ausbildung. Es sind aber auch Humanwissenschaftler, Rechts- und Wirtschaftswissenschaftler sowie die klassischen Verwaltungsberufe in der BASt vertreten. Annähernd die

Hälfte der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind wissenschaftlich Beschäftigte des höheren Dienstes. 43 Prozent der Beschäftigten in der BASt sind Frauen, dabei ist jede fünfte Führungsposition mit einer Frau besetzt.

Durch die Stelleneinsparungen der letzten Jahrzehnte hat die BASt deutlich weniger Stellen und Planstellen als noch vor 15 Jahren. Für einige Fachbereiche ist es der BASt gelungen, aufgrund kontinuierlicher

Einnahmen die Zahl der einnahmefinanzierten Stellen auszubauen. Insgesamt stehen der BASt immer noch mehr als 300 Stellen/Planstellen für unbefristete Beschäftigungs- oder Beamtenverhältnisse zur Verfügung.

Rund 20 Prozent der Beschäftigten in der BASt haben einen befristeten Arbeitsvertrag. Dabei hat sich in den letzten Jahren – im Gegensatz zu früher – der Anteil der befristet Beschäftigten nur noch unwesentlich erhöht, nicht zuletzt wegen des

Wegfalls der gesetzlichen Stelleinsparung.

Befristete Arbeitsverhältnisse sind in erster Linie im wissenschaftlichen Bereich anzutreffen. So ist von den befristet Beschäftigten der ganz überwiegende Teil (80 Prozent) als Wissenschaftler/Wissenschaftlerin im höheren Dienst tätig. Befristungen im nichtwissenschaftlichen Bereich spielen in der BAST eine eher untergeordnete Rolle, hier sind es vor allem ehemalige Auszubildende, denen im Anschluss an ihre Ausbildung zur Erlangung erster Berufserfahrung ein befristeter Arbeitsvertrag angeboten wird.

Das Wissenschaftszeitvertragsgesetz ermöglicht unter bestimmten Bedingungen länger dauernde Befristungen, sodass die befristeten Verträge mit Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen in der Regel eine Laufzeit von mindestens vier Jahren haben. Im Jahr 2016 wurden die Rahmenbedingungen in den „Leitlinien für befristete Beschäftigungsverhältnisse mit wissenschaftlichem Personal in der BAST“ festgeschrieben.

Qualifizierung und Fortbildung

Fortbildung und Qualifizierung haben in der BAST einen hohen

Stellenwert. In 2015 wurden die Rahmenbedingungen für das umfangreiche Fortbildungsangebot der BAST in einem Fortbildungskonzept zusammengefasst.

Speziell für die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen wurden – auch im Hinblick auf die Anforderungen des Wissenschaftszeitvertragsgesetzes – die „Leitlinien zur Qualifizierung des wissenschaftlichen Personals in der BAST“ formuliert. Eine Promotion als besondere wissenschaftliche Qualifikation schlossen in den Jahren 2015 und 2016 fünf BAST-Beschäftigte erfolgreich ab.

Auch die Förderung des jüngeren wissenschaftlichen Nachwuchses hat in der BAST eine hohe Priorität. Acht Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler hatten in 2016 neben ihrer hauptamtlichen Tätigkeit in der BAST einen Lehrauftrag an einer Hochschule.

Ausbildung

Die BAST bietet eine breite Palette von Ausbildungsberufen an: Baustoffprüfer/-in, Physiklaborant/-in, Chemielaborant/-in, Bauzeichner/-in, Metallbauer/-in Fachangestellte/r für Medien- und Informationsdienste sowie Verwaltungsfachangestellte/r. Im Jahre 2016 wurden 21 junge Menschen in der BAST ausgebildet.

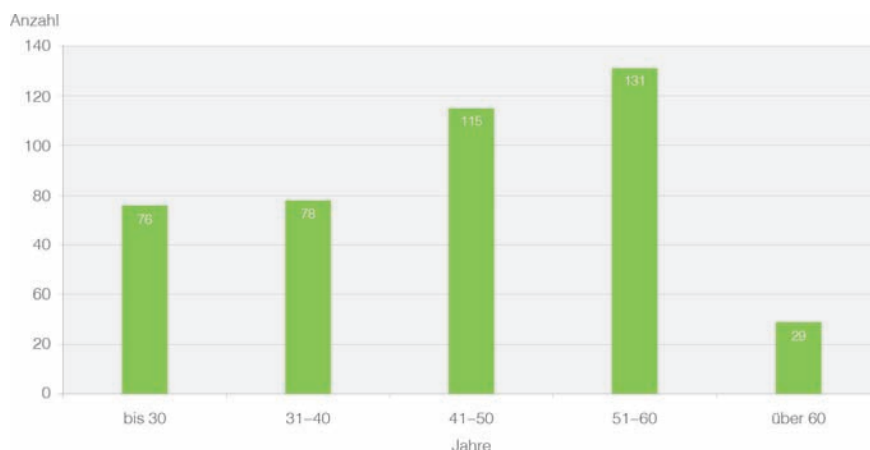
Den Auszubildenden, die ihre Ausbildung erfolgreich beendet haben, bietet die BAST in der Regel eine zumindest befristete Anschlussbeschäftigung an. In einigen Fällen kann ehemaligen Auszubildenden eine unbefristete Perspektive in der BAST geboten werden.

Altersstruktur und Gesundheitsförderung

70 Prozent der Beschäftigten der BAST (ohne Auszubildende, Praktikanten und studentische Hilfskräfte) sind älter als 40 Jahre, 30 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. In den Jahren 2015 und 2016 wurden insbesondere folgende Aktionen durchgeführt:

- „Jeden Tag 3.000 Schritte mehr – Mehr Bewegung im Alltag“ mit der Verteilung von Schrittzählern,
- Teilnahme am Kölner Firmenlauf,
- Bewegte Mittagspause,
- Eröffnung eines Fitnessraums,
- Gesundheitstag zum Thema Ernährung.

Die Maßnahmen zur Gesundheitsförderung werden von den Beschäftigten gut angenommen.



Altersstruktur der Beschäftigten (Stand 1.10.2016)



Dr. Kirstine Lamers
Juristin
Leiterin des Referats
„Personal, Justizariat,
Beschaffung/Vergabe“

Auszeichnungen/Ernennungen/Promotionen/Lehraufträge

Wie erfolgreich die BAST-Beschäftigten in den Jahren 2015 und 2016 waren, zeigen auch verschiedene Auszeichnungen, Ernennungen und Promotionen sowie ausgewählte Lehraufträge an unterschiedlichen Hochschulen und Fakultäten wie auf den folgenden Seiten dargestellt.



Dr. Martina Albrecht leitet seit November 2015 das Referat „Fahreignung, Fahrausbildung, Kraftfahrerrehabilitation“.



Dr. Martin Friese wurde Anfang 2015 der akademische Grad „Doktor der Ingenieurwissenschaften“ von der Technischen Universität Berlin verliehen.



Dr. Anja Baum wirkt seit Anfang 2016 ehrenamtlich im Redaktionsbeirat der Zeitschrift „Immissionsschutz“ mit.



Dr. Torsten Geißler hatte bis 2015 Lehraufträge an der Hochschule Fresenius in Köln und der Verwaltungs- und Wirtschaftsakademie Düsseldorf im Bereich Volkswirtschaftslehre.



Dr. Sandra Breunig wurde Anfang 2015 der akademische Grad „Doktor der Naturwissenschaften“ von der Universität zu Köln verliehen.



Roderich Hillmann wurde im Februar 2015 die Ehrennadel der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen verliehen.



Dr. Jan-André Bühne hatte in 2015 einen Lehrauftrag an der Hochschule Fresenius in Köln im Fach Volkswirtschaftslehre.



Ralph Holst übernahm im Juli 2015 die Koordination des Themenfelds „Verlässliche Infrastruktur“ des BMVI-Expertennetzwerks.



Uwe Ellmers leitet seit Juli 2016 das neue Referat „Emissionen im Kraftfahrzeugbereich“.



Dr. Dirk Jansen leitet seit April 2016 das Referat „Dimensionierung und Straßenbau“.



Dr. Thomas Jährig wurde im Juni 2015 beim TRB-International Symposium on Highway Geometric Design zusammen mit Anne Vettors (TU Dresden) mit dem „Best Paper Award“ ausgezeichnet.



Sabine Lilgert ist seit September 2016 Mitglied im Fachbeirat 1 „Bauwesen/Verkehr/Werkstofftechnik/Materialprüfung“ der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS).



Dr. Simone Klipp hat Lehraufträge an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf und an der Hochschule Döpfer in Köln im Bereich Verkehrspsychologie.



Dr. Sebastian Lipke war bis Januar 2016 bei der BAST beschäftigt. Er hat einen Lehrauftrag an der Universität Duisburg/ Essen im Fachgebiet „Straßenbau und Verkehrswesen“.



Bernhard Kollmus war in 2015 und 2016 an je sechs Lehrveranstaltungen in einer gemeinsamen Lehrveranstaltungsreihe der TU Dresden und der Bauhaus-Universität Weimar beteiligt.



Dr. Matthias Müller wurde im Mai 2016 der akademische Grad „Doktor der Ingenieurwissenschaften“ von der Universität Dortmund verliehen.



Beata Krieger übernahm im Juli 2015 die Gesamtkoordination des BMVI-Expertenetzwerks.



Jan Ork wurde im Januar 2016 mit dem KEMNA-Preis für seine Masterarbeit „Einfluss der Probekörpererwärmung durch zyklischen Spaltzug-Schwellversuch auf die Eingangsgrößen der rechnerischen Dimensionierung“ ausgezeichnet.



Dr. Jürgen Krieger hat seit Sommer 2016 den Vorsitz des Technischen Komitees „Adaption Strategies/Resilience“ der World Road Association (PIARC).



Dr. Tobias Paffrath wurde im März 2016 der akademische Grad „Doktor der Ingenieurwissenschaften“ von der Bergischen Universität Wuppertal verliehen.



Janine Kübler leitet seit September 2016 das Referat „Straßenausstattung“.



Dr. Eiad Ramadan wurde im Frühjahr 2016 der akademische Grad „Doktor der Ingenieurwissenschaften“ von der Bergischen Universität Wuppertal verliehen.



Dr. Horst Schulze wurde im Oktober 2015 für weitere drei Jahre zum Präsidenten des Forum of European Road Safety Research Institutes (FERSI) 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“.



Stefan Strick, Präsident der BAST, wurde im April 2015 als Mitglied in den Beirat der Landesverkehrswacht NRW gewählt und ist Past President des Forum of European Highway Research Laboratories (FEHRL).



Tobias Teichner hat einen Lehrauftrag an der Bergischen Universität Wuppertal zum Thema Steuerung von Lichtsignalanlagen.



Dr. Marko Wieland hält Vorlesungen im Rahmen der Betontechnologischen Ausbildung an der Bayerischen Bau-Akademie Feuchtwangen, im ABZ Melendorf und dem BFW Bau Sachsen in Dresden.



Prof. Dr. Ulf Zander leitet seit September 2015 die Abteilung Straßenbautechnik.



Dr. Dirk Jansen, Bastian Wacker und Dr. Lutz Pinkofsky (von links) wurden im Juni 2016 im Rahmen des ersten internationalen Straßenverkehrskongress TRC in China mit einem Best-Paper-Award ausgezeichnet.



Dr. Sandra Jacobi und Janine Kübler leiten seit August 2016 die akkreditierte „Prüfstelle Straßenausstattung“.



Im November 2016 wurden die drei Auszubildenden Jennifer Sammet, Carina Prechel und Adrian Rink (vorne, von links) sowie Ausbilder Manfred Eilers und die Ausbilderin Silke Sielaff (hinten) für hervorragende Ausbildungsleistungen im Bereich der Bundesverkehrsverwaltung im BMVI ausgezeichnet.



