



---

# Jahresbericht 2022

---

Berichte der Bundesanstalt  
für Straßenwesen  
Allgemeines Heft A48

---

# Jahresbericht 2022

---

Berichte der Bundesanstalt  
für Straßenwesen  
Allgemeines Heft A48

---

# Vorwort

---



Bild: BAST – Daniel Carreno, hat8cap

Wie sieht sie aus, die Mobilität der Zukunft? Was lesen Sie in der Zeitung? Was finden Sie, wenn Sie das Thema in wissenschaftlichen Journalen recherchieren? Fragen Sie Ihre Freunde oder sprechen Sie mit den Mitgliedern Ihrer Familie. Eines werden Sie ganz sicher feststellen, Sie bekommen viele verschiedene Antworten und treffen auf völlig unterschiedliche Visionen.

Betrachten wir beispielsweise die Diskussion um den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur: Manchen gehen Genehmigung und Baufortschritt von Infrastrukturmaßnahmen nicht schnell genug. Sie beklagen mangelnde Verfügbarkeit, Verspätungen oder Staus. Andere sind strikt gegen den Ausbau – insbesondere in ihrer näheren Umgebung. Sie befürchten Baulärm und eine Zunahme von verkehrsbedingten Belastungen nach Fertigstellung der Maßnahmen.

Oder denken wir an die Diskussion um die autofreien Innenstädte: Manche finden das gut und verbinden diese Perspektive mit einer Steigerung der Lebensqualität. Andere fürchten um ihre Geschäfte und gehen davon aus, dass Kunden weg- und Einnahmen ausbleiben.

Die Liste der divergenten Meinungen ist beim Thema Mobilität endlos lang und als wäre das nicht schon herausfordernd genug, entwickelt sich zwischen den Meinungsführern ein regelrechtes „Freund-Feind-Denken“, das von zunehmender Aggressivität geprägt ist. Häufig beruht es auf Vorurteilen und führt zu wertend-moralischen Urteilen gegenüber der jeweils andersdenkenden Person. Keine guten Voraussetzungen für die Mobilität der Zukunft, denn ohne gesellschaftlichen Konsens kann eine so umfassende Transformation hin zu einem umweltverträglichen Verkehrswesen nicht gelingen.

Als Präsident der BAST möchte ich mit meinem Team einen Beitrag leisten zu einer nachhaltigen bodengebundenen Mobilität. Das bedeutet für mich, dass wir unser Mobilitätssystem, -bedürfnis und -verhalten in Einklang mit den globalen Zielen für nachhaltige Entwicklung bringen müssen, denn das hat die Vertretung Deutschlands am 25. September 2015 auf dem Gipfeltreffen der Vereinten Nationen gemeinsam mit 193 Staats- und Regierungschefs aus aller Welt den zukünftigen Generationen versprochen. Unser Beitrag als Ressortforschungseinrichtung ist es,

Handlungsoptionen für die Politik zu entwickeln, damit dieses Ziel erreicht werden kann. Dazu haben wir uns verschiedene Themenfelder vorgenommen, die von der Nutzung digitaler Ansätze im Verkehrswesen über die Förderung der aktiven Mobilität, des automatisierten und vernetzten Fahrens sowie des nachhaltigen Bauens und Energieeinsatzes bis hin zu Fragestellungen des prädiktiven Infrastrukturmanagements und proaktiver Ansätze der Verkehrssicherheit reichen.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre



Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil Markus Oeser  
Präsident der BAST



59



34



68



92

# Inhalt

Vorwort	4
Schlaglichter	11
Zukunftssicher mit neuen Arbeitsweisen	15

## 1.

Digitales Verkehrswesen	16
Die manuelle Straßenverkehrszählung 2021 (SVZ) – Pandemie, Hochwasser und andere Rahmenbedingungen	18
Parkplatzdetektionssysteme mit flächenhafter Erfassung – Funktionale Anforderungen, Prüfung und Abnahme	20
Digitale Vernetzung zur Erhöhung der Prozesssicherheit im Betonstraßenbau	22

## 2.

Aktive Mobilität	26
Fußgängerverhalten – Einsatzmöglichkeiten von VR-Brillen in der experimentellen Verkehrssicherheits- und Mobilitätsforschung	28
Sehen und gesehen werden	31
Technische Neuerungen für sicheres Fahrradfahren	32
Radverkehr im Mischverkehr auf Hauptverkehrsstraßen	34
Kommunikative und edukative Maßnahmen zur Förderung der Radverkehrssicherheit im Jugendalter	36
Untersuchung im Fahrradsimulator mit Senioren – eine Machbarkeitsstudie	38
Potenzial von airbagbasierten Kopfschutzsystemen	41

## 3.

Automatisiertes und vernetztes Fahren	44
Maschinenlesbare Straße	46
Mobility Data Space – Sicherer Datenaustausch für die Mobilität von morgen	48
Evaluierung von Dummies für neue Innenraumkonzepte	50
Können uns Fahrzeuge schon selbständig über die Autobahn chauffieren?	52
Nutzergerechte Kommunikation automatisierten Fahrens	54
Automatisiertes Fahren – Aufbau des Situationsbewusstseins der Fahrer nach der Übernahme	57
Sicherheit und Akzeptanz des automatisierten Mischverkehrs	59

## 4.

Nachhaltiger Energieeinsatz	62
Electric Road Systems	64
Photovoltaik an Bundesfernstraßen	66

## 5.

Nachhaltiges Bauen	68
Aktuelle Entwicklungen bei durchgehend bewehrten Betonfahrbahndecken auf Bundesfernstraßen	70
Nachhaltigkeit sichtbar machen	72
Nachhaltigkeit bewerten – Lebenszyklus und Potentiale	74
Verbesserung der Verfügbarkeit auf Bundesautobahnen – Grundlegende Aspekte des Straßenbaus	76
50 Jahre „Richtlinien für die Anerkennung von Prüfstellen für Baustoffe und Baustoffgemische im Straßenbau“ (RAP Stra)	78
Wiederverwendung von Asphalt – kann der Erfolg noch gesteigert werden?	80

## 6.

Prädiktives Infrastrukturmanagement	82
Computergestützte Handlungshilfe zur Bewertung der Resilienz von Ingenieurbauwerken und Priorisierung von Maßnahmen	84
Verstärkung von Stahlbrücken	86
Digitaler Zwilling Brücke – Konzept, Anwendungsfälle und Vorstufe am Beispiel der duraBASt-Brücke	89
Künstliche Intelligenz und erweiterte Realität in der Brückenprüfung	92
Ganzheitliche und zuverlässige Bewertung der Längsebenheit (WLP)	94

## 7.

Proaktive Verkehrssicherheit	96
Sicherheitsbewertungen für Straßentunnel – aktuelle Herausforderungen	98
Richtlinien für die Markierung von Straßen	100
Die neue EU-Richtlinie über ein Sicherheitsmanagement für die Straßenverkehrsinfrastruktur	102
Die Frage der Umfahrbarkeit	105
Sichere Anbringung von Verkehrszeichen an Fahrzeug-Rückhaltesystemen	107
Sicherheitsbewertung von aktiven Systemen der passiven Fahrzeugsicherheit im Rahmen der Typgenehmigung	109
Sicher unterwegs mit dem Wohnmobil	111
Indikatoren zur Beurteilung der Straßenverkehrssicherheit	113
Berichterstattung über die Verkehrssicherheitsarbeit des Bundes – Der Unfallverhütungsbericht Straßenverkehr (UVB)	115



## 8.

Umweltfreundliches Verkehrswesen	118
Umweltfreundliches Verkehrswesen – Bewertungskonzepte für die stoffliche Umweltverträglichkeit von Bauwerken der Verkehrsträger	120
Verkehrsbegleitgrün – Lebensraum für Biodiversität	122
Lärminderungspotenzial von Wäldern	124
Remote-Sensing – Emissionsmessungen im Realbetrieb	126

## 9.

Fachkräftesicherung	128
Nachhaltigkeit durch Innovation – Fachkräftesicherung mit System	129
Zahlen und Fakten	132
Lehraufträge & Promotionen	134
Organisation der BAST	136
Impressum	137

---

# Schlaglichter

---

## Neustart des wissenschaftlichen Beirates der BAST

Am 22. November 2022 kam erstmalig der neu berufene wissenschaftliche Beirat der BAST zu einer konstituierenden Sitzung zusammen. Hierbei wurde Professor Wolfram Ressel, Rektor der Universität Stuttgart, zum Vorsitzenden und Professorin Kerstin Lemke, Universität Siegen, zu seiner Stellvertreterin gewählt. Das Bundesverkehrsministerium wird im wissenschaftlichen Beirat durch Gerhard Rühmkorf vertreten. Themen der Sitzung waren unter anderem die thematische Ausrichtung der BAST und hier auch Ansätze zur Fachkräftesicherung im Verkehrswesen.

Die Zukunft hält neue Herausforderungen, Aufgaben und Themenfelder für die BAST bereit. Daher müssen in der nächsten Zeit zum Teil neue Wege und Strukturen sowie neue Ansätze und Instrumente angegangen werden. Die Zielvereinbarung zwischen BMDV und BAST ist ein erster Schritt in diese Richtung. Vor diesem Hintergrund ist

auch das Beratungswesen der BAST grundlegend neu aufgestellt worden. Dazu zählt die Auflösung des Beirates und der beiden Fachbeiräte in ihrer bisherigen Form. In den kommenden Jahren erhofft sich die BAST von ihrem neu initiierten wissenschaftlichen Beirat wertvolle Hinweise und Rückmeldungen zu strategischen Fragestellungen zur weiteren Entwicklung der Bundesanstalt.

## Besucher in der BAST

Wir freuen uns, dass wir in 2022 wieder vermehrt Besucher in der BAST begrüßen konnten. Das Interesse zeigt uns, dass unsere Forschungsarbeit relevant ist und gesehen wird.

Zum einen konnten wir Vertretern aus der Politik zeigen, an welchen Themen die BAST derzeit forscht und wie wir uns für Fragestellungen der zukünftigen bodengebundenen Mobilität aufstellen. In intensiven Gesprächen mit der Hausleitung und den Fachleuten der BAST, wurden wichtige Themen angesprochen und Gedanken zu verschie-



Der neue wissenschaftliche Beirat der BAST.



1 MdB Jürgen Lenders zu Besuch in der BAST. 2 Prof. Kurt Bodewig, Präsident der Deutschen Verkehrswacht, testete unter anderem den Fahrrad-Simulator der BAST. 3 – 5 Zu Besuch aus dem BMDV waren unter anderem Staatssekretäre Stefan Schnorr (links) und der parlamentarische Staatssekretär Oliver Lujsic (mitte) sowie der Leiter der Zentralabteilung Dr. Rudolf Gridl (rechts). 6 Studenten des Masterstudiengangs Mobility Innovations der Zeppelin Universität zu Besuch im Bereich Fahrzeugtechnik.

denen Herausforderungen ausgetauscht. Im Fokus standen in 2022 dabei unter anderem die Forschungsschwerpunkte Aktive Mobilität, Digitalisierung/Automatisierung, automatisiertes/vernetztes Fahren, Energie und Infrastruktur, nachhaltiges Bauen und agiles Infrastrukturmanagement sowie die Herausforderungen der Fachkräftegewinnung.

Zum anderen haben wir auch den fachlichen Austausch vor Ort wieder aktiv aufnehmen können. Neben Besuchern aus

Partnerinstitution und Projekten, konnten wir auch dem wissenschaftlichen Nachwuchs Einblicke in die Arbeit der BAST gewähren. Hierzu zählten unter anderem eine Gruppe von 26 Doktoranden und Postdocs der TU Dresden und der RWTH Aachen – die sich mit Forschungsthemen rund um den Digitalen Zwilling Straße beschäftigten – sowie eine Gruppe von Studenten der Zeppelin Universität, deren Fokus auf den Bereichen Fahrzeugtechnik und Verkehrs-/Mobilitätsverhalten lag.

## Neues CD

Seit Dezember 2022 präsentiert sich die BAST in einem frischen Look. Das neue Corporate Design umfasst neue Farben, Formen und Gestaltungselemente. Ziel war es, ein Erscheinungsbild zu schaffen, das die Wahrnehmung der BAST als moderne Forschungseinrichtung sowohl nach innen als auch nach außen fördert. Auch der praktische Nutzen wurde beim Relaunch berücksichtigt. So wurden eine verbesserte Lesbarkeit der Schrift und zudem ein hoher Wieder-

erkennungswert angestrebt. Mit seiner geradlinigen Typografie spiegelt das CD eine Einrichtung, die sich durch fundierte wissenschaftliche Arbeiten den Herausforderungen der Zukunft stellt.



Das neue Logo der BAST

## Lärmschutzwand auf dem BAST-Gelände

Seit März 2022 verfügt die BAST über eine 16 Meter lange und 4 Meter hohe Lärmschutzwand. Sie dient allerdings nicht dem Lärmschutz, sondern ist ein Versuchsobjekt für diverse Modifikationen und Messungen. Beispielsweise wird hier die Schallbeugung über Lärmschutzwänden mit Aufsätzen bewertet. Dank der Lärmschutzwand ist es jetzt auf dem BAST-Gelände möglich, normgerechte Messungen an Prototypen durchzuführen.

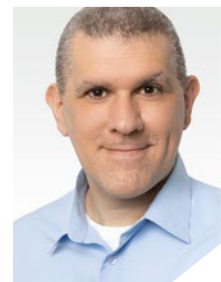
## Umorganisationen und neu besetzte Leitungsfunktionen

Zur Stärkung der Themen „Klimaschutz“ und „Nachhaltigkeit“ wurden die Aufgaben der Abteilung Straßenverkehrstechnik neu gebündelt.



Seit Februar 2022 gibt es die Referate „Klimaschutz, Nachhaltigkeit, Verkehrsstatistik“ unter Leitung von **Dirk Heuzeroth** sowie „Umweltschutz, Immissionen“, geleitet von Dr. Anja Baum.

Im März 2022 wurden 3 neue Stabsstellen in der BAST eingerichtet: „Controlling, Qualitätsmanagement, Internationale Zusammenarbeit“, die von **Dr. Karl-Josef Höhnscheid** geleitet wird, „Akademie für nachhaltiges Straßen- und Verkehrswesen“ unter Leitung von **Karsten Strauch** sowie „Digitalisierung Straßenwesen“, die von Adrian Fazekas geleitet wird.



BfL BAST - Daniel Cornetto, hofkap



**Dr. Heinz Friedrich**, der bisherige stellvertretende Leiter des Referats „Stahlbau, Korrosionsschutz, Brückenausstattung“, leitet seit Januar 2023 das Referat. Der Bauingenieur ist seit 1999 in der BAST beschäftigt.

Der bisherige stellvertretende Leiter des Referats „Betonbauweisen“, **Christoph Becker**, übernahm im November 2022 die Leitung des Referats „Zustandserfassung und -bewertung“. Becker ist Bauingenieur und seit 2010 in der BAST.



**Dr. Anja Baum**, die bisherige stellvertretende Leiterin des Referats „Umweltschutz, Immissionen“, leitet seit November 2022 das Referat. Die Geophysikerin ist seit 2003 bei der BAST aktiv.

**Oliver Ripke**, der bisherige kommissarische Leiter des Referats „Management der Straßenerhaltung“, übernahm am 13. September die Leitung. Oliver Ripke ist Bauingenieur und seit 1997 in der BAST.



**Dr. Adrian Fazekas** leitet seit 1. September die Stabsstelle SD „Digitalisierung Straßenwesen“. Dr. Fazekas ist technischer Informatiker und war zuvor Forschungsgruppenleiter am Institut für Straßenwesen der RWTH Aachen.

**Ayhan Toptas** hat im September 2022 die kommissarische Leitung des Referats Z5 „IT-Administration“ übernommen. Der IT-Administrator arbeitet seit 2011 in der BAST.



---

# Zukunftssicher mit neuen Arbeitsweisen

---



**Autorin:**

**Dr. Christine Kellermann-Kinner,**  
Bauingenieurin,  
Stellvertretende Leiterin  
der Stabsstelle Controlling,  
Qualitätsmanagement,  
Internationale  
Zusammenarbeit

## Agiles Arbeiten mit OKR

Die Stabsstelle SC unterstützt die Fachreferate bei der Einführung und Anwendung agiler Methoden. Eine Methode, die besonders gut geeignet ist, um strategische Ziele (Top down) mit operativen Aspekten (Bottom up) zu verbinden, ist die OKR-Methode „Objectives and Key Results“.

Das agile Framework hilft dabei, dass alle Beschäftigten die Fragen beantworten können „Was wollen wir mit unseren Strategischen Zielen bewirken?“ und „Welchen operativen Beitrag leistet meine Arbeit dazu?“. Alle arbeiten an derselben Vision, setzen sich Ziele, messen ihren Erfolg und sind fokussiert.

Die Beschäftigten formulieren mit den Objectives ein qualitatives Zielbild für einen befristeten Zeitraum, mit der Frage: „Was wollen wir für die Zielgruppe verändern, gestalten, bewirken?“. Die Key Results machen die Wirkung messbar, sie formulieren ein quantitatives Ziel, welches fragt: „Woran erkennen wir, ob wir etwas verändert haben?“

Für die Vorstellung OKR-Methode und der agilen Arbeitsweise in Behörden konnte die

Digital Innovation Support Unit des Bundesverwaltungsamtes gewonnen werden.

Hierzu fanden Ende 2022 ein Impulsvortrag und ein vertiefender Workshop statt. Seitdem unterstützt das Team von SC die Fachreferate bei der Erstellung von Jahreszielbildern und OKR-Sets.

## Journal Club

Anfang September 2022 wurde der „Journal Club“ unter Leitung von Prof. Dr. Markus Oeser gegründet. Zweck der neuen Einrichtung ist es, die Beschäftigten bei wissenschaftlichen Veröffentlichungen in internationalen Fachjournalen zu unterstützen, um so den Wissenschaftsdiskurs zu fördern.

Perspektivisch soll sich der Journal Club zur Keimzelle für neue Veröffentlichungsideen entwickeln, um Profilthemen der BAST noch stärker in der Fachöffentlichkeit zu platzieren. Als Anregung sollen dafür Impuls-Vorträge von publikationserfahrenen Wissenschaftlern oder Redakteuren von Fachzeitschriften mit Tipps und Anregungen dienen. Aber auch die abteilungsübergreifende Vernetzung durch gemeinsame Publikationen zu den Profilthemen der BAST ist ein Ziel der regelmäßigen Treffen. 🗡

Bild: max19 - stock.adobe.com



Die Bundesanstalt für Straßenwesen wird im Bereich Digitalisierung und Automatisierung weiter vorangehen, um ihren Vorsprung als zentraler Ort der Datenhaltung, -analyse und -bereitstellung im Verkehrswesen auszubauen. Dafür wird die Integration von Digitalisierungsprozessen sowohl innerhalb der Forschungsabteilungen als auch organisationsübergreifend systematisch intensiviert.

Digitalisierung ist unerlässlich für Forschung, Innovation und eine moderne Verwaltung. Sie ist essenziell, um Verfahren und Methoden im Verkehrswesen zu automatisieren, zu elektrifizieren und eine nachhaltige Entwicklung im Straßenwesen voranzutreiben. Der Rohstoff, der sie möglich macht, sind Daten. Um diese effizient auszuwerten und zu verarbeiten, ist der Einsatz von Algorithmik und die Einführung neuer standardisierter Datenschnittstellen von zentraler Bedeutung. Am Ende steht das Ziel, aus gewonnenen Daten neues Wissen zu erzeugen und dieses für Politik, Wissenschaft und Wirtschaft zu erschließen. Mit der Mobilithek stellt das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) beispielsweise eine Plattform bereit, welche

---

# 1. Digitales Verkehrswesen

---



den Zugang zu offenen Mobilitätsdaten bietet und den B2B-Austausch von Datenangeboten ermöglicht. Vorgänger war eine Einrichtung der Bundesanstalt für Straßenwesen, der Mobilitätsdatenmarktplatz (MDM).

Auch mit der Einrichtung ihrer neuen Stabsstelle „Digitalisierung Straßenwesen“ ist die BASt auf einem guten Weg. Die Verknüpfung mit anderen datenhaltenden Stellen, wie der Autobahn GmbH, schreitet voran, und auch der künftige Zugang zu privatwirtschaftlichen Daten über die Plattform „Mobility Data Space“ wird enorme Vorteile mit sich bringen. Planungs-, Bau- und Betriebsprozesse werden immer komplexer und neue Datenbestände und -verarbeitungsketten müssen geschaffen werden. Ein wichtiges Werkzeug dafür ist die Methode des Building Information Modelling. Durch die zunehmende Automatisierung des Straßenverkehrs entsteht ein hoher Bedarf an echtzeitfähigen Vernetzungs- und Datenverarbeitungstechnologien. Die damit einhergehende Algorithmierung und Einführung neuer Datenschnittstellen werden in der Zukunft anhand von Digitalen Zwillingen erprobt und umgesetzt.



# Die manuelle Straßenverkehrs-zählung 2021 (SVZ) – Pandemie, Hochwasser und andere Rahmenbedingungen



## Autoren:

- 1 **Alexander Bloch**,  
Mathematiker
- 2 **Friedhelm Quast**,  
Informatiker,  
Referat „Klimaschutz,  
Nachhaltigkeit,  
Verkehrsstatistik“

Im Jahr 2020 war eine bundesweite manuelle Straßenverkehrszählung auf Bundesfernstraßen (SVZ) vorgesehen. Die Einschränkungen durch die COVID-19-Pandemie verhinderten jedoch die geplante Durchführung. So konnte die SVZ erst 2021 erfolgen. Neben Pandemie und Flutkatastrophe kam es bei der Durchführung der SVZ zu weiteren Störungen wie der Insolvenz eines Auftragnehmers, der mit der vollständigen Erhebung in Schleswig-Holstein, auf den Autobahnen der Niederlassung Nord der Autobahn GmbH sowie der Erhebung in weiten Teilen Nordrhein-Westfalens und Hessens beauftragt war. In diesen Gebieten wurden schnell neue Lösungen gefunden, jedoch musste weitestgehend auf die Zählungen im ersten Halbjahr verzichtet werden. Dennoch wurden an nahezu allen der rund 12.500 Zählstellen auf Bundesfernstraßen Verkehrswerte erhoben. Davon entfallen 1.680 der Zählstellen auf Dauerzählstellen, von denen belastbare Ergebnisse vorlagen, und 3.530 Zählstellen auf temporäre Messungen mit Seitenradargeräten (TM), die rollierend seit 2016 für die SVZ eingesetzt werden. Dank der konstruktiven

Zusammenarbeit aller Beteiligten, wurden die Verkehrsdaten trotz aller Widrigkeiten rechtzeitig veröffentlicht. Involviert waren neben der BASt die Bundesländer, die Autobahn GmbH, das Bundesministerium für Digitales und Verkehr sowie ein mit der Datenaufbereitung beauftragtes Büro.

Die für das Jahr 2021 ermittelten Verkehrsbelastungen (DTVMo-So) auf Bundesfernstraßen sanken gegenüber der SVZ 2015 durchschnittlich um rund 8 Prozent. Lokal können die Ergebnisse der SVZ 2021 erhebliche Veränderungen der Verkehrsstärken des motorisierten Individualverkehrs sowie des Schwerverkehrs im Vergleich zu den Werten vorangegangener Erhebungen oder den aktuellen Verkehrsbelastungen aufweisen. Diese sind auf eine Vielzahl von

## Allgemeine Angaben

Straße	Land	TK / Zst.-Nr.	Region	Zählart
E-Str.	zust. Stelle			
		Zählabschnittsanfang		
		Zählabschnittsende		TZ
			Zabl. km	
	Anz. FS	FS / OD	ges. / FS	DZ
A 61	5 NW	5106 2102		MZ
	1		05 061 05	
		AS Türnich (21)		
		AS Gymnich (22)		
	FS = 4	FS	4,0 / 4,0	
A 61	5 NW	5106 2103		MZ
	1		05 061 05	
		AS Gymnich (22)		
		AD Erfttal (A 1)		
	FS = 4	FS	2,3 / 2,3	

Ergebnisse zur manuellen Straßenverkehrszählung

möglichen Beeinflussungen zurückzuführen. Ein wesentlicher Faktor sind die mit der COVID-19-Pandemie verbundenen Maßnahmen und Effekte, wie Arbeiten im Home-Office oder Grenzschießungen im Erhebungsjahr 2021. Aber auch ein verändertes Freizeit- und Urlaubsverhalten kann hier zu Beeinflussungen führen. In weiten Teilen der Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz spielte auch das Hochwasserereignis im Juli 2021 eine erhebliche Rolle. Allgemein sind Beeinflussungen durch lokale Besonderheiten nie vollständig ausgeschlossen. Sie üben trotz umfangreicher Planungen bei der Durchführung der manuellen und temporären Erhebungen einen nicht zu eliminierenden Einfluss auf das dynamische System Straßenverkehr aus. Sie führen zu – mal kleineren, mal größeren – Abweichungen zu vorherigen Erhebungen oder aktuellen Verkehrsbelastungen. Die SVZ-Ergebnisse spiegeln somit eine Momentaufnahme des Jahres 2021. Die Daten von 226 Zählstellen an Bundesstraßen flossen wegen des Verdachts einer Datenverwechslung erst verspätet und nach einer erneuten Prüfung in das Ergebnis ein. Nach Abschluss der Auswertung konnten Jahresfahrleistungen, mittlere DTV-Werte und die Kenngrößen für den E-Road Census 2020 der United Nations

Economic Commission for Europe (UNECE) berechnet und veröffentlicht werden.

## Manuelle Straßenverkehrszählung 2025

Die manuellen Zählungen für die anstehende SVZ 2025 werden möglicherweise bereits im Jahr 2024 begonnen. Die temporären Messungen mit Seitenradargeräten für die SVZ 2025 laufen bereits. Dies soll zu einer Entlastung und Entzerrung des engen Zeitplans führen sowie von äußeren Einflüssen unabhängiger machen. Dazu müssen alle Vorbereitungen zur SVZ zeitnah erfolgen. So soll bereits im Frühjahr 2023 ein Workshop des Arbeitskreises Straßenverkehrszählung (AK SVZ) stattfinden. Auf der Agenda stehen unter anderem die Anpassung und Ergänzung einzelner Aspekte und Kapitel der Richtlinien. Ein weiterer Punkt ist die Entwicklung eines Leitfadens für die Plausibilisierungen. Auf dieser Basis sollen in einem nächsten Schritt vergleichbare, standardisierte Prozesse etabliert werden. Sie sollen eine hohe Datenqualität und eine bessere zeitliche Abschätzung des Aufwandes gewährleisten. 🗝

### Literatur

[1] Bundesanstalt für Strassenwesen, 2022. Jahresbericht 2021, S. 46, URL: <https://bast.opus.hbz-nrw.de/frontdoor/index/index/docId/2663>

Verkehrsbelastung					GL-Faktor	MSV	Zähldaten					RLS19				
DTV	DTV	LV	SV	Di-Do NZB			Kfz <sub>Ri1</sub>	SV-Ant.	Kfz <sub>Ri2</sub>	SV-Ant.	Anz. Tage	M	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>Krad</sub>	
2015				Kfz	fer	MSV Ri1	NoW <sub>15-18</sub>				NoW	T	Tag 6 – 22 Uhr			
SV	W		Bus			b <sub>SV,Ri1</sub>	Fr <sub>15-18</sub>				Fr	D	Day 6 – 18 Uhr			
2010	U	Krad	LoA	LV	b <sub>So</sub>	MSV Ri2	FeW <sub>15-18</sub>				FeW	E	Evening 18 – 22 Uhr			
SV	S	LVm	LZ	SV	b <sub>Fr</sub>	b <sub>SV,Ri2</sub>	So <sub>16-19</sub>				So	N	Night 22 – 6 Uhr			
	[Kfz/24h]	[Kfz/24h]		[Kfz/24h]		[Kfz/h]	[Kfz/h]	[%]	[Kfz/h]	[%]		[Kfz/h]	[%]	[%]	[%]	
	45.966	<b>32.722</b>	<b>24.649</b>	<b>8.073</b>	<b>40.967</b>	0,84	2.687	1.973	23,1	1.249	19,8	2	1.849	4,5	18,3	0,3
	9.485	36.466		100			17,4 %	2.029	17,3	1.160	17,9	2	2.068	4,8	18,3	0,3
	40.910	30.587	104	1.431	29.773	0,52	1894	2.005	23,7	1.306	17,6	2	1.191	2,7	18,6	0,3
	9.308	21.390	24.545	6.543	11.194	0,91	17,7 %	1.055	5,0	897	3,2	2	392	6,4	35,6	0,1
		Flutkatastrophe – verringerter Verkehr														
	43.587	<b>26.847</b>	<b>19.666</b>	<b>7.180</b>	<b>32.895</b>	0,84	2.642	1.883	24,7	872	23,4	2	1.514	4,7	20,1	0,4
	9.383	29.688		72			17,4 %	1.995	17,3	782	21,0	2	1.694	5,0	20,1	0,4
	41.258	24.935	91	1.235	22.694	0,56	1.113	1.895	25,6	910	20,7	2	974	2,8	20,4	0,3
	8.110	18.608	19.575	5.874	10.201	0,95	17,7 %	1.189	4,8	672	3,6	2	328	6,6	38,2	0,1
		Flutkatastrophe – verringerter Verkehr														

2021 mit dem Hinweis zur Flutkatastrophe und dem daraus resultierenden verringerten Verkehr.

---

# Parkplatzdetektionssysteme mit flächenhafter Erfassung – Funktionale Anforderungen, Prüfung und Abnahme

---



## Autoren:

- 1 **Jens Dierke,**  
Bauingenieur
- 2 **Rainer Lehmann,**  
Ingenieur der Elektrotechnik,  
Referatsleiter, Referat „Verkehrsbeeinflussung  
und Straßenbetrieb“

Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) sieht Potenziale zur Verbesserung der Lkw-Parksituation auf Autobahnen durch den Einsatz von telematischen Parkleitsystemen auf Rastanlagen (siehe auch „5-Punkte-Plan“ des BMDV zur Verbesserung der nächtlichen Parkplatzsituation von Lkw). Parkinformationen sollen Lkw-Fahrer insbesondere in den Abendstunden bei zunehmender Auslastung der Rastanlagen bei der Parkplatzsuche unterstützen.

Die BASt wurde mit der Entwicklung eines Konzepts für ein bundeseinheitliches Lkw-Parkleitsystem (PLS) auf Autobahnen beauftragt.

Die Entwicklung erfolgt gemeinsam mit der dazu gegründeten Arbeitsgruppe „Lkw-PLS“, in der neben dem Bundesverkehrsministerium auch die Autobahn GmbH und einzelne Straßenbauverwaltungen der Länder vertreten sind.

Zur Bereitstellung von Parkinformationen muss zunächst der aktuelle Belegungszustand zuverlässig ermittelt werden. Dazu werden beispielsweise Parkplatzdetektionssysteme mit geeigneter sowie geprüfter Sensorik und Auswertung eingesetzt. Die Erfassung einzelner Verkehrsflächen ermöglicht dabei eine räumlich differenzierte Auswertung. Im Rahmen der Konzeptentwicklung wurden funktionale Kriterien für „Parkplatzdetektionssysteme mit flächenhafter Erfassung“ gemeinsam mit der Arbeitsgruppe Lkw-PLS erarbeitet und durch die BASt in einem Bericht zusammengetragen. Sie sollen als einheitliche Grundlage für zukünftige Ausschreibungen im Bereich der Bundesfernstraßen herangezogen werden.




PLS sollen Lkw-Fahrer bei der Parkplatzsuche unterstützen.

Des Weiteren wurde unter Federführung der Zentralstelle Verkehrsmanagement (ZVM) an der Landesbaudirektion Bayern gemeinsam mit der von der BAST geleiteten Arbeitsgruppe Lkw-PLS eine Prüfvorschrift zur Funktions- und Eignungsprüfung von Parkplatzdetektionssystemen mit flächenhafter Erfassung erarbeitet und abgestimmt. Ein Ingenieurbüro unterstützte die inhaltliche Bearbeitung. Die Funktions- und Eignungsprüfungen führen von der BAST auditierte und anerkannte Begutachter durch, die dazu direkt vom jeweiligen Hersteller eines zu prüfenden Systems zu beauftragen sind. Das Prüfergebnis muss durch die BAST hinsichtlich der Prüfungsdurchführung gemäß der Prüfvorschrift bestätigt sein. Die Durchführung der Funktions- und Eignungsprüfung ist grundsätzlich auf der Rastanlage PWC Gelbensee-West (BAB A9 bei Ingolstadt) möglich. Interessierte Firmen können zudem ein dort eingerichtetes Testfeld der Autobahn GmbH des Bundes für Praxistests im Rahmen von Produktentwicklungen nutzen.

Erarbeitete Handlungsempfehlungen als dritter Baustein geben Auftraggebern Hilfestellungen für ein einheitliches Vorgehen von der Vergabe bis zur Abnahme solcher Parkplatzdetektionssysteme auf Rastanlagen.

Das BMDV hat die 3 Dokumente zu den „Parkplatzdetektionssystemen mit flächenhafter Erfassung“ per Rundschreiben bekanntgegeben.



Sie sind mit weiteren Informationen dazu über die Webseite der BAST ([www.bast.de/PLS](http://www.bast.de/PLS)) abrufbar. 

---

# Digitale Vernetzung zur Erhöhung der Prozesssicherheit im Betonstraßenbau

---



**Autorin:**

**Barbara Jungen,**  
Bauingenieurin,  
Referat „Betonbauwesen“

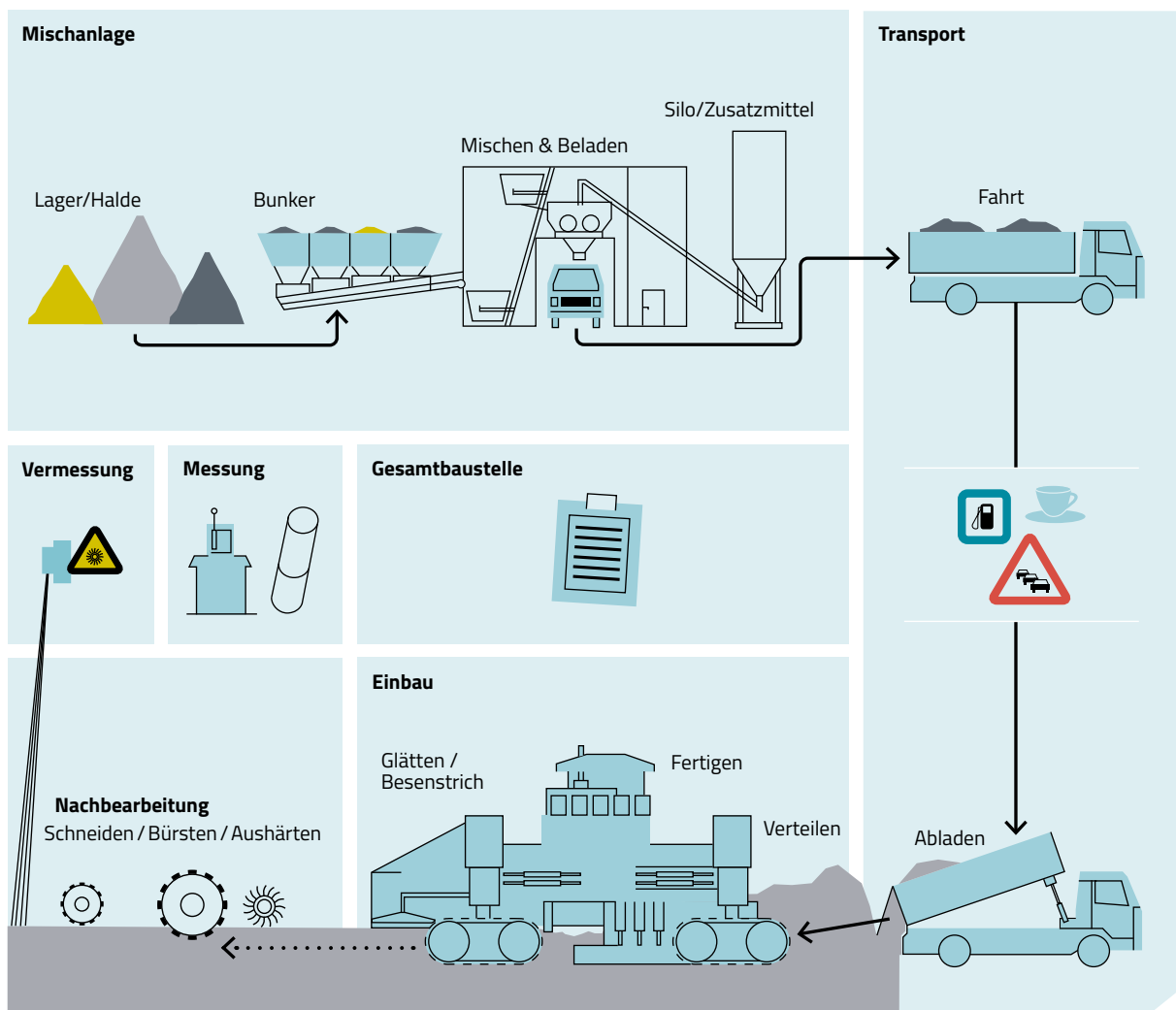
Der Stufenplan „Digitales Planen und Bauen“ des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr bildet die strategische Grundlage für die Einführung moderner IT-gestützter Prozesse und Technologien in die Bauwirtschaft. Bisher liegt der Schwerpunkt hierbei jedoch auf der Bauplanung, dem Betrieb und Rückbau der Bauwerke. Die digitale Erfassung, der Austausch und die Analyse der relevanten Informationen während der Bauphase hingegen werden aktuell oft durch Insellösungen abgedeckt. Im Rahmen des durch das Innovationsprogramm geförderten interdisziplinären Projekts Betonfahrbahn 4.0 wurde die gesamte Prozesskette von der Betonherstellung bis zur Fertigstellung der Fahrbahndecke analysiert, prozessübergreifend digitalisiert

und unter Einsatz eines zentralen Prozessinformationssystem abgebildet.

Die Herstellung von Betonfahrbahndecken stellt eine klassische Linienbaustelle dar und ist stark von dem Zusammenspiel unterschiedlicher Unternehmen und Personen abhängig, die mit der Ausführung einzelner Teilprozesse (Mischprozess, Transport, Einbau, Nachbearbeitung et cetera) beauftragt sind. Die Baustellen- und Schnittstellenkommunikation erfolgten überwiegend analog und dezentral.

Im Rahmen von Baustellenbesuchen und -messkampagnen wurde zunächst der heutige Stand der Technik der Prozesskette erfasst. Dabei wurden alle erhobenen Daten dokumentiert und die Maschinen auf der Baustelle mit zusätzlicher Sensorik ausgestattet.

Auf dieser Datengrundlage wurden dann der Umfang und Detailgrad der verfügbaren Informationen analysiert und etwaige Korrelationen innerhalb der Prozessschritte identifiziert. Im nächsten Schritt erfolgte eine ereignisdiskrete Modellierung der gesamten Prozesskette. Hierzu wurden unter anderem die georeferenzierten Daten aufbereitet, wie die Positionen der Transportfahrzeuge oder des Fertigers beziehungsweise der Nachbearbeitungsmaschinen.



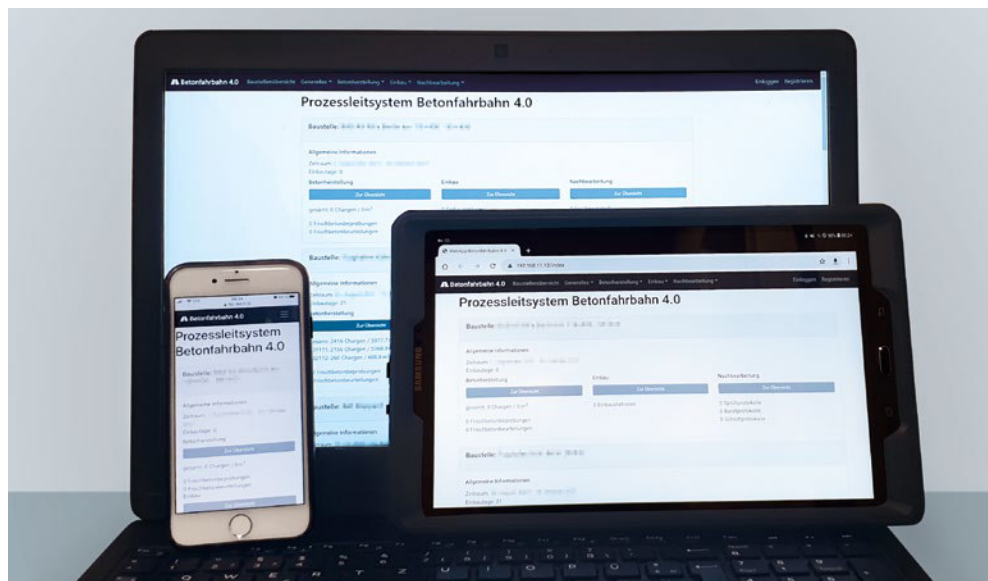
Vereinfachte Prozesskette Betonstraßenbau.

Quelle: Institut für Systemdynamik (ISYS) - Universität Stuttgart

Alle Informationen, einschließlich der Teilsysteme zur Integration der Maschinendaten, wurden in einem Informationsmodell zusammengeführt, welches die Basis der Datenbank für die Web-Applikation BF4.0 WebApp bildete.

Über die BF4.0 WebApp wurden zudem die Schnittstellen zu allen Maschinen auf der Baustelle konfiguriert. In der BF4.0 WebApp, welche als Frontend des Prozessinformationssystems entwickelt wurde, wurden analoge Daten (zum Beispiel Ergebnisse der Baustoffprüfungen) in Formularen erfasst und dann in Experten- und Übersichtsseiten aufbereitet.

Auf diese Weise konnten die Informationen in Echtzeit im laufenden Betrieb der Linienbaustelle zwischen den verschiedenen Prozessstufen ausgetauscht werden, um erforderliche Änderungen des Prozessablaufs rechtzeitig zu erkennen und mit entsprechend geeigneten Anpassungen steuernd einzugreifen. So stellt der Transport von der Mischanlage zum Einbauort einen sensiblen Zeitfaktor dar, der sowohl Einfluss auf den just in time benötigten Beton an der Mischanlage als auch am Gleitschalungsfertiger hat.



Frontend der BF4.0 WebApp auf verschiedenen Endgeräten.

Auf einer Demonstrator-Baustelle wurde die BF4.0 WebApp in vollen Umfang eingesetzt. So war es möglich, alle relevanten Informationen live und digital zu erfassen sowie dem Baustellenpersonal in aufbereiteter Form zur Verfügung zu stellen. Insbesondere die Echtzeitübersichten zur detaillierten Abbildung des Ist-Zustand der Baustelle erhöhen die Prozesssicherheit durch unmittelbar mögliche Anpassungsvorgänge im Gesamtsystem.

Die BF4.0 WebApp konnte als Prototyp zeigen, dass die digitale Prozessüberwachung und -abbildung auch in traditionellen Branchen wie dem Straßenbau möglich ist. Es hat sich aber auch gezeigt, dass für den zukünftigen Einsatz noch einige Herausforderungen zu bewältigen sind. Neben Problemen, wie zum Beispiel der vollständigen Netzabdeckung auf der gesamten Länge der Linienbaustelle auch im ländlichen Bereich, ergeben sich auf der implementierungstechnischen Seite Herausforderungen, die nur von allen Beteiligten gemeinsam gelöst werden können.

Insbesondere die Integration der Maschinen stellt eine besondere Herausforderung dar, da es bisher weder im Datenformat und -umfang noch in der einzusetzenden Technologie einen Standard gibt. Die Festlegung definierter Schnittstellen zur Entwicklung standardisierter Gesamtsysteme ist jedoch essenziell. Über die digitale Vernetzung der Einzelakteure während der Bauausführung hinaus, stellt die digitale Dokumentation einen wichtigen Baustein für die Erstellung von BIM-Modellen und/oder einem Digitalen Zwilling dar. 🗡

### Literatur

- (1) Stufenplan Digitales Planen und Bauen – Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken, BMVI 2015
- (2) Skalecki, Patric (2022). Ganzheitliche Analyse, Modellierung und Digitalisierung der Echtzeitprozesse für die Herstellung von Betonfahrbahnen. Shaker Verlag GmbH
- (3) Abschlussbericht Betonfahrbahn 4.0: <https://www.project.uni-stuttgart.de/bf4/dokumente/Abschlussbericht-Betonfahrbahn-4.0.pdf> (letzter Zugriff: 24.11.2022)

# Unsere Grundsätze

„Wir alle sind für den Erfolg und das Ansehen der Bundesanstalt für Straßenwesen verantwortlich und setzen unsere Arbeitskraft für das Wohl der Allgemeinheit ein.“

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Markus Oeser, Diplom-Bauingenieur,  
Präsident der BAST



„Wir arbeiten praxisnah, neutral und unabhängig von Einzelinteressen, stellen die gewonnenen Erkenntnisse der Öffentlichkeit zur Verfügung und schätzen das Urteil der Wissensgemeinschaft.“

Christopher Gerhard, M. Sc. (DUK) PR  
und Integrierte Kommunikation,  
stellvertretender Leiter der Stabsstelle  
„Presse und Kommunikation“



„Wir beachten die Ethik-Grundsätze in der Forschung und im wirtschaftlichen Leben.“

Jennifer Bednorz, Bauzeichnerin  
und M. Eng. im Bereich Bauingenieur-  
wesen in der Abteilung „Brücken-  
und Ingenieurbau“



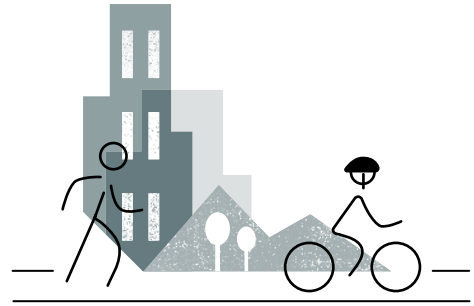
Radfahren und Zufußgehen sind als Formen der Aktiven Mobilität nachhaltig und fördern die körperliche und psychische Gesundheit. 40 Prozent aller Wege, die mit dem Auto zurückgelegt werden, sind kürzer als 5 Kilometer. Diese kurzen Fahrstrecken bieten großes Potenzial, um umweltfreundlich zu Fuß oder mit dem Rad bewältigt zu werden.

Eine wichtige Aufgabe der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) liegt daher in der Förderung des Rad- und Fußverkehrs durch Wissensbildung und Wissenstransfer. Dies gilt sowohl für die Aktive Mobilität in urbanen Räumen als auch in ländlichen Gebieten. Hierzu werden unter anderem fahrrad- und fußverkehrsfreundliche Infrastruktur-lösungen entwickelt und in der Praxis überprüft, beispielsweise neue Formen von Straßenverkehrs-anlagen, Fahrbahnmarkierungen oder von wegwei-sender Beschilderung.

---

## 2. Aktive Mobilität

---



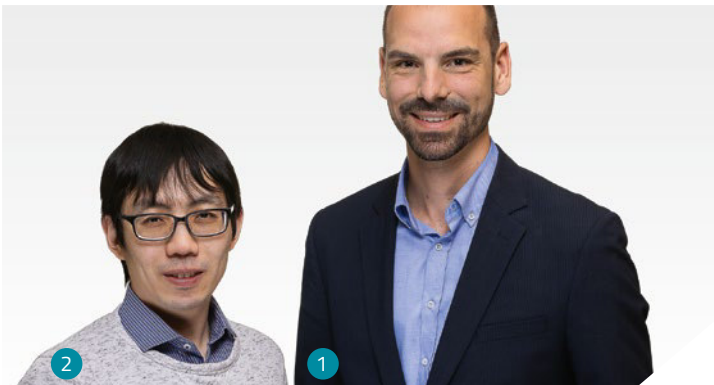
Um urbane Räume zu entlasten und ländliche Gebiete besser miteinander zu verbinden, wird zudem untersucht, wie Wegekettten, in denen verschiedene Mobilitätsformen miteinander verknüpft werden, attraktiver und sicherer gestaltet werden können. Darüber hinaus untersucht die BAST, wie Aktive Mobilität als Mobilitätsoption stärker im Bewusstsein aller Akteure verankert werden kann: Von Verkehrsteilnehmern auf dem Weg zum Einkauf genauso wie von Stadtplanern bei der Umgestaltung eines Straßenabschnitts. So werden Maßnahmen entwickelt, um (Mobilitäts-)Gewohnheiten frühzeitig zu prägen oder um diese – hin zu mehr Aktiver Mobilität – zu verändern. Hierzu werden beispielsweise die Einsatzmöglichkeiten neuartiger Lernmittel und -konzepte geprüft.

Durch die Aktivitäten der BAST im Bereich Aktive Mobilität soll ein Beitrag zur Steigerung des Rad- und Fußverkehrs geleistet werden, um unsere Mobilität nachhaltiger, inklusiver und gesünder zu machen.

---

# Fußgängerverhalten – Einsatzmöglichkeiten von VR-Brillen in der experimen- tellen Verkehrssicherheits- und Mobilitätsforschung

---



## Autoren:

- 1 **Fabian Surges,**  
Psychologe,  
stellvertretender Referatsleiter
- 2 **Hong Ma,**  
Medientechnologe,  
Referat „Grundlagen des Verkehrs-  
und Mobilitätsverhaltens“

Regelmäßiges Zufußgehen wirkt sich positiv auf die körperliche Gesundheit aus, hilft das Wohlbefinden zu steigern und ist eine nachhaltige Form der Fortbewegung, da es weder Schadstoffe noch Lärm verursacht. Trotz dieser positiven Effekte ist in den vergangenen Jahren ein Rückgang der zu Fuß zurückgelegten Wege zu beobachten. Um diesem Trend entgegenzuwirken, untersucht die BAST, wie die Sicherheit und Attraktivität des Fußverkehrs weiter erhöht werden kann.

Im Zentrum steht dabei unter anderem die Untersuchung des Erlebens und Verhaltens von Fußgängern in unterschiedlichen Verkehrssituationen. Hierzu möchte die BAST zukünftig verstärkt auch Studien in der virtuellen Realität (VR) durchführen. In diesen bewegen sich die Probanden in einer simulierten Umgebung, während ihr Verhalten und das der umgebenden (virtuellen) Verkehrsteilnehmer aufgezeichnet wird. VR-basierte Forschung ist sehr sicher und ermöglicht die Kontrolle von störenden Einflüssen wie zum Beispiel Witterungsbedingungen oder Verkehrsaufkommen. Eine Methode zur Untersuchung von Fußgängerverhalten in der VR ist die Verwendung sogenannter VR-Brillen, welche die Probanden vollständig von der Außenwelt abschotten, sodass eine besonders intensive und 360 Grad umfassende virtuelle Erfahrung möglich ist. Aktuell existiert eine große Anzahl unterschiedlicher VR-Brillen, welche sich in ihrer technischen Leistungsfähigkeit und Wirkweise teils stark voneinander unterscheiden. Um Fragen zu den Einsatzmöglichkeiten von VR-Brillen im Rahmen wissenschaftlicher Untersuchungen zu beantworten, hat die BAST daher ein externes Forschungsprojekt durchführen lassen.



Von der BAST entwickelte Trainingsumgebung für VR-Studien zur Untersuchung des Fußverkehrs.

### VR-Brillen in der Fußverkehrsforschung

Im Auftrag der BAST ging die HFC Human-Factors-Consult GmbH der Frage nach, wie ein VR-System aufgebaut sein muss, um den hohen Standards im Rahmen wissenschaftlicher Untersuchungen gerecht zu werden. Neben den VR-Brillen selbst wurden dabei auch das unter Umständen erforderliche Zubehör und die Software betrachtet. Dazu zählen beispielsweise, je nach Anwendungsfall, Joysticks, Spezialschuhe oder Laufbänder, aber auch Sensoren und Detektoren, die erforderlich sind, um die Bewegungen der Probanden im Raum zu erfassen und auswerten zu können. Im Projekt wurden zunächst die Anforderungen an VR-Systeme (VR-Brille plus Zubehör) für einen Einsatz im Rahmen wissenschaftlicher Studien identifiziert. Diese Anforderungen wurden in einem Kriterienkatalog zusammengefasst, mit dessen Hilfe es nun erstmals möglich ist, die Eignung von (neuen) VR-Systemen teilstandardisiert zu bewerten. Zudem wurde auf Basis der aktuell verfügbaren Hardware untersucht, wie ein VR-System zusammengesetzt sein muss, um das Verhalten von Fußgängern bestmöglich in

unterschiedlichen Szenarien erfassen und analysieren zu können. Ein wesentliches Ergebnis des Projekts ist, dass insgesamt drei VR-Systeme für diesen Anwendungsfall als geeignet angesehen werden können, diese aber jeweils spezifische Vor- und Nachteile aufweisen:

- Ein kostengünstiges „Autarkes VR-System“, welches flexibel eingesetzt werden kann und den Probanden natürliches Laufen ermöglicht, dafür aber eine geringere Leistungsfähigkeit aufweist.
- Ein „Laborgebundenes VR-System“, welches eine hohe Leistungsfähigkeit aufweist, dafür aber in fast allen Untersuchungsszenarien auf eine künstliche Fortbewegungstechnik (zum Beispiel mittels Sensorschuhen) angewiesen ist, wodurch unter anderem das Risiko für die Entstehung von Cybersickness<sup>1</sup> erhöht wird.
- Ein „High-Fidelity-System“, welches eine hohe Leistungsfähigkeit mit der Möglichkeit sich natürlich im Raum zu bewegen verbindet. Diese Vorteile gehen mit hohen Kosten für die anzuschaffende Hardware sowie einem hohen Platzbedarf (zum Beispiel eine große Halle) einher.

<sup>1</sup> Cybersickness kann bei der Nutzung von VR-Brillen auftreten und ähnelt dem Phänomen der Reisekrankheit.



VR-Labor der BAST.

### VR-Labor der BAST

Auf Basis der Erkenntnisse aus dem durchgeführten Projekt hat die BAST ihr kürzlich gegründetes VR-Labor erweitert. Zur Durchführung verhaltenswissenschaftlicher Studien wurde ein „laborgebundenes VR-System“ aufgebaut. Neben einer leistungsfähigen VR-Brille umfasst dieses aktuell Sensorschuhe für die Fortbewegung in der virtuellen Realität, zwei Controller, einen Hochleistungs-Rechner sowie zwei Tracking-Stationen, um die Bewegungen der Probanden mit hoher Genauigkeit erfassen zu können. Die im VR-Labor verwendete Software Unity stammt ursprünglich aus dem Gaming-Bereich und ermöglicht den Aufbau verschiedenster Verkehrsszenarien und Situationen. Zunächst wurde eine Umgebung zur Durchführung eines standardisierten Trainings entwickelt, das die Probanden an die virtuelle Umgebung gewöhnen und sie mit der artifiziellen Fortbewegungstechnik vertraut machen soll. Im Jahr 2023 plant die BAST die Durchführung einer ersten Machbarkeitsstudie mit dem „laborgebundenen VR-System“.

In dieser sollen neben forschungspraktischen Aspekten, wie der Dauer und Verträglichkeit einer Untersuchung in VR, auch inhaltliche Fragestellungen untersucht werden, zum Beispiel der Einfluss automatisierter und autonomer Fahrzeuge auf das Erleben und Verhalten von Fußgängern.

### Perspektiven der VR-basierten Fußgängerforschung

Zukünftig soll das VR-Labor der BAST weiterentwickelt und optimiert werden. Darüber hinaus soll geprüft werden, inwiefern sich ein High-Fidelity-System auf dem BAST-Gelände realisieren lässt. Mögliche zu untersuchende Schwerpunkte der VR-Fußgängerforschung liegen beispielsweise auf der Untersuchung von Interaktionen und Konflikten zwischen Fußgängern und anderen Verkehrsteilnehmergruppen, der Analyse und Testung neuer Infrastrukturelemente oder der Wirkung der Erlebnisqualität der Verkehrsumgebung. 

# Sehen und gesehen werden



## Autoren:

- 1 Dr. Andreas Walking,**  
Lichttechnik-Ingenieur,  
Referat  
„Umweltschuttimmissionen“
- 2 Maxim Bierbach,**  
Maschinenbauingenieur,  
Referat „Aktive Fahr-  
zeugsicherheit und  
Fahrerassistenzsysteme“
- 3 Dr. Ingo Koßmann,**  
Soziologe,  
Leiter der Abteilung  
„Verhalten und Sicherheit  
im Verkehr“
- 4 Tobias Panwinkler,**  
Geograf,  
Referat „Sicherheits-  
konzeptionen,  
Sicherheitskommunikation“


Die Intensität der Fahrradnutzung hängt erheblich von der subjektiven Bewertung ab, wie sicher sich Radfahrer fühlen. Ihre Sichtbarkeit ist bei Dunkelheit oder Dämmerung stark eingeschränkt. Eine Unfallauswertung in 4 Städten zeigte hier eine hohe Zahl schwerwiegender Abbiegeunfälle mit Beteiligung von Fußgängern und Radfahrern. Mögliche Ursachen für diese Unfälle sind unter anderem abschnittsweise unterschiedliche Beleuchtungsverhältnisse. Das liegt insbesondere daran, dass ortsfeste Straßenbeleuchtungen nicht an allen Stellen der beleuchteten Verkehrsflächen eine ausreichende Sichtbarkeit des Radverkehrs im Mischverkehr ermöglichen.

Vor diesem Hintergrund hat die BASt die Technische Universität Berlin beauftragt, ein umfassendes System von innovativen Beleuchtungs- und Designparametern, wie Kenngrößen, Lichtstärkeverteilung, Lichtsteuerung und Anlagengeometrie, für zukünftige ortsfeste LED-Straßenbeleuchtungssysteme zu entwickeln und zu erproben. Ziel ist es, die bis 2024 erarbeiteten Ergebnisse als Empfehlungen zur Überarbeitung der DIN EN 13201 „Straßen-

beleuchtung“ und insbesondere auch als Grundlage für einen neuen Leitfaden zu nutzen. Dieser soll Kommunen und Städten konkrete Handlungsempfehlungen für die Gestaltung einer radfahrersicheren Straßenbeleuchtung geben.

Auf der Basis einer Literaturanalyse werden ausgewählte Daten der GIDAS (German In-Depth Accident Study) Unfalldatenbank mit Radverkehrsbeteiligung ausgewertet. Hieraus wird abgeleitet, welche Situationen und Gegebenheiten bei Dunkelheit besonders häufig zu Unfällen führen. In einem nächsten Schritt soll dann die Entwicklung von Parametern erfolgen, um den Radverkehr sichtbarer zu machen. Die Entwicklung innovativer Straßenbeleuchtungskonzepte mittels LED-Technik verbessert dabei nicht allein die Sichtbarkeit von Radfahrern, sondern auch die Radfahrer selbst können so die Verkehrsflächen besser sehen.

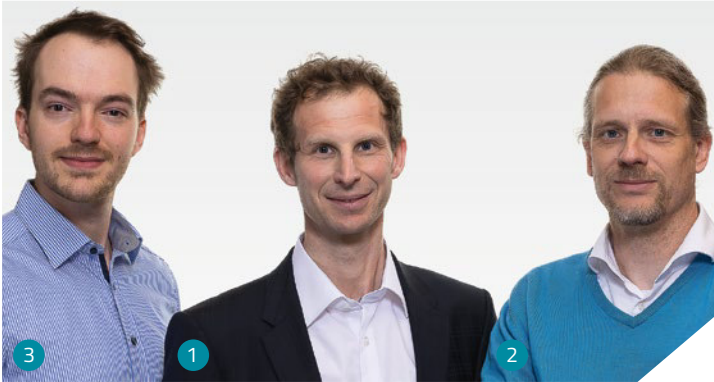
Die zu entwickelnden Parameter erproben die Forscher in einem Lichtlabor und anschließend werden die Parameter auch auf einer realen Teststraße, dem sogenannten „LED-Laufsteg“, validiert.

Das Projekt wird im Rahmen des Sicherheitsforschungsprogramms der BASt umgesetzt, welches sich auf Forschungsaktivitäten zum sicheren Radfahren in einem gemeinsam genutzten Straßenraum konzentriert. 

---

# Technische Neuerungen für sicheres Fahrradfahren

---



## Autoren:

- 1 **Maxim Bierbach**,  
Maschinenbauingenieur
- 2 **Dr. Patrick Seiniger**,  
Maschinenbauingenieur,  
stellvertretender  
Referatsleiter
- 3 **Bryan Bourauel**,  
Maschinenbauingenieur,  
Referat „Aktive Fahr-  
zeugsicherheit und  
Fahrerassistenzsysteme“

Das Fahrrad ist ein nachhaltiges und umweltfreundliches Verkehrsmittel, doch wie die aktuelle Entwicklung der Verkehrsunfallzahlen zeigt, muss das Radfahren sicherer werden. Während die Gesamtzahl der Unfälle mit Personenschaden in Deutschland kontinuierlich sinkt, ist dieser Trend bei Unfällen mit Fahrradbeteiligung nicht zu erkennen. In verschiedenen aktuellen Projekten wird deshalb untersucht, wie das Radfahren durch fahrzeugtechnische Innovationen sicherer und komfortabler gestaltet werden kann. Beispiele dafür sind Verbesserungen bei der Beleuchtung oder den Bremsen,

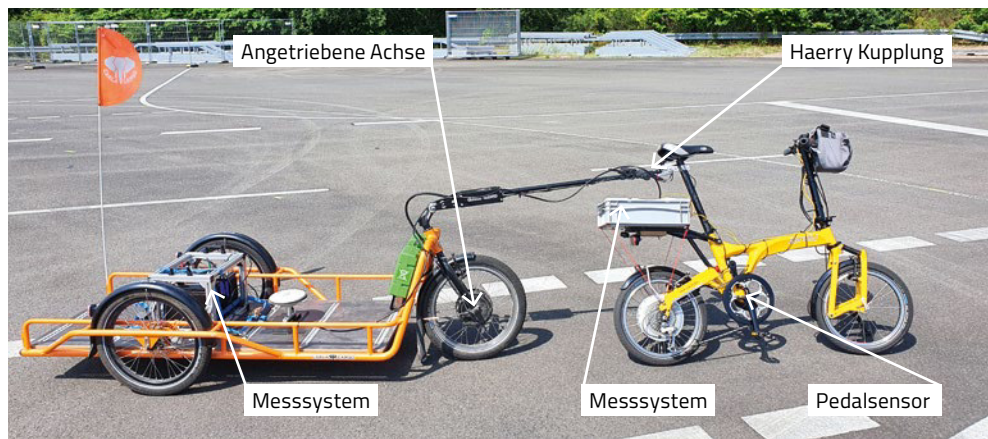
höhere Anforderungen an Sitze und Rückhaltesysteme sowie die Möglichkeit der Vernetzung der Verkehrsteilnehmer. Im Jahr 2022 wurden konkrete Erkenntnisse aus folgenden Arbeiten gewonnen.

## Verbesserung von Sicht und Sichtbarkeit durch Kurvenlicht

In Deutschland müssen Fahrräder vorgeschriebene technische Vorschriften zur Ausstattung erfüllen, um am Straßenverkehr teilnehmen zu dürfen. Hierzu gehören auch die lichttechnischen Einrichtungen. Für diese wurden aktuell, unter maßgeblicher Beteiligung der BAST, die „Technischen Anforderungen“ (TA) an den Stand der Technik angepasst beziehungsweise erweitert. Eine wesentliche Neuerung ist das Kurvenlicht für Fahrräder.

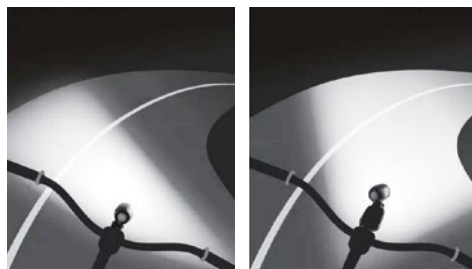


Messfahrrad mit Prototypen-Licht im Versuchsbetrieb



Angetriebener Anhänger im Versuchsbetrieb mit einem Messfahrrad.

Systeme wie dieses regeln bei Kurvenfahrt, beispielsweise über eine Mechanik, die horizontale Ausrichtung der Hell-Dunkel-Grenze des Fahrradscheinwerfers. Sie drehen das Licht darüber hinaus leicht zum Kurveninneren, wodurch sich die Ausleuchtung der Kurven verbessert und gleichzeitig die Blendung des Gegenverkehrs reduziert. Die neue TA Nummer 25 „System zur automatischen Ausrichtung von Scheinwerfern für Fahrräder“ definiert konkrete Anforderungen, die die Kurvenlichtsysteme erfüllen müssen. Sie soll gewährleisten, dass damit nur wirksame Systeme verbaut werden und das Fahrradfahren in der Nacht zukünftig sicherer machen. Insbesondere sind dabei Genauigkeitsanforderungen für die integrierte Schräglagenmessung definiert, um zu verhindern, dass falsch gesteuerte Scheinwerfer zur Blendung des Gegenverkehrs führen.



Ohne und mit System zur Ausrichtung der Hell-Dunkel-Grenze

Bei der Erarbeitung der technischen Anforderungen kamen Prototypenleuchten an einem Messfahrrad zum Einsatz. Erste Serienprodukte, zunächst aufgrund des Energieverbrauchs der Mechanik für Pedelecs, sind mittlerweile am Markt verfügbar.

### Angetriebene Fahrradanhänger

Fahrräder kommen immer häufiger beim Transport von Lasten zum Einsatz, wofür sich neben Lastenfahrrädern auch Anhänger eignen. Angetriebene Fahrradanhänger sind hier sicher besonders komfortabel, bisher aber in den Vorschriften noch nicht berücksichtigt. Unklar war bisher, unter welchen Bedingungen angetriebene Anhänger die Fahrstabilität des Fahrrads nicht negativ beeinflussen.

Im Rahmen eines Projekts erfolgte daher eine Untersuchung des fahrdynamischen Verhaltens von Fahrrädern mit angekoppelten elektrisch angetriebenen Anhängern. Dabei wurden Anhänger mit einer maximalen Antriebsleistung von 0,25 Kilowatt und Unterstützung bis maximal 25 Kilometer pro Stunde betrachtet. Erste Ergebnisse zeigen, dass derartige Anhänger fahrdynamisch unbedenklich sind, wenn der Antrieb nur unterstützt, aber das Fahrrad nicht anschiebt. 🚩



---

# Radverkehr im Mischverkehr auf Hauptverkehrsstraßen

---



## Autoren:

- 1 **Dr. Bernhard Kollmus,**  
Verkehringenieur,  
stellvertretender  
Referatsleiter
- 2 **Stefan Pliquet,**  
Bauingenieur
- 3 **Dr. Simon Hummel,**  
Ingenieur und Geograf,  
Referat „Straßenentwurf,  
Verkehrsablauf,  
Verkehrsregelung“

Das Fahrrad liegt mehr denn je im Trend – dies zeigt sich insbesondere im großstädtischen Bereich, wenn man die Verteilung des Transportaufkommens in der Verkehrsstatistik auf verschiedene Verkehrsträger oder Verkehrsmittel (Modal Split) und die Zunahme der Verkehrsleistung des Radverkehrs über die vergangenen Jahre betrachtet.

Gleichzeitig ist die allgemeine Förderung des Fahrrads als umweltfreundliches und nachhaltiges Verkehrsmittel in der alltäglichen Praxis jedoch häufig mit begrenzten Ressourcen konfrontiert: So bedarf die Schaffung entsprechender Radverkehrsanlagen einerseits in vielen Fällen erheblicher finanzieller Aufwendungen, andererseits lässt eine geringe Straßenraumbreite separate Radverkehrsanlagen nicht immer zu.

Daher sollte im Rahmen einer Forschung im Auftrag der BASt ermittelt werden, wie und unter welchen Randbedingungen Radverkehr sicher und kostengünstig im Mischverkehr mit Kraftfahrzeugen erfolgen kann. Neben objektiven Sicherheitsaspekten sollte gleichzeitig ermittelt werden, welche Randbedingungen in den beschriebenen

Situationen eine Akzeptanz der Führung im Mischverkehr seitens der Radfahrenden fördern.

Die Betrachtung der polizeilich registrierten Unfälle auf einer repräsentativen Auswahl von Streckenabschnitten zeigte, dass Unfälle mit Radfahrenden bei einer Führung im Mischverkehr ohne Schutzstreifen am häufigsten im Zusammenhang mit Längsparkständen im ruhenden Kfz-Verkehr geschehen. Dabei kamen Kollisionen mit sich plötzlich öffnenden Autotüren („Dooring-Unfälle“) häufig vor. Ein weiterer Risikofaktor für die Verkehrssicherheit bestand in Gleisen in der Fahrbahn. Ein deutlicher Zusammenhang zwischen den Verkehrsstärken des Kraftfahrzeugbeziehungsweise Radverkehrs und Unfällen mit Radverkehrsbeteiligung war ebenfalls nachweisbar. Im Bereich von Anschlussknotenpunkten untergeordneter Straßen an Hauptverkehrsstraßen wirken sich außerdem eingeschränkte Sichtbeziehungen negativ auf die Sicherheit des Radverkehrs aus. Darum sollte in diesen Bereichen die Einhaltung der erforderlichen Sichtweiten gewährleistet sein. Dies gelingt in vielen Fällen durch die Reduzierung von Parkständen, die gegebenenfalls mit verkehrstechnischen Maßnahmen wirksam durchzusetzen ist.

Die Betrachtung der Flächennutzung des Radverkehrs zeigte, dass die Akzeptanz der Mischverkehrsführung zwischen den betrachteten Straßenräumen stark schwankte. Je nach Untersuchungsfall bevorzugten zwischen 0 und 90 Prozent der Radfahrenden den Gehweg gegenüber der Fahrbahn. Im Mittel fuhren etwa 20 Prozent der Radfahrenden auf dem Gehweg. „Die Fahrbahn



Dooring-Unfälle können zu schweren Verletzungen führen.

ist zu unsicher“ nannten Befragte als häufigsten (subjektiven) Beweggrund für die Gehwegnutzung. Im Zuge einer tiefergehenden multikriteriellen Analyse zeigte sich, dass höhere Radverkehrsstärken, niedrigere Auto-Verkehrsstärken, geringe Schwerverkehrsanteile sowie eine zulässige Höchstgeschwindigkeit unter 50 Kilometer pro Stunde positiv auf die Akzeptanz des Mischverkehrs als Führungsform für den Radverkehr wirken. Letzterer Zusammenhang konnte im Hinblick auf das Unfallgeschehen nur ansatzweise an Anschlussknotenpunkten untergeordneter Straßen, nicht aber auf Streckenabschnitten von Hauptverkehrsstraßen, nachgewiesen werden.

Die zentrale Bedeutung der „Dooring-Unfälle“ hat für die Anwendungsfälle der Radfahr- und Schutzstreifen den Eingang in die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrsordnung (StVO) bewirkt: Sie verlangt mittlerweile einen zusätzlichen Sicherheitsraum zum ruhenden Verkehr. Die in Kürze einzuführenden Richtlinien für die Markierung von Straßen sehen das auch im Bereich von Fahrradstraßen vor. Weitere Entwürfe aktuell fortzuschreibender Regelwerke, zum Beispiel „Empfehlungen für Radverkehrsanlagen“ (ERA), sehen innerorts grundsätzlich 75 Zentimeter breite Sicherheitstrennstreifen vor.

Und das nicht nur zwischen Längsparkständen und Radverkehrsanlagen, sondern auch bei einer Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf der Fahrbahn (zum Beispiel auf Fahrradstraßen). Die Auswirkungen des Sicherheitstrennstreifens auf „Dooring-Unfälle“ insgesamt sind bislang jedoch noch nicht systematisch untersucht worden. Dies soll demnächst im Zuge eines BAST-Forschungsvorhabens geschehen. Die schmale Leitlinie, die bei einer Führung des Radverkehrs im Mischverkehr aktuell für Sicherheitstrennstreifen empfohlene Markierungsform, birgt die Verwechslungsgefahr mit einem (deutlich zu schmalen) Schutzstreifen. Dabei wird unter anderem zu betrachten sein, inwieweit auch Form und Oberflächenbeschaffenheit der Sicherheitstrennstreifen eine Auswirkung auf den Abstand haben, den Radfahrende zu parkenden Autos halten. Es stellt sich somit unter anderem die Forschungsfrage, ob gegebenenfalls eine andere Markierungsform (zum Beispiel Kreuze) oder eine sehr unebene Oberfläche (zum Beispiel gepflasterte Ausführung) den Sicherheitstrennstreifen je nach Anwendungsfall in seiner Funktion wirksam verdeutlichen können. ▀

---

# Kommunikative und edukative Maßnahmen zur Förderung der Radverkehrssicherheit im Jugendalter

---



**Autorin:**

**Stefanie Kaup,**  
Kommunikationswissenschaftlerin,  
Referat „Sicherheitskonzeptionen, Sicherheitskommunikation“

## Jugendliche als Zielgruppe von Präventionsbotschaften

Mit der Förderung des Radverkehrs entsteht die Notwendigkeit, sich verstärkt für die Sicherheit von Radfahrenden einzusetzen. Ein Fokus sollte dabei auf Jugendliche gelegt werden. In der Zeit der Identitätsbildung stellen diese die bis dahin maßgeblich von Eltern geprägten mobilitätsbezogenen Verhaltensweisen infrage und bilden eigene sicherheitsrelevante Einstellungen aus.

Dieser Prozess wird durch Gleichaltrige und Vorbilder geprägt. So beeinflussen die wahrgenommenen Werte der Peergroup auch, ob Jugendliche beim Fahrradfahren einen Helm tragen oder nicht. Die Helmtragequote Jugendlicher und junger Erwachsener war in den letzten Jahren stets deutlich geringer als die von Kindern.

Um sich von Erwachsenen und besonders von Eltern abzugrenzen, entwickeln Jugendliche eigene Kommunikationspraktiken. Normen und Werte handeln sie nicht nur explizit, sondern auch implizit, zum Beispiel, über Bilder in Social Media, aus. Beeinflussungsversuchen von Autoritätspersonen begegnen sie in dieser Zeit oftmals mit Widerstand. Daher ist eine strategische und inhaltliche Ausrichtung von Verkehrssicherheitsmaßnahmen an den Merkmalen dieser Zielgruppe besonders wichtig. Somit untersucht die BAST, wie Präventionsbotschaften die vorherrschenden Kommunikationspraktiken von Jugendlichen aufgreifen und Akzeptanz generieren können.

## Social Media als Kanal für Kampagnen zum Helmtragen

Viele junge Menschen folgen Influencern in sozialen Netzwerken. Diese reichweitenstarken und von der Community angesehenen Personen gelten für Jugendliche als Vorbilder und Inspirationsquellen. Sie sind deshalb maßgeblich an Trends beteiligt und können dazu motivieren, Neues auszuprobieren.

Da Befunde nahelegen, dass insbesondere viele junge Frauen aus ästhetischen Gründen keinen Fahrradhelm tragen, hat eine BAST-Studie untersucht, wie sie das Helmtragen wahrnehmen, wenn eine Influencerin sich auf Instagram mit Fahrradhelmen zeigt. Bei der Betrachtung entsprechender Fotos wurden Eyetracking-Analysen und Leitfadeninterviews durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass bereits die Darstellungsform von Helmen beeinflussen kann, ob überhaupt eine tiefergehende Auseinandersetzung mit dem Helmtragen stattfindet. Bilder, die Fahrradhelme in alltagsnahen Situationen und unter modischen Gesichtspunkten zeigen und damit Identifikationspotenzial für Frauen bieten, können soziale Vergleiche hervorrufen. Dabei werden die eigenen Erfahrungen und Einstellungen mit dem Bild in Verbindung gebracht und reflektiert. Dahingegen hat sich gezeigt, dass stark inszenierte Fotos, die Werbekampagnen ähneln, zwar die visuelle Aufmerksamkeit der Betrachterinnen wecken, aber andererseits werden sie aber auch



Instagram-Kampagne zum Helmtragen (eigene Darstellung; Bild aus Eyetracking-Untersuchung).

schnell als Beeinflussungsversuch eingeordnet und oberflächlich abgewertet. Eine tiefgehende Auseinandersetzung findet somit nicht statt.

Weiterhin bestätigt ein Online-Experiment der BAST, dass junge Frauen, die einen Beeinflussungsversuch in Instagram-Beiträgen zum Helmtragen vermuten, sowohl die Quelle als auch deren Botschaft als unglaublich wahrnehmen. Damit Präventionsbotschaften glaubwürdig wirken, sollte daher die intrinsische Motivation der Quelle, sich mit Verkehrssicherheit zu befassen, erkennbar sein. Dies kann durch den beruflichen Bezug oder durch persönliche Erfahrungen der Kommunikatoren erreicht werden.

Die wichtigsten Voraussetzungen für erfolgreiche Social-Media-Kampagnen sind folglich authentische Influencerinnen und Influencer, die sowohl Anknüpfungspunkte zur Kampagne als auch Identifikationspotenzial für die Zielgruppe der Jugendlichen bieten. Gleichzeitig müssen ihre Beiträge

den hohen Qualitätsansprüchen der Zielgruppe gerecht werden.

### Mediale Weiterentwicklung von Präventionsangeboten

Während kommunikative Maßnahmen mobilitätsbezogene Einstellungen adressieren, setzen edukative Maßnahmen an dem Regelverständnis und dem Training sicherheitsrelevanter Verhaltensweisen an. Da Jugendliche eine hohe Medienaffinität haben, erforscht die BAST auch das Potenzial digitaler Lehr- und Lernmethoden für die Verkehrssicherheitsarbeit. Mit „#Augenblickwinkel360“<sup>1</sup> wird ein erstes didaktisches Konzept aufgezeigt, wie Virtual Reality für erfahrungsbasiertes Lernen genutzt werden kann. Jugendliche nehmen hier die Perspektive von Fahrradfahrern und anderen Verkehrsteilnehmern ein. Das immersive Erleben der Situation ermöglicht es, potenzielle Gefahren im Straßenverkehr selbstständig zu erkennen und gegenseitiges Verständnis und Rücksichtnahme als sinnvoll wahrzunehmen, ohne dass Dritte diese Botschaft explizit vermitteln müssen. ▀

<sup>1</sup> [www.augenblickwinkel-360.de](http://www.augenblickwinkel-360.de) [12.12.2022]

---

# Untersuchung im Fahrrad- simulator mit Senioren – eine Machbarkeitsstudie

---



**Autorin:**

**Dr. Martina Suing,**  
Psychologin,  
Referat „Grundlagen des Verkehrs- und  
Mobilitätsverhaltens“

Während Fahrverhaltensbeobachtungen  
mit Pkw-Fahrsimulatoren in der Verkehrs-  
sicherheitsforschung schon seit vielen

Jahren etabliert sind, sind Forschungspro-  
jekte mit Fahrradsimulatoren weltweit  
noch durch ihren Pioniercharakter gekenn-  
zeichnet. Das gilt auch für die erste Mach-  
barkeitsstudie mit dem Fahrradsimulator  
der BAST. In dieser Studie wurde ein beson-  
derer Fokus auf Senioren als Fahrradfahrer  
gesetzt. Diese sind aufgrund ihrer steigen-  
den Mobilität bei zugleich erhöhter Vulne-  
rabilität eine wichtige Zielgruppe für die  
Verkehrssicherheitsforschung.

**Ziele der Machbarkeitsstudie**

Die Studie zielte darauf ab, erste Erkennt-  
nisse über die Voraussetzungen, Möglich-  
keiten und Grenzen zum Einsatz des  
Fahrradsimulators für Fahrverhaltens-  
beobachtungen zu gewinnen. Folgende  
Untersuchungsaspekte waren dabei  
zentral: die Geeignetheit des Eingewöh-



Fahrradsimulator der BAST.

nungstrainings, das Fahrverhalten und -erleben, das Eintauchen in die virtuelle Welt (Immersion) sowie die Verträglichkeit des Fahrradsimulators. Letztere betrifft das mögliche Auftreten von Symptomen der „Simulator-Krankheit“ (eine Form des Unwohlseins, ähnlich der Reisekrankheit), die sowohl das Fahrverhalten beeinflussen als auch zu einem vorzeitigem Studienabbruch führen kann.

300-Grad-Horizontal- und einen 100-Grad-Vertikal-Sichtbereich ermöglichen. Die Ausgabe von Fahr- und Hintergrundgeräuschen sowie Navigationsanweisungen erfolgt über ein Headset.

### Durchführung

Vor der eigentlichen Testfahrt haben die Probanden ein Eingewöhnungstraining, bestehend aus drei kurzen Übungsfahrten



Senioren im Fokus der Verkehrssicherheitsforschung.

Um einen möglichen Einfluss des Alters zu untersuchen, wurden sowohl Fahrradfahrer ab einem Alter von 65 Jahren (Experimentalgruppe: EG) als auch vergleichend 25 bis 50-Jährige (Kontrollgruppe: KG) in die Studie miteinbezogen.

### Fahrradsimulator

Der Fahrradsimulator inklusive der Software SILAB wurde vom Würzburger Institut für Verkehrswissenschaften (WIVW) entwickelt. Als Modell dient ein reales und mit Sensorik ausgestattetes Trekkingrad auf einer passiv leicht beweglichen Trägerplatte. Die virtuelle Umgebung wird über 10 Großformat-Displays dargestellt, die einen

mit einer Länge von jeweils circa 2–3 Minuten, absolviert. Trainiert wurden Spurhalten, Beschleunigen und Bremsen, Bedienen von Gang- und Pedelec-Schaltung, Vorfahrt beachten, Abbiegen mit Handzeichen sowie das Befolgen von Navigationsanweisungen. Die eigentliche Teststrecke mit einer Fahrzeit von circa 7 bis 15 Minuten fand schließlich in einem etwas komplexeren Stadtszenario statt und beinhaltete mehrere kritische Verkehrsszenen.

Zur Datengewinnung kamen neben der Verhaltensbeobachtung und der Fahrdatenaufzeichnung (hier: Geschwindigkeitsmessung) mehrere Fragebögen zum Einsatz.

## Ergebnisse

Die Stichprobe umfasste in der EG 35 ältere Radfahrer (Altersspanne: 65 bis 89 Jahre; davon 11 Probanden älter oder gleich 75 Jahre; Frauenanteil: 34,3 Prozent) und in der KG 31 Radfahrer (Altersspanne: 25 bis 50 Jahre; Frauenanteil: 51,6 Prozent). Der Anteil von Probanden mit Vorerfahrungen im Pkw-Fahrsimulator betrug in der EG 22,9 Prozent und in der KG 58,1 Prozent.

Als auffällig erwies sich die vergleichsweise hohe Rate vorzeitiger Studienabbrüche unter den Senioren (51,4 Prozent); bei älteren Senioren (älter oder gleich 75 Jahre) betrug sie sogar 72,7 Prozent. Demgegenüber haben nur 2 Probanden (6,5 Prozent) der KG ihre Teilnahme vorzeitig beendet. Abbrüche, die bereits während der Eingewöhnungsfahrten stattfanden, waren vor allem in Problemen mit dem Handling des Fahrradsimulators begründet. Spätere Abbrüche während der Testfahrt fanden aufgrund von Unwohlsein (Simulatorkrankheit) statt.

Beim Vergleich der übrigen Studienteilnehmer (EG: n = 17; KG: n = 29) zeigten die Senioren ein unsicheres und deutlich langsames Fahrverhalten. Die Gesamtanzahl der Fahrfehler war in beiden Teilnehmergruppen relativ hoch, was unter anderem auf die noch optimierbare Fahrdynamik zurückgeführt wurde. Rein deskriptiv überwogen in der EG Fahrfehler wie das unabsichtliche Verlassen der Fahrbahn, falsches Abbiegen sowie das Auslassen des Handzeichens.

Bei den Probanden der KG konnten demgegenüber mehr Kollisionen und mehr Vorfahrtsfehler beobachtet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Probanden der KG aufgrund ihrer höheren Fahrgeschwindigkeit mehr kritischen Verkehrsszenen ausgesetzt waren als die Probanden der EG. Positiv zu erwähnen ist, dass die Studie erste Hinweise für eine gelungene Immersion liefern konnte.

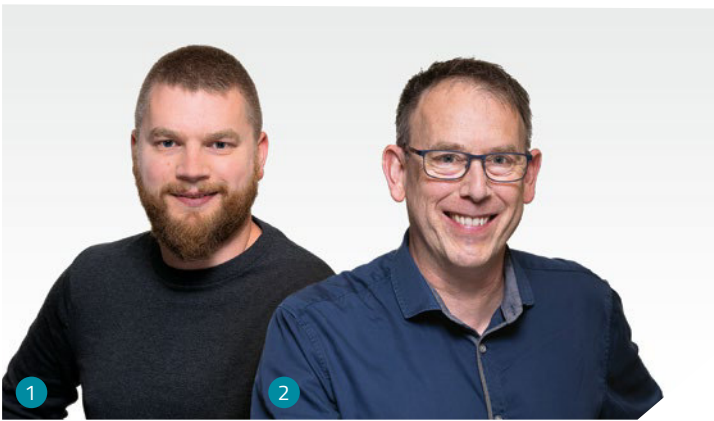
## Empfehlungen

Für zukünftige Studien wird empfohlen, dass Eingewöhnungstraining mit einem langsameren und systematischeren Aufbau des Schwierigkeitsgrades besser an die Bedürfnisse von Senioren anzupassen. Dabei sollte der Fokus zunächst auf der Gruppe der jüngeren Senioren zwischen 65 und 74 Jahren liegen. Zudem zeigte die Studie weiteren Entwicklungsbedarf bei der Fahrdynamik auf, insbesondere hinsichtlich der Lenkung, Bremsung und Geschwindigkeit. Diese Aspekte wurden im Anschluss an die Studie optimiert. Sie sollen nun in einer zukünftigen Studie durch systematische Vergleiche mit Realfahrten hinsichtlich ihrer Validität (Realitätstreue) geprüft werden. 🏹

---

# Potenzial von airbagbasierten Kopfschutzsystemen

---



## Autoren:

- 1 **Daniel Huster**,  
Fahrzeugtechnikingenieur,
- 2 **Oliver Zander**,  
Ingenieur für Sicherheitstechnik,  
stellvertretender Referatsleiter, Referat  
„Passive Fahrzeugsicherheit, Biomechanik“

Die Tragequote von Fahrradhelmen lag 2021 bei knapp unter 32 Prozent. Als Grund für das Nichttragen nannten Radfahrer oft das störende Bedecken des Kopfes, welches schwerer wiegt als die Angst vor möglichen Folgen eines Unfalls. Kopfairbags umschließen den Kopf nicht permanent, sondern nur bei einem Unfall. Macht sie das zu einer Alternative für Helmverweigerer? Seit 2015 untersucht die BASt Funktion und Schutzwirkung eines Kopfairbags in typischen Unfallszenarien. In Versuchen wurde die Stoßdämpfung eines aufgeblasenen Airbags beim Anprall auf eine Motorhaube ermittelt.

Der Vergleich zu einem durch einen Fahrradhelm geschützten Prüfkopf konnte keinen Vorteil des Kopfairbags bestätigen. An 3 einzelnen Positionen auf der Motorhaube erreichte der Airbag im Vergleich zum Fahrradhelm jeweils eine um circa 10 Prozent höhere, 16 Prozent geringere und eine vergleichbare Kopfbeschleunigung. Crashversuche mit einem Pkw bei einer Geschwindigkeit von 20 und 40 Kilometern/Stunde (km/h) gegen Radfahrer zeigten ebenso, dass der Airbag gegenüber dem Helm keine überlegene Schutzwirkung aufweist. Dies lag vor allem an der mitunter unzureichenden Unfallerkennung und Entfaltung vor dem Kopfanprall. So konnte der Airbag dem anprallenden Kopf zum Teil nicht schnell genug folgen, um sich schützend zwischen ihm und der Fahrzeugfront zu positionieren. Die Sensorik des Airbags konnte einen Crash-Versuch mit 30 km/h nicht erkennen, sodass es hier zu keiner Auslösung und somit zu keiner Schutzwirkung kam. Abschließend erfolgten zusätzliche Versuche mit verschiedenen Frisuren. Der Fokus lag dabei auf der Entfaltung und Positionierung des Kopfairbags. Die Entfaltung des Airbags bei Kurz- und Langhaarfrisuren wurde per Video untersucht. Bei beiden Frisuren konnte der Airbag den Kopf voll überdecken, wobei die Entfaltungszeit jedoch stark von der Frisur abhing.





Komponentenversuche auf Motorhaube (oben links); Kopfanprall auf PKW-Front durch unzureichende Positionierung des Airbags (oben rechts); Airbag-Entfaltung bei Kurzhaarfrisur (unten links); Airbag-Entfaltung bei Langhaarfrisur (unten rechts).

Während die volle Entfaltung bei der kurzen Frisur nach 62 Millisekunden erreicht wurde, benötigte sie bei der langen Frisur mehr als das Dreifache. Fazit: Ein Kopfairbag kann einen Fahrradhelm nicht ersetzen. Aufgrund der Komplexität einzelner Unfallhergänge ist deren Erkennung oft nur unzureichend.

Schwere Langhaarfrisuren oder dynamische Bewegungen können dazu führen, dass Entfaltung und Positionierung nicht rechtzeitig erfolgen. Die Schutzwirkung des getesteten Kopfairbags ist in diesen Fällen deutlich geringer als die eines klassischen Fahrradhelms, aber natürlich immer noch besser als kein Schutz. 🗡

# Unsere Grundsätze



„Wir fördern und fordern eine gleichbleibend hohe Qualität unserer wissenschaftlichen Arbeit, multidisziplinäre und internationale Zusammenarbeit sowie die kontinuierliche Weiterbildung unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.“

**Dr. Markus Schumacher, Diplom-Psychologe,  
Referatsleiter in der Abteilung „Verhalten und Sicherheit im Verkehr“**

„Wir verbessern kontinuierlich unsere Verfahrensweisen und fördern Innovationen. Hierbei achten wir auf die Wirtschaftlichkeit unserer Arbeit und unserer Empfehlungen.“

**Dr. Mehdi Kalantari, M. Sc.-Eng. im Bereich  
Bauingenieurwesen in der Abteilung „Straßenbautechnik“**



„Wir nutzen alle Möglichkeiten des wissenschaftlichen Austauschs und der Nachwuchsförderung.“

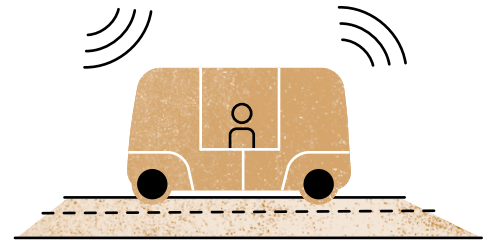
**Elisabeth Shi, M. Sc. im Bereich Psychologie in der Abteilung  
„Fahrzeugtechnik“, Doktorandin der TU München**

Im Auto arbeiten, Filme schauen oder sogar schlafen, sich ganz auf sein Fahrzeug verlassen können und sicher ans Ziel kommen: Weltweit forschen Wissenschaftler daran, die Entwicklung des automatisierten und autonomen Fahrens voranzutreiben. Schritt für Schritt soll die Vision eines autonom agierenden Fahrzeuges Wirklichkeit werden, das Menschen und Güter eines Tages ohne deren aktive Mitwirkung von A nach B bringt. Hierfür setzt sich die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) als international anerkannte Akteurin und Impulsgeberin mit ihrer Expertise ein. Ihre Forschungsergebnisse bereiten den Marktzugang für automatisierte und miteinander vernetzte Fahrzeugfunktionen vor. Darüber hinaus erarbeitet die BASt als neutrale wissenschaftliche Einrichtung des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr nationale und internationale Anforderungen und Standards für Fahrzeugsicherheitssysteme und Fahrzeuge.

---

## 3. Automatisiertes und vernetztes Fahren

---



Diese benötigen sorgfältige Vorbereitung und einen langen Vorlauf. Besonders für die Bereiche Mensch-Maschine-Interaktion, Fahrausbildung, Etablierung neuer Steuerungsformen, wie der Teleoperation, sowie den Austausch von Fahrzeug- und Mobilitätsdaten müssen aktuelle Erkenntnisse aus Grundlagen- und Anwendungsforschung einfließen. Eine der Hauptaufgaben der BAST besteht darin, die Politik unabhängig zu beraten und mit ihrer Expertise zu unterstützen. Sie erarbeitet für Entscheidungsträger wissenschaftlich basierte Lösungen, wie neue Formen der Mobilität künftig nachhaltig und sicher gestaltet werden können. Dies hilft auch der Automobilwirtschaft auf ihrer Reise vom reinen Fahrzeughersteller von heute hin zum Anbieter von vielfältigen Mobilitätsdiensten von morgen.

---

# Maschinenlesbare Straße

---



**Autoren:**

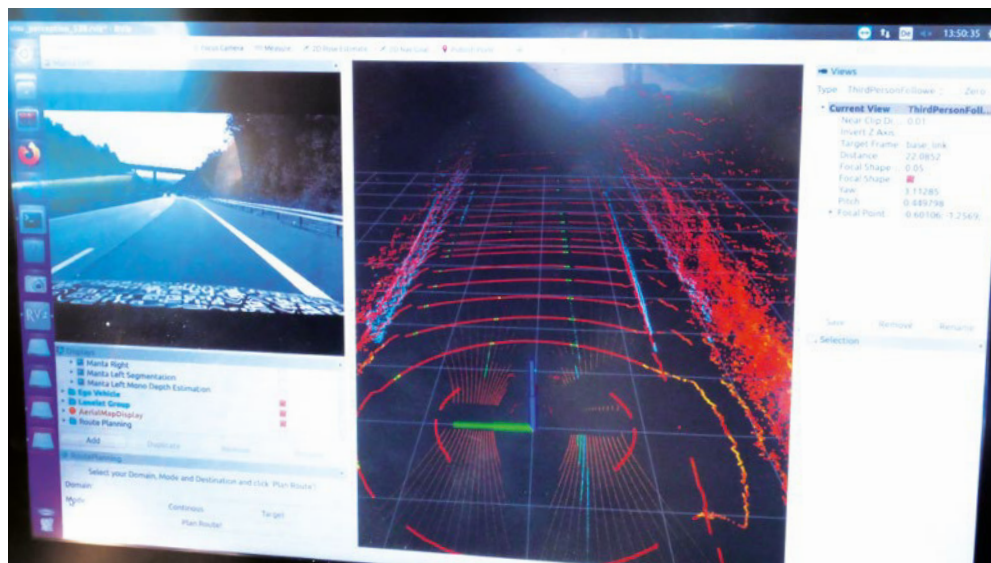
**Dr. Jan Ritter,**  
Bauingenieur,

**Maike Zedler,**  
Bauingenieurin,  
stellvertretende Referatsleiterin

**Huanyu Zhang,**  
(nicht im Bild)  
Verkehringenieurin,  
Referat „Straßenausstattung“

Fahrbahnmarkierungen wird auf absehbare Zeit eine hohe Bedeutung für das automatisierte und vernetzte Fahren (AVF) beigemessen. Dabei besteht eine zentrale Fragestellung darin, mit welchen Anforderungen zukünftig sichergestellt werden kann, dass sie sowohl von menschlichen Fahrern als auch vom automatisierten Fahrzeug zuverlässig erkannt werden können. Die bisherigen Anforderungen an Fahrbahnmarkierungen sind ausschließlich am Menschen ausgerichtet.

Welche zusätzlichen Anforderungen aus der Detektion mit fahrzeugeigener Sensorik resultieren, ist dagegen weitgehend unbekannt. Daher hat die BAST ein Forschungsprojekt beauftragt, in dem für die maschinelle Detektion maßgebende Eigenschaften von Fahrbahnmarkierungen untersucht werden. Auf Grundlage der Ergebnisse soll geprüft werden, mit welchen Modifikationen bei der Ausführung und Erneuerung von Markierungen die Einführung des AVF erleichtert werden kann. Zudem bereitet die BAST die Weiterentwicklung der heutigen Qualitätssicherung von Fahrbahnmarkierungen für das AVF vor. Denn ebenso wie für herkömmliche Fahrbahnmarkierungen gilt für Markierungen mit neuartigen Eigenschaften: Nur wenn die für die maschinelle Detektion relevanten Merkmale der Markierung dauerhaft und unter allen Witterungsbedingungen erhalten bleiben, sind sie für



Detektion von Fahrbahnmarkierungen mit LIDAR bei einem Fahrversuch mit einem Forschungsfahrzeug der fka GmbH.

den Einsatz in der Praxis geeignet. Daraus folgt, dass auch für den Menschen und AVF konzipierte Fahrbahnmarkierungen zukünftig einer Eignungsprüfung auf der Rundlaufprüfanlage (RPA) der BAST unterzogen werden müssen. Die RPA ist das Laborverfahren, mit dem die Dauerhaftigkeit von Fahrbahnmarkierungen mittels zeitgeraffter Verkehrsbelastung und messtechnischer Zustandserfassung als Voraussetzung für den Praxiseinsatz in Deutschland bewertet wird. Für neue Anforderungen, die zum Beispiel Kamera und LIDAR-Systeme an Fahrbahnmarkierungen stellen, sind Messverfahren zu entwickeln, zu verifizieren und in den europäischen Normungsprozess einzubringen. Danach müssen die neuen Messverfahren in den Prozess der Eignungsprüfung von Markierungen integriert werden.

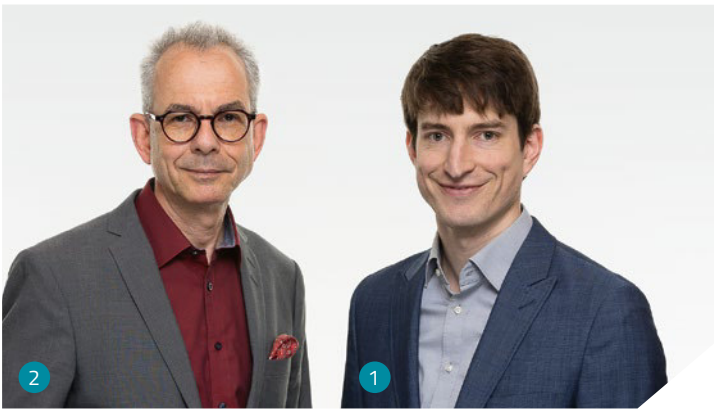
Nur so kann sichergestellt werden, dass geprüfte Markierungen in der Praxis verfügbar sind.

Um auch in Zukunft entsprechende Forschung und angepasste Prüfungen im Labor durchführen zu können, wird derzeit der Neubau einer Rundlaufprüfanlage geplant. Damit werden die Voraussetzungen für den Einsatz neuer Messverfahren, -geräte und Sensoren geschaffen. 🗖

---

# Mobility Data Space – Sicherer Datenaustausch für die Mobilität von morgen

---



## Autoren:

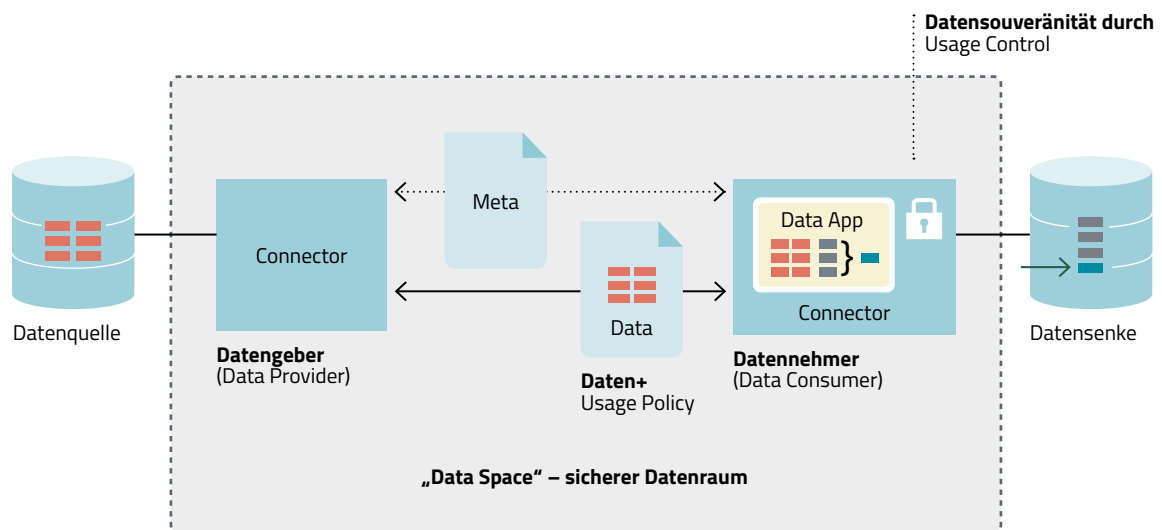
- 1 **Holger Drees,**  
Physiker
- 2 **Dr. Lutz Rittershaus,**  
Physiker und Ingenieur,  
Referatsleiter, Referat „Verkehrsbeeinflussung  
und Straßenbetrieb“

Daten sind der Treibstoff der Digitalisierung. Auch im Bereich der Mobilität, wo immer mehr Daten erfasst werden. Sie bieten ein enormes Potenzial, datenbasierte Dienste anzubieten, die den Verkehr und das Reisen sicherer, effizienter, umweltfreundlicher und komfortabler machen. Dieses Potenzial wird aber bei Weitem nicht ausgeschöpft. Besonders der Austausch von Daten zwischen unterschiedlichen Anbietern von Mobilität wie Straßenbetreibern, Fahrzeugherstellern, Verkehrsunternehmen oder Sharing-Anbietern findet nur sehr begrenzt statt.

Technisch und organisatorisch unterstützt die BAST den diskriminierungsfreien, sicheren und verlässlichen Datenaustausch bereits seit langer Zeit mit dem Mobilitäts Daten Marktplatz (MDM), dem nationalen Zugangspunkt für Mobilitätsdaten. Spielen informationelle Selbstbestimmung, Datenschutz und die Wahrung von Geschäftsgeheimnissen eine zentrale Rolle, ist der Datenaustausch über einen Marktplatz wie den MDM nicht die optimale Lösung. Aus diesem Grund engagierte sich die BAST im Forschungsprojekt „Mobility Data Space“<sup>1</sup>, gefördert durch den Modernitätsfonds „mFUND“ des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV). Die Konzepte der International Data Spaces Association sollten ein Mobilitätsdaten-Ökosystem ermöglichen, das auch sensible Daten für Dritte zugänglich und verwertbar macht, indem die Datensouveränität technisch sichergestellt wird. Zudem sollten die zahlreichen existierenden Datenplattformen besser verknüpft werden können.

---

1 [www.mobility-data-space.de](http://www.mobility-data-space.de)



Konzeptionelle Darstellung des Mobility Data Space.

Bildquelle: Fraunhofer IVI

Die Abbildung zeigt das Grundprinzip des Datenaustauschs zwischen zwei Teilnehmern eines Datenraumes. Jeder Teilnehmer betreibt einen Connector, der den sicheren Datenaustausch und die Verarbeitung der Daten unter Wahrung der Datensouveränität aus Sicht des Datengebers ermöglicht und kontrolliert. Die Kontrolle über die Datennutzung (Usage Control) gewährleistet die Datenverarbeitung und -weitergabe nach Maßgabe der Nutzungsregeln (Usage Policy) vom Datengeber.

In gut 3 Jahren legte das Projekt die Grundlagen für den gleichnamigen Mobility Data Space, der mittlerweile durch eine neu gegründete Gesellschaft mit zahlreichen namhaften Teilnehmern aus der Mobilitätsbranche in den operativen Betrieb übergegangen ist. Zudem konnte die BAST die Ergebnisse in die Neuentwicklung der Mobilithek als Nachfolger von MDM und „mCLOUD“ des BMDV, einem zentralen Zugangspunkt zu offenen Daten, einfließen lassen. 🗝

Zur Sicherstellung des Vertrauens in die ordnungsgemäße Funktion der technischen Komponenten und die Authentizität der Teilnehmer sind zentrale Einrichtungen zur Zertifizierung und Identitätskontrolle notwendig. Verzeichnisse für Metadaten, Vokabulare sowie Logging-Informationen vereinfachen darüber hinaus das Auffinden und Verarbeiten von Daten und sorgen für Transparenz.



---

# Evaluierung von Dummys für neue Innenraumkonzepte

---



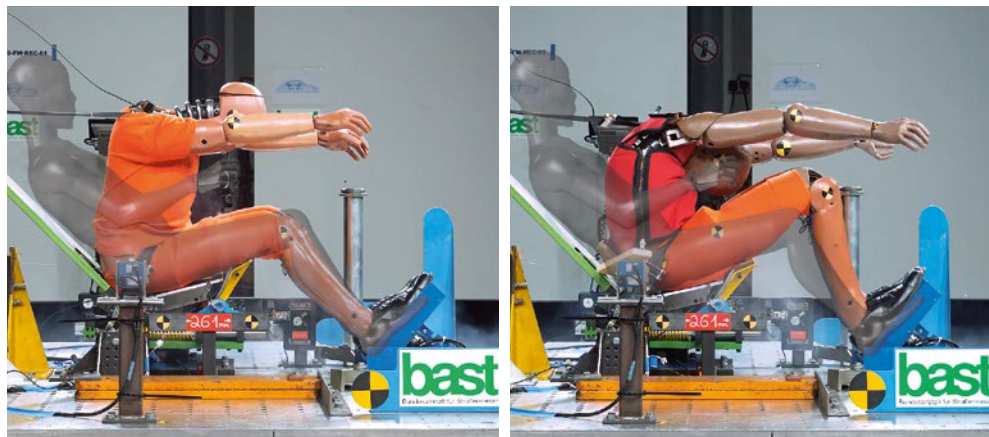
## Autoren:

- 1 **Dr. Andre Eggers,**  
Maschinenbauingenieur
- 2 **Matthias Schießler,**  
Maschinenbauingenieur
- 3 **Julian Ott,**  
Maschinenbauingenieur,  
Referat „Passive Fahrzeugsicherheit,  
Biomechanik“

Die zunehmende Automatisierung von Fahrzeugen hin zum autonomen Fahren ermöglicht den Fahrern sich fahrfremden Tätigkeiten zuzuwenden. Die Vision neuartiger Innenraumkonzepte und Sitzpositionen wird zur Realität – zum Beispiel stark zurückgelehnte Insassen oder zur Fahrzeugmitte gedrehte Fahrzeugsitze bei denen sich die Insassen gegenüber sitzen.

Im Mischverkehr von automatisierten und nicht-automatisierten Fahrzeugen wird es jedoch weiterhin zu Unfällen kommen, sodass diese Fahrzeuge und neuartigen Innenraumkonzepte hinsichtlich des Insassenschutzes bewertet werden müssen. Konventionelle Dummys zur Bewertung der Insassensicherheit wurden für aufrechte Sitzpositionen entwickelt und können die auftretenden Belastungen und Verletzungsmuster abbilden. Fraglich ist, ob diese Dummys auch in zurückgelehnten Sitzpositionen platziert werden können und sich damit einhergehende veränderte Belastungen und Verletzungsmuster bewerten lassen. Diese sind insbesondere Becken- und Lendenwirbelsäulenfrakturen sowie Submarining – der Körper rutscht bei einem Aufprall unter dem Beckengurt hindurch. Um diese Problematiken adressieren zu können, wurden konventionelle Dummys weiterentwickelt.

Die BAST hat in den letzten Jahren verschiedene konventionelle und weiterentwickelte Dummys in statischen und dynamischen Versuchen evaluiert. Für die Versuche wurde ein Rückenlehnenwinkel von 45 Grad gewählt – etwa doppelt so weit geneigt wie bei herkömmlichen Sitzpositionen.



Mit Schlittenversuchen wurden die neuartigen Sitzpositionen untersucht.

Weiterhin kam ein angepasstes Rückhaltesystem mit zweifacher Beckengurtstraffung zum Einsatz, um das Submarining-Risiko zu reduzieren. Alle Dummies konnten in der zurückgelehnten Sitzposition positioniert werden. Allerdings traten bei den konventionellen Dummies – im Gegensatz zu weiterentwickelten Dummies – Einschränkungen auf. Submarining konnte in den dynamischen Versuchen durch das modifizierte Rückhaltesystem vermieden werden. Besonders bei der Kinematik (siehe Bilder), der Beckenrotation und der Belastung in der Lendenwirbelsäule konnten jedoch größere Unterschiede zwischen den Dummies beobachtet werden.

Die Versuche haben weiteren Forschungsbedarf hinsichtlich weiterentwickelter Dummies sowie der Notwendigkeit von biomechanischen Vergleichsdaten zum Menschen aufgezeigt. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf dem Becken- und Lendenwirbelsäulenbereich, um zukünftig relevante Verletzungsmuster adressieren zu können. In den kommenden Jahren wird die BAST hierzu unter anderem im europäischen Forschungskonsortium ENOP (Enable New Occupant seating Postions) arbeiten. 🗡

---

# Können uns Fahrzeuge schon selbstständig über die Autobahn chauffieren?

---



**Autor:**

**Oliver Bartels,**  
Physiker,  
Referat „Aktive Fahrzeugsicherheit und Fahrerassistenzsysteme“

Das automatisierte Fahren, bei dem Menschen nur noch Passagiere sind und die Fahraufgabe nicht mehr selbst ausführen, rückt Schritt für Schritt näher. Für Autobahnen und autobahnähnliche Straßen können seit Januar 2021 Fahrzeugsysteme genehmigt werden, die bis zu einer Geschwindigkeit von 60 Kilometer pro Stunde automatisiert die komplette Fahraufgabe innerhalb der eigenen Fahrspur übernehmen. Die Vereinten Nationen führen solche Systeme in den fahrzeugtechnischen Vorschriften in der UN-Regelung Nummer 157 (UN R 157) unter dem Begriff ALKS (Automated Lane Keeping Systems). Ein ALKS ist somit das erste System in einem Fahrzeug, bei dem das Fahrzeug die Fahraufgabe zeitweise vollständig selbst ausführt – beispielsweise im Stau auf der Autobahn. Menschliche Fahrer greifen hier nur beim Erreichen von Systemgrenzen mit einer ausreichenden Zeitreserve ein. Aus diesem Grund werden in der Vorschrift hohe technische Anforderungen an das System ge-

stellt, weil es im aktiven Betrieb ohne Fahrer sicher funktionieren muss. Die festgelegten Pflichten der menschlichen Fahrer sind in nationalen Verhaltensvorschriften festgelegt. Diese mussten in passende technische Anforderungen an das Fahrzeugsystem überführt werden. Eine weitere Herausforderung besteht darin, die Anforderungen so zu gestalten, dass ein sicherer Übergang zurück zum manuellen Fahren gewährleistet ist.

Erste Seriensysteme in Fahrzeugen haben im Dezember 2021 eine Genehmigung erhalten. Nutzer können diese Fahrzeuge nun in Ländern wie Deutschland, in denen die nationalen Gesetze den regulären Einsatz von selbstfahrenden Autos erlauben, regelmäßig mit einem ALKS im Straßenverkehr einsetzen.

Bei bekannten Systemen, die beispielsweise unter den System- oder Funktionsnamen „Autopilot“, „Full Self Driving“, „Super



Beispieltestszenario „Rettungsgasse bilden“ für ein ALKS.



BeispieltestszENARIO „Einscherer“ für ein ALKS.



BeispieltestszENARIO „Stau-Ende mit Motorrad“ für ein ALKS.

Cruise“, „ProPilot Assist“ et cetera auf dem Markt sind, sind allerdings noch keine ALKS, sondern lediglich Fahrerassistenzsysteme, die Fahrer bei der Fahraufgabe mehr oder weniger weitreichend unterstützen. Die Verantwortung für die Fahraufgabe verbleibt bei diesen Systemen – im Gegensatz zu einem aktiven ALKS – immer bei den Fahrern.

Auf Initiative des Bundesverkehrsministeriums und mit umfassender Unterstützung durch die BAST erfolgte in einem nächsten Schritt eine Erweiterung der Vorschrift UN R 157. Höhere Maximalgeschwindigkeiten bis 130 km/h und automatisierte Spurwechsel für die Fahrzeuge sind nun möglich, sodass Genehmigungen für einen kompletten „Autobahn-Chauffeur“ erteilt werden können. Auch Lkw und Busse fallen künftig unter diese Regelung. Diese Erweiterung der UN R 157 stand im Juni 2022 bei den Vereinten Nationen final zur Abstimmung und trat nach ihrer Annahme im Januar 2023 in Kraft.

Seitdem können automatisierte Fahrsysteme, die beispielsweise eine komplette Autobahnfahrt von der Auffahrt bis zur Abfahrt bewältigen, genehmigt werden. Für eine Genehmigung nach UN R 157 ist die Erfüllung der dort gestellten Anforderungen an die Systeme nachzuweisen. Hierfür sind unter anderem umfangreiche, aus dem Realverkehr abgeleitete Tests zu bestehen. Sie bilden kritische Fahrsituationen ab, die das Fahrzeug sicher meistern muss. Dabei kann der in den Anforderungen der Vorschrift vorgegebene Parameterraum (beispielsweise Geschwindigkeiten, Straßenverlauf, Verkehrssituationen und andere Verkehrsteilnehmer) variiert werden (siehe Beispielbilder), um ein möglichst repräsentatives und robustes Verhalten der Fahrzeuge für den späteren Realverkehr abprüfen zu können.

Die Gesetzgebung ermöglicht damit dem „Autobahn-Chauffeur“, in Serienfahrzeugen umgesetzt werden zu können, sodass uns die ersten Fahrzeuge schon bald selbstständig über die Autobahn chauffieren könnten. 🗡

# Nutzergerechte Kommunikation automatisierten Fahrens



## Autorinnen:

- 1 **Elisabeth Shi,**  
Psychologin,  
Referat „Automatisiertes Fahren“
- 2 **Stefanie Kaup,**  
Kommunikationswissenschaftlerin,  
Referat „Sicherheitskonzeptionen,  
Sicherheitskommunikation“

In Deutschland erlauben die Änderungen des Straßenverkehrsgesetzes 2017 und 2021 den automatisierten und autonomen Fahrmodus im öffentlichen Straßenverkehr. Der erhoffte Gewinn an Verkehrssicherheit basiert auf der bestimmungsgemäßen Verwendung der Systeme. Um die Ver-

kehrsteilnehmer herstellerunabhängig zu informieren, hat die BASt eine nutzerzentrierte Darstellung der Automatisierung erarbeitet. Diese unterscheidet nach assistiertem, automatisiertem und autonomem Modus. Im Fokus stehen die Nutzer und deren fahrbezogene Aufgaben. Diese Darstellung ist mit den in der vorgenannten Gesetzgebung verwendeten Begriffen und mit internationalen Standards, die in Fachkreisen Verwendung finden, vollständig kompatibel. Jedoch richtet sie sich explizit nicht an Fachkreise, sondern an alle Verkehrsteilnehmer.

## Die 3 Automatisierungsmodi

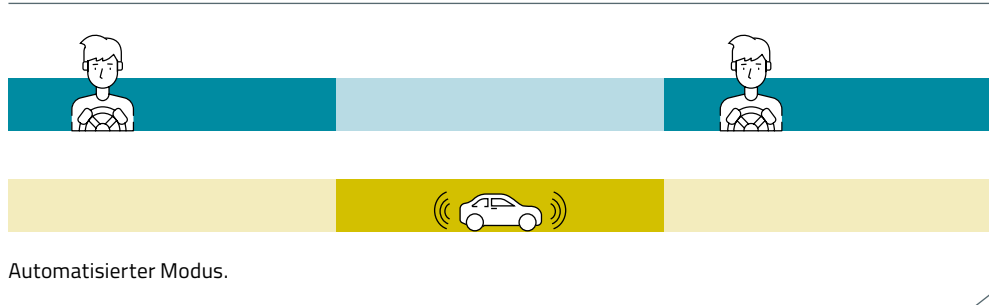
### 1. Der assistierte Modus

Heute verfügbare Assistenzsysteme ermöglichen den assistierten Modus. Sein zentrales Merkmal ist, dass Fahrer in ihren Fahraufgaben lediglich unterstützt, aber niemals völlig abgelöst werden.

Systeme wie der Autopilot von Tesla können sowohl die Fahrgeschwindigkeit beeinflussen (Längsführung) als auch das Fahrzeug kontinuierlich mittig auf dem Fahrstreifen



Assistierter Modus.



halten (Querführung). Damit verändert sich das subjektive Erleben der Fahrer: Je umfangreicher Assistenzsysteme unterstützen, desto weniger müssen sie aktiv zur kontinuierlichen Steuerung des Fahrzeugs beitragen. Für sie besteht die Schwierigkeit darin, dass sie trotz aktiver Systeme permanent für die Fahraufgabe verantwortlich sind, auch wenn es sich für sie nicht so anfühlt. Sie müssen das System und das Umfeld also permanent überwachen und gegebenenfalls korrigierend eingreifen.

## 2. Der automatisierte Modus

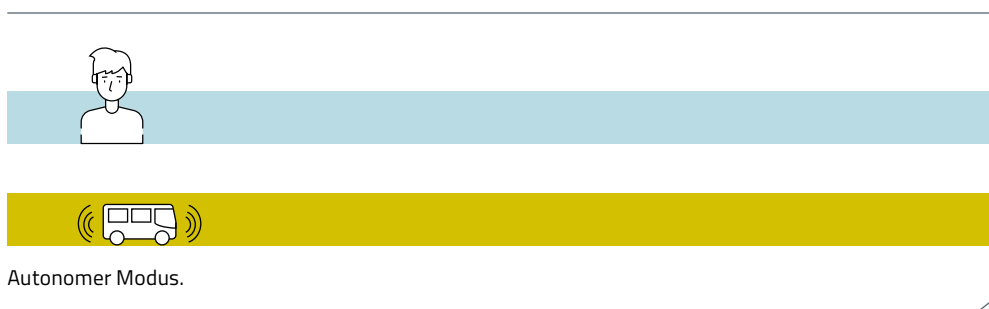
Beim automatisierten Modus ändert sich erstmals die Rolle der Person auf dem Fahrersitz: Nach dem Einschalten übernimmt das System das Fahren vollständig innerhalb der Verkehrsumgebung, für die es konzipiert wurde, zum Beispiel innerhalb einer Staufahrt auf einer deutschen Autobahn. Damit wechseln die Personen auf dem Fahrersitz von der Fahrerrolle in die neue Rolle der Nutzer.

Während das System das Fahrzeug fährt, können sich Nutzer fahrfremden Tätigkeiten zuwenden, wie E-Mails lesen und

schreiben. Voraussetzung ist, dass sie soweit aufmerksam bleiben, dass sie nach Aufforderung durch das System die Fahraufgabe wieder übernehmen können – schlafen ist beispielsweise nicht erlaubt.

Wenn das System erkennt, dass es die Fahraufgabe nicht mehr ausführen kann, fordert es die Nutzer auf, die Fahraufgabe wieder zu übernehmen. Dazu stellt das System mindestens 10 Sekunden Zeit zur Verfügung. Die Nutzer müssen sich auf diese Aufforderung hin wieder in die Fahrerrolle einfinden. Hierzu müssen sie sich unter anderem einen Überblick über die aktuelle Verkehrssituation verschaffen. Nach Abschalten des automatisierten Systems übernehmen sie als Fahrer die Fahrzeugsteuerung und bestätigen, dass sie wieder vollverantwortlich weiterfahren.

Ein erstes Fahrzeug, das den automatisierten Modus ermöglicht, hat im Dezember 2021 eine Typgenehmigung erhalten. Das Fahrzeug kann auf Autobahnen bei Stau automatisiert fahren.





Im automatisierten Modus dürfen sich Nutzer fahrfremden Tätigkeiten zuwenden.

### 3. Der autonome Modus

Beim autonomen Fahren übernimmt das System sämtliche Fahraufgaben. In diesem Modus sind alle Personen an Bord Passagiere und haben keine fahrbezogenen Aufgaben. Daher ist er auch in Fahrzeugen denkbar, die keine Lenkvorrichtung und sonstige Bedienelemente für manuelles Fahren besitzen. Hier ist durch die Konstruktion bereits deutlich, dass keiner der Passagiere an Bord in irgendeiner Form etwas zur Fahrt beitragen muss. Gleiches gilt auch, wenn das System in anderen Fahrzeugtypen (zum Beispiel Pkw, Lkw, Baustellenfahrzeuge) verbaut ist, die noch über einen Fahrerplatz verfügen.

#### Die eigene Rolle im Fahrzeug verstehen – mithilfe eines Erklärvideos

Um die Automatisierungsmodi und die damit einhergehenden Aufgaben der Fahrenden für Laien auf den Punkt zu bringen, hat die BASt in Zusammenarbeit mit der Agentur "ORCA Affairs GmbH" ein Erklärvideo entwickelt.

Ziel des Videos ist, dass Fahrer ihre Rolle bei der Nutzung unterschiedlicher Systeme verstehen. Dazu zeigt das Video zu jedem Automatisierungsmodus zwei Perspektiven:

- 1. wird die Funktion der Fahrzeugsysteme erläutert,
- 2. wird die fahrbezogene Aufgabe der Nutzer demonstriert und kommentiert.

Dabei werden verschiedene Gestaltungselemente eingesetzt, die entsprechend empirischer Kenntnisse die Lernmotivation und den Lernerfolg fördern. 🗡

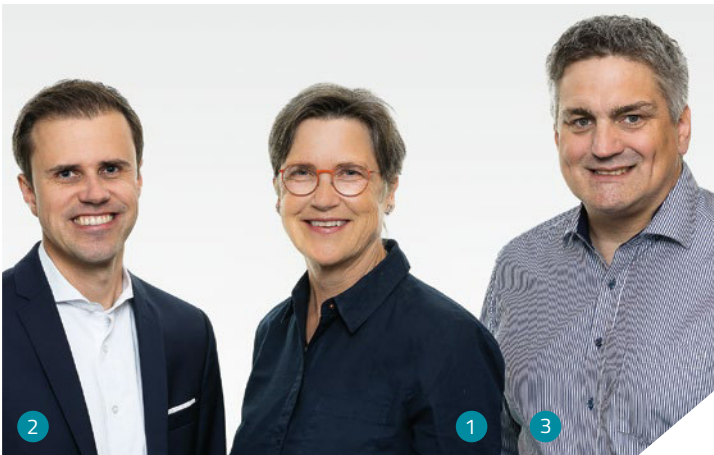
Das Video findet sich auf dem YouTube-Kanal der BASt unter: <https://youtu.be/v5SMnmM7PC4>

Weitere Informationen: [www.bast.de/autonomesfahren](http://www.bast.de/autonomesfahren).

---

# Automatisiertes Fahren – Aufbau des Situations- bewusstseins der Fahrer nach der Übernahme

---



## Autoren:

- 1 **Dr. Heike Hoffmann,**  
Psychologin,
- 2 **André Wiggerich,**  
Psychologe,
- 3 **Torsten Marx,**  
Elektroingenieur,  
Referat „Automatisiertes Fahren“

Während bei einer manuellen Fahrt die Aufmerksamkeit der Fahrer stets auf den Straßenverkehr gerichtet ist, stellt sich die Situation bei einer automatisierten Fahrt anders dar: Hier haben die Fahrer die Möglichkeit, anderen Tätigkeiten nachzugehen, sie können zum Beispiel ein Buch lesen und sich vom Verkehrsgeschehen abwenden.

Wenn das System die Fahrer in bestimmten Situationen – beispielsweise vor der Einfahrt in eine Baustelle – mit entsprechender Zeitreserve zur Rückübernahme der Fahraufgabe auffordert, müssen sie wieder ein Bewusstsein für das umliegende Verkehrsgeschehen (Situationsbewusstsein) aufbauen.

Um diesen Prozess untersuchen zu können, wurde eine Probandenstudie mit einem Versuchsfahrzeug auf der Autobahn durchgeführt. Auf einer Versuchsstrecke fuhren 40 Probanden teilweise manuell und teilweise automatisiert. Zur Erfassung des Situationsbewusstseins wurden den Probanden während der manuellen Fahrt Fragen über einen Lautsprecher zum Verkehrsgeschehen gestellt. Die Antworten erfolgten über 2 am Lenkrad angebrachte Ja/Nein-Tasten. Die Reaktionszeiten sowie die Anzahl der richtigen Antworten dienten als Maß für die Schnelligkeit und Korrektheit des aufgebauten Situationsbewusstseins. Darüber hinaus wurde das Blickverhalten der Probanden aufgezeichnet, um Rückschlüsse über die Orientierung zu ermöglichen.





Während der automatisierten Fahrt haben Fahrer die Möglichkeit, anderen Tätigkeiten nachzugehen und sich vom Verkehrsgeschehen abzuwenden.

Um die Fahrer beim Aufbau des Situationsbewusstseins zukünftig unterstützen zu können, wurde ein neuartiges Anzeige-konzept untersucht. Den Fahrern wird die Dauer der verbleibenden Zeit bis zur Rückübernahme als Countdown angezeigt. So können sie die Beschäftigung mit anderen Tätigkeiten während der automatisierten Fahrt besser planen und sich frühzeitig im Verkehrsgeschehen orientieren. Die Probandenstichprobe bestand aus zwei Gruppen: einer Countdown- sowie einer Kontrollgruppe. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass die Probanden der Countdown-Gruppe bereits etwa eine Minute vor der Systemaufforderung andere Tätigkeiten beendeten, beispielsweise ihr Handy ablegten, um das Verkehrsgeschehen wahrzunehmen und sich auf die Übernahme vorzubereiten. Die Probanden gaben an, dass sie die Tätigkeiten vor der Übernahme ohne Unterbrechung beenden und sich so auf die Übernahme konzentrieren konnten.

Ein Unterschied in den Reaktionszeiten oder bei der Anzahl der korrekten Antworten auf die Fragen konnte zwischen den Gruppen jedoch nicht festgestellt werden. Dies deutet darauf hin, dass für alle Probanden eine Übernahmzeit von 10 Sekunden im regulären Übernahmefall ausreichend war, um ein Situationsbewusstsein aufzubauen. ✎

---

# Sicherheit und Akzeptanz des automatisierten Mischverkehrs

---



**Autor:**

**Fabian Surges,**  
Psychologe,  
stellvertretender Referatsleiter  
„Grundlagen des Verkehrs- und  
Mobilitätsverhaltens“

Das automatisierte und autonome Fahren soll zukünftig dazu beitragen, den Straßenverkehr sicherer, effizienter und nachhaltiger zu machen. Es wird davon ausgegangen, dass im automatisierten (Level 3 der Society of Automotive Engineers (SAE)) oder autonomen (SAE Level 4 und 5) Modus fahrende Fahrzeuge (im Folgenden höhergradig automatisierte Fahrzeuge) sich mit nicht-automatisierten Verkehrsteilnehmern, zum Beispiel Autofahrern, Radfahrern und Fußgängern, im gleichen Verkehrsraum bewegen werden. Dadurch entsteht automatisierter Mischverkehr. Nur wenn die Interaktionen zwischen automatisierten und nicht-automatisierten Verkehrsteilnehmern sicher und effizient ablaufen,

können die sicherheitsrelevanten Ziele des automatisierten und autonomen Fahrens erreicht werden.

Das wiederum gilt als wichtige Voraussetzung für das Erreichen einer hohen gesellschaftlichen Akzeptanz des automatisierten und autonomen Fahrens. Aktuell liegen kaum Erkenntnisse dazu vor, welchen Effekt der automatisierte Mischverkehr auf das Geschehen im Straßenverkehr haben könnte.

## Interaktionen im automatisierten Mischverkehr

Fachleute gehen davon aus, dass höhergradig automatisierte Fahrzeuge sich in bestimmten Situationen anders verhalten, als ein relevanter Teil der von Menschen gesteuerten Kraftfahrzeuge. So wird aktuell angenommen, dass höhergradig automatisierte Fahrzeuge sich jederzeit streng an die Straßenverkehrsordnung (StVO) halten und ein tendenziell defensives und kooperatives Fahrverhalten aufweisen werden. Zudem greifen höhergradig automatisierte Fahrzeuge ausschließlich auf technologiebasierte Kommunikationsmittel zurück. Dadurch verändert sich auch die Kommunikation im automatisierten Mischverkehr. So können die Fahrzeuge nicht wie menschliche Fahrzeuginsassen gestikulieren oder Blickkontakt mit anderen Verkehrsteilnehmern herstellen, beispielsweise um ihre Intention zu vermitteln.



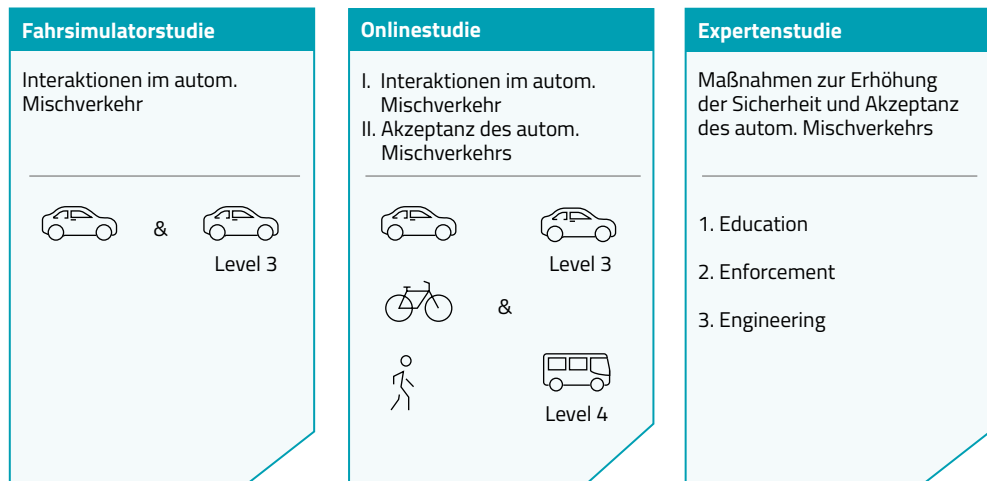
Analysiert werden die relevanten Einflussfaktoren des Mischverkehrs auf das Miteinander.

Im Rahmen eines internen Forschungsprojekts mit insgesamt 3 Studien untersucht die BAST, welche Effekte die Besonderheiten von höhergradig automatisierten Fahrzeugen auf das Erleben und Verhalten von nicht-automatisierten Verkehrsteilnehmern haben. Zudem wird in dem Projekt untersucht, welche Faktoren die Akzeptanz nicht automatisierter Verkehrsteilnehmer für den automatisierten Mischverkehr beeinflussen. Hierzu wurden eine Fahr-simulatorstudie (N = 42), eine Onlinestudie (N = 2048) und qualitative Experteninterviews (N = 12) durchgeführt, die aktuell ausgewertet werden.

### Untersuchungsschwerpunkte und Vorgehen

Ziel des BAST-Projekts ist die vertiefende Untersuchung der Sicherheit und Akzeptanz des automatisierten Mischverkehrs in Deutschland. Im Zentrum stehen dabei das Erleben und Verhalten der nicht-automatisierten Verkehrsteilnehmer. In einem ersten Untersuchungsschwerpunkt soll zunächst eine dezidierte Untersuchung von Interaktionen zwischen höhergradig automatisierten Fahrzeugen und verschiedenen Gruppen nicht-automatisierter Verkehrsteilnehmer erfolgen. Ein wesentliches Ziel ist es, relevante Einflussfaktoren auf das Miteinander im automatisierten Mischver-

kehr zu ermitteln und deren Wirkung zu analysieren. So wird beispielsweise im Rahmen einer Fahr-simulatorstudie systematisch untersucht, ob und inwiefern sich die Ortslage (innerorts, außerorts ohne Autobahn, Autobahn) auf Interaktionen im automatisierten Mischverkehr auswirkt. Darüber hinaus wird betrachtet, ob sich die Effekte von höhergradig automatisierten Fahrzeugen abschwächen lassen, wenn diese als „automatisiert fahrend“ gekennzeichnet sind. Eine weitere Forschungsfrage ist, ob Fahranfänger Interaktionen mit höhergradig automatisierten Fahrzeugen anders erleben und sich dort abweichend verhalten als mittelalte Fahrer. Im Fokus der zweiten Studie im Projekt, einer video-basierten Onlinestudie, steht die Untersuchung von Interaktionen auf Stadtstraßen mit unterschiedlicher Vorfahrt-/Vorrangregelung, bei denen Autofahrer, Fahrradfahrer und Fußgänger auf unterschiedlich hoch automatisierte Interaktionspartner treffen. Im Rahmen der Onlinestudie soll unter anderem untersucht werden, ob ein automatisiert fahrendes Fahrzeug mit Person auf dem Fahrerplatz und ein autonom fahrendes Fahrzeug ohne Fahrerplatz unterschiedlich von nicht-automatisierten Verkehrsteilnehmern wahrgenommen werden. Darüber hinaus stellt sich die Frage, wie sich diese Wahrnehmung auf das Verhalten



Im Projekt wurden unterschiedliche Studien durchgeführt.

der nicht automatisierten Verkehrsteilnehmer auswirkt.

Im zweiten Untersuchungsschwerpunkt des Projekts erfolgt eine vertiefende Analyse der Akzeptanz für den automatisierten Mischverkehr. Hierzu wurden über 2.000 Autofahrer, Fahrradfahrer und Fußgänger hinsichtlich ihrer Einstellungen zu höhergradig automatisierten Fahrzeugen und hinsichtlich ihrer Bereitschaft, sich mit diesen Fahrzeugen im gleichen Verkehrsraum zu bewegen, befragt. Die Ergebnisse der Befragungen ermöglichen es, die aktuelle Akzeptanz für den automatisierten Mischverkehr in Deutschland zu bestimmen. Sie bilden die Grundlage für eine vertiefende Akzeptanzanalyse. Hierzu soll im Rahmen des Projekts ein Modell zur Erklärung und Vorhersage der Akzeptanz für den automatisierten Mischverkehr entwickelt und auf Basis der gesammelten Daten überprüft werden.

Um trotz der im Wesentlichen verkehrspsychologischen Schwerpunktsetzung des Projekts dem interdisziplinär geprägten Themengebiet des automatisierten und autonomen Fahrens gerecht zu werden, sollen mehrere Interviews mit Expertinnen und Experten aus unterschiedlichen Fachbereichen erfolgen. Primäres Ziel ist herauszufinden, welche Maßnahmen eine sichere

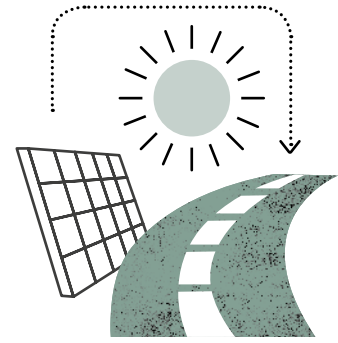
und effiziente Umsetzung des automatisierten Mischverkehrs ermöglichen und die Akzeptanz für diesen erhöhen können. Diese sollen dabei aus den Bereichen „Education“ (Wissenserwerb und Schulung), „Enforcement“ (Richtlinien und Vorgaben) und „Engineering“ (technische Maßnahmen) stammen und entsprechend eine möglichst große Vielfalt abdecken. Auf Basis der hier identifizierten Maßnahmen sowie der weiteren Projektergebnisse sollen dann übergeordnete Maßnahmenempfehlungen abgeleitet werden.

### Ausblick

Die Ergebnisse des BAST-Projekts zur Untersuchung der Sicherheit und Akzeptanz des automatisierten Mischverkehrs sollen im Frühjahr 2023 vorliegen. In Folgestudien sollen darauf aufbauend bisher nicht untersuchte Interaktionsformen sowie das Erleben und Verhalten von Fahrradfahrern und Fußgängern im automatisierten Mischverkehr untersucht werden. Hier ist unter anderem die Durchführung von Studien mit dem Fahrradsimulator und im VR-Labor der BAST angedacht. Diese und weitere Untersuchungen sollen dazu beitragen, das Miteinander im automatisierten Mischverkehr besser zu verstehen und die Einführung des automatisierten und autonomen Fahrens zu unterstützen. 🏹

Der Ausbau einer stabilen und autarken Energiestruktur auf der Basis einer klimaneutralen Energieerzeugung ist eine der drängendsten Aufgaben unserer Zeit. Hierzu kann und muss auch die Straßenverkehrsinfrastruktur ihren Beitrag leisten. Ein flexibles und resilientes Energiesystem benötigt Anpassung des Verbrauchs, bedarfsgerechte Erzeugung, intelligente Speicherung und zielgerichtete Bereitstellung der benötigten Energie. Die Integration fluktuierender erneuerbarer Energien erfordert eine Sektorkopplung, also die konzeptionelle Kopplung der Sektoren Verkehr und Energie zur Beantwortung anstehender technischer Fragestellungen. So darf beispielsweise durch den Einsatz von Photovoltaik auf Lärmschutzwänden weder deren Funktion noch Stand-sicherheit beeinträchtigt werden. Angesichts einer aktuell sehr dynamischen Entwicklung sind deshalb Innovationen insbesondere im Bereich der Energiebereitstellung und ihr Einsatzpotenzial aus technischer Sicht zu beurteilen, mögliche Innovationshemmnisse abzubauen und technische Regelwerke anzupassen. Hier sind auch neueste Entwicklungen in der Fahrzeug- und Antriebstechnik entsprechend zu berücksichtigen. Ein klimaneutraler Betrieb der Straßeninfrastruktur benötigt intelligente, die unterschiedlichen Nutzungsansprüche angemessen berücksichtigende Lösungen im Straßenbau, der Straßen-ausstattung und der Straßenverkehrstechnik.

## 4. Nachhaltiger Energieeinsatz



Das Potenzial der Digitalisierung ist auch an dieser Stelle bestmöglich auszunutzen. Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) befasst sich hier im Rahmen ihrer Aktivitäten mit den folgenden Handlungsfeldern:

Nachhaltiger Betrieb von Bundesfernstraßen, energetische Funktionalisierung der Straßeninfrastruktur, technische Fragen der straßeninfrastrukturseitigen Erzeugung regenerativer Energien, sicherer und resilienter energetischer Betrieb, Kopplung des Energie- und Verkehrssektors sowie der Optimierung des Transformationsprozesses insbesondere durch digitale Lösungen.

Hier agieren die beteiligten fachlichen Organisationseinheiten der BASt (Straßenverkehrstechnik, Straßenbautechnik, Brücken- und Ingenieurbau, Fahrzeugtechnik, Digitalisierung) im Verbund mit zentralen Partnern aus dem Verkehrs- und Energiesektor im In- und Ausland wie Infrastrukturbetreibern, Straßenbau- und Straßenausstattungsunternehmen, Fahrzeugherstellern, Energieunternehmen, Aufsichts- und Genehmigungsbehörden auf Bundes- und Länderebene, anderen Forschungseinrichtungen und vielen anderen mehr.

---

# Electric Road Systems

---



**Autor:**

**Ralf Meschede,**  
Ingenieur der  
Elektrotechnik,  
stellvertretender  
Referatsleiter, Referat  
„Verkehrsbeeinflussung  
und Straßenbetrieb“

Begrenzte fossile Ressourcen und Klimaschutzziele erfordern Alternativen zum Antrieb mit Verbrennungsmotoren. Elektrische Antriebe nutzen erneuerbare Energie entweder direkt oder hieraus konvertierte Treibstoffe. Der elektrische Antrieb im Schwerverkehr hat den höchsten Energiebedarf bei den Straßenfahrzeugen und stellt die größte Herausforderung dar. Daher sind hier besondere Konzepte gefragt, um die Energie in die Fahrzeuge zu bringen.

Ladetechniken, die ein Laden während der Fahrt ermöglichen, können die Reichweiten der Fahrzeuge ohne Aufenthalte erhöhen. Solche Electric Road Systems (ERS) werden weltweit mit verschiedenen technischen Ansätzen erprobt. Auch die BAST untersucht derzeit die Eignung unterschiedlicher, linienförmiger Ladetechniken.

## Laden mit Oberleitung

Die Möglichkeit, elektrische Straßenfahrzeuge analog zum Schienenverkehr über einen Stromabnehmer (Oberleitungssystem) zu versorgen, ist nicht neu und kommt häufig bei Stadtbussen zum Einsatz. Anfang des Jahrtausends kam die Idee auf, diese Technik auch für den Schwerverkehr im Fernverkehr zu adaptieren. Ein großer Vorteil wurde in den bereits langjährigen Systemerfahrungen gesehen, die gegenüber anderen Technologien weniger Entwicklungszeiten und damit eine schnellere Realisierung versprochen.

In Deutschland wird die Entwicklung des dynamischen Ladens durch Oberleitungssysteme durch das BMU in mehreren aufeinander aufbauenden Projekten gefördert. In der ersten Phase erfolgten 2 Projekte

zur Systementwicklung mit Teststrecken außerhalb des öffentlichen Straßenraums. Im Projekt „Elektromobilität bei schweren Nutzfahrzeugen zur Umweltentlastung von Ballungsräumen (ENUBA)“ wurden unter Beteiligung der BAST Lösungsansätze für die Elektrifizierung des Güterverkehrs entwickelt.

In der Phase 2 wurde die Technik im öffentlichen Straßenraum auf 3 Pilotstrecken errichtet, auf denen Fahrten mit ersten Vorserienfahrzeugen, die von Speditionen im Regelbetrieb eingesetzt werden, stattfinden konnten. Dadurch wurden fahrzeugseitige Betriebserfahrungen sowie ökonomische und ökologische Erkenntnisse gewonnen.

## Stromschienensysteme

Eine andere Ladetechnik ist die Stromschiene, bei der das Fahrzeug die Energie über einen Schleifkontakt von der in der Straße eingebauten stromführenden Schiene abgreift. Grundsätzlich sind mit dieser Technik Ladelösungen für alle Fahrzeugarten möglich. Ein erster Versuchsaufbau erfolgte in Schweden. Weitere Untersuchungen und Entwicklung hinsichtlich Einbautechnik und Betriebszuverlässigkeit sollen noch erfolgen.

## Induktives Laden

Das induktive Laden ermöglicht eine kontaktlose Energieübertragung ins Fahrzeug. Dazu werden in die Straße schleifenförmig Kabel verlegt (Primärspulen), die ein elektromagnetisches Feld aufbauen. Fahrzeugseitig ist ebenfalls eine Kabelschleife als „Energieempfänger“ (Sekundärspulen) angebracht, wodurch das Fahrzeug die Energie während der Überfahrt der fahrbahnseitigen Kabelschleifen zur Batterie-ladung aufnehmen kann.



Versuchsstrecken für Oberleitungsbetrieb von Lkw.

Auf dem duraBAST werden derzeit 2 unterschiedliche Lösungen für dieses Ladungsprinzip hinsichtlich straßen- und elektro-technischer Umsetzbarkeit erprobt und bewertet. Neben den Einbauverfahren werden auch die Haltbarkeiten der verschiedenen konstruktiven Lösungen unter Schwerverkehrsbelastungen untersucht. Ein wichtiger Parameter ist die in der Praxis erreichbare maximale Ladeleistung der Systeme. Je höher diese ausfällt, desto kürzer können die Ladestrecken für das Aufladen einer Batterie ausgelegt werden.

### Ausblick

Alle linienförmigen Ladekonzepte verlangen nach erheblichen infrastruktureitigen Investitionen. Welche Antriebsarten sich durchsetzen werden, ist zumindest im Schwerverkehr derzeit noch offen.

Um eine Entscheidung zu ermöglichen, stellte die BAST einen Kriterienkatalog auf, der grundsätzlich für die Beurteilung von neuen Ladesystemen genutzt werden kann. Der Katalog umfasst die Themengebiete Infrastruktur, Fahrzeugsicherheit, Bau sowie Unterhaltung und Betrieb. Abschätzungen der Realisierbarkeit, der Funktion,

des Aufwands seitens der Infrastruktur und der Betriebssicherheit sind wichtige Kriterien. Eine Gegenüberstellung der Ladekapazitäten der Systeme und die Abschätzung der Techniken hinsichtlich ihres technischen Reifegrades werden hierzu herangezogen.

Wie bei stationären Ladestellen oder Tankstellen, sind auch bei linienförmigen Ladestrecken die Straßeninfrastrukturbetreiber nicht unbedingt gleichzeitig der Ladeinfrastrukturbetreiber. Vor einer potenziellen Anwendung müssen deshalb rechtliche und technische Rahmenbedingungen festgelegt werden, die die Kooperation aller Beteiligten erst ermöglichen. Diese müssen auch auf europäischer Ebene abgestimmt sein, um die breite Anwendung der Technologien zu gewährleisten. Auch die fahrzeugseitigen Komponenten müssen mindestens europäisch standardisiert sein. Erste Initiativen wurden hier bereits gestartet. Die BAST nimmt derzeit an verschiedenen Initiativen teil, den internationalen Standardisierungsprozess dieser Systeme einzuleiten. Auch hierfür sind die Erkenntnisse aus den laufenden Versuchen eine wichtige Basis für nachhaltige Entscheidungen. 🗝



# Photovoltaik an Bundesfernstraßen



## Autoren:

- 1 Dr. Markus Auerbach,**  
Physiker und Gesangs-  
pädagoge, Referat „Ver-  
kehrsbeflussung und  
Straßenbetrieb“
- Dr. Anja Baum,**  
(nicht im Bild)  
Geophysikerin, Referats-  
leiterin „Umweltschutz,  
Immissionen“

- 2 Dr. Simon Hummel,**  
Ingenieur und Geograf,  
Referat „Straßenent-  
wurf, Verkehrsablauf,  
Verkehrsregelung“

Folgende alle Referat  
„Klimaschutz,  
Nachhaltigkeit,  
Verkehrsstatistik“

- 3 Dr. Pia Bartels,**  
Biologin

**Bentje Frerkes,**  
(nicht im Bild)  
Meteorologin,

- 4 Dr. Miriam Herold,**  
Biologin

**Dirk Heuzeroth,**  
(nicht im Bild)  
Physiker, Referatsleiter

**Dr. Birgit Kocher,**  
(nicht im Bild)  
Geoökologin, stellvertretende  
Referatsleiterin

- 5 Cyrus Schmellekamp**  
Umweltwissenschaftler

- 6 Britta van Dornick,**  
Geografin

Der Ausbau der Erneuerbaren Energien trägt wesentlich zur Einhaltung der Klimaschutzziele, zum Schutz der Umwelt und zur Erreichung einer weitgehenden Energieautarkie Deutschlands bei. Das Bundesfernstraßennetz mit seinen dazugehörigen Anlagen bietet beträchtliche Potenziale für den Ausbau von Photovoltaik (PV). In einem Projekt der BAST wurden die technischen Energie-Potenziale an Lärmschutzwänden im Bundesfernstraßennetz untersucht. Zukünftig werden die administrativen Randbedingungen untersucht, die nötig sind, um aus dem technischen das erschließbare Potenzial abzuleiten.

Die BAST hat mit dem Expertennetzwerk des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) im Themenfeld „Erneuerbare Energie“ eine Studie beauftragt, die zeigt, dass sowohl die Technologien als auch die Geschäftsmodelle mit dem entsprechenden rechtlichen Rahmen zur Verfügung stehen, um Erneuerbare Energien an Verkehrswegen wirtschaftlich zu nutzen (BAST, 2022).

## PV auf oder an Bauwerken sowie auf versiegelten Flächen

Die Installation von PV-Anlagen auf oder an Bauwerken und auf versiegelten Flächen bietet den Vorteil, dass diese Flächen doppelt genutzt werden und somit in der Regel keine zusätzliche Beeinträchtigung von Naturschutzbelangen entsteht. Entlang der Bundesfernstraßen betrifft dies unter anderem die Flächen und Gebäude von Tank- und Rastanlagen, Meistereien, Betriebshöfen, Brückenbauwerken und Betriebsgebäude von Straßentunneln. Auch im Bereich von Lärmschutzwänden können PV-Anlagen installiert werden, wenn Immissionsschutz und Verkehrssicherheit nicht beeinträchtigt werden. Im Idealfall könnten anliegende Verbraucher wie Meistereigehöfte oder Gewerbebetriebe direkt versorgt werden.

## PV auf bundeseigenen Verkehrsnebenflächen

Aber auch Freiflächen entlang der Bundesfernstraßen können für regenerative Energieerzeugung genutzt werden. Außerdem dürfen durch Maßnahmen im Bereich von 40 bis 100 Metern Entfernung bei Autobahnen und 20 bis 40 Metern bei Bundesstraßen weder Sicherheit noch Leichtigkeit des Verkehrs eingeschränkt werden.



PV-Lärmschutzwall an der A 94 bei Töging.

Bei PV-Anlagen auf diesen Verkehrsnebenflächen sind unterschiedliche Interessen der Land- und Forstwirtschaft, des natürlichen Klimaschutzes, des Insektenschutzes und des Naturschutzes abzuwägen. Die Abwägung kann ergeben, dass hier die zusätzliche Flächeninanspruchnahme durch die Errichtung von PV-Anlagen dem Naturschutz und der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung entgegensteht.

### Rahmenbedingungen

Um den Ausbau von PV-Anlagen entlang der Bundesfernstraßen verkehrssicher und betriebsdienstfreundlich zu ermöglichen, müssen Rahmenbedingungen erarbeitet werden. Wichtig ist insbesondere, dass der Verkehr (ohne Hindernisse oder Blendquellen im Straßenseitenraum) geführt und ein wirtschaftlicher und sicherer Betrieb mit regelmäßigen Bauwerksprüfungen gewährleistet wird.

Für naturverträgliche PV-Anlagen ist zudem die Standortwahl sehr entscheidend. Mithilfe ökologischer und bodenkundlicher Baubegleitung vor und während der Bauarbeiten kann sichergestellt werden, dass natur- und bodenschutzverträgliche Kriterien bei Auswahl und Aufstellung

der Module Berücksichtigung finden (Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende (KNE), 2021).

### Fazit

Die technischen Potenziale zur Erzeugung erneuerbarer Energie an Bundesfernstraßen sind beträchtlich. Damit kann ein substantieller Beitrag zum Erreichen der nationalen Klimaschutzziele geleistet werden. Ein angemessener Ausbau von PV-Anlagen sollte vor allem auf den nach einer Interessenabwägung als verträglich angesehenen Standorten gefördert werden. Bereits versiegelte Flächen und Gebäude bieten sich dazu besonders an. Forschungsbedarf hinsichtlich PV an Bundesfernstraßen wird bezüglich betriebsdienstlicher Fragestellungen und der naturschutzfachlich verträglichen Ausgestaltung gesehen. Die BAST plant hierzu weitere Forschung sowie im Rahmen des BMDV-Expertennetzwerkes eine verkehrsträgerübergreifende regionale Analyse des PV-Potenzials. 🗡

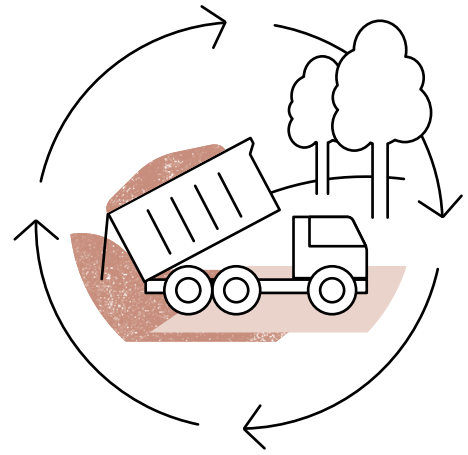
### Literatur

**BAST (2022):** Verkehrsträgerübergreifender Austausch von Erneuerbarer Energie. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 364

**KNE (2021):** Kriterien für eine naturverträgliche Gestaltung von Solar-Freiflächenanlagen. Übersicht und Hinweise zur Gestaltung. 6 S.

Straßen und Ingenieurbauwerke, wie Brücken und Tunnel sowie Anlagen für den nicht-motorisierten Verkehr, bilden die Basis für eine funktionierende Verkehrsinfrastruktur. Sie sichern dauerhafte Mobilität und sind eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass unsere arbeitsteilige Wirtschaft funktionieren kann. Die fortwährende Erhaltung, Anpassung und Weiterentwicklung ihrer Funktionalität sind deshalb von großer Bedeutung für das Gemeinwohl. Der hierfür erforderliche Rohstoffeinsatz für Produktion und Betrieb der Bauwerke und insbesondere die dabei entstehenden Emissionen sind jedoch immens. Daher ist es dringend geboten, innovative Ansätze zu entwickeln und zügig umzusetzen, mit denen eine deutliche Reduzierung dieser Auswirkungen erzielt werden kann. Um dies zu erreichen, gilt es in erster Linie, die Lebensdauer von Straßen, Ingenieurbauwerken und deren Ausstattung durch umfangreiche Qualitätssteigerungen in allen Phasen zu verlängern. Zudem muss die Herstellung der Baustoffe Beton und Asphalt durch veränderte Prozesse hinsichtlich der dadurch entstehenden Treibhausgasemissionen optimiert werden. Diese Herangehensweise senkt zum einen die Kosten und schont zum anderen wertvolle Baustoff- und Energieressourcen. Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) unterstützt mit ihrer Expertise und

## 5. Nachhaltiges Bauen



Projekterfahrung sowie ihrem Untersuchungs-equipment aktiv die Weiterentwicklung eines Bauens, welches neben den Kosten auch verstärkt den Blick auf die sonstigen Aspekte der Nachhaltigkeit richten soll. Sie will diesbezüglich beim Planen, Bauen und Betreiben auf der Basis einer anwendungsorientierten Forschung Impulse setzen. Dabei sollen die Treibhaus-emissionen, Kreislaufwirtschaft und Wirtschaftlichkeit, aber auch die Anpassung der Straßeninfrastruktur an den Klimawandel sowie weitere wesentliche Umweltaspekte miteinbezogen werden. Bautechnische Lösungen sollen durch das „Innovationsprogramm Straße“ gefördert und durch den Einsatz des in Europa einzigartigen Demonstrations-, Untersuchungs- und Referenzareals duraBAST erprobt werden. Darüber hinaus soll der Einsatz nachhaltiger Vorgehensweisen in allen Lebenszyklusphasen der Straßeninfrastruktur attraktiver gemacht werden. Hierzu wird die BAST gemeinsam mit anderen Akteuren Nachhaltigkeitsbewertungen für alle Phasen des Planungs-, Bau- und Betriebsprozesses entwickeln und dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr sowie den Baulastträgern der Bundesfernstraßen zur Verfügung stellen. Diese Bewertungsverfahren sind zudem fester Bestandteil des übergeordneten Nachhaltigkeitsmanagements der Bundesregierung.

---

# Aktuelle Entwicklungen bei durchgehend bewehrten Betonfahrbahndecken auf Bundesfernstraßen

---



**Autor:**

**Stefan Höller,**  
Bauingenieur, Referat „Betonbauweisen“

Die Verkehrsbelastung und der Anteil des Schwerverkehrs auf deutschen Straßen und Autobahnen steigen nahezu stetig. Hinzu kommen die Auswirkungen des Klimawandels, die Verknappung von Ressourcen und ein zunehmender Fachkräftemangel. Um die Mobilität zukünftig zu gewährleisten, sind Bauweisen mit maximaler Nutzungsdauer und minimalen Erhaltungsaufwendungen bei minimalen Verkehrseinschränkungen und minimalem Personalaufwand während des gesamten Lebenszyklusses erforderlich. Eine Bauweise, die dafür das Potenzial hat, ist die durchgehend bewehrte Betonfahrbahndecke (DBB). Dabei wird mittig in der Betonfahrbahndecke eine durchgehende Längsbewehrung angeordnet.

Anstelle von Querfugen in regelmäßigen Abständen stellen sich feine Querrisse in Abständen von etwa 0,7 bis 1,4 Metern ein. Bisher wurden weltweit über 50.000 Kilometer dieser Bauweise hergestellt und sie zeigen ein positives Langzeitverhalten mit längeren Nutzungsdauern, höherem Fahrkomfort, weniger Unterhaltungsmaßnahmen, aber auch initial höheren Investitionskosten.

In Deutschland ist die Bauweise in der Erprobungsphase. Von 1997 bis 2021 wurden 6 Versuchsstrecken auf Autobahnabschnitten, einer Bundesstraße und einer Privatstraße eingerichtet. Die damit gesammelten Erfahrungen und das Wissen zur Bauweise sind in den „Hinweisen zur durchgehend bewehrten Betonfahrbahndecke“ (H DBB) der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) dargestellt.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes der ISAC GmbH, der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, des Consulting-Büros AB Roads aus Brüssel und der BASt wurden die vorhandenen Strecken untersucht und mit entsprechenden Abschnitten aus Belgien verglichen. Die Versuchsstrecken wurden mit Betonen der Festigkeitsklasse C30 /37 bis C35 /45 und Deckenstärken von 22 bis 25 Zentimetern gefertigt.



Die Abbildung zeigt die Herstellung der Versuchsstrecke A61 bei Boppard im Juli 2021.

Es wurden Bewehrungen BSt 500 in Durchmessern von 16 und 20 Millimetern in Bewehrungsgraden von 0,62 bis 0,75 Prozent verwendet. Als Tragschichten kamen Asphalttragschichten, Vliesstoff, beziehungsweise Asphaltzwischen-schichten auf hydraulisch gebundenen Trag-schichten (HGT) oder Verfestigung zur Anwendung. Die Abschnitte mit Nutzungsdauern von einem bis 24 Jahren zeigen alle ein positives Verhalten mit einheitlich hohen Tragfähigkeiten, einem hohen Fahrkomfort und keine erkennbaren Schäden in Form von Erosionen, Bewehrungskorrosion, Stufenbildungen oder Betonausbrüchen. Perspektivisch bleibt dieses positive Verhalten über die nächsten Jahrzehnte in dieser Form unverändert und erhaltungs-frei. Die Autobahn E40 bei Leuven, eine der Hauptachsen in Belgien, steht dafür exem-plarisch.

Unabhängig davon konnten im Rahmen der Untersuchungen mögliche Optimierungen identifiziert werden.

Diese beziehen sich auf neue Ansätze zur Risssteuerung aus Belgien und den USA, auf eine Qualitätsverbesserung in Bezug auf die Betondeckendicke und die Nachbehand-lung, auf die Ausführung auf kleinen Brü-cken und Durchlässen und die Endbereiche. Eine DBB eignet sich in besonderem Maße für eine Überbauung mit Asphalt (vertikale Kompositbauweise). An den freien Quer-rissen sind keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich. Die Überbauung im Neuzustand bringt weitere Vorteile, da der Betoneinbau vereinfacht wird.

Bereits ohne die zuletzt genannten Opti-mierungspotenziale erreichen DBB bei hoher Verkehrsbelastung Nutzungsdauern von 50 Jahren und mehr. Mit den hier aufgezeigten Potenzialen lassen sich die Erhaltungsmaßnahmen noch weiter redu-zieren und die Nutzungsdauern verlängern.

Aktuell erstellt der FGSV-Arbeitskreis 8.3.4 das „Merkblatt zu durchgehend bewehrten Betonfahrbahndecken“ (M DBB) und leistet damit einen wesentlichen Beitrag hin zu einer neuen Standardbauweise. 🏹

---

# Nachhaltigkeit sichtbar machen

---



**Autor:**

**Michael Sulzbach,**  
Geowissenschaftler,  
Referat „Nachhaltigkeit, Ressourcenschutz und Erdbaustoffe im Straßenbau“

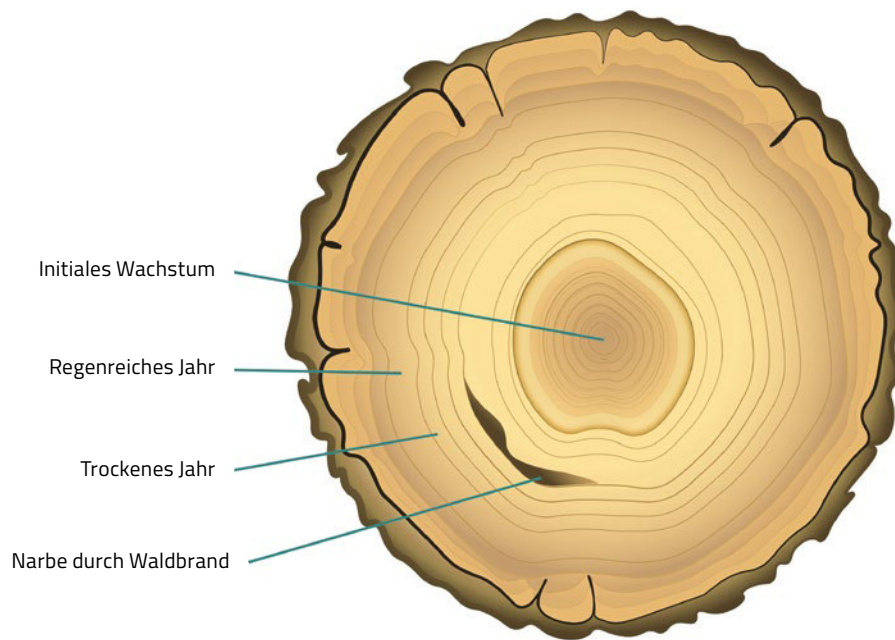
Das Thema Nachhaltigkeit gewinnt in den letzten Jahren in allen Bereichen des öffentlichen Lebens mehr und mehr an Bedeutung. Dabei spielt nicht nur nachhaltiges Denken und Handeln eine wichtige Rolle, auch das Erkennen und Darstellen von bereits erzielten Erfolgen oder eventuellen Defiziten sind ein wichtiger Eckpfeiler. Als einen Beitrag für die Sichtbarkeit hat die BAST ein Konzept zum Nachhaltigkeitsmonitoring erarbeitet. Die Umsetzung der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (DNS) für den Straßenbau kann so nachverfolgt werden. Hierbei werden die für den Straßenbau anwendbaren Sustainable Development Goals (SDGs) der DNS identifiziert und im Hinblick auf die Verhältnisse der Branche angepasst.

Hauptstellschrauben in der Umsetzung bilden insbesondere die direkten Einspa-

rungen an Energie (SDG 7) und Treibhausgasemissionen (THG, SDG 13) sowie die direkte und indirekte Ressourcenschonung (SDG 8). Für die Umsetzung der Nachhaltigkeitsstrategie liegt es nahe, die Herangehensweisen aus der DNS in direkter Weise auf den Straßenbau zu übertragen. Hierbei steht man allerdings vor der Herausforderung, dass nur unzureichende Datengrundlagen vorliegen. Oftmals gehen die Verbräuche des Straßenbaus in den Daten des allgemeinen Bausektors auf und können nicht weiter differenziert werden.

Um trotz dieser Herausforderung umsetzbare Indikatoren zu erstellen, wurden je Schutzziel mehrere Varianten vorgeschlagen. Diese Varianten zielen darauf ab, stufenweise schnelle, aber auch perspektivische Umsetzungen zu ermöglichen, die sich untereinander ergänzen und aufeinander aufbauen. Dieses Vorgehen wird im Folgenden am Beispiel des Schutzziels Primärenergieverbrauch (SDG 7.1.b) erläutert.

Die für dieses Schutzziel vorgeschlagenen 3 Varianten bestehen aus einem Proxy-Indikator, einem Basisdaten-Indikator und einem BIM-Indikator. Der Proxy-Indikator ist die schnellste Form der Umsetzung. Analog zu den Jahresringen eines Baumes, welche als Proxy-Indikator für die klimatischen Vorgänge während seines Wachstums gesehen werden können, sollen hier Energieeinsparungen über alternative Bauweisen diese Stellvertreterwerte liefern. Im Vordergrund stehen hierbei Einsparungen durch die Nutzung von temperaturreduziertem Asphalt, Warm- und Kaltasphalt



Die Jahresringe eines Baumes stellen einen Proxy-Indikator für die klimatische Entwicklung innerhalb des Wachstumszeitraums dar. Breite Ringe stehen hierbei indirekt für regenreiche, dünne Ringe für regenarme Zeiträume.

sowie Portlandhüttenzement (CEM II/B-S) und Hochofenzement (CEM III/A). Der Einsatz dieser alternativen Bauweisen soll geprüft und aufgezeichnet werden. Dies bildet zwar die gesamten Energieverbräuche nicht direkt ab, zeigt aber Einsparungen als Maß für die Entwicklung der Branche an.

Die zweite Variante, der Basisdaten-Indikator, nutzt die Daten eines standardisierten Straßenaufbaus, welcher in dem Beitrag „Nachhaltigkeit bewerten – Lebenszyklus und Potenziale“ auf Seite 74 näher beschrieben wird. Die Fokussierung auf einen vorbestimmten Aufbau und bestimmte Bauweisen reduziert die Komplexität und damit die Umsetzbarkeit der Betrachtungen deutlich. Zugleich ermöglicht es, eine detaillierte Aussage zu den Energieverbräuchen der vorgestellten Bauweisen zu treffen und liefert damit ein erstes Standardmodell für den Straßenbau. Die Ausweitung auf weitere Bauweisen ist in komplementären Forschungsprojekten bereits vorgesehen.

Die dritte Variante ist die Nutzung von Energiedaten aus einer BIM-Umsetzung im Straßenbau. Energieverbräuche können zwar auch über ein BIM-System nicht direkt detektiert werden, allerdings ist es möglich, sämtliche Baustoffverbräuche schichtgenau zu erfassen. Diese Baustoffverbräuche können dann mit Hilfe von energiespezifischen Kennwerten aus Ökodatendatenbanken oder Ansätzen aus dem Basisdaten-Indikator in Energieverbräuche umgerechnet werden. Die vollumfängliche Dokumentation der Baustoffverbräuche bildet eine sehr gute Grundlage für eine Indikatorbildung und liefert gleichzeitig eine erhöhte Transparenz des Bauprozesses.

Diese und weitere Indikatoren stellen sicher, dass nachhaltige Bemühungen jetzt und in Zukunft entsprechend dokumentiert und nachverfolgt werden können, um die Nachhaltigkeit im Straßenbau zielgerichtet weiter voranzutreiben. 🗝



---

# Nachhaltigkeit bewerten – Lebenszyklus und Potenziale

---



**Autor:**

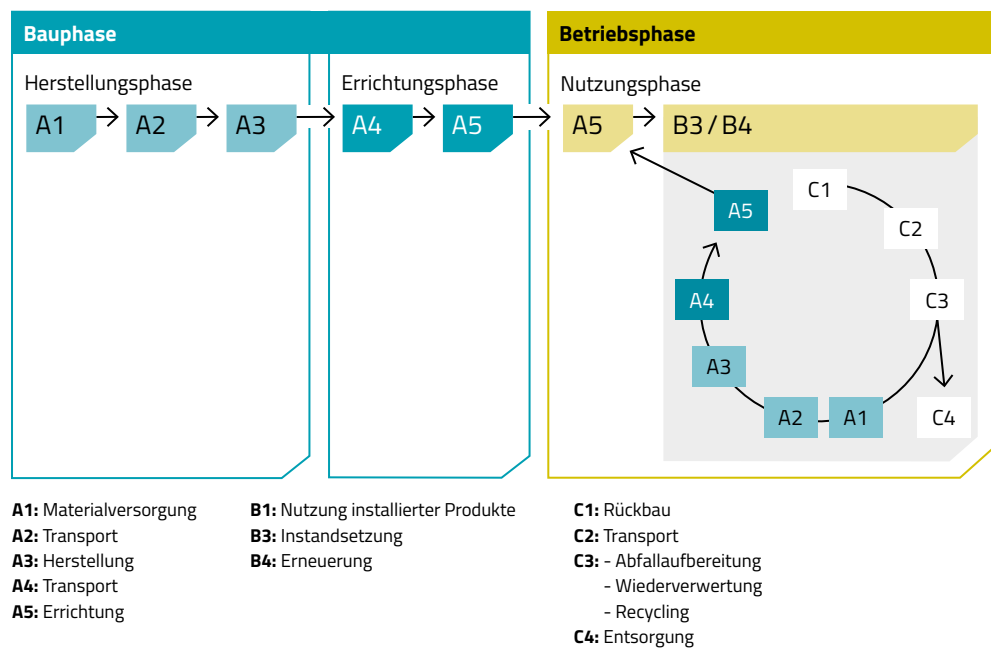
**Michael Bürger,**  
Geologe,  
Referat „Nachhaltigkeit,  
Ressourcenschutz  
und Erdbaustoffe im  
Straßenbau“

Mit der Änderung des Klimaschutzgesetzes hat die Bundesregierung die Klimaschutzvorgaben verschärft und das Ziel der Treibhausgasneutralität bis 2045 verankert. Um diese Vorgabe zusammen mit den Zielen der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie und der Agenda 2030 zu erreichen, greift die Bundesregierung wichtige Themenkomplexe wie Klimaschutz, Energie und Kreislaufwirtschaft auf. Was trägt der Straßenbau dazu bei?

Laufende Forschungsvorhaben wie das Projekt „Nachhaltigkeitspotentiale im Straßenbau mit dem Fokus auf Treibhausgasemission, Energiebedarf und Ressourcenschonung“ (FE 04.0341/2021/ARB) leisten maßgebliche Beiträge für eine nachhaltige Gestaltung der Straßeninfrastruktur. Zielstellung ist hier zum einen die Identifizierung von Nachhaltigkeitspotenzialen anhand diverser Asphaltbauweisen mit Walz- und Gussasphalt sowie verschiedener Betonbauweisen mit Waschbeton und Grinding-Oberfläche im Lebenszyklus eines Straßenbauwerks. Zum anderen steht die Erarbeitung entsprechender Optimierungsvorschläge zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen sowie Energie- und Ressourcenverbräuchen im Fokus. Insgesamt soll so eine lebenszyklusorientierte Bewertung der ökologischen Qualität ermöglicht werden. Als Forschungsgegenstand dient ein 5 Kilometer langer Autobahnabschnitt mit einem Regelquerschnitt RQ 31, einer Belastungsklasse BK 100, einem durchschnittlichen täglichen Verkehr von von 52.000 Kraftfahrzeugen pro 24 Stunden und einer Nutzungsdauer von 50 Jahren. Die für die Untersuchungen zugrunde gelegten Zusammensetzungen der einzelnen Asphalt- (AC 32 T S, AC 16 B S, SMA 11 S, MA 11 S) und Betonschichten

(OB 0/8 Millimeter-Oberbeton als Waschbeton, OB 0/22 Millimeter-Oberbeton mit Grinding, UB 0/32 Millimeter-Unterbeton) orientieren sich an praxisüblichen Rezepturen.

Für die Quantifizierung der oben genannten Umweltwirkungen sind definierte Prozessabläufe sowie die Beobachtung der Energie- und Materialflüsse erforderlich. Den maßgeblichen Rahmen dafür liefert die Lebenszyklusbeurteilung eines Straßenbauwerks. Für eine diesbezügliche Definition wurde der Lebenszyklus von Bauwerken nach DIN EN 15643, „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Allgemeine Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken“ auf die spezifischen Belange des Straßenbaus angepasst. Der Lebenszyklus ist modular aufgebaut und besteht übergeordnet aus Bau- und Betriebsphase. Die Bauphase setzt sich wiederum aus Herstellungs- und Errichtungsphase zusammen. Die Herstellungsphase enthält im Wesentlichen die Informationsmodule Materialversorgung beziehungsweise Rohstoffgewinnung (A1), beispielsweise Gesteinskörnungen in Steinbrüchen; den Transport (A2) und die Herstellung des eigentlichen Baustoffs (A3), etwa in Zementwerken, Beton- und Asphaltmischwerken. Die Errichtungsphase mit dem Transport des Baustoffs (A4) zur eigentlichen Straßenbaustelle und der Errichtung des Straßenbauwerks (A5) schließt sich daran an. Bis zur Nutzung der Straße (B1) verlaufen Herstellung und Errichtung somit linear. Erst mit der Notwendigkeit regelmäßig anfallender Erhaltungsmaßnahmen wie der Instandsetzung (B3) oder der Erneuerung (B4) der Straße wechselt der lineare in einen zirkulären Verlauf. Im Zuge des dann erforderlichen teilweisen Rückbaus (C1), beispielsweise



Lebenszyklus eines Straßenbauwerks (modifiziert auf Basis der DIN EN 15643).

durch Abfräsen der Deckschicht, des Transports (C2) und der Abfallaufbereitung (C3) verlässt ein Teil der Stoffe den Zyklus und geht in die Entsorgung (C4) über. Wiederverwendende Baustoffe werden hingegen erneut in die Prozesskette der Herstellung und Errichtung (A1 bis A5) von Teilen des Straßenbauwerks innerhalb der Nutzungsphase überführt.

Im Zuge einer Literaturschau einzelner Lebenszyklusphasen wurden darüber hinaus die größten Emissionen und Energieverbräuche in der Herstellungsphase vor allem während der Herstellung der Baustoffe (A3) identifiziert. Optimierungspotenziale in qualitativer Hinsicht ergeben sich hier unter anderem durch die Verwendung trockener Gesteinskörnungen, klinkerreduzierter Zemente, Ausbausphaltes, modifizierter Asphaltes und temperaturreduzierter Asphaltes. Auch der Einsatz von Sekundärbaustoffen, Elektrofahrzeugen und innovativen Bauweisen kann zur Einsparung von Treibhausgasen, Energie und Ressourcen beitragen.

Mit Blick auf oben genannte Ziele werden zeitnah die Potenzialanalysen zu Treibhausgasemissionen, Energie- und Ressourcenverbräuchen entlang des Lebenszyklus eines Straßenbauwerks vervollständigt. Hierzu gehören insbesondere der Aufbau von Prozessabläufen und einer umfassenden Datengrundlage wie Prozess- und Materialdaten sowie rechnerische Nachweise zu den Optimierungsvorschlägen. Bei der Datenbeschaffung werden unter anderem die Ökoinventardatenbanken ecoinvent, GaBi und ÖKOBAUDAT einbezogen. Abschließend erfolgt eine Synthese der Forschungsergebnisse inklusive Ökobilanzierung mit Hilfe der Ökobilanzierungssoftware SimaPro sowie eine Sensitivitätsanalyse zur Validierung der Ergebnisse.

Die gewonnenen Erkenntnisse sollen nicht nur als Arbeits- und Entscheidungshilfe bei künftigen, nachhaltig ausgerichteten Ausschreibungen von Straßenbauprojekten dienen. Sie kommen auch als Grundlage für weitere Forschungsaktivitäten, beispielsweise für das D-A-CH-Projekt „Straßenbauweisen – Bilanzierung Nachhaltigkeit (SABINA)“, zum Einsatz. 🏹

---

# Verbesserung der Verfügbarkeit auf Bundesautobahnen – Grundlegende Aspekte des Straßenbaus

---



**Autor:**

**Oliver Ripke,**  
Bauingenieur,  
Referatsleiter „Management  
der Straßenerhaltung“

Die Straße ist nach wie vor der wichtigste Verkehrsträger der Bundesrepublik Deutschland. Auf den Bundesautobahnen wird ein großer Teil der Jahresfahrleistung der Kraftfahrzeuge im Straßenverkehr erbracht, obwohl deren Anteil am überörtlichen Straßennetz nur etwa 6 Prozent beträgt. Eine staufreie Autobahn steht somit im Fokus der Verkehrsteilnehmer. Die Situation vor Ort stellt sich leider oftmals anders dar. Im Jahr 2021 waren circa 685.000 Staus auf Autobahnen mit einer Gesamtlänge von etwa 850.000 Kilometern<sup>1</sup> in Statistiken erfasst.

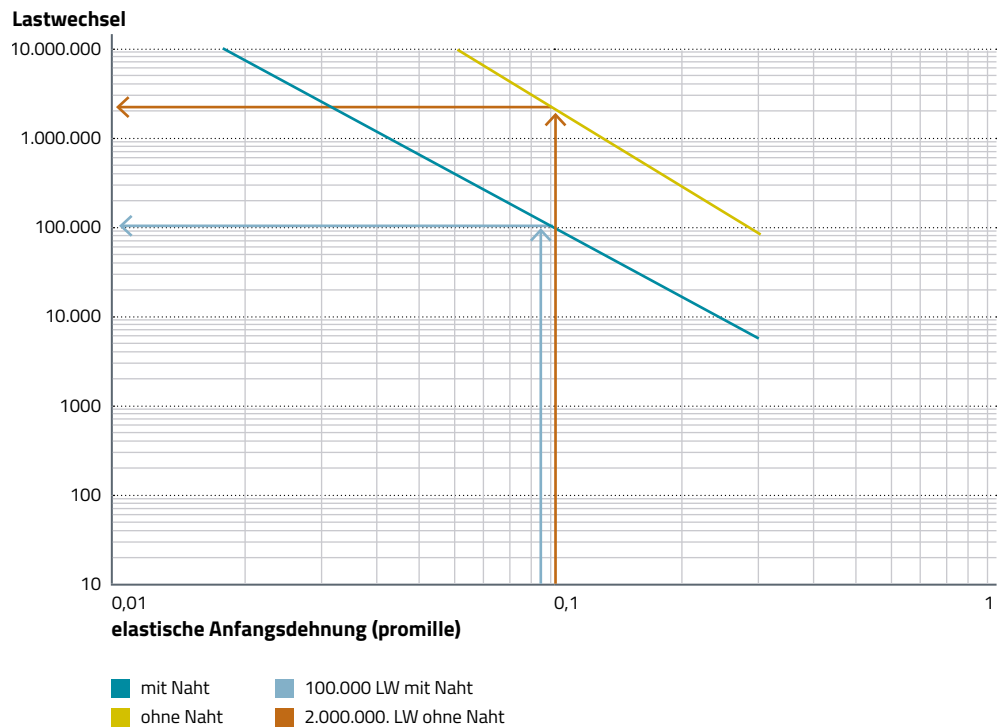
Ursächlich ist nicht nur die oftmals hohe Auslastung des Netzes, sondern auch die große Zahl von Baustellen.

Der Straßenbau muss sich diesem Thema stellen und die Anzahl und Dauer von Baustellen reduzieren. Dies trifft vor allem für die Erhaltung der Bundesfernstraßen zu. Hier müssen die Intervalle zwischen den Erhaltungsmaßnahmen deutlich verlängert werden. Im Idealfall ließen sich Baustellen sogar ganz vermeiden. Um diesem Ziel ein Stück näher zu kommen, hat die Abteilung Straßenbautechnik die Themengruppe „Verfügbarkeit“ gegründet, die mit folgenden Aufgabenschwerpunkten das Thema bearbeitet:

- Verkürzung der Baumaßnahmen
- Ertüchtigung der Bauweisen für längere Nutzungsdauern
- Verringerung und Optimierung von erforderlichen Erhaltungsmaßnahmen

---

<sup>1</sup> <https://presse.adac.de/meldungen/adac-ev/verkehr/adac-staubilanz-2021-fast-so-viele-staus-wie-vor-corona.html>; abgerufen: 29.11.2022



Ermüdungsfunktionen aus dynamischen Zugversuchen an Probekörpern aus dem Bereich einer Asphalttragschicht mit und ohne Naht.

Den einzelnen Schwerpunkten sind wiederum fachliche Aufgaben der mitarbeitenden Referate zugeordnet, die auf interne und externe Forschungsprojekte zurückgreifen. Exemplarisch genannt seien:

- Untersuchungen zum bautechnischen Verhalten von Gussasphalt und Kompaktasphalt durch eine Analyse von Daten der Zustandserfassung und -bewertung (ZEB)
- Der Einsatz der durchgehend bewehrten Betonbauweise
- Die Verwendung von Betonfertigteilen
- Eine Expertenbefragung zur Durchführbarkeit von Nacht- und Wochenendaustellen
- Untersuchungen zum Einfluss einer Nahtausbildung im Asphaltüberbau

Beim letzten Punkt zeigte sich, dass die Ausführung einer Längsnaht im Asphaltstraßenbau, entstehend durch die Notwendigkeit mehrerer Einbaubahnen, den Oberbau doch erheblich schwächt. Ermüdungsversuche zeigten, dass Probekörper, die aus dem Nahtbereich entnommen wurden, nur etwa 5 Prozent der Lastwechsel ertragen konnten.

Insgesamt belegen die durchgeführten Arbeiten, dass man mit gezielten Maßnahmen im Straßenbau die Verfügbarkeit des Bundesautobahnnetzes steigern kann. ➤

---

# 50 Jahre „Richtlinien für die Anerkennung von Prüfstellen für Baustoffe und Baustoffgemische im Straßenbau“ (RAP Stra)

---



## Autoren:

**Kirsten Kunz,**  
Bauingenieurin

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

Mit bauvertraglichen Prüfungen werden die Eignung der Baustoffe und Baustoffgemische hinsichtlich vertraglicher Anforderungen, vorgesehenem Verwendungszweck, technischer Regelwerke und fertiger Leistungen angesprochen. Diese Prüfungen sollen gewährleisten, dass dauerhafte und somit nachhaltige Straßen entstehen. Am 27. November 1972 wurde die „Richtlinie für die Anerkennung und Überwachung von Prüfstellen für bituminöse und mineralische Baustoffe und Baustoffgemische im Straßenbau“ (RAP Stra)

vom Bundesverkehrsminister eingeführt. Das bedeutete die Grundlage dafür, dass nur anerkannte Prüfstellen diese bauvertraglichen Prüfungen durchführen.

Die Entwicklung des straßenbautechnischen Regelwerkes von den Technischen Vorschriften hin zu Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und ebenso die Entwicklung von nationalen hin zu Europäischen Normen wurden in den bisher erschienenen 5 Ausgaben der RAP Stra berücksichtigt. Anfangs auf bituminöse und mineralische Baustoffe beschränkt, umfasst die aktuelle Ausgabe der RAP Stra mittlerweile 11 Fachgebiete und damit alle relevanten Straßenbaustoffe und Prüfverfahren.

Die Anerkennung spricht die jeweilige oberste Straßenbaubehörde aus. Um eine bundesweit einheitliche Vorgehensweise zu gewährleisten, war die BASt dabei von Beginn an beteiligt.

Die Grundvoraussetzungen für eine Anerkennung, eine qualifizierte Prüfstellenleitung, qualifiziertes Fachpersonal, wirtschaftliche Unabhängigkeit und eine Mindestausstattung mit Prüfgeräten, bestehen schon seit der ersten Ausgabe.

In den vergangenen 50 Jahren hat sich die Anerkennung nach den RAP Stra im Regelwerk fest verankert und erfährt bei allen Vertragspartnern eine hohe Akzeptanz. Von Anfang an war die BAST bei der Erstellung, den Überarbeitungen und der Umsetzung der Richtlinie für die Anerkennung der Prüfstellen eingebunden. Ihr Aufgabengebiet soll sich in diesem Bereich zukünftig

auch auf die Qualitätssicherung der Prüfungen erstrecken. Hierzu dienen die seit 2018 bundesweiten Ringversuche in allen Fachgebieten, die die BAST organisiert. In diesem Jahr übernimmt das Fernstraßen-Bundesamt zusammen mit den obersten Straßenbaubehörden die Aufgaben, die im Rahmen der Anerkennung von Prüfstellen anfallen. 🏹

Fachgebiete	Anwendungsbereich	ZTV	Prüfungsart				
			0	1	2	3	4
			Baustoffeingangsprüfungen	Eignungsprüfungen	Fremdüberwachungsprüfungen	Kontrollprüfungen	Schiedsuntersuchungen
A	Böden einschließlich Bodenverbesserungen	ZTV E-StB		A1		A3	A4
BB	Straßenbaubitumen und gebrauchsfertige Polymermodifizierte Bitumen	ZTV Asphalt-StB, ZTV BEA-StB				BB3	BB4
BE	Bitumenemulsionen	ZTV Asphalt-StB, ZTV BEA-StB				BE3	BE4
C	Fugenfüllstoffe	ZTV Fug-StB	CO <sup>1</sup>	C1	C2	C3	C4
D	Gesteinskörnungen	ZTV SoB-StB, ZTV Pflaster-StB, ZTV Beton-StB, ZTV Asphalt-StB, ZTV BEA-StB, ZTV BEB-StB	DO <sup>2</sup>			D3	D4
E	Fahrbahndecken aus Beton, Betontragschichten	ZTV Beton-StB				E3	E4
F	Oberflächenbehandlungen, Dünne Asphaltdeckschichten in Kaltbauweise, Dünne Asphaltdeckschichten in Heißbauweise auf Versiegelung	ZTV BEA-StB			F2	F3	F4
G	Asphalt	ZTV Asphalt-StB, ZTV BEA-StB				G3	G4
H	Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln, Bodenverfestigungen	ZTV Beton-StB, ZTV E-StB		H1		H3	H4
I	Schichten ohne Bindemittel sowie Baustoffgemische und Bodenmaterial für den Erdbau	ZTV SoB-StB, ZTV E-StB, ZTV Pflaster-StB,		I1	I2	I3	I4
K	Geokunststoffe im Erdbau	ZTV E-StB	KO			K3	K4

Im Rahmen der RAP Stra-Anerkennung aufgrund der geltenden Regelwerke nicht mögliche Kombinationen.

- 1 Nur bei Fugeneinlagen und Fugenmassen nach DIN EN 14188.
- 2 Nur bei Gesteinskörnungen für Baustoffgemische, die einer Güteüberwachung nach den TL G SoB-StB unterliegen.

Kombinationen der Prüfungsarten und Fachgebiete.

---

# Wiederverwendung von Asphalt – kann der Erfolg noch gesteigert werden?

---



Bearbeitergruppe Asphaltgranulat

---

**Autorin:**

**Dr. Verena Rosauer,**  
Wirtschaftsingenieurin,  
Referatsleiterin  
„Asphaltbauweisen“

Die Wiederverwendung von Asphaltgranulat ist kein neues Thema im deutschen Straßenbau – tatsächlich wird Asphaltgranulat schon seit Jahrzehnten recycelt. Doch die Statistik<sup>1</sup> zeigt, dass die Wiederverwendungsrate gegenüber den Zahlen von vor knapp 10 Jahren leicht rückläufig ist und in den letzten Jahren bei 82 bis 84 Prozent stagniert.

Die Wiederverwendung von Asphaltgranulat wird nach dem nationalen Regelwerk in einzelnen Asphaltdeckschicht-Mischgütern ausgeschlossen und nur in wenigen Bundesländern durch ergänzende Regelungen zugelassen, was unterschiedlichen Erfahrungen geschuldet ist. Für die Asphalttrag- und -binderschicht stellt die Verwendung von Asphaltgranulat zwar den Standard dar, allerdings mit dem Manko, dass das hochwertige Asphaltgranulat aus den oberen Schichten zum Teil in den unteren Schichten verwendet wird und so dem jeweiligen Kreislauf fehlt.

Dieser kritische Blick zeigt, dass die Asphaltbranche auf einem guten Weg ist, aber das Potenzial des Asphaltgranulats nicht hinreichend ausnutzt. Dabei besitzt es einen starken Hebel für die Nachhaltigkeit der Bauweise. Die in der Abteilung Straßenbautechnik innerhalb der Themengruppe Nachhaltigkeit gegründete Arbeitsgruppe „Asphaltgranulat“ hat sich daher vorgenommen, eine höchstmögliche und vollständige Wiederverwendung von Asphaltgranulat bei gleichzeitiger Sicherung oder gar Erhöhung der Asphaltqualität zu ermöglichen. In einem ersten Schritt hat sie den Forschungsbedarf identifiziert.

---

<sup>1</sup> [https://www.asphalt.de/fileadmin/user\\_upload/downloads/AsphaltPDez-2021.pdf](https://www.asphalt.de/fileadmin/user_upload/downloads/AsphaltPDez-2021.pdf), 30.11.2021



Die Asphaltbranche ist auf einem guten Weg.

---

Die Forschungsthemen sind vielgestaltig und lassen sich folgenden Bereichen zuordnen:

- Optimierung der Gewinnung und Aufbereitung von Asphaltgranulat
- Verbesserung der Zugabeart und Erhöhung der Zugabemenge von Asphaltgranulat in der Mischanlage
- Bewertung der Qualität des Asphaltmischguts und der Asphaltschichten
- Innovative Bindemitteluntersuchungen zur Bewertung der Kälte- und Rissempfindlichkeit des Asphalts

Unter anderem sind die Untersuchung der möglichen Trennung von Mörtel und Gestein, die gezielte, individuelle Aufbereitung des Mörtels unter Berücksichtigung seines chemischen und mineralogischen „Fingerprints“ und die Anpassung der Gewinnung von Asphaltgranulat Projekte, die sowohl intern als auch extern innerhalb der nächsten Jahre zu bearbeiten sind. ➤

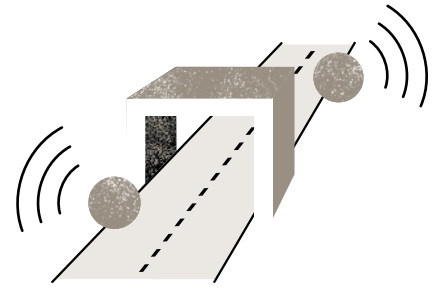


Die bauliche Infrastruktur im Bundesfernstraßen-netz weist Defizite infolge der gestiegenen Verkehrsbelastung, des hohen Bauwerksalters, eines Rückstaus der Erhaltungsmaßnahmen sowie konstruktiver Mängel auf. Diese führen teilweise schon heute zu Beeinträchtigungen der Funktionsfähigkeit und damit Verfügbarkeit der Straßen. Um den Herausforderungen effizient zu begegnen ist ein agiles Infrastrukturmanagement erforderlich, in dessen Rahmen Veränderungen frühzeitig wahrgenommen werden und so adäquat im Sinne eines prädiktiven Lebenszyklusmanagements agiert werden kann. Die Zustandserfassung und -bewertung in Verbindung mit Prognoseinstrumenten und innovativen bautechnischen Lösungen ermöglicht in diesem Zusammenhang eine systematische Planung von optimierten Maßnahmen im Lebenszyklus der Bauwerke auf Objekt- und Netzebene. Veränderungen im Lebenszyklus der Straßeninfrastrukturen können hierbei aktiv in Entscheidungsfindungen einbezogen werden. Mit den innovativen Bausteinen eines agilen Infrastrukturmanagements kann eine Reduzierung ungeplanter Einschränkungen oder Sperrungen und folglich eine Verbesserung der Verfügbarkeit der Straßeninfrastruktur erreicht werden.

---

## 6. Prädiktives Infrastruktur- management

---

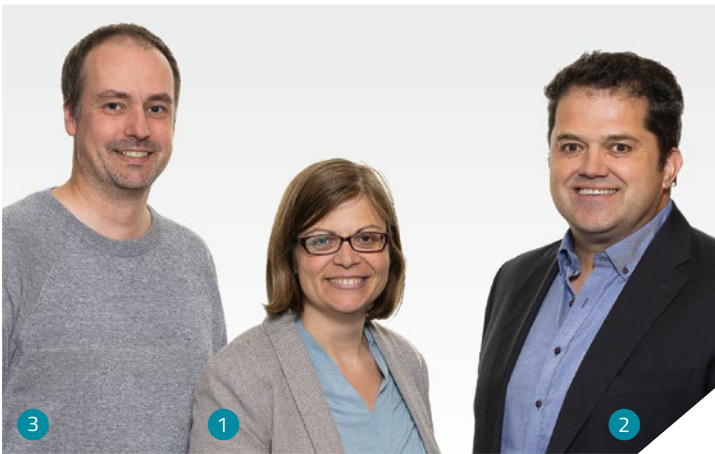


Modernisierungs- und Ersatzmaßnahmen werden planbarer. Negative Auswirkungen können vermindert werden. Mit prädiktiven Ansätzen und optimierten (bau-)technischen Lösungen kann auch die Resilienz der Straßeninfrastruktur verbessert werden. Damit kann ein wichtiger Beitrag zur nachhaltigen Straßeninfrastruktur geleistet werden. Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) ist seit vielen Jahren forschungsseitig sehr aktiv in den Teilaspekten Bauwerksdiagnostik/ZEB und Managementsysteme. Zudem sind die Forscher der BASt langjährig in den jeweiligen Gremien tätig. Daher besteht hier eine große Fachkompetenz und die BASt kann ein Wegbereiter für innovative Lösungen und Bausteine eines agilen Infrastrukturmanagements auch mit dem Blickwinkel der Eigentümer und Baulastträger werden.

---

# Computergestützte Handlungshilfe zur Bewertung der Resilienz von Ingenieurbauwerken und Priorisierung von Maßnahmen

---



## Autoren:

- 1 **Dr. Kalliopi Anastassiadou**,  
Bergbauingenieurin
- 2 **Ulrich Bergerhausen**,  
Bauingenieur,  
Referat „Tunnel- und Grundbau,  
Tunnelbetrieb, Zivile Sicherheit“
- 3 **Stefan Staub**,  
Geograph,  
Referat „Grundsatzfragen der  
Bauwerkserhaltung“

## Einleitung

Die Hochwasserereignisse im Juli 2021 verursachten erhebliche Schäden an den Bundesautobahnen und Bahnstrecken, insbesondere in Rheinland-Pfalz und

Nordrhein-Westfalen. Es zeigte sich einmal mehr die Notwendigkeit, bestehende Verkehrsinfrastrukturen anzupassen und resilienter zu gestalten, um ihre Verfügbarkeit zu gewährleisten.

Die BAST beschäftigt sich seit mehreren Jahren mit dieser Thematik. Konkret geht es dabei um die Resilienz von Verkehrsinfrastruktur und ihre Fähigkeit, Schäden infolge disruptiver Ereignisse zu verkraften und dadurch eine schnelle Wiederinbetriebnahme zu ermöglichen.

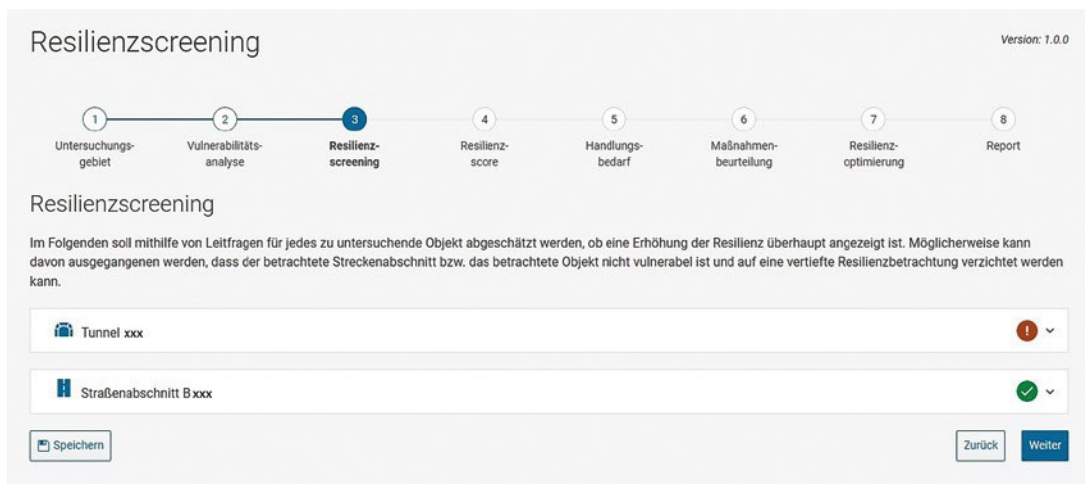
Im Rahmen eines durch das Expertennetzwerk des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV)<sup>1</sup> geförderten Forschungsvorhabens unter fachlicher Leitung der BAST wurde eine computergestützte Handlungshilfe zur Bewertung der Resilienz von Ingenieurbauwerken und der Priorisierung von Maßnahmen geschaffen.

## Von der Theorie in die Praxis

Dafür kam ein eigens entwickelter IT-Prototyp zum Einsatz, der sich sowohl durch eine intuitive Anwendbarkeit als auch durch einen einfachen webbasierten Zugang für die Nutzer auszeichnet. Mit dem neuen IT-Tool für die Straße wird nicht nur ein

---

<sup>1</sup> Das BMDV-Expertennetzwerk wurde als verkehrsträgerübergreifendes Forschungsformat in der Ressortforschung 2016 unter dem Leitmotiv „Wissen – Können – Handeln“ gegründet. Besuchen Sie die Internetseite des BMDV-Expertennetzwerks [www.bmvi-expertennetzwerk.de](http://www.bmvi-expertennetzwerk.de) für weitere Informationen.



Grafische Oberfläche des IT-Prototyps zur Resilienz-Bewertung der Verkehrsinfrastruktur.

wichtiger Meilenstein für die Integration einer Resilienz-Bewertung als fester Bestandteil des Verkehrsinfrastrukturmanagements erreicht, sondern auch der Grundstein für eine Überführung der theoretischen Konzepte aus der Forschung in die Praxis gelegt.

So können zukünftig Entscheidungen im Infrastrukturmanagement zur Aufrechterhaltung der Funktionalität der Straßen besser vorbereitet und Maßnahmen respektive Investitionen einfacher ausgewählt und begründet werden.

Der IT-Prototyp umfasst folgende Schritte (siehe Abbildung):

- 1. Prüfung der Vulnerabilität
- 2. Resilienz-Screening
- 3. Maßnahmenauswahl
- 4. Resilienz-Optimierung

### Ausblick

Die gewonnenen Erkenntnisse und Methoden sind über die Anwendung im Straßenverkehr hinaus auch auf die anderen Verkehrsträger übertragbar und leisten einen Beitrag, das übergeordnete Ziel des BMDV-Expertenetzwerks „Das Verkehrssystem resilient und umweltgerecht gestalten“, zu erreichen. In den Jahren bis 2025 finden weitere Schritte zur Übertragung der Methodik zur Resilienz-Bewertung und des IT-Tools auf die Verkehrsträger Schiene und Wasserstraße statt. 🗡️

# Verstärkung von Stahlbrücken



## Autoren:

**Dr. Iris Hindersmann,**  
Geografin

**Dr. Heinz Friedrich,**  
Bauingenieur,  
Referatsleiter, Referat „Stahlbau,  
Korrosionsschutz, Brückenausstattung“

**Dr. Maria Teresa Alonso Junghanns,**  
(nicht im Bild)  
Bauingenieurin, Referat „Betonbau“

Ältere Stahlbrücken können deutliche Schäden aufweisen. Verantwortlich hierfür sind die starke Zunahme des Verkehrs und Defizite, wie ermüdungsanfällige Konstruktionsdetails, die aus der Planung und Ausführung stammen. Sofern diese noch nicht zu weit fortgeschritten sind, können sie mit einer Verstärkung der Brücken behoben werden. Im Rahmen des Artikels betrachten wir die Schadenskategorie 1, welche die Anschlüsse am Deckblech betreffen [1; 2].

Verstärkungsmaßnahmen sind bauliche Maßnahmen, die mit einer Verbesserung von Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit einhergehen. Bei Stahlbrücken soll mit der Verstärkung des Deckblechs eine Reduktion der lokalen Spannungen und Durchbiegungen erreicht werden. Dafür kommen

unterschiedliche Verstärkungsmaßnahmen in Betracht, für die unabhängig von der Art der Maßnahme die herkömmlichen Anforderungen für Brückenbeläge (Dichtigkeit, Griffbarkeit, Gradienten-Ausgleich und Dauerhaftigkeit) gelten. [2; 3].

## Hochfester Beton

Bei der Verstärkungsmaßnahme mit hochfestem Beton wird der alte Brückenbelag durch einen bewehrten hochfesten Stahlfaserbeton ersetzt. Diese Methode stammt ursprünglich aus den Niederlanden. Dabei wird nicht nur hochfester Faserbeton verwendet, sondern auch auf eine Verdübelung der Verbundfuge verzichtet. Der Aufbau mit hochfestem Beton führt zur Abtragung der Radlasten, zur Aufnahme der dynamischen Belastung, zum verbesserten Verbund zum Stahlblech und zu erhöhter Dichtigkeit und Dauerhaftigkeit. Die durch den Verbund bewirkte Lastverteilung verringert Spannungen in den Schweißnähten und Durchbiegung und begrenzt somit Ermüdungsschäden. Damit trägt der hochfeste Beton mit seinem dichten Gefüge maßgeblich zum Korrosionsschutz der Bewehrung und der Stahlkonstruktion bei und die Nutzungsdauer der Brücke wird unter Einhaltung der Anforderungen an Tragfähigkeit und Verkehrssicherheit verlängert.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass der hochfeste Beton im Hinblick auf die Frisch- und Festbetoneigenschaften mit einer gleichbleibenden Qualität hergestellt und eingebaut werden kann. Hierfür sind jedoch strenge betontechnologische Qualitätssicherungsmaßnahmen erforderlich. Die Baumaßnahmen bei den Stahlbrücken Beimerstetten (bei Ulm), Maxau (bei Karlsruhe)

und Günthersdorf (bei Leuna) wurden aufgrund des Pilotcharakters intensiv auf diese Aspekte hin untersucht [4, 5].

Die BAST war bei allen Maßnahmen, unter anderem durch fachtechnische Stellungnahmen zur Erlangung von Zustimmungen im Einzelfall, die fachtechnische Begleitung und in Workshops zur Erarbeitung von Anforderungen an Planungshilfen beteiligt. Alle 3 Brücken erreichten nachweislich die beabsichtigte Verstärkungswirkung.

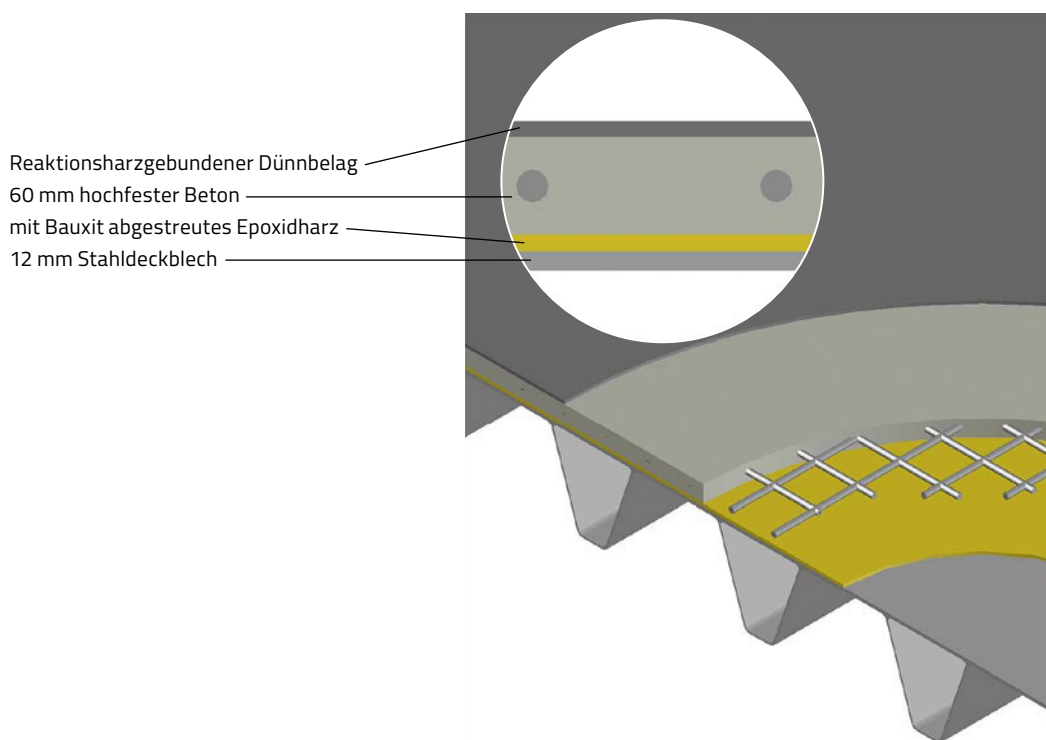
### Aufgeklebte Bleche

Bei dieser Maßnahme werden zusätzliche Stahlbleche zwischen dem Deckblech und dem Fahrbahnbelag angeordnet. Diese Verstärkungsbleche werden kraftschlüssig auf das Deckblech geklebt und bewirken eine bessere Spannungs- und Kraftverteilung. Dieser Lösungsansatz wurde im Rahmen von 4 aufeinander bezogenen BAST-Projekten numerisch und labortechnisch untersucht:

Im Projekt „Numerische Untersuchungen“ zeigt sich am Beispiel der orthotropen Platte der Rheinbrücke Duisburg-Neuenkamp mit Hilfe eines numerischen Modells, dass die Verstärkung des Deckblechs eine sinnvolle Maßnahme ist, um Spannungen in der Platte und örtliche Durchbiegungen des Deckblechs wirkungsvoll zu vermindern.

Das Projekt „Klebtechnologie“ beschreibt die Entwicklung eines praxistauglichen Klebverfahrens unter Berücksichtigung der speziellen Rahmenbedingungen, die bei der Erhaltung von orthotropen Fahrbahnplatten bestehen.


Kern des Projekts „Dauerfestigkeitsuntersuchungen“ ist ein aufwändiges Versuchsprogramm mit praxisnahen Dauer-Schwell-Biege-Prüfungen. Hier wurde unter anderem der Nachweis erbracht, dass die Klebverbindungen den dynamischen Beanspruchungen der herkömmlichen Verkehrsbelastung dauerhaft widerstehen können.



Verstärkung durch hochfesten Beton mit Stahlfasern.

Im Projekt „Fugen- und Randausbildung“ wurde die Anordnung von Fugen und die Gestaltung von Randabschlüssen konzipiert und deren Tauglichkeit untersucht. In Anlehnung an das Projekt „Dauerfestigkeitsuntersuchungen“ wurde anhand von Versuchen eine ausreichende Ermüdungsfestigkeit nachgewiesen.

Die labortechnischen Untersuchungen zur „Verstärkung des Deckblechs von Stahlbrücken durch Aufkleben von Stahlblechen“ wurden im Herbst 2022 erfolgreich abgeschlossen. Die gewonnenen Erkenntnisse bilden eine wesentliche Grundlage für erste Pilotanwendungen in der Praxis.

Die unterschiedlichen Verfahren zur Verstärkung von Stahlbrücken sind eine gute Möglichkeit, die Nutzungsdauer der Bauwerke zu erhöhen und so den Anforderungen nach einer verfügbaren und funktionalen Infrastruktur zu entsprechen. 

## Literatur

[1] Paschen, M.; Hensen, W.; Hamme, M. (2017)

Instandsetzungs- und Sicherungsmaßnahmen bei den Rheinbrücken Leverkusen und Duisburg-Neuenkamp - ein Zwischenbericht (Teil 1) in: Stahlbau 86, H. 7, S. 603–618. <https://doi.org/10.1002/stab.201710513>

[2] Sedlacek, G.; Paschen, M.; Feldmann, M. (2011)

Instandsetzung und Verstärkung von Stahlbrücken unter Berücksichtigung des Belagssystems – Bericht zum Forschungsprojekt 15.405/2004/CRB. Bremerhaven: Wirtschaftsverl. NW Verl. für neue Wiss.

[3] Friedrich, H. (2022)

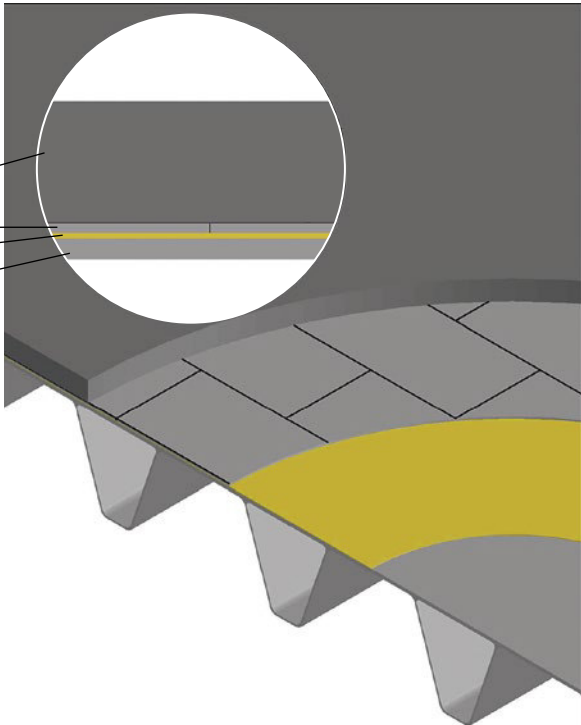
Verstärkung des Deckblechs orthotroper Fahrbahnplatten durch Aufkleben von Stahlblechen – Veröffentlichung in Vorbereitung.

[4] Mansperger, T. et al. (2017)

Verstärkung von Stahlbrücken mit hochfestem Beton. Bremen: Fachverlag NW.

[5] Shepherd, D. A. et al. (2021)

Zur Ertüchtigung der Rheinbrücke Maxau mit hochfestem Beton in: Beton- und Stahlbetonbau 116, H. 10, S. 754–764. <https://doi.org/10.1002/best.202100040>



80 mm Asphaltbelag  
6 mm Verstärkungsblech  
3 mm Epoxidharz  
12 mm Stahldeckblech

Verstärkung durch aufgeklebte Bleche.

---

# Digitaler Zwilling Brücke – Konzept, Anwendungsfälle und Vorstufe am Beispiel der duraBAST-Brücke

---



## Autorinnen:

- 1 **Dr. Iris Hindersmann,**  
Geografin,
- 2 **Jennifer Bednorz,**  
Bauingenieurin,  
stellvertretende Referatsleiterin
- 3 **Sarah Windmann,**  
Maschinenbauingenieurin,  
Referat „Stahlbau, Korrosionsschutz,  
Brückenausstattung“
- 4 **Sonja Nieborowski,**  
Maschinenbauingenieurin,  
stellvertretende Referatsleiterin  
„Grundsatzfragen der Bauwerkserhaltung“

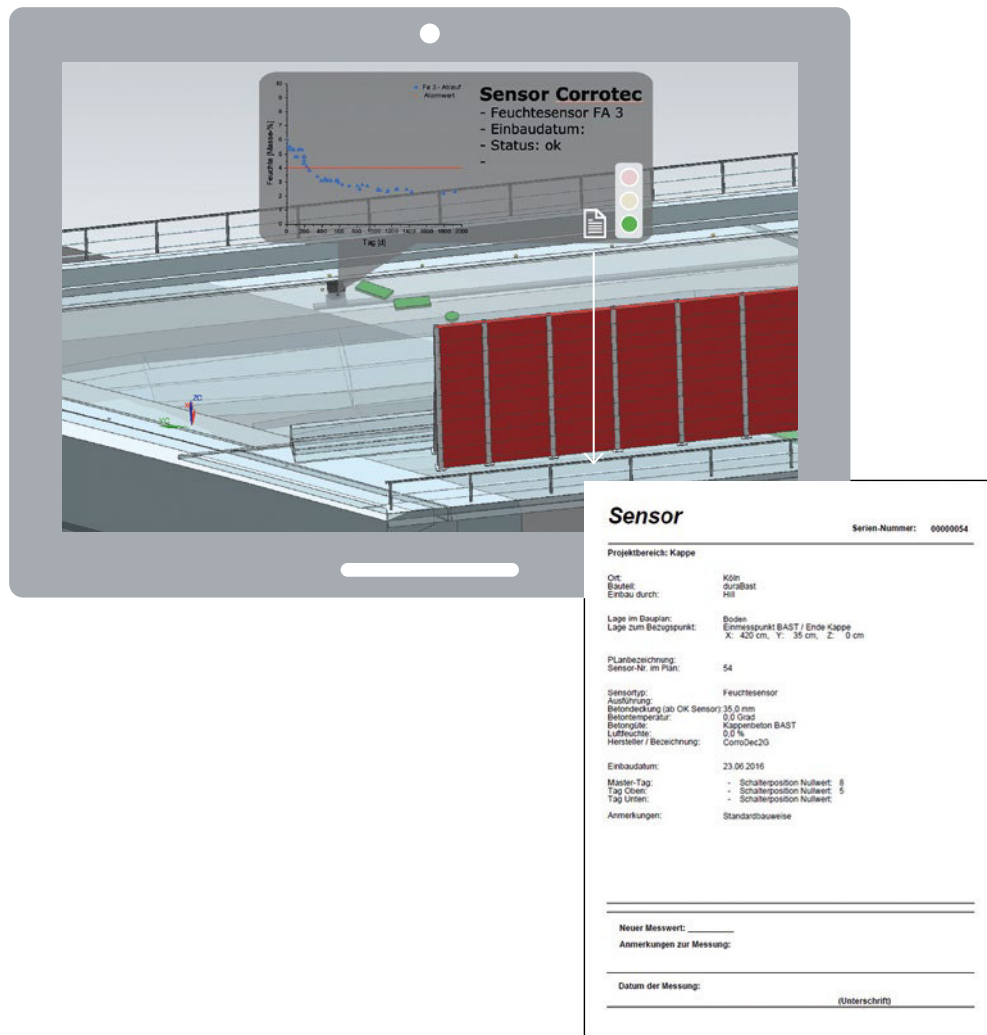
Ein vorausschauendes Lebenszyklusmanagement hat das Potenzial, den vielfältigen Herausforderungen im Bundesfernstraßennetz wie die hohe Altersstruktur der Bauwerke, das gesteigerte Verkehrsaufkommen und dem Erhaltungsstau besser zu begegnen. Im Kontext eines solchen Lebenszyklusmanagements

nimmt das Thema Digitaler Zwilling eine wichtige Rolle ein.

Dabei handelt es sich um virtuelle Abbilder von realen Objekten, die sich über Daten und Informationen aktualisieren. In der letzten Entwicklungsstufe treten sie in einen bidirektionalen, das heißt, in einen Signale in beide Richtungen übertragenden Austausch mit dem realen Objekt. Sie dienen in der Betriebsphase vor allem als Entscheidungsunterstützung für Bauwerksbetreiber, unter anderem durch Zustandsanalysen und -vorhersagen sowie für die Durchführung virtueller Experimente.

Im Rahmen eines Forschungsprojekts der BAST werden ein modulares Konzept des Digitalen Zwillings Brücke erarbeitet und einzelne Entwicklungsschritte mit künftigen Anwendern reflektiert. Kern des Konzepts sind Anwendungsfälle, die sich zum einen aus den definierten Zielen des Digitalen Zwillings und zum anderen auf der Basis existierender Geschäftsprozesse sowie aus Regelwerken ableiten. Es wird unterschieden zwischen zwingend erforderlichen und nicht-zwingend erforderlichen Anwendungsfällen. Zwingend erforderliche Anwendungsfälle schaffen für die Funktionalität des Digitalen Zwillings die benötigte Datengrundlage, während nicht-zwingend erforderliche Anwendungsfälle zusätzliche Dienste bereitstellen. Diese können individuell nach Bedarf in diesen integriert werden.





Betriebsmodell mit Sensorinformationen eines Feuchtesensors am digitalen Schatten der duraBAST-Brücke.

Der Austausch und die Aufnahme von weiteren Anwendungsfällen sollen dann durch klar definierte Schnittstellen erfolgen. Im Rahmen eines Workshops mit zukünftigen Anwendern standen bereits mögliche Anwendungsfälle für die Themenbereiche Betriebsprozesse, Erhaltungsplanung und -durchführung sowie Strategisches Lebenszyklusmanagement zur Diskussion.

Um ein übergeordnetes Verständnis über die Prozesse sowie dessen Input- und Output-Daten zu erlangen, erarbeiteten die Teilnehmer Anwendungsfall-Steckbriefe für die 4 höchst priorisierten Anwendungsfälle als eine Grundlage für das modulare Konzept. Die Entwicklung der Anwendungsfall-Steckbriefe erfolgte auf der Basis des von BIM Deutschland entwickelten Mustersteckbriefes im Bereich Bundesfernstraßen.

Im nächsten Schritt soll das Konzept des Digitalen Zwillinges Brücke um weitere Technologien ergänzt, dessen Detaillierungstiefen beschrieben und abschließend den zukünftigen Anwendern vorgestellt werden. Parallel laufen bei der BAST Projekte, die Vorstufen und Teilaspekte prototypisch demonstrieren, um den Weg der Entwicklungen in die Praxis zu ebnen.

### **Vorstufe am Beispiel der duraBAST-Brücke**

Ein Digitaler Zwilling kann in unterschiedlichen Entwicklungsstufen vorliegen. In der höchsten Entwicklungsstufe ist er durch einen automatisierten Datenfluss zwischen dem digitalen und realen Objekt gekennzeichnet. Als eine Vorstufe gilt der Digitale Schatten. Dabei findet ein manueller Datenfluss vom digitalen zum realen Objekt statt.

Zur Untersuchung verschiedener Fragestellungen im Zusammenhang mit der Erstellung Digitaler Zwillinge wird die Brücke auf dem Gelände des duraBAST als Digitaler Schatten verwendet. Ziel ist die Überführung und Bereitstellung aller Informationen zum Bauwerk in Form eines Betriebsmodells für die Nutzung im Büro als auch an der Brücke selbst. Durch eine mobile Anwendung wird das einfache Hinzufügen neuer Informationen, wie Fotos oder Schadensinformationen direkt vor Ort ermöglicht.

An der duraBAST-Brücke wurde bereits eine Vielzahl von Arbeiten durchgeführt, die unter anderem als Grundlagen für einen späteren Digitalen Zwilling der Brücke dienen können. Im Ergebnis liegen unterschiedliche Modelle und Messergebnisse aus Monitoring und Anwendungen der zerstörungsfreien Prüfung vor. Auf der Grundlage erfolgt eine Verknüpfung eines parametrischen, semantisch angereicherten, dreidimensionalen-BIM-Modells der duraBAST Brücke mit den vorhandenen Bauwerksinformationen. Anschließend fließen die aggregierten Daten in ein Betriebsmodell ein.

Um die vorliegenden und zukünftig anfallenden Messdaten im Betriebsmodell verorten zu können, wurde ein Sensormodell der bereits eingebauten Sensorik erstellt und so eine direkte Verknüpfung mit den Messdaten ermöglicht. Der Digitale Schatten der duraBAST-Brücke bildet somit die Datengrundlage für die Betrachtung möglicher Anwendungsfälle im Rahmen der BIM-gestützten Umsetzung von Betrieb und Erhaltung. Pilothaft erfolgt anhand einer entsprechenden Software unter anderem die Umsetzung des Anwendungsfalls „Bauwerksprüfung“ als Prozess. Hiermit sollen die relevanten Informationen und Arbeitsschritte für die Verantwortlichen übersichtlich aufbereitet, vollständig und digital verknüpft verfügbar gemacht werden. 📌

---

# Künstliche Intelligenz und erweiterte Realität in der Brückenprüfung

---



**Autorin:**

**Sonja Nieborowski,**  
Maschinenbauingenieurin,  
stellvertretende Referatsleiterin „Grund-  
satzfragen der Bauwerkserhaltung“

Brücken sind ein integraler Bestandteil einer leistungsfähigen Verkehrsinfrastruktur. Die Bauwerksprüfung nach DIN 1076 bietet die Grundlage zur Gewährleistung ihrer Sicherheit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit. Obwohl digitale Technologien über enorme Nutzungspotenziale für die Bauwerksprüfung verfügen, finden sie bislang nur sehr begrenzt Anwendung. Im Austausch mit Fachpersonal konnten Potenziale zur Bewältigung konkreter Herausforderungen erarbeitet werden. Diese liegen unter anderem in der Aktualität und Vollständigkeit von Bestandsunterlagen und deren Bereitstellung, der Verortung von Schäden, dem Datenaustausch sowie der Objektivität von Informationen.

Ein abgeschlossenes Forschungsprojekt im Auftrag der BAST hat gezeigt, dass insbesondere die Technologie der erweiterten Realität (Augmented Reality, AR) Möglichkeiten bereit hält, wichtige Informationen in der handnahen Brückenprüfung anschaulich zur Verfügung zu stellen, weitere Daten aufzunehmen und auf dem aktuellen Stand zu halten (Hill et al. 2022). Der Einsatz Künstlicher Intelligenz (KI) kann zusätzliche Unterstützung anbieten, indem sie etwaige Schäden erkennt, vorauswählt, bildlich markiert und intelligent mit Informationen versieht.

Im Rahmen der Arbeiten im Expertennetzwerk des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr ist ein externes Forschungsprojekt in Arbeit, das die Kombination erweiterter Realität und Künstlicher Intelligenz und ihre Anwendung im Rahmen der Brückenprüfung untersucht (König et al. 2022). Im entwickelten Konzept sollen sichtbare Schäden am Bauwerk automatisiert erfasst und in Interaktion mit den Prüfenden bewertet werden.



Demonstrator beim Test an einer Brücke.

Hierfür kommt eine AR-Brille zum Einsatz, die Bilder von Schäden am Bauwerk aufnimmt (siehe Abbildung). Eine trainierte KI-Netzarchitektur dient der Erkennung und markiert farblich Schäden anhand der aufgenommenen Bilder.

Neben exemplarischen Schadensarten können auch Schadensgrößen mittels Tiefeninformationen der Kamera ermittelt werden. Die KI stellt den Prüfern die Ergebnisse in der erweiterten Realität als virtuelle Überlagerung für die Entscheidungsfindung bereit. Das Konzept wurde im Rahmen des Projekts prototypisch umgesetzt und der entstandene Demonstrator in realer Umgebung getestet. Erste Reaktionen zeigen, dass durch ein entsprechendes digitales System insbesondere Bedarfe hinsichtlich der verbesserten Schadensverfolgung, der strukturierten Ablage und Darstellung umfassender Daten, der Objektivität von Informationen und effizienteren Abläufen vorliegen.

Aus den Rückmeldungen des Fachpersonals sind Handlungsempfehlungen abzuleiten und Schlüsse für eine mögliche Anwendung in der Praxis zu ziehen. ✎

#### Literatur

Hill, M.; Bahlau, S.; Butenhof, F.; Degener, L.; Klein, F.; Kukushkin, A.; Riedlinger, U.; Oppermann, L.; Lambrecht, C.; Mertens, M (2022): Bauwerksprüfung mittels 3D-Bauwerksmodellen und erweiterter/virtueller Realität. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt FE 15.666/2019/LRB im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen. Online verfügbar unter: <https://opus4.hbz-nrw.de/opus45-bast/frontdoor/index/index/docId/2725>.

König, M.; Celik, F.; Embers, S.; Faltin, B.; Herbers, P.; Zentgraf, S.; Braun, J.; Schammler, D.; Steinjan, J. (2022):

Kombination von Augmented/Mixed-Reality-Systemen mit weiteren digitalen Technologien. Zwischenberichte zum Forschungsprojekt FE 69.0008/2020 im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen. Veröffentlichung in Vorbereitung.

---

# Ganzheitliche und zuverlässige Bewertung der Längsebenheit (WLP)

---



**Autor:**

**Christian Gottaut,**  
Bauingenieur,  
Referat „Zustandserfassung  
und -bewertung“

Die Ebenheit einer Straße ist ein entscheidendes Kriterium für die Fahrsicherheit und den Fahrkomfort der Nutzer. Unebene Straßenabschnitte unterliegen zudem einem stärkeren Verschleiß, hervorgerufen durch die erhöhten dynamischen Achslasten der Fahrzeuge. Für die Bewertung der Ebenheit einer Straße existieren bereits verschiedene Kennwerte. Sie ermöglichen aber nur eingeschränkt die Detektion, also die Feststellung von besonders störenden periodischen Unebenheiten. Sie liefern zudem nur eine vergleichsweise niedrige Genauigkeit bei der Verortung der Schadstellen.


Eine Weiterentwicklung, die unter anderem diese Schwachstellen beseitigen soll, ist der Ebenheitskennwert „Weighted Longitudinal Profile (WLP)“. Mit seiner Hilfe können alle in der Praxis auftretenden unterschiedlichen Unebenheiten einer Straße klassifiziert, gewichtet und bewertet werden. Dieser neue Kennwert ist erforderlich, weil vereinzelt immer wieder Defizite im Fahrkomfort auftreten, obwohl Messungen keine Mängel aufzeigen.

Um das WLP als neues Maß der Längsebenheit zu verankern, soll eine maßgebliche Weiterentwicklung der Erfassung des Straßenoberflächenprofils, die mit schnellfahrenden Messsystemen über Lasersensoren in der rechten Rollspur abläuft, erfolgen. So ist beispielsweise der bisherige Messpunktabstand von 10 Zentimetern auf einen Zentimeter zu reduzieren. Nur dadurch sind Brückenübergänge, Fugen oder Einbauten und deren Anbindung an die umliegende Verkehrsfläche sicher zu bewerten.



Prüfung der Lasersensorik auf dem duraBASt.

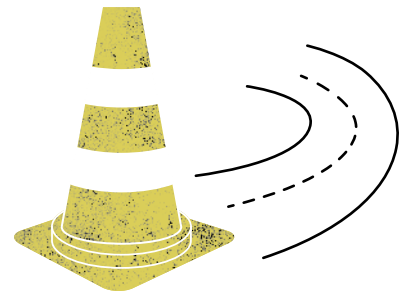
Durch die Adaption des Ebenheitskennwertes WLP an die dann höhere Messgenauigkeit könnten Störstellen wesentlich genauer detektiert und die Ebenheit einer Straße ganzheitlich, also sowohl im kurz- als auch langwelligen Spektrum inklusive der periodischen Unebenheiten, bewertet werden.

Da die BASt auch für die Qualitätssicherung der Messsysteme verantwortlich ist, hat sie die Möglichkeiten zur Prüfung der Lasersensorik erweitert. Dazu hat sie Metallplatten aus gehärtetem Stahl auf dem duraBASt eingelassen und in diese verschiedene Prüfmuster eingefräst. Mit ihrer Hilfe kann auch die Prüfung der höherauflösenden Lasersensoren an den schnellfahrenden Messsystemen erfolgen, um zukünftig eine noch zuverlässiger Längsebenenbewertung von Straßen sicherstellen zu können. 

Es ist zentrales Ziel der Verkehrspolitik in Deutschland, allen Menschen, sei es zu Fuß, mit dem Fahrrad, dem Motorrad, mit Lkw oder Pkw, eine sichere Teilnahme am Straßenverkehr zu ermöglichen. Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) forscht mit dem Ziel, dass sich in Deutschland weniger Straßenverkehrsunfälle ereignen oder sich zumindest deren Folgen verringern. Das Leitbild für die Forschung der BASt in diesem Bereich ist das Verkehrssicherheitsprogramm der Bundesregierung 2021 bis 2030 (VSP).

Im Jahr 2021 verzeichnete Deutschland den niedrigsten Stand an Verkehrstoten seit Beginn der Statistik vor mehr als 60 Jahren. Eng verbunden mit dieser positiven Entwicklung ist nicht allein die COVID-19-Pandemie, sondern auch die Verkehrssicherheitsforschung der BASt. Sich wandelnde Mobilitätsbedürfnisse, gesellschaftliche Veränderungen – etwa durch den demografischen Wandel – sowie neue Technologien und Mobilitätsformen bedeuten dabei wachsende und immer neue Herausforderungen. Der Schlüssel zum sicheren Straßenverkehr liegt in einer proaktiven Verkehrssicherheitsarbeit. Dies bedeutet, vorausschauend Risiken zu erkennen und Strategien zu entwickeln, um diesen frühzeitig zu begegnen.

## 7. Proaktive Verkehrssicherheit



Mit dem Ziel, der „Vision Zero“ (Null Getöteten und möglichst wenig Verletzte im Straßenverkehr) einen weiteren Schritt näher zu kommen, wurde das VSP von BMDV und BAST erarbeitet. Wichtiger Bestandteil sind die Aktivitäten der Verkehrssicherheitsforschung der BAST. Sie tragen langfristigen Wandlungsprozessen wie dem demografischen Wandel, dem Fortschreiten der Automatisierung sowie der zunehmenden Digitalisierung Rechnung. Der Zuwachs an aktiven (Fahrradfahren, Zufußgehen) und neuen (Elektrofahrräder, E-Tretroller) Mobilitätsformen, Automatisiertes Fahren oder die Vernetzung von Fahrzeugen und Infrastruktur werden den Straßenverkehr der Zukunft beeinflussen und sind hierbei berücksichtigt. Für Präventionsmaßnahmen und Mobilitätsbildung eröffnet die Digitalisierung neue Möglichkeiten und Chancen, die es zu erschließen gilt. Auch die Straßengestaltung und -ausstattung muss, wie auch die Fahrzeugtechnik, den neuen Anforderungen Rechnung tragen. Die BAST betreibt dazu interdisziplinäre Forschung. Ziel ist es, einen Beitrag zur Fortsetzung der erfolgreichen Verkehrssicherheitsarbeit in Deutschland zu leisten und neue Sicherheitspotenziale zu erschließen.



---

# Sicherheitsbewertungen für Straßentunnel – aktuelle Herausforderungen

---



## Autoren:

**Anne Lehan,**  
Wirtschaftsingenieurin

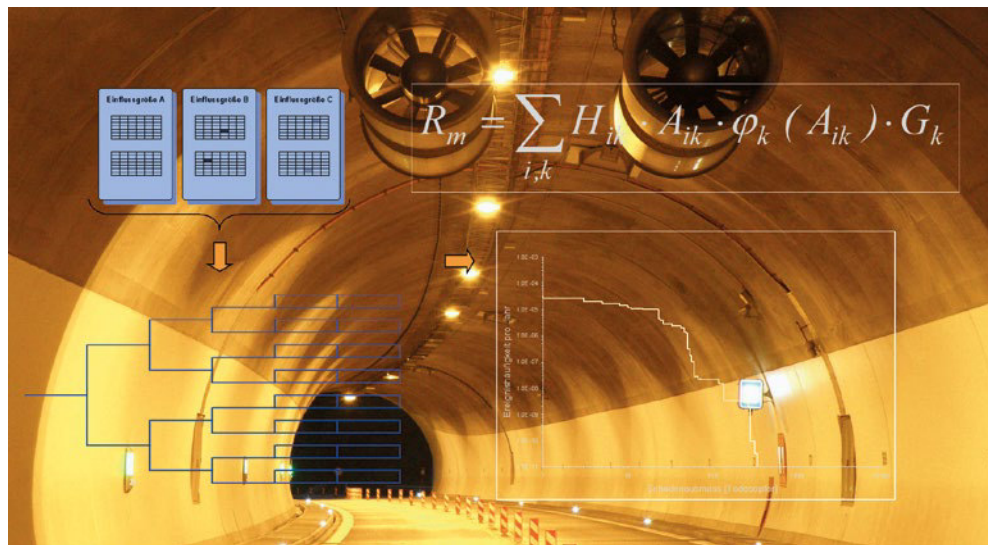
**Christof Sistenich,**  
Bergbauingenieur,  
stellvertretender  
Referatsleiter, Referat  
„Tunnel- und Grundbau,  
Tunnelbetrieb, Zivile  
Sicherheit“

Das Sicherheitsniveau von Straßentunneln definiert sich anhand von Regelwerksanforderungen und -vorgaben. Durch Vergleich des vorhandenen mit dem geforderten Ausstattungsumfang (zum Beispiel beim Lüftungssystem) erfolgt eine Bewertung. Jedoch lässt sich ein Tunnel nicht immer streng nach Regelwerk bauen und ausstatten, weshalb zu begründende Abweichungen zugelassen sind. Dazu gehören:

- Abweichungen im Bestand, die sich nicht oder nur mit unverhältnismäßigem Aufwand an das Regelwerk anpassen lassen.
- Besonderheiten aus der Kombination mehrerer sicherheitsrelevanter Faktoren wie Neigung, Verkehrsstärke oder Ein- und Ausfahrten im Tunnel, die für sich alleine unauffällig sind.
- Abweichungen infolge technischer Innovationen.

Um diese Einflüsse auf das Sicherheitsniveau eines Tunnels messbar zu machen, wurde der vorgabeorientierte Vergleich durch einen risikoorientierten ergänzt. Dieser besteht aus einer Methodik zur Sicherheitsermittlung und -bewertung sowie Maßnahmenplanung. Als Maß für die Sicherheit dient das verbleibende Risiko, welches aus der Verknüpfung der Eintrittswahrscheinlichkeiten für ein bestimmtes Ereignis (zum Beispiel Unfall) mit den jeweiligen Schadensausmaßen resultiert. Die Bewertung der Sicherheit erfolgt dabei in Form eines Relativvergleichs der Risiken eines richtlinienkonform ausgestatteten Tunnelbauwerks mit dem geplanten oder nachzurüstenden Tunnel. Die risikoorientierte Methodik wird seit dem Jahr 2009 auf eine Vielzahl von Tunneln angewendet.

Aufgabe der BASt ist es, zu bewerten, wann wissenschaftliche und praktische Erkenntnisse vorliegen oder erforderlich sind, um eine Anpassung der Methodik durchzuführen.



Regelwerksanforderungen und -vorgaben definieren das Sicherheitsniveau von Straßentunneln.

Diese war nunmehr auf der Basis von Erkenntnissen aus der mehrjährigen Anwendung erforderlich – beispielsweise durch geänderte oder zusätzlich aufgenommene bauliche, verkehrliche und sicherheitstechnische Parameter: Nachzulesen im BAST-Bericht „Bewertung der Sicherheit von Straßentunneln – Überprüfung der Annahmen und Parameter für Risikoanalysen“ (B183). Herausforderungen bestehen jedoch auch weiterhin beim Ermitteln der Risiken zukünftiger Einflussfaktoren und Entwicklungen.

Hierzu zählen die Einflüsse von technischen Innovationen und schnell fortschreitender Digitalisierung ebenso wie die Entwicklung neuer Antriebstechnologien (zum Beispiel Fahrzeuge mit Elektroantrieb) oder der Datenaustausch zwischen Fahrzeugen und der Tunnelinfrastruktur. Die BAST prüft daher weiterhin die Methodik und ihre Eingangsparameter auf ihre Aktualität und passt diese gegebenenfalls an. Dazu gehört auch eine zeitnahe Implementierung der jeweiligen Forschungsergebnisse in das entsprechende Regelwerk. 🗝

---

# Richtlinien für die Markierung von Straßen

---



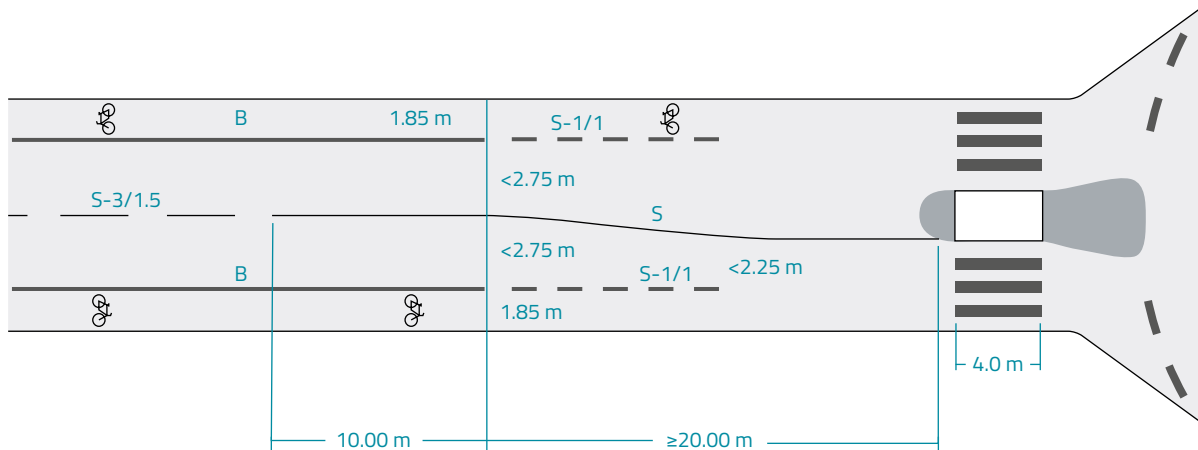
## Autoren:

- 1 Dr. Bernhard Kollmus,**  
Verkehrsingenieur,  
stellvertretender Referatsleiter  
„Straßenentwurf, Verkehrsablauf,  
Verkehrsregelung“
- 2 Dr. Jan Ritter,**  
Bauingenieur,  
Referat „Straßenausstattung“

Die „Richtlinien für die Markierung von Straßen“ (RMS) wurden für den Bereich der Autobahnen im Jahre 2019 veröffentlicht. Für Stadt- und Landstraßen sind jedoch noch die 1980 eingeführten RMS gültig, welche in wesentlichen Aspekten nicht mehr den heutigen Gegebenheiten und Anforderungen entsprechen. Sie wurden daher im zuständigen Gremium der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) unter wesentlicher Mitwirkung der BAST ebenfalls grundlegend überarbeitet.

Die Basis bildeten zahlreiche straßenverkehrstechnische Weiterentwicklungen sowie Änderungen in der Straßenverkehrsordnung (StVO) und der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur StVO (VwV-StVO), welche auf die RMS verweist. Somit stellen die RMS als Anlage zur VwV-StVO gewissermaßen ein „Bindeglied“ zwischen dem entwurfstechnischen Regelwerk und den straßenverkehrsrechtlichen Vorgaben dar. Deshalb waren die Begrifflichkeiten an die StVO beziehungsweise VwV-StVO anzugleichen. Der Entwurf wurde außerdem unter Federführung der BAST intensiv mit dem Bund-Länder-Fachausschuss „StVO“ (BLFA-StVO) und dem zuständigen Gremium der FGSV abgestimmt.

Außerdem wurden die RMS mittels Anpassung an die seit 1980 grundlegend geänderte Aufteilung des Entwurfsregelwerkes der FGSV hin zu den integrierten Richtlinien für die oben genannten Straßenarten neu strukturiert. Daraus resultieren für jede dieser Straßenarten speziell auf die jeweiligen Anforderungen angepasste Teile.




Markierung der Zu- und Ausfahrt an einem Kreisverkehr mit Radfahrstreifen.

Dabei behandeln die RMS die Markierung von Straßen, die nach den Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA), Landstraßen (RAL) oder Stadtstraßen (RASt 06) geplant sind. Dafür setzen die RMS die straßenverkehrsrechtlichen Vorgaben als Grundlage für eine einheitliche Markierung um. Unter Mitwirkung der BASt erstellte Regelpläne geben bei der Anwendung am Beispiel typischer Lösungen umfangreiche Hinweise, um auch in Sonderfällen im Einklang mit StVO und VwV-StVO vorzugehen. Die insbesondere aus straßenverkehrsrechtlichen Aspekten resultierenden Unterschiede zum rein technischen Entwurfsregelwerk werden bei der Anwendung über eine Vielzahl von Beispielen und Regelplänen nahegebracht.

Weiterhin wurden im Rahmen der Überarbeitung technische Weiterentwicklungen, wie die Markierung von Schutzstreifen für den Radverkehr, Fahrradstraßen oder die Markierung von Kreisverkehren, in die RMS aufgenommen.

Die Abbildung zeigt beispielhaft die Markierung der Zu- und Ausfahrt an einem Kreisverkehr mit Radfahrstreifen.

Es ist vorgesehen, die RMS für die Bereiche der Stadt- und Landstraßen im Lauf des Jahres 2023 fertigzustellen und gemäß den Vorgaben der VwV-StVO im Einvernehmen mit den zuständigen obersten Landesbehörden bekanntzugeben. 

---

# Die neue EU-Richtlinie über ein Sicherheits- management für die Straßenverkehrs- infrastruktur

---



**Autor:**

**Dr. Marco Irzik,**  
Bauingenieur,  
Referatsleiter „Straßenentwurf,  
Verkehrsablauf, Verkehrsregelung“

Mit der EU-Richtlinie 2008/96/EG über ein Sicherheitsmanagement für die Straßenverkehrsinfrastruktur (EU-RL 2008/96/EG) beabsichtigte die Europäische Union ihren verkehrspolitischen Zielen näher zu kommen, die Anzahl der Opfer von Verkehrsunfällen deutlich zu reduzieren sowie die Schwere der Unfallfolgen zu mindern. 10 Jahre nach ihrem Inkrafttreten erfolgte im Auftrag der Europäischen Kommission eine Evaluierung der bisherigen Vorgaben. Daraus ging ein Vorschlag für eine Überarbeitung der Richtlinie von 2008 hervor, der zunächst im Rahmen eines EU-Gesetzgebungsverfahrens verhandelt und

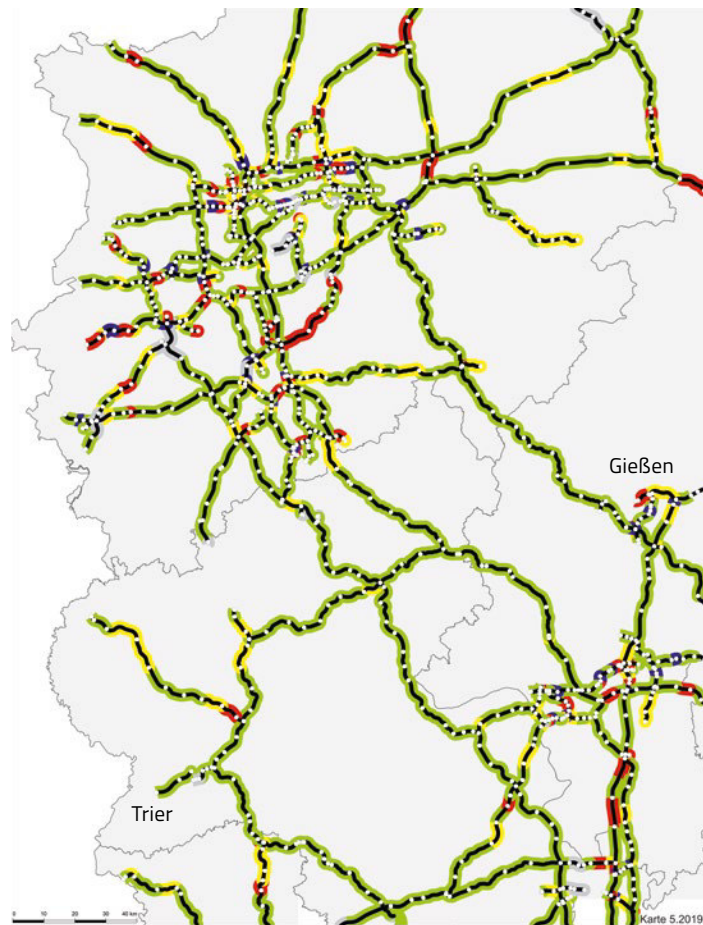
schließlich am 26.11.2019 als Richtlinie (EU) 2019/1936 (EU-RL 2019/1936) veröffentlicht wurde.

Die Mitgliedsstaaten hatten anschließend 2 Jahre Zeit, die neuen EU-Vorgaben in nationales Recht umzusetzen. Für Deutschland erfolgte dies auf Basis des Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau (ARS) Nr. 25/2021. Die BASt hat zunächst das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) bei den Verhandlungen zur Novellierung der EU-RL 2008/96/EG und anschließend bei der Erarbeitung der Grundlagen für die nationale Umsetzung unterstützt.

Im Hinblick auf

- die Bewertung des Straßensicherheits-effekts (RSIA – Road Safety Impact Assessment) – Artikel 3,
- das Sicherheitsaudit für Straßen (RSA – Road Safety Audit) – Artikel 4 sowie
- die Sicherheitsüberprüfungen (RSI – Road Safety Inspection) – Artikel 6

haben sich keine oder nur weniger Änderungen ergeben.



Sicherheitspotenzial in Tsd. Euro je km und Jahr:

<span style="color: green;">■</span> bis einschl. 0	<span style="color: purple;">■</span> 150 und mehr	
<span style="color: yellow;">■</span> 0 bis 50	<span style="color: grey;">■</span> Datenkriterien nicht erfüllt	
<span style="color: red;">■</span> 50 bis 150		

BAB-Abschnitte mit Sicherheitspotenzial gemäß dem ESN-Verfahren (vgl. <https://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v1-sicherheitsanalyse.html>).

Relevante Änderungen betreffen insbesondere

- die Erweiterung des bisherigen Geltungsbereichs über das Transeuropäische Straßennetz hinaus (Artikel 1),
- die Forderung nach gemeinsamen Sicherheitsüberprüfungen von Tunnelvorfeldern durch Experten für die Tunnel- und Straßenverkehrssicherheit (Artikel 6, Nr. 3) sowie
- die Durchführung von zielgerichteten beziehungsweise anlassbezogenen Sicherheitsüberprüfungen (Art. 6a) infolge einer vorgelagerten netzweiten Sicherheitsanalyse (Artikel 5).

Der bisherige Artikel 5 „Sicherheitseinstufung und -management des in Betrieb befindlichen Straßennetzes (NSM – Network Safety Management)“ hat die größte methodische Änderung im Zuge der Richtliniennovellierung erfahren. Bislang erfolgte die Sicherheitseinstufung auf Grundlage der Empfehlungen für die Sicherheitsanalysen von Straßennetzen (ESN). Das bislang rein reaktive Verfahren beruht auf der Analyse des Unfallgeschehens im betrachteten Straßennetz. Die BASt führt die Berechnung von Sicherheitspotenzialen nach den ESN seit 2004 regelmäßig für das Netz der Bundesautobahnen durch.

Infolge der geänderten EU-Richtlinien ist der bisherige reaktive Ansatz um mehr vorbeugende Aspekte einer visuellen Bewertung der Entwurfsmerkmale der Straße zu ergänzen. Im Rahmen einer Forschungsarbeit im Auftrag der BAST wurden die Grundlage für die Durchführung der mit der EU-RL 2019/1936 geforderten netzweiten Sicherheitsbewertung und -einstufung für den Bereich der Bundesfernstraßen erarbeitet. Der Gedanke des „Layerings“ bildet den Kern des neuen Verfahrens. Verschiedene reaktive (Unfallanalyse) und proaktive (Infrastrukturmerkmale) Einzelbewertungen werden hier transparent überlagert. Vom heutigen Kenntnisstand der Sicherheitsforschung ausgehend sowie unter Einbeziehung von Überlegungen zur Datenverfügbarkeit sollen im Rahmen der proaktiven Sicherheitsbewertung für Bundesfernstraßen folgende Merkmale berücksichtigt werden:

- Elemente der horizontalen Trassierung,
- ungeschützte Hindernisse im Seitenraum (vor allem Bäume),
- Elemente des Straßenquerschnitts,
- Fahrbahnzustand (Griffigkeit),
- entwässerungsschwache Zonen und
- vom Kfz-Verkehr getrennte Anlagen für den Fuß- und Radverkehr in Längsrichtung.

Entscheidend für die Durchführung der Sicherheitsbewertung und -einstufung ist die notwendige Datenaufbereitung. Dies betrifft insbesondere die relevanten Infrastrukturmerkmale, die im Rahmen der proaktiven Sicherheitsbewertung berücksichtigt werden sollen. Teilweise liegen die erforderlichen Daten in hinreichender Qualität vor, teilweise haben sie jedoch noch nicht die für die proaktive netzweite Sicherheitsbewertung erforderliche Qualität. Andere Daten müssen erst noch erhoben oder aus in den Ländern vorliegenden Datenbanken zusammengeführt werden. Die Schaffung der erforderlichen Datengrundlage, die Zusammenführung auf eine gemeinsame Straßennetzbasis (ASB) und Aufbereitung für die Übernahme in das Bundesinformationssystem Straße (BISS-tra) bis zur erstmaligen Durchführung der netzweiten Sicherheitsbewertung für die Bundesfernstraßen im Jahr 2024 ist durch die BAST in Zusammenarbeit mit den Ländern sowie der Autobahn GmbH zu leisten.

Die durchgeführte Forschungsarbeit bildet zudem die Basis für die Fortschreibung der Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen (ESN) durch das entsprechende Gremium der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. ➤

---

# Die Frage der Umfahrbarkeit

---



**Autor:**

**Moritz Grimmelsmann,**  
Maschinenbauingenieur,  
Referat „Straßenausstattung“

Es ist eine interessante Eigenheit der deutschen Sprache, dass das Wort „umfahren“ je nach Betonung 2 gegensätzliche Bedeutungen hat. Entweder man fährt um etwas herum oder man fährt etwas um. Die passive Sicherheit in der Straßenausstattung lässt sich der zweiten Wortbedeutung zuordnen. Sie ist also von Bedeutung, wenn es zu einem Anprall eines Fahrzeugs an ein Hindernis neben der Fahrbahn kommt. Solche Abkommensunfälle mit einem Anprall auf ein Hindernis führen immer wieder zu schwerwiegenden Verletzungen oder zum Tod von Fahrzeuginsassen.

Eine Möglichkeit, in solchen Situationen die Unfallfolgen zu reduzieren stellt die Verwendung von umfahrbaren, oder allgemein gesprochen, passiv sicheren Objekten dar.

Diese Objekte sind für abkommende Fahrzeuge keine Hindernisse, da sie beim Anprall abgeschert oder „platt“ gefahren werden können.

Soll neben der Fahrbahn ein neues Objekt aufgestellt werden, ist es aus Sicht der Verkehrssicherheit daher sinnvoll, eine passiv sichere Konstruktion zu verwenden. Um hier für die Straßenbauverwaltungen der Bundesländer sowie für die Autobahn GmbH Möglichkeiten zu schaffen, überprüfte die BAST im Rahmen eines Forschungsprojekts verschiedene, häufig in Deutschland verwendete Aufstellvorrichtungen für Verkehrszeichen hinsichtlich ihrer passiven Sicherheit. Die Konstruktionen wurden mit Anprallversuchen sowie numerischen Simulationen getestet und





Abkommensunfälle mit einem Anprall auf ein Hindernis führen häufig zu schweren Unfällen.

deren Eigenschaften beurteilt. Zum Teil kam es auch zu Modifikationen an den Konstruktionen, um die passive Sicherheit herzustellen.

Im vergangenen Jahr wurden dann die Ergebnisse des Forschungsprojekts gebündelt und in Abstimmung mit Vertretern der Industrie sowie der Bundesländer und der Autobahn GmbH als die „Grundsätze für die passiv sichere Aufstellung von Verkehrszeichen“ in ein neues Dokument überführt.

In den Grundsätzen sind neben allgemeinen Hinweisen zur passiven Sicherheit auch Konstruktionszeichnungen für Aufstellvorrichtungen von Verkehrszeichen enthalten, für die die passive Sicherheit nachgewiesen wurde. Aufstellvorrichtungen, die diesen Konstruktionszeichnungen entsprechen, gelten nicht als Hindernisse und können ohne weitere Absicherung neben der Fahrbahn verwendet werden. Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr führte diese Grundsätze mit dem Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau 02/2022 ein. 🗡

---

# Sichere Anbringung von Verkehrszeichen an Fahrzeug- Rückhaltesystemen

---



**Autorin:**

**Linda Heine,**

Verkehringenieurin,  
bis Dezember 2022 in der BASt,  
Referat „Straßenausstattung“

Verkehrszeichen werden oft mit verschiedenen Befestigungen an Fahrzeug-Rückhaltesystemen (FRS) aus Stahl und Beton angebracht, obwohl die Aufstellung hinter den FRS, falls welche vorhanden sind, stets zu bevorzugen ist. Gemäß den Richtlinien für passiven Schutz an Straßen durch Fahrzeug-Rückhaltesysteme (RPS 2009) dürfen diese Befestigungen die Wirkungsweise der FRS nicht beeinträchtigen. Zusätzlich dürfen sie auch keine Gefahr für Fahrzeuginsassen oder Dritte darstellen. Schaut man auf die Straßen, findet man neben den an FRS über Halter angebrachte Verkehrszeichen auch diverse andere Zusatzeinrichtungen, unter anderem Aufsatzleitpfosten, Kurvenleittafeln, Übersteighilfen, Markierungs- und Schneeleitstäbe, Blendschutz-einrichtungen und Aufsatzgeländer.

Damit in der Praxis zukünftig sichere Befestigungen für alle Arten von Zusatzeinrichtungen zum Einsatz kommen können, erarbeitete ein Arbeitskreis unter Federführung der BASt Hinweise, die beim Anbringen von Zusatzeinrichtungen an FRS zu beachten sind. Diesem Arbeitskreis gehörten Ländervertreter, Hersteller von Fahrzeug-Rückhaltesystemen sowie Hersteller von Zusatzeinrichtungen an. Neben allgemeinen Hinweisen, zum Beispiel zur Art der Befestigung der einzelnen Zusatzeinrichtungen und dem Grundsatz, dass alle Zusatzeinrichtungen keine scharfkantigen und formaggressiven Teile fahrbahnseitig (einschließlich Kopfbereich des FRS) aufweisen dürfen, werden zu den verschiedenen Arten spezielle Hinweise gegeben. Unterschieden werden die Anforderungen auch hinsichtlich der Art der Zusatzeinrichtungen: permanent oder temporär angebracht an dauerhaft eingesetzte FRS.

## **Permanente Anbringung an Fahrzeug-Rückhaltesysteme**

Aufsatzgeländer, Blendschutz-einrichtungen sowie Aufsatzleitpfosten (ALP) zählen unter anderem zu den Zusatzeinrichtungen, die ausschließlich dauerhaft an FRS angebracht werden. Diese müssen



Sichere (?) Anbringung eines Verkehrszeichens an ein FRS.


zusammen mit dem FRS nach der europäischen Prüfnorm DIN EN 1317 getestet werden. Bei ALP hingegen kann auf eine Anprallprüfung verzichtet werden, sofern die Kombination aus ALP und Halter mit Befestigungsmaterial weniger als 2 Kilogramm wiegt. Auf Motorradstrecken sind außerdem nur selbstaufrichtende ALP anzubringen, um diese Strecken sicherer zu gestalten.

### Temporäre Anbringung an Fahrzeug-Rückhaltesysteme

Bei der Anbringung von Verkehrszeichen an FRS bedarf es keiner Anprallprüfung nach DIN EN 1317, da diese ausschließlich im Zulauf oder im Bereich von Arbeitsstellen an permanente FRS befestigt werden.

Dafür wird neben den Vorgaben hinsichtlich des Orts und der Art der Befestigung ein statischer Nachweis (Windlastprüfung) gefordert.

### Ausblick

Die Hinweise sollen eine Hilfestellung für ausschreibende Stellen bei der Auswahl von Zusatzeinrichtungen sein. Sie gelten auch als Grundlage für neue Entwicklungen von Zusatzeinrichtungen und ihren Befestigungen, um zukünftig innovative und verkehrssichere Konstruktionen nach bundeseinheitlichen Vorgaben an verschiedene FRS anbringen zu können. 

---

# Sicherheitsbewertung von aktiven Systemen der passiven Fahrzeugsicherheit im Rahmen der Typgenehmigung

---



**Autor:**

**Oliver Zander,**

Ingenieur für Sicherheitstechnik,  
stellvertretender Referatsleiter „Passive  
Fahrzeugsicherheit, Biomechanik“

Eine informelle Arbeitsgruppe bei den Vereinten Nationen entwickelt, unter maßgeblicher Beteiligung der BAST, Prüf- und Bewertungsverfahren für aktive Systeme der passiven Fahrzeugsicherheit im Rahmen der Europäischen Gesamtfahrzeugtypgenehmigung. Im Falle einer Pkw-Fußgängerkollision können diese Systeme mögliche Kopfverletzungen beim Aufprall von Fußgängern auf das Fahrzeug abmildern. Im ersten Schritt erfolgt hierbei eine Fokussierung auf Systeme mit kontaktbasierter Sensorik für die Fußgängererkennung und aufstellbaren Frontklappen zur Generierung von zusätzlichem Deformationsweg für den Abbau kinetischer Energie beim Kopfanprall.

Zur Absicherung der Funktionalität der Systeme im realen Unfallgeschehen durch Komponentenversuche im Prüflabor ist das Bestehen einer Anzahl an Vorbedingungen unerlässlich. So muss zunächst die Erfüllung von Mindestanforderungen an den passiven Schutz durch Versuche mit niedrigen Geschwindigkeiten, bei denen das System noch nicht auslösen würde, demonstriert werden. Weiterhin muss die Erfassung von Fußgängern beim Anprall im Geschwindigkeitsfenster des aktiven Systems zuverlässig erfolgen. Um das Ansprechen der Sensorik nachzuweisen, werden Versuche mit einem Fußgänger-Surrogat der unteren Extremitäten innerhalb einer fest definierten Detektierbreite durchgeführt. Zur Festlegung des Aktivierungszustandes des Systems während der Genehmigungstests ist ein Vergleich der Kopfaufprallzeiten der Fußgänger (Zeit ab Erstkontakt mit der Fahrzeugfront bis zum Kopfaufprall auf der Fahrzeugoberfläche) mit der Gesamtantwortzeit des Systems (Zeit ab Erstkontakt bis zur vollständigen Positionierung des Systems) erforderlich. Die Ermittlung der Kopfaufprallzeiten erfolgt hierbei in einer ersten Phase durch numerische Simulationen mit qualifizierten Menschmodellen und einem entsprechenden Modell des zu genehmigenden Fahrzeugs. Je nach Erfüllungsgrad werden die Genehmigungstests




Prüfung der Sensorik eines aktiven Systems mittels Anpralltest gegen ein Fußgänger-Surrogat.

auf das statisch aufgestellte System oder dynamisch auf das sich aufstellende System durchgeführt. Bei dynamischen Tests erfolgt die Synchronisation der Abschussvorrichtung mit dem sich aufstellenden aktiven System für den jeweiligen Aufprallort auf der Fahrzeugfront. Das geschieht anhand linearer Interpolation der Simulationsergebnisse (Kopfaufprallzeit als Funktion der Abwickellänge) von Menschmodellen verschiedener Größen. Neben der quantitativen Abschätzung der Effektivität der Systeme im realen Unfallgeschehen müssen Fahrzeughersteller dem Grunde nach sicherstellen, dass sich der generierte Deformationsweg unter der Frontklappe nicht durch die Masse des menschlichen Oberkörpers vor dem eigentlichen Kopfaufprall signifikant reduziert. Außerdem soll das System auch bei höheren Geschwindigkeiten als der Prüfgeschwindigkeit (40 Kilometer pro Stunde Fahrzeuggeschwindigkeit als Äquivalent einer Kopfaufprallgeschwin-

digkeit von 35 Kilometer pro Stunde) noch einen Schutz bereitstellen, der mit dem eines rein passiven Systems vergleichbar ist.

Das erarbeitete Prüf- und Bewertungsverfahren trägt sowohl den Maßgaben der Fahrzeugtypgenehmigung als auch der Selbstzertifizierung Rechnung. Es erfüllt somit gleichermaßen die Anforderungen der Vertragsstaaten des Übereinkommens von 1958 (Regelungen der Vereinten Nationen) und jener des Parallelübereinkommens von 1998 (Globale Technische Regelungen der Vereinten Nationen).

In einer späteren Phase sollen zur Bestimmung der Kopfaufprallzeiten sowohl experimentelle Versuche mit Fußgänger-Dummies als auch eine – unter Berücksichtigung prägnanter Parameter der Vorderwagengeometrie noch zu entwickelnde – empirische Formel Aufnahme in die Prüfvorschrift finden. 

# Sicher unterwegs mit dem Wohnmobil



## Autoren:

- 1 **Nadja Färber**,  
Bauingenieurin,
- 2 **Susanne Schönebeck**,  
Statistikerin,  
stellvertretende  
Referatsleiterin
- 3 **Martin Pöppel-Decker**,  
Maschinenbauingenieur,  
Referat „Unfallanalyse,  
Unfallstatistik“

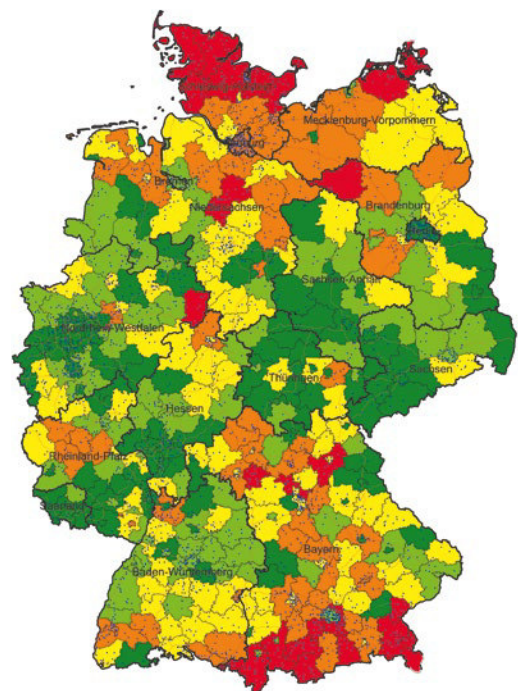
Mit dem eigenen Wohnmobil in den Urlaub zu fahren, erfreut sich in Deutschland immer größerer Beliebtheit. Die vom Kraftfahrt-Bundesamt veröffentlichten Bestandszahlen zeigen seit einigen Jahren einen

jährlich steigenden Zuwachs. Auch während der Covid-19-Pandemie – oder gerade wegen der besonders im Jahr 2020 weitgreifenden Beherbergungsverbote – wurde häufig der Urlaub mit dem Wohnmobil angetreten. Eine negative Begleiterscheinung des Booms sind die steigenden Unfallzahlen mit Campern.

Bei der Betrachtung der regionalen Verteilung von Wohnmobilunfällen ist zu erkennen, dass sich Unfälle unter Beteiligung von Wohnmobilen überdurchschnittlich häufig an den Küstenregionen und im Alpenvorland ereignen. Hier ist wahrscheinlich der Fahrtzweck der Wohnmobile zu erkennen, da in touristischen Gebieten mehr Wohn-

Anteil Wohnmobil U(P) in %  
Mittlerer Anteil: 0,32 %

- $\geq 0,00 - < 0,21$  (131)
- $\geq 0,21 - < 0,32$  (92)
- $\geq 0,32 - < 0,45$  (90)
- $\geq 0,45 - < 0,70$  (64)
- $\geq 0,70 - < 2,00$  (24)



Anteil der Unfälle mit Personenschaden unter Beteiligung von Wohnmobilen an allen Unfällen von Kraftfahrzeugen im Zeitraum 2016 – 2020.

Quelle: Kartengrundlage GFK Geomarketing GmbH (RegioGraph), eigene Berechnungen

mobile fahren und somit auch häufiger in Unfälle verwickelt sind.

Im Jahr 2019 wurden 920 Unfälle mit Personenschaden registriert, an denen ein Wohnmobil beteiligt war. Das sind 24 Prozent mehr als zu Beginn des Betrachtungszeitraums im Jahr 2010. Im Vergleich dazu bewegen sich die Unfälle mit Personenschaden unter Beteiligung von Pkw insgesamt in diesem Zeitraum auf gleichbleibendem Niveau. Bei Unfällen unter Beteiligung von Wohnmobilen wurden im Jahr 2019 insgesamt 12 Personen getötet und 265 schwer verletzt. Unter diesen Personen wurden jedoch nur 2 Getötete und 79 Schwerverletzte im Wohnmobil registriert.

Gleichwohl zeigt die nach Fahrern und Mitfahrern differenzierte Betrachtung der Unfallschwere bei den Wohnmobilen Ansatz-

punkte zur Verbesserung der Sicherheit. Im Mittel des Zeitraums 2010 bis 2019 weisen die Mitfahrer von Wohnmobilen eine deutlich erhöhte Unfallschwere im Vergleich zu den Fahrern auf. So liegt die Kenngröße „Schwere Personenschäden bezogen auf die Fahrer beziehungsweise Mitfahrer“ bei den Mitfahrern bei 70 schweren Personenschäden je 1.000 Mitfahrer und bei den Fahrern bei 35 schweren Personenschäden je 1.000 Fahrer.

Somit stellen Wohnmobile keinen Schwerpunkt im Unfallgeschehen dar. Gleichwohl zeigt die Betrachtung der Unfallfolgen in Deutschland bei den Mitfahrern noch Potenzial zur Verbesserung der Sicherheit. Aufgrund der geringen Verunglücktenzahlen darf man das Verbesserungspotenzial jedoch nicht überbewerten. 🗝

Jahr		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020 <sup>1</sup>
Unfälle mit Personenschaden unter Beteiligung von <b>Wohnmobilen</b>		743	714	643	686	742	773	786	823	863	920	766
Insassen von <b>Wohnmobilen</b>	Getötete	4	3	4	4	6	3	7	4	4	2	5
	Schwer- verletzte	62	58	46	65	63	71	60	59	66	79	70
	Leicht- verletzte	280	257	267	255	273	287	329	324	340	354	278
<b>Schwere Personenschäden je 1.000 Fahrer</b>		40	41	28	32	43	47	39	36	39	35	47
<b>Schwere Personenschäden je 1.000 Mitfahrer</b>		53	50	57	83	55	60	53	46	52	70	64
Unfälle mit Personenschaden unter Beteiligung von <b>Pkw insgesamt</b>		236.798	249.176	244.929	238.231	245.412	248.921	250.320	244.817	245.117	236.675	195.099
Insassen von <b>Pkw insgesamt</b>	Getötete	1.840	1.986	1.788	1.587	1.573	1.620	1.529	1.433	1.419	1.363	1.170
	Schwer- verletzte	27.504	29.413	28.835	28.235	28.960	29.559	29.810	29.483	28.869	28.270	21.946
	Leicht- verletzte	183.925	185.680	185.307	182.592	186.041	189.931	192.251	188.791	182.529	177.638	135.805
<b>Schwere Personenschäden je 1.000 Fahrer</b>		44	47	47	47	48	49	49	49	49	49	49
<b>Schwere Personenschäden je 1.000 Mitfahrer</b>		41	44	44	44	46	46	46	45	46	46	46

1 Covid19-Pandemie

Vergleich der Unfälle mit Wohnmobilen und Pkw, 2010 bis 2020.

# Indikatoren zur Beurteilung der Straßenverkehrssicherheit



## Autoren:

- 1 **Dr. Markus Schumacher**, Psychologe, Referatsleiter „Sicherheitskonzeptionen, Sicherheitskommunikation“
- 2 **Dr. Andreas Schepers**, Wirtschaftswissenschaftler, bis März 2023 in der BAST, Referatsleiter „Unfallanalyse, Unfallstatistik“

Spätestens mit Veröffentlichung des Politikrahmens für die Straßenverkehrssicherheit der Europäischen Union im Zeitraum 2021 bis 2030<sup>1</sup> spielen Leistungsindikatoren in der europäischen Verkehrssicherheit eine bedeutende Rolle. Die Europäische Kommission definierte dazu wesentliche Indikatoren, die zur Vermeidung von Todesfällen und schweren Verletzungen beitragen sollen.

Ergänzend zu den etablierten Unfall- und Unfallopferzahlen sollen Indikatoren für Verkehrssicherheit perspektivisch auch für das Monitoring des Verkehrssicherheitsprogramms der Bundesregierung 2021 bis 2030<sup>2</sup> genutzt werden. Dafür befindet sich durch die BAST ein SPI-Konzept (Safety Performance Indicators) für den Straßenverkehr im Aufbau. Die bereits jetzt in Deutschland verfügbaren Indikatoren haben

einen inhaltlichen Schwerpunkt im Verhalten der Verkehrsteilnehmer. Die BAST ermittelt diese zum Teil bereits seit vielen Jahren. Ziel der laufenden Weiterentwicklung des SPI-Konzepts ist es, das Sicherheitsniveau auf Deutschlands Straßen über möglichst wenige Indikatoren möglichst umfassend und verlässlich abzubilden. Die bereits verfügbaren Indikatoren bilden dafür den Ausgangspunkt.

Derzeit finden folgende 4 Bereiche für die Beurteilung der Straßenverkehrssicherheit anhand von Indikatoren Berücksichtigung:

## Sichere Straßennutzung – das Verhalten der Verkehrsteilnehmer

Das Verkehrsklima ist geprägt durch die Wahrnehmung und Bewertung der Interaktionen der Teilnehmer am Straßenverkehr. Die Erfassung erfolgt durch Befragungen<sup>3</sup>. 2020 initiierte die BAST ein Projekt mit dem Ziel, einen Indikator zur Regelbefolgung im Straßenverkehr zu erfassen. Ablenkung durch Benutzung von Smartphones stellt eine relevante Unfallursache dar. 2019 wurde erstmalig erhoben, wie häufig Pkw-Fahrer während der Fahrt Smartphones benutzen<sup>4</sup>. Seit 2022 steht ein Indikator für die Häufigkeit von Fahrten unter Alkoholeinfluss, basierend auf einer Befragung, zur Verfügung. Die Erhebung des Sicherungs-

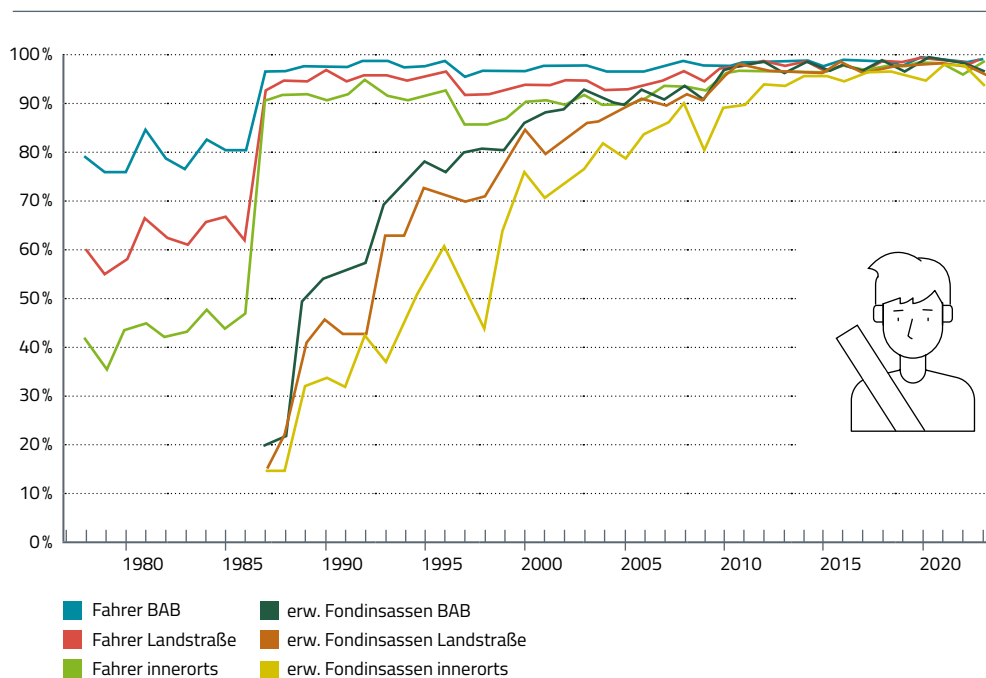
1 <https://data.europa.eu/doi/10.2832/80948> (03.12.2022)

2 <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/StV/broschuere-verkehrssicherheitsprogramm-2021-bis-2030.pdf> (03.12.2022)

3 [www.bast.de/DE/Publikationen/Berichte/unterreihe-m/2022-2021/m316.html](http://www.bast.de/DE/Publikationen/Berichte/unterreihe-m/2022-2021/m316.html); (30.06.2022)

4 [https://bast.opus.hbz-nrw.de/opus45-bast/frontdoor/deliver/index/docId/2455/file/M300\\_barrFrei.pdf](https://bast.opus.hbz-nrw.de/opus45-bast/frontdoor/deliver/index/docId/2455/file/M300_barrFrei.pdf) (11.04.2022)





Entwicklung der Gurtanlegequoten von erwachsenen Pkw-Insassen (bis 1996: nur westliche Bundesländer, ab 1997: gesamtes Bundesgebiet).

verhaltens im Pkw-, Zweirad- und Schwerlastverkehr erfolgt anhand von Beobachtungen, die seit langem in regelmäßigen Zeitabständen im Straßenverkehr durchgeführt werden<sup>5</sup>. Ermittelt werden zum Beispiel die Gurtanlegequoten. Ebenfalls durch Beobachtungen werden seit 2007 die Licht einschaltquoten am Tag erfasst<sup>6</sup>. Das Ausmaß der Nutzung reflektierender Kleidung und reflektierender Accessoires durch Radfahrer und Fußgänger steht derzeit als weiterer Indikator in der Diskussion, ebenso mangelnde Fahrkompetenz, die zu Unfällen und Gefährdungen führen kann.

### Sichere Fahrzeuge

Aufschlüsse zur Marktdurchdringung (Einbauraten) von Fahrzeugsicherheitssystemen (FSS) bei privat genutzten Pkw vermitteln die seit 2013 im zweijährlichen Turnus

von der BAST beauftragten Befragungen<sup>7</sup>. Aktuell prüft die BAST, ob sich eine Bewertung der Fahrzeugflotte, die auf der Euro NCAP (European New Car Assessment Programm)-Bewertung basiert, als Indikator für die Fahrzeugsicherheit eignet.

### Sichere Infrastruktur

Auch für die Straßenverkehrsinfrastruktursicherheit werden aktuell verschiedene Kennwerte diskutiert und von der BAST beforscht.

### Versorgung nach Verkehrsunfällen

Ein Kriterium für die Leistungsfähigkeit des Rettungsdienstes ist die Hilfsfrist, die Zeitspanne zwischen Meldung und Eintreffen am Einsatzort. Die BAST wertet die Leistungsdaten der Rettungsdienste seit 1977 regelmäßig aus. ▀

<sup>5</sup> [www.bast.de/DE/Publikationen/DaFa/2022-2021/2022-02.html](http://www.bast.de/DE/Publikationen/DaFa/2022-2021/2022-02.html) (09.05.2022)

<sup>6</sup> [www.bast.de/DE/Publikationen/DaFa/2022-2021/2021-02.html](http://www.bast.de/DE/Publikationen/DaFa/2022-2021/2021-02.html) (11.04.2022)

<sup>7</sup> [www.bast.de/DE/Publikationen/DaFa/2022-2021/2022-01.html](http://www.bast.de/DE/Publikationen/DaFa/2022-2021/2022-01.html) (28.06.2022) und <https://bast.opus.hbz-nrw.de/opus45-bast/frontdoor/deliver/index/docId/2618/file/M327+Gesamtversion+BF.pdf> (05.07.2022). Die Erhebung 2021 war bei Berichtslegung noch nicht veröffentlicht.

---

# Berichterstattung über die Verkehrssicherheitsarbeit des Bundes – Der Unfallverhütungsbericht Straßenverkehr (UVB)

---



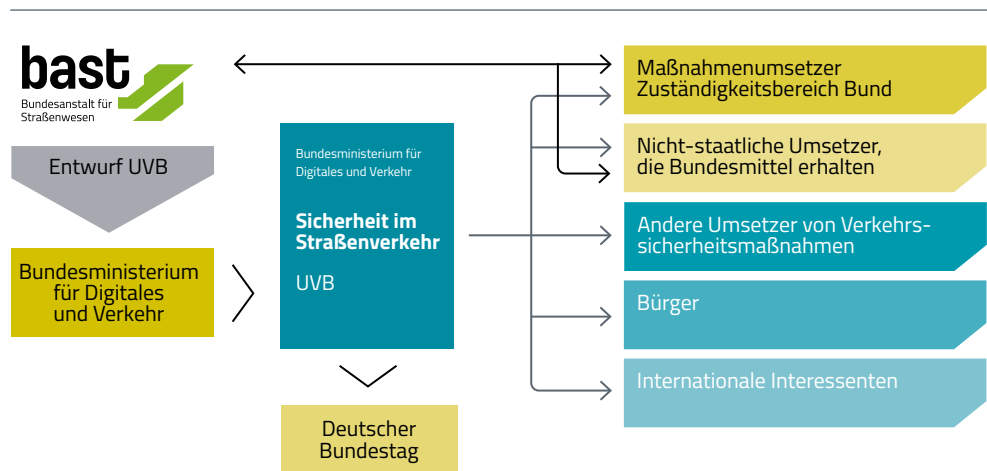
**Autorin:**

**Susanne Reichwein,**  
Übersetzerin,  
(Sicherheitskonzeptionen,  
Sicherheitskommunikation)

Anfang der 1970er Jahre erreichte die Zahl der im deutschen Straßenverkehr getöteten Personen einen Höchststand. Der Bundestag ersuchte deshalb die Bundesregierung mit Beschluss vom 14. Juni 1973, jährlich einen Unfallverhütungsbericht Straßenverkehr (UVB) zu erstellen. Seit 1975 muss dieser in zweijährigem Abstand vorliegen. Er informiert über die Entwicklung des Unfallgeschehens und die Leistungen des Rettungsdienstes, gibt einen Über-

blick über die nationale und internationale Verkehrssicherheitspolitik des Bundes sowie über die eingeleiteten Maßnahmen und Forschungsaktivitäten zur Erhöhung der Verkehrssicherheit.

Im Rahmen der Berichterstellung holt die BASt bei den staatlichen und nicht-staatlichen Institutionen Informationen ein und erstellt daraus für das Bundesministerium für Digitales und Verkehr einen Berichtsentwurf. Berichtet wird sowohl über die Maßnahmen im Zuständigkeitsbereich des Bundes als auch über solche, für die Bundesmittel eingesetzt oder die durch den Bund anderweitig unterstützt werden. Einen wesentlichen Teil stellen die Forschungsaktivitäten der BASt dar.



Ablauf der Erstellung und Veröffentlichung des UVB.

Das aktuell laufende „Verkehrssicherheitsprogramm der Bundesregierung 2021 bis 2030“ (VSP)<sup>1</sup> ist Teil des „Paktes für Verkehrssicherheit“<sup>2</sup> und versteht sich als lebendig und lernend. Eine Überprüfung des Umsetzungsstandes der Maßnahmen des VSP soll regelmäßig erfolgen. Dafür soll der UVB zukünftig als Monitoring-Instrument einen wesentlichen Beitrag leisten. Er wurde dazu neu strukturiert und erweitert. So sind im aktuellen Bericht die rund 280 dargestellten Maßnahmen bereits den 12 Handlungsfeldern des VSP zugeordnet.

Ergänzend zur schon etablierten Analyse der Straßenverkehrsunfallstatistik werden Indikatoren für Verkehrssicherheit dargestellt, die Änderungen des Sicherheitsniveaus im Verkehrssystem detaillierter beschreibbar machen.

Der Bericht erscheint als Bundestagsdrucksache und ist online zugänglich. Er wird voraussichtlich ab Frühjahr 2023 verfügbar sein. 🗡

<sup>1</sup> <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/StV/Verkehrssicherheit/verkehrssicherheitsprogramm-2021-bis-2030.html> [3.12.2022]

<sup>2</sup> [www.paktfuerverkehrssicherheit.de](http://www.paktfuerverkehrssicherheit.de) [3.12.2022]

# Unsere Grundsätze

„Wir schaffen mit modernen Führungsprinzipien und transparenten Entscheidungen Handlungs- und Gestaltungsspielräume für alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, in denen sich Leistung, Selbstverantwortung und Teamgeist entfalten können.“

**Dr. Kirstine Lamers, Juristin, Leiterin der Zentralabteilung**



„Wir pflegen einen Umgang miteinander und mit Dritten, der von einer offenen Diskussionskultur, von Vertrauen, gegenseitigem Respekt und Toleranz getragen wird.“

**Sandra Eimermacher, Kommunikations-  
elektronikerin und B. Sc. im Bereich  
Informatik in der Abteilung „Straßen-  
verkehrstechnik“**



„Wir berücksichtigen unterschiedliche Lebenssituationen und Interessen und setzen uns für Chancengleichheit ein.“

**Ayhan Toptas, IT-Administrator,  
kommissarischer Referatsleiter  
in der Zentralabteilung**



Durch Innovationen im Verkehr und an der Verkehrsinfrastruktur soll im Einklang mit Mensch und Umwelt die Mobilität erhalten und verbessert werden. Die BASt untersucht hierfür vorausschauende Ansätze und trägt so zu einem umweltfreundlichen Verkehrssystem bei, das die Grundsätze der Nachhaltigkeit erfüllt, die Umwelt schützt und die Lebensqualität verbessert. So soll beispielsweise für Dritte nachprüfbar erreicht werden, Fahrzeuge in allen Betriebszuständen regelgerecht und möglichst emissionsarm betreiben zu können. Die Aufnahme von Realemissionen von Kraftfahrzeugen im fließenden Verkehr durch Remote-Sensing-Devices könnte in diesem Zusammenhang beispielsweise die Bestimmung von Emissionsfaktoren und die auf ihnen basierenden Modelle verbessern. Betrachtet man von den Emissionen ausgehend auch die Immissionen, also die Einwirkung auf Mensch und Umwelt, sind auch positive Effekte der Umwelt von Interesse. So können Wälder entlang von Verkehrswegen unter bestimmten Bedingungen zur Minderung der Lärmbelastung und deren Folgen für die menschliche Gesundheit beitragen.

---

## 8. Umweltfreundliches Verkehrswesen

---



Einen Beitrag zum Erhalt und zur Förderung der Biodiversität in Deutschland können das Straßenbegleitgrün und die Vielzahl an Kompensationsflächen leisten, etwa durch die Entwicklung und Vernetzung von Biotopen. Es gilt, die Pflege von Straßenbegleitgrün unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten weiterzuentwickeln, um dieses bisher nicht ausreichend ausgeschöpfte Potenzial zu nutzen. Nicht nur bei der Pflege und Unterhaltung wird auf Umweltverträglichkeit geachtet, sondern auch beim Bau von Straßen. Hier können stoffliche Bewertungskonzepte dafür sorgen, dass Emissionen aus Baustoffen und Ersatzbaustoffen quantifizierbar werden, entsprechend der für den Straßenneubau, aber auch zunehmend für den Um- und Ausbau wichtigen Bauweisen und (Ersatz-)Baustoffe. Durch Berücksichtigung dieser Erkenntnisse in den Bauweisen können Emissionen in Boden und Gewässer reduziert oder ganz vermieden werden.

---

# Umweltfreundliches Verkehrswesen – Bewertungskonzepte für die stoffliche Umwelt- verträglichkeit von Bauwerken der Verkehrsträger

---



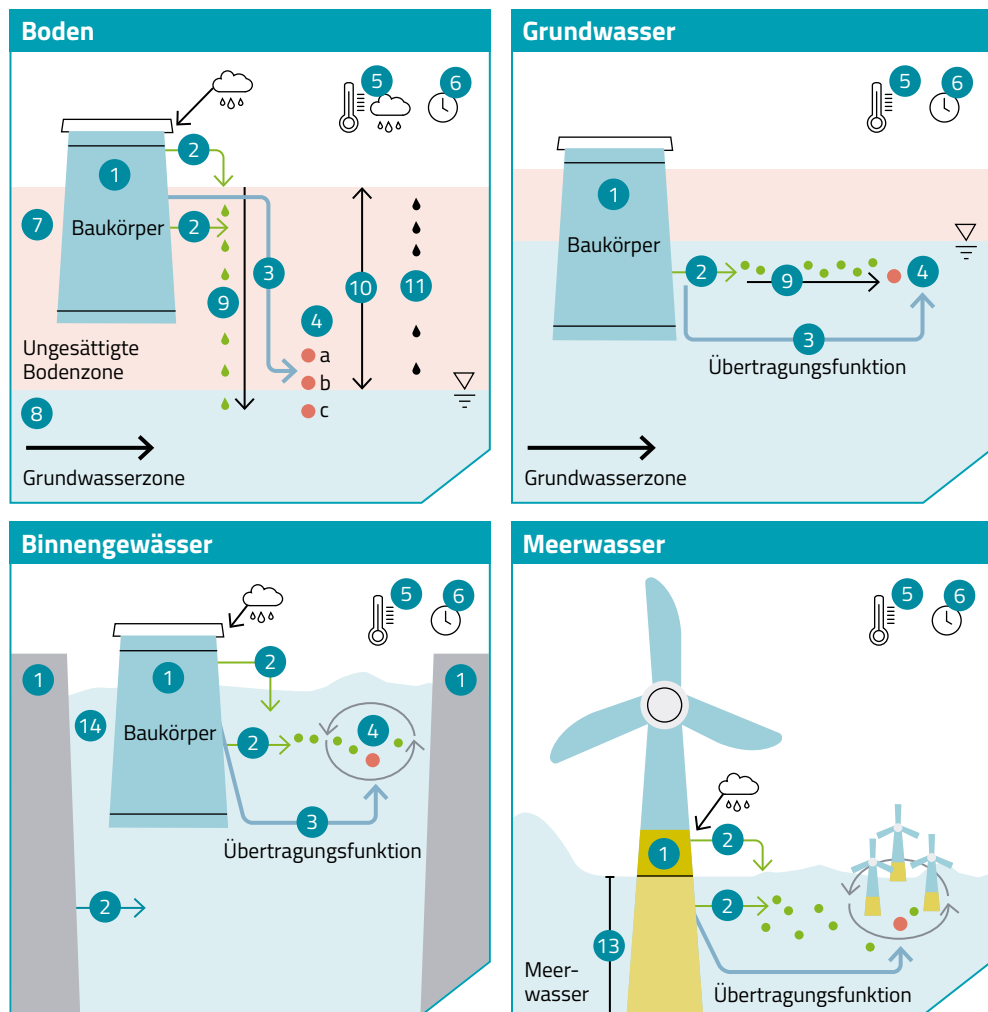
**Autor:**

**Benjamin Horstmann,**  
Chemiker,  
Referat „Klimaschutz, Nachhaltigkeit,  
Verkehrsstatistik“

Im Schwerpunktthema Bau- und bauwerksbedingte Emissionen / Immissionen in Wasser und Boden des Expertennetzwerkes des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr werden für die Verkehrsträger Schiene, Straße und Wasserstraße (inklusive Offshore) und die Umweltmedien Binnengewässer, Meerwasser, Boden und Grundwasser Szenarien-Konzepte aufgestellt, mit denen umweltverträgliche Emissionswerte für Bauwerke der Verkehrsinfrastruktur abgeleitet werden.

Im Verkehrswegebau und bei Offshore-Anlagen kommt eine Vielzahl unterschiedlicher Baustoffe in großen Mengen zum Einsatz. Durch Witterungseinflüsse können daraus umweltrelevante Substanzen in Boden und Wasser gelangen. Die Bauaufsicht hält daher für bestimmte Einbausituationen Regelwerke vor, die zulässige Emissionswerte enthalten. So beschreiben die „Grundsätze zur Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser“ (DIBt 2011) die Grundlagen für die Anforderungswerte in der „Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) 2021/1“ (DIBt 2022), an der sich die Landesbauordnungen orientieren. Die Ermittlung dieser Werte erfolgt zumeist über eine Szenario-Erstellung. Hierbei wird die messbare stoffliche Emission der Baustoffe mit Referenzwerten für das jeweilige Umweltmedium aus der Umweltgesetzgebung in ein Verhältnis gesetzt. Berücksichtigt werden dabei die Einbausituation sowie Stoffrückhalt, -abbau und -verdünnung. Auf diese Weise können stoffliche Emissionen bewertet werden.

Aktuell ist ein Bewertungskonzept für Geokunststoffe in Arbeit, das den Einbau nahe des Binnenwasserkörpers und im Boden



- 1 Baukörper    2 Emission / freigesetzte Stoffe    3 Übertragungsfunktion    4 Ort der Beurteilung
- 5 Umgebungsbedingungen    6 Emissionsdauer und Beurteilungszeitraum    7 Bodenart
- 8 Grundwasserleiter (mit Einmischzone)    9 eindimensionaler Stofftransport    10 Sickerwasserstrecke
- 11 Sickerwasserrate    12 Meerwasser    13 Meerestiefe    14 Oberflächengewässer

Darstellung der vier Oberszenarien Boden, Grundwasser, Binnengewässer und Meerwasser. Die stoffliche Emission (grün) eines Baukörpers und der Umwelttransport bis zum Beurteilungsort (roter Kreis) in dem beschriebenen Umweltmedium ist von unterschiedlichen Parametern (1 – 14) abhängig, die für eine Szenario-Erstellung zu beschreiben und festzulegen sind.

berücksichtigt. Dafür werden Referenzwerte der Oberflächengewässerverordnung und der Bundes-Bodenschutzverordnung herangezogen. Für das Binnengewässer wird ein Modellwasserkörper ins Verhältnis mit der Oberfläche des Geokunststoffes gesetzt und der Stofftransport im Boden wird mit einem Stofftransportprogramm

modelliert. Das ermöglicht einen Vergleich der erhaltenen umweltverträglichen Emissionswerte mit Ergebnissen aus einer Stofffreisetzungsprüfung eines Produktes. Dieses erleichtert die Auswahl von umweltfreundlichen Baustoffen und verbessert den Schutz von Boden und Gewässern. ▀



---

# Verkehrsbegleitgrün – Lebensraum für Biodiversität

---



**Autorin:**

**Dr. Pia Bartels,**  
Biologin,  
Referat „Klimaschutz,  
Nachhaltigkeit,  
Verkehrsstatistik“

## Was hat eine Windschutzscheibe mit dem Verlust der Artenvielfalt zu tun?

Wer in den 1980er Jahren oder früher geboren ist, kann sich wahrscheinlich noch daran erinnern: Bei längeren Autofahrten war der Halt an einer Raststätte unumgänglich, da die Windschutzscheibe von zahlreichen Insektenresten gereinigt werden musste. Und heute? Heute gibt es in Deutschland 75 Prozent weniger flugfähige Insekten als 1989 (Hallman et al. 2017) und die Autoscheiben bleiben sauber. Dabei ist der starke Rückgang von Individuen- und Artenzahlen nicht auf die Insekten beschränkt, sondern ein Trend, der sich durch die gesamte Flora und Fauna zieht. Rund eine Millionen Tier- und Pflanzenarten sind derzeit vom Aussterben bedroht (IPBES 2019). In Zeiten von Klimawandel sowie gesellschaftlichen, geopolitischen und wirtschaftlichen Veränderungen mag der Rückgang der Artenvielfalt nur eine unter vielen Bedrohungen sein. Doch Biodiversität, also die Vielfalt aller Arten, Gene und Ökosysteme, ist Träger des natürlichen Stoffkreislaufs und damit von existenzieller Bedeutung als Grundlage für uns und unsere Umwelt.

## Aber sind Biodiversität und Verkehrswesen nicht eher Gegensätze?

Die ehrliche Antwort wäre: Jein. Negative Auswirkungen wie Lebensraumzerschneidung und Schadstoffbelastung sind nicht zu übersehen. Diese Auswirkungen können jedoch durch Maßnahmen gemindert werden. Vor allem aber birgt Verkehrsbegleitgrün ein großes Potenzial, das bisher nur unzureichend ausgeschöpft wird. In stark agrarwirtschaftlich geprägten Landschaftsräumen hat es beispielsweise eine besondere Bedeutung als Lebensraum für

Tiere und Pflanzen. Die Untersuchungen der BAST zeigen, dass verschiedene Wiesen-Biototypen in solchen Landschaften häufig artenreicher auf Verkehrsbegleitgrün sind als in der umgebenden Landschaft. Einige besonders wertvolle Biotope sind sogar ausschließlich auf Verkehrsbegleitgrün zuhause. Diese wiederum bieten Lebensraum für viele Schmetterlingsarten. In einem repräsentativen Untersuchungsraum in Niedersachsen wurden von 9 erfassten (stark) gefährdeten oder auf der Vorwarnliste gelisteten Schmetterlingsarten der Roten Liste 7 Arten ausschließlich auf Verkehrsbegleitgrün nachgewiesen.

## Und was kann getan werden, um das Potenzial von Verkehrsbegleitgrün gezielt zu fördern?

Es gibt jetzt schon eine Vielzahl von Maßnahmen, die sich positiv auf die Biodiversität auf Verkehrsbegleitgrün auswirken. Einen großen Einfluss hat bereits eine Umstellung des Pflegeregimes: abschnittsweise Pflege, also ein abwechselndes Mähen und Stehenlassen der Vegetation, bietet Rückzugsmöglichkeiten für Tiere und ermöglicht eine durchgehende Verfügbarkeit von Ressourcen. Diese Maßnahme wird in einigen Bundesländern bereits angewandt und soll nun auch durch die aktuelle Überarbeitung Einzug in das Merkblatt Grünpflege für den Straßenbetriebsdienst finden. Und auch wenn es dem gängigen ästhetischen Ideal einer gepflegten Grünfläche nicht entspricht, ist das Stehenlassen von Altgrasbeständen über den Winter wichtig, da viele Insekten in solchen Beständen überwintern. Das derzeit häufig praktizierte großflächige Mulchen schadet wegen der stetigen Nähstoffanreicherung und einem




Besenheide (*Calluna vulgaris*) auf Verkehrsbegleitgrün.

hohen Risiko für Arthropoden (Gliederfüßler), zu denen auch die Insekten gehören, der Biodiversität. Eine Alternative für die Zukunft könnten innovative Mähmaschinen sein. Beispielsweise solche, die durch dem Mähwerk vorgelagerte Abstreifvorrichtungen ein geringeres Tötungsrisiko für Arthropoden aufweisen. Im Rahmen einer DACH-Studie werden solche Geräte derzeit getestet und auf ihre Eignung für den Einsatz in den Meistereien geprüft. Grundsätzlich ist eine heterogene Struktur meist eine gute Voraussetzung für einen artenreichen Lebensraum. So sollten Bodenunebenheiten, Totholz und Steinhäufen auf Verkehrsbegleitgrün verbleiben oder gezielt angelegt werden, wenn es die Pflege zulässt. Zudem ist es wichtig, invasive Arten zu kontrollieren, da diese die Biodiversität stark gefährden. Eine Praxishilfe Problempflanzen gibt Hinweise, wie die Einschleppung solcher Arten auf Verkehrsbegleitgrün präventiv verhindert werden kann und zeigt konkrete Bekämpfungsmaßnahmen für ausgewählte Arten auf.

### Fazit

Auch wenn Verkehrswege allgemein als schädlich für die Natur gelten, können sie einen positiven und wertvollen Beitrag

leisten. Die gezielte Anlage und Pflege der Begleitflächen fördern Biodiversität und die Vernetzung von Lebensräumen. Es gibt erste tragfähige Maßnahmen zur Lebensraumvernetzung im Verkehrswesen, und die BAST trägt durch die Entwicklung innovativer Methoden und Konzepte maßgeblich dazu bei, zukünftig eine biodiversitätsfördernde Unterhaltspflege durch die Betriebsdienste zu ermöglichen. 

### Literatur

**Hallman, C.A., et al. (2017):**

More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PlosOne* 12(10): e0185809

**IPBES (2019):** Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E.S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H.T. Ngo (editors). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 1148 pages

Weitere Informationen: <https://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/Daten/Praxishilfe-Problempflanzen.pdf>

---

# Lärminderungspotenzial von Wäldern

---



**Autor:**

**Dr. Fabio Strigari,**  
Physiker,  
Referat „Umweltschutz,  
Immissionen“

Wälder lassen sich ohne Zweifel als interdisziplinäre Multitalente bezeichnen: Boden- und Gewässerschutz, Natur- und Klimaschutz, Verbesserung der Luftqualität, Erholungsraum und vieles mehr – es gibt (fast) nichts, was der Wald nicht kann!

So sind auch die akustischen Eigenschaften von Wäldern bereits seit Ende der 1940er-Jahre Gegenstand der Forschung. In zahlreichen Messkampagnen und Berechnungsmodellen wurden die schalldämmenden Eigenschaften verschiedener Waldbestände und Vegetationsstrukturen untersucht, mit dem Ziel, deren akustische Wirkung in Abhängigkeit forstlicher Parameter beschreiben zu können. Zwar existiert im Schallausbreitungsmodell nach ISO 9613-2 ein einfacher Ansatz zur Berücksichtigung der physikalischen Schallpegelminderung bei Ausbreitung durch dichten Bewuchs. Die nicht zu garantierende Kontinuität von Wald, die Vielfalt der relevanten Einflussparameter sowie die diverse Studienlage verhindern jedoch bisher die Übertragbarkeit auf reale Situationen und die Berücksichtigung in den Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (RLS).

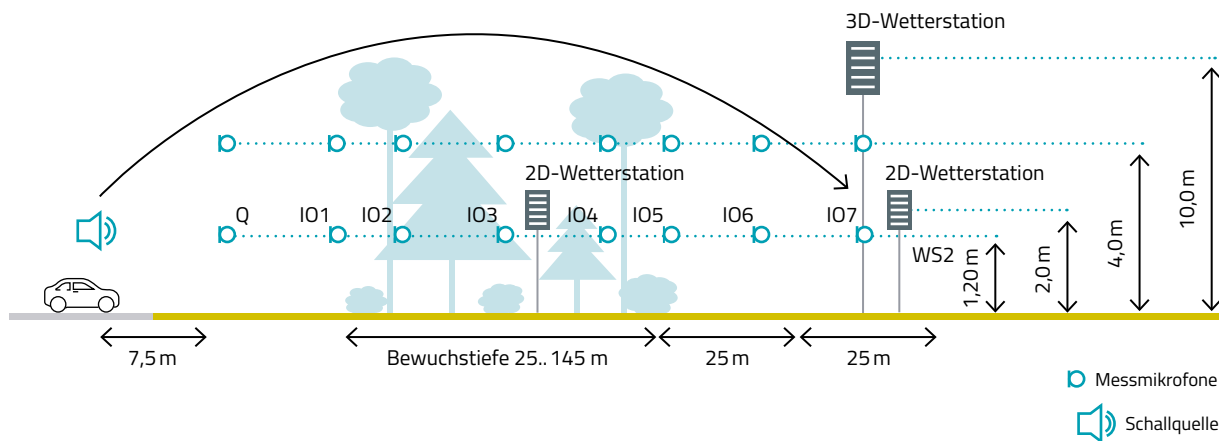
Hier setzt das Forschungsvorhaben „Akustische Wirksamkeit von Vegetation“ an, das im Auftrag der BAST durch die Gesellschaft für Akustikforschung Dresden mbH durchgeführt wurde. Das übergeordnete Ziel bestand in der Ermittlung des frequenzabhängigen Schallminderungspotenzials unterschiedlich schmaler Waldstreifen (25 bis 150 Meter) neben Bundesfernstraßen. Es sollte eine Methodik erarbeitet werden, die es erlaubt, solche Waldstreifen für Einzelfallbetrachtungen in Schallausbreitungsrechnungen zu berücksichtigen.

Als maßgebliche physikalische Effekte bei der Schallausbreitung durch Vegetation wurden die Schallreflexion und -streuung an Baumstämmen, Blättern und Baumkronen, die Schallreflexion und -dissipation am Boden, die Schalldissipation durch dünne Äste und Blätter und die Schallbeugung an Baumkronen identifiziert. Auf Grundlage der Literaturanalyse wurden forstliche, gelände- und umgebungstechnische Bedingungen an die Untersuchungsgebiete für die Messkampagnen aufgestellt. 8 Wald-Messorte im Raum Sachsen und Südbrandenburg wurden



Akustische Messungen an einem Waldstreifen entlang der B97 bei Hoyerswerda.

Quelle: Gesellschaft für Akustikforschung Dresden mbH



Prinzipische Skizze des Messaufbaus.

Quelle: Gesellschaft für Akustikforschung Dresden mbH

ausgewählt, um eine große Bandbreite forstlicher Parameter (beispielsweise Laub- und Nadelwald, variierender Unterwuchs und Stammdurchmesser) abzubilden. Darüber hinaus wurden 2 Freifeld-Messorte als Bezugsreferenz für die akustischen Waldmessungen bestimmt.

Für eine bessere Übertragbarkeit auf praktische Anwendungsfälle wurde ausschließlich realer Straßenverkehr als Emissionsquelle verwendet. Mit 8 Mikrofonpaaren in 2 Höhen und unterschiedlichen Entfernungen zum Fahrstreifen vor, im und hinter dem Wald wurde die Schallimmission gemessen. Parallel wurde außerdem die Meteorologie im und hinter dem Wald erfasst. Es erfolgte jeweils eine Sommer- und eine Wintermessung der Schallausbreitung sowie eine Bestimmung der forstlichen Parameter. Zur Auswertung der Messdaten wurde eine Methodik entwickelt, die es zulässt, verschiedene Messorte trotz unterschiedlicher geometrischer Bedingungen (wie Waldtiefe, Entfernung Wald-Straße, Verkehrsstärke) miteinander vergleichen und den Ergebnissen der Freifeld-Messungen gegenüberstellen zu können.

Für die meisten Messorte ergibt sich ein nahezu linearer Verlauf der Differenz des Schalldruckpegels (bezogen auf das untere Quellmikrofon) in Abhängigkeit von der

logarithmierten Distanz. Als Maß für die akustische Wirksamkeit und den quantitativen Vergleich der verschiedenen Messorte wurde daher die zusätzliche Pegelabnahme (in Dezibel) je Abstandsverdopplung (dB/dd) gegenüber freier Schallausbreitung ausgewählt. Die gemessenen Werte reichen von einer Verschlechterung um 0,9 dB/dd bis hin zu einer Verbesserung um 2,6 dB/dd. Jedoch lässt sich für fast alle Messorte eine Zunahme der Ausbreitungsdämpfung nachweisen.

Das Forschungsvorhaben konnte also messtechnisch erfolgreich bestätigen, dass Wälder mitunter eine signifikante Zusatzdämpfung gegenüber freier Schallausbreitung in Bezug auf Straßenverkehrslärm aufweisen. Eine hohe Bewuchsdichte und ein hoher Schallabsorptionsgrad des Bodens sind dabei für eine gute akustische Wirksamkeit eines Waldes besonders wichtig. Die Implementierung der Ergebnisse in ein entsprechendes Modell ermöglichen jetzt die Berücksichtigung von Waldstreifen in der Ausbreitungsrechnung nach RLS-19.

Das Forschungsvorhaben liefert damit einen systematischen und überzeugenden Nachweis des Lärmschutzpotenzials von Wäldern und ist damit ein wichtiger Schritt hin zu einer validen, quantitativen akustischen Bewertung von Wäldern. ▀

# Remote-Sensing – Emissionsmessungen im Realbetrieb



**Autorin:**

**Sigrid Limbeck,**

Verfahrensingenieurin,  
Referat „Emissionen im  
Kraftfahrzeugbereich“

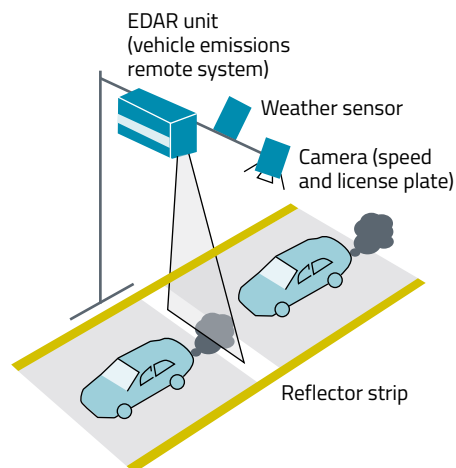
## Hintergrund

Um Emissionen berührungslos in der Abgasfahne von Fahrzeugen im laufenden Verkehr zu erfassen, existieren zwei Messsysteme. Das eine arbeitet horizontal, das andere vertikal. Beide stellen mittels Absorption von Laserstrahlen einer bestimmten Wellenlänge die Konzentration von Schadstoffen in der Abgasfahne fest. Weltweit werden beide Methoden für die Erhebung von Schadstoffkonzentrationen direkt an der Straße genutzt. Die meisten dokumentierten Messungen finden in verkehrsreichen Ballungsräumen statt, und das innerhalb eines Geschwindigkeitsbereiches unterhalb von 60 Kilometern pro Stunde (km/h).

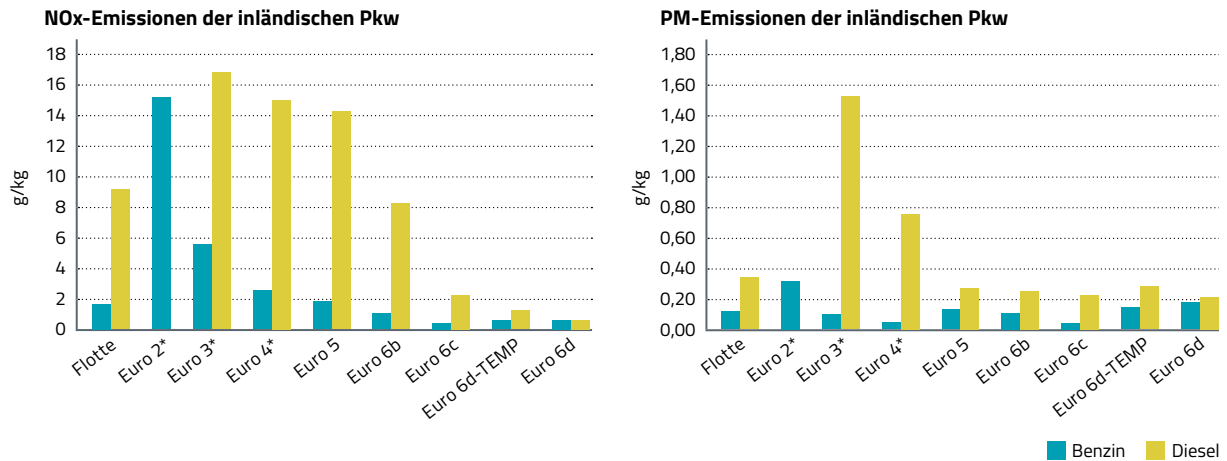
## Messung und Auswertung

In einem Forschungsprojekt der BASt wurde eine Messmethode angewendet, um den Schadstoffausstoß von Fahrzeugen in Geschwindigkeitsbereichen über 80 km/h zu erfassen. Dazu kam das vertikale Messsys-

tem der Firma „Hager Environmental & Atmospheric Technologies“ (HEAT) an einer Bundesautobahn zum Einsatz. Das System besteht aus einem laserbasierten Messsystem, das oberhalb der Fahrbahn positioniert wird und einem Reflektor, der für die Messung auf die Fahrbahn geklebt wurde. So wurde die Konzentration von Kohlenmonoxid und -dioxid, Stickstoffmonoxid und -dioxid, Kohlenwasserstoff, die Partikelmasse sowie die Temperatur in der gesamten Abgasfahne gemessen und visualisiert. Für weitere Auswertungen der Emissionsmesswerte war es erforderlich die Motorisierung des gemessenen Fahrzeugs zu kennen. Diese Information ist über das Kennzeichen des Fahrzeugs für inländisch zugelassene Fahrzeuge beim Kraftfahrzeugbundesamt (KBA) unter Einhaltung von Datenschutzbestimmungen abrufbar. Aus diesem Grund wurde das Kennzeichen ebenfalls bei der Messung erfasst. Die Beurteilung der Messung erforderte zusätzlich die Einbeziehung der zu der Messzeit



Schematische Darstellung des EDAR-Messsystems und Aufbau der Anlage an der BAB A 61 im Juni 2022.



Stickoxide und Partikelmasse in g/kg Kraftstoff getrennt nach Diesel und Benzfahrzeugen, gemittelt als Flotte und geclustert nach Euro Abgasstufen.

vorhandenen Witterungsbedingungen, die ebenfalls kontinuierlich erfasst und jeder Messung einzeln zugeordnet wurden. Im Juni 2022 führte HEAT im Auftrag der BAST Messungen mit dem Emissions Detection And Reporting (EDAR)-System durch. Die Standortauswahlkriterien für den Aufbau eines solchen Systems sind sehr umfangreich, sodass sich nur wenige Aufstellmöglichkeiten entlang von Autobahnen in Nordrhein-Westfalen eigneten. Abbildung links zeigt den Aufbau an der BAB 61. Die Messeinrichtung war an diesem Ort 12 Tage im Einsatz und hat in diesem Zeitraum rund 124.000 Aufzeichnungen von Fahrzeugen mit deren Emissionen und Kennzeichen erfasst. Datenschutzrechtliche Gründe erforderten die Trennung und Anonymisierung der Emissionswerte vor einer Abfrage der motorspezifischen Daten beim KBA. Anschließend wurden die Motor- und Emissionswerte miteinander verknüpft.

Die im Weiteren möglichen Auswertungen der verknüpften Daten bieten Informationen für viele Emissions- und Immissions-themen, beispielsweise die Verteilung der Emissionen auf die Fahrzeugflotte nach EURO-Abgasstufen, die Entwicklung der Emissionen einzelner Fahrzeuggruppen während der Lebensdauer, die Zuordnung der Emissionen zu Pkw- und Lkw-Anteilen

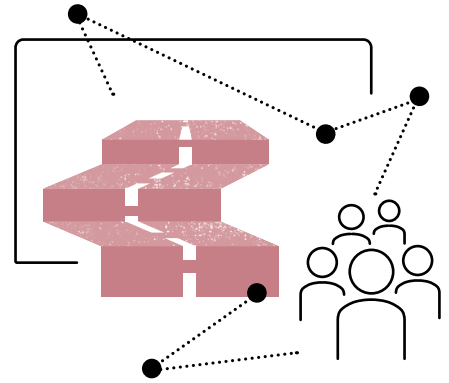
oder die Ermittlung von Emissionsfaktoren für das Handbook Emission Factors for Road Transport (HBEFA).

Zur Veranschaulichung der vielfältigen Möglichkeiten werden im Diagramm beispielhaft die emittierte Stickoxidmenge und die Partikelmasse der gemessenen inländischen Pkw getrennt nach Diesel- und Benzfahrzeugen klassifiziert und nach Abgas-Eurostufen für die Messung an der BAB 61 dargestellt.

### Fazit und Ausblick

Die Daten der ausgewerteten Remote Sensing-Messungen von verschiedenen europaweit durchgeführten Projekten sind valide. Jeder Messwert bildet aber nur die Momentaufnahme eines Fahrzeugs beziehungsweise dessen Fahrzustand ab. Erst durch die Zusammenführung vieler Messungen entsteht eine breite Datenbasis, welche vielfältig genutzt werden kann. Aktuell werden mit Zustimmung vieler Forschungsgeber die Messwerte aus mehreren europaweit durchgeführten Messkampagnen gebündelt. Durch die Zusammenführung und Aktualisierung der Daten können unter anderem auch Alterungseffekte im Abgassystem von Fahrzeugen in das HBEFA integriert werden. 📌

## 9. Fachkräftesicherung



Die verkehrstechnische Integrität, der Ausbau nachhaltiger, innovativer Strukturen sowie die Instandhaltung notwendiger und sicherer – zum Teil auch kritischer – Verkehrsinfrastrukturen sind ein Grundpfeiler für den wirtschaftlichen Wohlstand der Bundesrepublik Deutschland.

Erhalt, Betrieb und die nachhaltige Weiterentwicklung der Systeme verlangen nach Fachkräften, die es aktuell zu wenig gibt. Aufgrund des demografischen Wandels und defizitärer Populations-Zahlen in Deutschland genügen die tradierten Bildungssysteme zu deren Qualifikation nicht länger.

Die BASt strebt an, das wissenschaftliche Fundament zur Fachkräftegewinnung, Fachkräftesicherung und Fachkräftequalifizierung für das Straßen- und Verkehrswesen zu entwickeln. Bildungskonzepte würden damit effektiv dem speziellen Bedarf entsprechen.

# Nachhaltigkeit durch Innovation – Fachkräftesicherung mit System



Foto: © Daniel Guretz / haindscop.de

## Autoren:

### Karsten Strauch,

Pädagoge,  
Leiter der Stabsstelle Akademie für nachhaltiges Straßen- und Verkehrswesen

### Anke Lohbeck,

Informatikerin,  
Stellvertretende Leiterin der Stabsstelle Akademie für nachhaltiges Straßen- und Verkehrswesen

Im März 2022 wurde die Stabsstelle „Akademie für nachhaltiges Straßen- und Verkehrswesen“ gegründet. Ihre zentrale Aufgabe ist es, ein wissenschaftliches Fundament zur Forschung, Evaluierung und Qualitätssicherung von tragfähigen, innovativen und realisierbaren Konzepten zur Fachkräftegewinnung, -sicherung und -qualifizierung für das Straßen- und Verkehrswesen zu entwickeln. Die tradierten Bildungssystemen bieten hier oft keine hinreichende Lösung.

Dies zeigt die Analyse der Zahlen zu fehlenden Fachkräften im Straßen- und Verkehrswesen, des demographischen Ersatzbedarfs, der Bevölkerungsentwicklung und der Entwicklung von Studierendenzahlen.

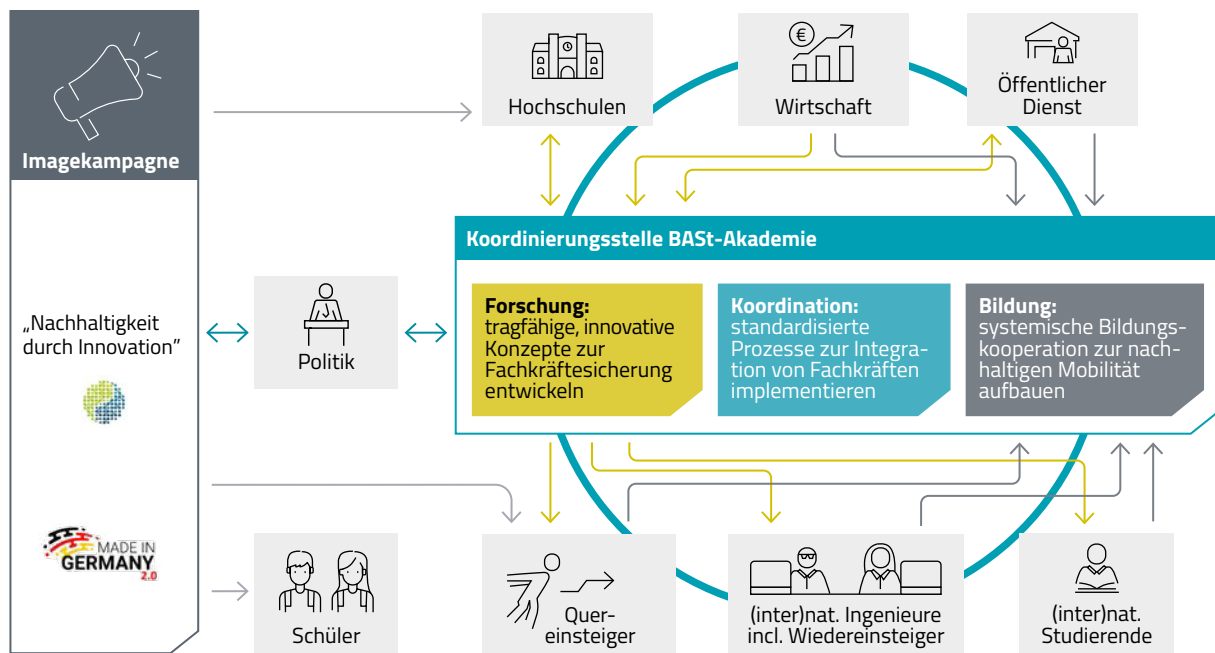
Es bedarf einer innovativen und systemischen Lösung. Die Grundlage hierfür wurde in der Stabsstelle erarbeitet und adressiert neben der Zielgruppe der Studierenden auch internationale Fachkräfte sowie Quer- und Wiedereinsteiger.

Die darüber hinaus identifizierte Lücke zwischen den realen Anforderungen der Arbeitgeber und den vorhandenen Kompetenzen der Hochschul-Absolventen ergab Handlungsbedarf in den folgenden Bereichen:

- Befähigung von Menschen mit ausländischem Bildungshintergrund für den deutschen Arbeitsmarkt.
- Modernisierung der Lehre – auch in Hinsicht auf Lebenslanges Lernen.
- Unterstützung der Behörden und der Wirtschaft.
- Aufbau eines Netzwerks sowie Wissens- und Handlungsverbundes.
- Das Angebot neuer Bildungsformate – vor allem im dritten Bildungsweg.

Dieser Ansatz wurde unter anderem auf dem Fachkräftegipfel des BMDV im Oktober 2022 vorgestellt und fand breiten Anklang in Politik und Wirtschaft. Dies zeigt sich auch darin, dass im parlamentarischen Verfahren trotz angespannter Haushaltslage Mittel in Höhe von 4,5 Millionen Euro für die Realisierung zur Verfügung gestellt wurden.





Konzeptionelle Darstellung der Koordinierungsstelle BASt-Akademie und ihrer Stakeholder.

Unterstützt durch das BMDV wurden die folgenden Schritte eingeleitet und zum Teil bereits realisiert:

- Es befindet sich ein umfassendes Zuwendungsprogramm in Höhe von mehreren Millionen Euro in Ausschreibung. Ziel ist es, Formate zur Integration von Menschen mit ausländischem Ausbildungshintergrund zu generieren – unter anderem an Hochschulen in engem Austausch mit dem neuen Netzwerk.
- Zusätzliche grundlegende und tiefgreifende Erkenntnisse konnten mit eigenen, bundesweiten Umfragen unter Abgangsschülern, Studierenden und Behörden gewonnen werden.
- In einem ersten Pilotprojekt – „BIM (Building Information Modeling)-Radar“ – werden im Auftrag von und mit Unterstützung des BMDV Daten bezüglich BIM-relevanter Themen und Inhalten in den Modulhandbüchern und Lehrplänen der deutschen Hochschulen erhoben. Diese werden in einer bisher einzigartigen im Internet verfügbaren Datenbank gesammelt und gepflegt.

- Projekte mit der Autobahn GmbH und den Straßenverwaltungen der Länder sind in Abstimmung und sollen als Pilotprojekte für die Gewinnung neuer Fachkräfte aufgestellt werden.
- Vorträge zu Konferenzen im Ingenieurpädagogischen-Umfeld und weitere Publikationen von Forschungsergebnissen sind geplant und wurden teilweise bereits reviewed.
- Ein umfassendes Konzept aller Maßnahmen zur Erreichung des systemischen Ansatzes wurde erstellt.

### Von der Idee zur Akademie – Das Konzept

Das Konzept sieht vor, eine Organisationsform aufzubauen, die durch die 3 Säulen Beratung, Koordination und Bildung strukturiert wird.

Im Bereich Beratung sollen Ansprechpartner für Arbeitgeber und (inter-)nationale Interessenten in allen Bereichen der Fachkräftesicherung im Ingenieurwesen zur Verfügung stehen. Sie fungieren als Lotsen

zwischen Interessenten und verschiedenen Behörden und Anerkennungsstellen. Der Bereich soll koordinierende Hilfestellung bei der Organisation von Bewerbung, Vermittlung von Stellen, Ermittlung von Qualifizierungszielen, Anerkennung von Abschlüssen und Ergänzung der Qualifikationen geben.

Im Bereich Koordination werden

- Förderprogramme des BMDV verwaltet, die auf eine Integration von Menschen mit ausländischem Bildungshintergrund sowie von Quer- und Wiedereinsteigern fokussieren,
- Maßnahmen im Bereich der Fachkräftegewinnung, Fachkräftesicherung analysiert, bewertet und entwickelt,
- Informationen der bisherigen und geplanten Maßnahmen (auch Dritter) gesammelt und in einer frei zugänglichen Datenbank aufbereitet,
- eine Plattform zum Austausch von Angeboten im Bereich Bildung und Beruf aufgebaut und
- der Strukturverbund aller Stakeholder bezüglich des Fokusthemas Fachkräftesicherung, Fachkräftegewinnung und Fachkräftequalifizierung koordiniert.

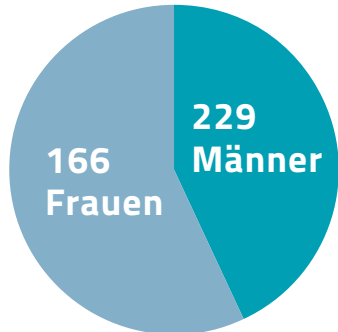
Auch eine gemeinsame imagefördernde Kampagne soll hier konzipiert werden (Nachhaltigkeit durch Innovation, Made in Germany 2.0).

Der Bereich Bildung agiert als Anbieter von Fortbildungen und Zertifizierungen für postgraduierte (internationale) Ingenieure sowie Wieder- und Quereinsteiger im dritten Bildungsweg. Im Fokus stehen fachliche, sprachliche und kulturelle Themen. Der Bereich erstellt und vermittelt zusätzliche Konzepte und Verfahren zum lebenslangen Lernen und erstellt Open Educational Resources (VR-/AR-Anwendungen) und Supplements (Kurse) für entsprechende Fortbildungen. Diese werden auch interessierten Hochschulen zur Verfügung gestellt. ➤



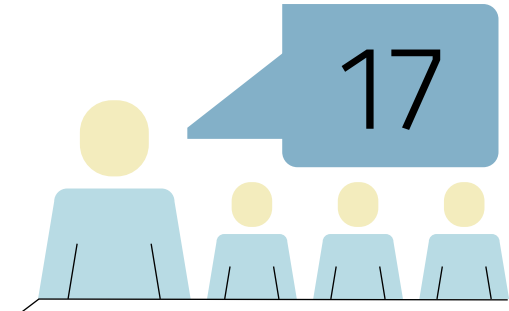
Weitere Informationen unter:  
[www.bast.de/Akademie](http://www.bast.de/Akademie)

# Zahlen und Fakten



395

**Beschäftigte**



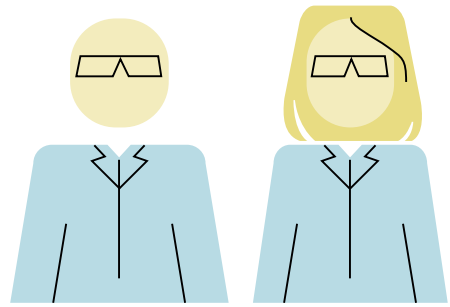
**Azubis**

73

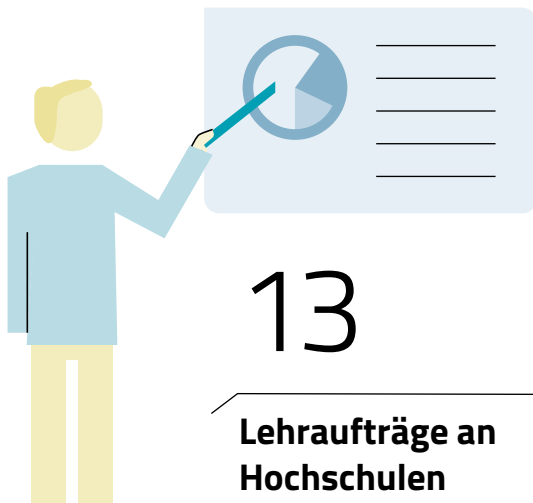


**Berichte**

191



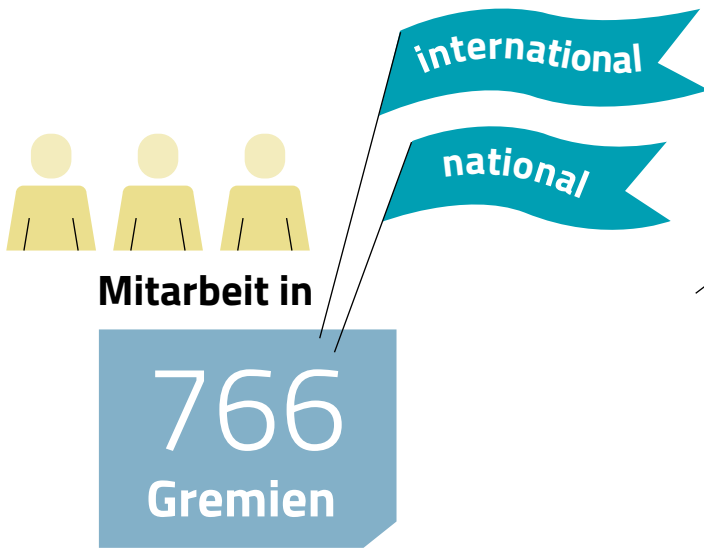
**Wissenschaftlerinnen  
und Wissenschaftler**



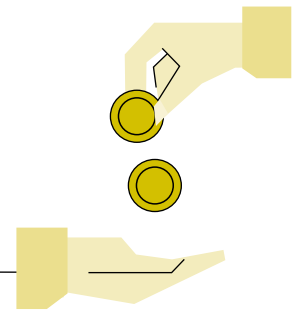
**Lehraufträge an  
Hochschulen**



**Durchschnittsalter  
der Beschäftigten**



**18**



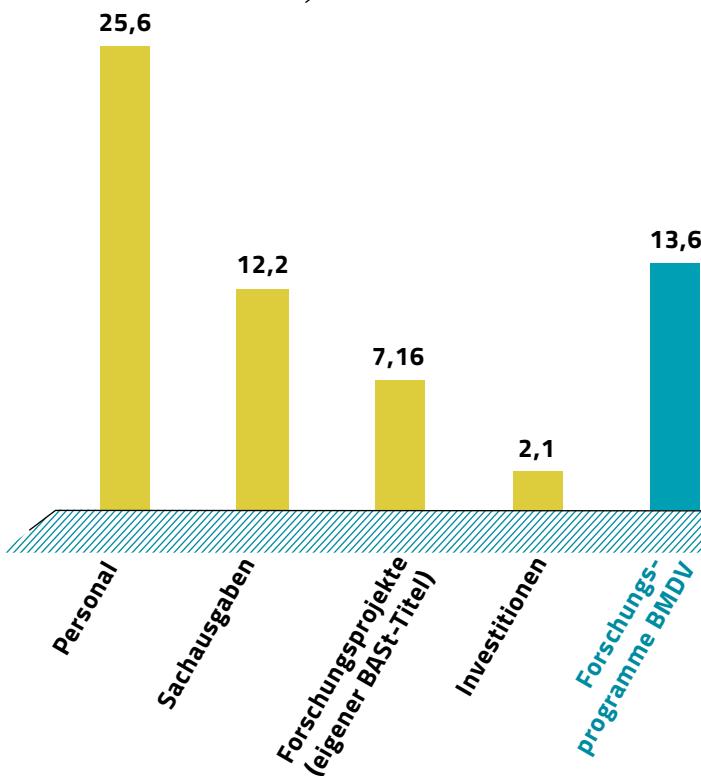
laufende  
**Drittmittelprojekte**  
mit einem Gesamtbudget von  
rund 7,7 Millionen Euro



Anzahl eigener  
Projekte rund 270

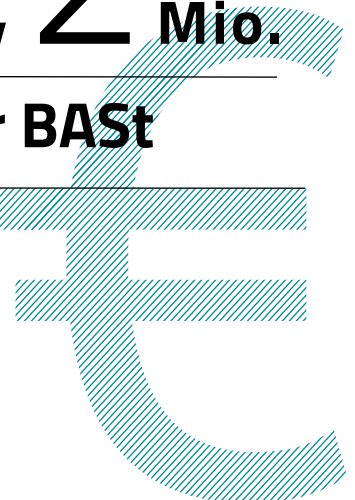


Anzahl Bearbeitung  
externer Projekte rund 300



**47,2** Mio.

**Etat der BAST**



---

# Lehraufträge & Promotionen

---



**Jennifer Bednorz,**  
Lehrauftrag an der Technischen Hochschule Köln im Mastermodul „BIM im Brücken- und Ingenieurbau“



**Dr. Dirk Jansen,**  
Lehrauftrag an der Universität Siegen im Bereich Straßenbautechnik.



**Dr. Andre Eggers,**  
Lehrauftrag an der Bergischen Universität Wuppertal im Bereich „Passive Sicherheit von Fahrzeugen“.



**Dr. Mehdi Kalantari,**  
Verleihung des akademischen Grads „Doktor der Ingenieurwissenschaften“ von der Universität Siegen.



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



**Dr. Ingo Kaundinya,**  
Lehrauftrag an der Fachhochschule Aachen im Lehrgebiet Tunnelplanung (Masterstudium).



**Ralph Holst,**  
Lehraufträge an der Bauhaus-Universität und der Bauhaus Weiterbildungsakademie Weimar e.V. im Bereich Bauwerksprüfung und Bauwerksmanagement.



**Dr. Bernhard Kollmus,**  
Verleihung des akademischen Grads „Doktoringenieur“ von der Technischen Universität Dresden.  
Lehrauftrag an der Technischen Universität Dresden, Lehrveranstaltung „Verkehrssicherheit bei Planung, Entwurf und Betrieb von Straßen“.



**Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Markus Oeser,**  
Lehraufträge an der RWTH Aachen für Tunnelplanung und Tunnelbetrieb (Masterstudium) und an der FH Aachen für Climate Change Impact on the Automotive Sector



**André Wiggerich,**  
Lehrauftrag an der Rheinischen Fachhochschule Köln im Bereich psychologische Methodenlehre und Statistik.



**Andre Seeck,**  
Lehraufträge an der Dresden International University und an der Technischen Universität Graz im Bereich Fahrzeugsicherheit.



**Prof. Dr. Ulf Zander,**  
Lehrauftrag an der Universität Siegen im Bereich Straßenbau.

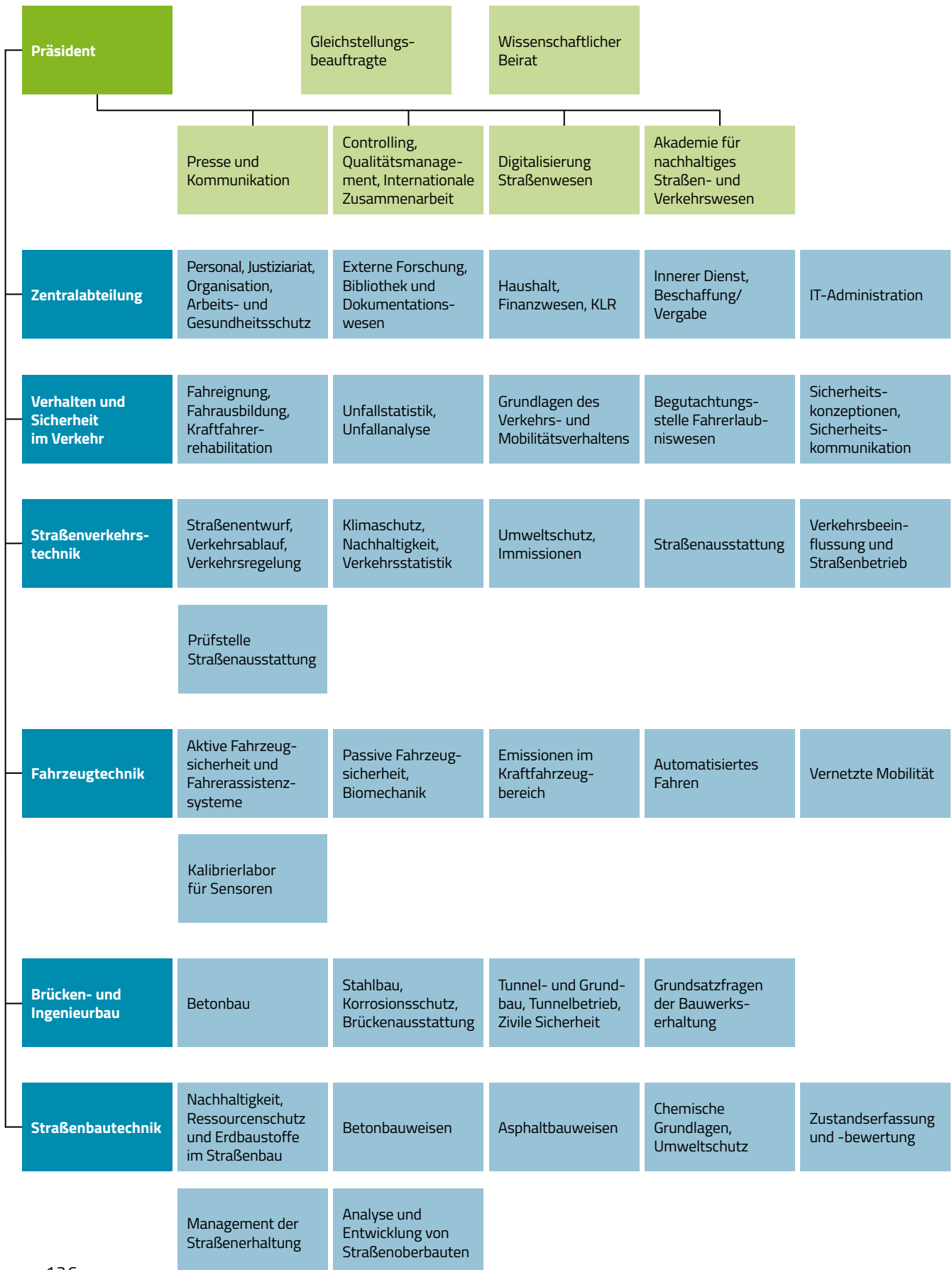


**Dr. Patrick Seiniger,**  
Lehrauftrag an der Technischen Universität Darmstadt im Fachgebiet Fahrzeugtechnik zum Thema Motorräder.



**Elisabeth Shi,**  
Lehrauftrag an der Rheinischen Fachhochschule Köln im Bereich Statistik für die Studiengänge Psychologie und Wirtschaftspsychologie.

# Organisation der BASt



---

# Impressum

---

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen.

Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

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

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

Die Hefte der Schriftenreihe Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen können direkt beim Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon 0421 36903-53, bezogen werden.

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

**Herausgeber:**

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

**Konzept, Redaktion:**

Stabsstelle Presse und Kommunikation

**Gestaltung**

MedienMélange:Kommunikation!

**Redaktionsschluss:**

Februar 2023

**Bildnachweis:**

Bundesanstalt für Straßenwesen und wie ausgewiesen, Umschlag: Bild oben von thyssenkrupp Infrastructure, Autorenbilder: BAST/Uwe Völkner/bundesfoto, Guido Rosemann und wie ausgewiesen

**Druck und Verlag:**

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

ISSN 0943-9285  
ISBN 978-3-95606-752-5

Bergisch Gladbach, Juli 2023



---

# Bundesanstalt für Straßenwesen

---

Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) ist die praxisorientierte, technisch-wissenschaftliche Forschungseinrichtung des Bundes auf dem Gebiet des Straßenwesens. Sie widmet sich den vielfältigen Aufgaben, die aus den Wechselwirkungen zwischen Mensch, Verkehr, Infrastruktur und Umwelt resultieren.

Ihr Auftrag ist es, die Sicherheit, Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit der Straßen zu verbessern.

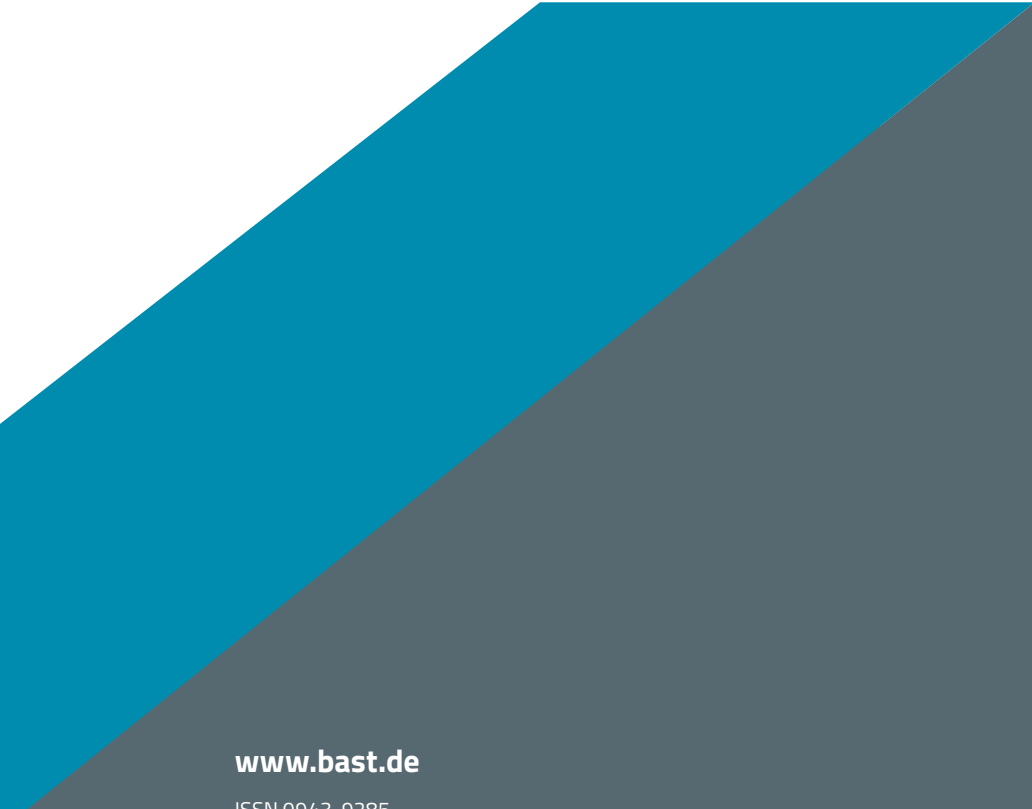
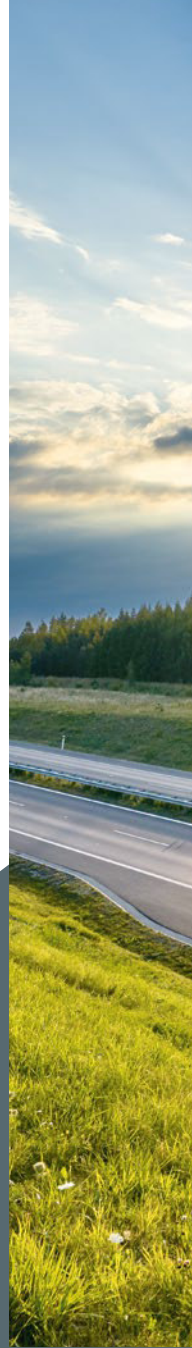
Dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) gibt die BASt in fachlichen und verkehrspolitischen Fragen wissenschaftlich gestützte Entscheidungshilfen. Die Aufgaben reichen von Planung, Koordination und Durchführung mehrjähriger Forschungsprojekte bis zur kurzfristigen Beantwortung von Fragen zur Unterstützung der aktuellen Arbeit des BMDV.

Sie arbeitet führend im Netzwerk der nationalen und europäischen Spitzenforschungsinstitute auf dem Gebiet des Straßenwesens und wirkt weltweit maßgeblich bei der Ausarbeitung von Vorschriften und Normen mit.

Zu den Aufgaben der BASt gehören darüber hinaus Beratungs- und Gutachtertätigkeiten, außerdem prüft und zertifiziert sie und ist zudem Begutachtungsstelle für das Fahrerlaubniswesen.

Sie wurde 1951 gegründet und hat seit 1983 ihren Sitz in Bergisch Gladbach. Die BASt ist seit 1970 die zentrale Stelle für Unfallforschung im Straßenverkehr in Deutschland.





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

ISSN 0943-9285

ISBN 978-3-95606-752-5