

# Jahresbericht 2019

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**



**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 2019

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Allgemeines Heft A 41

**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 Öffentlichkeitsarbeit.

**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:** Dezember 2019

**Bildnachweis:**

Bundesanstalt für Straßenwesen und wie ausgewiesen,  
Umschlag: 2. Bild von oben gmtib, Bild unten Guido Rosemann (BASt)  
Autorenbilder: BILDKRAFTWERK / Jürgen Schulzki

**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 978-3-95606-464-7

Bergisch Gladbach, März 2020



# Vorwort

Gute Verkehrspolitik braucht solide, wissenschaftsbasierte Entscheidungsgrundlagen. Erkenntnisse über Anwendung und Wirkung moderner Technologien, über veränderte Mobilität und Verkehrssicherheit, über Umwelt, Energie und Klimaschutz sind unverzichtbar für ein auf Vorsorge und Sicherheit gerichtetes staatliches Gemeinwesen. Die BAST erfüllt mit ihrer Forschung eine wichtige Brückenfunktion zwischen Politik auf der einen und der Wissenschaft auf der anderen Seite.

Um für verkehrspolitische und fachliche Fragestellungen wissenschaftlich gesicherte Entscheidungshilfen zur Verfügung stellen zu können, haben im zurückliegenden Forschungsjahr etwa 200 BAST-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler rund 300 Projekte abgeschlossen. Ein Drittel dieser Projekte wurde an Hochschulen und andere wissenschaftliche Institutionen vergeben und fachlich mit einem zum Teilerheblichen Aufwand betreut, zwei Drittel wurden in Eigenforschung durchgeführt. Hier reicht die Bandbreite von der Beantwortung kurzfristiger Anfragen aus dem parlamentarischen Raum bis zum Abschluss mehrjähriger Projekte unserer Ressortforschungsarbeit.


Mit dem vorliegenden Jahresbericht möchten wir Ihnen eine Auswahl von 32 Projekten aus unserer abteilungsübergreifenden Forschungstätigkeit näher bringen – und natürlich die Menschen, die daran beteiligt waren.

Die Forschung der BAST greift jährlich gesellschaftliche, technologische und wirtschaftliche Fra-

gestellungen wichtiger Herausforderungen auf. Ein Dauerbrenner: junge Fahrerinnen und Fahrer. Seit Jahren sind die Getötetenzahlen rückläufig. Bei den jungen Erwachsenen im Alter von 18 bis 24 Jahren wurde mit etwa 350 Getöteten im Jahr 2019 sogar der niedrigste jemals erzielte Wert für diese Altersgruppe erreicht. Dennoch sind wir davon überzeugt, dass es gelingen muss, auch diesen Erfolg zu übertreffen. Wir wollen das Unfallrisiko junger Fahrer weiter senken und gehen dazu auch unkonventionelle Wege. Welche das sind, stellen wir Ihnen im Jahresbericht vor.

Maschinen gelten als die besseren Autofahrer. Unsere Verkehrssicherheitsarbeit umfasst auch diesen Aspekt. Darüber hinaus finden Sie im Bericht eine vielfältige Auswahl unserer aktuellen Forschungsarbeit: vom Lkw-Parken über Radschnellwege bis hin zur Digitalisierung im Brücken- und Straßenbau.

In sämtlichen Bereichen des Straßenwesens sind wir als Bundesanstalt – gemeinsam mit dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, im Schulterschluss mit der Autobahn GmbH des Bundes und dem Fernstraßenbundesamt – gut aufgestellt, um den Herausforderungen der Zukunft optimistisch und motiviert entgegenzutreten.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre.   
Stefan Strick, Präsident der BAST



# Inhalt

<b>Schlaglichter 2019</b> .....	<b>6</b>
<b>Straßenbau</b> .....	<b>8</b>
Inbetriebnahme MESAS .....	10
Klimawirkungsanalyse für das Bundesfernstraßennetz .....	12
Referenzstrecken auf dem duraBASt .....	14
duraBASt – aktuelle Untersuchungen .....	16
HESTER – Straßenerhaltung mit System .....	18
Zeitraffende Belastungsversuche .....	20
Handgeführtes WLP Messgerät .....	21
Erste Erfahrungen mit bundesweiten Ringversuchen .....	22
<b>Brücken- und Ingenieurbau</b> .....	<b>24</b>
Bauwerksprüfung und digitale Technologien zur Schadensdetektion und -auswertung .....	26
Digitalisierung von Bestandsbauwerken im Brückenbau .....	28
Dauerhaftigkeitsbemessung im Brückenbau .....	29
Stahlbrücken: Temperaturbelastung infolge des Einbaus von Gussasphalt .....	30
Gabionen im Belastungstest .....	32
<b>Verkehrstechnik</b> .....	<b>34</b>
Infrastrukturbedarf automatisierten Fahrens auf Autobahnen .....	36
Radschnellverbindungen: Werkzeuge für die Praxis .....	38
Innovativer Lärmschutz .....	40
Lkw-Parken entlang der Bundesautobahnen .....	42
Lichtimmissionen .....	43
Beseitigung von Ölspuren auf Verkehrsflächen .....	44
BaustellenCheck .....	45
Digitale Anprallversuche – Anprallsimulation .....	46

<b>Fahrzeugtechnik</b> .....	<b>48</b>
Bewertung von Sicherheit der Mensch-Maschine-Interaktion .....	50
Level-3-Automation im Realverkehr .....	52
Gesetzliche Anforderungen an Notbremsassistentensysteme für Pkw .....	54
Datenaustausch im Straßenverkehr .....	56
20 Jahre GIDAS.....	58
<b>Verkehrssicherheit</b> .....	<b>60</b>
Virtual Reality in der Verkehrssicherheitsarbeit .....	62
Fahrradsimulator der BAST .....	64
Evaluation der Fahreignungsseminare .....	65
Onlineportal <a href="http://www.hilfefinder.de">www.hilfefinder.de</a> .....	66
Influencer in der Verkehrssicherheitskommunikation .....	68
Senken des Unfallrisikos junger Fahranfänger .....	70
<b>BAST Zahlen und Fakten 2019</b> .....	<b>72</b>
<b>Lehraufträge/Promotionen/Ernennungen</b> .....	<b>74</b>
<b>Auszeichnungen</b> .....	<b>76</b>
<b>Organisation der BAST</b> .....	<b>77</b>

# Schlaglichter 2019

## Tag der Verkehrssicherheit bei der BAST



Der 15. Juni 2019 war bundesweit der Tag der Verkehrssicherheit. Aufgerufen vom Deutschen Verkehrssicherheitsrat e. V. (DVR) fand er in diesem Jahr zum 15. Mal statt. Die BAST öffnete ihre Türen und präsentierte rund 2.000 Besucherinnen und Besuchern gemeinsam mit 16 Partnern ein unterhaltsames und informatives Programm.

50 Aktions- und Informationsstände luden Jung und Alt zum Mitmachen und Ausprobieren ein: Experimente im Labor, Simulatoren, Elektrokleinstfahrzeuge, virtuelle Realitäten, Brücken zum Aufbauen und begeh-

bare Tunnel. Es wurde demonstriert, wie der digitalisierte Verkehr, das automatisierte Fahren oder Assistenzsysteme künftig den Verkehr verändern werden.

Dazu gab es jede Menge praktische Infos rund um den Führerschein, die Beschilderung von Straßen, zum Radfahren und zur Ersten Hilfe, Einblicke in die Versuchshallen der BAST mit Tests von Fahrbahnmarkierungen und zur Sichtbarkeit im Dunkeln. Aktuelle Forschungsergebnisse, Prüfungen im Straßen- und Brückenbau, innovative Messsysteme und Fahrzeuge rundeten das Programm ab.

Was im Falle eines Unfalls passiert, konnten die Gäste im Überschlagssimulator gefahrlos ausprobieren und hautnah bei 2 Fahrzeugcrashes miterleben. Dabei kamen natürlich Dummies zum Einsatz. Diese zeigte die BAST auch in einer einzigartigen Ausstellung. Aktuelle und historische Modelle wurden präsentiert – der älteste aus dem Jahr 1970.

Auch das neue Internetportal zu psychischen Unfallfolgen ging an diesem Tag online. Verkehrsunfallopfer, deren Angehörige, Zeugen und Helfer finden hier umfassende Informationen (siehe Seite 66).

## Tag der offenen Tür in Berlin

Beim Tag der offenen Tür der Bundesregierung im Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) in Berlin präsentierte die BAST im August eine kleine Auswahl ihrer vielfältigen Themen.

Über 7.000 Bürgerinnen und Bürger informierten sich hier über aktuelle Herausforderungen und Innovationen der Verkehrsbranche und über die Zukunft der Mobilität in Deutschland.





## 26. Weltstraßenkongress 2019 in Abu Dhabi

Über 6.000 Teilnehmer aus 144 Nationen kamen zum 26. World Road Congress (WRC) nach Abu Dhabi in den Vereinigten Arabischen Emiraten. Der Weltstraßenverband PIARC bot den Besuchern vom 6. bis 10. Oktober ein umfangreiches Programm: 48 Sitzungen an 5 Kongresstagen, 15 Workshops, 6 Poster Sessions und 42 Technical Visits sowie die große Fachausstellung mit 26 National Pavilions und 151 Ausstellern. Die BAST vertrat Deutschland auf einem Gemeinschaftsstand mit dem BMVI und der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. (FGSV). An der Eröffnungs- und Ministersitzung nahmen Verkehrsmini-



nister sowie ihre Stellvertreter aus mehr als 40 Ländern teil. Deutschland – als aktives Mitgliedsland von PIARC – war mit einer 50-köpfigen Delegation vertreten. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der BAST

hatten sich erfolgreich am Call for Papers des WRC beteiligt und präsentierten ihre Themen in unterschiedlichen Technical und Poster Sessions. Darüber hinaus standen sie dem Fachpublikum Rede und Antwort.

## BAST-Wettbewerb Autobahn-Kunst



„Das Rad“ von Lukas Süß ist der Siegerentwurf des prämierten Wettbewerbs Autobahn-Kunst der BAST an der Hochschule Niederrhein. Lukas Süß, Lauritz Paul Löder und Timo Elmpt-Habel erhielten am 13. Februar 2019 die Auszeichnungen für ihre Entwürfe im Rahmen des 3. Forschungskolloquiums Betonstraßenbau in der Universität Stuttgart.

Eine der ältesten Autobahnen in Deutschland aus dem Jahr 1937 – die A11 von Berlin Richtung Stettin – wurde im Frühjahr dieses Jahres ausgebaut und erneuert. In der BAST

entstand die Idee, Teile davon zu erhalten und in Form eines Denkmals auszustellen. Das Projekt wurde an der Hochschule Niederrhein am Fachbereich Design unter der Fe-

derführung von Prof. Thomas Klegin ausgeschrieben. Es ist geplant, „Das Rad“ öffentlich zugänglich auf dem Gelände vor dem Gebäude der BAST in Bergisch Gladbach zu errichten.



Bei einer Jurysitzung am 21. Januar 2019 in der BAST wurden die Entwürfe beurteilt; von links: Lauritz Paul Löder, BAST-Präsident Stefan Strick, Lukas Süß, Prof. Thomas Klegin und Timo Elmpt-Habel







# Straßenbau

Inbetriebnahme MESAS

Klimawirkungsanalyse für das Bundesfernstraßennetz

Referenzstrecken auf dem duraBAST

duraBAST – aktuelle Untersuchungen

HESTER – Straßenerhaltung mit System

Zeitraffende Belastungsversuche

Handgeführtes WLP Messgerät

Erste Erfahrungen mit bundesweiten Ringversuchen





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

Das Straßennetz ist von hoher volkswirtschaftlicher Bedeutung, da über die Straßen sowohl Großteile des Waren- als auch des Personentransports abgewickelt werden. Daten zum Zustand des Straßennetzes, die wiederum zur optimierten und ressourcenschonenden Planung von Erhaltungsmaßnahmen dienen, haben somit einen hohen Wert. Bislang wurden insbesondere Daten zum Oberflächenzustand netzweit erfasst, bewertet und für die Erhaltungsplanung eingesetzt. In den letzten Jahren wurden allerdings auch Techniken weiterentwickelt, die es ermöglichen, schnellfahrend – mit bis zu 80 Kilometer pro Stunde – Daten zum inneren Zustand von Straßenbefestigungen zu erfassen. Aufgabe der BAST ist es, diese Techniken objektiv zu bewerten und gegebenenfalls Strategien zur Einbindung in die reguläre Erhaltungsplanung auf Netzebene aufzustellen.

## Technologien

Zu den Technologien der Substanz-erfassung, also zur Beschreibung des Zustandes unterhalb der Stra-

ßenoberfläche, gehören vor allem die Georadar-Technologie sowie Tragfähigkeitsmessungen mittels Lasteintragung. Für letztere stehen seit Jahrzehnten eine Reihe von Messsystemen zur Verfügung, die allerdings ausschließlich stationär oder langsam fahrend Daten sammeln können. Für den Einsatz auf Netzebene, insbesondere im Bundesfernstraßennetz, eignen sich diese Messsysteme aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und Verkehrsflussbeschränkung nur sehr bedingt und sie werden daher in Deutschland kaum eingesetzt. Mit der Entwicklung des schnellfahrenden Tragfähigkeitsmessgerätes Traffic-Speed-Deflectometer (TSD) ist die netzweite Erfassung der Tragfähigkeit nun möglich. Die BAST hat die Entwicklung des TSD begleitet. So wurden unter anderem Vergleichsmessungen, aber auch Sensitivitätsuntersuchungen mit dem Prototypen und den ersten Serienmodellen durchgeführt. Ergebnisse und Empfehlungen aus diesen Projekten wurden vom dänischen Hersteller aufgenommen und sind in den Bau des BAST-eigenen TSD geflossen. Das TSD der BAST wurde im Jahr 2017

produziert und Anfang 2018 ausgeliefert. Es trägt die Seriennummer 14.

## Das MESAS-Fahrzeug

Die Beschreibung des Straßenzustands – im Hinblick auf die Abschätzung der wirtschaftlichen und technischen Nutzungsdauer – kann nicht mit nur einer Messgröße beschrieben werden. Ähnlich wie in der Humanmedizin sind auch hier mehrere Kenngrößen zur Erstellung von Diagnosen und Prognosen unumgänglich. Es stellt sich zunächst die Frage, welche Kennwerte oder Messgrößen überhaupt zukünftig bei der Einbindung des inneren Zustandes in die Erhaltungsplanung notwendig sind. Diese verschiedenen Kenn- und Messgrößen werden zum Teil mit ganz unterschiedlichen Messsystemen und daher möglicherweise zu unterschiedlichen (Jahres-)Zeiten und mit abweichender Lokalisierungsgenauigkeit ermittelt. Für eine einheitliche Bewertung aller Kenngrößen müssen diese Einflüsse ausgeschlossen werden. Daher wurde das TSD der BAST als „Multifunktionales Erfassungssystem zur Substanzbewertung und zum Aufbau von Straßen“ (MESAS) konfiguriert. In bislang weltweit einzigartiger Kombination wurden das Tragfähigkeitsmessgerät, ein Georadarsystem, Oberflächenscanner und -laser zur Ebenheits- und Bilderfassung, Frontkameras sowie Positionierungssysteme zusammengeführt.

Betrieben wird MESAS im Messbetrieb mit 2 Personen – neben dem Fahrer gibt es den Operator, der alle Messsysteme steuert sowie ergänzende Umfelddaten dokumentiert.



Von links: Dr. Dirk Jansen, Dr. Claudia Podolski und Mehdi Kalantari



Die Messdaten werden anschließend von technischem Personal aufbereitet und organisiert sowie von wissenschaftlichem Personal verarbeitet und bewertet. Nicht nur aufgrund der hohen Daten- und Informationsdichte stellte MESAS für alle Beteiligten und die informationstechnische Struktur eine Herausforderung dar, der sich im Zuge der Inbetriebnahme erfolgreich gestellt wurde.

## Das MESAS-Projekt

MESAS bezeichnet nicht nur das Messsystem, sondern ist auch der Oberbegriff für ein umfangreiches wissenschaftliches Projekt, dessen Ziel darin liegt, den inneren, strukturellen Zustand von Straßenbefestigungen für das Erhaltungsmanagement nutzbar zu machen.

Hierzu ist es zunächst notwendig, eine geeignete Datenbasis zu schaffen, insbesondere weil Daten zum strukturellen Zustand nicht im erforderlichen Umfang vorhanden sind. Nach der initialen Inbetriebnahme – die neben einer umfangreichen Einweisung für den Operator und der Aufstellung von Prozessen auch die Überprüfung der Stabilität und Wiederholbarkeit der Messverfahren umfasste – konnten bereits im Jahr 2019 für mehr als 11.000 Messkilometer, vornehmlich im Autobahnnetz, Messwerte eingefahren werden.

Parallel zur Erfassung wurden mit dieser bislang einzigartigen Datenbasis erste Auswertungs- und Bewertungsversuche durchgeführt, die unter anderem auch die weiteren Bearbeitungsstrategien beeinflussen. Eine wesentliche Rolle spielten dabei Geoinformationssysteme (GIS), die mittels Visualisierung und Kategorisierung zeigen konnten, dass die Abschnittsbildung und Identifizierung von sogenannten „Hot-Spots“ im Straßennetz



Messfahrzeug MESAS und Operator-Bedienplatz in der Fahrerkabine

mit MESAS möglich ist. Für belastbare Bewertungen sind die Daten miteinander zu verschneiden sowie weitere Datenquellen – zum Beispiel Materialkennwerte, Aufbaudaten und Verkehrsbelastungsdaten – zwingend zu berücksichtigen. Dies wurde entsprechend in den Projektplanungen der Folgejahre berücksichtigt.

Des Weiteren wurden gesondert Messungen durchgeführt, die grundlegende Fragestellungen zum Asphalttemperatur- und Geschwindigkeitseinfluss auf die Messergebnisse klären sollen, um daraus Normierungsmethoden abzuleiten. So wurde die „Königsforst-Runde“ – eine Messstrecke um den Kölner Königsforst unweit der BAST, die Autobahn-, Landesstraßen-, Bundesstraßen- und Innerortsstraßenabschnitte einschließt – über das Jahr hinweg auch in extremen Temperaturbereichen wiederholt befahren. Auf der Ovalbahn eines Automobiltestcenters erfolgten Testmessungen bei verschiedenen Geschwindigkeiten zwischen 20 und 90 Kilometer pro Stunde. Diese Datenbasis wird im Weiteren sowohl zur Qualitätssicherung als auch zur Ableitung von Temperaturnormierungsfunktionen genutzt.

## Internationale und thematische Vernetzung

Die Fragestellungen rund um MESAS und die Bewertung des strukturellen Zustandes von Straßenbefestigungen auf Netzebene sind weltweit von Interesse. Die BAST ist daher Mitglied in zahlreichen Gremien und Arbeitsgruppen. So werden zum Beispiel kooperativ mit dem Danish Road Directorate Methoden zur Substanzbewertung ausgewertet. Grundlage hierfür sind unter anderem die Analyse und Weiterentwicklung vorhandener Prognosefunktionen, welche die Tragfähigkeitskennwerte in Relation zum Dehnungsniveau an der Unterseite des Asphaltpaketes setzen, um weiteren Handlungsbedarf zu identifizieren und zu prognostizieren.

MESAS sammelt Daten auf Big-Data-Niveau. Spätestens bei notwendiger Involvement weiterer Kenndaten ist die Anwendung moderner Big-Data-Methoden sinnvoll, um wertbringende Aussagen – also Smart Data – zu generieren. Hierzu hat die BAST auf europäischer Ebene federführend das Projekt BD-Pave aufgestellt und die Bearbeitung begonnen. ■

# Klimawirkungsanalyse für das Bundesfernstraßennetz

Dr. Martin Klose, Geograph, Anne-Farina Lohrengel, Geowissenschaftlerin und Lennart Meine, Geograph, Referat „Anpassung an den Klimawandel“

Die Klimawirkungsanalyse für die Bundesverkehrswege ist ein essenzieller Schwerpunkt der Forschungsarbeiten und des Anwenderdialogs im Themenfeld 1 des BMVI-Expertennetzwerks Wissen – Können – Handeln [1]. Der Fachpraxis kann sie als ein wertvolles Instrument für die Ermittlung und Priorisierung des Anpassungsbedarfs der Verkehrsinfrastruktur an den Klimawandel dienen.

## Hintergrund

Der Klimawandel ist eine Herausforderung für die Planung und das Management der Bundesverkehrswege. Klimatische Einflüsse und Naturereignisse wie Hochwasser können zu Einschränkungen der Verfügbarkeit von Streckenabschnitten führen und ungeplante Bau- oder Erhaltungsmaßnahmen erfordern. Neben Mehraufwänden für Eigentümer, Betreiber und Nutzer von Verkehrsinfrastrukturen können aus diesen Ereignissen auch volkswirtschaftliche Kosten resultieren.

Ein wesentliches Ziel sollte es sein, die Verfügbarkeit der Verkehrsinfra-

struktur auch unter dem Einfluss des Klimawandels und extremer Wetterereignisse zu gewährleisten. Die Klimawirkungsanalyse stellt hierfür wichtige Informationen bereit. Anhand verschiedener Teilanalysen werden potenzielle Auswirkungen des Klimawandels für die nahe Zukunft (2031 bis 2060) und die ferne Zukunft (2071 bis 2100) abgeschätzt.

Die Klimawirkungsanalyse wird für die Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasserstraße auf Basis eines einheitlichen methodischen Rahmens durchgeführt.

## Methodischer Rahmen

Die Klimawirkungsanalyse umfasst mit der Expositionsanalyse, der Sensitivitätsanalyse und der Kritikalitätsanalyse 3 wesentliche Untersuchungsschritte. Ziel der Expositionsanalyse ist es, Streckenabschnitte zu identifizieren, entlang derer Klima- oder Naturereignisse derzeit und zukünftig auftreten können. Bei der Sensitivitätsanalyse gilt es hingegen, solche Streckenabschnitte zu identifizieren, die aufgrund ihrer baulichen



Eigenschaften anfällig gegenüber potenziellen Einwirkungen sind. Zusätzlich dazu findet eine Bewertung der Kritikalität statt. Unter dem Begriff der Kritikalität wird vor allem die verkehrliche Bedeutung von Streckenabschnitten verstanden. In der Kritikalitätsanalyse geht es darum, die verkehrlichen Wirkungen von potenziellen Einschränkungen der Verfügbarkeit anhand von Indikatoren wie dem durchschnittlichen werktäglichen Verkehr (DTVw) abzuschätzen.

## Beispiel Hochwasser

Für die Expositionsanalyse wurde ein räumlicher Verschnitt des Bundesfernstraßennetzes mit den Hochwassergefahrenkarten der Bundesländer vorgenommen. In der Karte ist exemplarisch das Ergebnis der Identifikation potenzieller Überflutungsbereiche von Fluss- und Küstenhochwasser dargestellt. Die in der Karte rot gekennzeichneten potenziellen Überflutungsbereiche beziehen sich auf ein mittleres Hochwasserszenario, das sich statistisch circa alle 100 Jahre ereignet (HQ100). Bei einem solchen mittleren Hochwasser- und Sturmflutszenario sind bundesweit etwa 2 Prozent des Bundesfernstraßennetzes (rund 1.100 Kilometer) betroffen. Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten im Themenfeld 1 zeigen darüber hinaus, dass ein aktuell 100-jähriges Hochwasser am Rhein bei Unterstellung des Emissionsszenarios „Weiterwie-bisher“ (Klimamodellensemble RCP8.5; mit einem Klima-antrieb von



Von links: Dr. Martin Klose, Anne-Farina Lohrengel und Lennart Meine

8,5 W/m<sup>2</sup> in 2100 laut 5. IPCC-Sachstandsbericht) zukünftig alle 20 bis 50 Jahre auftreten könnte.

## Stresstests Mittelrhein

Ein Spezialfall der Klimawirkungsanalyse sind die Stresstests Mittelrhein [2], in denen die verkehrlichen Wirkungen und Kosten von Streckensperrungen und Verkehrseinschränkungen für konstruierte Extremszenarien analysiert wurden. Eines der betrachteten Szenarien bezog sich auf ein hypothetisches Extremhochwasser im Jahr 2030, für das eine außergewöhnlich lange Ereignisdauer von 21 Tagen und eine damit verbundene Sperrung der Rheinschifffahrt, der Bundesstraße 9 und der Schienenstrecke 2630 angenommen wurden. Die einzelnen Stresstests erfolgten auf Basis von Datengrundlagen und der Betrachtungszeiträume der Bundesverkehrswegeplanung. Insgesamt wurden für das beispielhafte Hochwasserszenario 2030 zusätzliche Transportkosten in mittlerer zweistelliger Millionenhöhe ermittelt. Volkswirtschaftliche Kosten wurden im Rahmen der Stresstests Mittelrhein nicht berücksichtigt.

## Fazit

Die Deutsche Anpassungsstrategie (DAS) setzt den politischen Rahmen für die Klimaanpassung in Deutschland. „Langfristiges Ziel der Deutschen Anpassungsstrategie ist die Verminderung der Verletzlichkeit beziehungsweise der Erhalt und die Steigerung der Anpassungsfähigkeit natürlicher, gesellschaftlicher und ökonomischer Systeme an die unvermeidbaren Auswirkungen des globalen Klimawandels.“ [3]

Die Klimawirkungsanalyse für die Bundesverkehrswege wurde in Anlehnung an die sektorenübergrei-

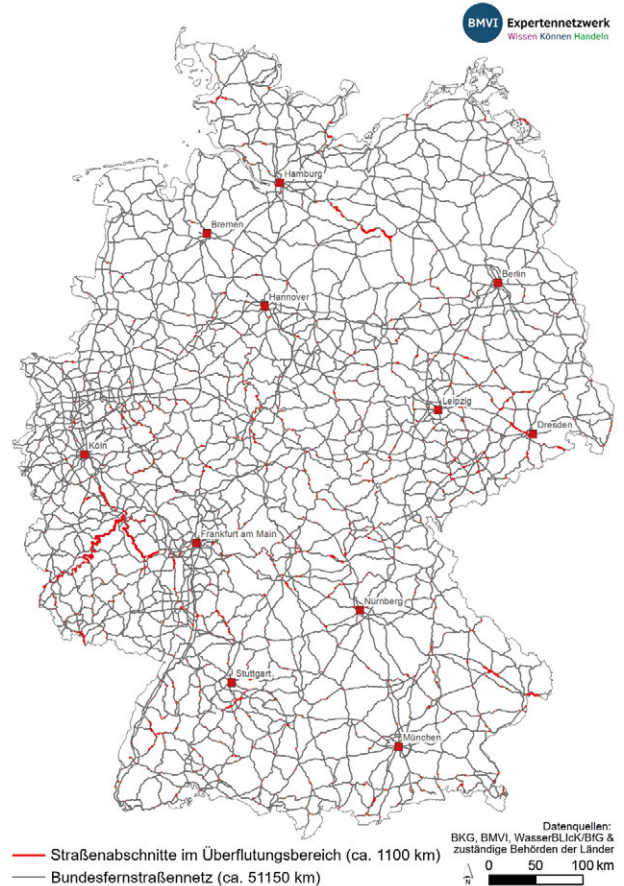
fende Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalyse im Kontext der DAS entwickelt. Sie schafft Grundlagen für die Sicherstellung der Verfügbarkeit des Verkehrssystems. Die Klimawirkungsanalyse liefert konkret:

- Erkenntnisse über die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf die Bundesverkehrswege.
- Informations- und Planungsgrundlagen im Rahmen der Anpassung an den Klimawandel.
- Beiträge zur Ermittlung und Priorisierung des Anpassungsbedarfs an den Klimawandel.

Die Entwicklung der Klimawirkungsanalyse zielt auf die Unterstützung der Fachpraxis ab. Der Wissenstransfer in die Praxis soll unter anderem auf dem Weg der Regelwerkserstellung erfolgen. Regelwerke sind ein wichtiges Instrument zur Realisierung der Anpassung an den Klimawandel, da durch sie Erkenntnisse über zukünftige klimatische Einflüsse in Erhaltungsstrategien und Planungsvorhaben einfließen können. ■

## Literatur

[1] BMVI-Expertennetzwerk (2019): Themenfeld 1 – Verkehr und Infrastruktur an Klimawandel und extreme Wetterereignisse anpassen. Endbericht zu den Forschungsergebnissen der Förderphase 2016 bis 2019 (in Begutachtung)



Abschnitte des Bundesfernstraßennetzes, die im Bereich der potenziellen Überflutungsflächen (rot hervorgehoben) eines „mittleren“ Hochwassers (HQ100) liegen (Quelle: Endbericht 2019 des Themenfeldes 1 im BMVI-Expertennetzwerk)

[2] KOTZAGIORGIS, S., ROTHSTEIN, B., SCHOLTEN, A.: Einflüsse von Wetter- und Klimaextremen auf überregionale Verkehrsströme – Stresstestszenario Mittelrhein, Schlussbericht zum Forschungsprojekt 69.0001 im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, 2019, unveröffentlicht

[3] Bundesregierung: Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS), 2008





# Referenzstrecken auf dem duraBASt

Winfried Glattki, Elektroingenieur, Christian Gottaut, Bauingenieur und Andreas Wolf, Bauingenieur und Tropentechnologe, stellvertretender Referatsleiter „Oberflächeneigenschaften, Bewertung und Erhaltung von Straßen“

Deutschland besitzt mit rund 13.000 Kilometern Bundesautobahnen und etwa 38.000 Kilometern Bundesstraßen eines der dichtesten Straßeninfrastrukturnetze in Europa. Aufgabe des Baulastträgers ist es, durch ein einheitlich gutes Qualitätsniveau den Straßennutzern eine leistungsfähige und sichere Straßeninfrastruktur zur Verfügung zu stellen. Die Erhaltung der Bundesfernstraßen ist somit eine vordringliche Gegenwarts- und Zukunftsaufgabe.

Um den Anforderungen an die Straßeninfrastruktur hinsichtlich Verkehrssicherheit und Leistungsfähigkeit weiterhin langfristig gerecht zu werden, müssen Fahrbahnoberflächen griffig, eben, leise und dauerhaft sein. Hier kommt der Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) eine wesentliche Rolle zu. In deren Rahmen wird bereits seit 1991 auf deutschen Bundesfernstraßen der Fahrbahnzustand (Ebenheit im Längs- und Querprofil, Griffigkeit und Substanzmerkmale (Oberfläche)) in einem regelmäßigen 4-Jahres-Turnus systematisch mit schnellfahrenden Messfahrzeugen

im fließenden Verkehr erfasst und anschließend bewertet. Die Ergebnisse der ZEB liefern eine wesentliche Grundlage für die bundesweite Erhaltungsplanung.

## Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung von in der ZEB eingesetzten Messfahrzeugen erfolgt unter anderem auf verschiedenen Referenzstrecken des Demonstrations-, Untersuchungs- und Referenzareals der BASt (duraBASt). Neben einer Längsebenheitsstrecke befindet sich auf dem Areal eine Wankstrecke für die Querebenheit, eine Strecke mit Substanzmerkmalen wie Risse und Flickstellen, eine Griffigkeitsstrecke sowie eine Texturstrecke. Die Strecken setzen mit Oberflächen, die unterschiedliche, definierte und dauerhafte Merkmale aufweisen, neue Maßstäbe bei der Zulassung dieser Messfahrzeuge durch die BASt und tragen somit zur Verbesserung der Erfassung von Straßenschäden im Rahmen der ZEB bei. Die Strecken sind nicht in das öffentliche Straßennetz eingebunden und unterliegen

damit keinen kontinuierlichen Veränderungen, die insbesondere durch die Verkehrsbelastung hervorgerufen werden.

Die Referenzstrecken dienen darüber hinaus der Weiterentwicklung von Messsystemen für die Straßenzustandserfassung, der wissenschaftlichen Erforschung neuer Parameter zur Beschreibung des Straßenoberflächenzustands sowie der Fortschreibung entsprechender Regelwerke.

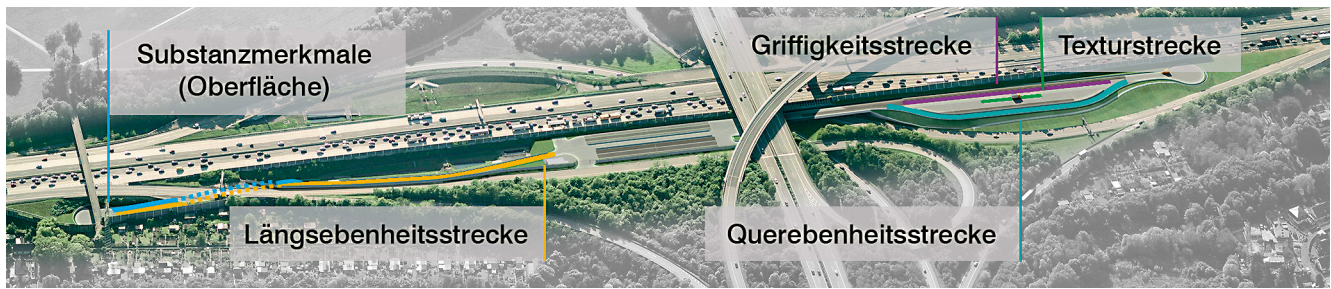
## Zeitlich befristete Betriebszulassung

Die Längs- und Querebenheit einer Fahrbahnoberfläche sind wichtige Qualitätsmerkmale für den Fahrkomfort sowie die Fahrsicherheit und haben einen großen Einfluss auf den Straßen- und Fahrzeugverschleiß. Die Einbindung der Referenzstrecken in den Zulassungsprozess der Zeitlich befristeten Betriebszulassung (ZbBz) für Messsysteme zur Erfassung der Längs- und Querebenheit ist ein wichtiger Qualitätsbaustein im ZEB-Prozess.



Von links: Andreas Wolf, Winfried Glattki und Christian Gottaut

Gemäß den „Technischen Prüfvorschriften für Ebenheitsmessungen auf Fahrbahnoberflächen in Längs- und Querrichtung, Teil: Berührungslose Messungen, Ausgabe 2009“, müssen Messsysteme, die im Rahmen der ZEB Längs- und Querebenheitsmessungen ausführen, über eine ZbBz der BASt verfügen. Durch die jährlich zu wiederholende Betriebszulassung wird sichergestellt, dass zugelassene Messsysteme die in Deutschland geltenden Anforderungen erfüllen



Referenzstrecken auf dem duraBAST

und geeignet sind, Messungen mit den geforderten Genauigkeiten durchzuführen. Die ZbBz ist somit ein wichtiger Bestandteil der Qualitätssicherung der Straßenzustandserfassung mit schnellfahrenden Messsystemen. Die Prüfung der Messsysteme ist aufgeteilt in einen statischen und einen dynamischen Teil. Während die statische Prüfung in der BAST stattfindet, werden für den dynamischen Teil die Referenzstrecken auf dem duraBAST genutzt.

### Längsebenheitsstrecke

Im südlichen Teil des duraBAST befindet sich die Referenzstrecke, auf der Messsysteme zur Längsebenheitserfassung dynamisch geprüft werden können. Die etwa 220 Meter lange Strecke weist ein aufgeprägtes, definiertes Unebenheitsprofil auf, das dem einer schlechten Straße in situ entspricht. Zudem sind ein stark variierendes Längsgefälle, leichte Kurvenradien und mehrere horizontale Plateaus in die



Messfahrzeug MEFA der BAST bei einem Einsatz auf der Referenzstrecke für Längsebenheit des duraBAST

Strecke integriert. Durch die über die Fahrbahnbreite gleichförmig aufgeprägten Unebenheiten kann unabhängig von der Fahrlinie immer die gleiche Fahrbahngeometrie zur Prüfung der Messsysteme herangezogen werden.

### Querebenheitsstrecke

Die circa 210 Meter lange Referenzstrecke zur dynamischen Prüfung von Querebenheitsmesssystemen liegt im nördlichen Teil des Areals. Sie weist starke Querneigungs- und Radienwechsel auf, sodass die profilgerechte Erfassung ihrer Oberfläche mit entsprechenden Messsystemen unter dynamischen Messbedingungen – zum Beispiel Wankbewegungen des Messfahrzeugs – geprüft werden kann. Um die Querebenheit isoliert betrachten zu können, weist die Strecke kein Längsgefälle auf.

Mit den hier vorliegenden, speziellen Fahrbahngeometrien können komplexe Prüfzenarien bis hin zur Definition von neuen Kennwerten für eine umfassendere Beschreibung der Fahrbahnunebenheiten (3-dimensionale Betrachtung der Ebenheit) umgesetzt werden.

Die Implementierung der beiden Referenzareale in die Ablaufprozesse der ZbBz und der Eigenüberwachung der BAST-eigenen Referenzmesssysteme begann bereits Mitte 2018. Nachdem die umfangreichen

Untersuchungen zur Implementierung abgeschlossen waren, startete Anfang März 2019 der Wirkbetrieb für Messfahrten im Rahmen der ZbBz. Inzwischen wurden auf den beiden Referenzstrecken mehr als 100 Messfahrten mit allen in den ZEB eingesetzten Messfahrzeugen durchgeführt.

### Forschung

Im Rahmen der Forschung zur berührungslosen Erfassung der Griffigkeit von Fahrbahnen und Fahrbahnmarkierungen wurden Anfang September 2019 umfangreiche Griffigkeits- und Texturmessungen auf den entsprechenden Referenzstrecken durchgeführt. In einem weiteren Forschungsvorhaben werden unter anderem neue Erfassungstechnologien hinsichtlich ihrer Eignung und Vergleichbarkeit zu den in der ZEB eingesetzten Ebenheitsmesssystemen untersucht. Hierzu wurde im November 2019 ein Messprogramm mit verschiedenen neuartigen Messsystemen auf den Referenzstrecken für Längs- und Querebenheit realisiert. Zudem wird an der Fortschreibung von Qualitätsstandards zur Zulassung von Ebenheitsmesssystemen für ZEB- und Abnahmemessungen geforscht. ■



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

# duraBAST – aktuelle Untersuchungen

Stefan Höller, Bauingenieur, Referat „Internationale Forschungsaufgaben im Straßenbau“, Oliver Ripke, Bauingenieur, stellvertretender Referatsleiter „Asphaltbauweisen“, Mehdi Kalantari, Bauingenieur und Bastian Wacker, Bauingenieur, stellvertretender Referatsleiter „Dimensionierung und Straßenaufbau“



Von links: Bastian Wacker, Stefan Höller, Oliver Ripke und Mehdi Kalantari

Die Straßeninfrastruktur sieht sich bereits heute mit einer Reihe von zukünftigen Herausforderungen konfrontiert: Der technologische und energetische Wandel, die Auswirkungen des prognostizierten Klimawandels, der demografische Wandel und eine alternde Infrastruktur werden die Randbedingungen für Mobilität deutlicher und schneller verändern als dies in den vergangenen Jahrzehnten der Fall war. Innovationszyklen von rund 20 Jahren werden dem nicht mehr gerecht werden.

Um den Prozess der technologischen Fortentwicklung zu beschleunigen, betreibt die BAST seit Ende 2017 das Demonstrations-, Untersuchungs- und Referenzareal duraBAST im Autobahnkreuz Köln-Ost. Dort werden auf den Demonstrations- und Untersuchungsflächen Innovationen im Straßenbau praxisnah ausgeführt, untersucht und bewertet. Durch die Nutzung zeittraffender Belastungsversuche (APT, siehe Seite 20) können die Innovationszyklen deutlich verkürzt und Neuentwicklungen schneller in die Baupraxis eingeführt werden.

Zusammen mit Universitäten und Hochschulen, der Bau- und Baumaschinenindustrie, Ingenieurbüros und Straßenbauverwaltungen wurden bisher folgende Projekte realisiert: SEDa – Stromerzeugung aus der Straße, Bohrkernverschluss, HEALROAD – selbstheilende Straße, HESTER (siehe Seite 18) – Betonfertigteile für die Straßenerhaltung und den Neubau, OBAS – Prozessoptimierung im Straßenbau sowie Offener Asphalt und Beton. Die rechtlichen Rahmenbedingungen der Projekte sind dabei sehr unterschiedlich. Sie reichen von vollständig BAST-initiiert, über Förderprogramme des BMVI, des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), der Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen (FGSV) und der Europäischen Union bis hin zu teilweise oder vollständig industrieeinitiierten Untersuchungen.

Aktuell stehen unter anderem die Themenfelder Erhaltung, Recycling und alternative Bindemittel im Fokus der Betrachtung. Hier werden die

Forschungsprojekte Inno-Pave, Entspannter Hybrid und Kaltrecycling bearbeitet.

## Inno-Pave

Die heutige Fertigung von Asphaltstraßen unterliegt beträchtlichen Umgebungseinflüssen, die große Qualitätsschwankungen verursachen können. Diese beeinflussen maßgeblich die Nutzungsdauer sowie die Gebrauchseigenschaften der Straße. Im Projekt „Grundlegende Erforschung polymerer Werkstoffe sowie innovativer Herstellungs- und Einbautechnologien für Straßendeckschichtsysteme (Inno-Pave)“ wurde eine unter konstanten Bedingungen herstellbare, mehrschichtige Straßendeckschicht unter Verwendung polymerbasierter und textiler Werkstoffe realisiert.

Inno-Pave wurde im Rahmen der Förderinitiative „HighTechMatBau“ durch das BMBF gefördert. Öffentliche und industrielle Forschungseinrichtungen sowie Unternehmen arbeiteten gemeinsam an dem grundlegenden Forschungsansatz, polymerbasierte Werkstoffe in Verbindung mit textilen Bewehrungsstrukturen in einem mehrschichtigen Aufbau zu verwenden. Eine obere Texturschicht reduziert die Schallentstehung, während die darunter befindliche Absorptionsschicht zusätzlich Lärmemissionen mindert. Angestrebt wurde eine dauerhafte lärmreduzierende Wirkung mit einer gegenüber herkömmlichen lärmreduzierenden Straßendeckschichten deutlich verlängerten bautechnischen Lebensdauer. Durch den großflächigen Einbau auf dem



duraBAST konnte ein Eindruck über die Vielseitigkeit der im Rahmen dieses Forschungsprojektes entwickelten Einbaumethodik erlangt sowie Erfahrungen im Umgang mit für den Straßenbau ungewohnten Baustoffen gesammelt werden.

## Entspannter Hybrid

Im Rahmen von Erhaltungsmaßnahmen bei alten Betonfahrbahnen kann es wirtschaftlich und sinnvoll sein, die vorhandene Befestigung in die neue Dimensionierung zu integrieren und mit Asphalt zu überbauen. Im Rahmen eines Kooperationsprojektes der TPA GmbH und der BAST wurde eine künstlich vorgeschädigte Betonfahrbahn eingebaut und nach etwa 2 Monaten mit einem Impaktor entspannt. Im weiteren Verlauf erfolgte die Überbauung mit einer Asphalttragschicht und einer Asphaltdeckschicht.

Neben dem BAST-APT-Programm kommen eine Reihe von Sensoren zur Beschleunigungsmessung aber auch weitere Messsysteme zur Griffigkeits- und Texturmessung zum Einsatz. Ziel ist die Bereitstellung von Orientierungswerten für die rechnerische Dimensionierung in Fällen, bei denen eine alte Betonfahrbahn ressourcenschonend, wirtschaftlich und energieeinsparend als Tragschicht bei Erhaltungsmaßnahmen im Hocheinbau dienen soll.

## Kaltrecycling

Aufgrund von verstärkten Erhaltungsmaßnahmen gibt es derzeit einen Überschuss an Ausbausphal aus Deck- und Binderschichten, da die schichtgleiche Verwendung durch Regelwerke reglementiert ist. Verschiedene Kaltrecyclingmethoden werden als erfolgversprechend angesehen. Dabei besteht

die Möglichkeit, bis zu 100 Prozent an Ausbausphal zu verwenden.

Eine Kaltrecyclingmethode basiert auf der Verwendung von Schaumbitumen. Innerhalb einer Expansionskammer kann durch Einspritzung geringer Mengen Wassers in heißes Bitumen eine Art Schaum produziert werden. Dieser Schaum bleibt für wenige Sekunden stabil, kann sich innerhalb dieser Zeit mit dem Asphaltgranulat vermischen und ermöglicht eine gute Verdichtung des Materials bei geringen Temperaturen. Im Allgemeinen werden kleine Mengen Zement als 2. Bindemittel zugegeben, um die Steifigkeit zu erhöhen und die Feuchtigkeit zu binden. Das daraus resultierende Material kann nach der Verdichtung und einer kurzen Liegezeit als Tragschicht eingesetzt werden.

Im Jahr 2019 wurde ein Kooperationsprojekt der Wirtgen GmbH und der BAST gestartet, um Erfahrungswerte für eine Kaltrecyclingschicht mit Schaumbitumen und Zement zu erhalten. Basierend auf den Ergebnissen von Laboruntersuchungen wurde eine Rezeptur für ein repräsentatives Asphaltgranulat (2,2 Prozent Schaumbitumen und ein Prozent Zement) ermittelt und auf dem duraBAST eingebaut. Für das Jahr 2020 sind die zeitraffenden Belastungsversuche und weitere Untersuchungen vorgesehen.

## Ausblick

In den kommenden Jahren sind die Forschungsprojekte „Polyurethan gebundene Deckschichten“, „Induktives dynamisches Laden“, „Optimierung des Texturgründings“ und „Hochpolymer modifizierter Asphalt“ auf dem duraBAST geplant. Es liegt eine Reihe von Anfragen zu Projekten im Demonstrations- und



Herstellung des Inno-Pave-Belags



Entspannter Hybrid: Impaktor im Einsatz



Ablauf Einbau Kaltrecyclingschicht auf dem duraBAST

Untersuchungsteil des Areals und zur Nutzung der Referenzstrecken vor. Eine große Anzahl Besucher aus dem In- und Ausland informiert sich regelmäßig über Neuentwicklungen und trägt damit zur Verbreitung der Informationen und der Akzeptanz von Innovationen bei. ■



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



## Hybrides Ertüchtigungssystem für die Straßenerhaltung unter Einsatz neuartiger Werkstoffe

Hochbelastete Verkehrsflächen aus Beton sowohl für Bundesfernstraßen als auch für das nachgeordnete Straßennetz – zum Beispiel Kreuzungen oder Busspuren im urbanen Bereich – werden in Deutschland derzeit ausschließlich monolithisch und in situ hergestellt. Dies führt zwangsläufig zu längeren Sperrzeiten bei Sanierungs- und Erhaltungsmaßnahmen. Gerade bei der Sanierung solcher Streckenabschnitte und Knotenpunkte ist es jedoch erforderlich, qualitativ hochwertige und dauerhafte Straßenkonstruktionen in kurzer Zeit zu realisieren. Dies ist beispielsweise durch den Einsatz modularer Betonfertigteilensysteme zu erreichen, deren Einbau weitestgehend witterungsunabhängig erfolgen kann.

In dem Ende 2018 abgeschlossenen und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Forschungsrahmenprogramm „Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft – WING“ geförderten Verbundvorhaben „HESTER“ wurde mit 6 Verbundpartnern aus Forschung und Straßenbaupraxis ein hybrides Fertigteilensystem entwickelt, dessen praktische Erprobung im kommunalen Straßennetz an Bushaltestellen und Bushaltbereichen mehrfach erfolgreich umgesetzt wurde. Neben der Einbau- und Verlegetechnologie inklusive Höhenjustierung konnten dabei alle erforderlichen Bauabläufe wie Baustelleneinrichtung und -sicherung, Fertigteiltransport sowie die zeitliche Taktung und das Ausführen nachfolgender Arbeiten erprobt und kontinuierlich verbessert werden.

### Entwicklung des modularen Fertigteilensystems

Die Erarbeitung theoretischer Grundlagen für Dimensionierung und Konstruktion gingen den Werk- und Baustoffuntersuchungen voraus, um systematisch die Anforderungen an die innovativen Stoffe beschreiben und im System umsetzen zu können. Um eine qualitativ hochwertige Ausführung zu gewährleisten, wurde zudem ein halbautomatisches Planungs- und Dimensionierungssystem erarbeitet. Dabei kamen moderne Finite-Elemente-Modelle mit 3D-Volumenelementen zum Einsatz, mit denen Spannungs- und Verformungszustände einzeln und im Gesamtsystem ermittelt werden können.

Parallel zu Prüfungen am Frisch- und Festbeton erfolgten Untersuchungen insbesondere im Hinblick auf die Fertigteilkopplung sowie auf die höhen- und lagegerechte Ausrichtung der Fertigteile. Als Bettung diente ein für das Projekt weiterentwickeltes Silikatharz, das auch die Funktion des Verfüllmaterials in den Dübelkammern beziehungsweise im präferierten Kopplungssystem Nut/Nut die der Querkraftübertragung übernimmt. In bisherigen Projekten erfolgte eine Ausrichtung der Platten stets durch Traversen, die auf die angrenzende Fahrbahnkonstruktion aufgelegt wurden. Im Zuge des Forschungsvorhabens wurde das Höhenjustiersystem „HESTER-Kombi®“ erarbeitet, das es erstmals ermöglicht, die Platten unabhängig von der Bestandsfahrbahn auszurichten. Zudem verfügen die Elemente über ein Gewinde zur Aufnahme von Transportankern und dienen gleichermaßen dem Unterfüllen mit Silikatharz.

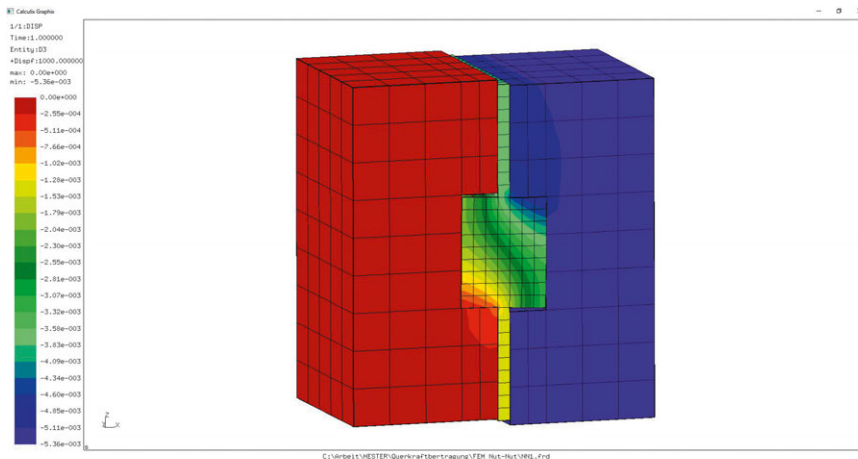
### Erprobung in situ

Basierend auf den theoretischen Untersuchungen und den Versuchen im Labor führte die BAST mit ihren Partnern im Juli 2017 einen Großversuch auf dem duraBAST durch. Darauf aufbauend erfolgte mit Unterstützung des Berliner Straßen- und Grünflächenamtes Marzahn-Hellersdorf die Errichtung von 2 Demonstratoren in situ unter realen Bedingungen. Es wurde zunächst eine zu sanierende Bushaltestelle mit dem entwickelten System instandgesetzt,



Demonstrator im Bereich einer Bushaltestelle





3D FE-Modell des konstruktiven Details „Kopplungsvariante Nut/Nut“

wobei ein in der Fläche liegender Schacht bei der Planung der Fertigteile berücksichtigt werden musste.

Innerhalb eines Tages wurden insgesamt 13 Fertigteile eingebaut, in Lage und Höhe ausgerichtet, mit Silikatharz unterfüllt und der Fugenschluss hergestellt.

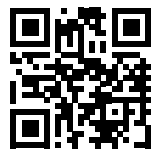
Der Bau eines 2. Demonstrators innerhalb eines Bushaltesbereiches erfolgte daraufhin im Juni 2018 ebenfalls in Berlin. Aufgrund der angestrebten Verbesserung akustischer Eigenschaften wurden die Fertigteile hier mit gebogener Fugenföhrung und einer Waschbetonoberfläche hergestellt.

Über das Projektende hinaus führte die BASt bis dato ein Monitoring der Demonstratoren durch. Dabei fanden an beiden Demonstratoren sowie an 3 weiteren mit Fertigteilen des HESTER Projektes instandgesetzten Bushaltesbereichen CPX-Messungen zur Feststellung des Reifen-Fahrbahngeräusches und Tragfähigkeitsmessungen mittels Falling Weight Deflectometer statt. Darüber hinaus wurden am ersten Demonstrator Deformationsanalysen mittels stationärem und mobilem Laserscan vorgenommen.

### Fazit

Auf Basis der Ergebnisse lassen sich nach den ersten Beobachtungszeiträumen beider Demonstratoren (bis zu 600 Tage) keine Auffälligkeiten detektieren, die auf einen vorzeitigen Ausfall eines einzelnen Plattenelementes oder des Gesamtsystems hindeuten. Auch die konstruktiv bedingten Fugen weisen hinsichtlich der Fugenvbewegung (horizontal/vertikal) sowie im Hinblick der verwendeten Fugenfüllsysteme keine Besonderheiten auf.

Weiterhin kann festgehalten werden, dass das System „Plattenkette“ in seiner Leistungsfähigkeit (Tragfähigkeit, Wirksamkeitsindex) auf die Heterogenität der Unterlage hinsichtlich Tragfähigkeit und Ebenheit beziehungsweise Rauheit reagiert. Dies bedeutet, dass künftig bei der Herstellung der Unterlage auf derartige Kriterien und deren Homogenität zu achten ist. Zusammenfassend steht nach Projektabschluss ein modulares Betonfertigteilsystem für eine schnelle, qualitativ hochwertige und weitestgehend witterungsunabhängige Durchführung von Instandsetzungsmaßnahmen in Betonverkehrsflächen zur Verfügung. Eine abschließende Bewertung der Dauerhaftigkeit kann erst im Rahmen eines weiterführenden Monitorings der Demonstratoren erfolgen. ■



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



Fertigteil mit Aussparung im Bereich eines Schachtbauwerkes nach Verlegung und Höhenjustierung

# Zeitraffende Belastungsversuche

Bastian Wacker, Bauingenieur, stellvertretender Referatsleiter und Dr. Dirk Jansen, Bauingenieur, Referatsleiter „Dimensionierung und Straßenaufbau“



Zeitraffende Belastungsversuche (APT) ermöglichen auf dem Demonstrations-, Untersuchungs- und Referenzareal duraBAST schnellere Ergebnisse im Vergleich zu einer Langzeitbeobachtung im öffentlichen Straßenraum.

## Prinzip

Die zeitraffenden Belastungsversuche simulieren eine hohe Überrollungszahl an realistischen Lkw-Radüberrollungen. Hierzu wird bei der BAST der Mobile Load Simulator MLS30 eingesetzt. Dieser belastet die Untersuchungsstrecke mit 4 Belastungsrädern und einer Radlast von 5 Tonnen maximal 6.000 Mal pro Stunde. Die Reaktion der Straßenbefestigung darauf wird mithilfe von verschiedenen Messsystemen und eingebauten Sensoren sowie mittels abschließender Materialuntersuchungen erfasst.

## Belastungsversuche

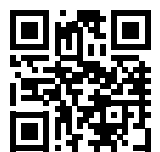
Im Jahr 2019 erfolgte die abschließende Auswertung der Belastungsversuche aus dem Jahr 2018 für

ein Forschungsprojekt zum fachgerechten Verschließen von Bohrkernentnahmestellen. Insgesamt wurden 1,6 Millionen Überrollungen aufgebracht und umfangreiche Messungen durchgeführt. Durch die Versuche konnten verschiedene Varianten zum Verschluss von Bohrlöchern als Ergänzung der vorangegangenen Laboruntersuchungen gegenübergestellt werden. Eine erste Handlungsanweisung hierzu liegt im Entwurf vor. Das Projekt hat insbesondere gezeigt, wie bautechnische Fragestellungen in verschiedenen skalierten Versuchen innerhalb von Forschungsprojekten bearbeitet werden können.

Parallel zum APT-Betrieb auf vorhandenen Konstruktionen – Projekte Betonfertigteile und Inno-Pave – wurde ein neues Projekt im Rahmen einer Kooperation mit der TPA GmbH vorbereitet: entspannter Hybrid. In 2 Bauphasen wurde eine Betonfahrbahn eingebaut, vorgeschädigt und nach etwa 2 Monaten mit einem Impaktor entspannt, anschließend mit einer Asphalttragschicht und einer Asphaltdeckschicht überbaut.

Zwischen Juli und November 2019 fanden dort Belastungen mit dem MLS30 statt.

Dank der Unterstützung vieler Beteiligten sowie einer stetigen Prozessoptimierung konnten im Jahr 2018, der ersten duraBAST-Saison, an 75 Prozent der verfügbaren Arbeitstage über 7 Millionen Belastungen mit dem MLS30 aufgebracht werden (160 Belastungstage). Der Auslastungsgrad aus dem Vorjahr wurde in 2019 aufgrund der Vielzahl von Baumaßnahmen nicht ganz erreicht, dennoch erfolgten rund 6 Millionen Überrollungen. Neben Anpassungen bei der Sensorinstallation und Messwertanalyse sollen in Zukunft Vorkehrungen zur weitergehenden Automatisierung des MLS30 die Effizienz der Einrichtung erhöhen. ■



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



Einbau Betonfahrbahn auf dem duraBAST (links) – rechts der Mobile Load Simulator MLS30



# Handgeführtes WLP Messgerät

Andreas Buslaps, Elektroingenieur, Winfried Glattki, Elektroingenieur und Christian Gottaut, Bauingenieur, Referat „Oberflächeneigenschaften, Bewertung und Erhaltung von Straßen“



Von links: Andreas Buslaps, Christian Gottaut und Winfried Glattki

In Deutschland wird im Straßenbau die Ebenheit bauvertraglich mit berührend messenden Werkzeugen wie der 4-Meter-Richtlatte oder dem Planografen bewertet. Dabei werden im Wesentlichen nur Unebenheiten bis zu einer Wellenlänge von maximal 4 Metern erfasst. Das relevante Anregungsspektrum einer Straße für den Menschen, das Ladegut und die Fahrbahn liegt jedoch zwischen 0,2 bis 50 Metern, sodass die oben genannten Messsysteme die Ebenheit einer Straße nicht immer vollumfänglich beschreiben können. Als Folge weisen mitunter schon neu gebaute Straßen Unebenheiten auf, die vom Nutzer als störend empfunden werden. Notwendig ist daher die Ebenheitserfassung in einem erweiterten Wellenlängenbereich, wie sie das Verfahren WLP (Weighted Longitudinal Profile) ermöglicht.

Nach dem Prinzip einer Mehrfachabtastung mittels mehrerer Lasersensoren, die an einem starren Balken aufgehängt sind, kann die Ebenheit einer Straße als Endlosprofil aufgenommen werden. Unebenheiten mit Wellenlängen bis 50 Meter können so im Längsprofil abgebildet werden.

Schnellfahrende Messsysteme, die dies leisten können, werden in der ZEB (Zustandserfassung und -bewertung) bereits seit Jahren erfolgreich eingesetzt. Für eine Eigenüberwachung im Bauprozess bedarf es jedoch einfach zu bedienender und handgeführter Systeme. International wird bereits eine recht große Anzahl an handgeführten Messverfahren eingesetzt, die auch längere Wellenlängen und periodische Unebenheiten messen. Sie weisen unterschiedliche Funktionsprinzipien auf, arbeiten aber größtenteils mit Neigungssensorik. Dessen Funktionsweise unterscheidet sich vom Prinzip der Mehrfachabtastung und bietet deshalb eine eingeschränkte

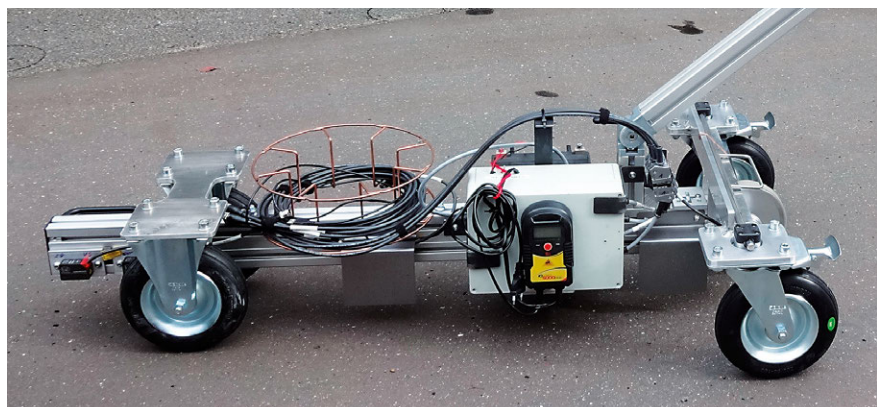
Vergleichbarkeit zu schnellfahrenden Messsystemen.

Aufgrund dieser Überlegungen startete die BAST Ende 2018 die Eigenentwicklung eines handgeführten Messsystems zur Bestimmung des WLP mittels der Mehrfachabtastung. Neben der schnellen Realisierbarkeit eines Versuchsaufbaus zur mobilen handgeführten Ebenheitsmessung waren auch möglichst niedrige Realisierungskosten anzustreben.

## Prototyp

Kernstück des entwickelten Prototypen sind 4 an einem starren Balken angeordnete Lasersensoren. Anders als bei den bislang eingesetzten schnellfahrenden Systemen wurde die Messbasis aber deutlich verkürzt, um Mobilität zu gewinnen.

Die erste Erprobungsphase fand auf dem duraBAST statt. Hier konnten sehr gut reproduzierbare Messungen auf realen Fahrbahnoberflächen erzielt werden, die eine hohe Übereinstimmung zu den Messergebnissen von herkömmlichen schnellfahrenden Systemen zeigen. ■



Prototyp handgeführtes Messgerät

# Erste Erfahrungen mit bundesweiten Ringversuchen

Franz Bommert, Bauingenieur, Referat „Asphaltbauweisen“, Ute Marx, Bauingenieurin, Referat „Erdbau, Mineralstoffe“ und Wolfgang Roßbach, Bauingenieur, Referat „Betonbauweisen“



Beim Neubau, Ausbau und auch bei der Instandsetzung von Straßen werden große Mengen von Baustoffen und Baustoffgemischen verarbeitet. Durch bauvertragliche Prüfungen soll gewährleistet werden, dass diese Baustoffe dem technischen Regelwerk entsprechen und die daraus hergestellten Straßen sicher und dauerhaft sind. Mit diesen bauvertraglichen Prüfungen im Bereich des Straßenbaus werden vorzugsweise nach den „Richtlinien für die Anerkennung von Prüfstellen für Baustoffe und Baustoffgemische im Straßenbau“ (RAP Stra) anerkannte Prüfstellen beauftragt. Die Anerkennung nach den RAP Stra wird differenziert nach Fachgebieten und Prüfungsarten ausgesprochen.

## Anerkannte Prüfstellen nach RAP Stra

Eine nach RAP Stra anerkannte Prüfstelle zeichnet sich durch fachliche Kompetenz, Unabhängigkeit, Zuverlässigkeit, Sorgfalt und Neutralität aus. Die Prüfstelle muss

zudem kurzfristig verfügbar sein. Im Rahmen des Anerkennungsverfahrens werden diese Voraussetzungen überprüft. Eine anerkannte Prüfstelle hat die Pflicht, das Personal hinsichtlich neuer Entwicklungen im Bereich der anerkannten Fachgebiete fortzubilden und die technische Ausstattung zu warten, zu erneuern und zu ergänzen. Mit dem Verfahren der Anerkennung und den fortwährenden Pflichten der anerkannten Prüfstelle soll sichergestellt werden, dass mit den Ergebnissen der bauvertraglichen Prüfungen eine zweifelsfreie Beurteilung der Bauleistung erfolgt. Die derzeit gültige Ausgabe der RAP Stra (Ausgabe 2015) ist die 4. grundlegend überarbeitete Ausgabe der Richtlinien. Eine wesentliche Änderung zu den vorherigen Ausgaben ist, dass eine von einer anerkennenden Landesbehörde ausgesprochene Anerkennung bundesweit gültig ist. Um die Qualität der Prüfleistungen in allen Bundesländern auf hohem Niveau zu halten und zu verbessern, ist die Durchführung bundesweiter Ringversuche zur Überprüfung der Arbeitsweise der Prüfstellen vereinbart worden. Die Teilnahme an Ring-

versuchen ist für nach RAP Stra anerkannte Prüfstellen verpflichtend.

## Durchführung der Ringversuche

Die Aufgabe der Durchführung der bundesweiten Ringversuche nach einheitlichen Qualitätskriterien ist der BASt im Jahr 2017 übertragen worden. Für die bundesweiten Ringversuche gilt der Grundsatz, dass jede anerkannte RAP Stra-Prüfstelle einmal im Zeitraum von 5 Jahren in jedem Fachgebiet, für das sie anerkannt ist, an einem Ringversuch teilnehmen muss. Die Ringversuche werden fachgebietsweise von allen Teilnehmern im gleichen Zeitraum durchgeführt.

Die BASt hat 2018 mit der Organisation der Ringversuche begonnen und plant, den ersten Durchgang aller zu prüfenden Fachgebiete bis Mitte 2020 abzuschließen. Zunächst waren die organisatorischen Voraussetzungen für die Durchführung der Ringversuche zu schaffen. Dazu wurden unter anderem die Prozesse beschrieben und dokumentiert, allgemeine Durchführungsbestimmungen formuliert, die Kosten ermittelt und Unterlagen zur Begründung des Vertragsverhältnisses zwischen den Prüfstellen und der BASt erstellt. Die allgemeinen Durchführungsbestimmungen stellen sicher, dass allen beteiligten Prüfstellen die gleichen Informationen zur Aufgabenstellung und zur Vorgehensweise vorliegen. Die Unterlagen stehen auf der Internetseite der BASt zur Verfügung.

Je nach Fachgebiet wurden 40 bis 160 RAP Stra-Prüfstellen von den



Von links: Franz Bommert, Ute Marx und Wolfgang Roßbach





anererkennenden Landesbehörden für die Teilnahme gemeldet. Über einen bevorstehenden Ringversuch werden die Prüfstellen etwa 4 Wochen vor dem Probenversand informiert. Zusammen mit der Vorankündigung werden die Durchführungsbestimmungen, ein vorbereitetes Ergebnisblatt und ein Fragebogen zum Ringversuch übermittelt. Der Fragebogen zielt darauf ab, die Routine und die Erfahrung der Prüfstellen mit den jeweils anzuwendenden Prüfverfahren sowie den Status der Prüfmittelüberwachung einschätzen zu können. Die Erstellung eines Prüfberichts zu den Prüfungen gehört ebenfalls zur Aufgabenstellung der Ringversuche.

Grundsätzlich ist besonderes Augenmerk darauf zu richten, dass alle Prüfstellen das gleiche Probenmaterial zur Verfügung gestellt bekommen, da sonst kein Vergleich der Arbeitsweise möglich ist. Während bei einigen Baustoffen eine ausreichende Homogenität der Zusammensetzung und der Eigenschaften durch den Produktionsprozess gegeben ist, müssen andere Baustoffe – zum Beispiel die Baustoffgemische für Schichten ohne Bindemittel – aus Gesteinskörnungen

gezielt zusammengesetzt werden. Für den Ringversuch an Fahrbahndecken aus Beton ist eigens eine Betonplatte hergestellt worden, um daraus die benötigten Bohrkern zu entnehmen.

### Erste Ergebnisse

Der erste Ringversuch wurde mit der Berichtslegung im Mai 2019 für das Fachgebiet F „Oberflächenbehandlungen, Dünne Asphaltdeckschichten in Kaltbauweise und in Heißbauweise auf Versiegelung“ abgeschlossen. Hier zeigte sich, dass trotz Vorankündigung des Ringversuchs und der Durchführungsbestimmungen nicht alle Prüfstellen in der Lage waren, die Aufgabenstellung vollständig zu bearbeiten. Nicht alle teilnehmenden Prüfstellen lieferten einen Prüfbericht zu den Prüfungen oder die Prüfberichte waren unvollständig.

Die Prüfergebnisse wurden mit dem „Z-Score“ bewertet. Rund 25 Prozent der Prüfstellen erzielten in mindestens einem der Prüfverfahren ein fragwürdiges, nicht zufriedenstellendes oder nicht berücksichtigbares Prüfergebnis. Weiterhin wurde offensichtlich, dass die Ergebnisse im Vergleich der Prüfstellen häufig

zu große Abweichungen aufweisen. Somit müssen bei rund der Hälfte aller Prüfstellen zumindest an einzelnen Stellen Verbesserungen im Arbeitsprozess vorgesehen werden. Ringversuche sind somit ein notwendiges Instrument, um die Qualität der Prüfleistung von RAP Straßprüfstellen zu bewerten. Der Bericht zu diesem Ringversuch wurde allen beteiligten Prüfstellen zugestellt. Es ist davon auszugehen, dass die Prüfstellen ihre Ergebnisse reflektieren und gegebenenfalls Maßnahmen ergreifen, um die Qualität ihrer Arbeitsweise zu verbessern.

Für die Ringversuche der übrigen Fachgebiete – ausgenommen Fachgebiet A „Böden einschließlich Bodenverbesserungen“ – liegen der BAST mittlerweile die Ergebnismeldungen vor. Die Auswertung und Berichtslegung zu den Ringversuchen soll im Frühjahr 2020 abgeschlossen werden.

Die Planungen für die nächste 5-Jahresperiode (2020 bis 2024) werden Anfang 2020 mit dem BMVI und den anererkennenden Landesbehörden abgestimmt. ■



# Brücken- und Ingenieurbau

Bauwerksprüfung und digitale Technologien zur Schadensdetektion und -auswertung

Digitalisierung von Bestandsbauwerken im Brückenbau

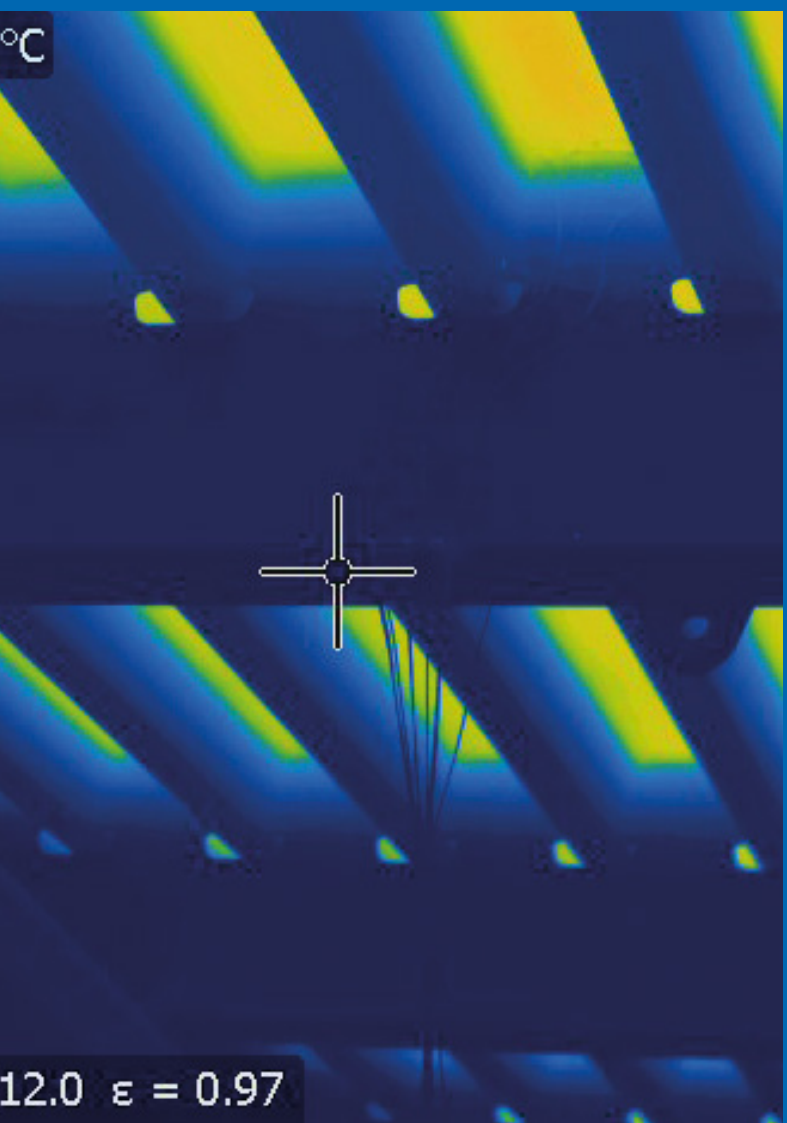
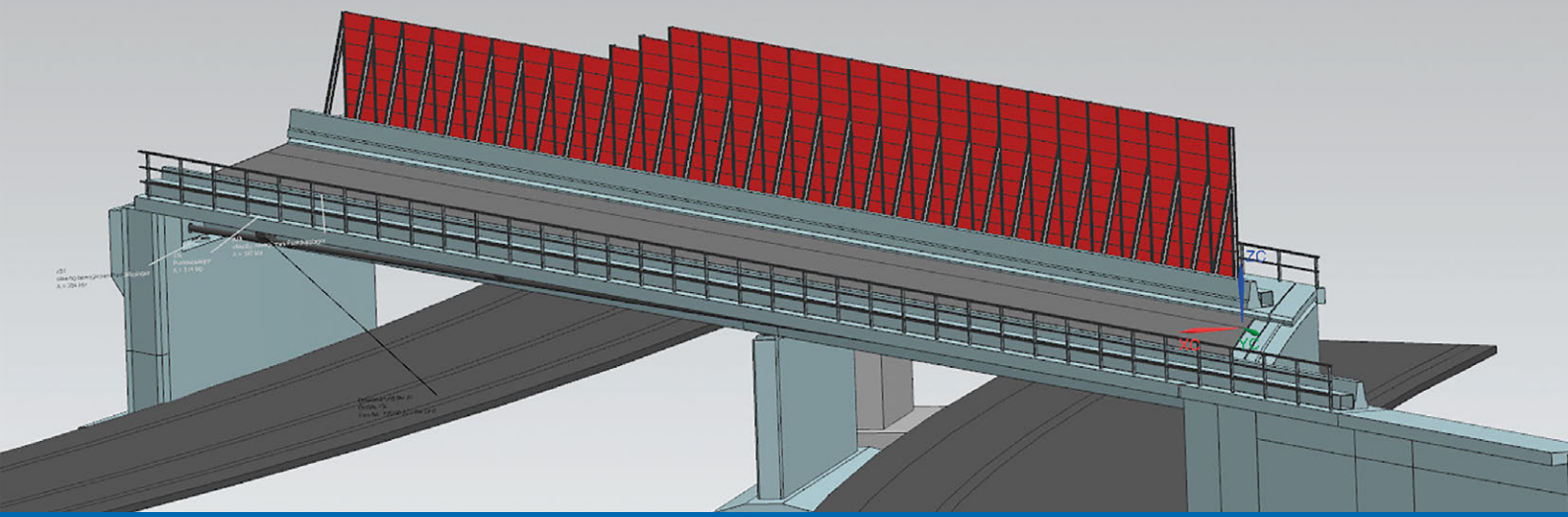
Dauerhaftigkeitsbemessung im Brückenbau

Stahlbrücken: Temperaturbelastung infolge des Einbaus von Gussasphalt

Gabionen im Belastungstest









# Bauwerksprüfung und digitale Technologien zur Schadensdetektion und -auswertung

Dr. Martin Friese, Bauingenieur und Ralph Holst, Bauingenieur, stellvertretender Referatsleiter „Grundsatzfragen der Bauwerkserhaltung“



Bauwerke der Verkehrsinfrastruktur müssen regelmäßig nach DIN 1076 handnah geprüft werden, damit diese standsicher, gebrauchstauglich und verkehrssicher sind – und um mögliche Schäden frühzeitig zu erkennen. Die Prüfungen können mit großem Aufwand für Personal und Geräten verbunden sein, zudem bestehen für das Prüfpersonal erhebliche Gefahren.

Ziel ist es daher, die Bauwerksprüfung künftig durch den Einsatz von UAS (unmanned aircraft systems) in Verbindung mit künstlicher Intelligenz/Mustererkennung effizienter zu gestalten und die handnahe Prüfung auf geschädigte/kritische Bereiche zu fokussieren. In einem Forschungsprojekt der BAST lag der Schwerpunkt auf der Bildauswertung zur Detektion typischer Schäden – zum Beispiel Risserkennung im Beton.

## Flugroutenplanung und Bilddatengenerierung

Es wurden Referenzbauwerke zur automatischen Bildanalyse ausgewählt, an denen die automatisierte Bilddatenerfassung zu erproben sowie vorhandene Risse zu detektieren waren. Mithilfe einer großen Anzahl von Fotos und ergänzenden terrestrischen Bildern wurden Bauwerke nahezu vollständig erfasst, daraus ein georeferenziertes 3D-Modell berechnet und für die Festlegung der optimalen Flugpfade eines UAS genutzt. Die Befliegungen wurden auf vorgeplanten Flugrouten automatisiert durchgeführt. Die Georeferenzierung erfolgte über natürliche, markante Passpunkte in der Umgebung des Bauwerks, die auf herkömmliche Weise mit einem GNSS-Receiver (globale Navigationssatellitensysteme) eingemessen wurden.

Die erfassten Bilddaten wurden vor der 3D-Rekonstruktion in einem Vorprozessierungsschritt einer geometrischen und radiometrischen Korrektur/Verbesserung unterzogen, sodass zum Beispiel alle Bilder über eine möglichst gleiche Belichtung verfügen.

## Automatische Bildanalyse und Lokalisierung von Schäden

Bei der Methodik der Mustererkennung sollen – mithilfe verschiedener Bilder – Veränderungen (beispielsweise Betonrisse) anhand charakteristischer Eigenschaften vom Algorithmus erkannt und somit der Kategorie Riss zugeordnet werden. Da Risse sehr unterschiedliche Ausprägungen haben können, wird eine große Anzahl von Bildern benötigt, um den Algorithmus zu trainieren. Dadurch verbessern sich die Ergebnisse und damit die Erkennungsquoten kontinuierlich. Wichtig ist, dass es davon unabhängige, neue Bilder gibt, um nach der Trainingsphase die Qualität der Aussagen in einer Testphase überprüfen zu können.

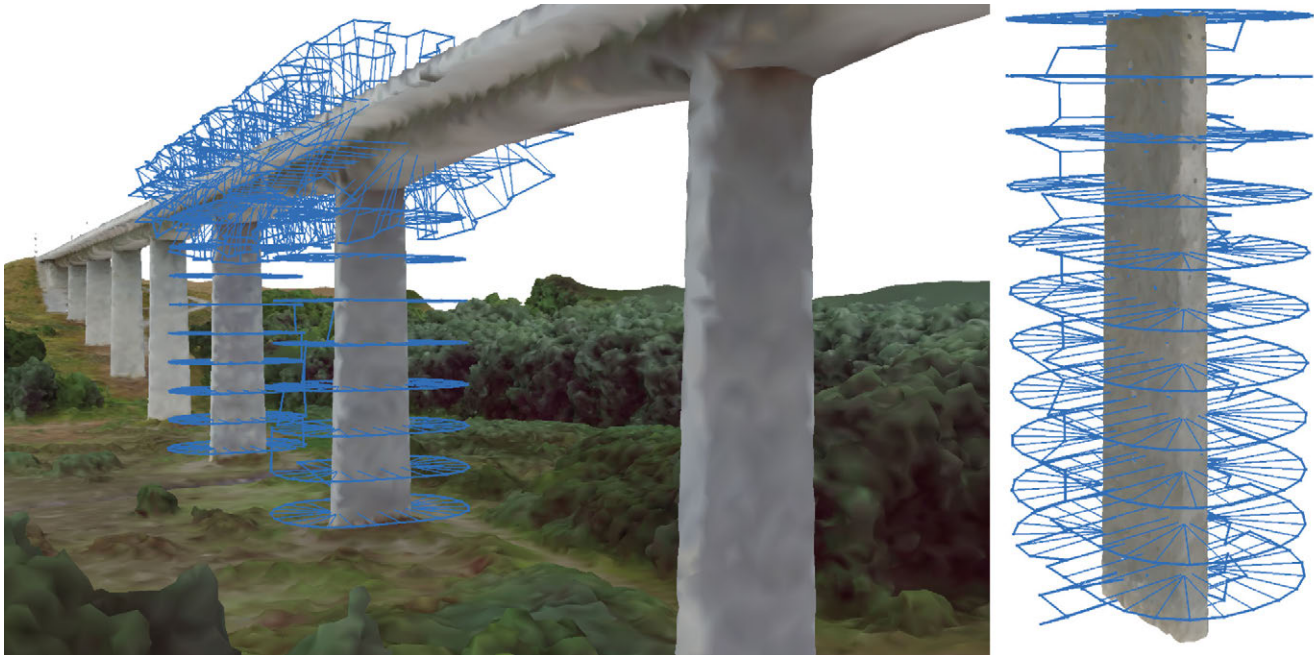
Es können unterschiedliche Arten neuronaler Netze für diese Aufgaben eingesetzt werden. Im Rahmen des Projekts sind unterschiedliche Methoden recherchiert und getestet worden.

Für die hier vorliegende Fragestellung haben sich künstliche neuronale Netze (KNN) in Form von CNN (Convolution Neural Net) als besonders geeignet erwiesen, um geig-



UAS an einem Brückenbauwerk (Bild: gmtib)





Georeferenziertes 3D-Modell mit automatisch generierter Flugroute (Bild: gmtib)

nete Merkmale zur Unterscheidung von Bildinhalten zu lernen. Durch die Verkettung mehrerer Ebenen von Faltungen können auch komplexe Merkmale gelernt werden, die sich aus mehreren einfacheren Merkmalen zusammensetzen.

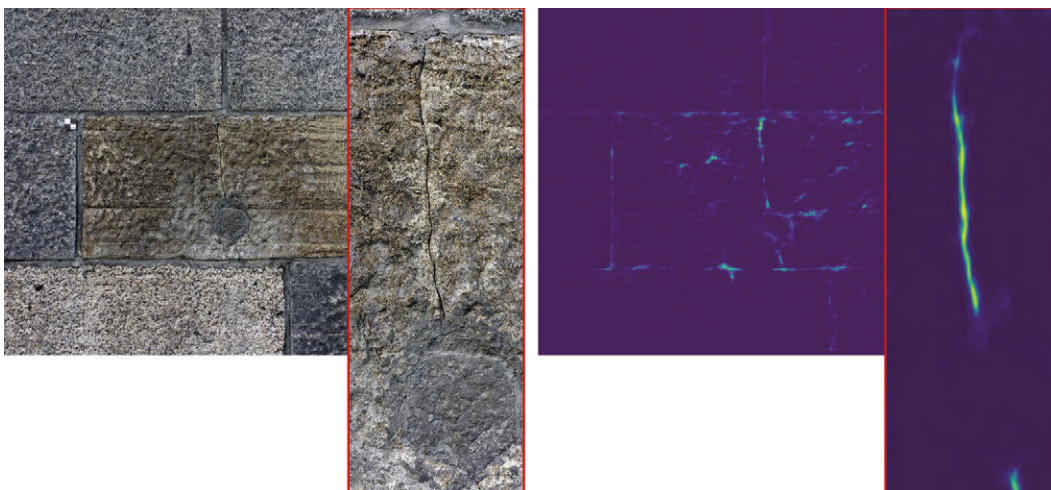
Neben der Erkennung von Schädigungen in den erzeugten Bilddaten ist ihre Lokalisierung am Bauwerk von besonderem Interesse. Dadurch können Schäden direkt in ihrem Kontext betrachtet, vor Ort leicht wiedergefunden und über mehrere Inspek-

tionen hinweg verfolgt werden. Die Veränderungen erlauben bessere Voraussagen über den Bauwerkszustand.

### Ausblick

Mit dem Projekt wurden wesentliche Grundlagen für eine zukünftige Unterstützung der Bauwerksprüfung geschaffen. Dennoch sind mit Blick auf die Entwicklung eines zuverlässigen bildbasierten Unterstützungssystems für die Bauwerksprüfung weitere intensive Forschungs- und

Entwicklungsarbeiten erforderlich. Mit Blick auf eine automatisierte und UAS-gestützte Erfassung der Bilddaten an Bauwerken sind weitere technologische Entwicklungsarbeiten erforderlich – 3D-Navigation, robuste Abstandskontrolle, Integration noch leistungsfähigerer Kamertechnik. Hierfür wäre die Erarbeitung eines Kataloges mit den technischen Anforderungen für UAS sinnvoll, die speziell für die Bauwerksprüfung eingesetzt werden sollen. ■



Ergebnis einer Risserkennung an einem Brückenbauwerk (Bild: gmtib)

# Digitalisierung von Bestandsbauwerken im Brückenbau

Jennifer Bednorz, Bauingenieurin, Referat „Stahlbau, Korrosionsschutz, Brückenausstattung“ und Dr. Iris Hindersmann, Geographin, Referat „Betonbau“

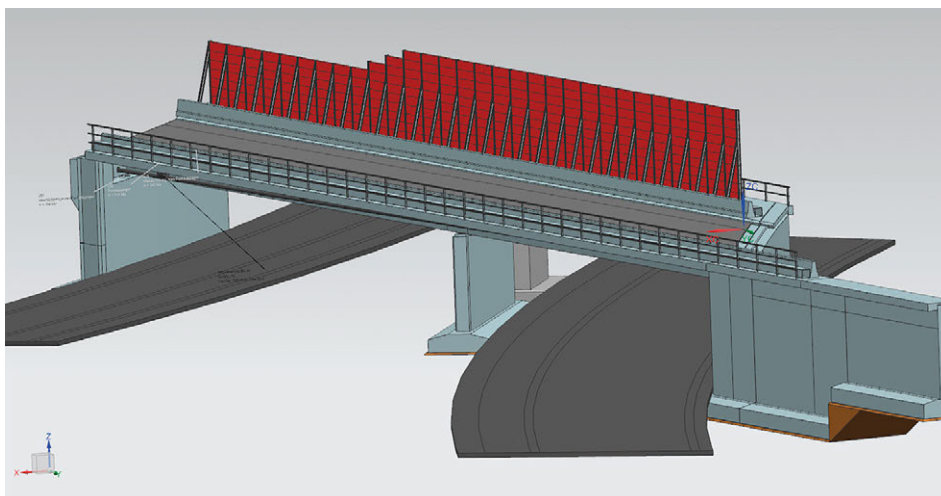


Mit der Einführung des Stufenplans Digitales Planen und Bauen durch das BMVI ist ab 2020 die ganzheitliche Anwendung von Building Information Modeling (BIM) für Projekte im Infrastrukturbereich vorgesehen. Ansätze und Strategien zum Einsatz von BIM in Betrieb und Erhaltung von Brückenbauwerken liegen nur begrenzt vor.

## Methodik

Es wurden Möglichkeiten zur Erstellung von BIM-fähigen As-Built-

Modellen für Bestandsbrücken untersucht, praktisch angewendet und Empfehlungen zur Nutzung dieser Modelle in der Betriebsphase gegeben. Die Bauwerksmodelle der duraBAST-Brücke wurden anhand der Punktwolke eines Laserscans einschließlich des Hohlkastens und anhand der konventionellen Modellierung auf Grundlage von Bestandsunterlagen erstellt. Durch den geometrischen Abgleich beider Modelle wurden die Unterschiede von Plan- und Ist-Zustand der Bestandsbrücke aufgezeigt und bewertet.



BIM-Modell der duraBAST-Brücke abgeleitet aus den Bestandsunterlagen mit Anreicherung von semantischen Daten



Punktwolke aus dem Laserscan im Hohlkasten

## Ergebnis

Die Erstellung eines As-Built-Modells ist über die beiden Varianten Laserscan und nachträgliche Modellierung aus Bestandsunterlagen möglich. Die Untersuchungen zeigen Möglichkeiten zur Nutzung der Modelle sowie eine Aufwandsabschätzung der Modellerstellung. Das Ergebnis des Laserscans ist ein exaktes As-Built-Modell, das durch die Vermessung des Hohlkastens beispielsweise die Überprüfung der Mindestbetondeckung ermöglicht. Die Genauigkeit des parametrischen und assoziativen BIM-Modells auf Grundlage der Bestandsunterlagen ist von der Qualität der Bestandspläne abhängig. Das BIM-Modell ermöglicht dem Betreiber Zugriff auf Geometrie, Abmessungen sowie auf relevante Bauwerksinformationen. Aufgrund der strukturiert vorliegenden Daten kann die Planung von Baumaßnahmen schneller und einfacher erfolgen. Aktualisierungen beispielsweise bei Instandsetzungen können im Modell vorgenommen und die benötigten Pläne direkt aus dem Modell abgeleitet werden. Schadensbilder im Rahmen von Bauwerksprüfungen können ergänzt und mit dem Bauteil koordinatentechnisch verknüpft werden. ■

## Literatur

- [1] BEDNORZ, J. et al.: BIM bei Bestandsbrücken, Schlussbericht BAST-Projekt 2317004, 2018

# Dauerhaftigkeitsbemessung im Brückenbau



Dr. Maria Teresa Alonso Junghanns, Bauingenieurin, Referat „Betonbau“

Nach gültigem Regelwerk sollen Brückenbauwerke aus Beton während ihrer Nutzungsdauer tragsicher, gebrauchstauglich und dauerhaft sein. Einwirkungen der Umgebung – beispielsweise  $\text{CO}_2$  aus der Luft, Chloride aus Tausalz, Frost und Temperatur – können einen Verlust des entgegengesetzten Betonwiderstandes verursachen und unter anderem zur Bewehrungskorrosion führen, die bei Stahlbetonbrücken einen wichtigen Einfluss auf die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit hat.

Die Dauerhaftigkeitsbemessung erfolgt derzeit weltweit deskriptiv anhand von Angaben zur Exposition: In Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen werden Anforderungen unter anderem an die Betonzusammensetzung gestellt. Im Rahmen der regelmäßigen Bauwerksprüfung werden die Folgen von Schädigungsmechanismen bewertet und dokumentiert – beispielsweise Risse. Dieses Vorgehen erlaubt keine Lebensdauervorhersage und steht im Gegensatz zur Vorgehensweise bei der Tragwerksbemessung für statische und dynamische Beanspruchungen. Für den Bereich der Bundesfernstraßen werden derzeit die Möglichkeiten einer modellbasierten Dauerhaftigkeitsbemessung untersucht.

## Berechnung der Dauerhaftigkeit

Eine Berechnung der Dauerhaftigkeit basiert auf Modellen, die eine statistische Quantifizierung der Einwirkung und des Widerstands des Bauteils ermöglichen. Es wird vor-

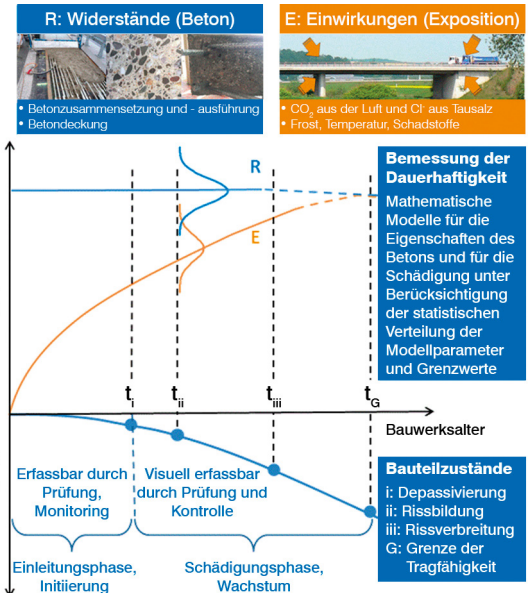
ausgesetzt, dass eine Schädigung zunächst eingeleitet wird und während der Wachstumsphase bis zum Versagen fortschreiten kann.

Eine Prognose für Betonbrücken mit Bezug zu karbonatisierungs- und chloridinduzierten Korrosion wurde an der TU München unter Anwendung der deskriptiven Regeln für Brückenbauwerke aus Beton nach ZTV-ING rechnerisch untersucht. Für die Bemessungssituationen wurden die Auswirkungen hoher Einwirkungen und geringer Materialwiderstände sowie hoher Materialwiderstände und geringer Einwirkungen gegenüber gestellt. Hierbei wurden reale Klimadaten verschiedener Orte in Deutschland berücksichtigt [1].

Die Ergebnisse zeigen, dass probabilistische Berechnungen eine Grundlage zur Lebensdauervorhersage in Brückenbauwerken darstellen können und dass sie einen Übergang von den derzeitigen Bewertungsverfahren zu einem zuverlässigkeitsbasierten Verfahren ermöglichen. Jedoch werden noch Analysen von Ingenieurbauwerken aus allen Expositionsklassen mit einer breiteren Auswahl an Betonzusammensetzungen für eine sichere praktische Anwendung benötigt [2].

## Ausblick

Derzeit werden in Forschungsprojekten der BAST mögliche Vereinfachungen der Modellparameter und der Berechnungen unter Beachtung der Ergebnisse aus Labor- und Bauwerkprüfungen untersucht. Ziel der Forschungsarbeiten ist, eine Strategie für eine effiziente Durch-



Prinzipien einer Dauerhaftigkeitsbemessung und der möglichen Schädigungsphasen im Bauwerk

führung von Labor- und Bauwerksuntersuchungen in Zusammenhang mit den notwendigen Ansätzen zu erarbeiten, um eine Lebensdauerbewertung unter Berücksichtigung der heutigen und der zukünftigen Vorgehensweisen im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit zu ermöglichen. ■

## Literatur

- [1] KESSLER, S. und GEHLEN, C.: Untersuchungen zum Einfluss von Modellparametern auf die Lebensdauerprognose für Brückenbauwerke, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft B 149, 2020
- [2] ALONSO JUNGHANNS, M.T. und HAARDT, P.: Rechnerische Dauerhaftigkeitsbemessung für Brückenbauwerke aus Beton: Status quo. 6. Kolloquium Erhaltung von Bauwerken, Technische Akademie Esslingen, Januar 2019

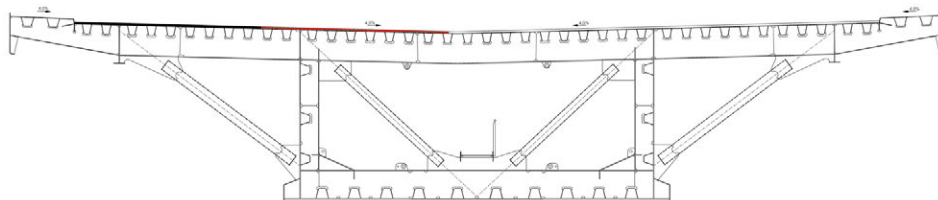


# Stahlbrücken: Temperaturbelastung infolge des Einbaus von Gussasphalt

Heinz Friedrich, Bauingenieur, stellvertretender Referatsleiter „Stahlbau, Korrosionsschutz, Brückenausstattung“



Einbau der Schutzschicht aus Gussasphalt am 28.06.2019



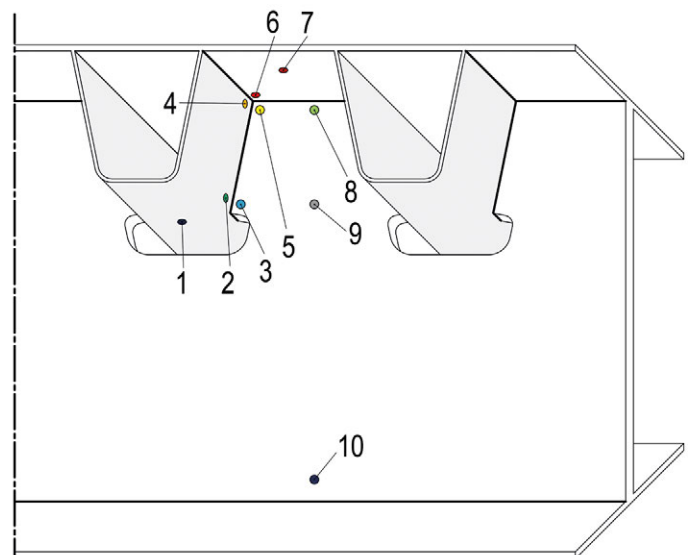
Querschnitt der Hochmoselbrücke

Bei der ersten Bauwerksprüfung nach dem Austausch des Brückenbelags wird bei Stahlbrücken häufig eine überproportional hohe Anzahl an Schweißnahtissen in der orthotropen Fahrbahnplatte festgestellt. Die naheliegende Vermutung ist, dass diese Schäden im Zusammenhang mit den Beanspruchungen stehen, die beim Austausch des Brückenbelags entstehen.

Relevante Beanspruchungen können beim Entfernen des alten Brückenbelags, zum Beispiel durch die dynamischen Belastungen beim Fräsen, beim Einbau des neuen Brückenbelags, unter anderem durch die thermische Belastung, beim Einbau des Gussasphaltes oder gegebenenfalls beim Walzen, beispielsweise durch die dynamischen Belastungen beim Verdichten von Walzasphalt-Deckschichten auftreten. Verschärft wird die Problematik durch die Entwicklung von immer leistungsfähigeren Maschinen wie Hochleistungsfräsen



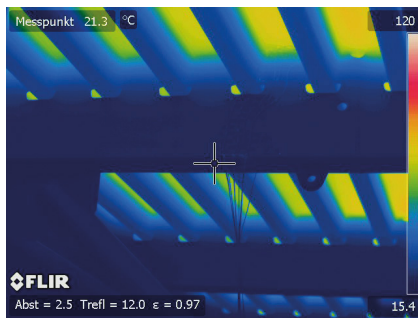
Positionierung der Temperatursensoren im Brückeninneren bei Querträger Nr. 6



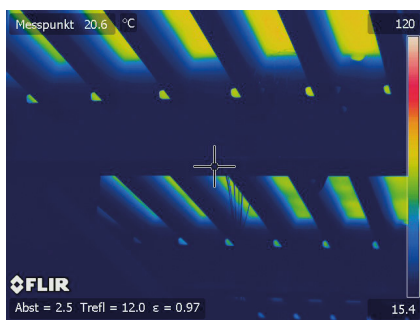
Positionierung der Temperatursensoren



7.21 Uhr



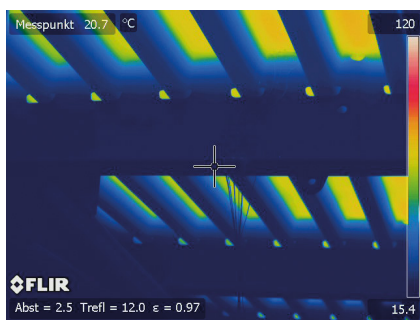
7.51 Uhr



7.31 Uhr



8.31 Uhr



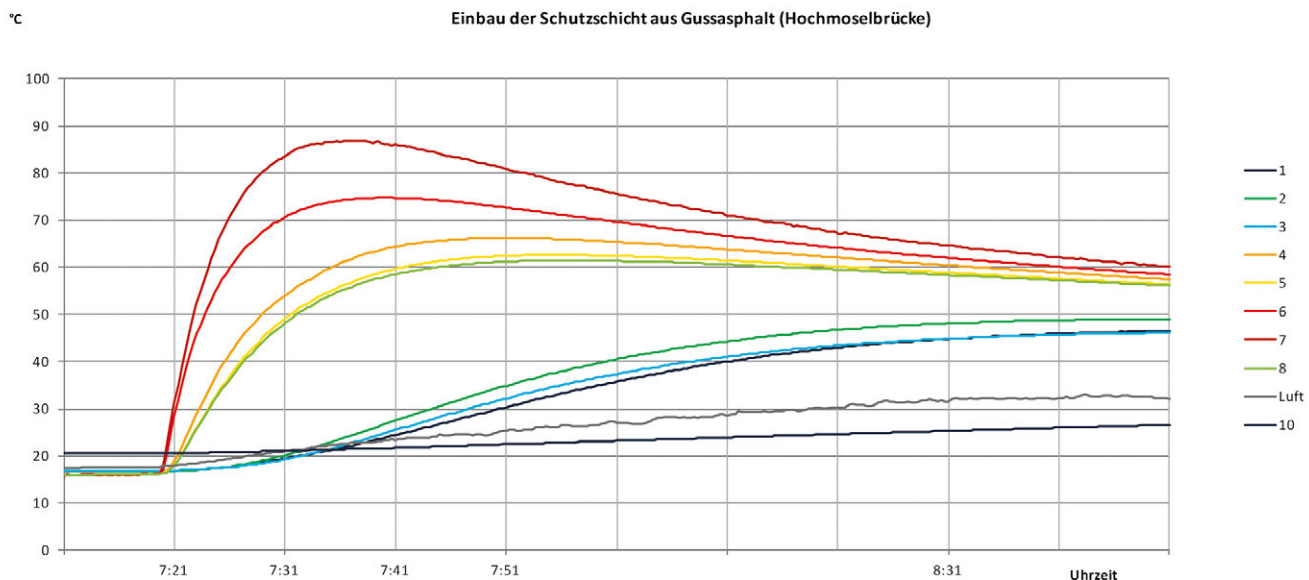
7.41 Uhr

Messfeld IR-Aufnahmen während des Einbaus der Schutzschicht aus Gussasphalt zu verschiedenen Uhrzeiten

oder Asphalt-Fertiger mit immer breiteren Einbauböhlen.

Im Rahmen eines Forschungsprojekts werden derzeit Grundlagen für weiterführende Untersuchungen zum Thema „Beanspruchung von Stahlbrücken beim Austausch des Brückenbelags“ erarbeitet und dargestellt. Im Mittelpunkt steht dabei die Temperaturbelastung der Stahlkonstruktion infolge des Einbaus des neuen Brückenbelags. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Erneuerungsmaßnahmen fachtechnisch begleitet, um den Prozessablauf zu dokumentieren und um Temperaturverteilungen in der orthotropen Fahrbahnplatte während des Asphalteinbaus zu ermitteln. Dabei handelt es sich um die Bauwerke Rheinbrücke Leverkusen, Wiehltalbrücke, Rheinbrücke Duisburg Neuenkamp und Hochmoselbrücke.

Die hier dargestellten Bilder dokumentieren exemplarisch den Einbau der Schutzschicht auf der Hochmoselbrücke und die zugehörigen Messergebnisse. ■



Mit den Sensoren bei Querträger Nr. 6 gemessener Temperaturverlauf



# Gabionen im Belastungstest

Wilhelm Decker, technischer Angestellter, Esther Schreck, Geologin und Felix Wawrzyniak, Physiklaborant, Referat „Tunnel- und Grundbau, Tunnelbetrieb und Zivile Sicherheit“



*Stützmauer aus Gabionen*

Gabionen werden mittlerweile häufig im Straßen- und Landschaftsbild entlang von Bundesfernstraßen eingesetzt. Die mit Steinen gefüllten Drahtgitterbehälter sind eine beliebte und wirtschaftliche Bauweise. Neben ihrem Einsatz als Zierelemente und Zaunersatz im Garten- und Landschaftsbau, kommt die schnelle und kostengünstige Bau-

weise auch im Ingenieurbau zum Einsatz. Gabionen werden auch hier vielfältig verwendet – als Stützmauern, Vorsatzschalen oder in Form von Lärmschutzwänden. Es gibt sie in unterschiedlichen Modellen und Größen. Gabionen sind als werkseitig verfüllte Körbe erhältlich, die nur noch aufgestellt werden müssen. Es gibt sie aber auch als

individuell variable Systeme, die mit lokal erhältlichen Gesteinen gefüllt werden können. An Bundesstraßen und Autobahnen sind zum Teil mehrere Meter hohe Stützkonstruktionen zur Sicherung von Böschungen zu sehen. Stützmauern aus Gabionen zählen zu den Ingenieurbauwerken.

## Regelwerke

Die Anforderungen an den Bau von Ingenieurbauwerken sind in verschiedenen Regelwerken festgelegt. So werden eine hohe Qualität und Dauerhaftigkeit der Bauwerke gewährleistet. So einfach die Gabione in ihrem Aufbau erscheint, so komplex ist sie statisch. Die gefüllten Drahtgitterkörbe stellen aufgrund ihrer Zusammensetzung einen Sonderfall dar, da es sich nicht um ein homogenes Bauteil handelt. In den Regelwerken fehlt aus diesem Grund bisher ein konkreter Nachweis der inneren Standsicherheit eines Einzelelements. Zudem ist die Bauhöhe von Gabionen auf 6 Meter beschränkt. Diese Lücke im Regelwerk soll durch ein entsprechendes Nachweisverfahren geschlossen werden. Zu den Aufgaben der BAST gehört es, die entscheidenden Regelwerke anzupassen und auf dem aktuellen Stand der Technik zu halten.

## Belastungsversuche an Einzelkörben

Belastungsversuche sind eine Möglichkeit zu ermitteln, welche Verformungseigenschaften ein Material oder ein Bauteil hat und welchen Belastungen es standhält. Dabei wird zum Beispiel ein Betonprüfkörper

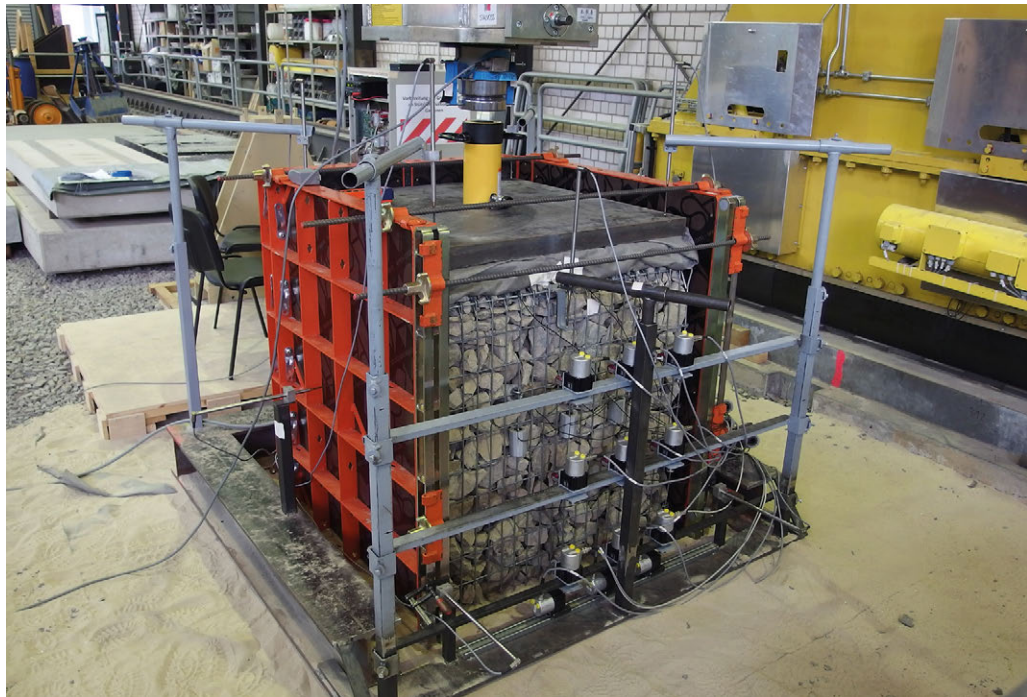


*Von links: Felix Wawrzyniak, Esther Schreck und Wilhelm Decker*

bis zum Materialversagen belastet. Normalerweise werden diese Untersuchungen an kleinen Proben im Labor durchgeführt. Um Gabionen mit Abmessungen von 1x1x1 Meter zu untersuchen, wird eine Großversuchseinrichtung benötigt. Die BAST verfügt seit 2015 über einen modernen Belastungsrahmen, mit dem eine Prüfkraft von bis zu 200 Tonnen auf ein Bauteil aufgebracht werden kann. Aufgrund fehlender Erfahrungen und öffentlich zugänglicher Forschungsergebnisse, musste zunächst ein Konzept zum Versuchsaufbau und zur Messtechnik entwickelt werden.

Es existieren viele verschiedene Arten von Gabionen, die sich in Größe, Aussteifungselementen, Maschenweiten und Verschlussmechanismen unterscheiden. Exemplarisch wurde ein Modell aus geschweißten Drahtgittermatten ausgewählt, das für den Bereich Ingenieurbau zugelassen ist.

Bisher wurden Versuche an Gabionen mit einer Sandfüllung und mit einer Füllung aus geschütteter Grauwacke durchgeführt. Wie im Bild sichtbar, waren die Gitterkörbe dabei an 3 Seiten durch eine Stahlrahmenschalung begrenzt. Dies simuliert ein einzelnes Element in einer Stützwand. In Stützwänden sind Verformungen nur an der freien Frontseite sichtbar. Die Gabionen waren zudem innen und außen mit Sensoren ausgestattet. Im Inneren waren Kraftsensoren in die Aussteifungselemente eingeschweißt, um die Zugkräfte zu messen, die mit zunehmender Belastung auf die Distanzhalter wirken. Außen wurden die eingeleitete Prüfkraft, die horizontale Ausdehnung des Frontgitters und die vertikale Stauchung des Korbes erfasst. Die Belastung der Gabione erfolgte in gleichmäßigen Schritten.



*Belastungsversuch an einer Gabione*

Die Steigerung der Kraft wurde dabei so gewählt, dass sie der Gewichtskraft einer gefüllten Gabione entspricht.

Im Laufe des Projekts werden weitere Versuche mit einer stärker verdichteten Granitfüllung durchgeführt. Nach Abschluss der Versuchsphase der Einzelversuche stehen Vergleich und Bewertung verschiedener möglicher Nachweisverfahren an.

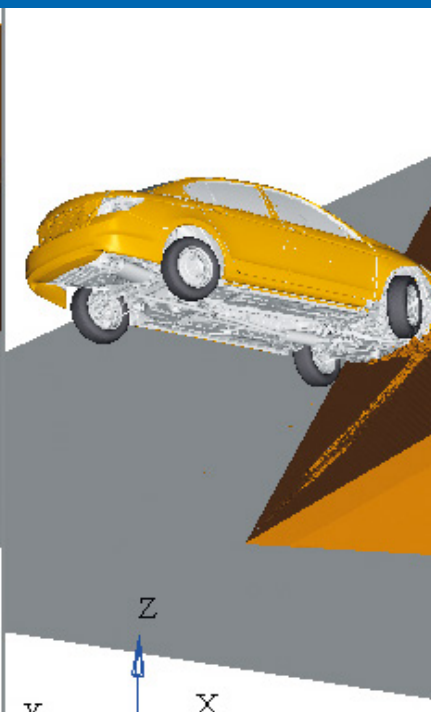
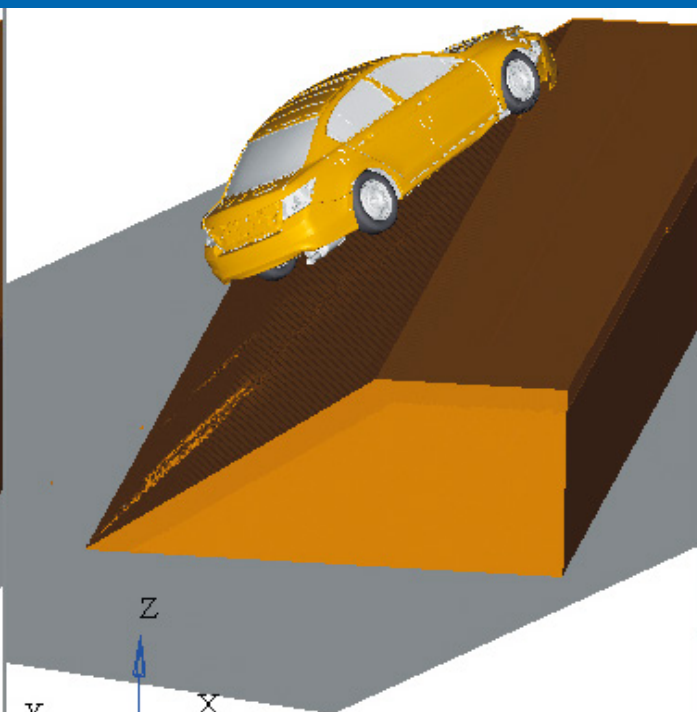
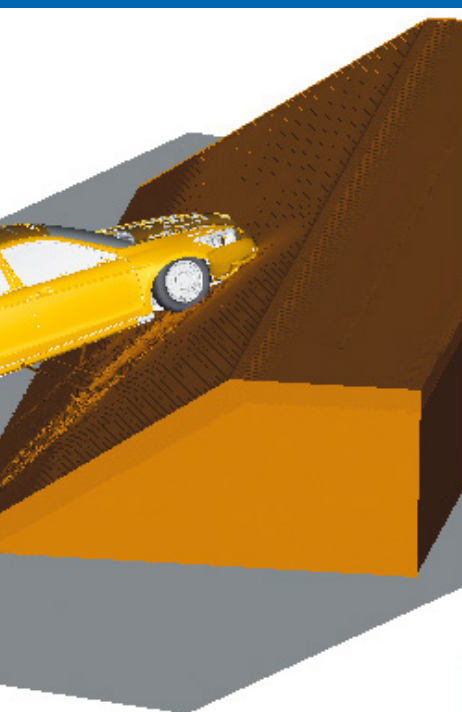
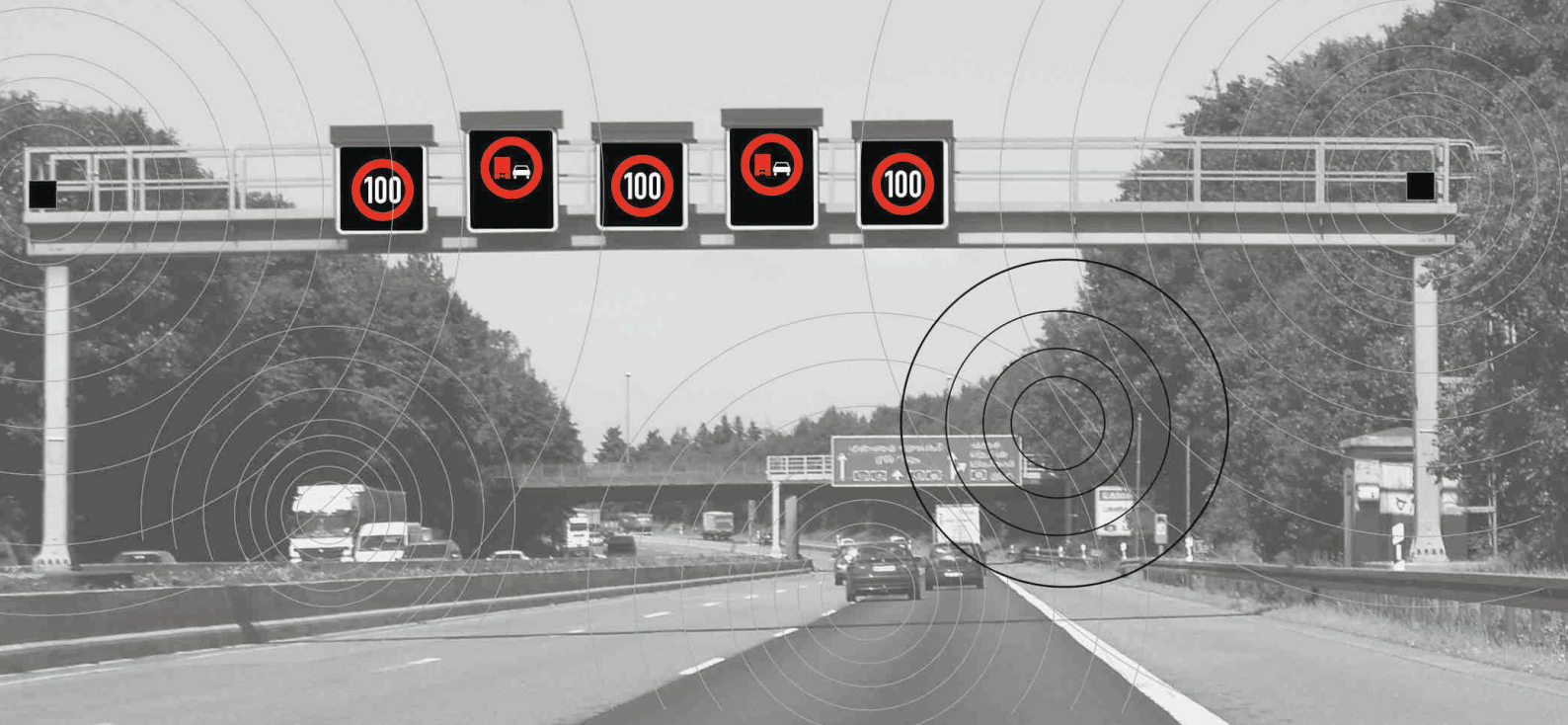
Die Versuche haben bisher gezeigt, dass sich die Stabilität einer Gabione aus der Interaktion des Drahtgitterbehälters und des Füllmaterials ergibt. Die lockere Steinfüllung führte unter steigender Belastung zu Materialumlagerungen und hohen Verformungsraten am Frontgitter. Ein Materialversagen der Drahtgittermatten, Distanzhalter und Steckverbindungen wurde auch bei hohen Belastungen nicht verzeichnet.

### **Ausblick**

Im Anschluss an die Belastungsversuche der einzelnen Gabionen ist

vorgesehen, das Tragverhalten einer großen Stützwand zu untersuchen. Die BAST verfügt über die technischen und räumlichen Möglichkeiten auch Belastungsversuche an großen Stützkonstruktionen durchzuführen. Untersuchungen des Verformungsverhaltens einer mehreren Meter hohen Wand sollen Aufschlüsse über das Verhalten der Gabionen im Verbund erbringen. Die Ergebnisse werden in ein Berechnungsverfahren zum Nachweis der inneren Standicherheit einfließen und in die Regelwerke eingebracht werden. ■







# Verkehrstechnik

Infrastrukturbedarf automatisierten Fahrens auf Autobahnen

Radschnellverbindungen: Werkzeuge für die Praxis

Innovativer Lärmschutz

Lkw-Parken entlang der Bundesautobahnen

Lichtimmissionen

Beseitigung von Ölspuren auf Verkehrsflächen

BaustellenCheck

Digitale Anprallversuche – Anprallsimulation



# Infrastrukturbedarf automatisierten Fahrens auf Autobahnen

Tom M. Gasser, Jurist, Referatsleiter „Automatisiertes Fahren“, Bernhard Kollmus, Verkehrsingenieur, Referat „Straßenentwurf, Verkehrsablauf, Verkehrsregelung“, Dr. Jan Ritter, Bauingenieur, Referat „Straßenausstattung“, Dr. Lutz Rittershaus, Physiker und Ingenieur, Referatsleiter „Vernetzte Mobilität“ und Karen Scharnigg, Bauingenieurin, Referat „Verkehrsbeeinflussung und Straßenbetrieb“

Autobahnen bieten besonders gute Voraussetzungen für das automatisierte Fahren, weil die Infrastruktur hier standardisiert angelegt wird. Die erste Anwendung des automatisierten Fahrens in dieser Umgebung wird der Staupilot sein. Die unmittelbar vor der Einführung stehende Fahrfunktion übernimmt die Fahraufgabe auf der Autobahn vollständig. Auch wurde das Straßenverkehrsgesetz bereits im Juni 2017 angepasst, sodass Fahrern erlaubt ist, die Fahrzeugsteuerung einem entsprechend leistungsfähigen Fahrsystem vorübergehend zu überlassen, um währenddessen eine fahrfremde Tätigkeit auszuüben.

Nach Erkenntnissen der BAST ergibt sich ein erheblicher Nutzen für die Verkehrssicherheit durch Automatisierungs-Funktionen: Die umfangreiche sensorische Ausstattung der Fahrzeuge verbessert die Umfelderkennung erheblich. Dadurch verbessert sich die Leistungsfähigkeit zum Beispiel von Notbremsfunktionen und Notausweichfunktionen, und das Autofahren wird sicherer, weil diese Systeme bei einem bevor-

stehenden Unfall vermeidend oder schadensmindernd eingreifen. Auch bei automatisierten Fahrten ist eine Verbesserung der Fahrsicherheit zu erwarten: Schwächen menschlicher Fahrer wie Ablenkung, Müdigkeit et cetera und daraus resultierende Fahrfehler treten nicht mehr auf. Große Potenziale bietet Fahrzeugautomatisierung gerade auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten auf Autobahnen und in unübersichtlichen Situationen, wie sie im innerstädtischen Verkehr vorkommen. Unter solchen Randbedingungen sind die fahrzeugeigenen Sensoren allerdings nicht in der Lage, die Umgebung ausreichend zuverlässig zu erfassen, um automatisiertes Fahren zu ermöglichen.

Zur Erarbeitung von Lösungsansätzen wurden Sichtweisen und Belange von Akteuren aus Infrastruktur und Automobilindustrie zusammengeführt. Der Fokus lag auf dem Infrastrukturbedarf automatisierten Fahrens auf Autobahnen und Bundesstraßen mit baulicher Trennung von Richtungsfahrbahnen. Für die Herleitung der Ergebnisse wurde

von den sicherheitskritischen Situationen bei der Fahrzeugsteuerung ausgegangen.

Im Ergebnis ergibt sich für den Bereich klassischer Straßeninfrastruktur insbesondere für Fahrbahnmarkierungen eine hohe Relevanz aufgrund ihrer Bedeutung bei der Positionierung des Fahrzeuges auf der Fahrbahn. Hier wird es notwendig sein, Kriterien für die maschinelle Lesbarkeit von Fahrbahnmarkierungen zu kennen, um die für eine Automation relevanten Parameter in zukünftigen Regelwerken berücksichtigen zu können. Das ist inzwischen Gegenstand weiterführender Forschungsarbeit.

Darüber hinaus ist der Aufbau einer digitalen Infrastruktur als erfolgversprechende Lösung für die allermeisten sicherheitskritischen Fahrsituationen identifiziert worden. Die Notwendigkeit anderer gleich wirksamer einzelner Maßnahmen (unter anderem baulicher) wird dadurch stark eingeschränkt.

## Digitaler Zwilling

Eine solche digitale Repräsentation würde mit Daten der Behörden des Straßenbaus und -betriebs und der Straßenverkehrsbehörden einerseits sowie der automatisierten Fahrzeuge andererseits gespeist. Diese auch als digitaler Zwilling bezeichnete Lösungsoption liefert unter Berücksichtigung der hohen Anforderungen an Datenqualität und Echtzeitverfügbarkeit ein übergreifendes Abbild von bekannten Zuständen und Anforderungen auf und entlang der Strecke und hätte auch



Von links: Tom M. Gasser, Bernhard Kollmus, Karen Scharnigg, Dr. Lutz Rittershaus und Dr. Jan Ritter

für die beteiligten Behörden einen potenziellen Nutzen im Rahmen ihrer Aufgabenwahrnehmung. Zugleich kann diese Datenbasis Fahrerinformationssysteme speisen und so allen Fahrern als Assistenzsystem einen Zugewinn an Verkehrssicherheit bieten. Es handelt sich somit um ein Element der Fahrzeugvernetzung, das zentral aufgestellt, kostengünstig und flexibel erweiterbar ist. Aufbau und Betrieb eines digitalen Zwillings wäre auch durch private Betreiber möglich.

Um sowohl die Wirkung als auch verbleibende Einschränkungen einer digitalen Infrastruktur darzustellen, ist zwischen planbaren und unplanbaren Ereignissen zu unterscheiden, die beim Fahren auftreten. Diesen Ereignissen ist gemein, dass sie Fahrzeugsensorik und Steuerungsabläufe vor die Herausforderung der Situationserkennung stellen und nur ihre Kenntnis die frühzeitige Einleitung einer sicheren Steuerungsstrategie erlaubt.

## Planbare Ereignisse

Planbare Ereignisse sind in allen Fällen lösbar, wenn die Information zur Verfügung steht. Arbeitsstellen, die für die automatisierte Durchfahrt ungeeignet und manuell zu durchfahren sind, sind planbare Ereignisse, die mit einer sicheren Steuerungsstrategie des automatisierten Fahrzeuges adressiert werden können. Ebenso ist eine temporäre Seitenstreifenfreigabe ein relevanter Zustand, dessen Kenntnis für das risikoarme Anhalten bei technischem Defekt der Fahrfunktion zusätzliche Herausforderungen stellt. Streckenbezogene Ge- und Verbote sind als steuerungsrelevante Regelungen entlang einer Straße ebenfalls planbar. Die (digitale) Vorausschau erhöht dabei zugleich die



*Zukunftsvision vernetzter digitaler Infrastrukturen*

Zuverlässigkeit der Umfeldwahrnehmung. Auch Ereignisse jenseits der Sensorreichweite können so für die automatisierte Steuerung berücksichtigt werden. Das ist bei höheren Fahrgeschwindigkeiten ebenso notwendig wie in komplexen Situationen – beispielsweise bei Verdeckungen relevanter Objekte. Erst die digitale Infrastruktur erlaubt es, drastische Steuerungsreaktionen zu vermeiden, die selbst zur Gefahr für andere Verkehrsteilnehmer werden können.

Auch der Zustand von Fahrbahnmarkierungen und vertikalen Verkehrszeichen kann für die automatisierte Steuerung hinterlegt werden, weil ihre Abweichung – beispielsweise kontinuierlicher Verschleiß – weitgehend planbar ist. Ist die Ursache für die Abweichung ereignisbedingt, zum Beispiel infolge von Unfällen, handelt es sich um einen Zustand, der am Übergang zum unplanbaren Ereignis liegt.

## Unplanbare Ereignisse

Alle sehr kurzfristig auftretenden Ereignisse – insbesondere Unfälle, Hindernisse in den Fahrstreifen

durch verlorene Ladung et cetera – bleiben beim erstmaligen Auftreten unplanbar und sind – soweit überhaupt detektierbar – nur für nachfolgende Fahrzeuge mit Sicherheitsgewinn als Information über die digitale Infrastruktur verfügbar.

Zeichen und Weisungen von Polizeibeamten stellen die Fahrzeugsensorik vor erhebliche Herausforderungen, weil sie Vorrang gegenüber allen anderen Verkehrsregelungen haben und ihr Auftreten unvorhersehbar ist. Hierzu gehört auch die Herausforderung, im Fall von Fahrzeugen mit Sonder- und Wegerechten (Blaulicht und Martinshorn) geeignet zu steuern. Lösungsmöglichkeiten zeichnen sich hier am ehesten über Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation ab, die beispielsweise auch für Polizeikellen adaptiert werden könnte, damit dies maschinell erkennbar wird. Hieraus ergibt sich weiterer Forschungsbedarf.

Die vorliegenden Untersuchungen haben der BASt die Notwendigkeit einer umfassenden Digitalisierung aufgezeigt, die auch den Bereich der Infrastruktur erfassen wird. ■



# Radschnellverbindungen: Werkzeuge für die Praxis

Dr. Jan-André Bühne, Volkswirt, Stabsstelle „Koordinierungsstelle Anforderungsmanagement“, Caroline Rose, Bauingenieurin, Referat „Straßenentwurf, Verkehrsablauf, Verkehrsregelung“ und Benjamin Schreck-von Below, Verkehrsingenieur, stellvertretender Referatsleiter „Sicherheitskonzeptionen, Sicherheitskommunikation“

Mit der finanziellen Förderung von Radschnellwegen im Zuge von Radschnellverbindungen (RSV) unterstützt der Bund die Nutzung umweltfreundlicher Verkehrsmittel. RSV sollen wichtige Räume mit entsprechend hohen Potenzialen verknüpfen und ein sicheres und attraktives Befahren mit hohen Fahrgeschwindigkeiten über längere Distanzen ermöglichen. Damit sind sie vorrangig auf den Alltagsradverkehr oder Pendler ausgerichtet. RSV sind im Rahmen der Planung der Radverkehrsnetze ein wichtiger Baustein, um Stadt und Land zu verknüpfen und Lücken zu schließen.

Für die Planung sind Verfahren zur Potenzialanalyse und Nutzen-Kosten-Analyse notwendig, für die bisher keine ausreichenden und einheitlichen Angaben vorlagen. Auf Basis einer Untersuchung der BAST wurden deshalb diese neuen Werkzeuge als Leitfaden für Planer erarbeitet.



Von links: Benjamin Schreck-von Below, Caroline Rose und André Bühne

## Verfahren der Potenzialanalyse

Mit der Potenzialanalyse für einen Streckenverlauf von RSV wird das Ziel verfolgt, das zu erwartende Radverkehrsaufkommen auf der potenziellen Verbindung abzuschätzen. Damit soll der Nachweis erfolgen, dass für die (neue) Wegeverbindung eine ausreichend große Nutzeranzahl zu erwarten ist. Dabei werden die Verlagerungswirkungen von anderen Verkehrsmitteln – insbesondere vom Pkw – auf das Fahrrad abgeschätzt, die sich aufgrund der RSV ergeben.

Je nach Datenverfügbarkeit kann zur Potenzialanalyse ein detailliertes Verfahren auf Grundlage eines makroskopischen Verkehrsmodells oder ein überschlägiges Verfahren genutzt werden. Das überschlägige Verfahren schätzt das Verkehrsaufkommen auf Basis geringerer Grundlagendaten. In beiden Fällen umfasst das Ergebnis alle erforderlichen Informationen für die darauf aufbauende Nutzen-Kosten-Analyse.

## Nutzen-Kosten-Analyse

Die volkswirtschaftliche Bewertung umfasst verschiedene Nutzen- und Kostenkomponenten, unter anderem Reisezeitveränderung, gesundheitliche Auswirkungen erhöhter Aktivität, Fahrzeugbetriebskosten oder Planungskosten. Weiterhin enthält das Verfahren deskriptive Komponenten, für die keine monetarisierbare Bewertung vorgenommen wird, beispielsweise die Verbesserung der Lebens- und Aufenthaltsqualität.

## Folgerungen und Empfehlungen

Die Untersuchung befasste sich neben der Potenzial- sowie Nutzen-Kosten-Analyse auch mit Aspekten der Streckenführung und der Knotenpunktgestaltung.

Im Hinblick auf die Entwurfs-elemente ist für eine selbstständig geführte RSV eine minimale Breite von 4 Metern erforderlich, um ein sicheres Begegnen und Überholen zwischen Radfahrern zu gewährleisten. Positiv





wirkt sich eine markierte Leitlinie in der Mitte aus. Für Fußgänger soll ein separater Gehweg vorhanden sein, abgetrennt durch einen Begrenzungstreifen oder einen breiten Gras- oder Schotterstreifen. Innerorts kann die Radschnellverbindung gegenüber einer anderen Fahrbahn bevorrechtigt sein, sofern dort die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf 30 Kilometer pro Stunde begrenzt ist und die Verkehrsstärke 2.000 Kraftfahrzeuge pro Tag nicht überschreitet.

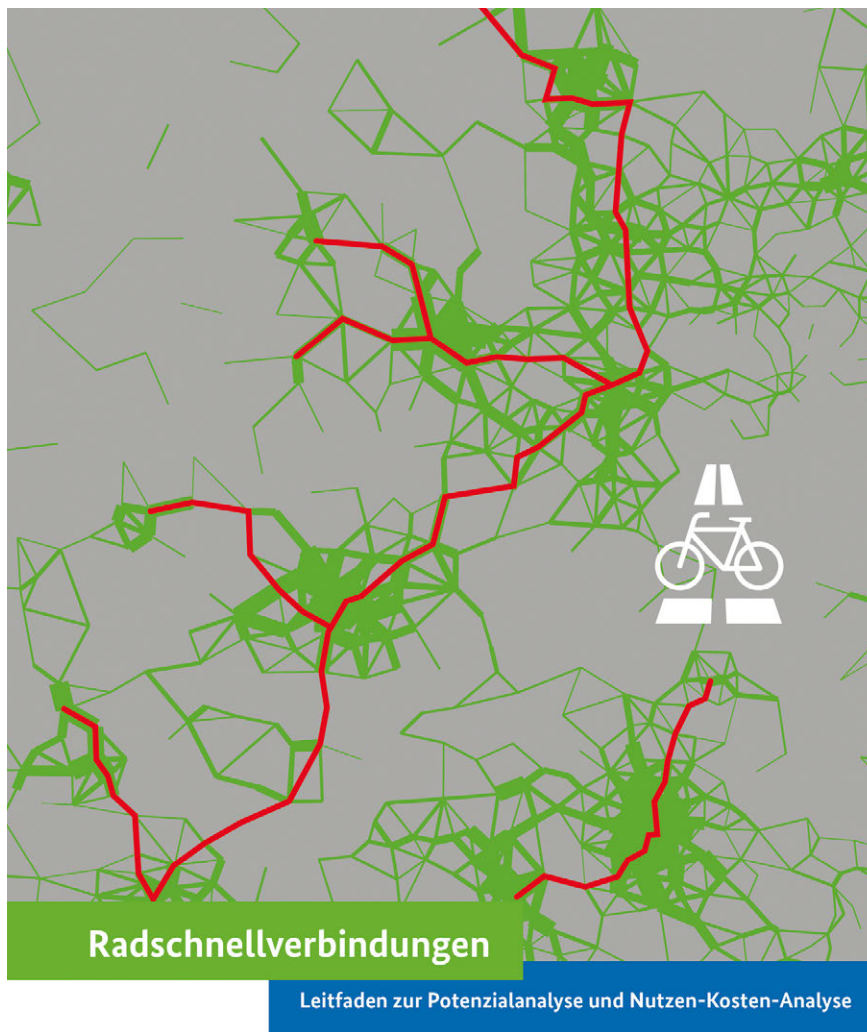
Mit den Berechnungswerkzeugen zur Potenzial- und Nutzen-Kosten-Analyse wurden für Planer und Baulastträger geeignete Verfahren zur direkten Anwendung entwickelt, welche auf belastbaren Ergebnissen beruhen.

Der erarbeitete Leitfaden „Radschnellverbindungen – Leitfaden zur Potenzialanalyse und Nutzen-Kosten-Analyse“ liefert den Planern von Radschnellverbindungen wichtige Informationen und Berechnungsgrundlagen.

Die Ergebnisse der Untersuchung fließen weiterhin in die derzeitige Überarbeitung der Regelwerke für die Anlage von Stadtstraßen und Radverkehrsanlagen ein. ■



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



**Radschnellverbindungen**

Leitfaden zur Potenzialanalyse und Nutzen-Kosten-Analyse

# Innovativer Lärmschutz

Dr. Fabio Strigari, Physiker und Dr. Wolfram Bartolomaeus, Physiker,  
Referat „Umweltschutz“



Die stetig wachsende Mobilität geht mit steigenden verkehrsbedingten Geräuschemissionen einher – und die gesundheitlichen Auswirkungen des auf den Menschen einwirkenden Lärms sind nicht mehr von der Hand zu weisen. Im Schwerpunkt „Innovativer Lärmschutz“ untersucht die BAST neuartige Technologien, die dabei helfen sollen, den gestiegenen Anforderungen im Lärmschutz gerecht zu werden, und identifiziert neue Potenziale zur Reduktion der verkehrsbedingten Lärmbelastung.

## Lärmschutzwandaufsätze

Aufsatzsysteme bieten eine einfache Möglichkeit zur Verbesserung der akustischen Wirksamkeit beste-

hender Lärmschutzwände. So ergibt sich zum einen eine höhere Pegelminderung aufgrund der Wanderhöhung, zum anderen lassen sich durch spezielle Geometrien oder absorbierende Materialien zusätzliche Dämpfungseffekte erzeugen. Am Beispiel eines Lärmschutzwandaufsatzes aus Flüsterschaum wurde in einer mehrteiligen Studie die durch den Aufsatz erzeugte Pegelminderung untersucht. Hierfür wurden sowohl numerische Simulationen der Schallausbreitung als auch zahlreiche Messungen – im Labor und unter realen Bedingungen – durchgeführt.

Alle Messungen zeigen übereinstimmend, dass die erreichbare Pegelminderung verglichen mit der Wand

ohne Aufsatz bei circa 3 dB bis 4 dB liegt. Überraschenderweise liegt die akustische Wirksamkeit damit in der gleichen Größenordnung wie bei einer Erhöhung der Wand um die Höhe der Aufsatzelemente.

Noch detailliertere Erkenntnisse über die Schallausbreitung durch und über den Aufsatz folgen aus der Analyse der numerischen Simulationen. Zum einen lässt sich hieraus extrahieren wie die Pegelminderung von der Frequenz des einfallenden Schalls abhängt, zum anderen kann die Wirksamkeit des Aufsatzmaterials genauer quantifiziert und vom Einfluss der Aufsatzgeometrie getrennt werden. Während das Absorptionsmaterial selbst einen



Lärmindernder Aufsatz aus Flüsterschaum auf einer Lärmschutzwand (Bild: Andre Jaborek, Hessen Mobil)

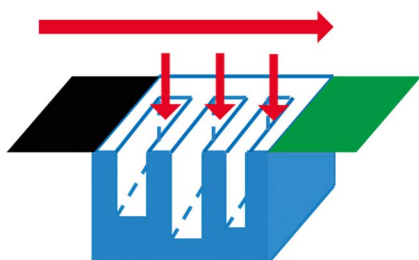


positiven Effekt auf die akustische Wirksamkeit hat, reduziert die Form des Aufsatzes die erreichbaren Minderungen.

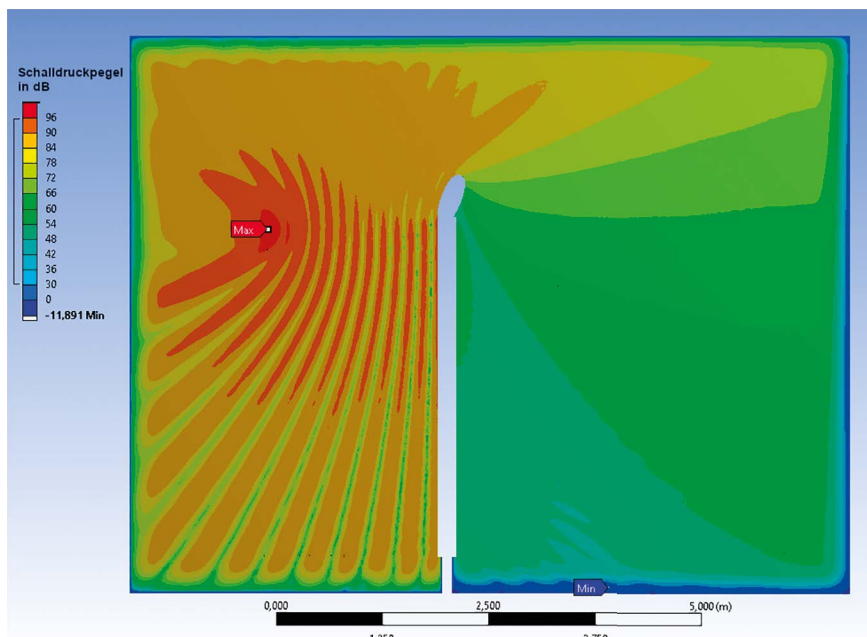
Aus akustischer Sicht haben Lärmschutzwandaufsätze dieser Art folglich keinen signifikanten Vorteil gegenüber einer Wanderhöhung. Will man das Lärmschutzniveau bei einer vorhandenen Lärmschutzwand erhöhen, beeinflussen allerdings auch andere Kriterien – wie Kosten oder Umgebungssituation – die Entscheidung. Hier kann die einfache Installation gegebenenfalls ein Argument für die Verwendung der Aufsätze sein. Die verwendete Untersuchungsmethodik soll zukünftig auf weitere Aufsatzsysteme angewandt werden. Insbesondere numerische Simulationen können als effektives Werkzeug bei der Optimierung und praktischen Umsetzung derartiger Aufsätze helfen.

### Lärmreduktion durch Diffraktoren

Im EU-Projekt HOSANNA wurde unter anderem der akustische Effekt von niedrigen Beugungskanten direkt neben einer Straße untersucht. So bewirkte ein Liniengitter aus 9 Reihen Ziegelsteinen in geringen Höhen eine Pegelreduktion von 7 dB. Eine niederländische Firma hat dieses Konzept aufgegriffen und entsprechende Diffraktoren zum Einbau in den Straßenseitenraum entwickelt.



Prinzipische Skizze eines Diffraktors



Simulation der Schallausbreitung vor und hinter einer Wand mit Lärmschutzwandaufsatz: Querschnittsansicht; die Farbcodierung stellt den berechneten Schalldruckpegel in dB dar

Schlitze in Betonsteinen von unterschiedlicher Tiefe und Breite, die neben der Straße vergraben werden, wirken als Helmholtz-Resonatoren. Der von der Straße kommende Schall wird so durch Wechselwirkung mit dem in den Schlitzen reflektierten Schall in einem breiten Frequenzbereich gemindert. Diese Entwicklung soll demnächst in einem Praxisversuch erprobt werden. ■

# Lkw-Parken entlang der Bundesautobahnen

Dr. Marco Irzik, Bauingenieur, stellvertretender Referatsleiter und Dominik Schmitt, Verkehrswirtschaftsingenieur, Referat „Straßenentwurf, Verkehrsablauf, Verkehrsregelung“



## Nachfrageermittlung

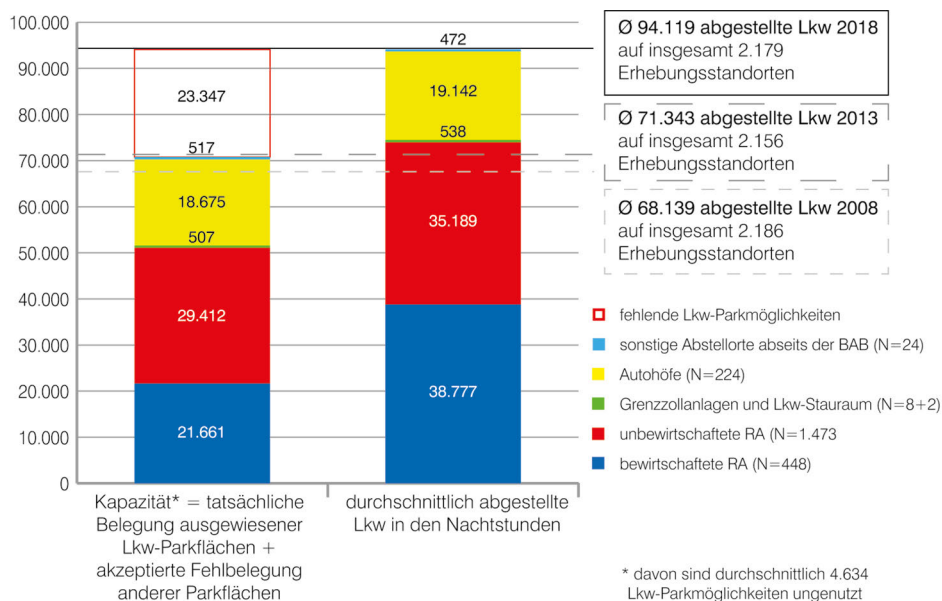
Die Abschätzung des Bedarfs von Lkw-Abstellmöglichkeiten entlang der Bundesautobahnen (BAB) ist die Basis, um zielgerichtete Lösungsmöglichkeiten zur Verbesserung der Lkw-Parkplatzsituation zu erarbeiten. Trotz weitreichender Aktivitäten ist diese nach wie vor angespannt. Das BMVI beauftragte daher die BAST mit der Auswertung einer durch die Straßenbauverwaltungen der Länder durchgeführten Erhebung der nachts abgestellten Lkw entlang der BAB. Wie schon bei den vorangegangenen Erhebungen in 2008 und 2013 erfolgte auch 2018 eine bundesweite Vollerhebung nach dem 2008 von der BAST erarbeiteten bundeseinheitlichen Erhebungskonzept. Dabei wurde an 3 von 4 Nächten zu einem zufällig gewählten Zeitpunkt innerhalb der Nachtstunden die Anzahl der abgestellten Lkw an den Erhebungsstandorten gezählt.

2018 wurden pro Erhebungsnacht im Durchschnitt rund 94.000 abgestellte Lkw gezählt. Um die Anzahl fehlender Lkw-Abstellmöglichkeiten zu ermitteln, wurde die Gesamtanzahl der abgestellten Lkw mit der ermittelten Gesamtkapazität an allen fast 2.200 Erhebungsstandorten von etwa 71.000 Lkw-Parkmöglichkeiten verglichen. Danach besteht aktuell ein Fehlbestand von bundesweit gut 23.000 regulären Lkw-Parkmöglichkeiten entlang der BAB.

Im Vergleich zu den Erhebungen 2008 und 2013 weist erstmals auch die Gesamtheit der Autohöfe eine negative Bilanz auf. Das heißt, auch dort standen nachts 2018 im Mittel mehr Lkw als zulässige Abstellmöglichkeiten vorhanden waren. Vor allem hat sich jedoch insgesamt die Anzahl der nachts im Mittel abgestellten Lkw von rund 68.000 Lkw in 2008 über rund 71.000 Lkw in 2013 hin zu rund 94.000 Lkw in 2018 nochmals deutlich erhöht.

Eine Erklärung für die Unterschiede zwischen dem Anstieg erfasster Lkw von 2008 bis 2013 und 2013 bis 2018 bietet die Entwicklung des Schwerverkehrsaufkommens. Während es 2013 unterhalb des Aufkommens von 2008 lag, stieg es bis 2018 um 15,5 Prozent. Ein weiterer Erklärungsansatz wird in einem geänderten Parkverhalten aufgrund geänderter Randbedingungen – zum Beispiel hinsichtlich der logistischen Prozesse – vermutet. Schließlich haben auch viele neue Abstellmöglichkeiten dazu beigetragen, dass nun mehr Lkw gezählt werden konnten. Die auf den neuen Abstellmöglichkeiten erhobenen Lkw konnten unter Umständen bei den vorangegangenen Zählungen nicht gezählt werden, weil sie aufgrund fehlender Abstellmöglichkeiten ins nachgeordnete Netz ausgewichen sind und dort nur in Ausnahmefällen erfasst wurden.

Wie bereits 2008 bildet auch die Zählung 2018 die Grundlage für eine Abschätzung des zukünftigen Bedarfs an Lkw-Abstellmöglichkeiten. Die 2008 entwickelte Trendprognose wurde anhand der neuen Daten aktualisiert. Ausgehend von der zu erwartenden Steigerung im Schwerverkehr – ansonsten jedoch unter Status-Quo-Bedingungen – kann somit für den Prognosezeitraum die Nachfrage an Lkw-Abstellmöglichkeiten geschätzt werden und auf dieser Grundlage die Weiterentwicklung der Netzkonzepte erfolgen. ■



Kapazitäten und nachts abgestellte Lkw auf und an BAB in Deutschland (Stand: April 2018)



# Lichtimmissionen

Dirk Heuzeroth, Physiker, Referatsleiter, Dr. Sandra Jacobi, Physikerin, Jan Sauer, Biologe und Dr. Andreas Walkling, Lichttechnik-Ingenieur, Referat „Umweltschutz“

Künstliche Beleuchtung ist ein elementarer Teil einer sicheren und leistungsfähigen Straßeninfrastruktur. Die stetige Zunahme von künstlichem Licht, der Trend zu weißerer Straßenbeleuchtung sowie der technische Fortschritt in der Lichttechnik – zum Beispiel LED- und Laserlicht – haben jedoch viele Nachtschichten verändert. Mehr und mehr erfahren wir über die zum Teil gravierenden Folgen für Mensch und Natur.

Der natürliche Tag-Nacht-Rhythmus hat den Menschen seit seiner Existenz auf der sozialen und genetischen Ebene geprägt. Der zirkadiane Rhythmus steuert wichtige evolutionsbedingte physiologische und biochemische Prozesse. Durch künstliches Licht wird beispielsweise die Melatoninsynthese unterdrückt, Schlafstörungen, Herz-Kreislaufstörungen, Schwächung des Immunsystems und Störungen des Stoffwechsels werden damit in Verbindung gebracht. Doch nicht nur der Mensch wird durch künstliches Licht beeinflusst, auch Tier- und Pflanzenarten reagieren auf künstliches Licht und auf einen gestörten Tag-Nacht-Rhythmus. Künstliches Licht wirkt beispielsweise bei vielen nachtaktiven Insekten als tödliche Falle, darüber hinaus können künstliche Beleuchtungen für viele weitere Arten (Amphibien, Fledermäuse) als Migrationsbarriere fungieren.

Lichtimmissionen zählen aus diesen Gründen nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) zu den schädlichen Umwelteinwirkungen, wenn sie nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erheb-

liche Belästigungen herbeizuführen. Daher ist es wünschenswert, den störenden Einfluss von künstlichem Licht auf Mensch und Natur in Wohn- und Naturschutzgebieten oder anderen empfindlichen Lebensräumen zu begrenzen oder gar zu reduzieren.

## Interdisziplinärer Experten-Workshop

Um einen Überblick über den aktuellen Erkenntnisstand zum Thema Lichtimmissionen im Straßenraum zu erhalten wurde ein interdisziplinärer Experten-Workshop bei der BAST in Zusammenarbeit mit der Deutschen Lichttechnischen Gesellschaft e.V. (LiTG) durchgeführt. Dabei standen Verkehrssicherheit, Energie- und Ressourceneffizienz, Natur- und Gesundheitsschutz sowie die Planung und Gestaltung von Lichanlagen im Fokus. Nach mehreren Einführungsvorträgen, die das Thema Lichtimmissionen aus den Perspektiven Verkehrssicherheit, Lichttechnik, Naturschutz sowie möglicher Lösungsansätze betrachteten, wurden Defizite in der Planung und Umsetzung von Beleuchtungseinrichtungen diskutiert, eine Zielvorstellung für eine ideale Beleuchtung entwickelt und Wege zu deren Umsetzung skizziert.

Dazu wurden auch weitergehende Forschungsaufgaben zu den Dosis- und Wirkbeziehungen zwischen der für die Orientierung und



Bild: DEGES/René Legrand

Erkennung erforderlicher Qualität von Beleuchtung – beispielsweise Lichtintensität, Gleichmäßigkeit, Lichtfarbe – und der daraus resultierenden Wirkung auf Mensch sowie auf Flora und Fauna formuliert.

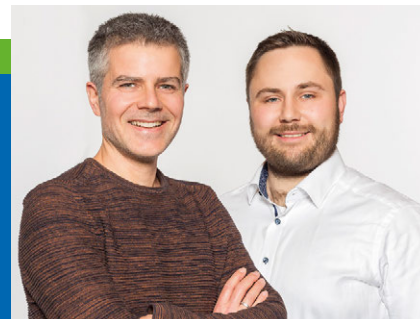
Die in der Umsetzungsphase des Workshops skizzierten vielseitigen Anregungen und Ansätze zu Umgang mit Lichtimmissionen werden jetzt im neu gegründeten Arbeitskreis „Lichtimmissionen“ der FGSV verfolgt. Ziel ist es, die Verkehrssicherheitswirkung von Beleuchtung zu analysieren und einzuordnen um dann mögliche Maßnahmen mit den Anforderungen der Verkehrssicherheit in Einklang zu bringen. ■



von links: Dr. Andreas Walkling, Dirk Heuzeroth, Dr. Sandra Jacobi und Jan Sauer

# Beseitigung von Ölspuren auf Verkehrsflächen

Marco Schmidt, Raumplaner, Referat „Verkehrsstistik, BISStra“ und Christopher Schirmeister, Maschinenbauingenieur, Referat „Verkehrsbeeinflussung und Straßenbetrieb“



In Deutschland kommt es jährlich schätzungsweise zu mehr als 10.000 Schadensereignissen durch den Austritt von Betriebsmitteln auf Verkehrsflächen – meist Motoröl oder Diesel. Diese Kontaminationen können die Verkehrssicherheit durch eine Griffigkeitsreduktion der Fahrbahn beeinträchtigen. Der verkehrssicherungspflichtige Straßenbaulastträger hat deshalb dafür zu sorgen, dass die Fahrbahn angemessen und fachgerecht gereinigt wird, um eine schnelle Verkehrsfreigabe zu ermöglichen.

Zur Reinigung der kontaminierten Verkehrsflächen kommen die beiden in der Praxis etablierten Reinigungsmethoden zum Einsatz: Trockenreinigung mit Ölbindemittel und maschinelle Nassreinigung mit Wasserhochdruck-Saug-Technik. Infolge der maschinellen Nassreinigung und der damit verbundenen meist

höheren Kosten kommt es häufig zu juristischen Auseinandersetzungen über die Angemessenheit und Notwendigkeit des Reinigungsaufwandes. Als Begründung für die maschinelle Nassreinigung wird häufig angeführt, dass nur so eine nachhaltig verkehrssichere Fahrbahn erzeugt werden kann, im Gegensatz zur Trockenreinigung mit Ölbindemittel.

Ziel von 2 Forschungsprojekten war es, die Wirkung beider momentan in der Praxis üblichen Reinigungsmethoden unter labortechnischen und realen Bedingungen zu untersuchen und vergleichend zu bewerten. Die Laborstudie wurde extern beauftragt und bearbeitet, während die Praxisversuche als Eigenforschung durchgeführt wurden.

## Trockenreinigung mit Ölbindemittel

Bei der Trockenreinigung mit Ölbindemittel werden spezielle, für den Einsatz auf Verkehrsflächen geeignete, Ölbindemittel auf der Kontamination ausgebracht und mithilfe von Besen oder Kehrmaschinen eingearbeitet und wieder aufgenommen. Je nach Art des ausgetretenen Betriebsmittels und der Kontaminationsmenge kann eine mehrfache Anwendung notwendig sein.

## Maschinelle Nassreinigung

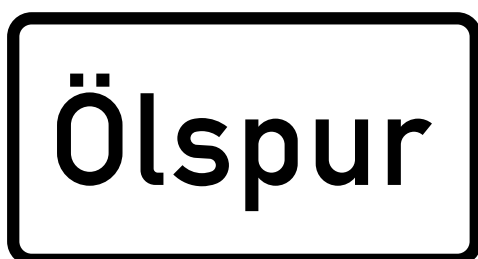
Hierbei werden spezielle Reinigungsmaschinen verschiedener Arbeitsbreiten eingesetzt, welche die kontaminierte Fahrbahn mit einer geringen Geschwindigkeit überfahren. Dabei wird Wasser über Hochdruckdüsen auf die Fahrbahn gesprüht

und anschließend abgesaugt. Teilweise arbeiten diese Reinigungsmaschinen mit Reinigungstensid und mit erhitztem Reinigungswasser, wodurch der Reinigungserfolg gesteigert werden soll.

## Gegenüberstellung der Reinigungsmethoden

Grundsätzlich zeigen die durchgeführten Versuche, dass sowohl fachgerecht angewendetes Ölbindemittel als auch geeignete Nassreinigungsmaschinen, ausreichend griffige und somit verkehrssichere Verkehrsflächen erzeugen können. Hinsichtlich dieser Eigenschaft sind beide Verfahren als ebenbürtig anzusehen. Bei der maschinellen Nassreinigung hat der Einsatz von Tensiden oder erhitztem Reinigungswasser nur geringe ergänzende positive Effekte erbracht. Vielmehr stellt hier die Reinigungsgeschwindigkeit den entscheidenden Faktor dar. Bezüglich der Trockenreinigung ist festzuhalten, dass bei fachgerecht angewendetem Ölbindemittel auch bei nachträglicher Beregnung kein gefährlicher Nachblutungseffekt auftritt.

Die Studien bilden die Grundlage für in den Ländern benötigte Handlungsempfehlungen zur anforderungsgerechten Beseitigung von Betriebsmitteln auf Verkehrsflächen. Die Erkenntnisse wurden im 2019 veröffentlichten FGSV-Arbeitspapier „Beseitigung von Ölverunreinigungen auf Verkehrsflächen“ berücksichtigt. ■





# BaustellenCheck

Andreas Coumanns, Verkehrsingenieur, Dr. Kerstin Lemke, Bauingenieurin, Referatsleiterin, Jennifer Sammet, Physikalaborantin und Matthäus Zelazny, Verkehrsingenieur, Referat „Straßenentwurf, Verkehrsablauf, Verkehrsregelung“



Baustellen zur Instandsetzung, Erneuerung und zum Ausbau deutscher Autobahnen sind häufig Ursache von Staus und Verkehrsverzögerungen. Präzise Informationen über gegenwärtige und zukünftige Baustellen könnten Staus verhindern, da Verkehrsteilnehmer rechtzeitig informiert werden und gegebenenfalls alternative Routen wählen können.

Unter [www.baustellen-check.de](http://www.baustellen-check.de) werden interessierten Nutzern aufbereitete Baustelleninformationen zu allen über den MobilitätsDatenMarkt (MDM) von den Bundesländern gemeldeten Dauerbaustellen auf dem Netz der deutschen Bundesautobahn zur Verfügung gestellt. Die Informationen sind grafisch ansprechend und intuitiv aufbereitet. Zahlreiche Filtermöglichkeiten erleichtern dabei die Handhabung.

## mFUND-Förderprojekt proFUND

Der BaustellenCheck wurde im Projekt „proFUND“ (Prüfung und Optimierung der Meldungsqualität auf Bundesautobahnen und bemaubeten Landstraßen) maßgeblich durch den Projektpartner der BAST, die TraffGo Road GmbH entwickelt. ProFUND ist ein durch das Innovationsprogramm „mFUND“ des BMVI gefördertes Projekt unter Mitwirkung der BAST sowie der INRIX Europe GmbH. Es hat das Ziel, den Verkehrsteilnehmern einheitliche, qualitativ hochwertige und nutzerfreundliche Informationen über aktuelle sowie zukünftige Baustellen zu liefern und deutschlandweit die Datenqualität von Baustelleninformationen für alle Nutzer nachhaltig zu verbessern.

## Funktionalitäten des BaustellenChecks

Nutzer haben im BaustellenCheck die Möglichkeit, Feedback sowohl zu den durchfahrenen Baustellen als auch zu den Baustellenmeldungen zu geben. So können sie zu fehlerhaft angegebenen Baustelleninformationen Korrekturen melden – beispielsweise ein falsches Tempolimit – oder angeben, wenn eine gemeldete Baustelle bereits abgebaut ist oder eine vorhandene Baustelle noch gar nicht gemeldet wurde. Die Nutzerrückmeldungen werden wissenschaftlich ausgewertet und den zuständigen Behörden in aggregierter Form zur Verfügung gestellt.

Eine weitere Funktion des BaustellenChecks ist die Möglichkeit, eine eigene Bewertung zum persönlichen Empfinden der Baustelle abzugeben. Die Daten werden ausgewertet, um weitere entscheidende Einflussparameter von Baustellen auf die Nutzerwahrnehmung zu identifizieren.

Der BaustellenCheck nutzt zudem Floating-Car-Daten (FCD) von INRIX, um die Nutzer über die zu erwartenden Verlustzeiten an Baustellen zu informieren. FCD sind GPS-basierte Standortinformationen aus Navigationsgeräten oder Smartphones, die zur Beschreibung der Verkehrslage genutzt werden. Für eine zuverlässige Prognose wird sowohl auf aktuelle als

auch auf historische Verkehrsdaten zurückgegriffen.

Einzelne Baustellen, die sich aufgrund des Nutzerfeedbacks oder durch die Analysen von FCD als besonders auffällig darstellen, werden durch Befahrungen der BAST

mit dem Messfahrzeug MESUV (Messsystem zur Erfassung von Straßen- und Verkehrsdaten) validiert. Damit die Nutzer während der Fahrt nicht abgelenkt werden, bietet der BaustellenCheck eine Sprach-Memo-Funktion. Diese ermöglicht es, Beobachtungen zur späteren Nutzung aufzunehmen und abzuspeichern.

Mit dem BaustellenCheck haben die Nutzer erstmals die Gelegenheit, aktiv an der Verbesserung zukünftiger Baustellen mitzuwirken. ■



[www.baustellen-check.de](http://www.baustellen-check.de)



von links: Dr. Kerstin Lemke, Andreas Coumanns, Jennifer Sammet und Matthäus Zelazny

# Digitale Anprallversuche – Anprallsimulation

Dr. Bertold Fröhlich, Physiker, Ilja Jungfeld, Bauingenieur und Holger Schwedhelm, Bauingenieur, Referat „Straßen­ausstattung“

## Numerische Simulationen in der Straßen­ausstattung



*Anprall gegen Schutzplanke in einer Kurve*

Der digitale Fortschritt macht sich auch in der Straßen­ausstattung immer stärker bemerkbar. Bei der Ermittlung und Bewertung von Leistungsdaten für Fahrzeug-Rückhaltesysteme (Schutzplan­ken) gewinnt die numerische Simulation von Anprallversuchen zunehmend an Bedeutung: Immer mehr europäische Hersteller von Fahrzeug-Rückhalte-

systemen verwenden Simulationsberechnungen sowohl bei der Entwicklung neuer Systeme als auch um den Einfluss unterschiedlicher Einsatzbereiche und Randbedingungen zu untersuchen.

Die europäische Norm EN 1317 erlaubt zudem die simulationsbasierte Bewertung von Modifikationen an

Systemen, die bereits über reale Anprallprüfungen mit Fahrzeugen ihre Leistungsfähigkeit unter Beweis gestellt haben – meist im Rahmen von Zertifizierungsverfahren zur CE-Kennzeichnung.

Auch in Forschungsaktivitäten der BAST wird die numerische Simulation mithilfe von Finite-Elemente-Modellen erfolgreich eingesetzt. So konnte zum Beispiel in mehreren Forschungsvorhaben der BAST der Versuchsumfang und damit die Aussagekraft der Ergebnisse durch numerische Untersuchungen kosteneffizient erweitert werden. Numerische Simulationsberechnungen schaffen dabei die Möglichkeit, umfangreiche Parameteranalysen deutlich strategischer und damit zielgerichteter durchzuführen als es mit realen Anprallprüfungen allein bisher möglich war.



*Von links: Ilja Jungfeld, Dr. Bertold Fröhlich und Holger Schwedhelm*



Bevor jedoch den Ergebnissen der numerischen Simulation vertraut werden kann, bedarf es in jedem Fall eines Abgleiches der Ergebnisse aus realer Anprallprüfung und zugehöriger Simulationsberechnung und der transparenten Dokumentation dieses Validierungsprozesses.

## Europäische Normung

Die notwendigen, umfangreichen Regelungen hierfür wurden unter Mitarbeit der BAST auf europäischer Ebene erarbeitet und mit Veröffentlichung der EN 16303 in Kürze zur Verfügung stehen. Sie bilden eine erste harmonisierte Basis für den Einsatz von numerischen Simulationsverfahren im Rahmen der EN 1317 (Fahrzeug-Rückhaltesysteme) und EN 12767 (Tragkonstruktionen) und können damit künftig auch bei wissenschaftlichen Untersuchungen und Nachweisverfahren Berücksichtigung finden.

Ebenso wie die Validierungsanforderungen für virtuelle Testverfahren müssen die zugehörigen Randbedingungen stetig weiterentwickelt werden. So werden unter anderem Mindestanforderungen an die Fä-

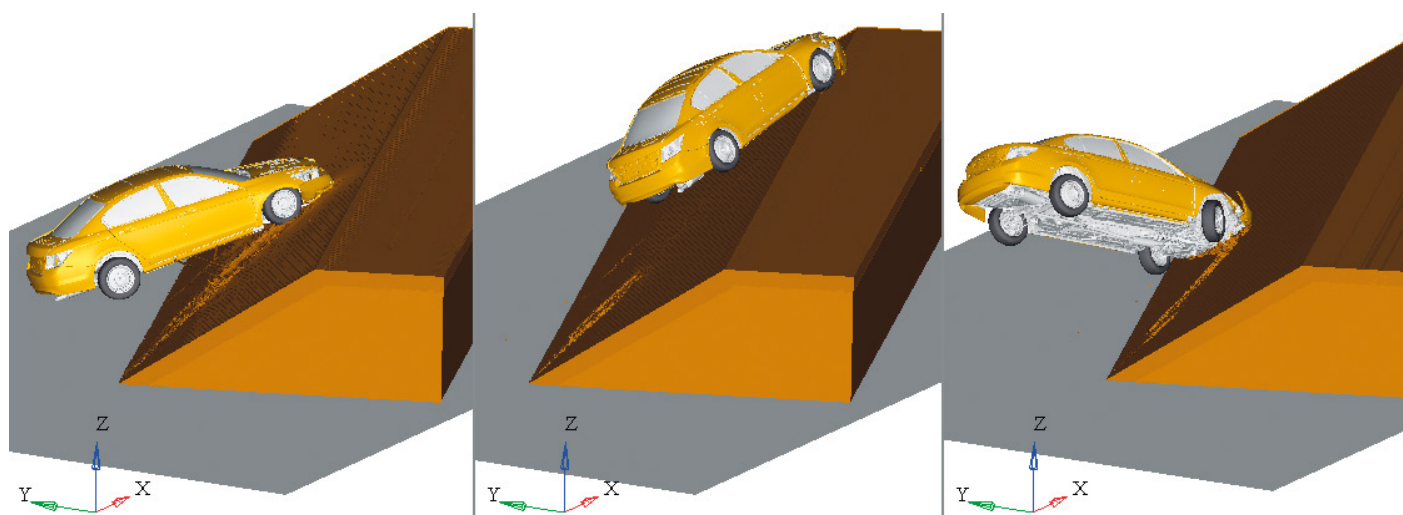
higkeiten der Anwender von numerischen Simulationen in Europa unter BAST-Beteiligung erarbeitet.

## Durchgeführte Simulationsstudien

Inzwischen hat die BAST zahlreiche Studien mit numerischen Simulationen zu aktuellen Fragestellungen durchgeführt. Diese basieren auf Simulationsmodellen, die anhand von realen Anprallprüfungen validiert wurden. So konnte unter anderem der Einfluss unterschiedlicher Krümmungsradien in Kurven auf die Leistungsdaten eines Fahrzeug-Rückhaltesystems in einer Parameterstudie abgeschätzt werden: Die Insassenbelastung kann sich erhöhen, ein Durchbruch des Fahrzeugs ist hingegen bei den untersuchten Kurvenradien und Schutzeinrichtungen nicht zu erwarten.

Potenzial bietet die numerische Simulation auch bei der Bewertung des hindernisfreien Straßenseitenraumes: An Erdwällen besteht generell das Risiko einer erhöhten Insassenbelastung oder des Fahrzeugumkippens. Numerische Simulationen können hier helfen, die

relevanten Parameterkonstellationen aufzuzeigen, beispielsweise Böschungswinkel, Boden, Geschwindigkeit, die in einem realen Anprallversuch dann effektiv weitergehend bestätigt werden müssten. Beide Vorhaben wären allein mit realen Anprallversuchen so nicht möglich. ■



Anprall gegen Erdwall (unterschiedliche Böden)



# Fahrzeugtechnik

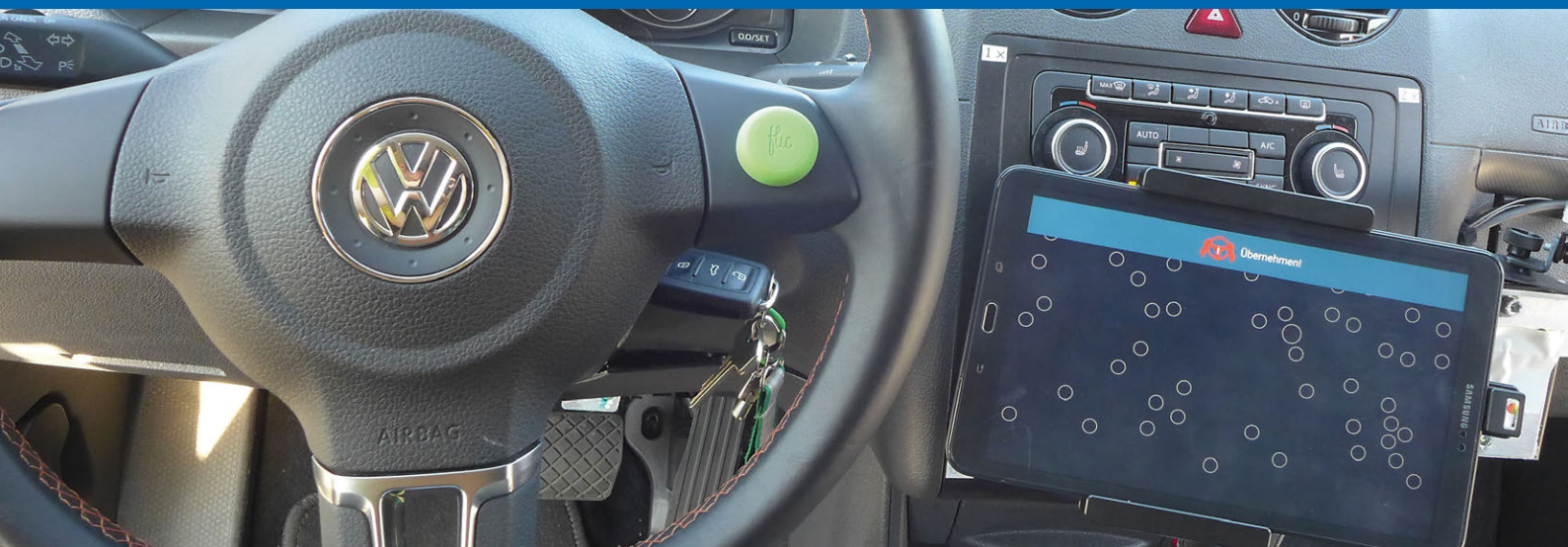
Bewertung von Sicherheit der Mensch-Maschine-Interaktion

Level-3-Automation im Realverkehr

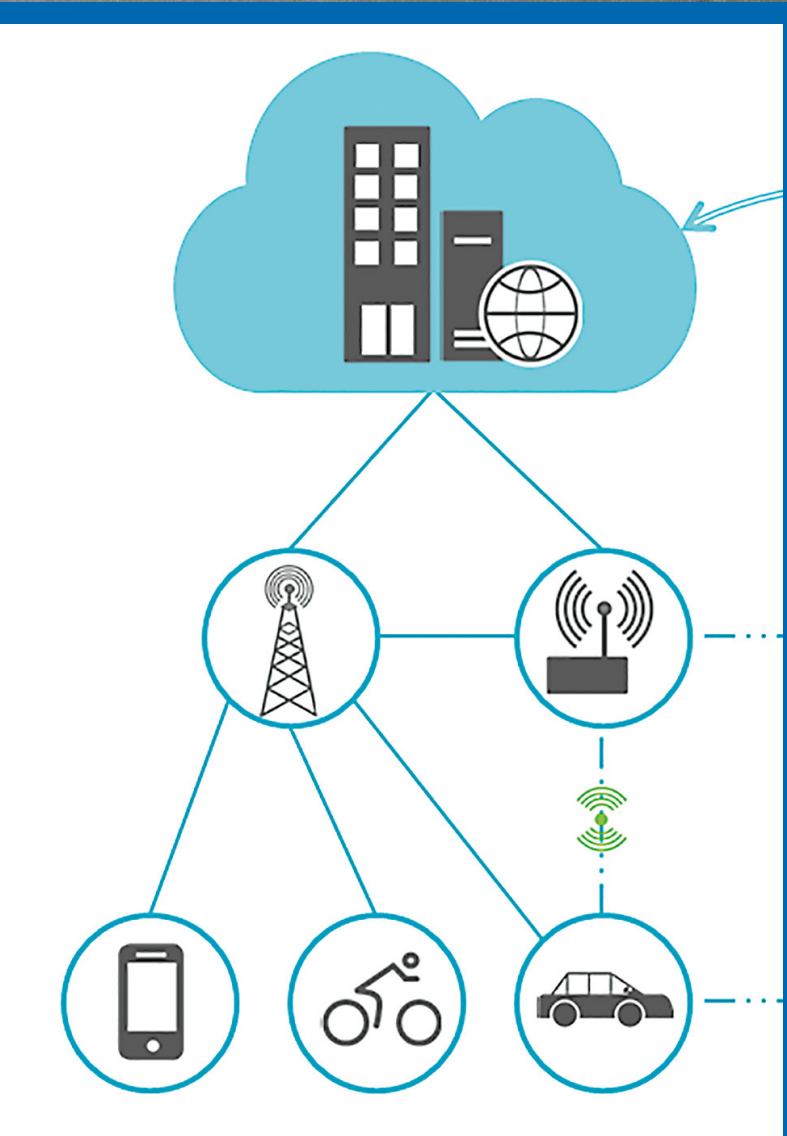
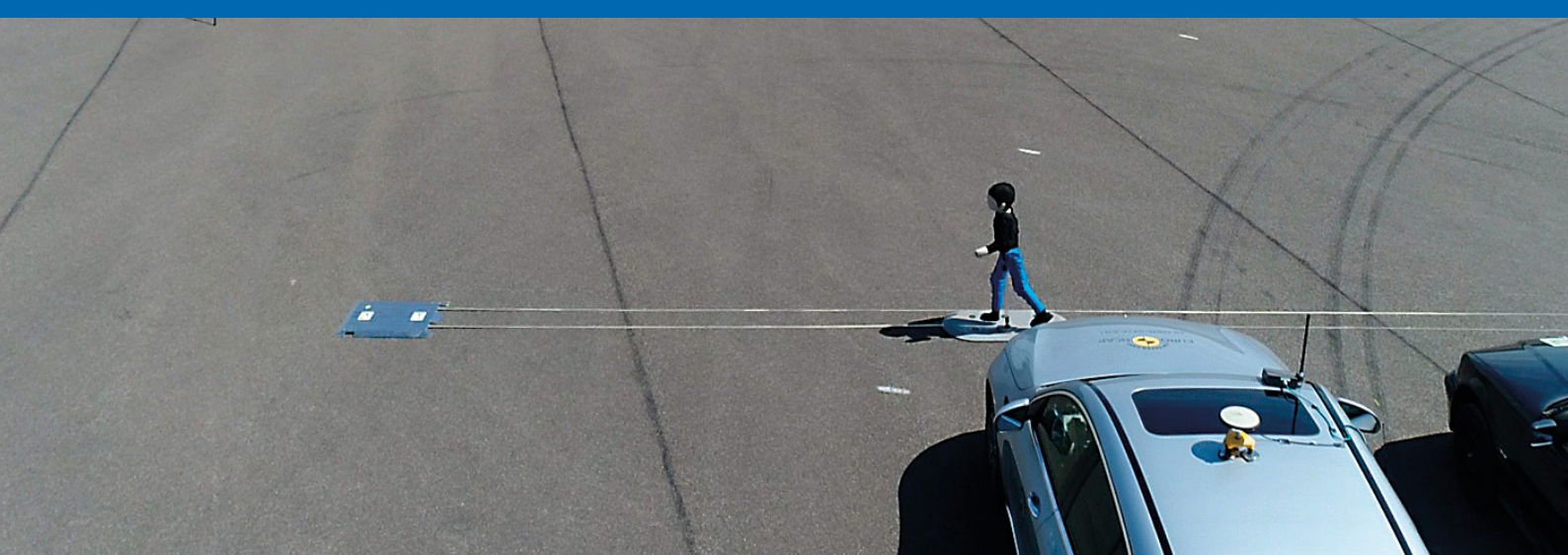
Gesetzliche Anforderungen an Notbremsassistentensysteme für Pkw

Datenaustausch im Straßenverkehr

20 Jahre GIDAS







# Bewertung von Sicherheit der Mensch-Maschine-Interaktion

Thorben Brandt, Studentische Aushilfskraft, Dr. Heike Hoffmann, Psychologin und André Wiggerich, Psychologe, Referat „Automatisiertes Fahren“

Kontinuierlich assistierende Fahrfunktionen haben in aktuellen Neufahrzeugen bereits eine starke Verbreitung als Assistenzsystem gefunden. Diese Systeme können Fahrer bei der Ausführung der Fahraufgabe sowohl in der kontinuierlichen Längs- als auch Querführung unterstützen, müssen jedoch permanent überwacht werden. Zudem müssen die Fahrer jederzeit korrigierend eingreifen können, sobald die Systeme an ihre Grenzen gelangen. Die Fahrer spielen also nach wie vor eine zentrale Rolle und können sich nicht vom Verkehrsgeschehen abwenden.

Befragungsstudien zeigen, dass es große Unsicherheiten bei Fahrern bezüglich der Wahrnehmung ihrer Rolle und Verantwortung in der Interaktion mit den Systemen gibt. Auch deuten erste Unfälle von Fahrzeugen mit diesen Systemen in den USA darauf hin, dass Fahrer Schwierigkeiten haben, die Systeme umfassend zu verstehen und sich korrekt zu verhalten. Hier besteht die besondere Komplexität, dass Fahrer vielfach nur noch zu Überwachen

der Funktion werden und sich die Wahrnehmung der Fahrerrolle damit grundlegend verändert.

Wissenschaftliche Studien zeigen, dass Menschen die Rolle der dauerhaften Überwachung grundsätzlich nur schlecht gelingt. Im Umkehrschluss ist daher anzunehmen, dass sich eine weiterhin aktive Einbindung der Fahrer in die Fahraufgabe positiv auf das Verständnis und Verhalten der Fahrer und damit die Sicherheit der Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) auswirken sollte.

Da bereits eine große Bandbreite an Systemen verschiedener Hersteller existiert – die zudem noch unterschiedliche Funktionalitäten beinhalten – fehlt es aktuell jedoch an geeigneten Instrumenten, um diesen Aspekt umfassend und standardisiert bewerten zu können. Ein Vergleich von verschiedenen Systemen ist somit nur eingeschränkt möglich. Daher war es Ziel eines Projekts, ein Tablet-basiertes kombiniertes Beobachtungs- und Befragungsinstrument für Probandenstudien zu entwickeln, mit dem das Interakti-

onsverhalten zwischen Fahrern und Systemen anhand von verschiedenen Prüfzenarien standardisiert bewertet werden kann.

Die Methode ist so konzipiert, dass geschulte Experten das Interaktionsverhalten eines Probanden in definierten Situationen anhand verschiedener Kategorien beobachten und anschließend bewerten, beispielsweise ob Fehler in der Bedienung gemacht oder andere Verkehrsteilnehmer durch ein entsprechendes Verhalten gefährdet werden. Die Ergebnisse von verschiedenen Probanden werden zusammengefasst und eine Abschätzung der Sicherheit der MMI des zu bewertenden Systems vorgenommen.

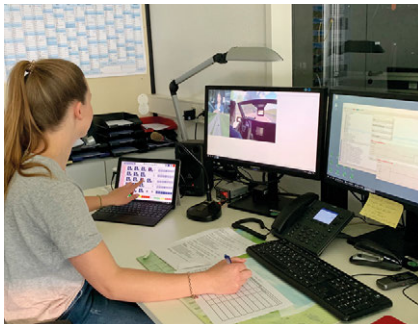
## Fahrsimulatorstudie

Dieses Verfahren wurde im ersten Schritt im Rahmen einer Studie im Fahrsimulator der BAST wissenschaftlich erprobt. An der Studie nahmen 56 Probanden teil, die für circa 35 Minuten auf einem monotonen Autobahnabschnitt mit einer Geschwindigkeit von 120 Kilometer pro Stunde fahren sollten. Dabei erlebte die eine Hälfte der Probanden ein sehr zuverlässiges System, das konstant aktiv war, ohne dass Fahrer eingreifen mussten. Die Aufgabe der Probanden bestand also primär darin, das System visuell zu überwachen. Die andere Hälfte der Probanden erlebte ein System, das circa alle 2 Minuten für kurze Zeit ausfiel, sodass Fahrer eingreifen und selbst lenken mussten. Die Fahrer dieser Bedingung sollten so durch die Gestaltung des Systems weiterhin aktiv in die Fahraufgabe eingebunden werden.



Von links: André Wiggerich, Dr. Heike Hoffmann und Thorben Brandt





*Experten beobachten und bewerten die Mensch-Maschine-Interaktion anhand eines standardisierten Tablet-Tools*

Anhand von 2 Prüfscenarien, bei denen die Probanden in einer engen Kurve in die Lenkung eingreifen oder einem Hindernis im Fahrstreifen ausweichen mussten, wurde die Interaktionsleistung gemessen und bewertet. Alle Probanden wurden vorab über die Grenzen des Systems informiert und instruiert, dass sie in diesen Situationen selbstständig eingreifen müssen.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass Probanden mit dem sehr zuverlässigen System Schwierigkeiten hatten, in den beiden Situationen – in denen das System an seine Grenzen kommt – angemessen zu reagieren. Obwohl alle Probanden aufmerksam waren und ihre Hände jederzeit am Lenkrad hatten, gelang es Fahrern dieser Gruppe schlechter in der Kurve rechtzeitig zu lenken oder dem Hindernis rechtzeitig auszuweichen. Die Ergebnisse lassen daher den Schluss zu, dass durch eine veränderte Wahrnehmung der Fahrerrolle in dieser Gruppe, ein falscher subjektiver Eindruck und Missverständnisse entstehen können. Trotz vorheriger Information und Instruktion, wirkt sich dies im Fall von Grenzen des Systems negativ auf die Sicherheit der MMI aus. Diese Unterschiede zwischen den beiden simulierten Systemen konnten durch das Tablet-Tool zuverlässig gemessen und bewertet werden.

## Teststreckenstudie

Ob dieser Effekt auch bei realen Serienfahrzeugen auftritt, konnte im Anschluss dann erstmals mithilfe des portablen Tablet-Tools auf einer Teststrecke untersucht werden. In einer 2. Studie mit 40 Probanden wurden dazu 2 Seriensysteme unterschiedlicher Hersteller verglichen. Die beiden untersuchten Systeme unterscheiden sich dabei in der Art, wie Fahrer in die Fahraufgabe eingebunden werden. Jeder Proband fuhr für etwa 30 Minuten mit durchschnittlich 50 Kilometer pro Stunde auf einem 1,6 Kilometer langen Rundkurs mit aktivem System. Am Ende der Fahrt mussten die Probanden ohne Vorwarnung in die Steuerung des Systems eingreifen und um ein Hindernis herumfahren.

Die Ergebnisse der 2. Studie zeigen ebenfalls, dass ein zuverlässigeres System, bei welchem den Fahrern primär die Rolle von Überwachern zukommt, zu Schwierigkeiten im Ver-

ständnis und Verhalten der Fahrer führt. So ist der korrigierende Eingriff den Fahrern des Fahrzeugs besser gelungen, das bereits durch die Gestaltung der Funktion den Fahrer stärker in die Fahraufgabe einbindet. Auch in diesem Kontext konnte das Tablet-Tool zuverlässig dazu genutzt werden, die Sicherheit der MMI der beiden untersuchten Systeme zu bewerten.

## Resümee

Das Verfahren bietet erstmals die Möglichkeit, die Auslegung der kontinuierlich unterstützenden Systeme mit Blick auf die MMI bewerten und vergleichen zu können. Die Ergebnisse können beispielsweise im Verbraucherschutz dazu genutzt werden, zukünftige Assistenz- oder Automatisierungssysteme hinsichtlich der MMI zu unterscheiden. Dies fördert eine sichere Ausgestaltung der Systeme. ■



*Das Tablet-Tool kann zukünftig dazu genutzt werden, die Sicherheit der Mensch-Maschine-Interaktion von Serienfahrzeugen in Probandenstudien auf Teststrecken zu bewerten*

# Level-3-Automation im Realverkehr

Anne Klamroth, Psychologin, Torsten Marx, Elektroingenieur und Alexander Zerbe, Master of Science Sensorik und kognitive Psychologie, Referat „Automatisiertes Fahren“

Ziel des im Juni 2019 abgeschlossenen Projektes PEGASUS (Projekt zur Etablierung von generell akzeptierten Gütekriterien, Werkzeugen und Methoden sowie Szenarien und Situationen zur Freigabe hochautomatisierter Fahrfunktionen) war es, wesentliche Lücken im Bereich des Testens bis hin zur Freigabe von Level-3-Fahrfunktionen zu schließen. Dafür war ein Vorgehen für das Absichern und Testen automatisierter Fahrfunktionen zu entwickeln, um die zügige Einführung des automatisierten Fahrens in der Praxis zu ermöglichen. Hierbei wurde der Autobahn-Chauffeur als zukunftsnahe Anwendungsbeispiel herangezogen, der die Nutzung einer Level-3-Funktion auf Autobahnen und autobahnähnlichen Straßen ermöglicht. Neben 17 Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft beteiligte sich die BAST im Auftrag der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) als assoziierter Partner an dem Projekt.

Bei einer Level-3-Automation können Fahrer in einem vom jeweiligen Hersteller klar definierten Anwendungsfall die Fahrzeugsteuerung voll-



Von links: Torsten Marx, Anne Klamroth und Alexander Zerbe

ständig an das System übertragen, sich von der Fahraufgabe abwenden und eine fahrfremde Tätigkeit ausüben. Eine Überwachungspflicht besteht nicht, allerdings müssen die Fahrer jederzeit in der Lage sein, die Fahrzeugsteuerung wieder zu übernehmen, wenn das System dazu auffordert. Ziel der BAST war die Identifizierung von potenziellen Risiken, die bei der Interaktion zwischen Level-3-Fahrzeugen und Fahrern entstehen können. In einem Feldversuch auf Bundesautobahnen im Raum Köln/Bonn wurde zunächst der Einfluss der Verkehrsdichte auf die Übernahmeleistung der Fahrer

betrachtet. Anschließend war die Frage zu klären, ob Auswirkungen einer vorausgehenden automatisierten Fahrt auf die Bewältigung unerwarteter Ereignisse im Anschluss an die erfolgreich abgeschlossene Übernahme bestehen.

Bisherige Studien haben die Interaktion zwischen automatisierten Fahrzeugen und menschlichen Fahrern hauptsächlich in Fahrsimulatoren untersucht. Diese bieten den Vorteil, dass auch kritische Fahrmanöver in einer sicheren Umgebung näher betrachtet und analysiert werden können. Es stellt sich allerdings immer auch die Frage, ob die erzielten Ergebnisse auf die reale Verkehrsumgebung übertragen werden können. Aus diesem Grund wurden die vorliegenden Studien mit dem BAST-eigenen Versuchsfahrzeug durchgeführt. Der Betrieb des Versuchsfahrzeugs ist unter Auflagen im öffentlichen Straßenverkehr (als Ausnahme) erlaubt.



Interaktionskonzept

## Studie im Realverkehr

Die erste Studie mit 39 Probanden fand im Realverkehr statt, die Fahr-





# Gesetzliche Anforderungen an Notbremsassistentensysteme für Pkw

Dr. Patrick Seiniger, Maschinenbauingenieur, stellvertretender Referatsleiter  
„Aktive Fahrzeugsicherheit und Fahrassistenzsysteme“



Unfälle entstehen oftmals durch menschliche Fehler, beispielsweise durch die falsche Einschätzung von Verkehrssituationen oder die Unaufmerksamkeit der Fahrer. Notbremsassistentensysteme können menschliche Fehler in bestimmten Grenzen ausgleichen, indem sie bei drohenden Kollisionen automatisch die Bremsen eines Fahrzeugs betätigen oder rechtzeitig ein Warngeräusch aktivieren.

Erste Notbremsassistentensysteme – RADAR-Sensoren mit Kopplung an die Bremsanlage und Warnfunktion – wurden Mitte des letzten Jahrzehnts entwickelt und waren damals in der Erfassung von kritischen Situationen noch stark eingeschränkt. Erste Systeme konnten zum Beispiel nur sehr knapp vor einem Unfall bremsen und keine stehenden Fahrzeuge erkennen. Seitdem wurden die Fähigkeiten von Notbremsassistentensystemen sukzessive verbessert, sodass sie heute – unter Nutzung von Bilderkennungsalgorithmen und hochentwickelten RADAR- oder Laserabstandssensoren – ein breites Spektrum von Unfallsituationen erkennen und oftmals die Unfälle vermeiden, mindestens aber den Unfallausgang positiv beeinflussen können.

## Freiwillige Einführung im Verbraucherschutz

Einheitliche Anforderungen an eine Notbremsassistentenz gab es lange nicht. Erst etwa 10 Jahre nach Markteinführung der ersten Systeme wurden im Verbraucherschutz-Programm Euro NCAP (European New Car Assessment Programme) erste

Bewertungskriterien für Notbremsfunktionen unter maßgeblicher Mitwirkung der BAST entwickelt und in die Fahrzeugbewertung eingeführt – 2014 für Heckaufprall-Situationen, ab 2016 auch für ungeschützte Verkehrsteilnehmer.

Die Honorierung in der Verbraucherschutz-Bewertung motivierte Fahrzeughersteller dazu, neue Fahrzeuge auf breiter Front mit entsprechenden Funktionen auszustatten, sodass es heute fast kein Fahrzeug mehr gibt, das nicht mit Notbremsystemen ausgestattet ist oder ausgestattet werden könnte. Diese Ausstattung ist weiterhin für die Fahrzeughersteller freiwillig und es sind unterschiedlich stark wirkende Systeme möglich.

## Gesetzliche Einführung mit verbindlichen Mindeststandards

Eine wirklich lückenlose Ausstattung aller Neufahrzeuge mit Notbremsassistentensystemen – die verbindlichen Mindeststandards entsprechen – ist nur zu erreichen, wenn diese Mindeststandards für die Fahrzeugtypgenehmigung gefordert werden, also die Marktzulassung eines Fahrzeugtyps. Die EU-Kommission hat für Europa festgelegt, dass alle neuen Fahrzeugtypen (Pkw und leichte Nutzfahrzeuge) ab Mai 2022 mit Notbremsassistentenz in Bezug auf Heckaufpralle und ab Mai 2024 für Unfälle mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern ausgerüstet sein müssen. Fahrzeuge ohne diese Systeme können 2 Jahre nach den genannten Daten nicht mehr neu zugelassen werden.

Verbindliche Anforderungen dafür werden seit 2017 entwickelt. Die BAST hat Deutschland in der zuständigen Arbeitsgruppe vertreten und die entstehende Vorschrift ganz entscheidend geprägt.

## Wie greifen Notbremsassistentensysteme ein?

Ziel von gesetzlichen Anforderungen ist es, einen vernünftigen Mindeststandard zu definieren. Für Notbremsassistentensysteme heißt das in der Regel, einen Kompromiss zwischen Verkehrssicherheit – Anzahl der vermiedenen Unfälle steigt mit frühzeitigem Bremseneingriff – und Systemrobustheit – Wahrscheinlichkeit für Fehlbremssungen steigt mit frühzeitigem Bremseneingriff – zu finden.

Der Ansatz der Arbeitsgruppe war der, die Anforderungen basierend auf einem automatischen Bremseneingriff zu einem Zeitpunkt festzulegen, zu dem menschliche Fahrer den Unfall nicht mehr vermeiden würden. Zur Orientierung, was menschliche Fahrer leisten können, hat die BAST eigene Messungen durchgeführt. Im Ergebnis zeigt sich, dass Fahrer im Extremfall und unter perfekten Bedingungen bis zu circa 0,7 Sekunden vor einem Unfall ausweichen können – durchschnittliche Fahrer aber bereits ab 0,9 Sekunden vor dem Unfall vermutlich kein erfolgreiches Ausweichmanöver mehr starten können.

Umgesetzt in Anforderungen bedeutet dies, dass übliche Notbremsassistentensysteme mit der Bremsung gefahrlos etwa 0,9 Sekunden





Zielobjekt für Heckaufprall-Unfälle

vor einem drohenden Aufprall beginnen können, ohne die Fahrer zu überstimmen. Sie können damit bis zu einer Differenzgeschwindigkeit von 42 Kilometer pro Stunde bei Fahrzeugen mit normaler Beladung den Aufprall vollständig vermeiden. Für vollbeladene Pkw ist die Grenze 40, für vollbeladene leichte Nutzfahrzeuge 35 Kilometer pro Stunde. Dies gilt sowohl für Unfallsituationen mit Fahrzeugen als auch mit Fußgängern. Bei höheren Geschwindigkeiten ist eine Kollision nicht mehr zu vermeiden, die Geschwindigkeit kann jedoch stark reduziert werden.

### Testfälle

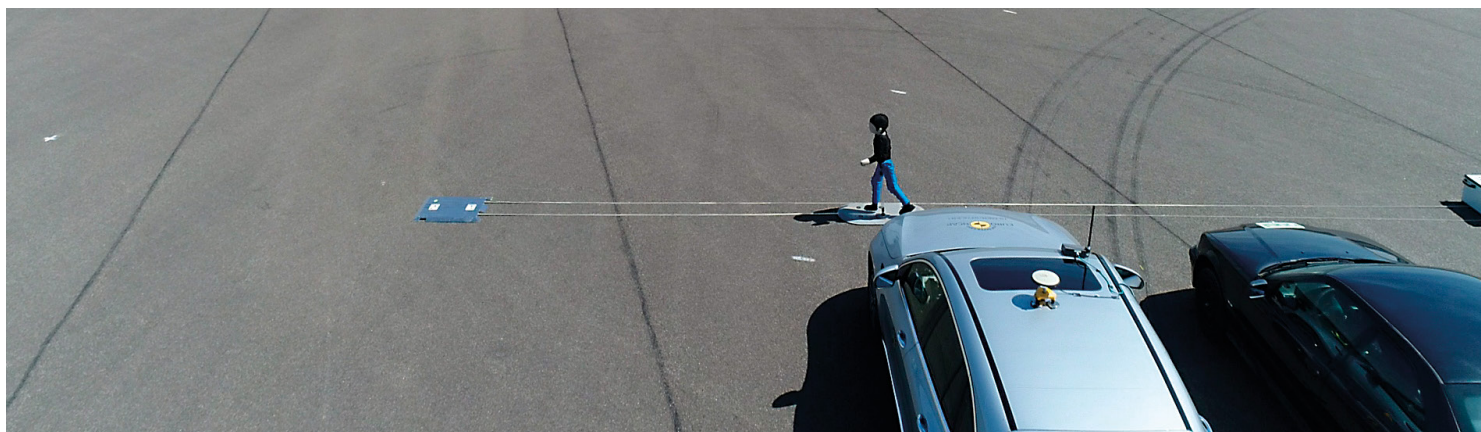
Für den Nachweis der Fähigkeiten von Notbremsassistentensystemen

werden Fahrversuche mit Targets durchgeführt, die bei Kollisionen keinen Schaden verursachen. In den gesetzlichen Anforderungen für Notbremsassistentenfunktionen gibt es ein breites Band von Testgeschwindigkeiten, in denen Notbremsassistentensysteme ihre Fähigkeiten nachweisen müssen. Insgesamt sind bis zu 20 einzelne Testfälle definiert.

### Aktueller Stand der Vorschriftenentwicklung

Die Arbeiten an der Vorschrift für Notbremsassistentensysteme (UN R152) sind weitgehend abgeschlossen und von den entsprechenden UN-Gremien angenommen. Letzte Diskussionen befassen sich mit sinnvollen Anforderungen für Fahrradunfälle.

Hier gibt es bisher zu wenig markt-reife Notbremsassistentensysteme. Trotzdem ist klar: In naher Zukunft werden alle Pkw im Sinne der Verkehrssicherheit mit leistungsfähigen Notbremsassistentensystemen ausgerüstet sein. ■



Zielobjekt für Fußgänger-Unfälle

# Datenaustausch im Straßenverkehr

Holger Drees, Physiker, Farzin Godarzi, Elektrotechnik-Ingenieur und Timo Hoffmann, Geograph, Referat „Vernetzte Mobilität“

In nahezu allen Bereichen unserer Welt schreitet die Digitalisierung mit großen Schritten voran. Im Straßenverkehr sind immer mehr Fahrzeuge mit einer schnell zunehmenden Anzahl von Sensoren ausgestattet, und auch die Straßeninfrastruktur liefert immer größere Datenmengen. Der Austausch von Daten zwischen allen Beteiligten im Straßenverkehr durch deren Vernetzung verspricht eine signifikante Erhöhung der Verkehrssicherheit und -effizienz. Begünstigt durch die rasante Entwick-

## Data Task Force – Data For Road Safety

Warnungen vor Gefahrensituationen auf Straßen für Fahrzeuge und deren Fahrer können Unfälle verhindern und Leben retten. Fahrzeuge sind es auch, die in vielen Fällen gefährliche Situationen auf Straßen, wie etwa Glatteis, am schnellsten und genauesten erkennen. Bisher erfolgt allerdings eine Warnung nachfolgender Fahrzeuge normalerweise nicht.



Von links: Timo Hoffmann, Farzin Godarzi und Holger Drees

lung der Übertragungstechnologien findet dieser Datenverkehr in zunehmendem Maße im Hintergrund statt. Bereits seit einiger Zeit setzt sich die BAST auf unterschiedlichen Ebenen dafür ein, dass der Datenaustausch auch über unterschiedliche Systeme hinweg diskriminierungsfrei, sicher und verlässlich ermöglicht wird.

In den im Folgenden vorgestellten Aktivitäten wirken viele Akteure mit ganz unterschiedlichen Interessen. Verschiedene Zielsetzungen und Ansätze erschweren dabei oftmals die Verständigung auf harmonisierte Datenaustauschstandards.

Die 2017 vom hochrangigen strukturierten Dialog zum automatisierten und vernetzten Fahren gegründete öffentlich-private Data Task Force arbeitet in dem „Data For Road Safety“ Projekt nun an einem organisatorischen und technischen Rahmen zum Austausch von sicherheitsrelevanten Verkehrsinformationen gemäß der Delegierten Verordnung 886/2013 im Raum der Europäischen Union. Hierbei soll durch die beteiligten EU-Mitgliedstaaten, Automobilhersteller und anderen Industriepartner eine Prozesskette aufgebaut werden, die fahrzeuggenerierte, sicherheitsrelevante

Daten über IT-Backends der OEMs (Original Equipment Manufacturer) zugänglich macht und diese Daten als Grundlage zur Erstellung von Verkehrswarmmeldungen für Verkehrsteilnehmer über die Nationalen Zugangspunkte in Europa bereitstellt – in Deutschland den Mobilitäts Daten Marktplatz (MDM).

## Hybride kooperative Verkehrssysteme

Möglichst schnell vor Gefahrensituationen zu warnen, ist ebenso ein Zweck von kooperativen Intelligenten Verkehrssystemen (C-ITS), mit denen ein Kommunikationsnetzwerk zwischen Verkehrsteilnehmern genutzt wird. Dabei können die Nachrichten über die Nahbereichskommunikationstechnologie – beispielsweise ETSI ITS-G5 – sowie auch über Langstreckenkommunikationstechnologie wie Mobilfunk verteilt werden.

Um eine größtmögliche geografische Abdeckung und optimale Netzwerkfähigkeiten im Rahmen von C-ITS zu erreichen, wurde in der C-Roads-Plattform in einer neuen Arbeitsgruppe das Konzept einer Hybridkommunikation erarbeitet. Ziel ist es, interoperable C-ITS-Dienste mit flexibler Austauschmöglichkeit zwischen Verkehrsteilnehmern in ganz Europa anzubieten, das heißt unabhängig von der Kommunikationstechnologie werden die gleichen Informationen übermittelt.

Im ersten Schritt zur Bereitstellung einer hybriden Kommunikation wurde eine Schnittstelle für den Echtzeitaustausch von C-ITS-



Nachrichten zwischen allen C-ITS Diensteanbietern durch Backend-Kommunikation spezifiziert. Die Spezifikation umfasst:

- Internetprotokoll (IP) – zur Etablierung der Kommunikationskanäle.
- Transportschicht-Sicherheit (TLS) – zur Sicherung der Kommunikationskanäle.
- Advanced Message Queuing Protokoll (AMQP) – als Nachrichtenprotokoll.
- Quadtree-Methode – zur Geolokalisierung von C-ITS-Diensten.

Die Backend-Kommunikation ist ein Kernaspekt der hybriden Kommunikation. Die 18 Mitgliedsstaaten der C-Roads-Plattform einigten sich nun für den grenzüberschreitenden C-ITS-Datenaustausch auf die Verwendung der Backend-Kommunikationsspezifikationen, um die Interoperabilität und harmonisierte C-ITS-Dienste zu gewährleisten.

### Mobility Data Space

Wenn Systeme voneinander losgelöst entwickelt werden, besteht die Gefahr, dass sie nicht oder nur schwer interagieren können. Mit dem Mobility Data Space soll ein Datenökosystem für jeglichen Austausch von Daten im Mobilitätssektor mit einheitlichen Standards und Regeln etabliert werden.

Als Grundlage dienen Konzepte und Technologien der International Data Spaces Association. Eine Kernfunktion dieser Data Spaces ist der sichere und souveräne Datenaustausch zwischen beliebigen Datengebern und Datennehmern. Connectoren stellen auf beiden Seiten sicher, dass ein adäquates Maß an IT-Sicherheit geleistet wird sowie die Vorgaben der Datengeber zur Nutzung der Daten eingehalten werden, und

spannen somit einen sicheren Datenraum auf. So können Data-Apps innerhalb der Connector-Umgebung auch sensible Daten verarbeiten, die diese Umgebung nie als Rohdaten verlassen dürfen. Die prozessierten Daten, die diese Umgebung verlassen, müssen dann zum Beispiel Datenschutzanforderungen erfüllen oder dürfen keine Rückschlüsse auf ursprünglich kommerziell verwertbare Daten ermöglichen.

Ergänzt wird das Konzept durch zentrale Elemente:

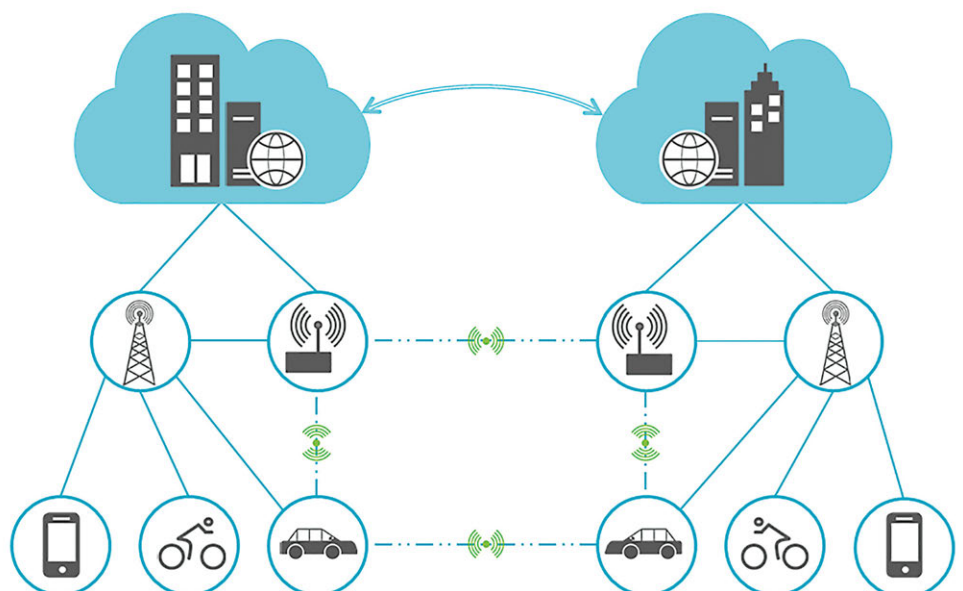
- Connectoren melden ihre Datenangebote inklusive Lizenz- und Nutzungsbedingungen an ein Metadatenverzeichnis.
- Ein Identitätsmanagement stellt das gegenseitige Vertrauen von zertifizierten Connectoren sicher.
- Gemeinsam genutzte Ontologien sorgen für gegenseitiges Verständnis und Interoperabilität von IT-Systemen.
- Data-Apps werden in einem App Store veröffentlicht.

Diese Konzepte wurden in anderen Anwendungsbereichen schon weit-

gehend demonstriert. Derzeit werden sie für den Mobilitätsbereich angepasst, um auch den MDM in einen breiteren Kontext zu setzen. Durch die Vernetzung des MDM mit weiteren existierenden Plattformen wird die Zugänglichkeit zu einem erweiterten Datenangebot erleichtert und somit die Reichweite und Nutzung des MDM vergrößert.

### Vernetzte Mobilität von morgen

Die Geschwindigkeit der Entwicklungen in den Bereichen Kommunikationstechnik, Datenverarbeitungskonzepte und Datenschutzstandards ist immens. Gleichzeitig werden einfache Möglichkeiten zum Datenaustausch über Domänengrenzen und administrative Grenzen hinweg notwendig, um multimodale Mobilitätsdienste einer wachsenden Anzahl von Mobilitätsanbietern zu ermöglichen. Die BAST engagiert sich in diversen Projekten, um hierfür digitale Grundlagen und Voraussetzungen mit zu gestalten und zu schaffen. ■



# 20 Jahre GIDAS

Sandra Breunig, Physikerin, Marcus Wisch, Mechatronik-Ingenieur, Referat „Passive Fahrzeugsicherheit, Biomechanik“, Janine Kübler, Bauingenieurin, Referatsleiterin „Straßenausstattung“ und Daniel Sander, Maschinenbauingenieur, Referat „Aktive Fahrzeugsicherheit und Fahrerassistenzsysteme“

## Was ist GIDAS?

Die German In-Depth Accident Study (GIDAS) ist eines der weltweit größten und bedeutsamsten Projekte im Bereich der vertieften Verkehrsunfallforschung. Verkehrsunfälle unter Beteiligung von mindestens einer verletzten Person werden gemäß einer etablierten Erhebungsmethodik unmittelbar nach deren Geschehen in den Großräumen Hannover und Dresden akribisch – besonders hinsichtlich technischer und medizinischer Gesichtspunkte – nach rein wissenschaftlichen Aspekten dokumentiert und anschließend rekonstruiert. Das Kooperationsprojekt GIDAS besteht seit 1999 zwischen der BAST und der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) und erfasst derzeit rund 2.200 Unfälle pro Jahr.

Das zeitversetzte Schichtsystem der Erhebungsteams zusammen mit den geografischen und städtebaulichen Randbedingungen (städtische und ländliche Gegenden sowie Autobahn) garantieren eine ausgewogene Sammlung an Verkehrsunfällen aller Arten und Verletzungsschweren an allen Tagen des Jahres. Die Unfalldaten beider Standorte werden in einer gemeinsamen Datenbank gesammelt, aus der sich umfassende Informationen zu den breit gefächerten Forschungsfeldern „passive und aktive Fahrzeugsicherheit“, „Verkehrs- und Rettungsmedizin“ und auch „Straßenausstattung und -zustand“ gewinnen lassen.

Mit den erhobenen und für Deutschland mittels eines Stichprobenverfahrens weitestgehend als reprä-



Von links: Sandra Breunig, Daniel Sander, Janine Kübler und Marcus Wisch

sentativ zu erachtenden Unfalldaten wurden seitdem Forschung in verschiedensten Bereichen der Verkehrssicherheit betrieben und Verbesserungen erzielt. Für den Gesetzgeber bietet GIDAS die Möglichkeit, das Unfallgeschehen genau zu beobachten, positive sowie negative Entwicklungen zeitnah festzustellen und die Erkenntnisse aus der Praxis in Regelwerke umzusetzen. Automobilhersteller und Zulieferer können anhand der Daten ihre Technologien verbessern und damit den Verkehr für alle Teilnehmer sicherer machen.

## Fahrzeugsicherheit und Infrastruktur

Neben zahlreichen Erkenntnissen, die in die Anforderungen an die passive Fahrzeugsicherheit – zum Beispiel hinsichtlich des Pkw-Insassenschutzes und des Fußgängerschutzes – eingeflossen sind, werden zunehmend auch die Informationen zur vorkollisionären Phase (Unfalleinlauf) genutzt, um Anforderungen an aktive Fahrzeugsicherheitssysteme und Fahrerassistenzsysteme zu formulieren.

Beispielsweise basieren die Geschwindigkeitsanforderungen und Unfallsituationen in der neuen Vorschrift zu Abbiegeassistentenfunktionen für Lkw und Busse (UN-Regelung Nr. 151, „Blind Spot Information Systems for Heavy Vehicles“, verpflichtend für neue Fahrzeugtypen ab 2022) im Wesentlichen auf Auswertungen der Fahr- und Kollisionsgeschwindigkeiten der Beteiligten bei Abbiegeunfällen aus GIDAS.

Auch im Verbraucherschutz tragen Auswertungen auf Basis von GIDAS im erheblichen Umfang zur Identifizierung kritischer Verkehrssituationen und Ableitung relevanter Testszenarien bei. So fließen unter anderem aus GIDAS extrahierte Daten zum Beschleunigungsverhalten der Kollisionsgegner, Kollisionspunkt und Kreuzungslayout in die Testszenarien ein, die Euro NCAP ab 2020 zur Evaluation von Kreuzungsassistenten nutzt.

Ein anderer Schwerpunkt der Nutzung der GIDAS-Daten betrifft den Bereich Infrastruktur. Die GIDAS-Daten werden unter anderem dazu genutzt, Anprallsituationen an Auf-





Beispielfall aus GIDAS, der vertieft untersucht wurde zum Thema Verkehrsunfälle zwischen 2 Pkw an Kreuzungen – Fahrzeug A: Abbieger und Fahrzeug B: Vorfahrtsberechtigter

stellvorrichtungen für Verkehrszeichen (beispielsweise Gabelständer) oder Unfälle an Fahrzeug-Rückhaltesystemen im Detail zu analysieren. Aus diesen Analysen können dann Parameter für Anprallversuche oder Verbesserungspotenziale für Konstruktionen abgeleitet werden.

### Festakt zum 20-jährigen Bestehen

Am 11. Juli 2019 wurde anlässlich des 20-jährigen Bestehens des GIDAS-Projekts ein Festsymposium unter der Schirmherrschaft des Bundesverkehrsministers Andreas Scheuer in Dresden abgehalten.

Neben der historischen Entwicklung der Unfallforschung, die bereits in den 70er Jahren auch in der BAST begann, wurde ebenfalls in die Zukunft des GIDAS-Projekts geschaut. Der Wille und die Notwendigkeit das Projekt fortzuführen und dieses für die Herausforderungen der zukünftigen Mobilität – steigende Verkehrsleistung, neue Mobilitäts- und

Antriebskonzepte, demografischer Wandel, zunehmende Automatisierung, Elektrifizierung und Vernetzung des Verkehrs – nutzbar zu machen, wurden von allen Beteiligten bekräftigt. Es wurde klar, dass der Mensch und der Fachbereich Psychologie noch stärker in den Fokus rücken muss. Die nächsten Jahre werden daher intensiv genutzt, um

eine noch bessere Projektstruktur zu schaffen, die mindestens weitere 20 Jahre Bestand haben wird. ■



[www.gidas.org](http://www.gidas.org)



Keynote-Sprecher des Festsymposiums (von links): Horst Kretzschmar (sächsischer Landespolizeipräsident), Stefan Strick (Präsident der BAST), Guido Zielke (Abteilungsleiter „Straßenverkehr“ im BMVI), Henrik Liers (Geschäftsführer VUFO GmbH), Prof. Horst Brunner (TU Dresden), Bernhard Mattes (Präsident VDA), Dieter Scheuert (Daimler AG) und Andre Seeck (Abteilungsleiter „Fahrzeugtechnik“ der BAST) (Bild: Daniel Grosche, VUFO GmbH)

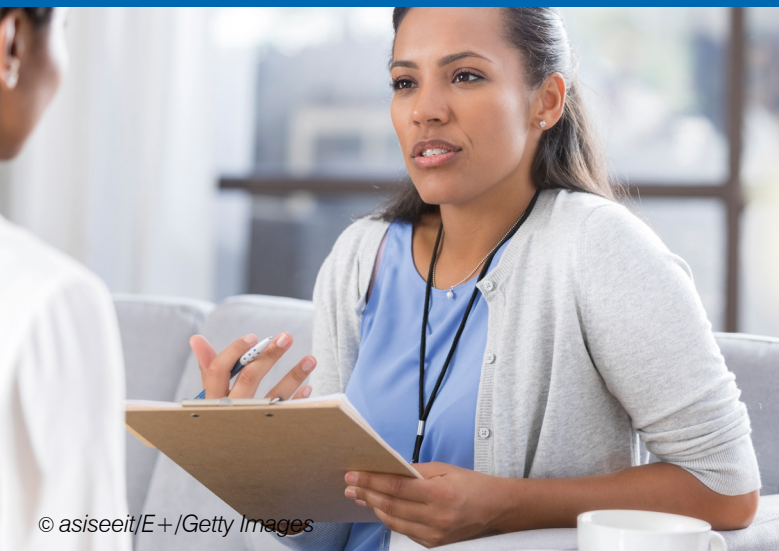




© Westend61/Getty Images



© Guido Rosemann, BAST



© asiseeit/E+/Getty Images

# Hilfe Finder

für Verkehrsunfallopfer  
mit psychischen Folgen

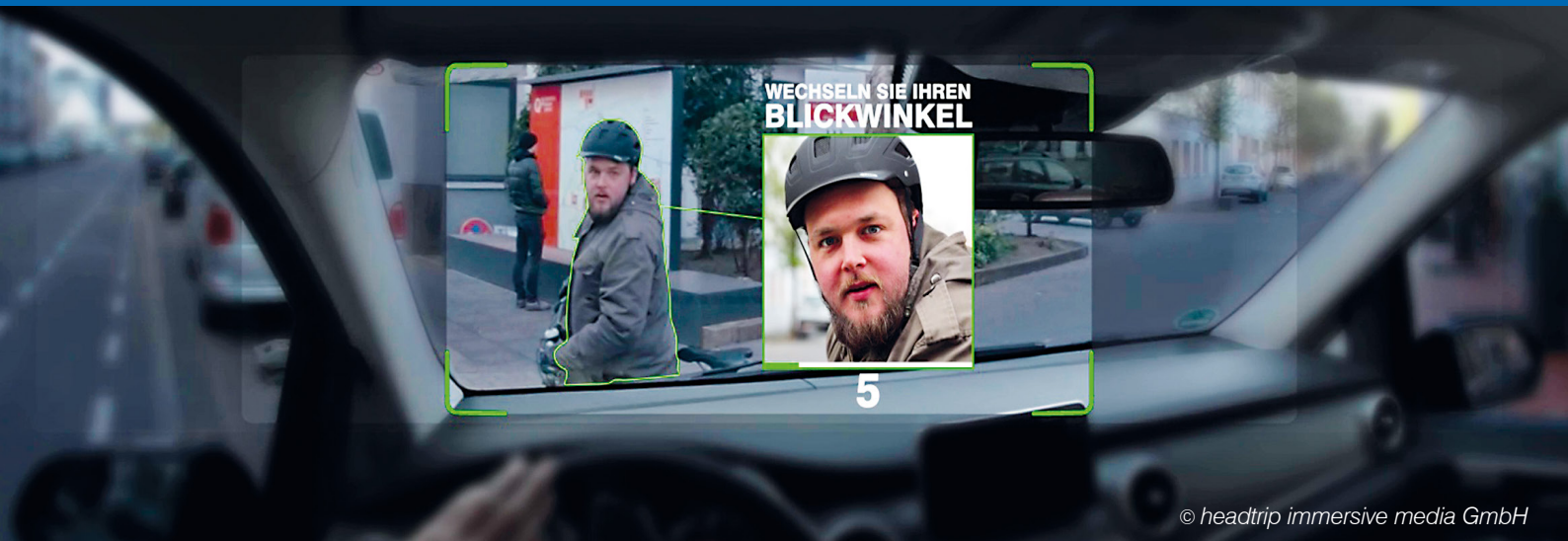


© Loop Delay/Getty Images





© Guido Rosemann, BASt



© headtrip immersive media GmbH

# Verkehrssicherheit

Virtual Reality in der Verkehrssicherheitsarbeit

Fahrradsimulator der BASt

Evaluation der Fahreignungsseminare

Onlineportal [www.hilfefinder.de](http://www.hilfefinder.de)

Influencer in der Verkehrssicherheitskommunikation

Senken des Unfallrisikos junger Fähranfänger

# Virtual Reality in der Verkehrssicherheitsarbeit

Kristin Weirich, Bildungs- und Erziehungswissenschaftlerin, Projektleiterin #AUGENBLICKWINKEL360 und Benjamin Schreck-von Below, Verkehrsingenieur, stellvertretender Referatsleiter „Sicherheitskonzeptionen, Sicherheitskommunikation“



## Verkehrssicherheit im Radverkehr

Radfahren liegt im Trend. Im Mobilitätsverhalten nimmt dieser Trend bundesweit leicht zu, in Metropolen deutlicher. Gemäß der Studie „Mobilität in Deutschland 2018“ besaßen 78 Prozent der Haushalte im Jahr 2017 mindestens ein Fahrrad und bereits 8 Prozent ein Pedelec (Fahrrad mit elektrischer Tretunterstützung). Damit gibt es in deutschen Haushalten 72 Millionen Fahrräder (davon 4 Millionen Pedelecs). Der Bestand hat sich seit 2002 um 5 Millionen erhöht.

Erhöht hat sich aber nicht nur der Bestand, sondern auch die Nutzung. So ist die Anzahl der mit dem Fahrrad zurückgelegten Wege pro Tag von 24 Millionen im Jahr 2002 auf 29 Millionen in 2017 angestiegen. Der Anteil am Modal Split ist im gleichen Zeitraum im Bundesmittel entsprechend von 9 auf 11 Prozent angestiegen.

Die weiter zu erwartende Zunahme des Radverkehrs sowie die gesellschaftlich und politisch gewollte Attraktivitätssteigerung und Förderung des Radverkehrs bleibt nicht

ohne Folgen für andere Bereiche. So zeigt die Entwicklung der Anzahl der Unfälle mit Radverkehrsbeteiligung einen negativen Trend. Positiv hervorzuheben ist dennoch der deutliche Rückgang der Zahl der tödlich verunglückten Radfahrer, allerdings stagniert diese Entwicklung seit 2010 mit rund 400 Getöteten pro Jahr. Daher steht die Verkehrssicherheit im Radverkehr weiterhin im Fokus der Bemühungen zur Verbesserung der Verkehrssicherheit. Durch einen lückenhaften Ausbau der Radverkehrsinfrastruktur oder unvollständige Netze kommt es zu falscher Nutzung und Akzeptanzproblemen. Insgesamt geraten Radfahrer im gesamten Straßennetz häufig in Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern.

Beim Radverkehr müssen zur weiteren Verbesserung der Unfallzahlen neben Infrastrukturmaßnahmen auch andere Bereiche berücksichtigt werden. So sollte das Verhalten aller Verkehrsteilnehmer noch stärker als bisher in den Mittelpunkt der Verkehrssicherheitsarbeit rücken. Beim Interaktionsverhalten besteht ein hohes Verbesserungspotenzial bei der Vermittlung von

Verkehrssicherheitsbotschaften zur weiteren Aufklärung, Information und gegenseitigen Sensibilisierung mit geeigneten Formen der Ansprache. Vor dem Hintergrund der Diskussion um die Flächenaufteilung in einem begrenzten Straßenraum ist die gegenseitige Rücksichtnahme unabdingbar. Dabei bringt die Digitalisierung zahlreiche Chancen für die Entwicklung neuer digitaler Lernmethoden. Das wachsende Radverkehrsaufkommen mit zahlreichen unterschiedlichen Altersgruppen und differenzierten Nutzeransprüchen zeigt hier einen besonderen Bedarf nach zeitgemäßen und innovativen Anspracheformen.

## Das VR-Projekt #AUGENBLICKWINKEL360

Mithilfe von Virtual Reality (VR) können wir entfernte Orte wie die Sonne besuchen, vergangene Epochen wie die des Inka Reiches bestaunen oder – wie im BAST-Projekt – auf das Fahrrad steigen. Bis vor einigen Jahren galt die neue Technik der Computerbrille noch als kurzfristiger Hype, doch hat sie heute bereits nicht nur die Spiel- und Unterhaltungsindustrie überzeugt sondern auch die Wirtschaft und Bildungseinrichtungen.

Vor diesem Hintergrund entstand 2019 das Pilotprojekt #AUGENBLICKWINKEL360. Eingebettet in ein Blended Learning Konzept (Verknüpfung der Vorteile von Präsenzveranstaltung und E-Learning), wird die VR-Anwendung genutzt, um für Gefahren zu sensibilisieren, die im Straßenverkehr zwischen Radfahrern und Pkw-Fahrern entstehen können.



Szene aus dem 360 Grad-Video „Überholen“ (Video: headtrip immersive media GmbH)



Hiermit sollen erste Erkenntnisse zur Akzeptanz und Wirksamkeit dieses neuen Mediums gesammelt werden.

In 3 Kurzfilmen (Abbiegen, Dooring und Überholen) werden Konfliktsituationen zwischen Pkw- und Radfahrern gezeigt. Die Nutzer erleben dabei die Fahrten aus der Perspektive von Pkw-Fahrern und anschließend noch einmal aus der Perspektive von Radfahrern. Die Vermittlung der lebendigen Eindrücke in dieser Verkehrsumgebung, dient sowohl dem Lernen neuer Sachverhalte als auch dem Transfer von der Theorie zur Praxis. Im Fokus der VR-Anwendung steht dabei die Sensibilisierung für die Thematik „Sicherheit und Nutzbarkeit markierter Radverkehrsführungen, insbesondere Schutzstreifen“.

### VR als Randthema in der Verkehrserziehung

Zwar stellt diese mediale Lehr- und Lernmethode bislang noch ein Randthema in der Verkehrserziehung dar, doch bietet ihr Einsatz viele Potenziale, um ein fester Bestandteil auf diesem Anwendungsgebiet zu werden. Denkbar ist ihr flexibler und kostengünstiger Gebrauch in Zielgruppenprogrammen, wie dem für junge Fahrerinnen und Fahrer

(Aktion junge Fahrer). Denn wirklich mal schief gehen darf in dieser Welt alles. Reale Konsequenzen gibt es nicht – nur für den individuellen Lernerfolg.

### Ergebnisse der Kurzevaluationen von #AUGENBLICKWINKEL360

Erste Erkenntnisse für die weitere Arbeit bringen die Kurzevaluationen, die am Tag der Verkehrssicherheit in der BAST (Juni 2019) und am Tag der offenen Tür im BMVI (August 2019) durchgeführt wurden. Von den 127 befragten Personen im Alter von 5 bis 82 Jahren entschieden sich knapp über die Hälfte für den Kurzfilm „Abbiegen“. Insgesamt gab rund ein Drittel an, bereits vorab schon einmal eine VR-Anwendung ausprobiert zu haben. Mit einem Fragebogen wurden die Besucher anhand von Skalen zu ihren Erwartungen, der Darstellung der Verkehrsszenarien, der Verständlichkeit der Botschaft sowie zur Bedienbarkeit der Anwendung befragt:

- 92 Prozent gefiel die VR-Anwendung sehr gut bis gut.
- 90 Prozent bewerteten die Realitätsnähe der Darstellung über die VR-Brille als sehr gut bis gut.

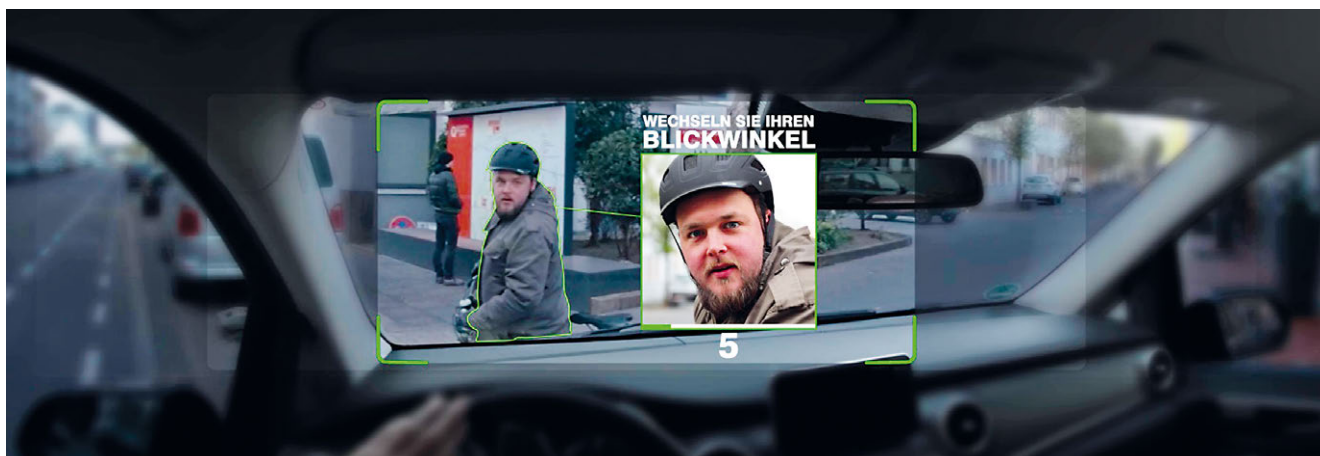
- Für 89 Prozent der Befragten war der Perspektivwechsel sehr gut bis gut verständlich aufbereitet.
- 83 Prozent kamen mit der Bedienung der VR-Brille sehr gut bis gut zurecht.

#AUGENBLICKWINKEL360

Durch zahlreiche Gespräche und Zuschriften über soziale Medien wurden viele Ideen und Anregungen für künftige Kurzfilme nach demselben Muster gesammelt. Nach dem erfolgreichen Auftakt werden nun neue VR-Videos konzipiert, die ab Frühjahr 2020 auch auf YouTube angeboten werden. Bis dahin können Interessierte auf Instagram den Fortschritt der Arbeiten unter dem Schlagwort „augenblickwinkel\_360“ verfolgen. ■



#AUGENBLICKWINKEL360



Szene aus dem 360 Grad-Video „Überholen“ (Video: headtrip immersive media GmbH)

# Fahrradsimulator der BASt

Fabian Surges, Psychologe, stellvertretender Referatsleiter und Dr. Martina Suing, Psychologin, Referat „Grundlagen des Verkehrs- und Mobilitätsverhaltens“



## Experimentelle Verhaltensforschung zur Erhöhung der Radverkehrssicherheit

Um zukünftig das Fahrradfahren noch attraktiver und sicherer zu gestalten, ist es erforderlich, das Verhalten von Fahrradfahrern in unterschiedlichen Situationen besser zu verstehen und vorhersagen zu können. Eine Methode dieses Verhalten zu untersuchen, ist die Durchführung von Studien im Fahrradsimulator. Diese bieten einige Vorteile gegenüber Untersuchungen im Realverkehr: Zum einen lassen

kehrssicherheitsforschung nutzen zu können, betreibt die BASt seit 2018 einen Fahrradsimulator, der zunächst für den Einsatz im Rahmen von Forschungsprojekten angepasst wurde. Das virtuelle Umfeld wird von insgesamt 10 miteinander kombinierten Bildschirmen erzeugt, die ein 300 Grad-Sichtfeld in HD-Qualität ermöglichen. Durch die Montage des Simulators auf einer sich leicht bewegenden Bodenplatte sowie

werden, inwieweit sich der Fahrradsimulator für Fahrverhaltensbeobachtungen in experimentellen Studien mit älteren Probanden – als besonders gefährdete Teilnehmer des Radverkehrs – eignet. Dabei wird unter anderem untersucht, ob sich Unterschiede zwischen Senioren und Fahrradfahrern mittleren Alters im Fahr- und Kompensationsverhalten beobachten lassen. Weiterhin wird analysiert, wie kritische Verkehrssituationen im Fahrradsimulator wahrgenommen werden und ob es altersbedingte Unterschiede beim möglichen Auftreten der Simulator-Sickness gibt – einem Unwohlsein vergleichbar mit dem Phänomen der Reisekrankheit (Kinetose). Die Erfahrungen aus dieser ersten Vorstudie sollen als Grundlage für zukünftige Studien genutzt werden und wichtige Hinweise für die weitere Optimierung des Fahrradsimulators sowie für die Gestaltung der virtuellen Strecken liefern.



Fahrradsimulator der BASt (Bild: Guido Rosemann, BASt)

sich standardisierte Verkehrssituationen herstellen, die im Realverkehr so nicht reproduzierbar sind. Zum anderen kann im Simulator das Verhalten der Probanden in kritischen und somit unfallträchtigen Verkehrssituationen untersucht werden, ohne die Probanden oder andere Verkehrsteilnehmer zu gefährden.

den Einsatz eines PC-gesteuerten Rollentrainers mit variablem Tretwiderstand soll zudem ein möglichst realistisches Fahrgefühl erzeugt werden. Sämtliche Parameter des Fahrverhaltens – zum Beispiel Lenkbewegungen, Bremsreaktionen oder die Trittfrequenz – werden aufgezeichnet und können im Nachgang im Detail untersucht werden.

## Perspektiven der Fahrradsimulator-Forschung

Zukünftig sollen mit dem Fahrradsimulator der BASt weitere verkehrssicherheitsrelevante Fragestellungen untersucht werden. Hierbei sind zunächst die Themen Ablenkung beim Fahrradfahren (zum Beispiel durch Smartphone-Nutzung), Besonderheiten bei der Nutzung von Pedelecs sowie Interaktion zwischen Fahrradfahrern und anderen Verkehrsteilnehmern von besonderem Interesse. ■

## Fahrradsimulator der BASt



Um die Vorteile von Simulatoren im Bereich Radver-

## Erste Machbarkeitsstudie

Mit einer im Jahr 2019 begonnenen Machbarkeitsstudie soll überprüft



# Evaluation der Fahreignungsseminare



Dr. Simone Klipp, Psychologin, Referat „Fahreignung, Fahrausbildung, Kraftfahrerrehabilitation“

Im Mai 2014 wurde das Mehrfach-täter-Punktsystem, das im Flensburger Kraftfahrt-Bundesamt anhand des Verkehrszentralregisters geführt wurde, auf das Fahreignungs-Bewertungssystem umgestellt. Dies wird nun anhand des Fahreignungsregisters verwaltet.

Mit der Einführung dieses neuen Systems wurden die bis dahin durchgeführten Aufbauseminare für punkteauffällige Kraftfahrer durch die von der BAST neu konzipierten Fahreignungsseminare (FES) ersetzt. Gleichzeitig wurde die BAST gesetzlich mit der Evaluation der FES beauftragt. Insbesondere sollte im Rahmen der Evaluation untersucht werden, „ob das Fahreignungsseminar eine verhaltensverbessernde Wirkung im Hinblick auf die Verkehrssicherheit hat“ (§ 4b Straßenverkehrsgesetz).

Zur Erfüllung ihres gesetzlichen Auftrags hat die BAST umfangreiche Forschungsaufträge vergeben und deren Ergebnisse in einem Gesamtbericht an das BMVI übergeben. Die Veröffentlichung der Ergebnisse erfolgte Anfang Juli 2019 als Drucksache 19/11425 des Deutschen Bundestags: <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/114/1911425.pdf>.

## Studienbeschreibung

Folgende Untersuchungen wurden durch die von der BAST koordinierten Forschungsaufträge durchgeführt:

- Erhebung verschiedener Indikatoren der Verkehrsbewährung von Teilnehmern an FES (Experimentaltgruppe) und von Nicht-Teilnehmern



© asiseit/E+/Getty Images

mern (Kontrollgruppe) über das Fahreignungsregister durch das KBA.

- Erhebung von selbstberichtetem Verkehrsverhalten: Beide Untersuchungsgruppen wurden zu ihrer Verkehrsbewährung in einem bestimmten Zeitraum befragt und miteinander verglichen.
- Befragung zu Einstellung und Verhalten: Anhand geeigneter Fragebogen wurden Teilnehmer an FES zu Motivation, Einstellung und Verhalten befragt und mit Nicht-Teilnehmern verglichen.

## Ergebnisse

Die Befragungen der FES-Teilnehmer hat gezeigt, dass die Seminare zur Reflektion des Verhaltens anregen, gut akzeptiert werden und die Teilnehmer die im Seminar vereinbarten Ziele auch einhalten wollen. Im Vergleich zur Kontrollgruppe zeigen sich statistisch signifikante, aber nur schwache Effekte, die mit der gewünschten Wirkung von FES in Einklang zu bringen sind: Die Teilnehmer zeigten mehr Sicherheitsverantwor-

tung, ein deutlicher ausgeprägtes Bewusstsein für riskantes Fahrverhalten sowie mehr Wissen hinsichtlich der Verkehrsregeln. Die durch das Seminar bewirkten Einstellungs- und Verhaltensänderungen sind jedoch nicht von solcher Stärke, dass sie auch im Verkehrsverhalten ihren Ausdruck finden.

Für einen Beobachtungszeitraum von 24 Monaten liegen die Indikatoren der Verkehrsbewährung in beiden Gruppen auf demselben Niveau. Es lassen sich jedoch einige systematische Effekte für Subgruppen erkennen: Frauen, die an FES teilnehmen, werden seltener auffällig als Frauen ohne FES-Teilnahme – genauso wie Teilnehmer aus städtisch geprägten Regionen seltener auffällig werden als Nicht-Teilnehmer aus solchen Regionen. ■



## Unterstützung bei psychischen Belastungen infolge von Verkehrsunfällen

Verkehrsunfälle können nicht nur zu körperlichen Verletzungen führen, sondern auch psychische Beschwerden nach sich ziehen. Häufig berichtete Folgen sind Ängste, Schlafstörungen oder Konzentrationschwierigkeiten. Dabei kann sich ein Unfall nicht nur auf die direkt Beteiligten auswirken.

Wie die Kampagne „Runter-vom-Gas!“ – „Perspektiven der Betroffenen“ zeigt, sind bei jedem Verkehrsunfall mit Todesfolge im Durchschnitt 113 Menschen betroffen. Hierzu gehören neben den Unfallbeteiligten auch Ersthelfer, Zeugen oder Angehörige. Psychi-

sche Unfallfolgen können bei all diesen Gruppen auftreten.

Psychische Unfallfolgen zeigen sich in der Regel zunächst in Form einer akuten Belastungsreaktion. Diese weitgehend normale Reaktion wird von den meisten Betroffenen selbstständig und ohne langfristige Folgen bewältigt. Einem Teil der Betroffenen gelingt dies jedoch nicht – sie werden psychisch krank und entwickeln beispielsweise eine Posttraumatische Belastungsstörung, leiden unter depressiven Reaktionen oder Angststörungen [1]. Spätestens dann ist psychotherapeutische Hilfe angezeigt.

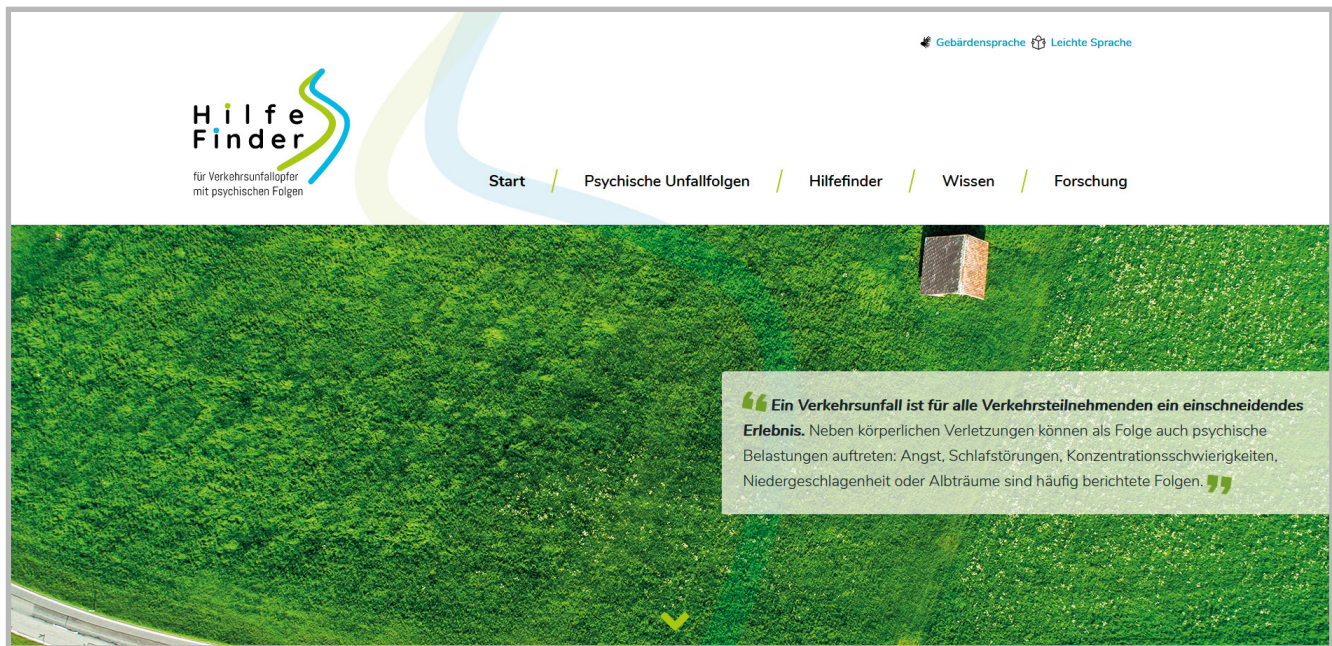
### Versorgung von Menschen mit psychischen Unfallfolgen

Die BAST hat in einer Studie die Versorgungssituation von Verkehrsunfallopfern untersucht, die unter psychischen Folgen leiden [2]. Hiernach gibt es zwar eine Vielzahl an Institutionen, die Hilfe für psychisch belastete Menschen anbieten, aber es gibt kaum Einrichtungen, die auf die Versorgung psychischer Belastungen infolge von Straßenverkehrsunfällen spezialisiert sind. Die Versorgungslandschaft ist unübersichtlich und für Laien ist es schwierig, sich adäquat zu informieren. Fehlendes Wissen



© Guido Rosemann, BAST





kann dazu führen, dass auftretende Symptome nicht richtig eingeordnet und/oder nicht ernst genommen werden und sich dadurch das Aufsuchen eines adäquaten (zum Beispiel psychotherapeutischen) Versorgungsangebots verzögert. Die in der Studie befragten Experten werten einen frühzeitigen Zugang zu professionellen Hilfsangeboten als eine wichtige Maßnahme, um psychische Unfallfolgen zu vermeiden oder zu reduzieren.

### Realisierung der Webseite [www.hilfender.de](http://www.hilfender.de)

Um die Situation von Menschen mit psychischen Unfallfolgen zu verbessern, hat die BAST in Kooperation mit dem Deutschen Verkehrssicherheitsrat e.V. (DVR) und der Verkehrsunfall Opferhilfe Deutschland e.V. (VOD) das Internetportal [www.hilfender.de](http://www.hilfender.de) entwickelt. Die Website hat das Ziel, umfassend über psychische Unfallfolgen aufzuklären. Die Betroffenen, aber auch deren Angehörige und andere Interessierte, können sich über typische Symptome, Behandlungsmethoden und -einrichtungen informieren und

so ein besseres Verständnis hinsichtlich psychischer Unfallfolgen und deren Behandlung erhalten. Mit einer Postleitzahlensuche können regionale Einrichtungen gefunden werden, die den Betroffenen kurzfristig und unbürokratisch Unterstützung anbieten.

Die Webseite weist auch auf mögliche Herausforderungen hin, die sich beispielsweise durch ein verzögertes Auftreten psychischer Unfallfolgen oder bei der Inanspruchnahme geeigneter Hilfsangebote ergeben können. Den Betroffenen sollen Kenntnisse vermittelt und Werkzeuge an die Hand gegeben werden, um diese Hürden zu überwinden. [www.hilfender.de](http://www.hilfender.de) möchte so einen Beitrag dazu leisten, die frühzeitige und adäquate Versorgung bei psychischen Unfallfolgen zu begünstigen.

Für Fachleute aus Forschung und Praxis werden aktuelle und zentrale wissenschaftliche Veröffentlichungen zum Thema psychische Unfallfolgen zur Verfügung gestellt. Auch die Einbindung der Webseite in zukünftige Forschungsprojekte

ist in Planung – beispielsweise im Rahmen einer Evaluation oder bei der Rekrutierung von Probanden.

Das Onlineangebot wird fortlaufend aktualisiert. Ein kostenfreier Flyer kann bestellt werden, der sich zur Weitergabe an Betroffene eignet. ■

### Literatur

- [1] AUERBACH, K.: Psychische Folgen von Verkehrsunfällen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 245, 2014
- [2] AUERBACH, K. und SURGES, F.: Versorgung psychischer Unfallfolgen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 291, 2019



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

# Influencer in der Verkehrssicherheitskommunikation

Stefanie Kaup, Kommunikationswissenschaftlerin, Referat „Sicherheitskonzeptionen, Sicherheitskommunikation“



Das Phänomen Influencer begegnet uns besonders im Kontext von sozialen Netzwerken wie Instagram und YouTube. Diejenigen Menschen, die als Influencer definiert werden, zeichnen sich durch eine starke Präsenz in sozialen Netzwerken aus. Mit ihren selbst erstellten Text-, Bild- und Videobeiträgen erreichen und begeistern sie eine große Zahl von Menschen. Durch die Einblicke in ihr (Privat-)Leben und die Interaktion mit ihren Followern gelten sie als besonders authentisch und glaubwürdig. Daher wird ihnen großes Potenzial zugeschrieben, Meinungen, Einstellungen und Verhaltensweisen ihrer Follower zu beeinflussen.

Seit einigen Jahren ist deutlich erkennbar, dass sich soziale Netzwerke in allen Altersgruppen und gesellschaftlichen Schichten zunehmend großer Beliebtheit erfreuen. Im Gegensatz dazu verlieren klassische Medienangebote besonders bei jungen Menschen weiter an Bedeu-

tung. Um die Zielgruppen von Verkehrssicherheitsbotschaften auch in Zukunft erreichen zu können, ist es unerlässlich, sich am Medienutzungswandel der Bevölkerung zu orientieren. Influencer werden auch in den bisher schwer zu erreichenden Zielgruppen der Verkehrssicherheitskommunikation rezipiert – zum Beispiel Menschen mit niedrigem sozioökonomischen Status, niedrigem Bildungsniveau oder Migrationshintergrund. Die aktuelle Popularität von Influencern legt nahe, dass diese – ähnlich wie im Marketing – auch in der Verkehrssicherheitsarbeit erfolgreich eingesetzt werden können.

## Erstes Forschungsprojekt

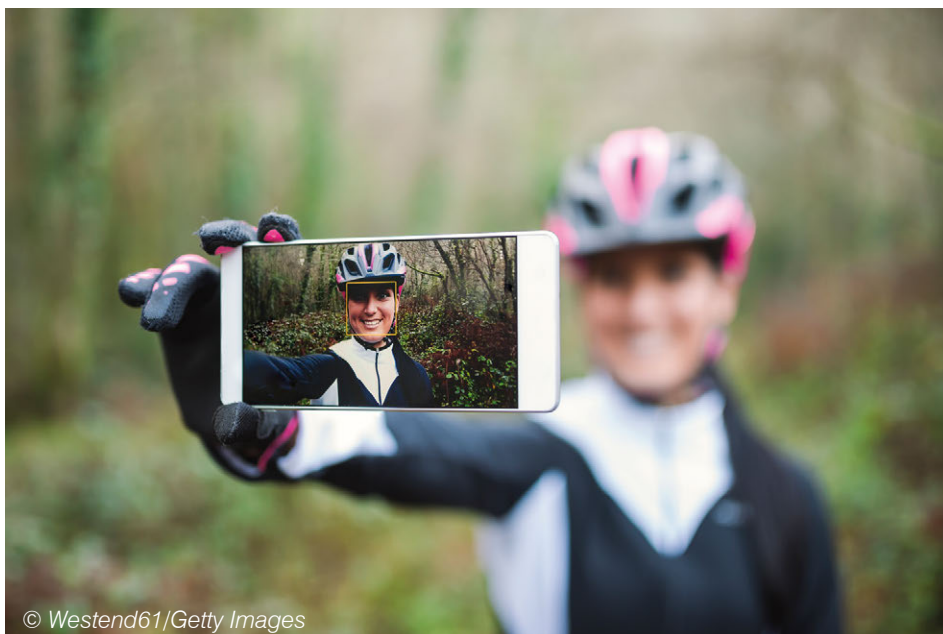
Um einen umfassenden Überblick über das für die BASt noch neue Forschungsgebiet der Influencer-Kommunikation zu gewinnen und Potenziale von Influencern für die zielgruppengerechte Ansprache in

der Verkehrssicherheitsarbeit benennen zu können, wurde in 2019 ein erstes Forschungsprojekt durchgeführt. Zum einen umfasste dieses eine umfangreiche Aufarbeitung des Forschungsstandes zur Influencer-Kommunikation. Die aktuellen Erkenntnisse bauen zum einen auf der bereits seit den 1940er Jahren betriebenen Meinungsführerforschung auf. Zum anderen stand die Analyse der vorab definierten Zielgruppen der Verkehrssicherheitsarbeit (Kinder, Junge Fahrer, Senioren, Radfahrer, Motorradfahrer) im Fokus: Hier wurden nicht nur die Vulnerabilität der jeweiligen Gruppe im Straßenverkehr und die bisherigen darauf bezogenen Kommunikationsmaßnahmen erörtert, sondern auch deren Mediennutzungsverhalten detailliert untersucht.

## Wirkung der Influencer-Kommunikation

National und international publizierte Studien belegen, dass die Kommunikation von Influencern nicht nur zur Information der Rezipienten führt, sondern darüber hinaus auch zu Einstellungs- und Verhaltensveränderung beitragen kann. Ein zentraler Befund der Persuasionsforschung ist, dass die eingeschätzte Glaubwürdigkeit der Informationsquelle oder des Influencers einen Einfluss auf die Einstellungsänderung hat.

Follower schreiben ihren Influencern einen Expertenstatus auf einem bestimmten Interessensgebiet zu. Ob Expertise tatsächlich vorhanden ist, ist dabei weniger relevant als die Tatsache, dass Influencer auf ihre Follower authentisch und ver-



© Westend61/Getty Images



trauenswürdig wirken. Durch ihre Selbstdarstellung, ihre Führungsbereitschaft und kommunikative Art kreieren Influencer Nähe zu ihren Followern. Diese Nähe ermöglicht den Aufbau parasozialer Beziehungen, also emotionale Bindungen der Follower an die Influencer, die über die Rezeptionssituation hinaus bestehen bleiben.

Insbesondere im Prozess der sozialen Identitätsentwicklung im Jugendalter können parasoziale Beziehungen eine große Rolle spielen. Influencer fungieren als Orientierungshilfen, die das Interesse an neuen Themen wecken können, komplexe Informationen zielgruppenspezifisch aufbereiten und in Bezug auf Normen und Werte eine klare Position zeigen.

### Best Practice

Im Social Marketing der Gesundheitsbranche, das viele Parallelen zur Verkehrssicherheitsarbeit aufweist, kooperieren Organisationen bereits seit 2014 mit Influencern. Beispielsweise berichten Influencer, die selbst an Depressionen erkrankt sind, in Zusammenarbeit mit der Deutschen Depressionshilfe von ihren Erfahrungen und ihrem Umgang mit der Krankheit und machen Followern Mut, sich mit der Thematik auseinanderzusetzen. Die Follower schätzen die Offenheit der vermeintlich perfekten Vorbilder und tauschen sich in Videokommentaren zum Teil sehr emotional über ihre eigenen Erfahrungen aus.

Da die Verkehrssicherheitsarbeit verschiedenste Interessen und Alltagsthemen tangiert, bieten sich für diverse Influencer Anknüpfungspunkte, inhaltlich passende Themen für ihre Zielgruppe aufzubereiten. So könnten beispielsweise junge



Frauen von Stil-Inspiratorinnen unter dem Gesichtspunkt des Aussehens – der bei einem Großteil der Zielgruppe den Hauptgrund gegen den Fahrradhelm darstellt – davon überzeugt werden, dass sich modebewusstes Aussehen und Sicherheit nicht ausschließen müssen. Für langfristige Kooperationen im Bereich Sicherheit von Kindern im Straßenverkehr eignen sich Influencer, die gerade selbst Eltern geworden sind und über das Leben mit diesen berichten. Je nach Alter ihres Kindes können sie ihre Follower über Themen wie Kindersitzgebrauch oder die sichere Schulwegplanung informieren.

Bei der Planung von Verkehrssicherheitskampagnen in sozialen Netzwerken ist zu berücksichtigen, dass diese Medienkanäle bestimmte Spezifika haben. Während zum Beispiel Instagram eine typische Plattform für Bilder darstellt und sich weniger für lange Textbotschaften eignet, lassen sich auf YouTube komplexe Inhalte durch den Einsatz von Videos einfach darstellen und erklären. Zudem pflegen die Zielgruppen auf den unterschiedlichen Kanälen besondere Kommunikationsformen. So lassen

sich junge Fahrer beispielsweise mit für YouTube charakteristischen Faktenchecks zu typischen Aussagen und Vorurteilen zur Verkehrssicherheit oder zu aktuellen Themen wie E-Scootern ansprechen.

Den Formen der Zusammenarbeit zwischen Influencern und Organisationen sind auch aufgrund der zunehmenden Professionalisierung des Bereichs der Influencer-Kommunikation keine Grenzen gesetzt. In Folgeprojekten der BAST werden jetzt konkrete Umsetzungsstrategien für die Verkehrssicherheitsarbeit erstellt und Evaluationsmethoden entwickelt und erprobt. ■

# Senken des Unfallrisikos junger Fahranfänger



Dr. Heidi Grattenthaler, Psychologin, Referat „Fahreignung, Fahrausbildung, Kraftfahrerrehabilitation“

## Ergebnisse der Projektgruppe „Hochrisikophase Fahranfänger“

Die BAST wurde im Oktober 2013 vom BMVI beauftragt, im Rahmen einer Projektgruppe weitere Maßnahmevorschläge zur Absenkung des Unfallrisikos von Fahranfängern in der Phase ihrer Höchstgefährdung unmittelbar am Anfang des selbstständigen Fahrens (Hochrisikophase) zu erarbeiten.

Die BAST richtete die Projektgruppe „Hochrisikophase Fahranfänger“ (PGHR) ein. Beteiligt waren Vertreter der verkehrspolitischen Fachebene von Bund und Ländern, Experten der Praxisverbände – zum Beispiel ADAC, DVR, Fahrlehrerverbände – sowie externe Wissenschaftler und die Fachreferenten der BAST. Die Projektgruppe traf sich zur Bearbeitung der Aufgabenstellung mehrfach

zwischen Februar 2014 und Oktober 2018. Die Arbeitsergebnisse sind in einem Abschlussbericht dokumentiert [1].

### Projektgruppenvorschlag „Optionsmodell“

Im Kern der Ergebnisse steht ein gemeinsamer Vorschlag der Projektgruppenmitglieder für eine zukünftige Ausrichtung des deutschen Systems der Fahranfängervorbereitung in der Hochrisikophase – das Optionsmodell. Es beinhaltet im Wesentlichen:

- **Eine generelle Verlängerung der Probezeit:** Es wird vorgeschlagen, die Probezeit auf 3 Jahre auszudehnen, um Fahran-

fänger länger zu einem vorsichtigen und regelkonformen Fahren anzuhalten.

- **Probezeitreduzierungen bei freiwilliger Teilnahme an qualifizierten Maßnahmen:** Als Teilnahmeanreiz werden Probezeitreduzierungen vorgeschlagen. Das vorgeschlagene Schema sieht als maximal zu erreichende Probezeitreduzierung 12 Monate vor. Somit ergibt sich als Untergrenze eine 2-jährige Probezeit entsprechend der derzeitigen Probezeitregelung.
- **Qualifizierte Maßnahmen:** Begleitetes Fahren (BF) und edukative Maßnahmen werden als qualifizierte Maßnahmen vorgeschlagen. Aufgrund der positiven Erfahrungen mit dem BF17

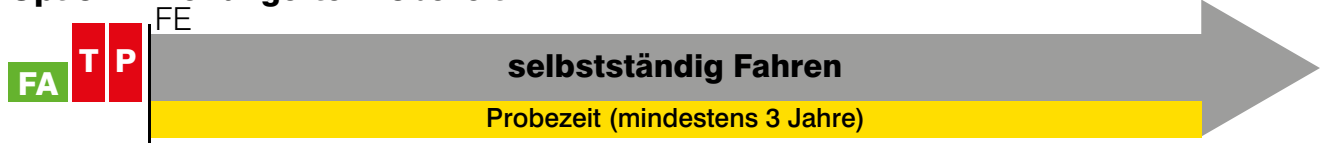


© Loop Delay/Getty Images

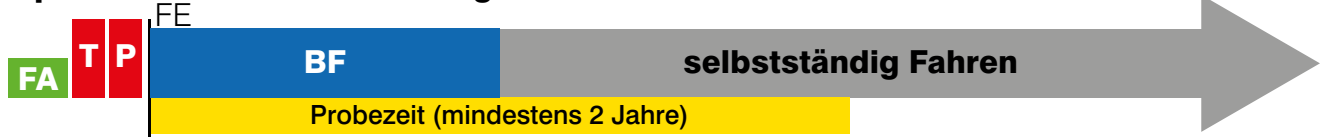


## Projektgruppe „Hochrisikophase Fahranfänger“: Optionsmodell

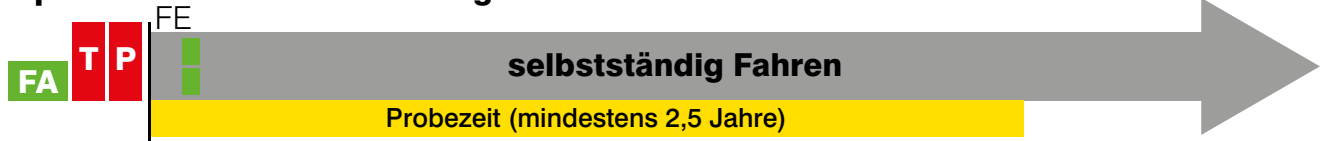
### Option 1: verlängerte Probezeit



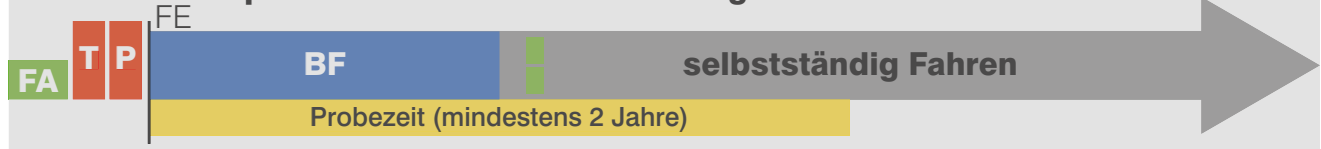
### Option 2: Probezeitverkürzung durch BF



### Option 3: Probezeitverkürzung durch EM



### Kombination Option 2+3: Probezeitverkürzung durch BF und EM



FA = Fahrausbildung

T/P = Theorie-/Praxisprüfung

FE = Fahrerlaubniserteilung

**BF** = Begleitetes Fahren

**■** = edukative Maßnahme (EM)  
z.B. „Feedbackfahrten“, „EASi?“

im Hinblick auf Akzeptanz und Verkehrssicherheit soll das Begleitete Fahren – ohne Altersbegrenzung – zukünftig allen Fahranfängern als Option zur Verfügung stehen. Der Vorschlag beinhaltet als weitere Option derzeit 2 spezifische edukative Maßnahmen, die bei fahranfängertypischen Fahrkompetenzdefiziten ansetzen – beispielsweise Verbesserung der Verkehrswahrnehmung und Gefahrenvermeidung im Rahmen der edukativen Maßnahme „Feedbackfahrten“, Aufdecken von Kontrollillusionen beim Fahren im Rahmen der edukativen Maßnahme „Erfahren, Aufmerksam, Sicher?“ (EASi?). Begleitetes Fahren und edukative Maßnahmen können auch als Optionen kombiniert werden.

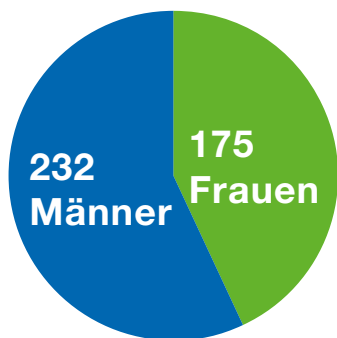
Das Optionsmodell berücksichtigt, dass bei Fahranfängern aufgrund ihrer Lebenssituation unterschiedliche Voraussetzungen für eine Teilnahme an Maßnahmen nach dem Fahrerlaubniserwerb gegeben sind. So könnte es für einen 18-Jährigen, der als Student oder Berufsanfänger außerhalb des familiären Umfelds lebt, schwierig sein, geeignete Begleitpersonen zu finden. Ebenso könnten Fahranfänger mit geringem Einkommen Schwierigkeiten haben, nach den finanziellen Belastungen für den Fahrerlaubniserwerb die Kosten für die Teilnahme an zusätzlichen edukativen Maßnahmen aufzubringen. Das Fahren unter erweiterten Probezeitbedingungen ist für Fahranfänger dagegen mit keinerlei Ressourcenproblemen oder Mehraufwendungen verbunden. Wäh-

rend die Probezeit also verpflichtend verlängert werden soll, sollen probezeitverkürzende Maßnahmen – Teilnahme am Begleiteten Fahren und/oder an edukativen Maßnahmen – auf freiwilliger Basis eingeführt werden. ■

### Literatur

- [1] Projektgruppe „Hochrisikophase Fahranfänger“: Fahranfänger – Weiterführende Maßnahmen nach dem Fahrerlaubniserwerb, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 293, 2019

# BAST Zahlen und Fakten 2019



**407**

Beschäftigte

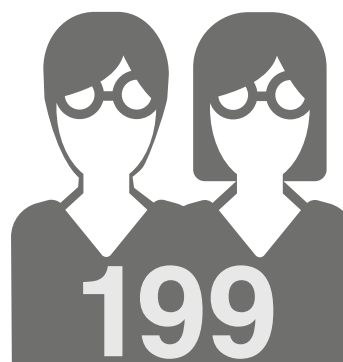


Auszubildende

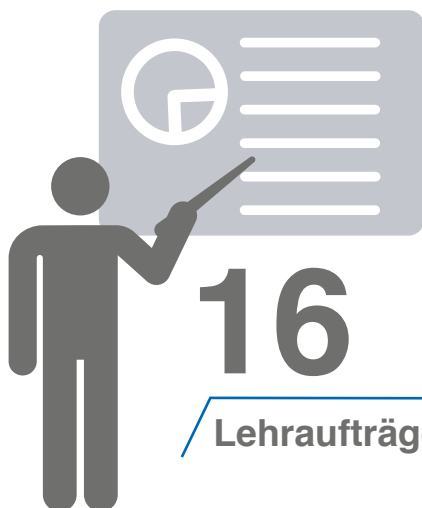


Berichte

in eigener Schriftenreihe



Wissenschaftlerinnen  
und Wissenschaftler



Lehraufträge an Hochschulen



Durchschnittsalter  
der Beschäftigten





Mitarbeit in

**853**  
Gremien

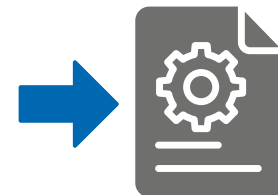


rund 250 eigene  
Forschungsprojekte

**15**



internationale  
Projekte  
mit einem Personalaufwand  
von rund 870 Tausend Euro



Bearbeitung von über  
300 externen Projekten

24



14



8



3



11



Personal

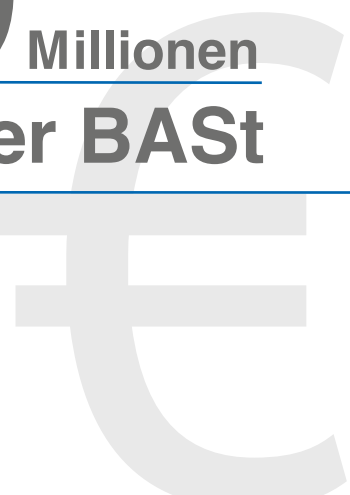
Sachausgaben

Forschungsprojekte

Investitionen

Forschungsprojekte  
des BMVI

**49** Millionen  
Etat der BAST



## Lehraufträge/Promotionen/Ernennungen

Wie erfolgreich die BAST-Beschäftigten im Jahr 2019 waren, zeigen auch verschiedene Auszeichnungen, Ernennungen und Promotionen sowie ausgewählte Lehraufträge an unterschiedlichen Hochschulen und Fakultäten.



Jennifer Bednorz: Lehrauftrag an der Technischen Hochschule Köln im Fach Bauingenieurwesen zum Thema BIM im Brücken- und Ingenieurbau.



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



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.



Dr. Ingo Kaundinya: Wahl zum Vorsitzenden des technischen Komitees „Road Tunnel Operations“ vom Weltstraßenverband PIARC für den Zeitraum 2020 bis 2023.



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



Dr. Simone Klipp: Lehrauftrag für Verkehrspsychologie am Institut für Experimentelle Psychologie der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.



Dr. Heidi Grattenthaler: Verleihung des akademischen Grads Doktor der Philosophie von der Universität des Saarlandes im Februar 2019.



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





Dr. Jürgen Krieger: Wahl zum Koordinator des strategischen Themengebiets „Resilient Infrastructure“ vom Weltstraßenverband PIARC für den Zeitraum 2020 bis 2023.



Dr. Ulrike Stöckert: Lehrauftrag an der Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften, Lehrstuhl für Verkehrswegebau.



Dr. Tobias Paffrath: Lehrauftrag an der Fachhochschule Münster im Fach Bauingenieurwesen zum Thema Asphaltstraßenbau.



Dr. Bastian Wacker: Verleihung des akademischen Grads Doktoringenieur von der Ruhr-Universität Bochum im Dezember 2019.



Dr. Conrad Piasecki: Verleihung des akademischen Grads Doktor der technischen Wissenschaften von der Technischen Universität Graz im Dezember 2019.



Dr. Marko Wieland: 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.



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



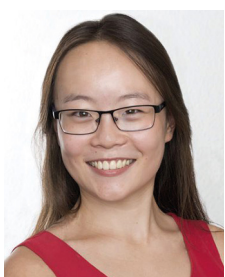
André Wiggerich: Lehrauftrag an der Rheinischen Fachhochschule Köln im Fach Wirtschaftspsychologie zum Thema psychologische Methodenlehre und Statistik.



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



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

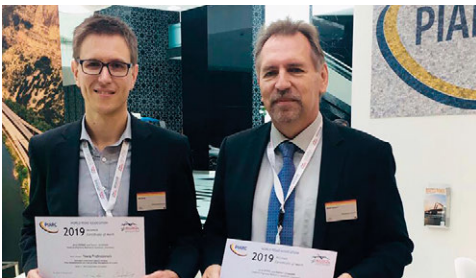


Elisabeth Shi: Lehrauftrag an der Rheinischen Fachhochschule Köln im Fach Wirtschaftspsychologie zum Thema Statistik.

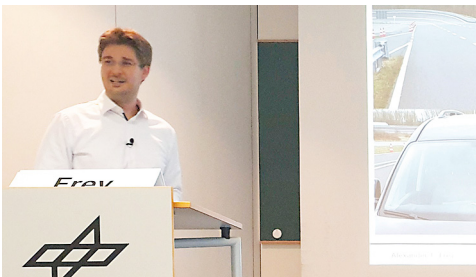
## Auszeichnungen



Michael Chudalla wurde von Bundesverkehrsminister Andreas Scheuer für seinen besonderen Einsatz als Ausbilder der BAST für Physiklaboranten geehrt.



Jens Dierke (links) und Rainer Lehmann wurden beim 26. Weltstraßenkongress im Rahmen für das Paper "Intelligent controlled compact parking – pilot implementation of a new parking-management for trucks" in der Kategorie "Young Professionals" mit einem Certificate of Merit ausgezeichnet.



Alexander Frey erhielt im Rahmen der 10. VDI Tagung für seinen Vortrag „Müdigkeit und Vigilanz in einer automatisierten Realfahrt“ den Best-Paper-Award.



Ann Kolter (2. von links) und Jonas Räsch (links) wurden für ihre besonders guten Ausbildungsabschlüsse als Verwaltungsfachangestellte und als Baustoffprüfer bei der BAST im BMVI ausgezeichnet.



Bernd Lorenz (Bildmitte) erhielt bei der ESV-Konferenz 2019 den „U.S. Government Special Awards of Appreciation“ für seine langjährige Mitarbeit in den UN-Arbeitsgruppen zur weltweiten Harmonisierung von Regelungen zur Fahrzeugsicherheit.



# Organisation der BASt



