

# Jahresbericht 2020

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Allgemeines Heft A 43



**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 10 Versuchshallen und teils weltweit einzigartigen Großversuchsständen. Im Autobahnkreuz Köln-Ost betreibt die BASt zudem seit 2017 das Demonstrations-, Untersuchungs- und Referenzareal duraBASt.

# Jahresbericht 2020

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Allgemeines Heft A 43

**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

Fachverlag NW in der  
Carl Ed. Schünemann KG,  
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 Kommunikation.

**Herausgeber:**

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

**Konzept, Redaktion und Gestaltung:**

Stabsstelle Presse und Kommunikation

**Redaktionsschluss:** Januar 2021

**Bildnachweis:**

Bundesanstalt für Straßenwesen, Guido Rosemann (BASt),  
Umschlag Bild oben HHVISION, 2. von oben DOC RABE Media/Fotolia, 4. von oben Jan Scholz, 5. von oben Fa. Schnorpfeil,  
Seite 14 unten links Jan Scholz, Seite 50 oben HHVISION, Seite 58 unten Fa. Schnorpfeil, Seite 72 Luftbildfotograf/Fotolia,  
Seite 73 oben etfoto/Fotolia, Seite 73 unten parallel\_dream/Fotolia und wie ausgewiesen

**Druck und Verlag:**

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

ISSN 0943-9285  
ISBN 978-3-95606-567-5

Bergisch Gladbach, April 2021

## Liebe Leserin, lieber Leser,

der Jahresbericht war unserem Präsidenten, Stefan Strick, stets ein besonderes Anliegen, um Ihnen Einblicke in die aktuellen Ergebnisse unserer Arbeit zu geben. Gemeinsam mit ihm haben wir alljährlich die Schwerpunkte des Berichts festgelegt und die Auswahl der Beiträge diskutiert. So auch für den aktuellen Bericht.

Nun werden Sie sein Vorwort vermissen. Leider haben wir ihn Ende Februar allzu früh und unerwartet verloren. Er verstarb nach kurzer schwerer Krankheit im Alter von 61 Jahren.

Stefan Strick war seit 2011 Präsident der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt). Er hat in dieser Zeit die BASt mit seinen Ideen maßgeblich geprägt – diesen Weg wollen wir fortsetzen. Er war Mitglied in vielen nationalen und internationalen Gremien. Die internationale Zusammenarbeit war ihm ein besonderes Anliegen, für das er sich insbesondere von 2014 bis 2016 als Präsident des Forum of European Highway Research Laboratories (FEHRL) einsetzte. Er hat zahlreiche länderübergreifende Kooperationen aufgebaut, beispielsweise mit Australien, Belgien, Frankreich, den Niederlanden und Dänemark, mit Österreich und der Schweiz sowie Polen und Tschechien.

Während seiner Amtszeit wurde eine weltweit einzigartige Versuchseinrichtung errichtet – das Demonstrations-, Untersuchungs- und Referenzareal der BASt (duraBASt). Stefan Strick etablierte das Förderprogramm „Innovationsprogramm Straße“ als Instrument zur Stärkung innovativer Entwicklungen im Straßenbau und verfolgte konsequent das Ziel einer zukunftsweisenden und umfassenden Digitalisierung in allen Bereichen der BASt-Forschung.

Mit Stefan Strick verliert die BASt nicht nur ihren Präsidenten, sondern auch einen geschätzten und aufmerksamen Kollegen, der zuhören konnte und wollte. Wir werden seine Persönlichkeit, seine Erfahrung und Kompetenz, die im In- und Ausland sehr geschätzt wurde, vermissen. Sein besonderes Augenmerk widmete er dem wissenschaftlichen Nachwuchs, beispielsweise durch die Förderung von Promotionen. So kommen auch im vorliegenden Jahresbericht 2020 viele junge Kolleginnen und Kollegen „zu Wort“.

Rund 60 Autorinnen und Autoren berichten über aktuelle Projekte der BASt, angefangen mit der Re-Evaluation des Alkoholverbots für Fahranfängerinnen und Fahranfänger, über sprechende Arbeitsstellen, Airbags für Radfahrer, Luftschadstoff messende Drohnen, resiliente Straßentunnel, bis hin zur Betonfahrbahn 4.0 und ausgewählten BASt-Projekten im Rahmen des BMVI-Expertennetzwerks.

Sie alle haben häufig – wie so viele in diesem pandemiegeprägten Jahr – zu Hause gearbeitet. Das „Mobile Arbeiten“ wurde für viele zur täglichen Arbeitsform. Die Aufrüstung der IT-Infrastruktur, neue Prozesse und Kommunikationsmöglichkeiten ermöglichten es, den Forschungsbetrieb erfolgreich weiterzuführen.

Lassen Sie sich mit diesem Bericht in den vielfältigen Alltag der BASt-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeiter im Jahr 2020 mitnehmen.

Ihre Stabsstelle  
Presse und Kommunikation der BASt





# Inhalt

<b>Schlaglichter 2020 .....</b>	<b>8</b>
Bundesanstalt für Straßenwesen – digitaler Neustart.....	8
Umorganisation – neue Abteilung M .....	10
Wechsel auf der Leitungsebene .....	11
Kooperationen.....	12
Gäste.....	13
<b>Verkehrsverhalten.....</b>	<b>14</b>
Re-Evaluation des Alkoholverbots für Fahranfängerinnen und Fahranfänger.....	16
Pilotprojekt Influencer-Kampagne #wirgeben8.....	18
Wirksamkeit von Lkw-Notbremssystemen – Analyse der Auffahrunfälle auf Bundesautobahnen.....	20
Aus „Aktion junge Fahrer“ wird „JUNG+SICHER+STARTKLAR“ .....	22
Leistung oder Leichtsinns – Risikofaktoren im Motorradverkehr.....	24
<b>Fahrzeugtechnik .....</b>	<b>26</b>
Arbeitsstellen lernen sprechen – von der Idee zur Realität.....	28
Kommunikation automatisierter Fahrzeuge mit nicht-automatisierten Verkehrsteilnehmern.....	30
Euro NCAP-Tests zur aktiven Sicherheit von Kleintransportern .....	32
Airbag-Sicherheitssysteme für Radfahrer .....	34
Innovativer Fallturmprüfstand zur Schutzkleidungsbewertung .....	36
<b>Verkehrstechnik.....</b>	<b>38</b>
Verkehrsbarometer – Verkehr während der Corona-Pandemie .....	40
Drohnen messen Luftschadstoffe.....	41
Brücken wiegen Fahrzeuge .....	42
Technische Entwicklung zur Vermeidung von Straßensperrungen.....	44
Wie entsteht eigentlich die Mauttabelle? .....	46
Boden und Wasser im Verkehrsraum gemeinsam betrachten und schützen .....	47
Sichere Landstraßen durch geeignete Schutzeinrichtungen.....	48

<b>Brücken- und Ingenieurbau .....</b>	<b>50</b>
Einsatz digitaler Technologien bei Ingenieurbauwerken.....	52
Mit dem RITUN-Leitfaden zu resilienten Straßentunneln .....	53
Ist innovativer Ersatzneubau von Betonbrücken nachhaltig? .....	54
Verbundforschung zur Intelligenten Brücke – OSIMAB und BrAssMan .....	55
Schmale Fahrbahnübergänge aus Asphalt in der Praxis .....	56
Innovation für die Tunnelsicherheit .....	57
<b>Straßenbau .....</b>	<b>58</b>
Länderübergreifende Forschungszusammenarbeit .....	60
Arbeitssicherheit fordert und fördert Innovationen .....	62
Kaltrecycling-Technologie mit Schaumbitumen.....	63
Vom Labor auf die Straße – die neue Mobile PWS .....	64
3-D-Radar zur Bestimmung von Schichtdicken auf Brücken .....	66
Berührungslose Griffigkeitsmessung.....	67
Transparentes Bitumen .....	68
Betonfahrbahn 4.0.....	70
<b>BMVI-Expertennetzwerk .....</b>	<b>72</b>
Gemeinsam forschen für das deutsche Verkehrswesen .....	74
Verlässlichkeit der Verkehrsinfrastruktur erhöhen .....	76
<b>Autorinnen und Autoren der Fachbeiträge .....</b>	<b>78</b>
<b>BAST Zahlen und Fakten 2020 .....</b>	<b>80</b>
<b>Lehraufträge und Promotionen.....</b>	<b>82</b>
<b>Organisation der BAST.....</b>	<b>84</b>

# Schlaglichter 2020

## Bundesanstalt für Straßenwesen – digitaler Neustart

In fast allen Bereichen des Lebens hat die Digitalisierung Einzug gehalten. Mit dem digitalen Wandel in der öffentlichen Verwaltung fällt zurzeit gefühlt eine der letzten analogen Bastionen. Folgt man dem Klischeedenken, ist „das Beamtentum“ ohne ihre „geliebte Akte“ ja auch kaum vorstellbar. Aber es geht – und zwar sehr gut, wie die BAST in 2020 als Forschungseinrichtung im digitalen Selbstversuch feststellen durfte. Vieles im Verlauf des Jahres 2020 war sicherlich durch die Corona-Pandemie geprägt, doch die BAST konnte mit der forcierten Digitalisierung des Forschungsbetriebs den Herausforderungen etwas entgegenhalten, das nicht erst mit dem Auftauchen des COVID-19 Virus begonnen wurde.

Zu einer modernen Forschung gehört heutzutage der souveräne Umgang mit sehr großen Datenmengen und die Anwendung von digitalen

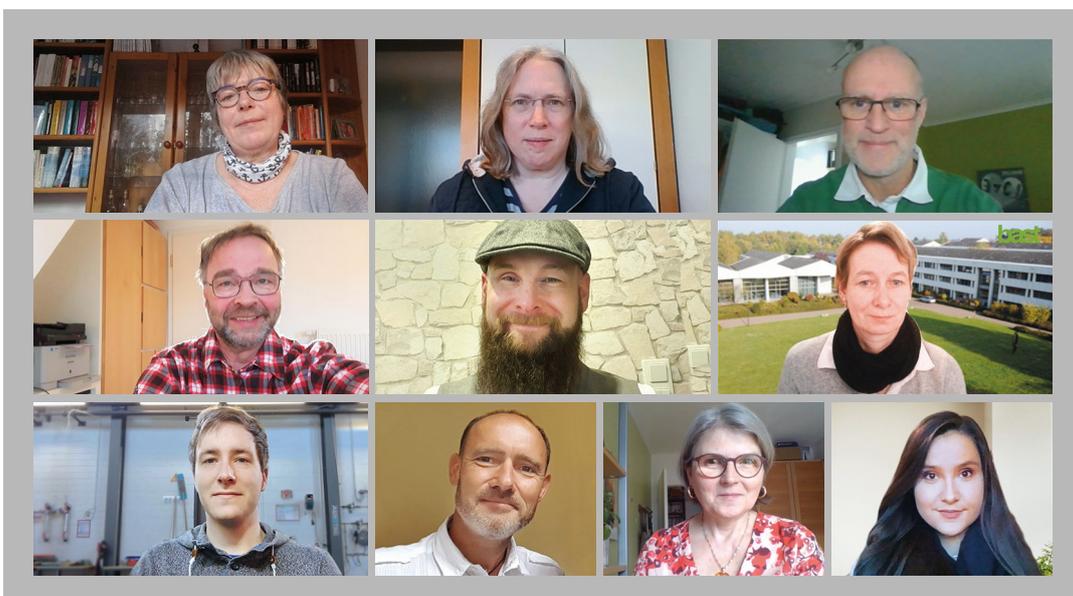
Untersuchungsmethoden wie „Virtual Reality“ und „Digital Simulation“, ebenso wie der klassische Labor- oder Feld-Versuch, der nach wie vor unverzichtbar ist. Hinzu kommen die immer anspruchsvoller werdende Gewährleistung der IT-Sicherheit und des Datenschutzes. Eine erfolgreiche Umsetzung und Wahrnehmung der Forschungsaufgaben bedarf einer Forschungs- und IT-Strategie mit einem modernen Forschungsmanagement, das die digitale Transformation begleitet und ein bedarfsgerechtes Projekt-, Anforderungs-, Prozess- und Informationsmanagement zur Modernisierung von Forschung und Verwaltung beinhaltet. Und auch die Personalratsarbeit erhält eine immer stärkere digitale Prägung.

Seit einigen Jahren geht die BAST deshalb in fast allen Bereichen konsequente Schritte hin zu einer neuen digitalen Entwicklungsstufe

im Arbeitsalltag einer Bundes-Forschungseinrichtung und war damit bereits auf einem guten Weg. Das Jahr 2020 ist in dieser Entwicklung nun deshalb ein besonderes, da aus dem „zügigen Herangehen“ gefühlt ein „High-Speed-Rennen“ wurde. Viele der geplanten und vorbereiteten, aber auch der eigentlich für einen späteren Zeitpunkt ursprünglich angedachten Maßnahmen wurden situationsbedingt in 2020 umgesetzt. Diese Maßnahmen haben alle Bereiche der Forschung und Verwaltung erfasst und den Arbeitsalltag in der BAST nicht nur geprägt, sondern nachhaltig verändert.

### Mobiles Arbeiten

Neben der Anpassung von Hard- und Softwarevoraussetzungen war die Etablierung eines strategischen IT-orientierten Forschungsmanagements ein Meilenstein. Kompetenzen wurden hierzu in einer neuen



Mitglieder des Personalrats der BAST (von links oben): Sabine Fürneisen (Vorsitzende), Dietlind Borst, Klaus-Jürgen Schenker, Guido Rosemann, Ilja Jungfeld, Karen Scharnigg, Yannik Roth, Michael Chudalla, Gabriela Treib und die Jugend- und Auszubildendenvertreterin Miriam Cremer

Abteilung gebündelt, Prozessabläufe wurden angepasst und digital transferiert, eine angepasste Speicherphilosophie verstetigt. Und mit der Pandemie wurde die BAST selbst zum „Experimentierraum“: Das im Vorfeld in Zusammenarbeit zwischen Dienststelle und Personalrat konzipierte und vereinbarte „Mobile Arbeiten“ als Arbeitsalternative zur besseren Vereinbarkeit von Beruf und Familie – das bereits seit dem Frühjahr 2019 in einer Pilotphase im Einsatz ist – wurde quasi von heute auf morgen für viele forschende und verwaltende Beschäftigte in der BAST zur bestimmenden Arbeitsformvariante in 2020. Dafür waren eine Reihe von Maßnahmen notwendig, ermöglicht allein durch immense Anstrengungen, zugegebenermaßen etwas Mut und ein bemerkenswertes Engagement aller Kolleginnen und Kollegen in der BAST – sowohl von Seiten der Dienststelle als auch von Seiten der Beschäftigten.

### **Neue Rahmenbedingungen, Abläufe und Techniken**

Die vorhandene IT-Infrastruktur wurde angepasst, erweitert und effizient betrieben, die formalen Rahmenbedingungen geschaffen und die Beschäftigten laufend informiert, geschult und in die Entwicklungsprozesse einbezogen – und das alles bei laufendem Forschungsbetrieb. Alle Beschäftigten mussten sich – neben ihrer eigentlichen Arbeit – in hohem Tempo mit neuen Rahmenbedingungen, neuen Abläufen und neuer Technik intensiv auseinandersetzen und diese in die persönliche Routine implementieren. Dabei gab es fast täglich individuelle und BAST-weite Premieren: der erste vollständig digitale Aktenvorgang, der erste digitale Online-Konferenzvortrag oder die erste digitale Personalversammlung – das alles sind in-

zwischen Dinge, die zum vertrauten Handwerkszeug gehören. Und die Tücke steckte stets im Detail: „Bin ich zu sehen?“ oder „Kann man mich hören?“ gehören mit Sicherheit zu den meist gesagten Sätzen in 2020. Es hat sich gezeigt, dass Digitalisierung nicht allein im Digitalen stattfinden kann, sondern auch viele analoge Änderungen erfordert. So mussten nicht nur Erfahrungen mit der neuen Kommunikationstechnik für Online-Besprechungen gesammelt, sondern auch eine neue Kommunikationskultur entwickelt und verstetigt werden.

Das Jahr 2020 hat nicht nur gezeigt, welche Vorteile und Chancen die Digitalisierung für die Forschung in der BAST bietet, sondern auch, dass dahinter stets Kolleginnen und Kollegen stecken, die gemeinsam so große Herausforderungen erfolgreich bewältigen können.

Schaut man auf die Ergebnisse, lässt sich feststellen: Trotz – oder gerade wegen – der notwendigen Anstrengungen zur Digitalisierung ist dieses besondere Jahr 2020 ein erfolgreiches für die BAST und ihre Beschäftigten.

*Personalrat der BAST*

## Umorganisation – neue Abteilung M



Wie wichtig ein gut strukturiertes und organisiertes IT-Management für eine Institution wie die BAST ist, hat wohl kein anderes Jahr so deutlich gezeigt wie das Jahr 2020.

Mit einer neuen Abteilung für strategisches IT-Management, die im März 2020 installiert wurde, hat sich die BAST wichtigen Fragen gestellt: Welche Veränderungen in der IT-Landschaft zeichnen sich für die mittlere Zukunft ab? Wie können technologische Innovationen in das Portfolio von Fachanwendungen eingepasst werden? Wie schaffen wir es, dass die Komplexität der IT in der BAST übersichtlich und handhabbar bleibt? Wie sieht die optimale IT-Unterstützung der Forschung in der BAST aus?

Geleitet wird die Abteilung von Karsten Strauch. Er ist Pädagoge mit dem Zweifach Informatik und dem Schwerpunkt Informationsma-



nagement. Karsten Strauch ist seit Oktober 2007 in der BAST und leitete das Referat „Informations- und Kommunikationstechnik“ sowie zuletzt die Stabsstelle „Koordination, Anforderungsmanagement“.



Dr. Karl-Josef Höhnscheid wurde zum stellvertretenden Abteilungsleiter und Leiter des Referats „IT-Portfolio-Management“ bestellt. Der Volkswirt ist seit Januar 2000 Beschäftigter der BAST und war in verschiedenen Leitungsfunktionen aktiv, zuletzt als Stabsstellenleiter „Forschungscontrolling“.



Anke Wohlfeil leitete bislang kommissarisch das Referat „Informations- und Kommunikationstechnik“. Im März 2020 übernahm sie die Leitung des Referats „IT-Administration“. Sie ist Informatikerin und seit 1997 Beschäftigte der BAST.

Die Position der Referatsleitung „Forschungskoordination, Forschungscontrolling“ ist noch vakant. Zum kommissarischen Leiter des Referats „IT-, Projekt-, Prozessmanagement“ wurde Dr. Jan-André Bühne bestellt.

## Wechsel auf der Leitungsebene



Dr. Kirstine Lamers ist seit März 2020 Leiterin der Zentralabteilung. Als promovierte Juristin ist sie seit 1995 in der BAST tätig und leitete zuletzt das Referat für Personal, Auftragsvergaben sowie das Justizariat.



Dr. Johannes Stalberg übernahm im Juli 2020 die Leitung des Referats „Personal, Justizariat, Organisation“. Der Jurist ist seit März 2017 Beschäftigter der BAST.

12 Jahre lang leitete Michael Rohloff die Abteilung Straßenverkehrstechnik. Im September 2020 ging er in den Ruhestand. Er war Vertreter des BAST-Präsidenten und bei der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV) Leiter der AG „Verkehrsmanagement“.



Dr. Lutz Pinkofsky trat im Januar 2021 die Nachfolge von Michael Rohloff an. Der Mathematiker und Geograf ist seit 1998 in der BAST. Dr. Pinkofsky hatte verschiedene Leitungsfunktionen inne. Er war Stabsstellenleiter „Forschungscontrolling, Qualitätsmanagement“ und Leiter der Gruppe „Innovationen im Straßenbau“.



## Kooperationen

Die BAST arbeitet weltweit mit Schwesterinstituten und Organisationen zusammen. Dies ermöglicht einen intensiven wissenschaftlichen Erfahrungsaustausch. Darüber hinaus festigen Kooperationsverträge die Zusammenarbeit.

Am 6. Februar wurde mit einem Memorandum of Understanding die Kooperation zwischen der BAST und der 5G Automotive Association (5GAA) besiegelt. Die 5GAA ist die Organisation, die die C-V2X und 5G Entwicklungen vorantreibt. Dr. Lutz Rittershaus (oben, 3. von links) vertrat die BAST bei der Unterzeichnung in Brüssel (Bild: 5GAA).



Die Präsidenten des Russian Road Scientific Research Institute ROS-DORNII und der BAST, Alexey Varyatchenko (rechts) und Stefan Strick, unterzeichneten am 27. Februar ein Memorandum of Understanding, mit dem sie die Bedeutung des zukünftigen Wissens- und Erfahrungsaustausches zwischen den beiden Forschungsinstituten betonten.



Am 28. Februar unterzeichneten BAST-Präsident Stefan Strick (links) und Terbish Byambaa, Präsident der Mongolian Road Association sowie Ute Hammer, Geschäftsführerin des Deutschen Verkehrssicherheitsrats e.V. (DVR), ein Memorandum of Understanding, das die weitere Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Straßen- und Verkehrswesens zwischen der Mongolei und den deutschen Partnern BAST, DVR und der Vereinigung der Straßenbau- und Verkehrsingenieure Sachsen-Anhalt (VSVI) begründet.

## Gäste

Als praxisorientierte, technisch-wissenschaftliche Forschungseinrichtung des Bundes empfängt die BAST regelmäßig Besucher aus Wissenschaft, Industrie, Politik und Verwaltung. Ab März wurden aufgrund der Pandemie Besuche stark eingeschränkt, sodass nur wenige Gäste eingeladen werden konnten.

Vertreter der Autobahn GmbH, des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und der BAST haben sich am 4. August zu einem Gedankenaustausch über gemeinsame Fragestellungen im Bereich des Straßenwesens getroffen. BAST-Präsident Stefan Strick empfing unter anderem Stephan Krenz, den Vorsitzenden der Geschäftsführung der Autobahn GmbH, sowie Birgitta Worrigen, Unterabteilungsleiterin in der Abteilung Bundesfernstraßen des BMVI.

Dr. Tamara Zieschang, Staatssekretärin im BMVI, besuchte am 3. September die BAST. Begleitet wurde sie von Guido Zielke, Abteilungsleiter Straßenverkehr, und Gerhard Rühmkorf, Unterabteilungsleiter Straßeninvestitionspolitik, Erhaltung, Finanzierung.



### Bundesanstalt fuer strassenwesen

Seit Mai 2020 ist die BAST auf Instagram mit dem Account Bundesanstalt fuer strassenwesen aktiv. Neben aktuellen Forschungsergebnissen gibt es Einblicke in die Arbeit der BAST und spannende Fakten und Daten rund um das Thema Straße und Verkehr. Mit diesem Kanal möchte sich die BAST nicht nur einer größeren Zielgruppe vorstellen, sondern auch Forschung transparenter machen.



23 % aller Radfahrerinnen und Radfahrer tragen ei





LASSEN SICH EURE KIDS IMMER KORREKT ANSCHNALLLEN? 🧑  
GIBT ES DA VIELE DISKUSSIONEN? 🧑  
(WIR BEHANDELN EURE ANTWORTEN WIE IMMER ANONYM)

Gibt es viele Diskussionen beim Thema Anschnallen mit euren Kids?  
Schreibe etwas ...

# Verkehrsverhalten

Re-Evaluation des Alkoholverbots für Fahranfängerinnen  
und Fahranfänger

Pilotprojekt Influencer-Kampagne #wirgeben8

Wirksamkeit von Lkw-Notbremssystemen –  
Analyse der Auffahrunfälle auf Bundesautobahnen

Aus „Aktion junge Fahrer“ wird „JUNG+SICHER+STARTKLAR“

Leistung oder Leichtsinns – Risikofaktoren im Motorradverkehr



# Re-Evaluation des Alkoholverbots für Fahranfängerinnen und Fahranfänger

Dr. Claudia Evers, Psychologin, Referatsleiterin „Grundlagen des Verkehrs- und Mobilitätsverhaltens“ und Leon Straßgütl, Volkswirt, Referat „Unfallstatistik, Unfallanalyse“

Das Alkoholverbot für Fahranfänger gilt seit dem 1. August 2007 für Personen in der Probezeit und für unter 21-Jährige. Kurz nach dessen Einführung wurde es erstmals evaluiert [1]. Es wurde ein deutlicher Rückgang alkoholbedingter Unfälle und alkoholbedingter Verkehrsverstöße sowie eine hohe Akzeptanz der Maßnahme nachgewiesen. Somit konnte durch das Alkoholverbot eine kurzfristige Wirkung erzielt werden.

In der aktuellen Re-Evaluation [2] wurden nunmehr die längerfristigen Wirkungen des Alkoholverbots untersucht. Dahinter steht die Frage, ob das Alkoholverbot für Fahranfänger auch eine sozialisierende Wirkung ausübt. Dieser sozialisierende Effekt hätte zur Folge, dass Personen, die es als Fahranfänger gewohnt waren, Trinken und Fahren

zu trennen, diese Verhaltensweise in ihrer weiteren Fahrkarriere beibehalten – auch wenn sie nicht mehr unter das Gesetz fallen. Zusätzlich wurde analysiert, welchen Effekt das Alkoholverbot auf heutige Fahranfänger hat.

Die Analyse erfolgte dreiteilig: Es wurde geprüft, wie sich das Alkoholverbot für Fahranfänger langfristig

- auf das alkoholbedingte Unfallgeschehen und
- auf alkoholbedingte Verkehrsverstöße auswirkt sowie
- wie sich die Einstellungen zum Alkoholverbot entwickelt haben.

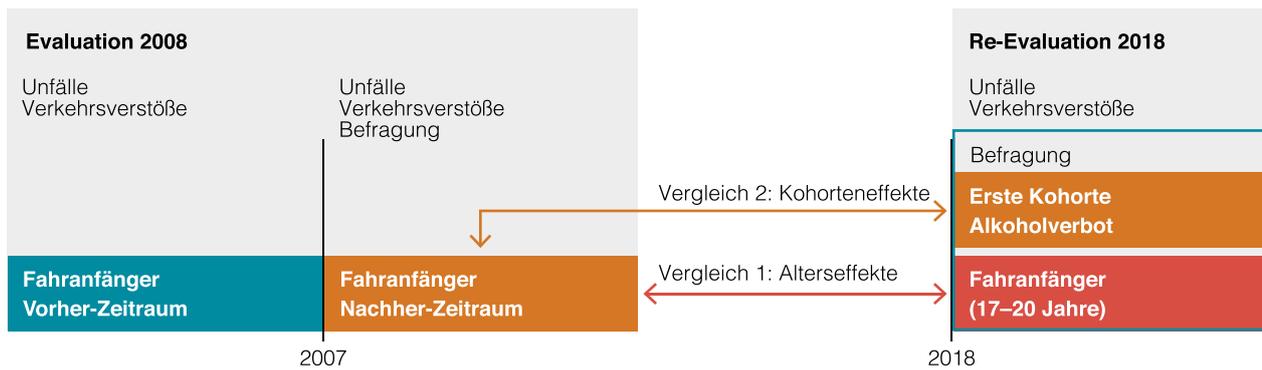
Hierzu wurden die Daten der amtlichen Unfallstatistik sowie die Daten des Fahreignungsregisters (FAER) des Kraftfahrt-Bundesamtes he-

rangezogen und eine Repräsentativbefragung zur Erfassung der Einstellungen gegenüber dem Alkoholverbot für Fahranfänger durchgeführt.

## Ergebnisse

Die Zahl der Alkoholunfälle der ersten Kohorte, die unter das Gesetz fiel, sank langfristig stärker als die Unfallzahl in den Vergleichsgruppen. Als Vergleichsgruppen wurden zum einen Unfälle ohne Alkoholeinfluss der ersten Kohorte herangezogen und zum anderen Alkoholunfälle älterer Kohorten. Somit ging das Alkoholunfallgeschehen in der ersten Kohorte nicht nur für die Zeit zurück, in der das Alkoholverbot für sie galt. Auch nach Ende der Probezeit oder Erreichen des 21. Lebensjahres entwickelten sie sich bezüglich ihres





Schematische Darstellung der beiden Evaluationen zum Alkoholverbot für Fahranfänger

Alkoholunfallgeschehens besser als die Vergleichsgruppen. Zudem ist der Alkoholisierten-Anteil bei den Fahranfängern in den Jahren seit Einführung des Gesetzes signifikant stärker zurückgegangen als bei den Fahrerfahrenen.

Dieses Ergebnis wird durch die Analyse der alkoholbedingten Verkehrsverstöße bestätigt. Die Zahl alkoholbedingter Delikte reduzierte sich auch langfristig deutlich stärker in der Gruppe der jungen Fahranfänger im Vergleich zu der Gruppe der Älteren und Fahrerfahrenen.

Die Ergebnisse der Repräsentativbefragung zeigen eine weiterhin sehr hohe Akzeptanz des Alkoholverbotes bei den heutigen Fahranfängern, die gegenüber der ersten Evaluation noch gestiegen ist. Ebenso hat sich die Akzeptanz in der Kohorte derer erhöht, die bei Einführung des Gesetzes in 2007 erstmalig unter das Alkoholverbot fiel. Demnach wird die Maßnahme auch langfristig für sinnvoll erachtet, auch wenn die Fahrer selbst nicht mehr unter das Gesetz fallen.

Gegenüber der ersten Evaluation sind sowohl das Autofahren als auch der Konsum von Alkohol für die heutigen Fahrneulinge weniger bedeutsam als in 2008. Gleiches gilt auch in der Kohorte der älteren

Befragten, die die erste Kohorte der Fahranfänger waren, die unter das Alkoholverbot fielen. Diese beiden Entwicklungen – sinkende Bedeutung des Autofahrens und sinkender Alkoholkonsum – scheinen daher weniger altersgruppenspezifisch zu sein als längerfristige gesellschaftliche Trends abzubilden, die die Wirksamkeit und Akzeptanz des Alkoholverbotes für Fahranfänger unterstützen können.

### Fazit

Die Ergebnisse der Re-Evaluation des Alkoholverbotes für Fahranfänger bestätigen die positiven Befunde der ersten Evaluation dieses Gesetzes. Gegenüber der ersten Evaluation kurz nach Einführung der Maßnahme hat die damals bereits hohe Akzeptanz weiter zugenommen. Der langfristige Rückgang der alkoholbedingten Unfälle und der Verkehrsverstöße liefert einen deutlichen Beleg dafür, dass das Alkoholverbot für Fahranfänger auch in der langfristigen Betrachtung einen positiven Beitrag zur Verkehrssicherheit leistet.

Das Gesetz wirkt nicht nur auf die unmittelbare Zielgruppe der Fahrneulinge, sondern hat auch in den Folgejahren, wenn die Fahrer nicht mehr unter das Alkoholverbot fallen, positive Wirkungen und damit eine

langfristige, sozialisierende Wirkung bezüglich des Alkoholkonsums im Straßenverkehr.

Unterstützend für die hohe Akzeptanz und Wirksamkeit dieser Maßnahme wirken gesellschaftliche Trends: Der Stellenwert und der Konsum von Alkohol sind gesunken – sowohl bei den jungen Erwachsenen, aber auch insgesamt. ■

### Literatur

- [1] HOLTE, H., ASSING, K., PÖPPEL-DECKER, M. und SCHÖNEBECK, S.: Alkoholverbot für Fahranfänger, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 211, 2010
- [2] EVERS, C. UND STRASSGÜTL, L.: Re-Evaluation des Alkoholverbotes für Fahranfängerinnen und Fahranfänger, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 305, 2020

# Pilotprojekt Influencer-Kampagne #wirgeben8

Stefanie Kaup, Kommunikationswissenschaftlerin, Referat „Sicherheitskonzeptionen, Sicherheitskommunikation“

Unter dem Hashtag #wirgeben8 hat die BAST im September 2020 eine erste Influencer-Kampagne in sozialen Netzwerken durchgeführt. In Kooperation mit der BAST entwickelten 9 Influencer insgesamt 27 Instagram Storys, 9 Instagram Posts und 3 YouTube Videos, um Eltern für das Thema Verkehrssicherheit ihrer Kinder zu sensibilisieren und über richtige Verhaltensweisen aufzuklären.

Als Influencer werden Personen bezeichnet, die mit ihren selbst erstellten Beiträgen hohe Reichweiten in sozialen Netzwerken erzielen. Aufgrund ihrer Persönlichkeitsstärke, kommunikativen Aktivität und Kompetenz in bestimmten Themenbereichen, werden sie von ihren Followern als authentisch und glaubwürdig wahrgenommen.

## Forschungsprojekt zum Einsatz von Influencern

Die Pilotkampagne #wirgeben8 war Bestandteil eines aktuell noch laufenden Forschungsprojekts, das von einem Konsortium bestehend aus der earnesto GmbH, der Technischen Hochschule Köln und der Universität Erlangen-Nürnberg umgesetzt wird.

Dabei werden 2 zentrale Ziele verfolgt: Zum einen soll der gesamte Prozess der strategischen und inhaltlichen Entwicklung einer Influencer-Kampagne für Akteure der Verkehrssicherheitsarbeit transparent gemacht werden. Zum anderen sollen mithilfe einer formativen Evaluation Erfolgsfaktoren für die Zusammenarbeit mit Influencern ermit-

telt und Handlungsempfehlungen für Praktiker in der Verkehrssicherheitsarbeit abgeleitet werden.

Dass Influencer das Potenzial haben, verschiedene Zielgruppen der Verkehrssicherheitsarbeit zu erreichen, belegte ein vorangegangenes Forschungsprojekt der BAST [1]. An diese Erkenntnisse anknüpfend, wurde die Kampagne #wirgeben8 entwickelt.

## Planung der Kampagne

Da Eltern primär die Verantwortung für die Verkehrserziehung ihrer Kinder tragen und als Vorbilder deren Verkehrsverhalten prägen, gibt es bereits unzählige Informationsangebote für Eltern. Die Teilnahme an Präsenzveranstaltungen oder die Nutzung von Internetbeiträgen setzen allerdings Eigeninitiative voraus. Das führt dazu, dass sich besonders solche Eltern informieren, die bereits für das Thema Verkehrssicherheit sensibilisiert sind. Die Ansprache der Zielgruppe über Influencer bietet den Vorteil, dass Eltern in Social Media Formaten erreicht werden, die sie sowieso schon im Alltag nutzen.

Die grundlegenden Verhaltenstipps, die die Influencer auf Instagram und YouTube vermitteln sollten, wurden auf Basis der Erkenntnisse zur Vulnerabilität von Kindern im Straßenverkehr hergeleitet: In der Unfallstatistik ist belegt, dass Kinder in sehr jungem Alter besonders häufig im Pkw als Mitfahrer verunglücken. Mit steigendem Alter nimmt die Häufigkeit von Unfällen von Kindern zu, die sich als Fußgänger und später

als Radfahrer im Straßenverkehr bewegen. So entstanden jeweils 8 Tipps zu den Themen Kinder als Pkw-Mitfahrer, als Fußgänger und als Radfahrer.

Die Auswahl der Influencer erfolgte nach umfangreichen qualitativen und quantitativen Kriterien: Es wurde beispielsweise untersucht, inwieweit und auf welche Art und Weise sich mögliche Influencer bereits mit Themen beschäftigen, die Anknüpfungspunkte für die Kampagne bieten. Neben der inhaltlichen Passung und Background-Checks wurden Analyse-Tools eingesetzt, welche unter anderem Aufschluss über die Reichweite oder Zusammensetzung der Followerschaft geben.



Screenshot der Instagram Story von @daddy.channel in Phase 1



Screenshot des YouTube Videos von @mamiblock in Phase 2

So wurden 9 Influencer ausgewählt, die sich durch die Erfahrung mit ihren eigenen Kindern als authentische und glaubwürdige Vermittler der Regeln eigneten. Die Zuordnung der 3 Influencer mit hoher Reichweite (Heros) und der 6 mit mittelhoher Reichweite (Makros) erfolgte entsprechend ihrer aktuellen Lebensrealität zu den Gruppen „Kinder als Pkw-Mitfahrer“, „Kinder als Fußgänger“ oder „Kinder als Radfahrer“. Jeder Themenbereich wurde von einem Hero- und von 2 Makro-Influencern individuell bearbeitet.

## Phasen der Kampagne

Der Kampagnentitel #wirgeben8 drückt einerseits das gemeinsame Statement der Influencer aus, achtsam im Straßenverkehr zu sein und weist andererseits auf die 8 Tipps hin, die jeder Influencer mit seiner Community teilt. Der Hashtag verbindet alle Beiträge der 3 Kampagnenphasen und stellt einen Wiedererkennungswert dar.

In der ersten Phase wurde das Thema der Kampagne eingeleitet, indem die Influencer in einer Instagram Story über ein aktuelles Erlebnis im Bereich Verkehrssicherheit oder den Aufhänger Schulstart be-

richteten. In dem Zuge wurden die Follower gebeten, ihre Einschätzung zu der beschriebenen Situation mit dem Influencer zu teilen oder ihre eigenen Berührungspunkte mit der Verkehrserziehung zu schildern. Einige Influencer zeigten die eingegangenen Antworten in einer weiteren Story, um den Austausch innerhalb der Community zu fördern.

In der 2. Phase – dem Kern der Kampagne – fand 2 Tage später die Wissensvermittlung durch die Influencer statt. Während die Makro-Influencer die Tipps zu ihrem Themenbereich in Instagram-Stories darstellten, haben die Heros YouTube-Videos entwickelt. Dabei wurden 2 der Heros von Verkehrssicherheitsexperten der Polizei NRW und der Verkehrswacht unterstützt. Da die Aufmerksamkeitsspanne der Nutzer bei YouTube länger als bei Instagram ist, konnten die Tipps hier ausführlicher dargestellt werden. Bei der 3. Influencerin wurde bewusst auf einen Experten verzichtet, um in der folgenden Evaluation Rückschlüsse auf einen möglichen Einfluss von Experten auf die Glaubwürdigkeit der Beiträge ziehen zu können.

Sowohl in den Instagram Stories als auch in den YouTube Videos haben sich die Influencer untereinander verlinkt, um auf die jeweils anderen Verkehrssicherheitsthemen aufmerksam zu machen. Die gezeigten Tipps wurden von allen Influencern noch einmal in Posts auf Instagram zur Verfügung gestellt, sodass auch Follower, die die Story-Funktion nicht nutzen, sich diese anschauen und speichern konnten. Zusätzlich wurden Influencer mit geringer Reichweite (Nano-Influencer) auf die Kampagne aufmerksam gemacht und eingeladen, sich unter dem Hashtag zu beteiligen.

In der 3. Phase wurde erneut auf die Wissensbeiträge hingewiesen, Reaktionen der Follower auf die Tipps geteilt und auf einen Fragebogen aufmerksam gemacht, der Teil der Kampagnen-Evaluation war.

## Evaluation

Um den Erfolg der Kampagne bewerten und Handlungsempfehlungen für Praktiker ableiten zu können, werden in der aktuell noch laufenden Evaluation sowohl qualitative als auch quantitative Forschungsmethoden eingesetzt. Auf diese Weise ergibt sich ein umfassender Einblick in die Nutzerperspektive und die damit verbundenen Potenziale des Einsatzes von Influencern in der Verkehrssicherheitsarbeit.

## Literatur

- [1] DUCKWITZ, A., FUNK, W., SCHLIEBS, C.: Zielgruppengerechte Ansprache in der Verkehrssicherheitskommunikation über Influencer in den sozialen Medien: Berichte der Bundesan-

# Wirksamkeit von Lkw-Notbremssystemen – Analyse der Auffahrunfälle auf Bundesautobahnen

Leon Straßgütl, Volkswirt, Referat „Unfallstatistik, Unfallanalyse“ und Daniel Sander, Maschinenbauingenieur, Referat „Aktive Fahrzeugsicherheit und Fahrerassistenzsysteme“

Auffahrunfälle von Güterkraftfahrzeugen (GKfz) und Bussen spielen auf Bundesautobahnen (BAB) eine gewichtige Rolle im Unfallgeschehen. Im Jahr 2018 machten diese etwa 38 Prozent der durch GKfz und Busse auf BAB verursachten Unfälle aus. Der Trend ist dabei leicht steigend.

Notbremssysteme (AEBS – Advanced Emergency Braking System) können Auffahrunfälle verhindern oder zumindest deren Unfallschwere reduzieren. Aufgabe des AEBS ist es, die Fahrer vor potenziellen Kollisionen zu warnen und beim Ausbleiben einer angemessenen Reaktion wie Bremsen oder Ausweichen eine autonome Notbremsung einzuleiten. Dazu erfasst das System permanent die Geschwindigkeitsdifferenz und die Distanz zum vorausfahrenden Fahrzeug und berechnet die verbleibende Zeit bis zu einer potenziellen Kollision – Time-To-Collision (TTC). Wird ein kritischer Wert der TTC unterschritten, greift das AEBS ein.

Die Europäische Kommission hat in der Verordnung (EU) Nr. 347/2012 die pflichtmäßige Ausstattung von GKfz und Bussen mit einem AEBS vorgeschrieben. Die Verordnung sah eine schrittweise Einführung in 2 Genehmigungsstufen vor. Dabei wurde die Regelung in jeder Genehmigungsstufe zunächst nur für neue Fahrzeugtypen und anschließend für alle neuen Fahrzeuge eingeführt. Ziel des Projektes war es, die Effektivität der Verordnung im Rahmen einer ex-post-Betrachtung der Unfallzahlen zu evaluieren [1].

## Unfallanalyse

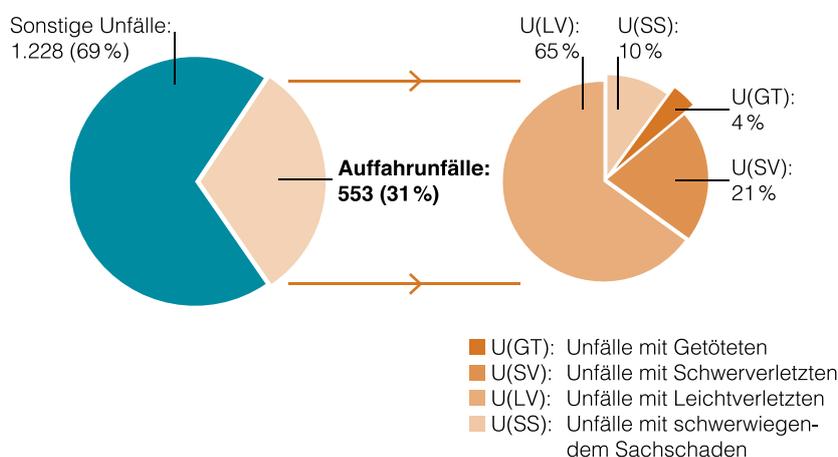
Analysiert wurde der Effekt der ersten Genehmigungsstufe, die am 1. November 2015 für alle neu zugelassenen Fahrzeuge in Kraft trat. Die erste Genehmigungsstufe sieht vor, dass Fahrzeuge bei einer drohenden Kollision auf ein unbewegliches Hindernis mindestens 10 Kilometer pro Stunde ihrer Geschwindigkeit abbauen müssen. Bei einem beweglichen Hindernis (Prüfgeschwindigkeit

32 ± 2 Kilometer pro Stunde) muss der Zusammenstoß durch das AEBS verhindert werden. Dies gilt für alle GKfz und Busse über einer zulässigen Gesamtmasse von 8 Tonnen.

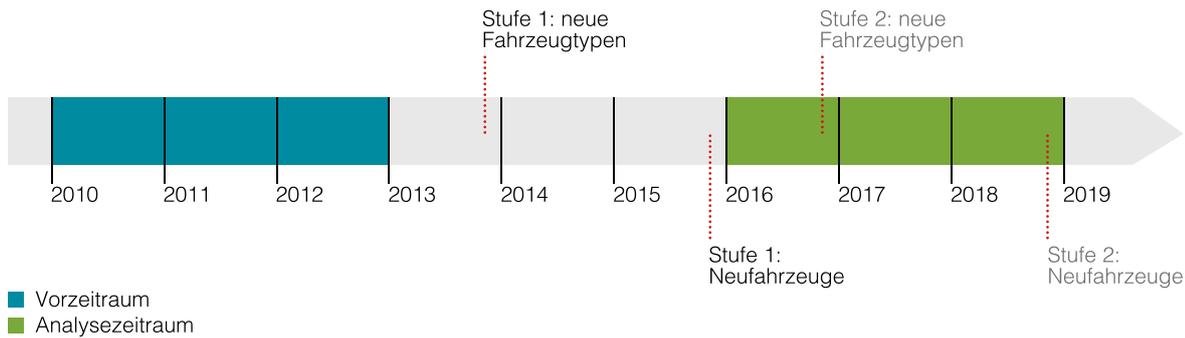
Grundlage der Analyse bildete die amtliche Straßenverkehrsunfallstatistik einschließlich ergänzender fahrzeugtechnischer Daten des Kraftfahrt-Bundesamtes. Diese Angaben liegen nur für in Deutschland zugelassene Fahrzeuge vor, daher war die Analyse auf diese Fahrzeuge beschränkt. In die Analyse einbezogen wurden Unfälle mit Personenschaden und Unfälle mit schwerwiegendem Sachschaden.

In einem ersten Schritt wurden die Fahrzeuge in den Unfalldaten identifiziert, auf die die Verordnung zutrifft. Auffahrunfälle sind in den Unfalldaten nicht als solche codiert. Daher wurden in einem 2. Schritt verschiedene Unfallsituationen auf BAB abgegrenzt: Neben Auffahrunfällen wurden so die Unfallszenarien Spurverlassen-Unfälle und andere Unfälle definiert. Spurverlassen-Unfälle wurden im Weiteren von der Analyse ausgeschlossen, da im Untersuchungszeitraum ein Spurhaltewarnsystem für die betrachteten Fahrzeuge verpflichtend eingeführt wurde.

Die Untersuchungsgruppe bildeten die Auffahrunfälle, die durch neu zugelassene GKfz und Busse auf BAB verursacht wurden. Dem gegenübergestellt wurden 2 Vergleichsgruppen: Auffahrunfälle älterer GKfz und Busse, die in der Regel nicht mit AEBS ausgerüstet sind, und andere



Anteil und Verteilung der Auffahrunfälle von Güterkraftfahrzeugen und Bussen als Hauptverursacher auf BAB 2018



### Stufenweise Einführung des Notbremssystems und Untersuchungszeiträume

Unfälle von neu zugelassenen GKfz und Bussen, bei denen ein AEBS keinen Einfluss hat. Diese Gruppen wurden jeweils in einem Vorzeitraum (2010 bis 2012) und einem Analysezeitraum (2016 bis 2018) miteinander verglichen.

### Ergebnis

Zwischen Vor- und Analysezeitraum entwickelte sich die Zahl der Auffahrunfälle in der Untersuchungsgruppe stark rückläufig. Gleichzeitig nahm die Zahl der Unfälle in den Vergleichsgruppen deutlich zu. Der Gesamteffekt der Verordnung der 1. Genehmigungsstufe lag so bei -37 Prozent. Zu beachten ist dabei jedoch, dass auch schon vor Einführung der EU-Verordnung in einigen GKfz einzelner Hersteller Notbremssysteme der Genehmigungsstufe 2 verbaut wurden, sodass der tatsächliche Effekt der Stufe 1 möglicherweise leicht überschätzt wurde. Umgekehrt waren aber auch einzelne GKfz bereits im Vorzeitraum mit AEBS ausgestattet.

Neben der Zahl der Auffahrunfälle insgesamt ist auch deren Schwere in der Untersuchungsgruppe stärker zurückgegangen als in den Vergleichsgruppen. Insbesondere die Zahl der Unfälle mit Schwerverletzten nahm in der Untersuchungs-

gruppe signifikant stärker ab als in den Vergleichsgruppen.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass Notbremsassistenten in GKfz und Bussen einen wichtigen Beitrag zur Verkehrssicherheit liefern. Durch diese Systeme konnten in den vergangenen Jahren sowohl die Anzahl als auch die Schwere der Auffahrunfälle auf BAB deutlich reduziert werden.

Ungeachtet dessen sind trotz AEBS eine große Zahl nicht vermiedener Auffahrunfälle zu verzeichnen. Hier besteht somit weiterer Handlungsbedarf, um die Verkehrssicherheit von schweren GKfz und Bussen zu verbessern. ■

### Literatur

- [1] STRABGÜTL, L., SANDER, D.: Einfluss von Notbremssystemen auf die Entwicklung von Lkw-Auffahrunfällen auf Bundesautobahnen, Heft F 139, 2021

# Aus „Aktion junge Fahrer“ wird „JUNG+SICHER+STARTKLAR“

Kristin Nickel, Bildungs- und Erziehungswissenschaftlerin, Referat „Sicherheitskonzeptionen, Sicherheitskommunikation“

## Überarbeitung eines bundesweiten Zielgruppenprogramms für Jugendliche und junge Erwachsene

Bereits seit 1984 wirkt die Deutsche Verkehrswacht (DWW) mit dem Programm „Aktion junge Fahrer“ dem Umstand entgegen, dass junge Fahrer aufgrund fehlender Fahrpraxis oder risikoaffinem Verhalten häufiger im Straßenverkehr verunglücken.

Veranstaltungen im Rahmen des Programms werden von Verkehrswachten vor Ort durchgeführt und finden vorrangig an Schulen statt. Sie

bestehen aus themenspezifischen Projektbausteinen und Verkehrssicherheitstagen. Mit Projektbausteinen werden zielgruppenspezifische Themen in Unterrichtsform behandelt. An den Verkehrssicherheitstagen kommen verschiedene Aktionselemente wie ein Rauschbrillenparcours oder Fahrsimulatoren zum Einsatz.

2016 und 2018 wurde das damals bestehende Programm evaluiert und

in der Folge neu konzeptioniert und umbenannt. In einer dafür gegründeten Steuerungsgruppe mit Vertretern aus BMVI und BAST wurden Arbeitspakete identifiziert und deren Bearbeitung zwischen DWW und BAST aufgeteilt. Die BAST übernahm dabei die Überarbeitung der Projektbausteine. Diese werden zukünftig von ehrenamtlichen Vertretern der DWW und (neu) auch von Lehrkräften an Schulen standardisiert durchgeführt. Ihr Sinn ist die Erarbeitung ziel-



Alle Projektbausteine bestehen aus einem Leitfaden, einem Kurzleitfaden, einem Arbeitsheft und einem Klassenposter; zusätzlich können sich Interessierte einen Überblick über das ganze Programm im Basisheft verschaffen

## DURCHFÜHRUNGS- VORSCHLÄGE

Im Folgenden werden Möglichkeiten dargestellt, wie der Projektbaustein „Ablenkung“ umgesetzt werden kann. Dazu wird ein Must-to-Do-Basisheft des Programms empfohlen.

## UMSETZUNG UND METHODE

### Umgang mit dem Material Umsetzungsempfehlung

- Die Materialien des Projektbausteins
- Leitfaden für den Unterricht
- Kurzleitfaden für den Unterricht
- Infografik im Plakatform für die Klassenarbeit
- Interaktives Arbeitsheft für die Klassenarbeit

Der Projektbaustein „Ablenkung“ ist ein interaktives Arbeitsheft, das an das Leistungslevel der Lernenden angepasst ist. Es enthält einen Leitfaden, einen Kurzleitfaden, eine Infografik und ein interaktives Arbeitsheft. Zusätzlich bietet es einen Film „Das Gesetz der Straße“ an, der den Fokus auf die Thematik der Verkehrssicherheitsbildung legt.

Sollten die multimedialen Arbeitsmaterialien nicht zur Verfügung sein, kann das fehlende Datenvolumen bei den Kopierunterlagen genutzt werden. Dies betrifft insbesondere den Text in diesem Projektbaustein, der in der Kopiervorlage abgedruckt werden kann.

Generell stellt der exemplarische Vorschlag dar und kann an die Bedürfnisse der Lernenden angepasst werden.

Der einheitliche Aufbau aller Projektbausteine sind wie folgt:

- Warm-up (10 Minuten)
- Diskussionsrunde (20 Minuten)
- Materialgestützte Freiarbeit (40 Minuten)
- Mindmapping (15 Minuten)
- Spontanfeedback (5 Minuten)

<b>Warm-up</b>	10 Minut
Methode	Exi
Sozialform	Gr
Organisationsform	5
Material	K
Einstiegsmöglichkeiten	C

- Die zwei Fahrenden werden stattfindet:
- Person = Feiertyp – Ver
  - Person = Besserwissen – auf
  - Person = Klatschante – Person teilen
- Anschließend wird die erste Person während die Mittel (siehe Kopiervorlage). Da die Zeiten gestoppt und im Anschluss berichten u.a. bereits eine Überberichten.

### SCHRITT 1

Die Lernenden finden sich in Gruppen zusammen und schauen sich die fiktive Geschichte der Protagonistin Marie als Video (QR-Code im interaktiven Arbeitsheft) an (bzw. lesen die Geschichte als Text). Anschließend überlegen sich die Lernenden ein Ende der Geschichte und erzählen diese weiter. Dazu bereiten die Gruppen ihre Erzählungen als Nachrichtenbeiträge auf. Jeder Nachrichtenbeitrag sollte die Zuschaltung von Fachkundigen für Ablenkung im Straßenverkehr aufweisen und ein Interview mit mindestens einer Person aus der Geschichte beinhalten. Jeder Nachrichtenbeitrag sollte auf folgende Punkte eingehen:

- Wiedergabe der Geschichte mit allen Ablenkungsquellen
- Selbst entwickeltes Ende mit Bezug zum Titel „FUERDIELIKES“
- Hinweis auf die Verantwortung der Mitfahrenden. Der Griff ins Lenkrad ist tabu.
- Vorschläge für Handlungsalternativen



**MARIES GESCHICHTE:**  
 QR-Code: Maries Geschichte  
 URL: <https://youtu.be/23Jt6TJHhQ> Länge: 2:50 Minuten  
 URL Ende: <https://youtu.be/VASe7A6CHU> Länge: 0:54 Minuten  
 Kopiervorlage Nr. 2 und 21

### SCHRITT 2

Die einzelnen Gruppen stellen ihre Nachrichtenbeiträge vor. Zum Abschluss stimmt die Klasse gemeinsam über den besten Beitrag ab.

### SCHRITT 3

Zeigen Sie den Lernenden das Ende von Maries Geschichte.

**Zusatz:**  
 Die Lernenden können das Quiz (Kopiervorlage Nr. 3) lösen. Alle Antworten finden sie über das Arbeitsheft.  
 Lösungen: siehe Seite 21

- Navigationssysteme vor dem Losfahren richtig einstellen und in einem guten Blickwinkel positionieren
- Anzeige der geplanten Route über das Navigationssystem folgen
- Verföpfungspausen einlegen

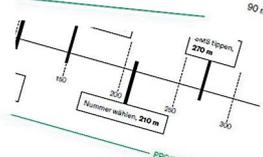
„angemessenes Verhalten im Auto“ vertraut oder in Transportboxen zu befördern

### „Ablenkungsgefahr zu minimieren“



zusammen und geht auf die zentralen Punkte **bedeutet blind fahren.**

Beim Fahren geben, sich zu der thematischen schriftlich oder mündlich erfolgen und



Alle Projektbausteine beinhalten einen Durchführungsvorschlag für eine Schuldoppelstunde – hier ein Auszug aus dem PB „Ablenkung“

gruppenspezifischer Themen und die Vorbereitung auf die Verkehrssicherheitstage. Sie sind exemplarisch auf eine Schuldoppelstunde (90 Minuten) ausgelegt.

Der Weg zur Fertigstellung der zeitgemäßen und medial gestützten Unterrichtsmaterialien und Handreichungen beinhaltete während der aufwendigen Arbeitsphase 2019/2020 viele Meilensteine. Es wurden Empfehlungen der Landesfachberater für Mobilitätsbildung und Verkehrserziehung, detaillierte Hinweise vieler Forscher aus der BAST und didaktische Anmerkungen von Lehrkräften berücksichtigt. So entstand aus dem alten Zielgruppenprogramm „Aktion junge Fahrer“ das neue Zielgruppenprogramm „JUNG+SICHER+STARTKLAR“.

## Projektbausteine

Folgende Projektbausteine sind ab Frühjahr 2021 für den Schulunterricht bei der DVW im Online-Shop bestellbar:

- Alkohol und Drogen
- Ablenkung
- Risikofaktor Mensch
- Fahrzeugsicherheit – Fahrzeugtechnik
- Der Verkehrsunfall und seine Folgen

Jeder der 5 Projektbausteine besteht aus einem detaillierten Leitfaden mit einem exemplarischen Unterrichtsablauf und umfangreichem Hintergrundwissen, einem Kurzleitfaden als Handreichung für den Unterricht, einem Klassenposter und einem Arbeitsheft für die Schüler.

Die ehrenamtlichen Umsetzer und die Lehrkräfte können sich dank des einheitlichen Aufbaus schnell in den Materialien zurechtfinden und sind durch einen Methodenpool in der Lage, den Unterricht situativ auf die Doppelstunde anzupassen. Um den Zeitgeist einzufangen und den Schülern die Arbeit mit ihren eigenen mobilen Endgeräten zu ermöglichen, finden die Umsetzer neben den klassischen Kopierunterlagen auch QR-Codes für die Arbeit mit der Social-Media-Plattform „YouTube“. Dafür wurden eigens 5 Protagonisten gecastet, mit denen thematisch passende Erlebnisberichte als Einstieg in die Projektbausteine produziert wurden. ■



<https://deutsche-verkehrswacht.de>

# Leistung oder Leichtsinns – Risikofaktoren im Motorradverkehr

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

Die folgenden Ergebnisse basieren auf einer Auswertung von 2-rädrigen Krafträdern mit amtlichem Kennzeichen, die im Zeitraum 2008 bis 2017 im Rahmen der amtlichen Straßenverkehrs-unfallstatistik polizeilich registriert wurden. Im Mittel ereigneten sich jährlich knapp 28.000 Motorradunfälle mit Personenschaden. Im Jahr 2017 wurden 579 Motorradnutzer getötet, 9.555 schwer- und weitere 18.554 leichtverletzt. Die Anzahl der Getöteten und Leichtverletzten lässt in der zeitlichen Entwicklung einen rückläufigen Trend erkennen: -11 Prozent Getötete und -9 Prozent Leichtverletzte.

Im Gegensatz dazu bewegt sich die Anzahl schwerverletzter Motorradnutzer auf einem annähernd gleichbleibenden Niveau. Im Jahr 2019 war der Trend weiter rückläufig. Es

wurden 530 Motorradnutzer getötet, weitere 9.000 Motorradnutzer verletzten sich schwer und rund 18.000 leicht. Nachfolgend werden strukturelle Besonderheiten aufgeführt, die sich im zeitlichen Verlauf nur relativ langsam verändern.

Die meisten Motorradunfälle mit Personenschaden werden mit 57 Prozent innerorts registriert. Es ist jedoch eine zunehmende Verlagerung hin zur Landstraße zu beobachten. Während es im Jahre 2008 auf Landstraßen 34 Prozent waren, sind es 2017 bereits 40 Prozent. Auf Landstraßen sind die Unfallfolgen am schwerwiegendsten. 74 Prozent der getöteten und 54 Prozent der schwerverletzten Motorradnutzer kamen 2017 auf Landstraßen zu Schaden.

Alleinunfälle von Motorradfahrern haben an Bedeutung gewonnen: Im Jahr 2017 waren es 31 Prozent der Motorradunfälle mit Personenschaden. Dies ist in Zusammenhang mit der Verlagerung des Unfallgeschehens hin zur Landstraße zu sehen, denn auf Landstraßen ist fast die Hälfte aller verunfallten Motorradfahrer an einem Alleinunfall beteiligt (46 Prozent).

Der charakteristische Unfallhergang bei Alleinunfällen mit Motorrädern ist ein Fahrnfall, der durch einen Kontrollverlust der Fahrer über ihre Fahrzeuge verursacht wird. Bei Fahrern unter 45 Jahren sind dies über 80 Prozent der Alleinunfälle. Dabei kommt es überwiegend zum Abkommen von der Fahrbahn nach links oder rechts. Dies betrifft besonders die Altersgruppen der 18- bis

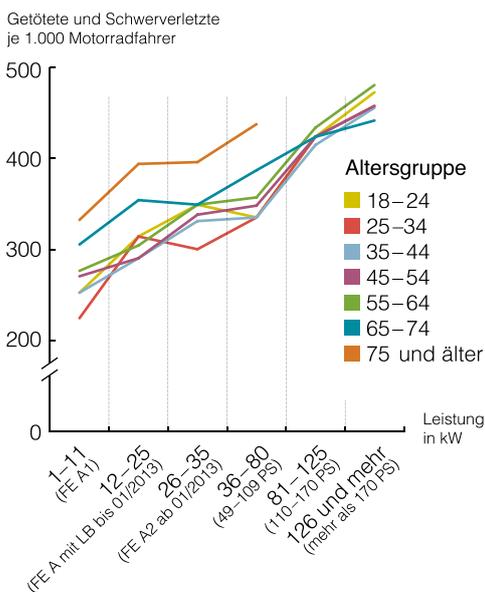
24- und der 25- bis 34-Jährigen, die bei 65 Prozent der Alleinunfälle von der Fahrbahn abgekommen sind. Bei Alleinunfällen ist die „nicht angepasste Geschwindigkeit“ die am häufigsten genannte Unfallursache mit 54 Prozent.

Bei Unfällen mit mehreren Beteiligten werden Motorradfahrer zu 33 Prozent als Hauptverursacher eingestuft. Bei diesen Unfällen steht ein „ungenügender Sicherheitsabstand“ mit über 32 Prozent an erster Stelle. In der Regel kommt es dabei zu einem Auffahrunfall. Bei den 16- bis 17-Jährigen beträgt der Anteil der Auffahrunfälle sogar 42 Prozent. Eine „nicht angepasste Geschwindigkeit“ und ein „ungenügender Sicherheitsabstand“ sind somit die wesentlichen fahrerbezogenen Unfallursachen.

## Leistung ohne Ende?

In der amtlichen Straßenverkehrs-unfallstatistik werden ausgewählte fahrerbezogene Daten unfallbeteiligter Kraftfahrzeuge gespeichert – zum Beispiel Leistung und Hubraum. Diese Ergänzung erfolgt seit 1995 durch das Kraftfahrtbundesamt (KBA) auf Grundlage des Kfz-Kennzeichens und des Unfalldatums.

Leistungsstarke Motorräder mit mehr als 81 kW/110 PS stellen rund 17 Prozent der unfallbeteiligten Motorräder. Ihr Anteil am Bestand ist etwas niedriger und beträgt 13 Prozent. Die Entwicklung der Anzahl der Beteiligten in den einzelnen Leistungsklassen ergibt ein heterogenes Bild. Insbesondere sind Effekte zu



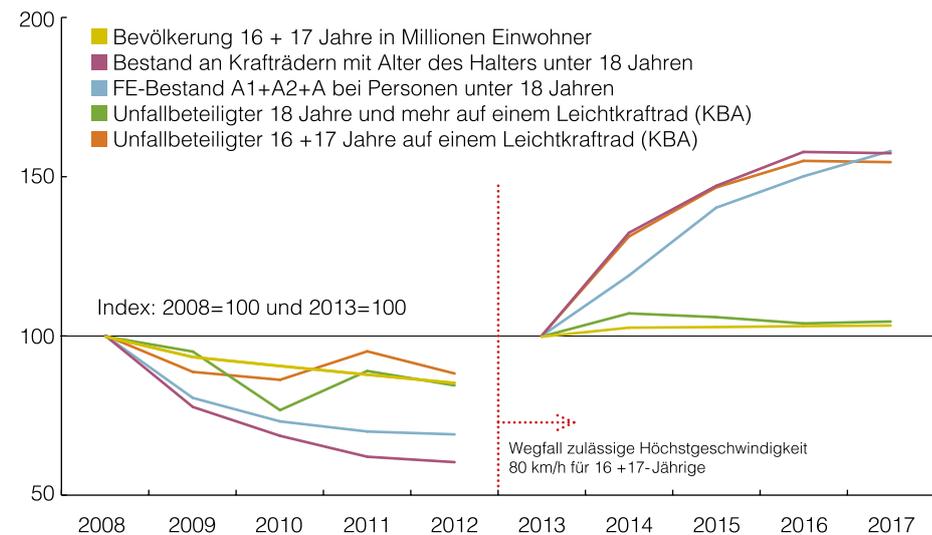
Belastung der Motorradfahrer mit schweren Personenschäden (Getötete und Schwerverletzte je 1.000 Motorradfahrer) nach der Leistung des Motorrads und dem Alter der Fahrer im Zeitraum 2008 bis 2017

erkennen, die durch die Umsetzung der 3. EU-Führerschein-Richtlinie im Zusammenhang stehen. Bei insgesamt leicht sinkender Anzahl unfallbeteiligter Motorräder im Vergleich zum Jahr 2008 (-6 Prozent), hat sich die Anzahl der unfallbeteiligten Maschinen bis einschließlich 11 kW – das sind in der Regel Leichtkraftfahrzeuge – um 4 Prozent erhöht.

Einen überdurchschnittlichen Zuwachs von 145 Prozent weisen unfallbeteiligte Motorräder mit einer Leistung von 26 bis 35 kW auf (Fahrerlaubnisklasse A2). Die Leistungsgruppe der 12 bis 25 kW Motorräder (ehemals FE-Klasse A leistungsbeschränkt) hat durch die Reform deutlich an Anteil verloren. Ebenfalls starke Zuwächse von 12 beziehungsweise 20 Prozent sind seit 2008 bei den unfallbeteiligten leistungsstarken Maschinen mit 81 bis 125 kW sowie ab 126 kW und mehr zu verzeichnen. Motorräder dieser Leistungsklasse sind größtenteils erst seit 1995 im Verkehr. Zuvor bestand eine freiwillige Selbstbeschränkung der Motorradindustrie und des Handels, solche Maschinen nicht auf den Markt zu bringen. Der Bestand an Motorrädern der Leistungsklasse ab 81 kW hat sich seit 2010 sogar um 68 Prozent erhöht.

Wie stark der Einfluss der Leistung auf die Unfallfolgen eines Motorradunfalls ist, verdeutlicht die Kenngröße „Getötete und schwerverletzte Fahrer bezogen auf die Anzahl der unfallbeteiligten Fahrer“ – Schwerer Personenschaden (SP) je 1.000 Fahrer. In der Grafik ist die Kenngröße in Abhängigkeit der Leistung des Motorrads und des Alters des Fahrers dargestellt.

Die Belastung der Motorradfahrer mit schweren Personenschäden zeigt einen deutlichen Anstieg mit



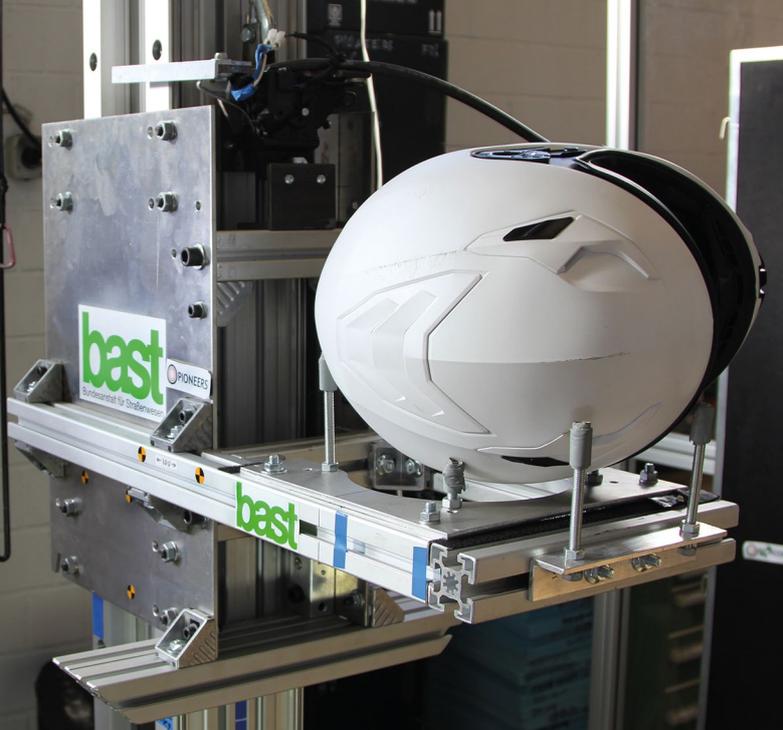
Indexdarstellung 2008=100 und 2013=100 von Personen unter 18 Jahren: Beteiligte an Unfällen mit Personenschaden, Bevölkerung sowie Bestand an Leichtkraftfahrzeugen und Bestand an Fahrerlaubnissen

zunehmender Leistung des Motorrads. Fahrer von Maschinen ab 126 kW weisen im Vergleich zu Fahrern von 11 kW-Maschinen ein fast doppelt so hohes Risiko auf, im Falle eines Unfalls schwere Verletzungen davon zu tragen (473 SP je 1.000 Fahrer gegenüber 263 SP je 1.000 Fahrer). Der Einfluss der Leistung auf die Unfallschwere ist somit größer als altersbezogene Risikokomponenten. Ein ähnliches Bild zeigt auch die Betrachtung der korrelierten technischen Merkmale Höchstgeschwindigkeit und spezifische Leistung.

Im Rahmen der Umsetzung der 3. EU-Führerschein-Richtlinie (EU 2006, ab 01/2013) wurde in der Klasse der Leichtkraftfahrzeuge (L3e-B) die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 80 Kilometer pro Stunde für unter 18-Jährige aufgehoben und dafür ein maximales Leistungsgewicht von 0,1 kW pro Kilogramm eingeführt. Ab dem Januar 2013 dürfen oder können solche Leichtkraftfahrzeuge Höchstgeschwindigkeiten bis rund 130 Kilometer pro Stunde erreichen. Der Wegfall der Beschränkung hat

zu einem beachtlichen Anstieg bei der Unfallbeteiligung von 16- bis 17-jährigen Leichtkraftfahrzeugfahrern geführt. Dieser Anstieg basiert nahezu ausschließlich auf Leichtkraftfahrzeugen mit einer Höchstgeschwindigkeit von mehr als 80 Kilometer pro Stunde und folgt nahezu exakt der Bestandsentwicklung und der Entwicklung des Fahrerlaubnisbestands. Obwohl sich die Struktur der Unfälle nur unwesentlich verändert hat, hat sich die Unfallschwere bei den jungen Fahrern von einem niedrigeren Niveau (231 SP je 1.000 Fahrer auf den beschränkten Leichtkraftfahrzeugen) auf das Niveau von Fahrern ab 18 Jahren erhöht (259 SP je 1.000 Fahrer auf unbeschränkten Leichtkraftfahrzeugen).

Am Beispiel der Leichtkraftfahrzeuge und der Motorräder der Fahrerlaubnisklasse A2 wurde deutlich, wie stark (neue) attraktive Fahrzeuge von den jeweiligen Nutzergruppen angenommen wurden. In beiden Fällen sind die Nutzer der schnelleren und leistungsstärkeren Motorräder von der höheren Unfallschwere dieser Fahrzeuggruppen betroffen. ■



# Fahrzeugtechnik

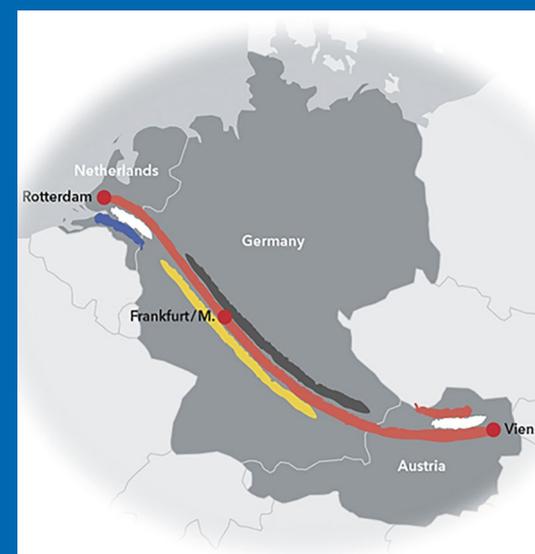
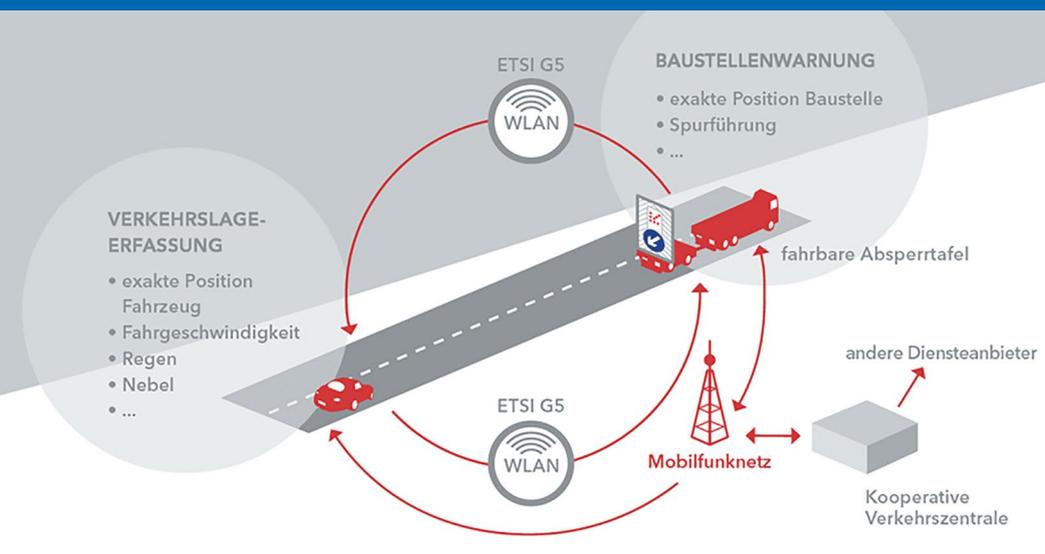
Arbeitsstellen lernen sprechen – von der Idee zur Realität

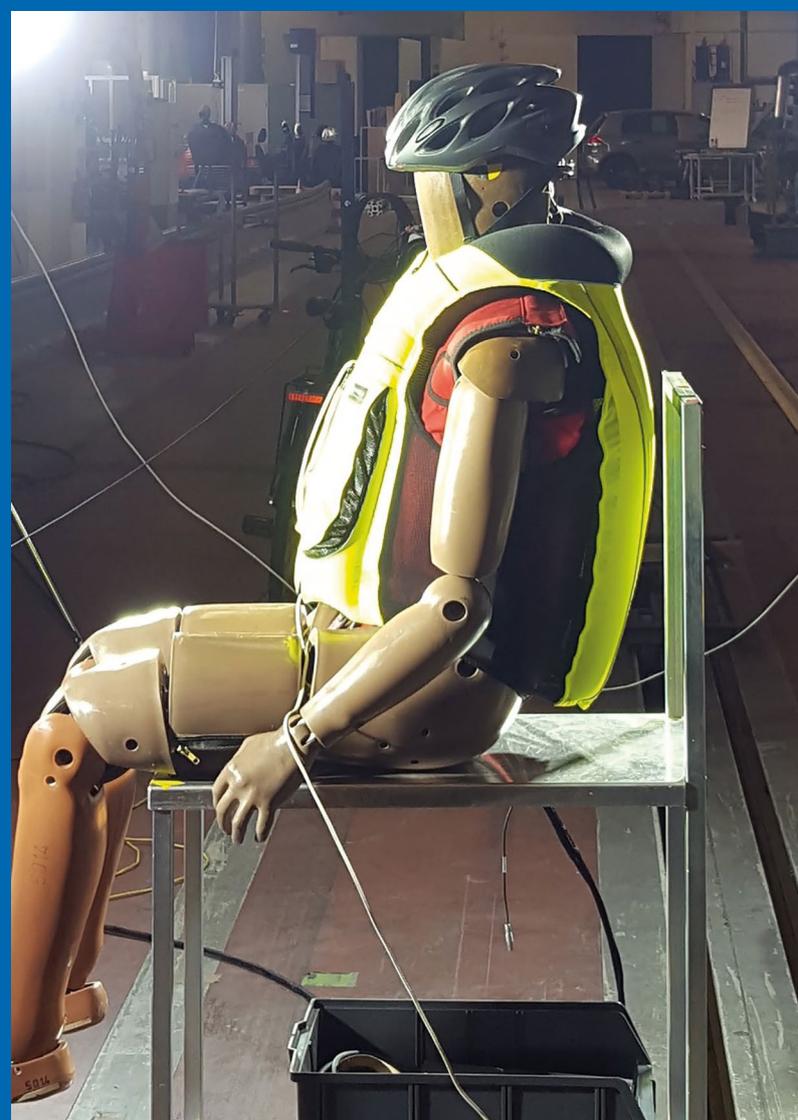
Kommunikation automatisierter Fahrzeuge mit nicht-automatisierten Verkehrsteilnehmern

Euro NCAP-Tests zur aktiven Sicherheit von Kleintransportern

Airbag-Sicherheitssysteme für Radfahrer

Innovativer Fallturmprüfstand zur Schutzkleidungsbewertung





# Arbeitsstellen lernen sprechen – von der Idee zur Realität

Sandro Berndt-Tolzmann, Physiker und Dr. Lutz Rittershaus, Physiker und Ingenieur, Referatsleiter „Vernetzte Mobilität“, Ralf Meschede, Ingenieur für Elektrotechnik, stellvertretender Referatsleiter und Karen Scharnigg, Bauingenieurin, Referat „Verkehrsbeeinflussung und Straßenbetrieb“

Verkehrshindernisse wahrnehmen, bevor man sie sieht. Gefahren erkennen, bevor sie zur Bedrohung werden. Diese Vision einer sicheren und intelligenten Mobilität wird durch die Vernetzung von Fahrzeugen und Infrastruktur erreicht. Technisch gelingt das durch kooperative Systeme – auch bekannt unter C2X-Kommunikation für Car-to-Car- und Car-to-Infrastructure-Kommunikation oder C-ITS für Cooperative Intelligent Transport Systems. Sie ermöglichen die direkte Kommunikation zwischen der Straßeninfrastruktur und den Fahrzeugen.



Bis 2020 wurde die bundesweite Einführung erster kooperativer Dienste mittels mit C-ITS Technologie ausgestatteter fahrbarer Absperrtafeln (FAT) im C-ITS Korridor Rotterdam – Frankfurt/Main – Wien vorbereitet. Dies geschah in enger Zusammenarbeit der Niederlande, Deutschlands und Österreichs. Die Entwicklungen im Korridor sind mit der Industrie abgestimmt und seit 2020 fahren mit dem Golf 8 die ersten Fahrzeuge mit serienmäßiger C2X-Technik auf deutschen Straßen.

Während die ersten kooperativen FAT bei Hessen Mobil entwickelt und

in Betrieb genommen wurden, entwickelt die BASt zentrale Bausteine der Gesamtarchitektur, des Sicherheits- und Datenschutzkonzeptes und übernimmt die Begleitung und Auswertung von Test- und Probebetrieb.

## Wirtschaftlichkeit kooperativer Dienste

Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von kooperativen fahrbaren Absperrtafeln erfolgte im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des Digitalen Testfeldes Autobahn. Ziel war es festzustellen, ob die Einführung von kooperativen FAT wirtschaftlich sinnvoll ist und welchen Nutzen sie im Vergleich zu den aufzuwendenden Kosten erzeugen kann. Hierzu wurden Ressourcenverbrauchsänderungen – zum Beispiel Unfallkosten, Zeitkosten, Kraftstoffkosten – ermittelt sowie monetarisiert und den zusätzlichen Kosten durch die Aufrüstung sowie den Betrieb der bestehenden FAT auf kooperative FAT gegenübergestellt. Prognosehorizont für diese Betrachtung war bis ins Jahr 2032.

Die positiven Wirkungen der kooperativen FAT basieren hauptsächlich auf der früheren und deutlicheren Warnung der Verkehrsteilnehmer vor bevorstehenden Gefahrenstellen, etwa Arbeitsstellen kürzerer Dauer. Für vergleichbare Anwendungen wurde ein Unfallvermeidungspotenzial von 30 Prozent ermittelt, das auch im Rahmen dieser Betrachtung angenommen wird. Für die weitere Analyse wurden die jeweiligen Kosten- und Nutzenkomponenten berücksichtigt.

Die Kostenkomponenten beschreiben dabei die Aufwände, die für die Einrichtung und den Betrieb der kooperativen FAT auf Bundesebene zu erwarten sind. Der wesentliche volkswirtschaftliche Nutzen von kooperativen FAT ergibt sich aus der erhöhten Verkehrssicherheit und der damit einhergehenden Einsparung von unfallbezogenen Kosten sowie der Reduktion von Verlustzeiten aufgrund von aus Unfällen resultierendem Staus. Bei der Gegenüberstellung von Nutzen und Kosten betrachteten die Forscher verschiedene Szenarien hinsichtlich der Ausstattungsgrade der Fahrzeuge. Zur Ermittlung der unfallbezogenen Kosten wurden sowohl die Unfallkostensätze aus dem Bundesverkehrswegeplan (BVWP) als auch aus Untersuchungen der BASt verwendet.

Im Ergebnis konnte die Wirtschaftlichkeit der kooperativen FAT für alle Szenarien nachgewiesen werden. Beim ungünstigsten Szenario wird diese ab 2022 nach BVWP-Unfallkosten und ab 2025 nach BASt-Unfallkosten erwartet.

## Entwicklung, Test, Betrieb

Um einen möglichst störungsfreien Betrieb zu ermöglichen, wurde parallel zu der Entwicklung ein umfangreiches Testprogramm aufgesetzt. Zur Testvorbereitung erfolgte anhand der Systemanforderungen die Definition ausgewählter Testszenarien sowie die Abstimmung mit den infrastrukturseitigen Entwicklungspartnern und der Automobilindustrie. Die Tests wurden parallel zu der Systementwicklung in 5 Phasen

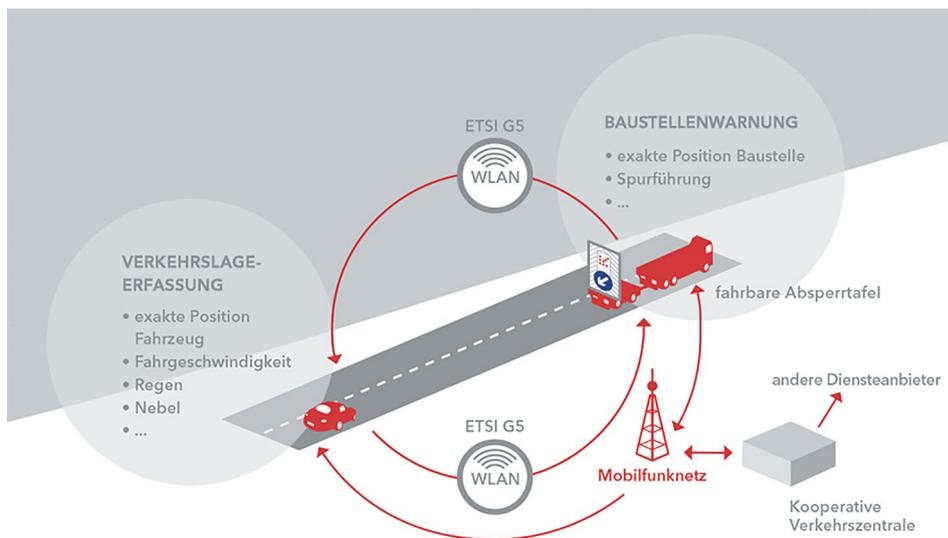
unterteilt, um bereits frühzeitig Konflikte identifizieren und noch in der Entwicklungsphase beheben zu können. Während der Testphasen im Drive Center Hessen konnten alle am Projekt beteiligten Entwickler ihre kooperativen Systeme gegeneinander testen und Abweichungen vom erwarteten Verhalten direkt analysieren. Zum Abschluss erfolgten Cross-Border-Tests zwischen den Systemen aus 3 Partnerstaaten, die bereits vorher in die Testphasen involviert waren.

Nach Abschluss der Entwicklung wurde das Gesamtsystem einem 6-monatigen Probetrieb unterzogen, in dem sowohl die organisatorischen Abläufe als auch die Funktionalität der Dienste „Baustellenwarnung“ und „Verkehrslageerfassung“ unter realen Bedingungen umfangreich getestet wurden. Für die funktionale Erprobung definierten die Forscher Use Cases, mit denen die unterschiedlichen Szenarien, die an Arbeitsstellen kürzerer Dauer im Bereich von Autobahnen auftreten, systematisch getestet werden konnten. Neben den vorbereitenden Arbeiten bezüglich Architektur, technischer Implementierung und zugehöriger Tests sowie einem geeigneten organisatorischen Rahmen, standen auch Fragen des Datenschutzes im Blickpunkt.

## Ausblick

Die bereits erfolgten, zuvor genannten Aspekte haben die Einführung kooperativer Systeme bis an die Schwelle des Regelbetriebs herangeführt. Darüber hinaus wird jedoch auch weiterhin an wichtigen Stellschrauben gedreht werden müssen:

- Um den Datenschutzanforderungen im Sinne der Datenschutz-



Die 2 kooperativen Dienste im C-ITS Korridor

grundverordnung Rechnung zu tragen, wurde eine entsprechende Anpassung des deutschen Straßenverkehrsgesetzes auf den Weg gebracht.

- Auf technischer Ebene werden derzeit umfangreiche Tests im Rahmen des Projektes C-Roads aufgesetzt, um für eine Vielzahl von Mitgliedsstaaten der EU die Interoperabilität der Implementierungen und der darauf laufenden kooperativen Dienste sicherzustellen.
- Auf organisatorischer Ebene sind geeignete Gremien und Rahmenbedingungen zu bestimmen und die erforderlichen Prozesse, sowohl für notwendige Änderungen im Bestand sowie die zukünftige Entwicklung der Systeme, zu etablieren. Diese Kooperationen und das notwendige Change Management über viele Organisationen hinweg müssen sowohl europäische Straßenbetreiber als auch global agierende Automobilhersteller und Automotive-Unternehmen, sowie die relevanten gesetzgeberischen Akteure umfassen.

Diese Auswahl der zukünftigen Herausforderungen zeigt, dass der Ausbau kooperativer Systeme weiterhin ein spannendes Handlungsfeld bleibt, auch wenn im Rahmen des C-ITS Korridors bereits ein sehr tragfähiges Fundament für die intelligente Vernetzung von Fahrzeugen und Infrastruktur gelegt wurde. ■

# Kommunikation automatisierter Fahrzeuge mit nicht-automatisierten Verkehrsteilnehmern

Dr. Heike Hoffmann, Psychologin und Roland Schindhelm, Maschinenbauingenieur, stellvertretender Referatsleiter  
„Automatisiertes Fahren“

## Sind heutige Kommunikationsformen auf den zukünftigen Mischverkehr übertragbar?

Im heutigen Straßenverkehr spielt die Kommunikation zwischen Verkehrsteilnehmern eine wichtige Rolle. Der non-verbale Informationsaustausch, durch beispielsweise Handzeichen oder Blickkontakt, ermöglicht die Klärung von Verkehrssituationen oder die Einschätzung und Vorhersage des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer. Die Kommunikation dient somit der Verkehrssicherheit und dem Verkehrsfluss.

Mit der geplanten Einführung des automatisierten Fahrens stellt sich die Frage, wie automatisierte Fahrzeuge mit nicht-automatisierten Verkehrsteilnehmern im zu erwartenden Mischverkehr kommunizieren. Nach Übergabe der Fahrzeugkontrolle an ein automatisiertes Fahrsystem der Automatisierungsstufe SAE Level 3 oder höher haben die menschlichen Fahrer die Möglichkeit, ihre Aufmerksamkeit von der Fahraufgabe abzuwenden und sich mit fahrfremden Tätigkeiten zu beschäftigen. Während der automatisierten Fahrt stehen die menschlichen Fahrer damit nicht oder nur in deutlich verringertem Umfang für eine Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmern zur Verfügung.

### Forschungsprojekt und Vorgehensweise

Im Auftrag der BASt wurde daher untersucht, welche Veränderungen in der Kommunikation zwischen einem automatisiert fahrenden Pkw und einem nicht-automatisierten Verkehrsteilnehmer – Fußgänger, Rad-

fahrer, Pkw – zu erwarten sind und welche Anforderungen sich daraus für die externe Kommunikation automatisierter Fahrzeuge ergeben [1].

Der im Projekt verwendete methodische Ansatz basierte auf einer theoretischen Analyse, die zunächst die verfügbaren Kommunikationsmittel von Pkw-Fahrern im heutigen Straßenverkehr betrachtete. Bei den technikbasierten Kommunikationsmitteln wurden neben den Signaleinrichtungen am Fahrzeug – zum Beispiel Lichthupe, Blinker, Bremsleuchte – auch die Fahrodynamik – etwa die Geschwindigkeitsveränderung – des Fahrzeugs berücksichtigt. Auf der Seite der Kommunikation, die auf menschlicher Zeichengebung beruht, flossen die von Fahrern ausgehenden Körpergesten (Handbewegungen) und Blickkontakte in die Betrachtung ein. Im nächsten Arbeitsschritt erfolgte die Erstellung eines Katalogs von Verkehrsszenarien, in denen Verkehrsteilnehmer miteinander interagieren und Informationen über die heute gebräuchlichen Kommunikationsmittel austauschen. Für die weitere Analyse wurden solche Verkehrs-/Interaktionsszenarien ausgewählt, die hinsichtlich ihres Einflusses auf Verkehrssicherheit, Verkehrsfluss oder Verkehrsklima im heutigen Straßenverkehr als relevant eingeschätzt wurden.

Im Mittelpunkt des Projekts stand die Bewertung der Übertragbarkeit der Szenarien auf den künftigen Mischverkehr. Anhand von theoretischen

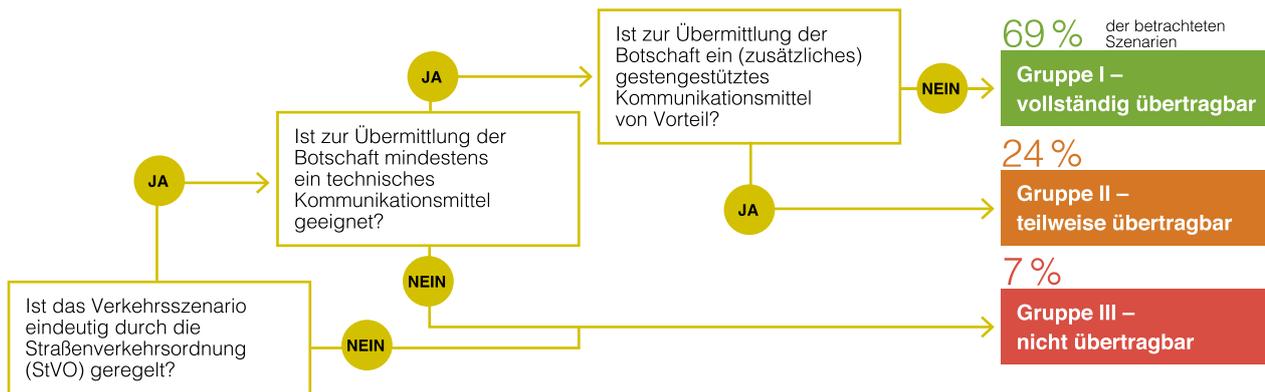
Überlegungen und Erkenntnissen aus empirischen Studien wurden die Szenarien dahingehend geprüft, ob die traditionell genutzten Kommunikationsmittel eines herkömmlichen Pkw auch bei einem automatisiert fahrenden Pkw im Mischverkehr angewendet werden können. Die Frage, ob und welche neuen Kommunikationskonzepte als Folge einer zunehmenden Fahrzeugautomatisierung nötig sind, war Gegenstand der Diskussion im abschließenden Expertenworkshop.

### Ergebnisse

Insgesamt wurden 127 relevante Interaktionsszenarien für Verkehrskonstellationen im städtischen Verkehr, auf Außerortsstraßen und auf Autobahnen in den Szenarienkatalog aufgenommen. Erwartungsgemäß liegt der Großteil der Szenarien im Bereich des Innerortsverkehrs.

Um die Übertragbarkeit auf den künftigen Mischverkehr einschätzen zu können, wurden Bedingungen miteinander verknüpft. Auf dieser Basis erfolgte die Bewertung der Szenarien hinsichtlich des Vorhandenseins einer Regelung durch die StVO, der Verfügbarkeit geeigneter technikgestützter Kommunikationsmittel sowie der Notwendigkeit und des Nutzens von zusätzlicher gestengestützter Kommunikation.

Im Ergebnis zeigt sich, dass über 2 Drittel der betrachteten Verkehrs-/Interaktionsszenarien auf den künftigen Mischverkehr mit automati-



Bewertung von Verkehrs-/Interaktionsszenarien hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf den Mischverkehr mit automatisierten Pkw ab Automatisierungsstufe SAE Level 3

siernten Fahrzeugen übertragbar sind (Gruppe I). Diese Szenarien unterliegen einer eindeutigen Regelung durch die Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) und die Verkehrspartner weichen dort nicht vom Regelfall ab. Zudem wird davon ausgegangen, dass die traditionellen technikbasierten Signaleinrichtungen auch am automatisierten Fahrzeug zur Verfügung stehen. In den Szenarien der Gruppe I sind diese Signaleinrichtungen zur Übermittlung der jeweiligen Botschaft geeignet, ohne dass es zusätzlicher Unterstützung durch Körpergesten oder Blickkontakt der menschlichen Fahrer bedarf.

Bei etwa einem Viertel der betrachteten Szenarien ist die Übertragbarkeit auf den Mischverkehr nur teilweise gegeben (Gruppe II). In den Szenarien der Gruppe II wäre eine zusätzliche, gestütztes Kommunikationsmittel hilfreich, für die aber beim automatisierten Fahren ab Level 3 die menschlichen Fahrer nicht zur Verfügung stehen.

Als nicht auf den Mischverkehr übertragbar werden circa 7 Prozent der betrachteten Szenarien (Gruppe III) bewertet. Diese Szenarien sind entweder nicht eindeutig durch die StVO geregelt, oder die traditionellen technischen Signaleinrichtungen am

Fahrzeug sind für die Übermittlung der erforderlichen Botschaft nicht geeignet. Nicht auf den Mischverkehr übertragbare Interaktionsszenarien können beispielsweise bei Gegenverkehrssituationen in unregulierten Engstellen (Gefahr von Deadlock), bei Ein- und Ausparksituationen mit mehreren Verkehrspartnern oder in Verflechtungsbereichen von Autobahnen entstehen.

### Schlussfolgerung und Ausblick

Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse haben gezeigt, dass bei der Mehrheit der analysierten Verkehrsszenarien eine Übertragung auf den Mischverkehr möglich ist. In vielen der übertragbaren Szenarien scheint insbesondere das Fahrverhalten des Fahrzeugs (Fahrndynamik) ausschlaggebend für die Übermittlung der relevanten Information an die umgebenden Verkehrsteilnehmer zu sein.

Für die Szenarien der Gruppen II und III besteht jedoch Handlungsbedarf, neue Kommunikationskonzepte zu entwickeln, mit denen die dort auftretenden Konfliktsituationen gelöst werden können. Auf UNECE-Ebene werden daher bereits Anforderungen für neue visuelle und

akustische Signaleinrichtungen an automatisierten Fahrzeugen ab Automatisierungsstufe SAE Level 3 diskutiert, die in künftige Typgenehmigungsvorschriften einfließen sollen. Hinsichtlich der Informationsinhalte ist allerdings noch offen, ob eine Kennzeichnung des Betriebszustands beim Fahren im automatisierten Fahrmodus ausreicht, oder ob Handlungsabsichten und Handlungsaufforderungen vom automatisierten Fahrzeug an umgebende Verkehrsteilnehmer ausgesendet werden sollen. Dies ist auch Gegenstand der aktuellen Forschung – neben Fragen zur Wirkung auf das Verhalten der umgebenden Verkehrsteilnehmer, zur ergonomischen Schnittstellengestaltung der externen Kommunikationseinrichtungen und zu Methoden für deren Bewertung. ■

### Literatur

[1] SCHAARSCHMIDT, E., YEN, R., BOSCH, R., ZWICKER, L., SCHADE, J., PETZOLDT, T.: Grundlagen zur Kommunikation zwischen automatisierten Kraftfahrzeugen und Verkehrsteilnehmern, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft F 138, 2021

# Euro NCAP-Tests zur aktiven Sicherheit von Kleintransportern

Maxim Bierbach, Maschinenbauingenieur und Adrian Hellmann, Maschinenbauingenieur, Referat „Aktive Fahrzeugsicherheit und Fahrerassistenzsysteme“

## Fahrerassistenzsysteme bei Kleintransportern

Unfälle sowohl mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern als auch mit anderen Kraftfahrzeugen können effektiv mit Systemen der aktiven Sicherheit vermieden oder in der Unfallschwere verringert werden. Aktive Sicherheitssysteme sind solche, die selbstständig in die Lenkung oder Bremse eingreifen und gegebenenfalls zusätzlich die Aufmerksamkeit der Fahrer durch optische, akustische oder haptische Warnsignale wecken. Insbesondere Notbrems- und Spurhalteassistenzsysteme, die dem Bereich der aktiven Fahrzeugsicherheit zuzuordnen sind, werden beispielsweise schon seit einigen Jahren im Pkw-Segment eingesetzt und tragen erfolgreich zur Reduzierung der Unfallzahlen bei. Diese Erfolge sollen auch auf die Fahrzeugklasse der Kleintransporter übertragen werden, um mögliche Sicherheitsgewinne auszuschöpfen.

Bisher ist allerdings die von den Herstellern angebotene Auswahl an aktiven Sicherheitssystemen im Segment der leichten Nutzfahrzeuge klein. Mitunter ist dies auch bedingt durch die geringere Nachfrage, da oft ein hoher Kostendruck der Kunden die Kaufentscheidung prägt und auf Sonderausstattung verzichtet wird. Beide Aspekte führen zu einer sehr geringen Ausstattungsrate in dieser Fahrzeugsparte.

### Die Kleintransporter-Kampagne von Euro NCAP

Das europäische Verbraucherschutzprogramm European New Car Assessment Programme (Euro

NCAP) hat deshalb eine Kampagne gestartet: Es werden diejenigen Fahrzeuge aus dem Kleintransporter-Segment prämiert, die mit einer Sicherheitsausstattung ausgerüstet sind, die über das vom Gesetzgeber geforderte Maß hinausgeht. Damit soll ein Anstoß gegeben werden, die bereits in der Pkw-Welt gut etablierte aktive Sicherheitsausstattung in das Segment der Kleintransporter zu übertragen.

Als Verbraucherschutzprogramm ermöglicht Euro NCAP den objektiven Vergleich der verschiedenen Produkte der Fahrzeughersteller hinsichtlich der aktiven und passiven Fahrzeugsicherheit. Dabei werden standardisierte Testverfahren verwendet, die von Unfallszenarien abgeleitet worden sind. So erhalten interessierte und sicherheitsorientierte Autokäufer eine objektive Übersicht.

Die Automobilindustrie nutzt die Ergebnisse zudem als werbewirksame Plattform, auf der unabhängige Labore ihre Produkte bewerten und Auszeichnungen erfolgen.

Bisher gibt es kein Programm bei Euro NCAP, das die Sicherheit von leichten Güterkraftfahrzeugen der Klasse N1 regelmäßig thematisiert. Um dennoch eine Bewertung dieser Fahrzeuge hinsichtlich ihrer Sicherheitsausstattung vornehmen zu können, wurde im Jahr 2020 die Kampagne gestartet, in deren Rahmen von verschiedenen Laboren eine Reihe von Transportern im Wesentlichen hinsichtlich der aktiven Fahrzeugsicherheit getestet wurden.

Im Zuge dieser Tests wurden bei der BAST 3 Nutzfahrzeuge untersucht.

### Testprotokoll unter Mitwirkung der BAST entwickelt

Zur Vorbereitung der Tests zur aktiven Fahrzeugsicherheit bei leichten Nutzfahrzeugen war es notwendig, ein eigenes entsprechendes Prüfprotokoll zu erstellen. Dafür haben die Vertreter der BAST in einem internationalen Arbeitsgremium von Euro NCAP ihre Expertise eingebracht, um die im Vergleich zu Pkw anders ausgelegten Systeme bewerten zu können und die Prüfprozeduren hinsichtlich Durchführbarkeit sowie Materialverschleiß zu optimieren.

Neben den reinen Abmessungen der Fahrzeuge der Klasse N1 gibt es große Unterschiede im Gewicht im Vergleich zu Pkw. Hierbei muss die maximal mögliche Zuladung auf bis zu 3,5 Tonnen berücksichtigt werden sowie die relativ hohe Lage des Schwerpunktes.

Als Basis für die Testanforderungen für leichte Nutzfahrzeuge diente das Pkw-Testprotokoll in der Version 2018/19. Das daraus neu erstellte N1-Testprotokoll beinhaltet Prüfscenarien und Tests für Notbrems- und Lenkassistenten: Es entstanden Tests für Fahrzeug-Fahrzeug-Heckaufprallscenarien sowie für Fußgänger- und Radfahrerszenarien mit zum Kleintransporter kreuzenden und parallelen Bewegungspfaden – querende oder sich längsbewegende schwächere Verkehrsteilnehmer.



Test des Notbremsassistenten für die Vermeidung oder die Milderung des Fahrzeugheckaufpralls

Zusätzlich wurden die Spurhalte- und Verkehrszeichenerkennungsassistenten bewertet. Um die in der Praxis vorhandene Beladung zu simulieren, wird für die Tests eine Zuladung entsprechend der halben Nutzlast realisiert. Diese ist so angebracht, dass der Zuladungsschwerpunkt in der geometrischen Mitte des Laderaums liegt.

### **BASSt-Testserie zu N1 Fahrzeugen**

Folgende Nutzfahrzeuge verschiedener Hersteller wurden getestet: Ford Transit, Mercedes Vito sowie Volkswagen Transporter T6.1. Die Veröffentlichung der Ergebnisse der BASSt-Testserie erfolgt durch Euro NCAP zusammen mit denen der anderen europäischen Testlabore.

Obwohl alle Fahrzeuge mit Topausstattung (Maximalausstattung) in Bezug auf die Sicherheitspakete

für die Tests verwendet wurden, unterscheiden sich sowohl die Ausstattung mit Assistenzsystemen zwischen den einzelnen getesteten Fahrzeugtypen als auch die Performance der verbauten Assistenzsysteme erheblich. Zudem sind einige Modelle bereits in der Basis-Variante mit allen Assistenten ausgestattet, bei anderen ist dies nur mit Aufpreis möglich oder gar nicht verfügbar. Ungeachtet dessen haben die Testreihen der Kampagne deutlich gezeigt, dass es möglich ist, auch in Kleintransportern moderne und wirksame Sicherheitssysteme zu verbauen. ■

### **Literatur**

BASSt Bericht 2020 F1: Euro NCAP-Tests zur aktiven Sicherheit von Kleintransportern



[www.euroncap.com/de/bewertungen-u-auszeichnungen/bewertungen-von-transportern](https://www.euroncap.com/de/bewertungen-u-auszeichnungen/bewertungen-von-transportern)

# Airbag-Sicherheitssysteme für Radfahrer

Daniel Huster, Fahrzeugtechnikingenieur und Oliver Zander, Ingenieur für Sicherheitstechnik, stellvertretender Referatsleiter „Passive Fahrzeugsicherheit, Biomechanik“

Die Entwicklung des Unfallgeschehens von Fußgängern und Radfahrern in Deutschland zeigt ein uneinheitliches Bild. Während bei Fußgängern noch immer ein leichter Rückgang über alle Verletzungsschweren zu beobachten ist, ist eine kontinuierliche Zunahme der verunglückten Radfahrer zu verzeichnen. Absolut betrachtet lagen die im Straßenverkehr im Jahr 2018 getöteten Radfahrer annähernd auf dem Niveau von 2004. Bemerkenswert ist, dass Fahrradfahrer innerorts inzwischen die größte Gruppe getöteter und schwerverletzter Straßenverkehrsteilnehmer bilden.

Durch den kontinuierlichen Anstieg der Nutzung von Pedelecs ist eine weitere Verschärfung der Situation in den folgenden Jahren zu erwarten. Die meisten verunglückten Radfahrer sind dabei bei Kollisionen mit Pkw – wobei Kreuzungsunfälle den größten Anteil stellen – und bei Alleinunfällen zu beobachten. Aus diesen Unfällen resultieren auch die meisten tödlichen Verletzungen. Zwar sind Verletzungen der Extre-

mitäten und Kopfverletzungen von Radfahrern zahlenmäßig noch vor den Verletzungen der Thoraxregion zu beobachten, letztere nehmen allerdings den höchsten Anteil an schwereren und tödlichen Verletzungen (AIS2+) ein.

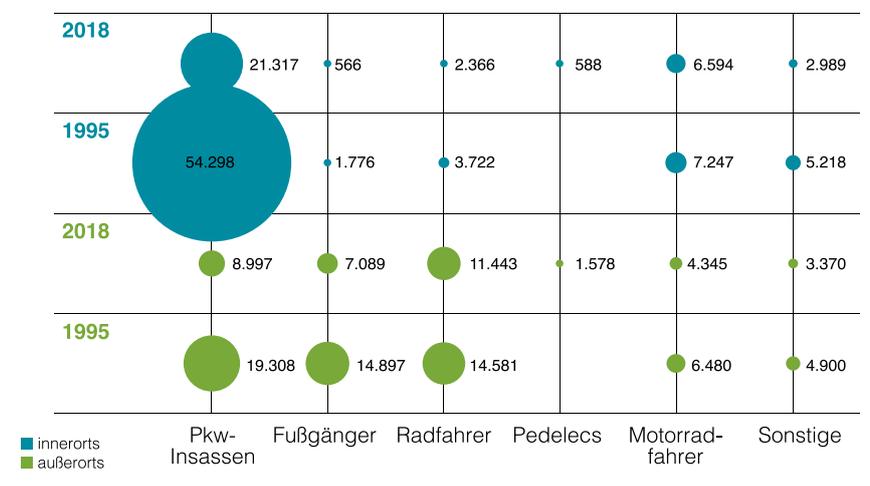
Es stellt sich die Frage, wie dieser Entwicklung konkret Rechnung getragen werden kann. So wurden für den Verbraucherschutz und die Gesetzgebung inzwischen Prüfverfahren erarbeitet, die in den nächsten Jahren umgesetzt werden und schweren Kopfverletzungen von Radfahrern entgegenwirken sollen. Die weiteren Körperregionen – so auch der Thorax – bleiben jedoch bis auf weiteres unberücksichtigt. Im Rahmen des EU-Forschungsprojektes SENIORS hat die BAST gemeinsam mit weiteren Konsortialpartnern ein Komponentenprüfverfahren entwickelt, das im Rahmen eines Nachfolgeprojektes nun verfeinert wird. Da bei einer möglichen späteren Umsetzung Alleinunfälle allerdings keinerlei Berücksichtigung finden, müssten diese über

die persönliche Schutzausrüstung adressiert werden. In diesem Zusammenhang hat die BAST das Schutzpotenzial von Airbag-Sicherheitssystemen für Radfahrer untersucht.

## Systembeschreibung

Grundsätzlich lässt sich das Schutzpotenzial von airbagbasierten Sicherheitssystemen als Funktion der Gesamtantwortzeit und dem Dämpfungsverhalten bestimmen. Dabei setzt sich die Gesamtantwortzeit additiv aus der Sensierzeit (Zeit, die die Sensorik für die Erkennung bis zur Triggerung benötigt) und der Aufstellzeit (Zeit für den Aufblasvorgang) zusammen. Ist die Gesamtantwortzeit geringer als die Aufschlagzeit, das heißt der Zeitraum vom Beginn des kritischen Ereignisses bis zum Anprall der zu schützenden Körperregion, kann das vollständig entfaltete Airbagsystem seine stoßabsorbierenden Eigenschaften voll zur Geltung bringen.

Die zu untersuchende Airbagweste soll hierbei Stöße gegen Thorax, Rücken und Hals/Nacken des Radfahrers im Falle eines Unfalls nach einer entsprechenden Detektion abmildern. 2 miteinander interagierende Sensoren in der Weste und am Fahrrad sollen unfalltypische Bewegungsabläufe und Stöße erkennen und in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Fahrrads den Befehl zum Befüllen der Airbagweste über eine in der Weste verbaute CO<sub>2</sub>-Kartusche erteilen. Hierbei beträgt die Auslösezeit laut Hersteller 80 Millisekunden bei einem Airbagdruck zwischen 300 und 500 Millibar.



Getötete und schwerverletzte Straßenverkehrsteilnehmer in Deutschland

## Versuchsprogramm

Ein Versuchsprogramm auf der fahrzeugtechnischen Versuchsanlage der BAST lieferte Erkenntnisse zur Airbagauslösung, dem Auslösealgorithmus der Sensorik, den Stoßdämpfungseigenschaften des Airbags sowie der Effektivität in realen Unfallszenarien.

Bei einem Standversuch mit externer Zündung wurde eine vollständige CO<sub>2</sub>-Befüllung der Airbagweste in einem Zeitfenster von weniger als 100 Millisekunden erreicht. Hierbei war die Maximalbelastung auf die Rippen des eingesetzten THOR 50 Perzentil Dummies und somit das Verletzungsrisiko mit 4 Millimeter Brusteindrückung sehr gering.

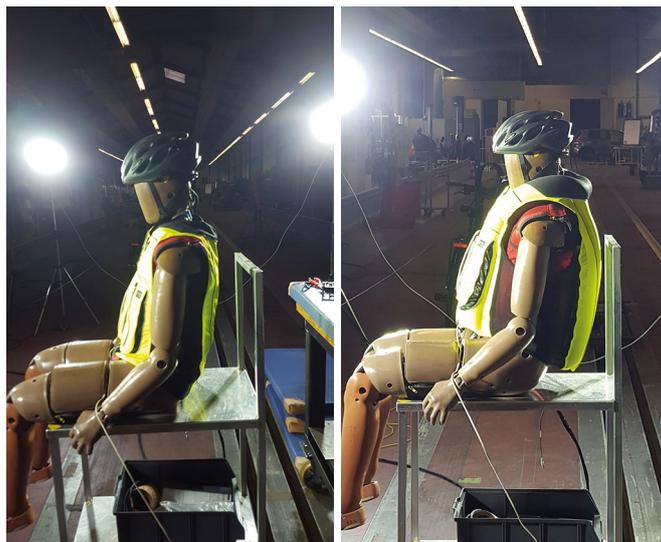
In Prinzipversuchen erfolgte die Untersuchung des Sensieralgorithmus sowie der Interaktion der beiden verbauten Sensoren. Die Forscher der BAST stellten fest, dass neben einer geringen Wiederholbarkeit der Sensierzeit und des Auslösezeitpunkts eine Kopplung beider Sensoren und deren Mitführung auf beziehungsweise am Fahrrad für eine Auslösung zwar nicht zwangsweise erforderlich, aber dennoch empfehlenswert ist, da dies zu einer deutlich höheren Zuverlässigkeit und verringerten Gesamtantwortzeit beiträgt.

Die stoßabsorbierenden Eigenschaften der Airbagweste wurden in verschiedenen Versuchskonstellationen unter 2 Geschwindigkeiten auf einem Kalibrierprüfstand mit einem THOR 50 Perzentil Dummy getestet. Die Auslösezeitpunkte der extern getriggerten Weste variierten dabei. Die Ergebnisse wurden mit einer statisch befüllten Weste sowie einem ungeschütztem Dummy verglichen. Eher punktuelle Belastungen über ein Kalibrierpendel wurden ebenso wie das

flächige Auftreffen auf ein Hindernis simuliert. Ergebnis war, dass die stoßabsorbierenden Eigenschaften der Airbagweste flächige Brustbelastungen über einen gewissen Zeitraum zu begrenzen vermögen. Sehr harte und punktuelle Lasten hingegen führen erwartungsgemäß zu einem Durchschlagen und damit weitaus höheren Einwirkungen.

Zur Simulation von Alleinunfällen erfolgte das Auftreffen eines Hybrid III 50 Perzentil Dummies als Radaufsassende gegen verschiedene Hindernisse mit nachfolgendem Sturz. Nach dem Abwurf und Sturz des Dummies über den Lenker kam es wider Erwarten zu keinerlei Auslösung der Airbagweste, obwohl der Impuls auf den Sattelsensor dies hätte vermuten lassen.

Abschließend stellten die Forscher 2 weitere häufig auftretende Unfallszenarien nach: Kreuzungsunfall eines Fahrrads (Geschwindigkeit 20 Kilometer pro Stunde) mit einem querenden Pkw als Kollisionsgegner sowie ein Längsszenario (Auffahren eines Pkw mit 20 Kilometer pro Stunde auf ein an der Ampel wartendes Fahrrad). Bei vorhandenem GPS-Signal und interagierenden Sensoreinheiten funktioniert das System wie beabsichtigt. Die Sensorik erkennt den Zusammenstoß zeitgerecht und gibt das Signal an die Airbagweste, die vor der Kollision der Person mit dem Pkw (Thorax gegen Dachkante) vollständig befüllt ist und die Thoraxbelastung signifikant abzumildern vermag. Im Längsszenario reicht der Impuls des Pkw auf das Fahrrad jedoch nicht aus,



*Airbagweste im Standversuch: unausgelöster und ausgelöster Zustand*

um vom Sensieralgorithmus des Systems als Unfall erkannt zu werden. Hier löst die Weste erst beim Sekundäranprall der Person auf die Fahrbahn aus.

## Fazit

Die untersuchte Airbagweste zum Schutz von Thorax, Rücken und Hals/Nacken von Radfahrern im Falle eines Unfalls vermag die erlittenen Verletzungen nur partiell abzumildern. Bei vorhandenem GPS-Signal kann die Kombination aus Airbag- und Sattelsensor einen gewissen Ausschnitt real existierender Unfallszenarien erkennen, wobei die Gesamtauslösezeit des Systems mitunter zu hoch ist, um beim Aufprall die volle stoßabsorbierende Wirkung zur Geltung zu bringen. Solange die Airbagweste als zusätzliche persönliche Schutzausrüstung verstanden wird, kann sie unter bestimmten Randbedingungen zu einer Unfallfolgeminderung von Radfahren beitragen. Es wird empfohlen, auf diesen Umstand auch im Benutzerhandbuch hinzuweisen. ■

# Innovativer Fallturmprüfstand zur Schutzkleidungsbewertung

Daniel Huster, Fahrzeugtechnikingenieur, Referat „Passive Fahrzeugsicherheit, Biomechanik“

Im Vergleich zu Pkw-Insassen können Zweiradfahrer kaum von fahrzeugseitigen Rückhalte- und Schutzsystemen geschützt werden. In Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmern oder auch in Alleinunfällen sind die Zweiradfahrer im Wesentlichen auf Schutzwirkung von Helmen oder weiteren Elementen von Schutzkleidung angewiesen.

Schutzkleidung für Zweiradfahrer besteht in erster Linie aus dem Fahrrad- oder Motorradhelm. Beide müssen standardisierte Komponententests durchlaufen und ein Mindestmaß an Stoßdämpfung aufweisen, um als Schutzhelme in Verkehr gebracht werden zu können. Andere Elemente der Schutzkleidung – zum Beispiel Rückenprotektoren – werden ebenfalls dynamisch getestet. Einige dynamische Kom-

ponententests werden durch Fallturmprüfstände ermöglicht, mit denen ein definierter Anprall simuliert und die Dämpfungseigenschaft der Schutzkleidung über Sensoren ermittelt werden kann. Durch die Weiterentwicklung von Prüfvorschriften im Hinblick auf realistischere Testkonfigurationen und relevante Bewertungskriterien kann das Schutzz Potenzial von Schutzkleidung erhöht und ein Beitrag zur Verkehrssicherheit geleistet werden.

## Allgemeine Funktionsweise

Ein Fallturmprüfstand nutzt die Schwerkraft, um einen Prüfkörper oder einen Impaktor auf einen Amboss zu beschleunigen. Als Beispiel für die Prüfung eines Motorradhelmes wird ein Prüfkopf mit dem zu prüfenden Helm ausgestattet. Der behelmte Prüfkopf wird dann auf einem Führungsschlitten positioniert und am Fallturm auf die zuvor ermittelte Auslösehöhe gezogen. Nach dem Auslösen des freien Falls fährt der Schlitten am Fallturm herunter und führt den behelmten Prüfkörper so, dass die gewünschte Stelle des Helmes auf dem Amboss auftrifft – zum Beispiel Stirn- oder Schläfenbereich. Zur Bewertung der stoßdämpfenden Schutzwirkung des Helmes messen Sensoren im Schwerpunkt des Prüfkopfes die darauf wirkenden Beschleunigungen. Da der behelmte Prüfkopf lediglich auf dem Führungsschlitten aufliegt, trennt er sich von diesem, sobald der Anprall am Amboss erfolgt. Fallturmprüfstände ermöglichen so einen freien Anprall eines Prüfkörpers bei gleichzeitig guter Führung des freien Falls. Alternativ kann statt des Füh-

rungsschlittens auch ein Impaktor auf das zu prüfende Schutzkleidungselement beschleunigt werden. In dem Fall liegt beispielsweise ein Rückenprotektor auf dem Amboss und ein definierter Impaktor belastet den Protektor derart, dass die Stoßdämpfung am Amboss oder am Impaktor ermittelt werden kann.

## Eigenschaften des BAST-Fallturmprüfstandes

Fallturmprüfstände sind in der Regel auf eine bestimmte Art von Prüfung ausgelegt. Trotz ähnlicher Funktionsweise gibt es Fallturmprüfstände für Helme, für Protektoren oder weitere Anwendungen. Ein Umrüsten ist oft nicht vorgesehen oder aus Mangel an Raum aufwendig.

Zur Ermöglichung eines größeren Funktionsumfanges und zur Anpassung an experimentelle Anprallkonfigurationen, ist der Fallturmprüfstand der BAST eine innovative Eigenentwicklung. Dimensionierung und Platzangebot erlauben die Realisierung neuer Prüfaufbauten und Testmethoden. Ein 6 Meter hoher Pfahl mit 4 Linearführungen erlaubt die Nutzung einer effektiven Fallhöhe von bis zu 5 Metern. Die damit erreichbare Fallgeschwindigkeit von bis zu 9 Metern pro Sekunde deckt relevante Anprallgeschwindigkeiten im Unfallgeschehen sowie Vorgaben unterschiedlicher Prüfvorschriften ab. Ein massives Maschinenbett ermöglicht die Montage und Ausrichtung unterschiedlicher Ambosse und Anprallvorrichtungen. So sind auch Prüfungen mit einem schrägen Amboss möglich, um einen Helm auch tangential anprallen zu lassen.



Fallturmprüfstand in der FTVA

Dieser tangentielle Anprall ist gegenüber einem Anprall auf eine horizontale Fläche – wie er derzeit in Prüfvorschriften für Helme bewertet wird – realistischer für das Unfallgeschehen von Zweiradfahrern. Der Führungsschlitten kann individuell angepasst werden, um unterschiedliche Helme prüfen oder neuartige Konfigurationen untersuchen zu können. Ausgestattet ist der Fallturm mit einer ferngesteuerten Seilwinde und einer lasergestützten Höhenmessung des Schlittens. Bei Versuchsdurchführung durchfährt der Führungsschlitten unmittelbar vor dem Anprall des Prüfkörpers am Amboss eine hochpräzise Lichtschranke zur Geschwindigkeitsmessung. Nach dem Anprall des Prüfkörpers und der dadurch eingeleiteten Trennung von Führungsschlitten und Prüfkörper wird der Führungsschlitten durch das Eintauchen in ein Schaumstoffpolster abgebremst. Zum Schutz vor umherfliegenden Prüfkörpern und Splintern ist der Anprallbereich des Fallturmes

von einer 4 Quadratmeter großen Einhausung mit Tür umgeben.

Zur Versuchsdurchführung wird der Prüfkopf mit dem zu prüfenden Helm auf dem Führungsschlitten positioniert. Die Ausgangshöhe des freien Falls wird aus der theoretischen Fallgeschwindigkeit und den vorhandenen geringen Reibungsverlusten berechnet. Der Vergleich von theoretischer und real gemessener Geschwindigkeit erfolgt für jeden durchgeführten Versuch und ermöglicht eine immer genauere Abschätzung der erforderlichen Starthöhe.

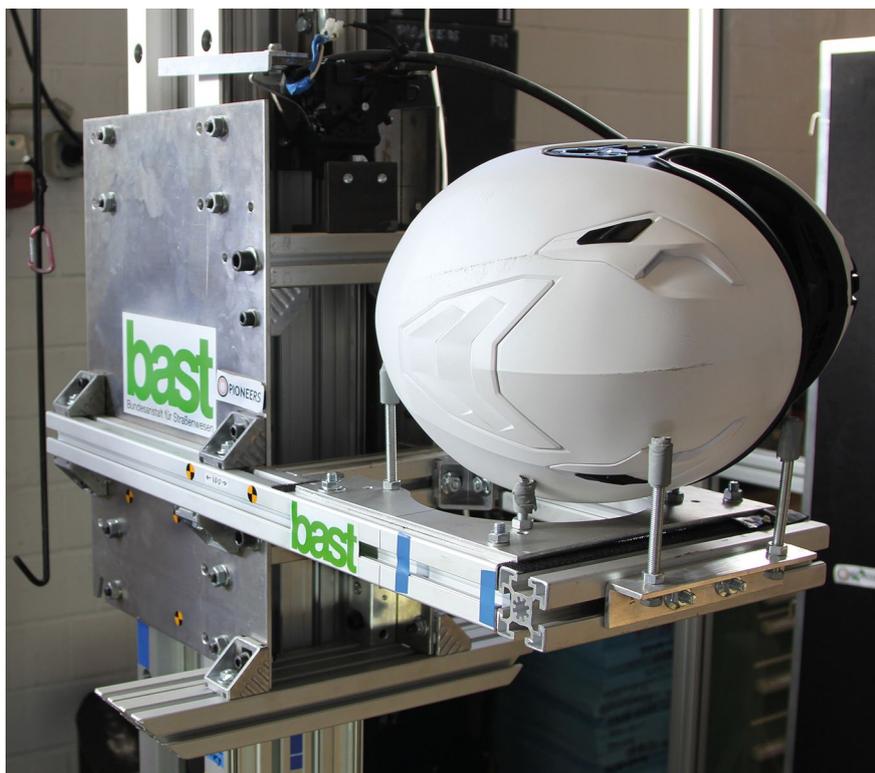
Um den Versuch zu starten wird der Führungsschlitten aus der zuvor berechneten Starthöhe fallen gelassen. Dies erfolgt durch die eigens konstruierte Fernauslösung, welche die Verbindung zwischen Seilwinde und Führungsschlitten trennt und diesen frei gibt.

Der folgende Anprall des behelmteten Prüfkopfes wird messtechnisch auf-

gezeichnet, sodass die wirkenden Belastungen analysiert und die Schutzwirkung des Helmes bewertet werden können. Da das relevante Zeitfenster des Helmanpralls lediglich 10 bis 20 Millisekunden umfasst, erfolgen die Messungen mit entsprechend hoher Abtastrate von 20 Kilohertz. Zur weiteren Analyse werden in der Regel Hochgeschwindigkeitsaufnahmen angefertigt, welche den Versuch mit 1.000 Bildern pro Sekunde dokumentieren.

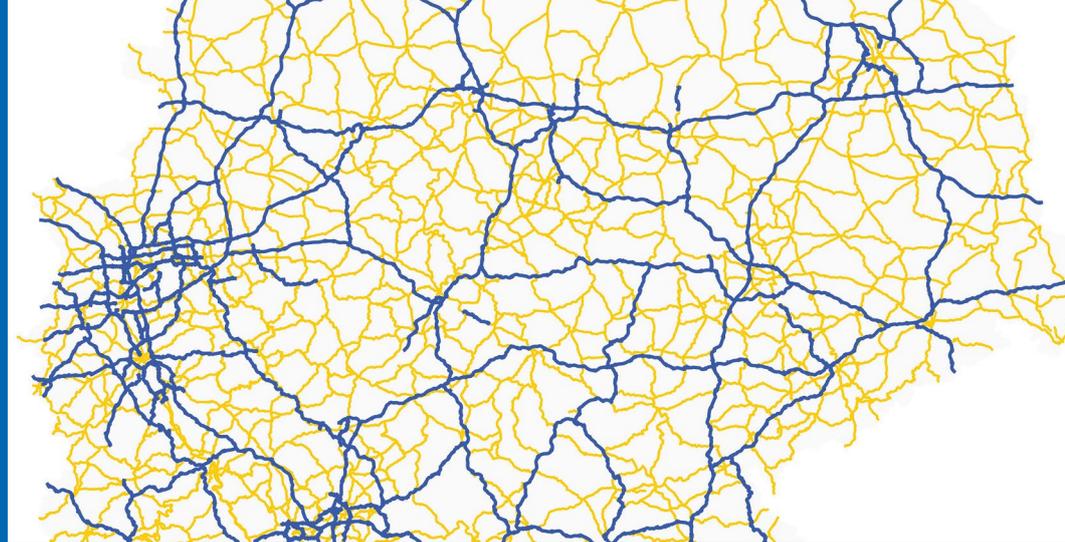
### Verwendung des Fallturmprüfstandes

Der Fallturmprüfstand erlaubt die Prüfung von Motorrad- und Fahrradhelmen entsprechend geltender Vorschriften. Für die Erprobung neuer oder modifizierter Vorschriften kann der Fallturmprüfstand variabel umgerüstet und erweitert werden. So wird im Rahmen des EU-Forschungsprojektes PIONEERS (Protective Innovations Of New Equipment for Enhanced Rider Safety) an unterschiedlichen Anprallkonfigurationen für Motorradhelme gearbeitet. Ergebnisse aus diesen Versuchen werden auch in internationalen Vorschriften wie der UN-Regelung 22 für Motorradschutzhelme verwendet. Zudem wird der Fallturmprüfstand verwendet, um eine zukünftige dynamische Prüfung von Halswirbelsäulenprotektoren für Motorradfahrer (Neckbraces) zu entwickeln. Die Variabilität des Fallturmprüfstandes erlaubt hierbei, unterschiedliche Konzepte kurzfristig, kostengünstig und unter vergleichbaren Bedingungen zu erproben. ■



Führungsschlitten mit aufgelegtem Helm





# Verkehrstechnik

Verkehrsbarometer – Verkehr während der Corona-Pandemie

Drohnen messen Luftschadstoffe

Brücken wiegen Fahrzeuge

Technische Entwicklung zur Vermeidung von Straßensperrungen

Wie entsteht eigentlich die Mauttabelle?

Boden und Wasser im Verkehrsraum gemeinsam betrachten und schützen

Sichere Landstraßen durch geeignete Schutzeinrichtungen



# Verkehrsbarometer – Verkehr während der Corona-Pandemie

Anke Fitschen, Assessorin des Vermessungs- und Liegenschaftswesens und  
Arnd Fitschen, Assessor des Vermessungs- und Liegenschaftswesens, Referat „Verkehrsstatistik“

Der Verkehr auf deutschen Straßen war im Jahr 2020 stark von der Corona-Pandemie beeinflusst. Ein drastischer Lockdown im Frühjahr führte zu freien Autobahnen (BAB). Die BAST hat diese Entwicklung in Form eines Verkehrsbarometers zeitnah beobachtet und regelmäßig im Internet darüber informiert. Auch das Krisenmanagement der Bundesregierung konnte von diesen Informationen profitieren.

Der Straßenverkehr ist aufgrund der Beeinträchtigungen durch die Corona-Pandemie deutlich zurückgegangen. Bis einschließlich 21. Juli 2020 wurden die Entwicklungen auf BAB anhand der vorliegenden Daten aus Achslastmessstellen (AMS) und automatischen Dauerzählstellen (DZ) im Vergleich zum Zeitbereich vor der Corona-Pandemie (2. Februar bis 7. März 2020) ermittelt.

## Daten aus Achslastmessstellen

Die Daten von rund 2.000 Dauerzählstellen werden nach Qualitätskontrollen in den Straßenbauverwaltungen der Länder im Regelbetrieb als Monatsdateien erst nach mehreren Wochen der BAST zur Verfügung gestellt, sodass die Aktualität für diese zeitnahen Untersuchungen

nicht ausreichte. Die Daten der Achslastmessstellen dagegen liegen tagesaktuell vor. Daher wurde das erste Verkehrsbarometer ausschließlich mit den Achslastmessstellen berechnet und erschien bereits am 2. April 2020, also nur 10 Tage nach dem umfassenden Lockdown im Frühjahr. Im Zeitbereich 25. bis 31. März 2020 ergab sich ein Rückgang im Kfz-Verkehr von -46 Prozent. Aus späteren Berechnungen mit 359 Dauerzählstellen (inklusive AMS) wurde für diesen Zeitbereich ein Rückgang um -47 Prozent ermittelt, wodurch sich der zuvor aus lediglich 4 AMS in NRW ermittelte Wert für ganz Deutschland bestätigte.

Um für die Aktualisierungen des Verkehrsbarometers, deren umfangreiche Berechnungen alle 14 Tage erfolgten, größere Datenmengen nutzen zu können, lieferten die Bundesländer vorübergehend die Rohdaten der Dauerzählstellen bereits wenige Tage nach Monatsende. Über das jeweilige Monatsende hinaus wurde die weitere Entwicklung mit den tagesaktuellen Achslastmessstellen berechnet.

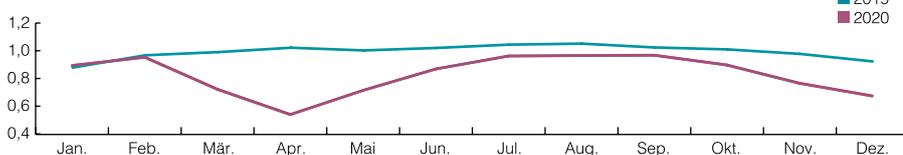
Der stärkste Rückgang ergab sich am Osterwochenende mit -54 Prozent, im Schwerverkehr um -44 Pro-

zent. An Karfreitag, Ostersonntag und Ostermontag waren verglichen mit den jeweiligen Feiertagen 2019 jeweils circa 74 Prozent weniger Fahrzeuge unterwegs. Anschließend stieg der Verkehr durch die langsame Lockerungen der coronabedingten Maßnahmen kontinuierlich an, bis Mitte Juli das Vor-Corona-Niveau wieder erreicht wurde. Allerdings kann der Verkehr im Zeitraum 2. Februar bis 7. März 2020 nicht als Vergleichsbasis für einen Verkehr im Sommer dienen, da die normale Jahresganglinie des Kfz-Verkehrs im Sommer höher als im Winter ausfällt.

## Monatliche Entwicklung

Für die weitere Untersuchung des Verkehrs wurde das Verkehrsbarometer auf eine praktikablere Form umgestellt. Als Basis dienen nun die normalen Länderlieferungen der vorläufigen DZ-Daten pro Monat. Dargestellt werden die monatlichen Entwicklungen im Vergleich zum Vormonat und zum Vorjahresmonat sowohl auf BAB als auch auf Bundesstraßen. Hier ist zu erkennen, dass der Verkehr im Sommer das Niveau von 2019 noch nicht erreicht hat und noch etwa 8 Prozent unterhalb der Kurve von 2019 verläuft (im Schwerverkehr -5 Prozent). Das Barometer wird monatlich aktualisiert und liefert auch in Zukunft Orientierungswerte zur aktuellen Verkehrsentwicklung. ■

Verkehrsmenge normiert auf durchschnittlichen Kfz-Verkehr 2019



Verkehrsbarometer – Entwicklung des Straßenverkehrs auf BAB nach Monaten – alle Kraftfahrzeuge (Kfz)



[www.bast.de/verkehrsbarometer](http://www.bast.de/verkehrsbarometer)

# Drohnen messen Luftschadstoffe

Dr. Anja Baum, Geophysikerin, stellvertretende Referatsleiterin, Dr. Julian Rüdiger, Chemiker und Rickmar Seldschopf, Umweltingenieur, Referat „Umweltschutz“

Die Kenntnis über die Schadstoffkonzentrationen – Feinstaub, Ruß, Ozon und Stickoxide – in der Luft ist wichtig, um Aussagen zur Luftqualität treffen zu können. Diese werden von Landes- und Bundesbehörden deutschlandweit stationär gemessen und anhand von Modellen vorhergesagt. Auch die BAST betreibt an der A555 bei Wesseling und der A4 bei Bergisch Gladbach/Bensberg Messstationen, um verkehrsnah Schafstoffkonzentrationen zu bestimmen. Stationäre und kontinuierliche Messungen ermöglichen es, die Einhaltung von Grenzwerten zu überwachen und somit die Lebensqualität der Menschen zu sichern und stetig zu verbessern. Um jedoch ein umfangreicheres Bild der Schadstoffbelastung in urbanen Räumen zu erhalten, sind mobile Messungen ein wichtiges und unverzichtbares Werkzeug. Der Einsatz von Immissionsfahrzeugen bis hin zu Fahrradmessungen ermöglicht dabei die Begutachtung der Luftqualität in der Fläche. Es fehlt jedoch weiterhin die Information über die vertikale Schadstoffverteilung, die für den Transport und die Modellierung räumlicher Verteilungen von Schadstoffen von großer Bedeutung ist.

## Drohnen schließen die Informationslücke

Mit dem Einsatz von Drohnen ist es möglich, mit überschaubarem Aufwand Vertikalprofile der Schadstoffbelastung zu messen. Durch die stetige Verbesserung der Leistungsfähigkeit von Drohnen, wurden diese in den letzten Jahren in zahlreichen Studien für Luftqualitätsmessungen verwendet. Dabei lag der Fokus

meist auf Machbarkeitsstudien sowie dem experimentellen Einsatz. Das Projekt MesSBAR hat sich zum Ziel gesetzt, die Lücke hin zu routinemäßigen Messungen mittels Drohnen zu schließen. Dafür werden 3 automatisch operierende Quadcopter entwickelt, die Luftschadstoffe messen werden. Die auf den Drohnen zum Einsatz kommenden Instrumente sind im Gegensatz zu stationären Messgeräten stärkeren Umwelteinflüssen ausgesetzt und müssen deshalb einer umfangreichen Qualitätssicherung unterzogen werden. Hierfür wird die Drohnen-Sensorik simultan zu eignungsgeprüften Instrumenten in den Messcontainern der BAST betrieben und überwacht. Die ersten Messungen werden seit Juli 2020 am Messquerschnitt der BAST an der A4 durchgeführt. Die unterschiedlichen Messgeräte werden dazu in verschiedenen Betriebsmodi über Zeiträume von einigen Monaten betrieben. Die ersten Auswertungen zeigen eine grundsätzlich gute Übereinstimmung der Messdaten von mobiler und stationärer Sensorik und bestätigen damit die Eignung der Sensorik zum Einsatz auf den Schadstoff-Drohnen.

## Take-Off im Frühjahr

Für das Frühjahr 2021 sind Testflüge des ersten Drohnen-Prototyps am Messquerschnitt der BAST an der A555 bei Wes-

seling geplant. Dazu werden von den Konsortialpartnern, dem Institut für Flugführung der TU Braunschweig und der Firma Leichtwerk Research, zunächst der maßgefertigte Drohnenkorpus mit der Sensorik vereint. Zusätzlich zu den kommerziell erhältlichen Messgeräten werden auch eigens vom Forschungszentrum Jülich entwickelte Sensoren integriert. Das Leibniz-Institut für Troposphärenforschung betreut dabei die Partikel-Sensorik und die Physikalisch-Technische Bundesanstalt sichert im Projekt die metrologische Rückführbarkeit der Messungen. Die vom Forschungszentrum Jülich durchgeführten Modellierungen zur Schadstoffverteilung in der Atmosphäre sollen so mit tatsächlichen Erhebungen der vertikalen Verteilung in (Nahe)-Echtzeit verglichen werden. Um potenzielle Schadstoff-Einträge von lokalen und regionalen Großemittenten am Messstandort zu erkunden, stellt das Umweltbundesamt Emissionskataster bereit. ■



Illustration des Prototyps der Schadstoff-Drohne (Leichtwerk Research GmbH) am Messquerschnitt A555

# Brücken wiegen Fahrzeuge

Jens Dierke, Bauingenieur und Ralf Meschede, Ingenieur für Elektrotechnik, stellvertretender Referatsleiter „Verkehrsbeeinflussung und Straßenbetrieb“, Anke Fitschen, Assessorin des Vermessungs- und Liegenschaftswesens, Referat „Verkehrstatistik, BISStra“ und Daniel Eickmeier, Bauingenieur, Referat „Grundsatzfragen der Bauwerkserhaltung“

## Test von Bridge-WIM-Systemen in Deutschland

Achslastmessstellen bilden auf deutschen Autobahnen (BAB) ein Netz von Messstellen zur Gewichtserfassung des Schwerverkehrs. Mithilfe von in die Fahrbahn eingelassenen Sensoren können während der Fahrt Gesamtgewichte und Achslasten ermittelt werden. Die kontinuierlich erhobenen Daten dieser Achslastmessstellen werden durch die BAST statistisch ausgewertet und dienen unter anderem als Grundlage für die Planung und das Erhaltungsmanagement von Straßen und Brücken. Darüber hinaus nutzt das Bundesamt für Güterverkehr (BAG) einige der Messstellen für die Vorselektion überladener Fahrzeuge bei Kontrollen.

Aufgrund des Aufwands und der Kosten ist die Anzahl der fest verbauten Achslastmessstellen auf BAB in Deutschland auf die für netzweite Belastungsdaten minimal notwendige Anzahl begrenzt worden. Für bestimmte detailliertere Aussagen – beispielsweise zu konkreten

Netzabschnitten oder Brückenbauwerken – wäre eine temporäre Messung im jeweiligen Abschnitt sehr aufschlussreich. Gesucht werden daher geeignete mobile Systeme, mit denen diese Messungen kostengünstig durchgeführt werden können. In einem Pilotprojekt der BAST wurden dazu Bridge-WIM-Systeme, die an Brückenbauwerke montiert werden können, auf ihre messtechnische Eignung hin getestet und die betrieblichen sowie wirtschaftlichen Aspekte beleuchtet [1].

### Pilotversuch auf der Autobahn A8

Auf einem Testfeld auf der A8 bei Rosenheim wurden 2 unterschiedliche Bridge-WIM-Systeme unter Brückenbauwerken installiert, die entsprechend der Angaben der Systemhersteller in ihrer Geometrie und ihren strukturellen Eigenschaften geeignet erschienen. Im Bild ist die auf der Unterseite einer Brücke angebrachte Sensorik zu sehen. Diese

misst die durch die passierenden Fahrzeuge hervorgerufene Durchbiegung der Brücke. Daraus werden mit einer entsprechenden Software des Bridge-WIM-Systems die Fahrzeuggewichte abgeleitet.

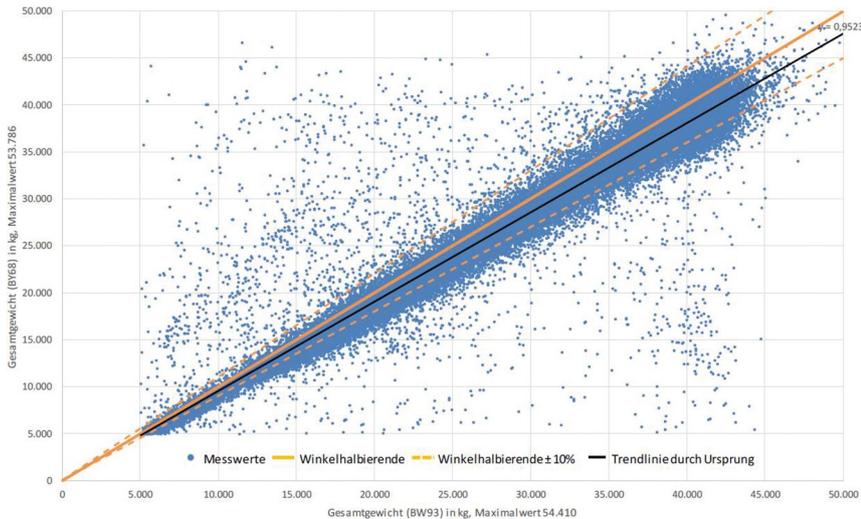
Weiterer Bestandteil des Testfelds war ein vorhandener Kontrollplatz mit geeichter Wiegeeinrichtung für Lkw, der gemeinsam durch das BAG und die Polizei betrieben wurde und eine vorgelagerte Achslastmessstelle auf der Autobahn hatte. Dies ermöglichte einerseits die Feststellung tatsächlicher Fahrzeuggewichte und andererseits den Vergleich zwischen Bridge-WIM-Systemen und Achslastmessstellen. Um eine automatisierte Zuordnung der Daten der verschiedenen Messstandorte im etwa 11 Kilometer langen Messfeld zu ermöglichen, richtete das Untersuchungsteam ein Fahrzeugidentifikationssystem ein, das datenschutzkonform anonymisierte Fahrzeugcodes generierte.

Zunächst wurde die Handhabung der Bridge-WIM-Systeme analysiert sowie der von spezialisierten Fachfirmen durchgeführte Auf- und Abbau begleitet und detailliert dokumentiert. Der Aufwand für die Installation und den späteren Rückbau hängt stark vom Systemaufbau (Hard- und Software) sowie den örtlichen Gegebenheiten ab.

In einem üblichen Umfeld kann der Aufbau inklusive Kalibrierung bei einem Team von 2 Personen in ein bis 2 Arbeitstagen, also mit verhältnismäßig geringem Aufwand, er-



Autobahnbrücke mit Sensorik zur Gewichtserfassung von Fahrzeugen (Bridge-WIM)



Vergleich Gesamtgewicht Bridge-WIM-System (BW93) und Achslastmessstelle (BY68) für 188.924 Fahrzeuge (4.4. bis 31.8.2018)

folgen. Der Rückbau liegt bei circa einem halben Arbeitstag.

Zur Bestimmung der Messgenauigkeit erfolgten Versuchsfahrten mit Test-Lkw nach einem Testverfahren, das bei der Überprüfung der Kalibrierung und zur Abnahme von permanenten Achslastmessstellen etabliert ist. Ergänzend wurden in Kooperation mit dem BAG und der Polizei Vergleichsmessungen mit aus dem Verkehr ausgeleiteten und nachverwogenen Lkw durchgeführt. Neben diesen Versuchen wurden über einen Zeitraum von mehreren Monaten kontinuierlich Daten der Bridge-WIM-Systeme und der bestehenden Achslastwaage als Vergleichssystem erhoben und ausgewertet.

Bei der Auswertung der Fahrzeugversuche hat sich gezeigt, dass Bridge-WIM-Systeme die Anforderungen an die Messgenauigkeit von Achslastmessstellen hinsichtlich Fahrzeuggesamtgewichten erfüllen können. Bei den weiteren Messgrößen – wie den Achslasten – wurden einige Einschränkungen festgestellt. Der im Bild dargestellte Langzeitvergleich zwischen einem

Bridge-WIM-System und der Achslastmessstelle mit knapp 190.000 Fahrzeugen zeigt die insgesamt gute Korrelation bei der Ermittlung der Gesamtgewichte der Fahrzeuge.

### Fazit und Ausblick

Durch das Pilotprojekt der BAST konnte gezeigt werden, dass ein mobiler Einsatz von Bridge-WIM-Systemen an geeigneten Brücken im deutschen Straßennetz möglich ist. Die Qualität der Messungen des Schwerverkehrs wurde im Pilotversuch insbesondere für die Gesamtgewichte als gut befunden. Bei den weiteren Messgrößen gab es bei den beiden getesteten Systemen unterschiedliche Einschränkungen. Die Systeme liefen während des Testzeitraums von 6 Monaten ohne Nachkalibrierung (Überfahrten mit Testfahrzeugen) stabil. Zur Minimierung des Temperatureinflusses auf die Messgenauigkeit sollte die Kalibrierung möglichst zeitnah zum Messzeitraum erfolgen.

Aufgrund des insgesamt positiven Ergebnisses ist derzeit ein Folgeprojekt zur Entwicklung eines Konzepts für die kombinierte Achslasterfas-

sung (stationäre Achslastwaagen und temporäre Bridge-WIM-Systeme) in Vorbereitung. Dazu soll exemplarisch an verschiedenen Streckenzügen mit bereits vorhandener Achslastmessstelle und geeigneten Brückenbauwerken eine differenzierte Erfassung durchgeführt werden. Das Konzept soll den erforderlichen Umfang der zusätzlichen Messungen definieren und eine Aussage darüber treffen, ob die Einteilung des Autobahnnetzes in definierte Streckenzüge, wie sie beispielsweise für die Straßenverkehrszählung genutzt wird, auch für die Achslasterfassung herangezogen werden kann oder ob eine andere Untergliederung sinnvoller ist. Weiterhin werden Erkenntnisse zur Einsatzmöglichkeit von Bridge-WIM auch im nachgeordneten Netz erwartet.

Zukünftig stünde damit eine Erhebungsmethodik für eine räumlich differenziertere und auf andere Straßenkategorien erweiterbare Datengrundlage für die Planung und das Erhaltungsmanagement von Straßen und Brücken in Deutschland zur Verfügung. ■

### Literatur

- [1] KATHMANN, T., SCOTTI, C., KUCERA, U.: Bridge-WIM Pilotversuch – Begleitung und Auswertung, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 337, 2020

# Technische Entwicklung zur Vermeidung von Straßensperrungen

Andreas Coumanns, Verkehrsingenieur, Referat „Straßenentwurf, Verkehrsablauf, Verkehrsregelung“ und Johannes Thomé, Fahrzeugingenieur, Referat „Straßenausstattung“

Bei Arbeitsstellen im Straßenverkehr ist zwischen Flächen zu unterscheiden, die dem öffentlichen Verkehr weiterhin zur Verfügung stehen und Flächen, die aufgrund von Bautätigkeiten dem öffentlichen Straßenverkehr vorübergehend entzogen sind: Verkehrsbereich und Arbeitsbereich. Für beide Flächen gelten unterschiedliche Rechtsbereiche. Die „Richtlinien für die Sicherung von Arbeitsstellen an Straßen (RSA)“ legen auf Grundlage der Straßenverkehrsordnung (StVO) fest, wie der Verkehr zu führen, zu beschränken oder zu verbieten ist, und welche Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen anzuordnen sind, um die Sicherheit und Ordnung des Verkehrs zu gewährleisten und arbeitsstellenbedingte Gefahren abzuwehren. Ihr Geltungsbereich bezieht sich somit auf die „Verkehrsseite“. Adressaten sind die nach StVO für die verkehrsrechtliche Anordnung zuständigen Behörden. Die Abgrenzung zwischen Arbeitsbereich und Verkehrsbereich obliegt diesen, indem sie die Lage der Verkehrszeichen oder Verkehrseinrichtungen anordnen – beispielsweise Fahrbahnbegrenzungen oder Leitbaken.

## Arbeitsschutz

Regelungen für den Arbeitsbereich enthält die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV). Sie legt fest, was der Arbeitgeber beim Einrichten und Betreiben von Arbeitsstätten in Bezug auf die Sicherheit und den Schutz der Gesundheit der Beschäftigten zu beachten hat. Adressat der ArbStättV ist über die Baustellenverordnung neben dem Arbeitgeber auch der Bauherr – im Fall von Straßen-

baumaßnahmen also in der Regel der Straßenbaulastträger. Zur Konkretisierung der ArbStättV, insbesondere um das Risiko eines in einer Straßenbaustelle Beschäftigten bei Arbeiten im Grenzbereich zur Verkehrsseite zu minimieren, dienen die „Technischen Regeln für Arbeitsstätten, Teil Straßenbaustellen (ASR A5.2)“. Mit Einführung der ASR A5.2 entstanden Konflikte bezüglich der jeweils geforderten Flächenbereiche.

## Handlungshilfe

Die BAST hat die „Handlungshilfe für das Zusammenwirken von RSA und ASR A5.2 bei der Planung von Arbeitsstellen im Grenzbereich zum Straßenverkehr“ erarbeitet, um die Inhalte der beiden titelgebenden Regelwerke zu erläutern. Die Handlungshilfe zeigt zudem Lösungsvorschläge für mögliche kritische Grenzfälle auf, mit denen die größtmögliche Sicherheit für Beschäftigte und Verkehrsteilnehmer gleichermaßen gewährleistet werden kann. Der vorhandene Straßenquerschnitt ist dazu in geeigneter Weise aufzuteilen, um sowohl die Belange des Verkehrs – Aufrechterhaltung einer Mindestverfügbarkeit und Gewährleistung der Verkehrssicherheit – als auch des Arbeitsschutzes – Platz für Bewegung und Schutzmaßnahmen – angemessen zu berücksichtigen.

Die Handlungshilfe stellt dabei gezielt auf die Planungsphase ab. Ein Kernpunkt ist beispielsweise, dass der anordnenden Behörde bereits zum Zeitpunkt der Ausschreibung ein Verkehrszeichenplan vorliegen muss, damit Konflikte frühzeitig

erkannt werden können. Die Verkehrsführung wird zunächst entsprechend den im jeweiligen Einzelfall vorhandenen verkehrlichen Erfordernissen gestaltet. Hiervon ausgehend müssen technische Mittel, Verfahren und Arbeitsweisen gewählt werden, die es ermöglichen, auf der dem Verkehr entzogenen Fläche die erforderlichen Arbeiten durchzuführen. Dem Einsatz von Beschäftigten in Arbeitsstätten im Grenzbereich zum Verkehr wird hierbei eine zentrale Bedeutung zuteil, erfordert er doch die Einhaltung von Sicherheitsabständen gemäß ASR A5.2. Nicht immer ist dies möglich, weshalb bereits in der Planungsphase eine Lösungsfindung durch die Gestaltung von

- Arbeits- und Fertigungsverfahren,
- Arbeitsabläufen und Arbeitszeit sowie
- deren Zusammenwirken

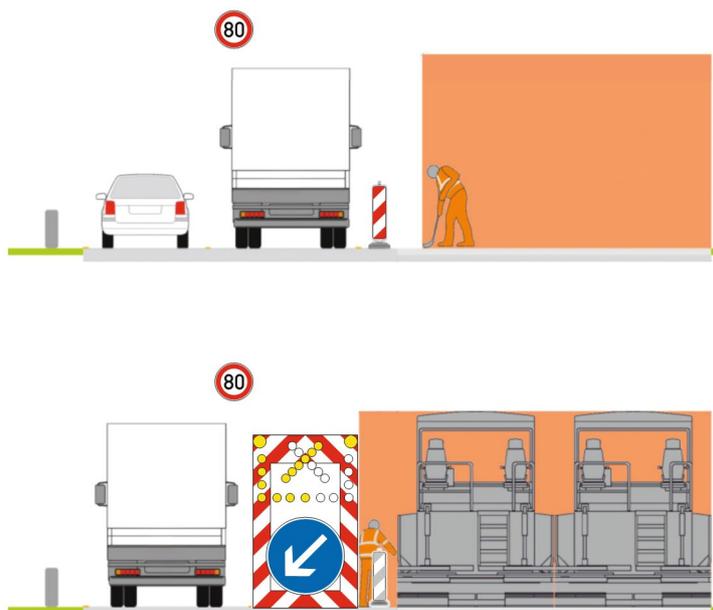
angestrebt wird.

Im Arbeitsschutzgesetz wird neben weiteren Aspekten insbesondere auf die Entstehung von Gefährdungen für Beschäftigte durch die 3 oben genannten Punkte hingewiesen. Adressat ist in diesem Zusammenhang in erster Linie der Arbeitgeber. Dieser ist verpflichtet, eine Gefährdungsbeurteilung zu erstellen und entsprechende Maßnahmen festzulegen. Jedoch erschweren vor allem geringe Straßenbreiten eine Lösungsfindung.

Die Handlungshilfe bietet hierzu ein modulares System. Es werden Verkehrsführungstypen und Lösungsbausteine definiert und kombiniert.

Ziel dieses Systems ist es, je nach Art der Arbeiten und des erwarteten Verkehrsaufkommens die verfügbaren Breiten optimal auszunutzen und auf Vollsperrungen verzichten zu können. Es wird angestrebt, mit der Sperrung von Teilen der Straße – zum Beispiel von einzelnen Fahrstreifen – auszukommen und nur im Notfall eine Straße vollständig für den Verkehr zu sperren. Ausmaß und Dauer der Sperrung sollen dabei stets auf das notwendige Minimum reduziert werden. Hierzu werden einerseits (temporäre) Verkehrsführungstypen benannt, durch deren Anwendung unter Aufrechterhaltung des Verkehrs gearbeitet werden kann. Andererseits wird aufgezeigt, wie eine zeitliche Überlagerung von starkem Verkehrsaufkommen und Arbeiten mit erhöhtem Platzbedarf verhindert werden kann. Neben diesen rein organisatorischen Maßnahmen fordert die Handlungshilfe auch die Entwicklung neuer technischer Lösungen, um die Konflikte bezüglich des Platzbedarfes aufzulösen.

Einer dieser Ansätze ist die Vermeidung von Arbeiten im Grenzbereich zum Verkehr – das heißt, am „Rand“ des Arbeitsbereiches, der dem Verkehrsbereich zugewandt ist. Wenn technische Fortschritte es ermöglichen, den Einsatz von Beschäftigten an diesen Stellen zu vermeiden, ist das Durchführen von Arbeiten neben dem Verkehr auch bei geringer Straßenbreite möglich. Beschäftigte führen die Arbeiten dann maschinengestützt aus sicherer Entfernung durch. Der gewonnene Platz kann dann dem Verkehrs- oder Arbeitsbereich – je nach Erfordernis – zugesprochen werden. Die Berücksichtigung von Sicherheitsabständen soll zudem grundsätzlich begrenzt werden auf den Zeitpunkt und die Dauer der Arbeiten sowie den Bereich, in dem die Arbeiten durchge-



Ausschnitt aus Verkehrsführungstyp ‚Vf24\_80\_1320\_Bake‘; oben: Zustand 1 – unten: Zustand 2

führt werden, sodass der Verkehr nicht unnötig eingeschränkt wird. Das Bild zeigt, wie durch gezielte temporäre Sperrung eines Behelfsfahrstreifens in Zeiträumen, in denen dies verkehrsverträglich möglich ist, bedarfsgerecht Raum für Beschäftigte in Bauphasen mit Tätigkeiten unter beengten Platzverhältnissen geschaffen werden kann. In Zukunft ließe sich eine solche zusätzliche Einschränkung des Verkehrs, durch technische Lösungen, die es ermöglichen, dass sich zwischen Baumaschine und Verkehr keine Beschäftigten befinden, gänzlich vermeiden.

Mit der Handlungshilfe wird ein Werkzeug bereitgestellt, das im Spannungsfeld zwischen Arbeitsschutz und Verkehrssicherheit zur Lösungsfindung beiträgt und bereits in der Planungsphase herangezogen werden soll. Sie bietet zudem eine gute Übersicht über in diesem Kontext zu beachtende Vorgaben der verschiedenen Rechtsbereiche und trägt damit zum gegenseitigen Verständnis und einer lösungsorientierten Zusammenarbeit der

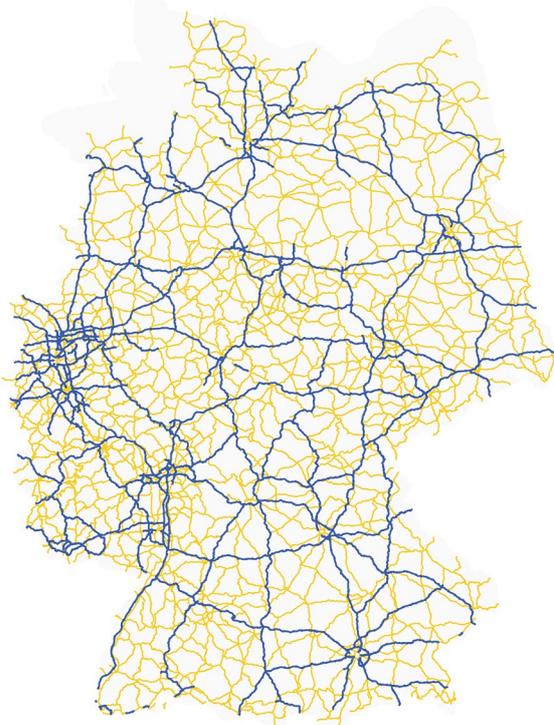
einzelnen Beteiligten bei. Deutlich wird außerdem, wer in welchen Planungsphasen mit welchen Aufgaben einzubeziehen ist.

Die Forderung nach einem solchen Dokument für kritische Grenzfälle zeigt, dass es erforderlich sein wird, die Prozesse in Arbeitsstellen kontinuierlich zu optimieren und technische Lösungen zu finden, durch die der Platzbedarf im Arbeitsbereich reduziert und die Sicherheit aller Beteiligten erhöht werden kann. Vorerst stellt die Handlungshilfe mit den vorwiegend organisatorischen Maßnahmen den aktuellen Rahmen der Möglichkeiten dar. Zukünftig können jedoch auch ergänzende Maßnahmen aufgenommen und speziell technische Entwicklungen,





Gemäß Bundesfernstraßenmautgesetz besteht für die Benutzung von Bundesautobahnen und Bundesstraßen mit Güterkraftfahrzeugen, deren zulässiges Gesamtgewicht mindestens 7,5 Tonnen beträgt, eine Mautpflicht – die Lkw-Maut. Als Grundlage für die Erhebung der Lkw-Maut stellt die BAST im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) dem Mautbetreiber Toll Collect regelmäßig mithilfe des Bundesinformationssystems Straße (BISStra) das mautpflichtige Bundesfernstraßennetz zur Verfügung. Die Daten werden alle 2 Monate gemäß der für Deutschland im Straßenwesen gültigen Konventionen der Anweisung Straßeninformationsbank (ASB) übermittelt: Sektor, von Netzknoten, nach Netzknoten.



Mautpflichtige Autobahnen (blau) und Bundesstraßen (gelb), Stand: Januar 2021 (Quelle: BISStra, bearbeitet mit QGIS)

## Größe des Maut-Netzes

Anfang des Jahres 2021 besteht das mautpflichtige Autobahn-Netz aus über 3.000 Abschnitten, die eine Gesamtlänge von rund 13.200 Kilometern aufweisen. Hinzu kommen die mautpflichtigen Bundesstraßen mit etwa 20.000 Abschnitten und einer Länge von circa 38.000 Kilometern. Das ergibt zusammen über 50.000 Kilometer mautpflichtige Straßen. Hierbei gilt es zu berücksichtigen, dass einige wenige grenznahe Autobahnabschnitte der Autobahnen A5 (D – CH und D – FRA) und der A6 (D – FRA) nicht mautpflichtig sind. Im Jahr 2019 betragen die Einnahmen aus der Lkw-Maut laut BMVI rund 7,3 Milliarden Euro.

Im weiteren Verfahren entsteht aus dem Maut-Netz der BAST in Abstimmung zwischen Toll Collect und dem Bundesamt für Güterverkehr (BAG) die Mauttabelle mit sämtlichen Mautknoten und Mautabschnitten. Diese wird, einschließlich der für die Abrechnung relevanten Tariflängen, abschließend vom BAG veröffentlicht.

## BISStra

Die kontinuierliche Pflege des Bundesfernstraßen-Netzes in BISStra durch die BAST basiert auf den quartalsweisen Datenlieferungen der Bundesländer. Die Daten der Bundesländer bilden jeweils den aktuellen stichtagsbezogenen Stand des Straßennetzes ab. Da Toll Collect jedoch das Maut-Netz benötigt, wie es sich in 2 Monaten darstellt, müssen bei jeder Datenlieferung mautrelevante Veränderungen vorwegge-

nommen werden – etwa aufgrund von Verkehrsfreigaben, straßenrechtlichen Widmungen oder Abstufungen in BISStra. Um hierfür verlässliche Informationen zu erlangen, ist ein intensiver Austausch mit den für Straßenbau und straßenrechtlichen Entscheidungen zuständigen Länderstellen sowie dem für Straßenrecht verantwortlichen Referat im BMVI erforderlich. Eine weitere wichtige Datenquelle sind amtliche Verkündungsblätter, in denen Widmungsverfügungen bekanntgegeben werden.

## AG Mauttabelle

Das fachlich zuständige Gremium ist die „AG Mauttabelle“ unter Leitung des BAG. Dort werden sämtliche mautrelevante Sachverhalte behandelt. Wesentliches Hilfsmittel für einen behördenübergreifenden Abstimmungsprozess ist das von Toll Collect entwickelte, webbasierte MautBasisDaten-Portal (MaBaDa). Dort werden mautrelevante Maßnahmen individuell eingepflegt, diskutiert und festgelegt. Mit Beginn des Jahres 2021 gibt es einige Veränderungen und neue Herausforderungen bei der Bearbeitung des Maut-Netzes in BISStra: Unter anderem verkürzt sich aus Gründen der internationalen Harmonisierung bei der Mauterhebung der Rhythmus der Datenlieferung an Toll Collect von 2 auf 1,5 Monate. Bei der Fortschreibung der mautpflichtigen Bundesfernstraßen bedarf es zudem auch der Einbeziehung der Autobahn GmbH, die künftig für Planung, Bau und Betrieb der Autobahnen zuständig ist. ■

[www.mauttabelle.de](http://www.mauttabelle.de)

# Boden und Wasser im Verkehrsraum gemeinsam betrachten und schützen

Silke Stelaff, Laborchemikerin, stellvertretende Referatsleiterin „Chemische Grundlagen, Umweltschutz, Labordienst“, Dr. Birgit Kocher, Geoökologin, Referat „Umweltschutz“ und Tanja Marks, Umweltingenieurin, Referat „Erdbau, Mineralstoffe“

Im Bereich Umweltschutz ist an Fragestellungen kein Mangel. Meist betrachtet jede Fachrichtung nur ihren eigenen Bereich – aber was für den Bodenschutz wichtig ist, kann im Wasserschutz kontraproduktiv sein. Die BAST hat früh die Zeichen der Zeit erkannt. Bereits 2002 wurde in der BAST eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe für den Boden- und Wasserschutz gegründet – die „AG BoWaSch“.

Die unterschiedlichen Berufsqualifikationen und Arbeitsschwerpunkte der Mitglieder ermöglichen es, das weitgefächerte Fragenspektrum kompetent und koordiniert zu bearbeiten und dabei vor allem die praktischen Anforderungen im Straßenbau und Straßenverkehr nicht zu vergessen. Die Fragen reichen von „Wie viel Schadstoffe aus dem Straßenverkehr gelangen in Böden und Gewässer?“ über „Wie können Straßenbaustoffe umweltfreundlich wiederverwendet werden?“ bis „Wohin geht der Reifenabrieb?“.

Alles hängt zusammen. So ist es wichtig, die wechselseitigen Abhängigkeiten in der Natur in Verbindung mit Straßenplanung, -bau und -betrieb zu erkennen und zu berücksichtigen. Von den gebündelten Kompetenzen in der Arbeitsgruppe profitiert nicht nur der Straßenbau und -betrieb. Auch in den Bereichen Boden, Wasser und Abfall unterstützt die AG BoWaSch die Erarbeitung neuer Vorschriften und Gesetze. Die vertretenen Disziplinen Umweltingenieurwesen, Geologie, Geoökologie, Bauingenieurwesen und mehrere Fachgebiete der klassischen Naturwissenschaften nutzen

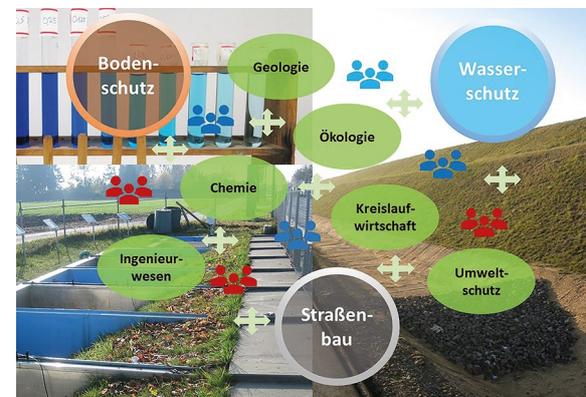
jeweils andere Strategien und Herangehensweisen. Der Austausch fördert kreative Lösungsansätze. Hieraus ergeben sich weitreichende Forschungsideen, Stellungnahmen und Veröffentlichungen, die Eingang in die Fachliteratur sowie zahlreiche Regelwerke und die Gesetzgebung finden.

## Aktuelle Arbeitsschwerpunkte

Ein charakteristisches Beispiel für die Arbeit der AG BoWaSch ist die Beteiligung an der Erarbeitung der aus mehreren Teilen bestehenden „Mantelverordnung“. Bauwerke werden heute über ihren gesamten Lebenszyklus betrachtet. Der Boden- und Wasserschutz, die Ökologie aber auch die Ökonomie im Straßenbau haben einen hohen Stellenwert. Die Mantelverordnung hat zum Ziel, erstmalig bundeseinheitlich und rechtsverbindlich Anforderungen im Bereich einer Verordnung für Herstellung und Einbau mineralischer Ersatzbaustoffe zu konkretisieren. Zudem enthält sie neue angepasste Regelungen im Bereich der Deponien und Gewerbeabfälle sowie eine komplette Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung.

Die komplexen Zusammenhänge zwischen den Anforderungen des Boden- und Wasserschutzes und den Auswirkungen der geplanten Regelungen der Mantelverordnung auf die Baupraxis und die Verkehrsbauwerke wurden im Rahmen der Arbeitsgruppe intensiv erörtert und mithilfe thematisch breitgefächelter Forschungsarbeiten aufgearbeitet.

Die Forschungsergebnisse werden auch für die weitere wissenschaftliche Auseinandersetzung und für die Umsetzung der Anforderungen in straßenbautechnische Regelwerke genutzt. Die unterschiedlichen Ausrichtungen der Mitglieder lassen auch ungewohnte Perspektiven mit Blick „über den Tellerrand“ zu.



In einer Zeit, in der Ressourcenschonung und Recycling wichtige Faktoren sind und der gesamte Umweltschutz berücksichtigt werden muss, müssen in der Mantelverordnung praxistaugliche Regularien und Kompromisse gefunden werden. Die AG BoWasch hat dazu über Stellungnahmen und Teilnahme an den unterschiedlichen Tagungen und Abstimmungsprozessen ihren Beitrag geleistet und sie arbeitet daran mit, dass Themen wie Boden- und Wasserschutz inklusive kreislaufwirtschaftsbezogener Umweltbelange in die Praxis einfließen. ■

# Sichere Landstraßen durch geeignete Schutzeinrichtungen

Janine Kübler, Bauingenieurin, Referatsleiterin und Susanne Schmitz, Bauingenieurin, Referat „Straßenausstattung“

Die Charakteristik von Landstraßen weist viele Besonderheiten auf: Neben zum Teil sehr schmalen Querschnitten, engen Radien und häufigen Einmündungen befinden sich Hindernisse – beispielsweise Bäume – oft sehr dicht neben dem Fahrbahnrand. Diese vielseitigen örtlichen Randbedingungen erschweren die Lösungsfindung geeigneter Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit in der Praxis. Die jährlichen Unfallstatistiken zeigen insbesondere auf Landstraßen viele Unfälle mit schwersten Folgen. Ein Drittel der Getöteten war im Jahr 2019 auf Landstraßen zu verzeichnen. Verantwortlich hierfür sind häufig Unfallhergänge, die mit einem Anprall an einen Baum oder ein anderes Hindernis neben der Fahrbahn verbunden sind. Ein nennenswertes Sicherheitspotenzial liegt in der Vermeidung dieser Unfälle durch den Einsatz von Fahrzeug-Rückhaltesystemen – in der

Regel Stahlschutzplanken mit den dazugehörigen Anfangs- und Endkonstruktionen.

Um hier eine Verbesserung zu erzielen und die Anzahl der Getöteten sowie die Verletzungsschwere von Unfallbeteiligten zu reduzieren, wurde vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) im Jahr 2017 das Nachrüstprogramm von Schutzeinrichtungen an Landstraßen initiiert. Seither findet eine verstärkte Überprüfung potenzieller Gefahrenstellen an Landstraßen statt, die durch geeignete Lösungen beseitigt werden. Neben verschiedenen anderen verkehrlichen und baulichen Maßnahmen ist die Nachrüstung von Schutzeinrichtungen vor Hindernissen neben dem Fahrbahnrand eine Option zur Verbesserung der Verkehrssicherheit. Die Statistik der Verkehrsunfälle zeigt aber auch, dass Schutzeinrichtungen selbst eine potenzielle

Gefährdung zum Beispiel für Zweiradfahrer sein können. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Ausführung nicht regelkonform und systemgerecht erfolgt ist. Daher ist vor einer pauschalen Ausstattung von Streckenabschnitten mit Schutzeinrichtungen immer eine Gesamtbeurteilung der Möglichkeiten zur Verbesserung der Verkehrssicherheit vorzunehmen.

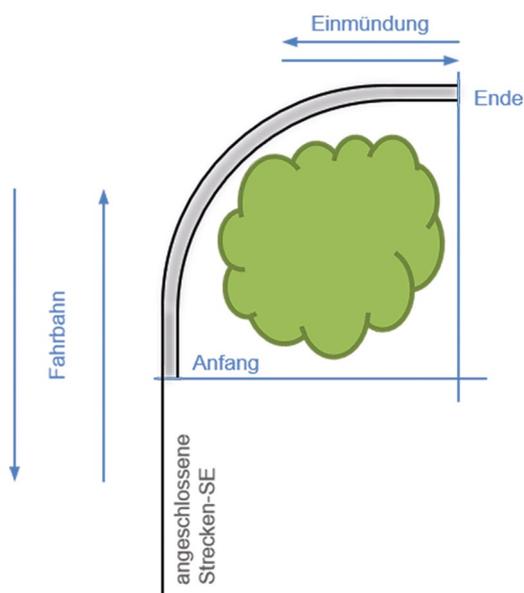
In der BAST werden hierzu verschiedene Aufgaben bearbeitet, die die Weiterentwicklung von verbesserten Schutzeinrichtungen und die Umsetzung aktueller Erkenntnisse in die Praxis fördern.

## Umsetzung verkehrssicherer Lösungen

Um der fehlerhaften Anwendung von Schutzeinrichtungen unter den besonders vielfältigen und oft auch beengten Randbedingungen an



Landstraße vor (links) und nach (rechts) der Absicherung mit Schutzeinrichtungen



Skizze einer gekrümmten Schutzeinrichtung für Einmündungen (links) und Prototyp auf dem Testfeld (rechts)

Landstraßen vorzubeugen und die Straßenbauverwaltungen der Länder bei der Umsetzung des Nachrüstprogramms zu unterstützen, hat die BAST in Zusammenarbeit mit dem Bund-Länder Arbeitsgremium Schutzeinrichtungen den „Leitfaden für Sonderlösungen zum Baum- und Objektschutz an Landstraßen“ erarbeitet. Dieser wurde im Jahr 2020 aktualisiert, um neue Erkenntnisse und Entwicklungen als direkte Hilfestellung für die Praxis weiterzugeben. Ziel des Leitfadens ist es, die planenden und ausführenden Stellen bei der Entscheidungsfindung für eine bestmögliche Systemwahl und deren Umsetzung zu unterstützen. Hierzu erfolgt eine Auflistung typischer Randbedingungen und Aspekte, die für die Auswahl einer sinnvollen Absicherung von Gefahrenstellen durch geeignete Schutzeinrichtungen relevant sein können. Zusätzlich sollen mit dem Leitfaden einheitliche Lösungen für ähnliche Randbedingungen gefördert und einer fehlerhaften Ausführung entgegengewirkt werden. Eine umfangreiche Beispielsammlung zeigt, wie die theoretischen Vorgaben der Regelwerke anfor-

derungsgerecht in der Praxis umgesetzt werden können.

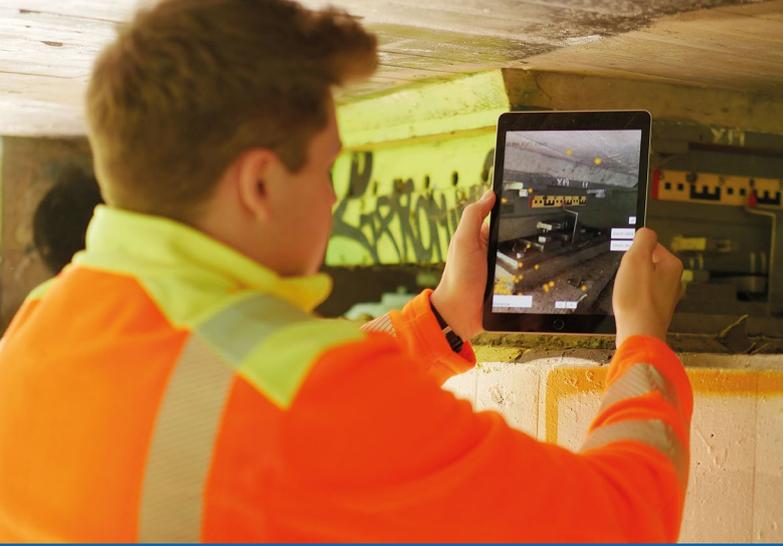
Um die Wirksamkeit der Nachrüstung von Schutzeinrichtungen auf das Unfallgeschehen auf Landstraßen zu überprüfen, wurde die Durchführung einer entsprechenden Studie bereits angestoßen.

### Förderung der Entwicklung verbesserter Konstruktionen

Die verstärkte Nachrüstung von Schutzeinrichtungen an Landstraßen in den vergangenen 3 Jahren hat gezeigt, dass die am Markt verfügbaren Schutzeinrichtungen noch nicht alle Randbedingungen an Landstraßen optimal absichern können. Beispiele hierfür sind Hindernisse oder Bäume im direkten Einmündungsbereich von Zufahrten oder punktuelle Einzelhindernisse, die nach aktuellem Regelwerk mit einer mindestens circa 60 Meter langen Schutzeinrichtung abgesichert werden müssten. Durch die Definition von Anforderungen an die Leistungs- und Konstruktions-eigenschaften von gekrümmten

Schutzeinrichtungen für Einmündungsbereiche und kurzen Schutzeinrichtungen mit integrierter Anfangs- und Endkonstruktion, konnten einheitliche Randbedingungen für die Neuentwicklung von sicheren Konstruktionen für diese besonderen Einsatzbereiche geschaffen werden. Dies erfolgte gemeinsam mit Vertretern des Bund-Länder Arbeitsgremiums Schutzeinrichtungen in Abstimmung mit der Industrie.

Erste Neuentwicklungen solcher Konstruktionen wurden von der Industrie bereits den vorgesehenen Anprallprüfungen unterzogen. Die BAST erhält direkte Einblicke in die zugehörigen Ergebnisse und kann so wichtige Erkenntnisse auch für die späteren Einsatzmöglichkeiten der neuen Konstruktionen und deren Grenzen gewinnen, um diese bei der Weiterentwicklung der Regelwerke zu nutzen. ■



# Brücken- und Ingenieurbau

Einsatz digitaler Technologien bei Ingenieurbauwerken

Mit dem RITUN-Leitfaden zu resilienten Straßentunneln

Ist innovativer Ersatzneubau von Betonbrücken nachhaltig?

Verbundforschung zur Intelligenten Brücke –  
OSIMAB und BrAssMan

Schmale Fahrbahnübergänge aus Asphalt in der Praxis

Innovation für die Tunnelsicherheit





## Verbundprojekt RITUN

Leitfaden zur Verbesserung der Resilienz von Straßentunneln



# Einsatz digitaler Technologien bei Ingenieurbauwerken

Sonja Neumann, Maschinenbauingenieurin, Referat „Grundsatzfragen der Bauwerkserhaltung“

Die Bundesfernstraßen müssen sich aktuellen Herausforderungen stellen: Durch stetig zunehmendes Verkehrsaufkommen ist die Straßeninfrastruktur steigenden Lasten ausgesetzt. Außerdem tragen die Alterung der Bauwerke sowie Auswirkungen des Klimawandels dazu bei, dass in erheblichem Umfang Maßnahmen zur Erhaltung getroffen werden müssen. Für die Überwachung und Prüfung der Bauwerke sind die Bauwerksprüfer zuständig. In regelmäßigen Abständen erkennen und bewerten sie Mängel und Schäden, um die Standsicherheit, Dauerhaftigkeit und Verkehrssicherheit der Bauwerke zu gewährleisten. Hierfür müssen sie eine Vielzahl an Informationen über das Bauwerk und seine Schäden einbeziehen – zum Beispiel aus vorangegangenen Prüfungen. Der finanzielle und personelle Aufwand ist groß. Unterstützung können digitale Technologien bieten, die Potenziale hinsichtlich einer einheitlichen, ortsgenauen und anschaulichen Erfassung und Vorhaltung von Daten bieten.

## Bauwerksprüfungen mittels digitaler Technologien

In diesem Kontext steht ein aktuelles Forschungsprojekt der BAST „Bau-

werksprüfung mittels 3D-Bauwerksmodellen und erweiterter/virtueller Realität“. Im Projekt wird untersucht und demonstriert, inwieweit digitale Lösungen den Prozess der Bauwerksprüfung unterstützen können. Als Grundlage dient ein 3D-Bauwerksmodell, das im Rahmen der Arbeitsmethodik Building Information Modeling (BIM) mit relevanten Bauwerksinformationen aus dem Bestand, dem manuellen Prüfungsprozess und dem Bauwerks-Monitoring fusioniert wird [1]. Die Kombination mit Elementen der virtuellen und erweiterten Realität (Virtual und Augmented Reality, VR und AR) macht diese Informationen für die Prozessbeteiligten digital nutzbar. Bei der Bauwerksprüfung können die Prüfer mit einem Tablet oder einer Brille mit AR-Funktion ausgestattet werden [1]. Zu prüfende Stellen können darüber direkt erkannt und mit Unterlagen aus vergangenen Prüfungen sowie damit verbundenen Fotodokumentationen verglichen werden. Möglich macht das die AR-Technologie, die die Realität in der Ansicht der Prüfer mit digitalen Informationen erweitert und überlagert. Die Informationen können daraufhin direkt in die Entscheidungsfindung einbezogen und Prüfungsergebnisse über das System zum 3D-Mo-

dell hinzugefügt werden. Elemente der VR ermöglichen es zudem, das 3D-Bauwerksmodell im Büro virtuell zu durchlaufen und verknüpfte Prüfungsergebnisse im Rahmen der Vor- oder Nachbereitung zu betrachten. Außerdem kann mittels Fernkommunikation die Prüfung vor Ort mit dem Büro und Experten, die nicht vor Ort sind, verbunden werden. Ein Prototyp, der im Rahmen des Projektes anhand einer Brücke nahe Nürnberg entwickelt wird, soll die Forschungsergebnisse veranschaulichen.

## Potenziale für die Zukunft

Potenziell wird mit diesen Entwicklungen ein digitales Hilfsmittel bereitgestellt, das zu optimierten Qualitätssicherungen sowie fundierten Entscheidungen bei der Bauwerksprüfung beiträgt. Darüber hinaus ist die konsistente und semantische Erfassung, Vorhaltung und Veranschaulichung von Daten im Rahmen der Bauwerksprüfung wichtige Voraussetzung für weitere Entwicklungen in der digitalen Transformation. Dazu zählt beispielsweise die Durchführung von Schadensprognosen mithilfe künstlicher Intelligenz und anhand eines digitalen Abbilds des Bauwerks, um frühzeitig Maßnahmen zur Erhaltung einzuleiten. ■

## Literatur

- [1] LIST Digital, HHVision, Fraunhofer FIT, Hochschule Bochum: Bauwerksprüfung mittels 3D-Bauwerksmodellen und erweiterter/virtueller Realität, Zwischenbericht zum Forschungsprojekt 15.0666 im Auftrag der BAST, 2020, in Bearbeitung



Bauwerksprüfer mit Tablet  
(Bild: HHVISION)



Bauwerksprüfer mit AR-Brille  
(Bild HHVISION)

# Mit dem RITUN-Leitfaden zu resilienten Straßentunneln

Ulrich Bergerhausen, Bauingenieur und Dr. Selcuk Nisancioglu, Bauingenieur, Referat „Tunnel- und Grundbau, Tunnelbetrieb, Zivile Sicherheit“



In dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Bekanntmachung „Anwender-Innovativ: Forschung für die zivile Sicherheit“ geförderten Projekt Resiliente Straßentunnel (RITUN), wurden Möglichkeiten zur Verbesserung der Resilienz von Tunneln untersucht, um so strukturiert zur Aufrechterhaltung ihrer Sicherheit und Verfügbarkeit beizutragen. Das Projekt hatte eine Laufzeit von 2 Jahren und wurde vom Projektträger VDI Technologiezentrum GmbH betreut. Die Ergebnisse wurden unter Federführung der BASt in enger Zusammenarbeit mit ILF Beratende Ingenieure GmbH und der Zentralstelle Ingenieurbauwerke und Georisiken der Bayerischen Staatsbauverwaltung erarbeitet.

## Bedeutung der Resilienz für Straßentunnel

Der Begriff Resilienz hat seinen Ursprung im lateinischen Verb *resilire* (zurückspringen, abprallen) und beschreibt die physikalische Fähigkeit eines Körpers, nach Veränderung der Form wieder in seine Ursprungsform zurückzuspringen. Der Begriff sowie das Konzept ist mittlerweile allgegenwärtig und wird in verschiedenen Disziplinen genutzt, beispielsweise in der Beschreibung von Ökosystemen, der Psychologie und mittlerweile auch in den Ingenieurwissenschaften. Im Rahmen des Projekts wurde Resilienz als die Fähigkeit von Straßentunneln definiert, sich auf disruptive Ereignisse vorzubereiten, sie einzukalkulieren, sie abzuwehren, Auswirkungen zu verkraften, sich möglichst schnell davon zu erholen

und sich ihnen immer erfolgreicher anzupassen [1]. Die Forscher identifizierten Maßnahmen, die es ermöglichen sollen, die Widerstandsfähigkeit von Tunneln gegenüber äußeren Einflüssen – Bedrohungen, beispielsweise Brand oder Starkregenereignissen – zu erhöhen und außerdem die beschleunigte Rückkehr zur vollen Verfügbarkeit nach Eintritt eines Ereignisses zu ermöglichen. Auch wurde die Möglichkeit untersucht, Tunnel nach einem Ereignis unter Einhaltung des geforderten Sicherheitsniveaus temporär zu betreiben und so eine Teilverfügbarkeit zu gewährleisten. Hierzu formulierte sogenannte „Minimale Betriebsbedingungen“ stellen eine ergänzende Resilienzmaßnahme für die Phase nach dem Eintritt eines Ereignisses dar.

## Erzielte Ergebnisse

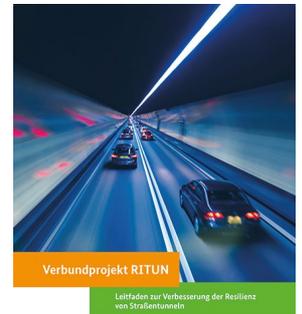
Die Ergebnisse des Projekts wurden anwendungsorientiert in einem Leitfaden zusammengefasst. Dieser beinhaltet alle für die Anwendung in der Praxis notwendigen Informationen und Werkzeuge, um die Resilienz von Straßentunneln systematisch zu verbessern. Hierzu gehört die Einführung in das Konzept der Resilienz für Straßentunnel sowie Informationen zu den Wirkungsweisen von Resilienzmaßnahmen. Voraussetzung für die Identifikation und Umsetzung dieser Maßnahmen ist die Kenntnis der potenziellen Bedrohungen. Auf Grundlage des All-Gefahren-Ansatzes wurden alle relevanten Bedrohungen möglichen Wirkungsorten – Tunnelbauwerk, Tunnelausstattung, Netzelement, Zentralsysteme, zum Beispiel Tunnelleitzentrale, Betriebs-

gebäude, Energieversorgung – zugeordnet. Hieraus wurden Schadensszenarien abgeleitet und für die individuelle Identifikation in Form einer Bedrohungs-Schadenmatrix zur Verfügung gestellt. Zusätzlich entwickelte Fact-Sheets liefern detaillierte Informationen zu den einzelnen Resilienzmaßnahmen. Die erarbeiteten „Minimalen Betriebsbedingungen“ erlauben es, durch Umsetzung von Kompensationsmaßnahmen, einen Tunnel nach einem Ereignis sicher weiterzubetreiben.

Der Leitfaden schließt mit Anmerkungen zu Resilienz, die über die in dem Leitfaden enthaltenen Maßnahmen hinausgehende Aspekte wie die Etablierung einer Resilienzkultur in den Straßenbauverwaltungen aufgreifen und zur weiteren Beschäftigung mit der Thematik anregen. Alle Ergebnisse beruhen auf risikoanalytischen Untersuchungen, Verkehrssimulationen und der Zusammenarbeit von Experten aus Forschung und Praxis. Sie wurden vor Veröffentlichung an einem Tunnel sowie einer Einhausung mit Endanwendern in der Praxis erprobt. ■

## Literatur

- [1] THOMA, K. (Hrsg.): Resilience-by-Design, Strategie für die technologischen Zukunftsthemen, acatech STUDIE, April 2014



Leitfaden zur Verbesserung der Resilienz von Straßentunneln



# Ist innovativer Ersatzneubau von Betonbrücken nachhaltig?

Dieter von Weschpfennig, Bauingenieur, Referat „Betonbau“

Der Ersatzneubau von Straßenbrücken gewinnt aufgrund der alternden Bausubstanz, des kontinuierlich steigenden Schwerlastverkehrs sowie vorhandener Defizite bei bestehenden Straßenbrücken zunehmend an Bedeutung. Der Ersatzneubau innerhalb des bestehenden Straßennetzes verursacht allerdings Beeinträchtigungen des Verkehrsflusses während der Bauzeit durch die temporäre, vollständige oder teilweise Außerbetriebnahme der Bauwerke. Gerade auf hochbelasteten Streckenabschnitten sind deshalb Vorgehensweisen gefragt, die sowohl die notwendigen verkehrlichen Einschränkungen als auch die Bauzeit insgesamt auf ein Minimum reduzieren und damit die Verfügbarkeit des Bauwerks sicherstellen.

## Untersuchungsmethode

Auf Grundlage einer Darstellung der derzeitigen Vorgehensweise bei der Realisierung von Ersatzneubauten hat die BAST innovative Bauweisen im Bundesfernstraßenbereich sowohl für Unterbauten als auch für Überbauten in Beton- und Verbundbauweise zusammengestellt. Neben innovativen Bauweisen wurden auch innovative Bauverfahren für Ersatzneubauten betrachtet, die die Herstellung der Ersatzneubauten in Seitenlage ermöglichen. Die innovativen Ansätze wurden mit dem derzeitigen Vorgehen verglichen und die Verringerung von Bauzeit und Verkehrseinschränkung aufgezeigt. Auf Basis der bereits für den Brückenbau vorhandenen Nachhaltigkeitskriterien wurden Teilaspekte der Ökologie und der Ökonomie für die entwickelten innovativen Bauweisen

und Bauverfahren betrachtet und bewertet.

## Ergebnisse

Im Netz der Bundesfernstraßen sind 4 Tragsysteme für Brückenbauwerke am häufigsten vorhanden:

- Ein-Feld-Systeme mit Gesamtlängen zwischen 10 und 30 Metern
- Rahmenbauwerk bis zu 30 Metern Stützweite
- Zwei-Feld-Systeme mit Gesamtlängen bis zu 70 Metern
- Drei-Feld-Systeme mit Gesamtlängen bis zu 100 Metern

Für diese wurden auf Basis der aufgezeigten innovativen Bauweisen und Bauverfahren Bauwerksentwürfe erarbeitet. Beim anschließenden Vergleich mit dem herkömmlichen Vorgehen beim Ersatzneubau konnte eine Bauzeitverringerung von bis zu 66 Prozent aufgezeigt werden. Ebenfalls signifikant geringer fällt dadurch die Beeinträchtigung des Verkehrsflusses aus. Teilaspekte der aufgezeigten Bauwerksentwürfe sind noch in den

Regelwerken für den Brückenbau zu verankern; davor sind zunächst Erfahrungen bei der Realisierung in der Praxis zu sammeln. Für die erfolgreiche Realisierung sind besondere Anstrengungen von den Auftragsverwaltungen der Länder und der Autobahn des Bundes, den Planern und der Bauindustrie erforderlich, damit neben der Standsicherheit auch die Dauerhaftigkeit und Verkehrssicherheit der Bauwerke auf dem derzeitigen Niveau gehalten werden kann.

Die erhebliche Reduzierung der Verkehrsbeschränkungen und der Bauzeitverkürzung bietet ein hohes Potenzial zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes und des volkswirtschaftlichen Schadens. Der Ersatzneubau von Brücken kann somit deutlich nachhaltiger gestaltet werden. ■

## Literatur

WIRKER, A., DONNER, R.: Nachhaltiger und innovativer Ersatzneubau von Betonbrücken, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft B 155, 2020



Überführungsbauwerk in Modulbauweise

# Verbundforschung zur Intelligenten Brücke – OSIMAB und BrAssMan

Andreas Socher, Bauingenieur, Referat „Betonbau“

Im Rahmen der Forschungsinitiative mFUND (Modernitätsfonds) des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) werden 2 Verbundforschungsprojekte mit Beteiligung der BAST gefördert, die sich im Kern mit der Optimierung und Erweiterung des vorherrschenden Erhaltungsmanagements von Straßenverkehrsbrücken beschäftigen.

## OSIMAB – Online-Sicherheits-Managementsystem für Brücken

Im Projekt OSIMAB erfolgt die Entwicklung eines ganzheitlichen Konzepts für die Überwachung und Zustandsbewertung von Straßenverkehrsbrücken im Bestand. Hierdurch soll der Grundstein für ein prädiktives Lebenszyklusmanagement gelegt werden. Das Projekt beinhaltet ein modular aufgebautes Sicherheitsmanagement und betreibt mit der Talbrücke Sachsengraben auf der A45 ein Reallabor, das mit

145 aktiven Sensoren umfangreiche Messdatenbestände liefert. Anhand dieser Messdaten werden Systemmodelle kalibriert, die in Kombination mit einer Smart Data Analyse den Bauwerkszustand erfassen und kontinuierlich dessen Entwicklung aufzeigen. Die darauf aufbauende Zuverlässigkeitsanalyse liefert schließlich eine sicherheitsäquivalente Bewertung, auf deren Basis die erkannten Risiken bewertet und Handlungsempfehlungen gegeben werden können.

## BrAssMan – Brücken Asset Management für Straßenbrücken

Das darauf aufbauende Projekt BrAssMan legt den Fokus auf eine bestandsübergreifende Datenanalyse (Prognosemodelle, Dauermesssysteme, Kennwerte), um anhand von vergleichenden Kennwerten die Grundlage für ein intelligentes Asset Management zu schaffen. Anhand

der verstärkten Gesamtbetrachtung des Brückenbestandes der Bundesfernstraßen sollen qualitative Aussagen zur Objektivierung von Zustandsnoten getroffen werden. Hierzu werden repräsentative Bestandsbrücken entsprechend ihrer Eigenschaften kategorisiert, analysiert und vereinzelt mit Messtechnik ausgestattet – 3 Cluster mit je 3 bis 5 Bauwerken. Als Ergebnis sollen standardisierte Prognosemodelle sowie teilstandardisierte (reduzierte) Messkonzepte (global, lokal) abgeleitet werden, die eine kostensparende Lösung zur optimierten Erfassung und Bewertung von Bauwerkszuständen bieten und ein vorausschauendes, intelligentes Asset Management ermöglichen.

Das Projekt OSIMAB wurde Ende des Jahres 2020 abgeschlossen, mit dem Abschluss des Projekts BrAssMan ist Ende des Jahres 2022 zu rechnen. ■



Talbrücke Sachsengraben A45

# Schmale Fahrbahnübergänge aus Asphalt in der Praxis

Michael Staeck, Techniker für Korrosionsschutz, Referat „Stahlbau, Korrosionsschutz, Brückenausstattung“

Zwischen Bauwerken und den angrenzenden Streckenbelägen müssen Fugen angeordnet werden, die die dort auftretenden Bewegungen aufnehmen können. Diese Fugen werden in der Regel bei Brücken mit freien Dehnlängen von bis zu 12,5 Metern mit Vergussfugen überbrückt – in der Praxis treten an diesen Stellen immer wieder Schäden auf. Um solche Schäden zu vermeiden, besteht nach dem gültigen Regelwerk derzeit allein die Möglichkeit, Fahrbahnübergänge aus Asphalt einzubauen. Diese sind jedoch mit ihren Abmessungen für Brücken mit freien Dehnlängen von bis zu 50 Metern ausgelegt und somit für diesen Anwendungsfall überdimensioniert. Die im Folgenden beschriebenen Belagsdehnfugen könnten hier eine sinnvolle Ergänzung sein.

Der Aufbau der Belagsdehnfugen entspricht weitgehend dem Aufbau eines Fahrbahnüberganges aus Asphalt, die Breite ist aber wesentlich geringer, in der Regel zwischen 7 und 30 Zentimetern. Auch erfolgt der Einbau nur in der Asphaltdeckschicht, daher kann eine Beschädi-

gung der vorhandenen Dichtungsschicht nicht auftreten. Seit 2008 werden Belagsdehnfugen überwiegend im Raum Baden-Württemberg eingesetzt.

## Erfahrungssammlung

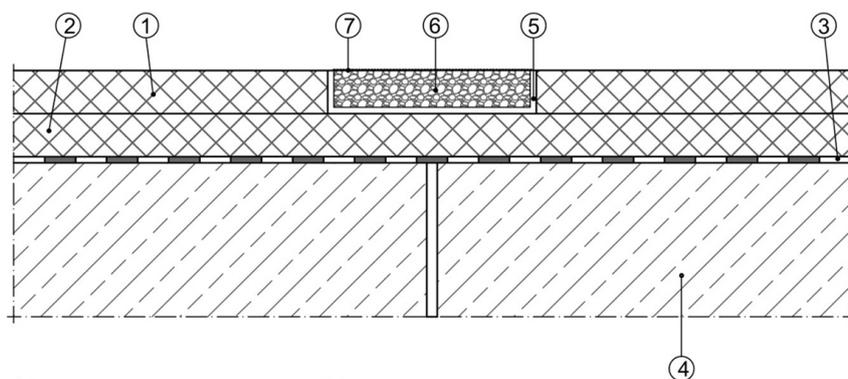
Im Rahmen einer Erfahrungssammlung wurden die Daten von 56 Bauwerken mit insgesamt 146 Belagsdehnfugen nach mehrjähriger Verkehrsbelastung ausgewertet. An etwa 15 Prozent der untersuchten Belagsdehnfugen wurden Schäden in Form von Ablösungen an den Muldenflanken festgestellt, wobei diese Ablösungen örtlich begrenzt waren. Die meisten der Belagsdehnfugen waren hingegen auch nach bis zu 9 Jahren unter Verkehr schadenfrei. Auffällig war, dass der überwiegende Teil der Schäden bei den Belagsdehnfugen im Zuge von Kreisverkehren festgestellt wurde. Hier wird in der Regel der Übergang von einer Asphaltfahrbahn der freien Strecke zu einer Betonfahrbahn im Kreisverkehr überbrückt. Bei den 75 untersuchten Belagsdehnfugen im Zuge von Kreisverkehren wiesen circa 27 Prozent Flankenenthaf-

tungen auf. Der überwiegende Teil der Flankenenthaftungen zeigte sich zwischen der Belagsdehnfuge und der Betonfahrbahn. Die Betonoberfläche scheint eine besonders kritische Kontaktfläche für die Tränkmassse der Belagsdehnfuge zu sein. Hinzu kommen die starken Belastungen durch das Abbremsen und Beschleunigen des Kfz-Verkehrs. Des Weiteren wiesen etwa 19 Prozent der Belagsdehnfugen an Kreisverkehren oberflächlich ausgefahrenes Bindemittel in den Rollspuren auf. Das ausgefahrene Bindemittel stellt bisher jedoch keine Funktionsbeeinträchtigung dar.

## Gute Erfahrungen auf Brücken – keine Spurrinnen

Deutlich besser waren die Erfahrungen beim Ersatz für Vergussfugen zwischen Brückenbauwerken und den Streckenbelägen oder entlang von Brückenkappen. 97 Prozent der 69 Belagsdehnfugen auf Brücken zeigte keine Flankenenthaftungen oder ausgefahrenes Bindemittel. Auch Verformungen der Belagsdehnfugen in den Rollspuren, die bei Fahrbahnübergängen aus Asphalt in einigen Fällen eine Schwierigkeit darstellen, waren hier nicht vorhanden.

Belagsdehnfugen auf Brückenbauwerken als Ersatz für Vergussfugen, die an ihre Leistungsgrenze stoßen, sind damit eine vielversprechende Alternative. Beim Einsatz an Kreisverkehren mit Betonfahrbahn sollten Maßnahmen zur Verbesserung des Haftverbundes zum Beton festgelegt und auf einen besonders sorgfältigen Einbau geachtet werden. ■



- ① Asphalt Deckschicht
- ② Asphalt Schutzschicht
- ③ Dichtungsschicht
- ④ Brückenplatte
- ⑤ Muldenauskleidung
- ⑥ Muldenfüllung
- ⑦ Oberflächenabschluss

# Innovation für die Tunnelsicherheit

Christof Sistenich, Bergbauingenieur, stellvertretender Referatsleiter und Felix Wawrzyniak, Physiklaborant, Referat „Tunnel- und Grundbau, Tunnelbetrieb, Zivile Sicherheit“

## Sicherheitstechnische Optimierung mittels eines Modelltunnels

Die Beurteilung der Tunnelsicherheit erfordert eine ganzheitliche Betrachtung des aus Tunnelnutzern, Infrastruktur, Tunnelbetrieb und Fahrzeugen gebildeten Systems und des Zusammenwirkens der Vielzahl einzelner Komponenten. Die Tunnellüftung sowie deren Auslegung ist insbesondere für die Selbstrettung der Tunnelnutzer und deren erfolgreiche Evakuierung im Brandfall ein wesentliches Ausstattungselement. Ziel ist, mit dem Modelltunnel der BAST experimentell abgestützte belastbare Aussagen insbesondere beim Vorliegen komplexer Lüftungstechnischer Tunnelsituationen zu schaffen sowie Eingangsdaten für numerische Verfahren bereitzustellen.

### Der Modelltunnel

Seit 2016 steht in der BAST mit dem Modelltunnel ein Werkzeug zur Verfügung, mit dem auch komplexere Tunnelgeometrien im Maßstab 1:18 nachgebildet und auf lüftungstechnische Fragestellungen hin untersucht werden können.

Der Modelltunnel bietet die Möglichkeit durch eine modulare Bauweise derzeit Tunnel von einer Länge bis zu 790 Metern nachzubilden. Hierbei lassen sich Trassierung und Querschnitt, Längs- und Querneigung, Lüfterspezifika, geometrische Besonderheiten und andere betriebstechnische Einbauten einstellen.

### Die Methode

Als innovatives Messverfahren steht im Modelltunnel die Particle-Image-

Velocimetry zur Verfügung. Hierbei werden von einem leistungsstarken Laser feinste, in den Tunnel eingeleitete Partikel angeleuchtet und deren Position mittels hochempfindlicher Kameras bestimmt. Hieraus lassen sich sowohl hochaufgelöste 2- als auch 3-dimensionale Strömungsverteilungen im Tunnelquerschnitt darstellen. Der infolge der auftretenden Temperaturen bei einem realen Brand entstehende Auftrieb wird im Modell durch die Einleitung von Helium erzeugt.

Durch die parallele Überführung des Modelltunnels in ein numerisches Modell sollen unter anderem vorhandene Rauchausbreitungsmodelle weiterentwickelt sowie experimentell ermittelte Anfangs- und Randbedingungen für die numerischen Rechenmodelle bereitgestellt werden.

### Aktuell

Experimentelle Untersuchungen in einem kleinmaßstäblichen Modelltunnel lassen sich nur dann sinnvoll durchführen, wenn die strömungsmechanische Ähnlichkeit zwischen dem verkleinerten Modell und dem realen Maßstab gewährleistet ist. Ein theoretisch hergeleiteter Satz an Ähnlichkeitsbedingungen wurde für den Brandfall mit der Nachstellung großmaßstäblicher Brandversuche im Modelltunnel und der hohen Übereinstimmung der Ergebnisse zwischen Real- und Modellmaßstab erfolgreich validiert. Die Validierung der Ähnlichkeitsbedingungen eines Normalbetriebs erfolgt anhand von Ergebnissen eines parallel zum Mo-

delltunnel entwickelten innovativen Messsystems, das die Strömungsverhältnisse eines realmaßstäblichen Tunnelquerschnitts erfasst.



Nachstellung großmaßstäblicher Brandversuche im Modelltunnel

### Zukünftig

Eine erfolgreich abgeschlossene Validierung ist ein erster Schritt im Hinblick auf die praktische Anwendbarkeit des Modelltunnels sowohl zur Durchführung strömungstechnischer Optimierungsuntersuchungen als auch deren Ergebnisverwertung in numerischen Modellen. Forschungsschwerpunkte sind weiterhin die modellhafte Untersuchung von durch bewegten Verkehr induzierte großmaßstäblich nicht erfassbare Strömungsverteilungen im Tunnelquerschnitt sowie die variable Anordnung und Auslegung von Lüftungssystemen und daraus abzuleitende strömungstechnische Optimierungen. ■



# Straßenbau

Länderübergreifende Forschungszusammenarbeit

Arbeitssicherheit fordert und fördert Innovationen

Kaltrecycling-Technologie mit Schaumbitumen

Vom Labor auf die Straße – die neue Mobile PWS

3-D-Radar zur Bestimmung von Schichtdicken auf Brücken

Berührungslose Griffigkeitsmessung

Transparentes Bitumen

Betonfahrbahn 4.0



# Länderübergreifende Forschungszusammenarbeit

Ursula Blume, Geologin und Bernard Gyergyay, MSc Transport and Business Management, Referat „Internationale Forschungsaufgaben im Straßenbau“

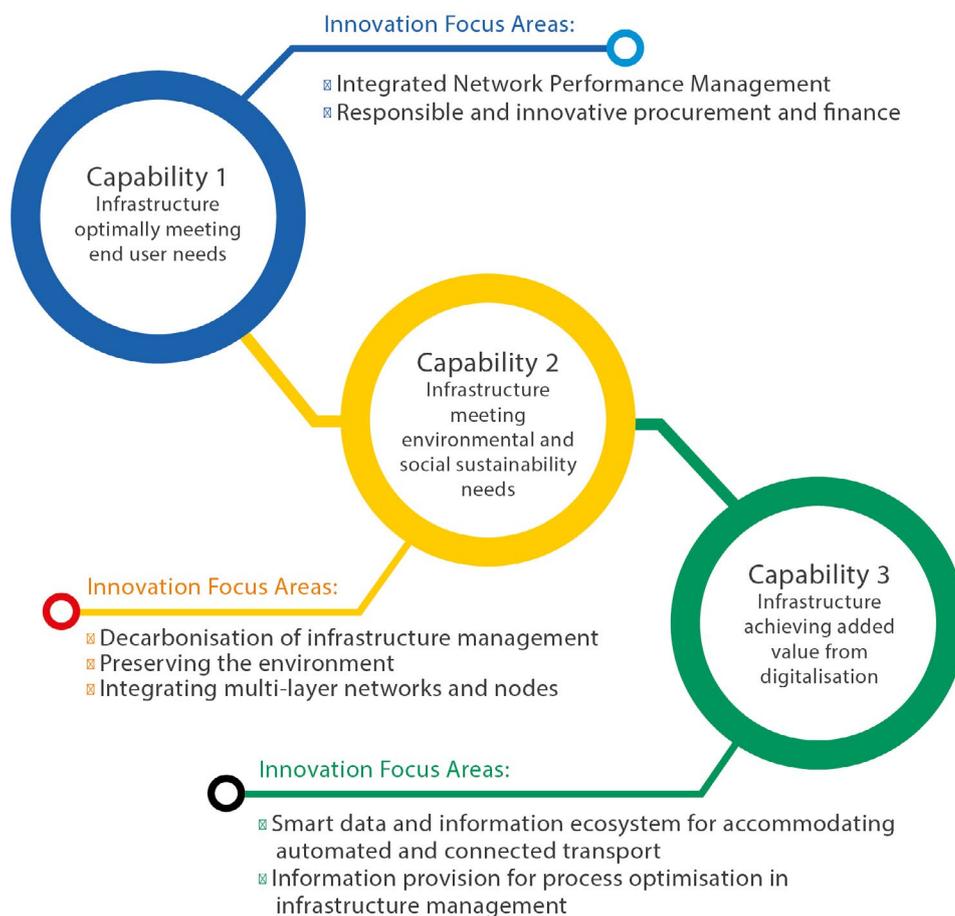
Der Innovationsbedarf im regionalen und gesamten europäischen Verkehrsinfrastruktursektor ist vielseitig und befindet sich durch immer größere Anforderungen von Nutzern sowie an die Umweltverträglichkeit und Digitalisierung für unabsehbare Zeit in einem kontinuierlichen Wachstum. Gleichzeitig sind aufgrund der vergleichsweise langen Lebensdauer der Verkehrsinfrastruktur und der damit verbundenen seltenen Generationswechsel die Innovationsprozesse zeit- und kostenintensiv und bedürfen einer vielseitigen und kontinuierlichen wissenschaftlichen Betreuung. Diese lässt sich immer häufiger nicht allein auf nationaler Ebene bewerkstelligen.

Seit den ersten Ansätzen der länderübergreifenden Verkehrsinfrastrukturforschung, die im Projekt „ERA-NET Road“ (2008 bis 2011) unter maßgeblicher Mitwirkung der BAST erarbeitet wurden, hat die BAST ein vielschichtiges institutionelles Wissen aufgebaut, das eine effiziente und zielgerichtete Teilnahme an transnationaler Forschungszusammenarbeit ermöglicht. Zusammen mit ihren internationalen Kooperationspartnern entwickelt die BAST die erforderlichen Modelle stetig weiter, um den nationalen Innovationsbedarf zu gemeinsamen Forschungsfragen mit wirksamen Instrumenten zu bearbeiten.

## infra4Dfuture

In dem vom 2018 bis 2020 laufenden EU-Projekt infra4Dfuture (i4Df) erarbeiteten 17 nationale Verkehrsinfrastrukturverwaltungen gemeinsam Grundlagen für ein neues verkehrsträgerübergreifendes Kooperationsmodell, um die Wege für die Umsetzung von Innovationen für die Verkehrsinfrastruktur zu verkürzen.

Zentral im Kooperationsmodell sind 7 Innovation Focus Areas (IFAs). Eine von Verkehrsinfrastrukturverwaltungen geleitete Expertengruppe evaluiert für jeden dieser thematischen Schwerpunkte in einem kontinuierlichen Prozess den ver-



Übersicht der 7 i4Df Innovation Focus Areas (IFAs) und der übergeordneten Capabilities

kehrsträgerübergreifenden Innovationsbedarf (mit Schwerpunkt auf Landverkehrsträgern), der in einem strukturierten Dialog mit Forschungsanbietern und Industriepartnern kontinuierlich überprüft und weiterentwickelt wird. Die im 2-jährigen Rhythmus alternierend stattfindenden großen europäischen Konferenzen zum Thema Transport dienen hierbei als Plattform für einen strukturierten Dialog und den Austausch zwischen den einzelnen IFA Gruppen – Transport Research Arena (TRA) und TEN-T Days. Die BAST hat maßgeblich an der Entwicklung von Instrumenten für die Prozessabläufe mitgewirkt und koordiniert die IFA Gruppe zum Thema „Dekarbonisierung des Infrastrukturmanagements“.

## D-A-CH Kooperation Verkehrsinfrastrukturforschung

Ergänzend zu dem in i4Df erarbeiteten Kooperationsmodell auf europäischer Ebene ist der europäische Verkehrsinfrastruktursektor auch von europäischen regionalen Forschungsk Kooperationen geprägt – beispielsweise NordFoU für die Nordischen Länder oder Baltic Road Association für die Baltischen Länder. Die gemeinsame Forschung

auf multilateraler und regionaler Ebene ermöglicht eine zielgerichtete Bearbeitung des Innovationsbedarfs mit hoher Anwenderbezogenheit.

D-A-CH steht hierbei für eine Kooperation im gemeinsamen Sprach- und Wirtschaftsraum Deutschland, Österreich (lateinisch Austria) und Schweiz (lateinisch Confoederatio Helvetica). Ziel dieser Kooperation ist es Forschungsfragen zu behandeln, die in allen 3 Ländern vergleichbare Sachverhalte und Rahmenbedingungen vorfinden.

Die gemeinsame Sprache und ähnlichen Strukturen in der Verkehrsinfrastrukturforschung ermöglichen die effektive Bearbeitung von gemeinsamen Forschungsfragen, um gezielter zu forschen, eine Duplikation von Forschung zu vermeiden und personelle und finanzielle Ressourcen zu bündeln.

Die Forschungsergebnisse aus der D-A-CH Kooperation zeigen einen hohen Umsetzungsgrad bei der Im-

plementierung von Forschungsergebnissen in die Praxis. Der Erfolg begründet sich in einem gemeinsamen Verständnis für die länderspezifischen Rahmenbedingungen und wird durch die Anwendung von agilen und bewährten Prozessen für hohe Effizienz im Programm-Management unterstützt. Mit einem jährlichen Ausschreibungsbudget von rund 2 Millionen Euro wurden seit Beginn dieser Kooperation im Jahr 2016 bereits 17 Projekte gefördert. ■



Mitglieder des D-A-CH Steuerungsbeirats –

oben von links: Andreas Blust, BMK, Österreich; Thomas Greiner, ASFiNAG, Österreich; Bernard Gyergyay, BAST, Deutschland  
 unten: Raphael Kästli, ASTRA, Schweiz; Christian Pecharda, FFG, Österreich; Peter Schmitz, BMVI, Deutschland



[www.bast.de/D-A-CH](http://www.bast.de/D-A-CH)

## Reduktion von Dämpfen und Aerosolen im Asphaltstraßenbau

Eine Innovation setzt sich durch, wenn sie auf dem Markt Wettbewerbsvorteile hat. Neben dem Preis können die Vorteile für eine erfolgreiche Teilnahme am Markt auch in der Schonung der Ressourcen oder in Belangen des Umweltschutzes und der Arbeitssicherheit liegen.

Asphalt ist ein Gemisch von Gesteinskörnungen und Bitumen, das bei Temperaturen von 170 bis 190 Grad Celsius hergestellt und mit etwas niedrigeren Temperaturen verarbeitet – also eingebaut – wird. Bei dieser Heißverarbeitung von Asphalt entstehen Dämpfe und Aerosole, für die von den ausschlaggebenden Gremien des Arbeits- und Gesundheitsschutzes Grenzwerte festgelegt wurden, um eine Gesundheitsgefährdung für die Asphaltarbeiter ausschließen zu können. Die Herstellung von Asphalt erfolgt in weitgehend automatisierten Mischanlagen, die ermittelte Exposition der Mitarbeiter ist hier an einer Asphaltmischanlage gering. Die weitreichend noch nicht automatisierte und zugleich arbeits- und personalintensive Verarbeitung des heißen Asphaltmischguts an der Baustelle erfolgt maschinell mit Asphaltfertigern. Auf der Baustelle sind mehrere Asphaltarbeiter notwendig, um die Mischgutanlieferung und -übergabe, die Leitung und Steuerung des Asphaltfertigers und die Verdichtung zu kontrollieren. Messungen der Exposition aus den Dämpfen und Aerosolen des heißen Asphalts zeigen bei den Asphaltarbeitern auf der Baustelle Werte, die im Herbst 2019 drastisch herabgesetzten Arbeitsplatzgrenz-

werte (AGW) weit übertreffen. Für den Straßenbau mit dem bewährten Baustoff Asphalt besteht hier Handlungsbedarf.

Der grundsätzliche Zusammenhang von Asphalttemperatur und Menge der Dämpfe und Aerosole ist bekannt. Durch die Zugabe von Wachsen, Paraffinen oder Zeolithen kann die Herstellungs- und Verarbeitungstemperatur von Asphalt um circa 20 Kelvin abgesenkt werden und damit einhergehend auch die Entstehung der Dampf- und Aerosolbildung. In den vergangenen 20 Jahren wurden unter maßgeblicher Beteiligung der BAST temperaturabgesenkte Asphalte erprobt und in das straßenbautechnische Regelwerk integriert. Anders als in den europäischen Nachbarländern und in den Vereinigten Staaten von Amerika wird diese Bauweise jedoch in Deutschland immer noch nicht flächendeckend angewendet, da es Vorbehalte gegenüber der Dauerhaftigkeit der temperaturabgesenkten Asphalte gibt. Die neugefassten Arbeitsplatzgrenzwerte bringen diese Innovation wieder in den Fokus und

erfordern darüber hinaus eine Fortführung des Innovationsprozesses. Der Einsatz von temperaturabgesenkten Asphalten allein reicht nicht aus, um die Vorgaben des Arbeitsschutzes zu erfüllen. Weitere Maßnahmen sind erforderlich – zum Beispiel eine zusätzliche Belüftung oder ein Abschluss der Arbeitsbereiche.

Die Fortführung des Innovationsprozesses wird durch mehrere vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur finanzierte Forschungsprojekte von der BAST maßgeblich mitgestaltet: Aufarbeitung der Erfahrungen mit der Anwendung von temperaturabgesenkten Asphalten nach einer langen Nutzungsdauer, Quantifizierung weiterer maßgeblicher Faktoren für die Dampf- und Aerosolbildung, Untersuchung und Erprobung weiterer technischer Maßnahmen – zum Beispiel eine Luftabsaugung im Arbeitsbereich der Asphaltfertiger. Für den ins Stocken geratenen Innovationsprozess der temperaturabgesenkten Asphalte wird hier mit der technischen Expertise der BAST für den Asphaltstraßenbau eine Lösung erarbeitet. ■



# Kaltrecycling-Technologie mit Schaumbitumen

Dr. Dirk Jansen, Bauingenieur, Referatsleiter und Mehdi Kalantari, Bauingenieur, Referat „Dimensionierung und Straßenaufbau“

Die steigende Nachfrage nach mehr Nachhaltigkeit im Verkehrsinfrastruktursektor hat sich auf verschiedene Zweige dieses großen Wirtschaftsbereichs ausgewirkt, zu dem auch der Straßenbau und die Straßeninstandhaltung gehören. Recyclingtechniken sind eine der bekannten nachhaltigen Methoden, die die negativen Umweltauswirkungen verringern. Asphaltrecyclingverfahren können in 2 übergeordnete Kategorien von Heiß- und Kaltverfahren eingeteilt werden. Der Hauptunterschied liegt zwischen den beiden Verfahren in der vorgesehenen Temperatur des Mischguts. Beim Kaltrecycling (KRC), das bei Umgebungstemperaturen durchgeführt wird, werden die Zuschlagstoffe nicht erwärmt. Deshalb sind der Energieverbrauch und die Emissionen entsprechend geringer als beim Heißrecycling. Zudem besteht hier das Potenzial, höhere Raten an Recyclingmaterial als beim Heißrecycling zu verwenden.

Im Vergleich zu anderen Ländern wird KRC in Deutschland nur in begrenztem Umfang angewandt. Der Hauptgrund hierfür sind Vorbehalte gegenüber dieser Bauweise hinsichtlich der Dauerhaftigkeit der so erstellten Schichten des Straßenaufbaus. Folglich fehlen auf nationaler Ebene Leistungsdaten und Erfahrungswerte über das Verhalten des recycelten Materials. Getrieben vom Umweltgedanken wurden während des letzten Jahrzehnts in Deutschland verschiedene Labor- und Felduntersuchungen zur Bewertung und Fortentwicklung dieser Technologie durchgeführt, deren Ergebnisse zusammen mit den po-

sitiven internationalen Erfahrungen zu einem steigenden Interesse an dieser Technologie in Deutschland führten. Im Jahr 2018 wurde mit der Wirtgen GmbH ein kooperatives Forschungsprojekt zum Thema KRC mit Schaumbitumen definiert, um weitere Daten und Erfahrungen systematisch zu sammeln.

Um Bitumen bei Umgebungstemperatur mit Gesteinskörnungen oder Asphaltgranulat mischen zu können, ist es erforderlich, die Viskosität des Bitumens zu verringern, wozu beispielsweise ein Suspendieren von Bitumentropfen in Wasser (Bitumenemulsion) oder das Aufschäumen von Bitumen eingesetzt werden können. Für das Aufschäumen von Bitumen wird eine geringe Menge Wasser in das heiße Bitumen eingespritzt. Die Wassertröpfchen verdampfen augenblicklich und bilden im Bitumen einen Schaum, der zwar nur wenige Sekunden, aber ausreichend lang erhalten bleibt, um ihn mit kaltem und nassem Asphaltgranulat mischen zu können. Neben dem Bitumen kann Zement oder Kalkhydrat als zweites Bindemittel hinzugefügt werden, um die Feuchtigkeitsbeständigkeit des recycelten Materials zu erhöhen. Das verdichtete Mischgut gewinnt dann mit der Zeit an Festigkeit und Steifigkeit, hauptsächlich durch Verdunstung von Wasser und Hydratation des Zements.

Im Rahmen des Projekts wurde eine Mischung mit 75 Prozent recyceltem Asphalt definiert. Auf 2 Drittel eines 100 Meter langen Abschnitts des duraBAST war der KRC-Belag eingebaut, auf einem Drittel ein Referenzbelag. Der Referenzbelag

war ein nach den RStO 12 standardisierter Aufbau einer geringen Belastungsklasse mit Heißasphalt. Der KRC-Abschnitt wurde für die gleiche Belastung dimensioniert.

Die Belastung erfolgt mit dem MLS30, der eine realitätsnahe Lkw-Belastung mit 50 Kilonewton Radlast bei einer Geschwindigkeit von 6.000 Überrollungen pro Stunde simuliert. Die Belastung der Flächen wechselt wochenweise, um möglichst vergleichbare Bedingungen in Bezug auf die herrschenden Temperaturen zu gewährleisten. Begleitend wurden zerstörungsfreie Prüfungen, Bohrkernentnahmen und Sensormessungen durchgeführt. Unter anderem wird das Querprofil der Fahrbahnoberfläche erfasst, um permanente Verformungen (Spurrinnen) unter Belastung zu bewerten. Die permanente Verformung ist der primäre Versagensmodus der kaltrecycelten Beläge mit geringen Bitumen- und Zementanteilen, insbesondere bei dünnen Asphaltdeckschichten. Basierend auf den Messungen betrug das Ausmaß der Spurrinnenbildung im kaltrecycelten Bereich und auf der Referenzfläche nach einer Million Überrollungen mit der 10 Tonnen-Achslast rund 2 Millimeter. Das liegt deutlich unter der Versagensgrenze von 10 Millimetern. ■



# Vom Labor auf die Straße – die neue Mobile PWS

Gudrun Golkowski, Bauingenieurin, stellvertretende Referatsleiterin und Kirsten Kunz, Bauingenieurin, Referat „Erdbau, Mineralstoffe“

Die Griffigkeit beschreibt die Größe des Reibungswiderstandes und ist für die Kraftübertragung vom Reifen auf die Fahrbahnoberfläche eine maßgebliche Größe für die Verkehrssicherheit. Insofern gilt es, bereits bei der Konzeption von Baustoffgemischen für Fahrbahnoberflächen eine Vorhersage der zu erreichenden Griffigkeit nach dem Einbau zu bestimmen.

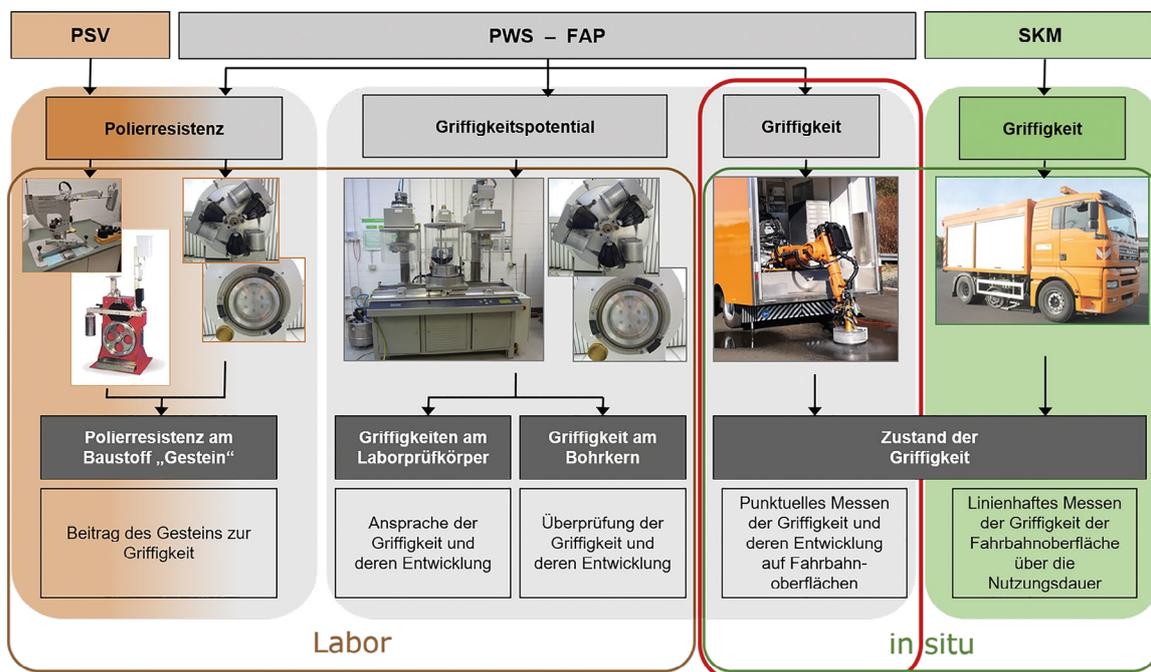
Bisher erfolgt dies über die Bestimmung der Polierresistenz der reinen Gesteinskörnung als Polish Stone Value (PSV) nach DIN EN 1097-8. Eine zielführendere Methode bildet das Verfahren „Bestimmung der Griffigkeit nach Polierung nach Wehner/Schulze – Friction after Polishing (FAP) nach DIN EN 12697-49“ als performance-orientiertes Prüfverfahren für Asphalt- und Betongemische. Damit ist es möglich, den Reibungswiderstand von Laborprobekörpern oder Bohrkernen zu messen und eine Prognose der Griffigkeitsentwicklung abzuleiten.

Um neukonzipierte Baustoffgemische im Hinblick auf die zu erreichende Griffigkeit in der Praxis beurteilen zu können, gilt es, diese bereits im Labor anforderungsorientiert zu prognostizieren. Mit der neuen mobilen Prüfeinrichtung Mobile PWS (Prüfeinrichtung Wehner/Schulze) können nunmehr Messungen der Griffigkeit nach dem Verfahren Wehner/Schulze auch auf der Fahrbahnoberfläche der Straße durchgeführt werden. Diese Versuche dienen damit der Validierung der Messergebnisse der Laborversuche in Bezug auf die erreichten Griffigkeiten in situ. Auf dieser Grundlage soll ein neues Bewertungsverfahren hinsichtlich der Bestimmung des Griffigkeitspotenzials abgeleitet werden.

## Einblick in das Messsystem der Mobilen PWS

Für die Messung der Griffigkeit auf Fahrbahnoberflächen in situ wurde

der Messkopf des stationären Laborprüfgeräts PWS nachgebaut und an einen Industrieroboter montiert, der aus dem Messfahrzeug heraus eigenständig vorgegebene Messpunkte ansteuert und messen kann. Der Messkopf musste dafür auf die Messbedingungen auf der Straße angepasst werden. Hierfür wurde die Wasserführung durch den Messkopf hindurch realisiert, um einerseits Wasser zur Reinigung der Prüffläche und andererseits das Prüfwasser bei der Bestimmung des Reibungswiderstandes zur Verfügung zu stellen. Weiterhin musste ein Vorgehen zur planparallelen Ausrichtung des Messkopfs für die Messung auf der Fahrbahnoberfläche eingesetzt werden. Hierfür wurde ein zusätzlicher Messtaster installiert. Im Vorfeld der Messung wird mit dem Messtaster über 3 Messpunkte eine Fläche aufgespannt und der Messkopf entsprechend planparallel ausgerichtet. Hinsichtlich der Bestimmung des Reibungsbeiwertes





*Roboter im Messfahrzeug*

wurde eine neue Messmethode entwickelt und umgesetzt, da im Laborprüfgerät PWS der Messsensor unterhalb der Prüffläche angeordnet ist. In der Mobilien PWS wird der Reibungsbeiwert nunmehr über einen Sensor zur Bestimmung der Winkelgeschwindigkeit beim Abbremsen des Messkopfes auf der Prüffläche ermittelt. Ein zusätzlich eingebauter Sensor eliminiert äußere Einflussgrößen – zum Beispiel die Neigung des Messkopfes.

### **Die Funktionalität des Messroboters der Mobilien PWS**

Die Mobile PWS besteht aus dem Messkopf sowie dem Industrieroboter zur Ansteuerung der Messpunkte, 2 zusätzlichen Messstellen für Prüfkörper im Fahrzeug, dem Hauptwasser- und Kühltank sowie den Schaltschränken mit der erforderlichen Mess- und Steuerungstechnik. Die gesamte Messapparatur ist im Laderaum eines kleinen Lkw untergebracht. Die Steuerung des Roboters ist für jede Messung in einzelne Arbeitsschritte unterteilt. Die Bedienung im Messbetrieb erfolgt automatisiert über ein Handbedienteil.

Grundsätzlich können 3 Messpositionen – rechts, mittig und links –

hinten dem Trägerfahrzeug auf der Fahrbahnoberfläche unterschieden und separat angesteuert werden. Die Messpositionen sind so angelegt, dass der Industrieroboter mit Messkopf nicht über die Abmessungen des Trägerfahrzeugs hinausragt. Zusätzlich sind 2 Messpositionen im Fahrzeug selbst eingerichtet: An der Messposition „Kalibrierung“ ist eine Referenzplatte aus Glas mit texturierter Oberfläche installiert. Diese wird vor und nach jeder Messung als Kontrollmessung angesteuert. Hier ist – identisch zum Laborprüfgerät PWS – ein Drehmomentaufnehmer zur Erfassung der Messwerte unterhalb der Referenzplatte installiert. An der anderen Messposition besteht die Möglichkeit, Laborprobekörper oder Bohrkern im Trägerfahrzeug in eine Probenhalterung entsprechend des Laborprüfgeräts PWS einzuspannen und zu messen.

Die Messung mit der Mobilien PWS erfolgt im stehenden Betrieb. Die einzelnen Arbeitsschritte einer Messung sind: Ansteuern der Messposition, Säubern der Prüffläche, Abtasten der Messfläche, Ausrichten des Messkopfes und Durchführen der Prüfung. Die Prüfung besteht aus einer Kontrollmessung auf der Glasplatte im Fahr-



*Messkopf*

zeug und der Messung des Messpunkts auf der Fahrbahnoberfläche. Nach der Messung des Messpunkts erfolgt eine Kontrollmessung auf der Glasplatte. Die Messwerte werden in einer Datei gespeichert und können auf dem Handbedienteil direkt vor Ort eingesehen werden.

### **Ausblick Forschung**

Die Polierresistenz von Gesteinskörnungen trägt maßgeblich zur Griffigkeit von Fahrbahnoberflächen bei, es existiert aber kein gesicherter Zusammenhang zwischen der Polierresistenz von Gesteinskörnungen und der Griffigkeit in situ auf Fahrbahnoberflächen. Ziele der Untersuchungen zur Bestimmung des Griffigkeitspotenzials sind: Bewertungshintergrund aufbauen, Untersuchungsergebnisse validieren und ein Verfahren zur Bewertung ableiten, mit dem zukünftig das Griffigkeitspotenzial von Fahrbahnüberflächen in der Planungsphase bereits an Prüfkörpern der Baustoffgemische mit dem Laborprüfverfahren FAP bestimmt werden kann.

Der Einsatz der Mobilien PWS dient hierbei der Herleitung eines belastbaren Bewertungshintergrunds als notwendige und maßgebliche Verbindung zwischen Labor und in situ. Das neue Verfahren zur Bestimmung des Griffigkeitspotenzials soll anhand von FAP-Untersuchungen eingesetzt werden, um sicherzustellen, dass mit den gewählten Baustoffgemischen die Mindestanforderungen an die Griffigkeit in situ zielsicher erreicht werden, die über Messungen mit dem Seitenkraftmesssystem (SKM) bestimmt werden. Dieses Verfahren soll die bisher genutzte Methode der Bestimmung der Polierresistenz der Gesteinskörnung über den PSV als Prüfung der reinen Gesteinseigenschaft ablösen. ■

# 3-D-Radar zur Bestimmung von Schichtdicken auf Brücken

Dr. Dirk Jansen, Bauingenieur, Referatsleiter und Claudia Podolski, Geophysikerin, Referat „Dimensionierung und Straßenaufbau“

Der Vorteil zerstörungsfrei arbeitender Verfahren liegt meist darin, dass eine Vielzahl von Daten zur Beschreibung struktureller Zustände mit einem vertretbaren Aufwand erfasst werden können. Dies gilt insbesondere für das Georadar-Verfahren, das bei verkehrsüblichen Geschwindigkeiten Daten zum Befestigungsaufbau und dessen Zustand liefern kann. Herkömmliche Georadar-Systeme erfassen pro Messung eine Profillinie. Bei Anwendung des 3-D-Radars können mit einer Überfahrt bis zu 25 Profillinien gemessen werden. Aus dieser Dichte von Informationen können flächenhafte und auch dreidimensionale Auswertungen erzeugt werden – zum Beispiel zur Berechnung von virtuellen Quer- und Tiefenschnitten.

Beim Georadar-Verfahren werden Radarwellen von einer Antenne in den Untergrund gesendet, dort teilweise reflektiert und durch die Antenne wieder erfasst. Aus der lauffzeitbasierten Interpretation der empfangenen Signale können Schichtdicken abgeleitet werden

und größere Inhomogenitäten erkannt werden – wie Einbauten, Störkörper oder Hohlräume.

## Anwendung des 3D-Radars auf der Ahrtalbrücke

Für die Planung von Erhaltungsmaßnahmen des Asphaltoberbaus der Ahrtalbrücke auf der A61 in Rheinland-Pfalz benötigte das Autobahnamt des Landesbetriebes Mobilität Rheinland-Pfalz flächendeckende Aussagen zu den vorhandenen Schichtdicken. Üblicherweise liegen derartige Informationen entweder nur als Planungsdaten der Herstellung oder aus punktuellen Beprobungen vor und sind daher mit großen Unsicherheiten behaftet. Der Landesbetrieb Mobilität hat sich daher für die Erfassung mittels 3-D-Radartechnologie entschlossen. Für die Durchführung der Messungen wurde die BASt beauftragt, mit der Dateninterpretation ein Ingenieurbüro.

Bei den Messungen mit Geschwindigkeiten von rund 65 Kilometer pro Stunde wurde pro Überfahrt eine Breite von rund 1,9 Meter erfasst. Für die flächenhafte Erfassung erfolgten mehrere teilweise überlappende Überfahrten auf allen Fahrstreifen, inklusive des Seiten- und Randstreifens. Die Erfassung des rund 1,52 Kilometer langen und

circa 24 Meter breiten Brückenbelags erfolgte in 46 Überfahrten, dauerte inklusive Umsetzfahrten nur wenige Stunden und verursachte keine Verkehrsbehinderungen.

Der in den Daten klar erkennbare Übergang zur Brückentafel aus Beton sowie die gut erkennbare Betonbewehrung dienten bei der Datenauswertung als maßgebende Schichtgrenze. Die weitere Differenzierung des mehrlagigen Schichtaufbaus aus Gussasphalt ist hingegen messtechnisch nicht möglich. Für alle Messstreifen wurde daher die Unterkante des Gussasphaltaufbaus oder der Abdichtung aus den Messdaten abgegriffen. Die Validierung der Umrechnung der Laufzeiten in Schichtdicken erfolgte mittels bereits vorliegender Bohrkerndaten gegenüber geeigneten Annahmen.

In Summe wurden rund 6,9 Millionen Messwerte berechnet, statistisch ausgewertet und die Ergebnisse grafisch aufbereitet sowie als digitaler Datensatz zur weiteren Verwendung übergeben.

## Fazit

Mittels modernster zerstörungsfreier Messtechnik konnten dem Straßenbaulastträger detaillierte und vor allem flächige Darstellungen der Dicken des Asphaltoberbaus übergeben werden. Die Messungen konnten im fließenden Verkehr ohne Beeinträchtigung dessen durchgeführt werden. Die Ergebnisse werden im Weiteren für die detaillierte Planung der Erhaltungsmaßnahme Verwendung finden. ■



3D-Georadarsystem der BASt im Einsatz

# Berührungslose Griffigkeitsmessung

Christian Gottaut, Bauingenieur und André Meyer, Bauingenieur, Referat "Oberflächeneigenschaften, Bewertung und Erhaltung von Straßen"

Für die Verkehrsteilnehmer ist die Griffigkeit eine der maßgeblichen Eigenschaften der Fahrbahnoberfläche, da sie direkt mit der Verkehrssicherheit im Zusammenhang steht. Die Messung und Bewertung der Griffigkeit erfolgt gegenwärtig mit dem Seitenkraftmessverfahren (SKM), bei dem ein Messreifen im Schräglauf unter definierten Randbedingungen über eine angenässte Fahrbahnoberfläche gezogen wird. Die Qualitätssicherung des Verfahrens erfolgt durch die BAST, sodass eine gleichbleibend hohe Messqualität gewährleistet ist. Wenngleich das SKM-Verfahren verlässliche Aussagen zum Griffigkeitsniveau liefert, gibt es Defizite hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit sowie der Einsatzgrenzen: Es muss ein großer Wassertank mitgeführt werden, die Messreifen unterliegen einem hohen Verschleiß, zudem kann in engen Kurven nicht gemessen werden und die Bewertungsabschnitte sind relativ lang.

## Methodik der Berührungslosen Griffigkeitsmessung

Eine innovative Alternative zum SKM-Verfahren könnte eine berührungslose Griffigkeitsmessung sein. Die zugrunde liegende Idee bei diesem Ansatz ist, dass die Textur einer Fahrbahnoberfläche, wenn sie mit einer ausreichend hohen Auflösung mittels geeigneter Sensorik erfasst wird, alle notwendigen Informationen zur Ermittlung des Kraftschlusses von Reifen und Fahrbahn beinhaltet. Basierend auf diesen hochgenauen Texturdaten der Fahrbahn kann dann zum Beispiel unter Verwendung von numerischen Mo-

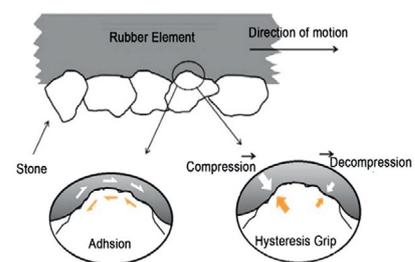
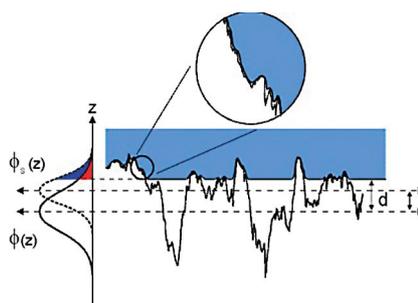
dellen der Reibwert der Fahrbahnoberfläche berechnet werden. Der Sensor könnte an Messsysteme verbaut werden, die derzeit bereits zur Erfassung der Ebenheit und der Substanzmerkmale (Oberfläche) in der Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) eingesetzt werden. In der Folge wäre nur noch eine Befahrung zur Erfassung aller relevanten Fahrbahnoberflächeneigenschaften notwendig. Weitere Vorteile bestehen in der weitestgehend verschleißfreien Messung sowie einem breiteren Einsatzspektrum.

## Förderung im „Innovationsprogramm Straße“

Wenngleich die Forschung in den vergangenen 20 Jahren bereits vielversprechende Ansätze in dieser Richtung hervorgebracht hat, ist es bislang nicht gelungen, das Verfahren vom Labormaßstab hin zu einem praktischen Einsatz in einem Messfahrzeug weiterzuentwickeln. Um diese Lücke zu schließen, hat die BAST im Rahmen der 9. Förderbekanntmachung des „Innovationsprogramms Straße“ 2 Forschungsvorhaben zur „Berührungslosen Griffigkeitsmessung von Straßenoberflächen“ vergeben. Beide Pro-

jekte verfolgen unterschiedliche Ansätze sowohl bei der Sensortechnologie zur Texturerfassung als auch bei der Berechnung des Reibwertes.

Die BAST begleitet diese Vorhaben intensiv. So wurden unter anderem bereits schnellfahrende Messungen mit den neu entwickelten Sensoren auf den Referenzstrecken des duraBAST-Geländes durchgeführt. In der derzeit laufenden Schlussphase der Projektbearbeitung werden weitere Messungen im realen Straßenverkehr auf unterschiedlichen Fahrbahnbelägen durchgeführt, um beispielsweise die Robustheit des Sensors zu erproben sowie die Berechnungsalgorithmen zu optimieren. ■



Reibwertermittlung durch Modellierung des in die Fahrbahn eindringenden Reifens mithilfe der Gummireibungstheorie

# Transparentes Bitumen

Dr. Volker Hirsch, Chemiker, Referatsleiter und Adrian Rink, Chemielaborant, Referat "Chemische Grundlagen, Umweltschutz, Labordienst"

Die physikalischen Eigenschaften von Bitumen werden von der chemischen Zusammensetzung bestimmt. Dies betrifft nicht nur die rheologischen Eigenschaften, sondern insbesondere die Hafteigenschaft und die Oxidationsempfindlichkeit gegenüber Luftsauerstoff. Die vollständige Erfassung der chemischen Zusammensetzung von Bitumen erfordert jedoch die Anwendung von aufwendigen oder komplizierten Analysemethoden, deren sachgerechte Bedienung speziell ausgebildetes Personal verlangt. Vor allem bei der Herstellung von modifiziertem Bitumen oder von Bitumenemulsionen muss geprüft werden, ob die chemische Zusammensetzung des verfügbaren Bitumens für die entsprechende Modifikation geeignet ist. Für diese Anwendungsfälle ist ein einfaches und preiswertes Schnellverfahren zur chemischen Charakterisierung hilfreich, um sicherzustellen, dass das für die Produktion vorgesehene Bitumen eine passende Zusammensetzung hat. Eine derartige Möglichkeit wird durch die Anwendung von Spreitversuchen eröffnet.

Beim Spreiten handelt es sich um ein oberflächenphysikalisches Phänomen, das bereits von dem amerikanischen Naturwissenschaftler, Verleger und Politiker Benjamin Franklin (1706 bis 1790) angewendet wurde. Er tropfte einen Teelöffel Öl auf die Oberfläche eines glatten Sees. Dabei bildete sich ein sichtbarer monomolekularer Ölfilm auf der Wasseroberfläche aus. Über die Messung der Fläche des Films und dem aufgegebenen Ölvolumen kann auf einfache Weise die Molekülgröße berechnet werden.

Spreitexperimente mit Bitumen wurden bereits 1952 angewendet, um beispielsweise die Verträglichkeit von Bitumen und Teer zu untersuchen [1]. Führt man das Spreitexperiment mit einem in Cyclohexan gelösten Bitumen aus, kann man eine interessante Beobachtung machen: Es bildet sich kein homogener Film aus, sondern es entsteht ein charakteristisches bitumenspezifisches Verteilungsmuster.

## Was passiert beim Spreiten?

Das in Cyclohexan gelöste Bitumen besitzt nur eine kleine Oberflächenspannung und spreitet aufgrund der hohen Oberflächenspannung von Wasser sehr schnell. Das Verdampfen des Lösemittels führt zunächst zu einer Agglomeration von schwerlöslichen Bitumenkomponenten. Die Agglomerate entsprechen den dunklen Bereichen des Spreitmusters und bestehen vorwiegend aus Asphaltene und höhermolekulare polare Verbindungen. Um diese Bereiche sind die überwiegend aus Polyaromaten bestehenden leichter löslichen Bitumenbestandteile assoziiert. Diese bilden eine halbtransparente Phase aus. Die transparente Phase besteht

hingegen vorwiegend aus aliphatischen und aromatischen Verbindungen.

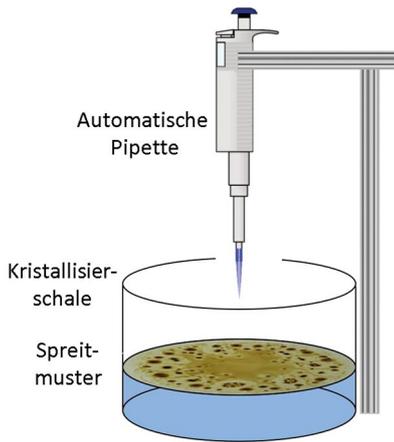
Der Spreitvorgang entspricht keinesfalls einer chemischen Trennung, bei der eine komplexe Mischung organischer Verbindungen in Einzelkomponenten zerlegt wird. Es handelt sich vielmehr um eine Form der Selbstorganisation, die zwar hauptsächlich durch die chemische Zusammensetzung bestimmt wird, jedoch nicht ausschließlich. Es gibt weitere Einflussgrößen – beispielsweise Wasserbadtemperatur, Bitumenkonzentration, Art des Lösemittels, Versuchszeit. Diese Parameter müssen konstant gehalten werden, um reproduzierbare Spreitmuster zu erhalten.

## Wie wird es gemacht?

Der Versuch ist einfach durchzuführen. Man benötigt lediglich eine mit Wasser gefüllte Kristallisierschale und eine automatische Pipette mit der die Bitumenlösung präzise und reproduzierbar aufgetragen wird. Das entstandene Spreitmuster wird mit einer Digitalkamera fotografiert. Um eine gleichmäßige Ausleuchtung sicherzustellen, befindet sich die Kristallisierschale auf einem Leuchttisch.



Russian Export Blend      Venezuela      Kuwait  
Erdölprovenienz von Bitumen 70/100

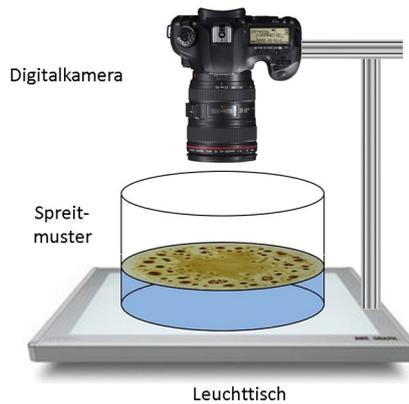


Probenauftragung

Die Spreitmuster von ein und derselben Bitumenprobe sind zwar niemals völlig identisch, aber auf verblüffende Weise ähnlich. Deshalb führt die visuelle Auswertung der Spreitmuster bereits zu guten Ergebnissen. Für ein Messverfahren ist die Rückführung auf objektive Messgrößen jedoch unerlässlich. Aktuelle Bildanalyse-Tools bieten eine einfache Möglichkeit, die digital vorliegenden Bildinformationen nach verschiedenen Kriterien auszuwerten und daraus charakteristische Kenndaten zu ermitteln.

Im einfachsten Fall genügt bereits die Bestimmung der transparenten, halbtransparenten und dunklen Flächenanteile, um Kenndaten für eine nachfolgende statistische Clusteranalyse zu erhalten.

Die Grafik zeigt das Untersuchungsergebnis von 26 Bitumenproben der Sorte 70/100 bekannter Herkunft in Form eines Dendrogramms. Dieses verdeutlicht die Ähnlichkeit der Proben untereinander. Je ähnlicher die Spreitmuster sind, desto näher befinden sich die Zweige und umso kürzer sind diese. Die chemische Zusammensetzung hängt von der Erdölprovenienz und den Herstellungsbedingungen in der Raffinerie ab. Im Umkehrschluss kann somit



Fotografische Dokumentation

ein Spreitmuster als Indikator für die Erdölprovenienz und die Herstellungsbedingungen angesehen werden.

### Was ist der Nutzen?

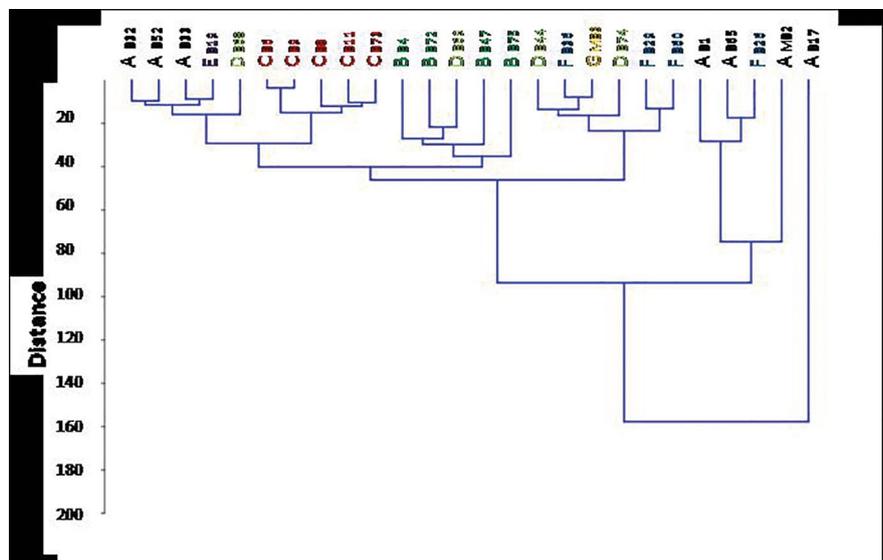
Ein Spreitmuster ist ein chemisches Identifikationsmerkmal (Fingerprint). Dieser Aspekt kann sonst nur mit aufwendigen Untersuchungsmethoden erhalten werden. Aus einem Spreitmuster lässt sich jedoch nicht die exakte chemische Zusammensetzung bestimmen. Die Methode ist somit vor allem als Schnelltest zur Probeneingangskontrolle sinnvoll anwendbar, bei denen es auf

konstante Produkteigenschaften im Prozess von der Raffinerie über das Mischwerk bis zum Einbau ankommt. Darüber hinaus sind weitere grundlagenorientierte Anwendungen möglich, um zum Beispiel den Einfluss von Additiven und Rejuvenatoren auf Bitumen zu erkennen oder alterungsbedingte Veränderungen sichtbar zu machen.

Die erforderlichen Auswerteschritte für dieses Verfahren sind einfach und lassen sich automatisieren. Durch fortschrittliche Methoden der artifiziellen Mustererkennung lassen sich zukünftig weitere Vereinfachungen erzielen. ■

### Literatur

- [1] LETTERS, K.: Versuche zur Prüfung von bituminösen Bindemitteln in dünnen Spreitschichten, in Bitumen-Teere-Asphaltpete und verwandte Stoffe, 3, 1956



Dendrogramm von Bitumen 70/100 aus unterschiedlichen Raffinerien

# Betonfahrbahn 4.0

Barbara Jungen, Bauingenieurin und Dr. Marko Wieland, Bauingenieur, Referatsleiter „Betonbauweisen“ (bis Dezember 2020 in der BAST)

Die stetig wachsende und auch für die Zukunft prognostizierte steigende Verkehrsbelastung, die Ressourcenverknappung sowie die erhöhte Beanspruchung infolge klimatischer Veränderungen rücken die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Straßen immer mehr in den Fokus. Darüber hinaus konzentriert sich die Forschung auf die Aspekte der Verfügbarkeit und der langfristigen Leistungsfähigkeit der Straßeninfrastruktur. Die häufig zeitkritischen Arbeitsschritte im Bauprozess erfordern deshalb eine stringente und qualitätsgesicherte Strukturierung, um die Zielvorgaben an die Fahrbahn hinsichtlich Ebenheit, Griffbarkeit, Lärm und Substanz zu erreichen.

Im Verbundvorhaben Betonfahrbahn 4.0 sollen durch die systematische Analyse und anschließende Optimierung der Prozesskette, die Prozess- und Herstellungsqualität

von Fahrbahndecken verbessert werden. Durch die Überführung der Forschungsergebnisse in die Praxis wird mit einer signifikanten Erhöhung der Nutzungsdauer in Verbindung mit einer Verringerung der Lebenszykluskosten gerechnet.

## Prozessschritte

Innerhalb des Vorhabens werden die einzelnen Schritte in der Prozesskette des konventionellen Betonstraßenbaus hinsichtlich ihrer Robustheit und Prozesssicherheit untersucht. Die Steuerung der Qualität zur Erreichung der relevanten Anforderungen an die Oberflächen erfordert unter anderem eine dezidierte Regelung verschiedenster Prozessschritte im gesamten Herstellungsprozess. Dabei hilft die Digitalisierung, die relevanten Kenngrößen in den Bereichen Frischbeton, Konstruktion, Festbeton und Oberflächen messtechnisch zu erfassen und in die Re-

gelungs- und Steuerungsprozesse zu integrieren. Die direkte Steuerung oder Regelung der Einzelprozesse ist unter anderem notwendig, um diese an die tagesaktuellen Randbedingungen entsprechend anpassen zu können – zum Beispiel Witterung, Materialparameter. Auf diese Weise kann die Einhaltung der späteren Anforderungen an die Oberflächeneigenschaften des fertigen Produkts Straße zukünftig besser gewährleistet werden.

Grundlegender Baustein ist hierbei insbesondere die technologische Weiterentwicklung der Mischtechnik im Sinne einer rheologiegestützten Mischprozessführung, um homogene Frischbetone für den Unter- und den Oberbeton der Fahrbahn auch bei den üblichen Schwankungen der Eigenschaften der Ausgangsstoffe bereitstellen zu können. Die zielsichere Herstellung der geforderten Betonqualität hat großen



Betondeckeneinbau (Bild: Fa. Schnorpfeil)

Einfluss auf die Einbauleistung, die Verdichtbarkeit und die Ebenheit. Die kontinuierliche Kontrolle der Frischbetoneigenschaften anhand definierter Kennwerte nimmt hierbei einen bedeutenden Stellenwert ein, da hier an einer der maßgebenden qualitätsdetektierenden Schnittstellen korrektive betontechnologische Maßnahmen abgeleitet werden können.

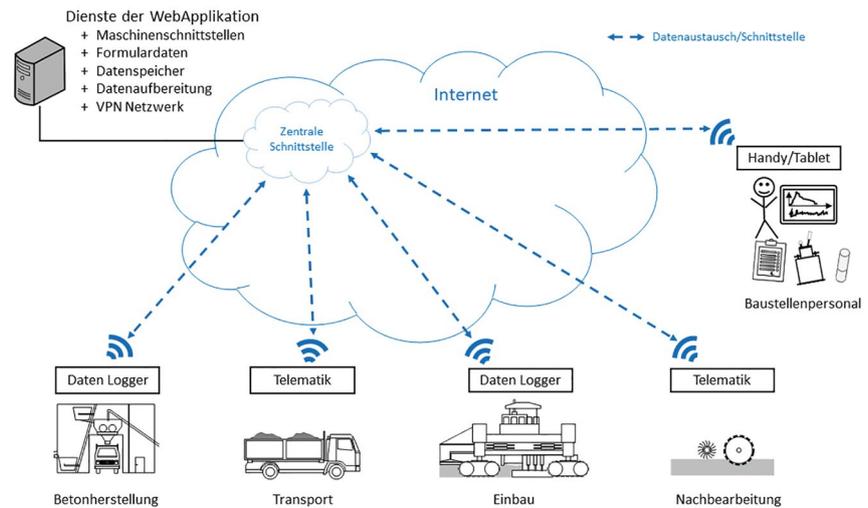
Hierzu sind Messsysteme und -werkzeuge erforderlich, die den jeweiligen Kennwert nicht nur mit einer ausreichend hohen Präzision, sondern auch innerhalb einer kurzen Zeitspanne bestimmen. Beim Auftreten von Soll-Ist-Abweichungen ist so eine rasche Anpassungsreaktion im Betonherstellungsprozess möglich.

### Neue Messkonzepte

Im Rahmen der systematischen Analyse der Prozesskette ist klar geworden, dass vorhandene Prüfverfahren zu verbessern oder gänzlich neuartige Messkonzepte zu entwickeln sind.

Die Entwicklung und Integration einer in den Fertiger implementierten Technologie zur Ebenheitsanalyse und -kontrolle der hergestellten Fahrbahn ist ebenfalls Bestandteil des Vorhabens. Die Qualität dieser on board Ebenheitsmessung wird mittels eines separaten hochauflösenden 3-D-Laserscansystems überprüft und weiterentwickelt. Die Verbesserung der Grundebenheit des ein- oder zweilagigen Fahrbahnbetons im Wellenlängenbereich von circa 0,5 bis 50 Meter trägt somit zur direkten Steuerung der Ebenheit bei.

Die methodische Entwicklung von innovativen Sensorkonzepten zur Erfassung rheologischer Eigenschaften von Fahrbahnbetonen beinhaltet auch die messtechnische



Konzept Datenstruktur Betonfahrbahn 4.0 (Bild: Institut für Systemdynamik, Uni Stuttgart)

Erfassung des Erhärtungsfortschritts des eingebauten Betons mit zerstörungsfreien Prüfmethode. Die messtechnische Feststellung des Erhärtungsfortschritts des Fahrbahndeckenbetons mithilfe von Ultraschallmessgeräten erlaubt es, den optimalen Zeitpunkt zum Beispiel für den Fugenschnitt, das Ausbürsten oder das Grinding unabhängig von subjektiven Einschätzungen festzustellen und trägt so zu einem robusten Herstellungsprozess bei.

Die digitale Vernetzung aller Prozessschritte, die kontinuierliche Kontrolle und die prozessgestützte Anpassung des Verlaufs eines jeden einzelnen Prozessschrittes erfordert die Integration von elektronischen Komponenten zum Messen und Regeln. Auf diese Weise wird es möglich, die Arbeitsweise der jeweiligen Werkzeuge und Anlagen kontinuierlich zu erfassen und zu bewerten. Entsprechend steht neben den technologischen Entwicklungen vor allem auch die Implementierung von Industrie 4.0-Konzepten im Fokus des Verbundvorhabens. Die Zusammenführung der objektiven und quantifizierbaren Kennwerte in einen übergeordneten Leitstand soll die bestmögliche Organisation der Herstellung von Betonfahrbahnen

ermöglichen. Im Kontext mit der Implementierung von Industrie 4.0-Elementen in die Herstellungskette, kann so das Potenzial der Digitalisierung zur Verbesserung der Prozesssicherheit ausgeschöpft werden.

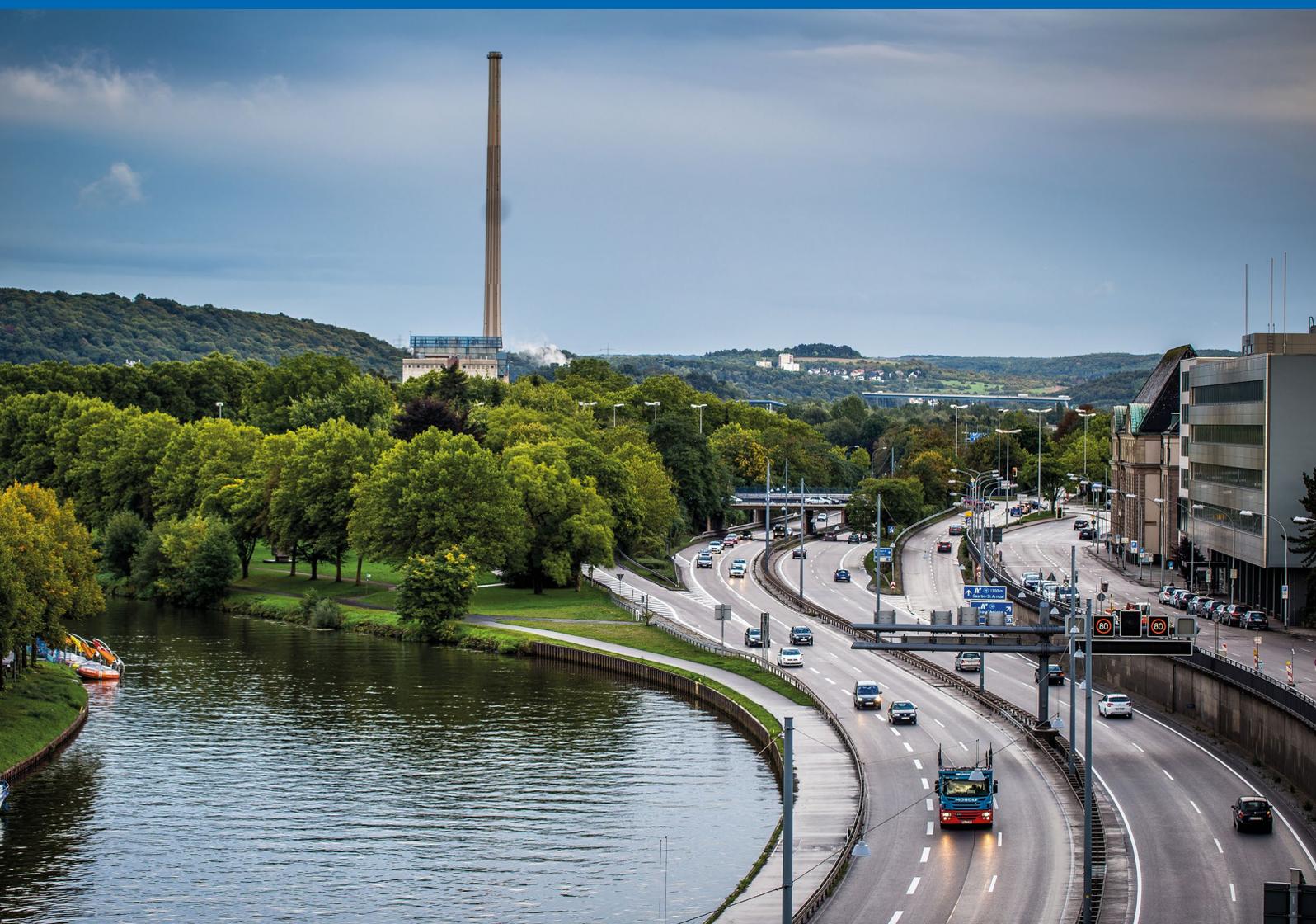
Im Ergebnis soll mithilfe der aufgeführten Optimierungsansätze künftig eine gezielte Anpassung der Prozessqualität und eine Steuerung der Produktqualität ermöglicht werden. Aufgrund des direkten Zusammenhangs zwischen Produktqualität und den Gebrauchseigenschaften hinsichtlich Funktion und Nutzungsdauer können somit die vorhandenen Potenziale im Sinne eines Nachhaltigkeitsansatzes verifiziert und systematisch ausgeschöpft werden. ■

# BMVI- Expertennetzwerk

Gemeinsam forschen für das deutsche Verkehrswesen

Verlässlichkeit der Verkehrsinfrastruktur erhöhen





# Gemeinsam forschen für das deutsche Verkehrswesen

Teresa Werner, Politikwissenschaftlerin, Referat „Anpassungen an den Klimawandel“

Die Ressortforschungseinrichtungen des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) unterstützen dieses dabei, die technologischen und gesellschaftlichen Veränderungsprozesse des 21. Jahrhunderts zu gestalten, sich den damit verbundenen Herausforderungen zu stellen und entstehende Chancen zu nutzen. Seit 2016 geschieht dies auch im Rahmen des verkehrsträgerübergreifenden BMVI-Expertennetzwerks – unter dem Motto „Das Verkehrssystem resilient und umweltgerecht gestalten“. Die BAST und weitere 6 Oberbehörden des BMVI haben mit Abschluss der ersten Forschungsphase des BMVI-Expertennetzwerks im Jahr 2019 wichtige Beiträge für die Gestaltung eines zukunftsfähigen Verkehrssystems geleistet. Möglich war das durch die enge Kooperation zwischen den Ressortforschungseinrichtungen und Fachbehörden sowie dem BMVI als Initiator des Forschungsnetzwerks.

Die erste Forschungsphase des BMVI-Expertennetzwerks (2016 bis 2019) hat neben wissenschaftlichen Ergebnissen auch die organisatorischen Voraussetzungen für die behördenübergreifende Zusammenarbeit geschaffen. In diesem Zuge haben die Behörden qualifiziertes Personal eingestellt und die Vernetzung zwischen den Beteiligten aufgebaut. Schlüsselemente hierfür waren Kommunikation und ein gemeinschaftliches Verständnis der Zielsetzung. Die BAST nahm in der Aufbauphase die Leitung der Gesamtkoordination des BMVI-Expertennetzwerks wahr. Ein wissenschaftlicher Arbeitsstab begleitete die Forschungsarbeiten sowie den Wissens- und Technologietransfer fachlich und organisatorisch.

## Forschungsergebnisse im Austausch mit der Praxis

Die Forschung des BMVI-Expertennetzwerks ist in 6 Themenfelder

gegliedert. Die BAST arbeitet in allen mit und hat darüber hinaus in der ersten Forschungsphase das Themenfeld „Verlässlichkeit der Verkehrsinfrastruktur erhöhen“ koordiniert. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter haben die Forschungsprojekte nutzerbezogen konzipiert und durchgeführt, da die Ergebnisse ein zukunftsfähiges Verkehrssystem möglichst direkt unterstützen sollen und Probleme der Praxis adressieren.

Exemplarische Highlights der BAST im Rahmen der ersten Forschungsphase des BMVI-Expertennetzwerks sind:

- Gefahrenhinweiskarten durch Hochwasser, gravitative Massenbewegungen und Sturm für das Bundesfernstraßennetz.
- Leitfaden „Verfahren zur Lärminderung bei Kumulation“.
- Methode für die automatisierte drohnengestützte Zustandsbewertung von Infrastrukturbauwerken.
- Analyse und Beurteilung von technologischen Entwicklungen – beispielsweise Virtual und Augmented Reality (VR/AR) – und ihren Nutzungspotenzialen für den Betrieb der Infrastruktur.
- Konzepte zur Deckung des (Wärme-)Energiebedarfs von Autobahnmeistereien durch erneuerbare Energien.

Diese und viele weitere Forschungsergebnisse des BMVI-Expertennetzwerks unterstützen die Anwender – wie Bauwerkprüfunternehmen und die Straßenbauverwaltungen der Länder – unmittelbar bei ihrer Arbeit.



Asphaltaußenbrücke mit elektronischer Mautstelle (© am/Fotolia)

## Erkenntnisse der Aufbau- phase verbreiten und an bisherige Erfolge anknüpfen

Bereits in der Identifikations- und Aufbauphase konnten innovative Konzepte und Produkte bereitgestellt werden, die durch nutzerbezogene Forschung und einen intensiven Anwenderdialog entwickelt wurden. Einen detaillierten Einblick in die Forschung des BMVI-Expertennetzwerks bieten die Ergebnisberichte der Themenfelder 1 bis 5. Die darin beschriebenen Resultate sind eine wertvolle Grundlage für den weiteren Forschungsprozess, der auf Datenprodukte und Verfahren in Anwendungsreife, Managementsysteme und die Überführung des Fortschritts in Regelwerke und praktische Maßnahmen fokussiert ist.

## BMVI-Expertennetzwerk online – Forschungsergebnisse kompakt

Eine Online-Veranstaltung am 19. Januar 2021 gewährte Einblicke in ausgewählte Forschungsergebnisse des BMVI-Expertennetzwerks Wissen – Können – Handeln.



BAST-Präsident Stefan Strick vertrat die BAST hierbei mit seinem Impulsvortrag „Forschung und Praxis – Hand in Hand“. Sonja Neumann präsentierte das Fachthema „Behörden und digitaler Wandel! Technologie-

trends und Datenverarbeitung“, Dr. Fabio Strigari das Thema: „Leiser und umweltfreundlicher – Verkehrsinfrastruktur der Zukunft“.

Eine Aufzeichnung der Veranstaltung ist auf der Internetseite des Expertennetzwerks einsehbar. ■



[www.bmvi-expertennetzwerk.de/  
publikationen](http://www.bmvi-expertennetzwerk.de/publikationen)



Hochwasser-Straßensperrung (© DOC RABE Media/Fotolia)

# Verlässlichkeit der Verkehrsinfrastruktur erhöhen

Dr. Iris Hindersmann, Geographin und Ulrich Schmelter, Bauingenieur, Referat „Betonbau“, Dr. Kalliopi Anastassiadou, Bergbauingenieurin, Referat „Tunnel- und Grundbau, Tunnelbetrieb und Zivile Sicherheit“, Dr. Martin Friese, Bauingenieur (bis Dezember 2020 in der BAST), Sonja Neumann, Maschinenbauingenieurin und Stefan Staub, Geograph, Referat „Grundsatzfragen der Bauwerkserhaltung“

## Ausgewählte Ergebnisse der Forschungsphase 2016 bis 2019

Die ungünstige Altersstruktur der Ingenieurbauwerke, der prognostizierte Anstieg des Güterverkehrs sowie die Zunahme von disruptiven Ereignissen – wie Hochwasser oder Cyberangriffe – benötigen Lösungen, um die Zuverlässigkeit und Resilienz der Verkehrsinfrastruktur zu gewährleisten. Zusätzliche Anstrengungen hinsichtlich der Erfassung des aktuellen und zukünftigen Zustands, einer optimierten, koordinierten Erhaltung, Ertüchtigung und des Ersatzes des Bestandes unter Aufrechterhaltung des Verkehrs sind erforderlich.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen und drängende Verkehrsfragen der Zukunft zu beantworten, ergibt sich die Notwendigkeit gezielter Forschung mit dem Ziel, die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Infrastruktur weiter zu gewährleisten sowie die vorhandenen Ressourcen priorisiert und hocheffizient einsetzen zu können. Die folgenden Themenschwerpunkte bearbeitete die Abteilung Brücken- und Ingenieurbauwerke der BAST in der ersten Förderungsphase des Experten-netzwerkes 2016 bis 2019.

### Lebenszyklusmanagement

Das Lebenszyklusmanagement führt Daten des gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks zusammen, leitet Indikatoren ab und betrachtet die einzelnen Bauwerke im Kontext des Gesamtnetzes. Dadurch werden Abläufe standardisiert, Kosten reduziert, die Verfügbarkeit der Ingenieurbauwerke erhöht und der Weg zu einem vorausschauenden Erhaltungsmanagement vorbereitet. Im Rahmen der Arbeiten in der ersten Förderungsphase wurde ein Grobkonzept eines verkehrsträgerübergreifenden indikatorgestützten Lebenszyklusmanagements entwickelt.

### Zustandserfassung

Kenntnis des Bestands macht Erhaltung planbar, die wichtigste Informationsquelle ist die regelmäßige handnahe Bauwerksprüfung. Um zusätzliche Informationen bereitzustellen und die Informationsgewinnung zu optimieren, wurden innovative Ansätze untersucht, beispielsweise die Befliegung von Brückenbauwerken mittels UAS (unmanned aerial systems) nebst KI-gestützter Schadenserkennung. Zu Monitoringverfahren und zerstörungsfreien Prüfverfahren wurden Untersuchungen zur Qualitäts- und Wirtschaftlichkeitsbewertung und zur Quantifizierung des Sicherheitsgewinns durchgeführt, deren Ergebnisse anwendergerecht in Form von Arbeitshilfen und Leitfäden aufbereitet wurden.





Autobahnbrücke bei Leverkusen (Bild: poinz/Fotolia)

## Resilienzbewertung

Eigentümern und Betreibern von Straßeninfrastrukturen werden Handlungshilfen zur Entscheidungsunterstützung bezüglich der Bewertung der Resilienz von Ingenieurbauwerken bereitgestellt. Das Konzept der Resilienz bewertet die Verkehrsinfrastruktur hinsichtlich ihrer Fähigkeit, Schäden infolge disruptiver Ereignisse zu verkraften und eine schnelle Wiederinbetriebnahme zu ermöglichen. Hierzu wurden bereits Verfahren und Modelle zur Quantifizierung der Verfügbarkeit und Sicherheit von Ingenieurbauwerken bei außergewöhnlichen Ereignissen entwickelt sowie die Reaktions- und Wiederherstellungsprozesse für die Straßenverkehrsinfrastruktur nach disruptiven Ereignissen untersucht.

## Bauen unter Betrieb

Bei Untersuchungen zu innovativen und nachhaltigen Bauweisen für Ersatzneubauten von Brücken lag der Fokus auf der Minimierung der Bauzeit und Reduzierung von Verkehrsbeeinträchtigungen. Zwischenzeitlich wurden bereits Pilotprojekte realisiert, bei denen mehrere der untersuchten Bauweisen zur Anwen-

dung kamen, wodurch die Bauzeiten gegenüber der konventionellen Bauweise erheblich reduziert werden konnten.

## Digitale Technologien

Eine wichtige Aufgabe im digitalen Transformationsprozess ist es, relevante digitale Technologien samt ihren Chancen und Risiken frühzeitig zu erkennen sowie ihren Nutzen für die Beantwortung aktueller Fragestellungen zu bewerten. Hierfür wurden unter anderem die virtuelle und erweiterte Realität (Virtual und Augmented Reality) als digitale Technologien identifiziert, die Nutzungspotenziale in der Bauwerkserhaltung für Eigentümer und Betreiber von Verkehrsinfrastrukturen aufzeigen. In konkreten Anwendungsszenarien der Bauwerkprüfung sollen die digitalen Technologien pilothaft erprobt und ihre Potenziale aufgezeigt werden.

## Förderungsphasen

In der ersten Förderungsphase wurden verschiedene Aspekte zur Erhöhung der Verfügbarkeit von Bauwerken untersucht, hierbei konnten neueste technische Ent-

wicklungen und Verfahren entwickelt und genutzt werden. Es hat sich gezeigt, dass das Konzept der verkehrsträger- und behördenübergreifenden Zusammenarbeit zur Erarbeitung von gemeinsamen Lösungsansätzen zur Verbesserung der Verfügbarkeit der Verkehrsinfrastrukturen führt und sehr gute Ergebnisse liefert.

In der zweiten Förderungsphase des BMVI-Expertennetzwerks 2020 bis 2025 stehen die Intensivierung der Zusammenarbeit mit den Anwendern sowie die Weiterentwicklung der bisherigen Themen und Ansätze im Vordergrund. Hierzu werden aktuell Konzepte für die Anwenderdialoge erarbeitet – zum Beispiel Fragenkataloge für Experteninterviews. Dabei wird ein verstärkter Austausch mit den Eigentümern und Betreibern von Brücken- und Ingenieurbauwerken angestrebt. Die bereits entwickelten Konzepte und Verfahren sollen pilothaft angewandt, weiterentwickelt und optimiert werden. ■

# Autorinnen und Autoren der Fachbeiträge



Dr. Kalliopi Anastassiadou



Dr. Anja Baum



Uli Bergerhausen



Sandro Berndt-Tolzman



Jens Dierke



Daniel Eickmeier



Dr. Claudia Evers



Christian Gottaut



Bernard Gyergyay



Adrian Hellmann



Dr. Iris Hindersmann



Barbara Jungen



Mehdi Kalantari



Stefanie Kaup



Ralf Meschede



André Meyer



Sonja Neumann



Kristin Nickel



Adrian Rink



Dr. Lutz Rittershaus



Dr. Julian Rüdiger



Daniel Sander



Susanne Schmitz



Silke Sielaff



Christof Sistenich



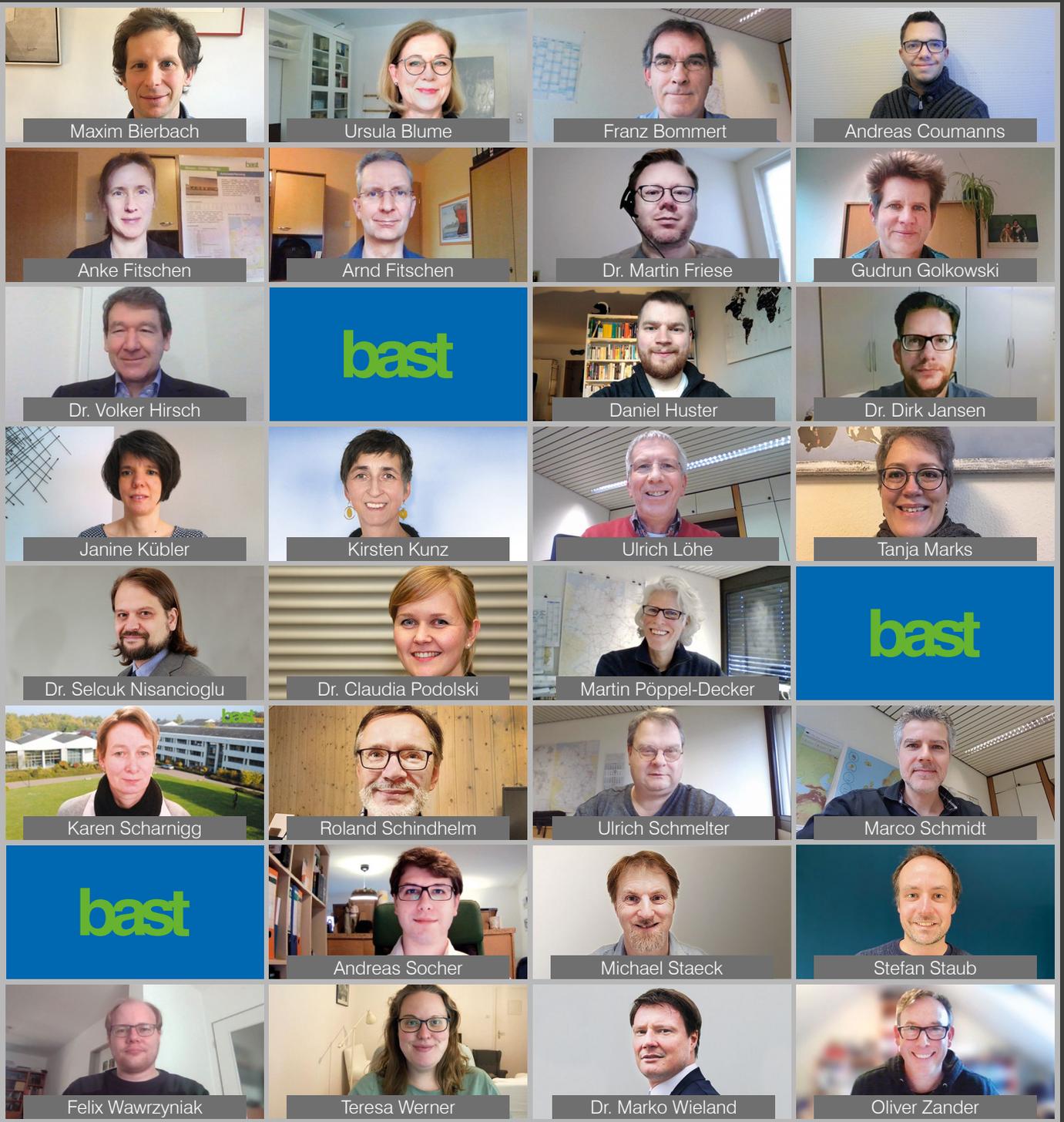
Leon Straßgütl



Johannes Thomé



Dieter von Weschpfennig



# BASt Zahlen und Fakten 2020



**397**

Beschäftigte

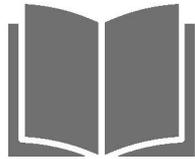


**17**

Auszubildende



**52**



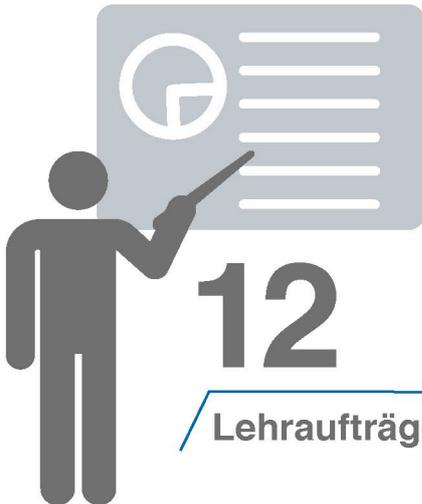
Berichte

in eigener Schriftenreihe



**196**

Wissenschaftlerinnen  
und Wissenschaftler



**12**

Lehraufträge an Hochschulen



**47**

Durchschnittsalter  
der Beschäftigten



Mitarbeit in

**749**  
Gremien

international

national

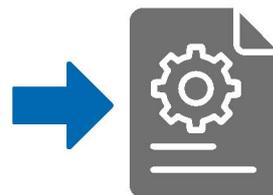


rund 200 eigene  
Forschungsprojekte

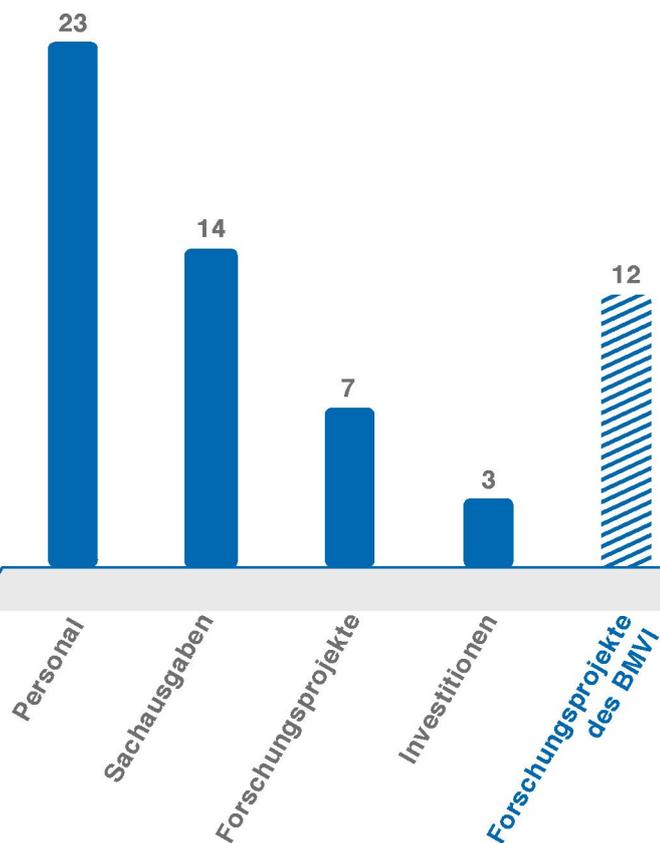
**16**



internationale  
Projekte  
mit einem Personalaufwand  
von über einer Million Euro



Bearbeitung von fast  
300 externen Projekten



**47** Millionen  
Etat der BASt



# Lehraufträge und Promotionen

Wie erfolgreich die BAST-Beschäftigten im Jahr 2020 waren, zeigen auch Promotionen sowie ausgewählte Lehraufträge an unterschiedlichen Hochschulen und Fakultäten.



Dr. Jan-André Bühne: Lehrauftrag an der Hochschule des Bundes für öffentliche Verwaltung für das Fach Betriebswirtschaftslehre.



Dr. Dirk Jansen: Lehraufträge an der Universität Siegen im Bereich Straßenbautechnik.



Dr. Claudia Evers: Lehrauftrag an der Deutschen Psychologen Akademie (DPA) Berlin im Bereich Verkehrspsychologie.



Bernhard Kollmus: Lehrauftrag an der Technischen Universität Dresden im Fach „Verkehrssicherheit bei Planung, Entwurf und Betrieb“.



Dr. Ferdinand Farwick zum Hagen: Verleihung des akademischen Grads „Doktor der Naturwissenschaften“ von der Bergischen Universität Wuppertal.



Dr. Mahdi Rahimi Nahoujy: Verleihung des akademischen Grads „Doktoringenieur“ von der Ruhr-Universität Bochum.



Dr. Torsten Geißler: Lehrveranstaltungen Mobility Innovations and Digitalization sowie Ökonomie der Künstlichen Intelligenz an der Zeppelin Universität (Friedrichshafen).



Andre Seeck: Lehraufträge an der Dresden International University (DIU) und an der TU Graz im Bereich Fahrzeugsicherheit.



Ralph Holst: Lehrauftrag an der Bauhaus-Universität Weimar zum Thema „Bauwerksprüfung und -management“.



Dr. Patrick Seiniger: Lehrauftrag an der TU Darmstadt im Fachgebiet Fahrzeugtechnik zum Thema Motorräder.



Elisabeth Shi: Lehrauftrag an der Rheinischen Fachhochschule Köln in den Fächern Psychologie und Wirtschaftspsychologie zu den Themen Statistik und Methodenlehre.



Dr. Marko Wieland (bis Dezember 2020 in der BAST): Lehrbeauftragter an der Universität Stuttgart, Vorlesungen im Rahmen der „Betontechnologischen Ausbildung“ an der Bayerischen Bauakademie Feuchtwangen, im ABZ Mellendorf und dem BFW Bau Sachsen in Dresden.



André Wiggerich: Lehrauftrag an der Rheinischen Fachhochschule Köln im Fach Psychologie zum Thema Methodenlehre.



Prof. Dr. Ulf Zander: Honorarprofessur an der Universität Siegen im Masterstudiengang Bauingenieurwesen.

# Organisation der BASt

