



Herausgegeben von  
**Florian Schäfer**



# 3. Kolloquium Straßenbau in der Praxis

**Fachtagung zum Planen, Bauen, Erhalten,  
Betreiben unter den Aspekten von  
Nachhaltigkeit und Digitalisierung**

**Tagungshandbuch 2023**

### **3. Kolloquium**

Straßenbau in der Praxis

7. und 8. Februar 2023

Technische Akademie Esslingen



Herausgegeben von

Prof. Dr.-Ing. Florian Schäfer

## 3. Kolloquium Straßenbau in der Praxis

Planen, Bauen, Erhalten, Betreiben  
unter den Aspekten von Nachhaltigkeit und Digitalisierung

Tagungshandbuch 2023



expert ›



## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Das vorliegende Werk wurde mit großer Sorgfalt erstellt. Fehler können dennoch nicht völlig ausgeschlossen werden. Weder Verlag noch Autoren oder Herausgeber übernehmen deshalb eine Haftung für die Fehlerfreiheit, Aktualität und Vollständigkeit des Werkes und seiner elektronischen Bestandteile.

© 2023. Alle Rechte vorbehalten.

expert verlag  
Ein Unternehmen der  
Narr Francke Attempto Verlag GmbH + Co. KG  
Dischingerweg 5 · D-72070 Tübingen  
E-Mail: [info@verlag.expert](mailto:info@verlag.expert)  
Internet: [www.expertverlag.de](http://www.expertverlag.de)

Technische Akademie Esslingen e. V.  
An der Akademie 5 · D-73760 Ostfildern  
E-Mail: [bauwesen@tae.de](mailto:bauwesen@tae.de)

Internet: [www.tae.de](http://www.tae.de)

Printed in Germany

ISBN 978-3-8169-3555-1 (Print)  
ISBN 978-3-8169-8555-6 (ePDF)

# Vorwort

---

Eine funktionierende und leistungsfähige Infrastruktur gehört zu den essentiellen Voraussetzungen eines erfolgreichen Wirtschaftsstandorts Deutschland. Auch in Zukunft wird die Straßenverkehrsinfrastruktur der bedeutendste Verkehrsweg bleiben.

Neue Verfahren im Straßenbau, der Zwang zur wirtschaftlichen Bauausführung und gehobene Qualitätsanforderungen erleichtern und erschweren zugleich die Realisierung vorhandener Projekte. Hinzu kommen gesteigerte Ansprüche der Menschen an die Beteiligung in der Planungs- und Bauphase. Das moderne Umweltschutzrecht erfordert in der Anwendung die frühzeitige Berücksichtigung relevanter Belange und den umfassenden Ausgleich von Eingriffen. Auf Nachhaltigkeit wird sowohl während des Baus als auch bei der Nutzung der Infrastruktur geachtet. Zudem wird durch Building Information Modeling (BIM) die Zusammenarbeit von Bauherren bzw. Behörden, Planern und Baufirmen auf eine völlig neue Basis gestellt.

Vor diesem Hintergrund findet das 3. Kolloquium „Straßenbau in der Praxis“ am 7. und 8. Februar 2023 an der Technischen Akademie Esslingen statt, in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Straßenwesen, der Bauwirtschaft Baden-Württemberg e.V. und der Vereinigung der Straßen- und Verkehrsingenieure Baden-Württemberg.

## Themenschwerpunkte

- Bauweisen/Textur
- BIM: Datenmodell, Digitale Zwillinge, auf der Baustelle
- Boden/Erdbau
- Digitalisierung im Asphaltstraßenbau
- Erhaltungsmanagement
- Industriebeiträge Asphalt
- Infrastrukturbau
- innovative neue Ideen
- kommunale Erhaltung
- Nachhaltigkeit
- Pflaster
- Qualitätssicherung
- Radverkehr
- Recycling
- urbane Herausforderungen
- Verkehrsmodellierung

Das vorliegende Tagungshandbuch enthält die vorab eingereichten Beiträge zu den Vorträgen und gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik sowie neueste Entwicklungen und Trends im Straßenbau unter den Aspekten von Nachhaltigkeit und Digitalisierung. Weitere Informationen unter: [www.tae.de/50045](http://www.tae.de/50045)



## Inhaltsverzeichnis

---

<b>0.0</b>	<b>Plenarvorträge</b>	
<b>0.1</b>	<b>Aktuelles aus der Straßenbau-/Mobilitätsverwaltung</b> Andreas Hollatz	<b>17</b>
<b>0.2</b>	<b>Zukunft der Bundesautobahnen gestalten</b> Dr.-Ing. Bastian Wacker, Derya Guran	<b>19</b>
<b>0.3</b>	<b>Straßenverkehrsinfrastruktur: digital, klimafreundlich, sicher</b> PräsProf. Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Markus Oeser, Dr. Karl-Josef Höhnscheid	<b>25</b>
<b>1.0</b>	<b>Nachhaltigkeit</b>	
<b>1.1</b>	<b>Nachhaltiger Straßenbau – Bewertung ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte</b> Dr. Sonja Cypra, Prof. Dr.-Ing. Christian Holldorb	<b>31</b>
<b>1.2</b>	<b>Umweltleistung von Asphaltmischungen</b> Pamela Del Rosario, M. Sc., Gijs Krekel, M. Sc., Dr.-Ing. Nicolás Carreño, Univ. Prof. Marzia Traverso (PhD)	<b>37</b>
<b>1.3</b>	<b>Wegweiser zu einem ökologischeren und zukunftsfähigen Straßenoberbau</b> Amina Wachsmann, M. Eng.	<b>49</b>
<b>1.4</b>	<b>Vorstellung eines Verfahrens für die Ermittlung und Bewertung von Treibhausgasemissionen an Straßenbaustellen</b> Luigi Paolo Ceci, M. Eng.	<b>59</b>
<b>1.5</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Bilanzierung für Autobahnen</b> Marieke Tiede, M. Sc.	<b>61</b>
<b>1.6</b>	<b>Nachhaltiger Straßenbau – Möglichkeiten und Grenzen</b> Dr. Thomas Leopoldseder, Marcel Pilger	<b>63</b>
<b>2.0</b>	<b>BIM</b>	
<b>2.1</b>	<b>BIM in der Straßenbauverwaltung BW</b> Tanja Jakovljevic, MBA	<b>73</b>
<b>2.2</b>	<b>7 Jahre Digitalisierung von PPP-Projekten der Verkehrsinfrastruktur</b> Jannis Illgner, M. Sc., Dr. Daniela Schäfer, Anna Andreev	<b>77</b>



<b>3.0</b>	<b>Urbane Herausforderungen</b>	
<b>3.1</b>	<b>Bushaltestellen für barrierefreien ÖPNV</b> Dipl.-Ing. Bau (FH) – BDB – Edgar Theurer	<b>85</b>
<b>3.2</b>	<b>Wassersensible Stadtentwicklung und die Umsetzung im Strassenentwurf</b> Dipl.-Ing. Jens Klähnhammer	<b>99</b>
<b>3.3</b>	<b>Klimaresilienter Ausbau der Alleestraße in Bochum</b> Christian Reichelt, M. Sc.	<b>107</b>
<b>4.0</b>	<b>Digitalisierung im Asphaltbau</b>	
<b>4.1</b>	<b>Qualitätsstraßenbau Baden-Württemberg 4.0 – die Vorteile der Digitalisierung beim Asphaltbau nutzen</b> Vera Schmidt, M. Eng., Dr.-Ing. Thomas Chakar	<b>111</b>
<b>4.2</b>	<b>Künstliche Intelligenz für den digitalen und nachhaltigen Asphaltstraßenbau</b> Dr. Marcus Müller	<b>115</b>
<b>5.0</b>	<b>Kommunale Erhaltung</b>	
<b>5.1</b>	<b>Neue Wege und Methoden zur systematischen Erhaltungsplanung kommunaler Straßen</b> Dr.-Ing. Wolf Uhlig	<b>123</b>
<b>5.2</b>	<b>Der Einfluss lokal erfasster Verkehrsbelastung auf die Substanzbewertung des Oberbaus von Befestigungen in Asphaltbauweise</b> Prof. Dr.-Ing. Jörg Patzak, Prof. Dr.-Ing. habil. Alexander Zeißler	<b>129</b>
<b>5.3</b>	<b>Herausforderungen bei der praktischen Anwendung von Messdaten aus Klima und Verkehr in der Erhaltungsplanung am Beispiel der Stadt Münster</b> Prof. Dr.-Ing. Alexander Buttgereit, Dipl.-Betriebswirt Stefan Gomolluch, Dr.-Ing. Daniel Gogolin	<b>137</b>
<b>6.0</b>	<b>Verkehrsmodellierung</b>	
<b>6.1</b>	<b>Verkehrskonzeption zur intelligenten Verkehrslenkung und -steuerung in Füssen und Schwangau</b> Dr.-Ing. Torsten Heine-Nims	<b>143</b>
<b>6.2</b>	<b>Die Möglichkeiten von makroskopischen Verkehrsmodellen zum Erhaltungsmanagement von Straßenverkehrsinfrastruktur</b> Vincent Müller, M. Sc., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing Andreas Köglmaier	<b>149</b>

<b>7.0</b>	<b>Erhaltungsmanagement</b>	
<b>7.1</b>	<b>Erhalt der Straßeninfrastruktur Baden-Württemberg</b> Dipl.-Ing. Markus Kübler	<b>159</b>
<b>7.2</b>	<b>Erhaltungsmanagement mit System im Land Baden-Württemberg</b> Daniel Hilpert, Dipl.-Ing. Henning Balck, Dr. rer. nat. Tatjana Epp	<b>165</b>
<b>7.3</b>	<b>Modellbasierte Visualisierung als Grundlage für ein ganzheitliches Erhaltungsmanagement im Verkehrswegebau</b> Anne-Sophie Knappe, B. Sc., Thomas Tschickardt, M. Eng., Dipl.-Ing. Björn Lindner	<b>171</b>
<b>7.4</b>	<b>Auf dem Weg zu einem intelligenten Assetmanagementsystem</b> Marcel Gierse, M. Sc., Niklas Luka Krause, M. Sc.	<b>179</b>
<b>8.0</b>	<b>BIM-Datenmodell</b>	
<b>8.1</b>	<b>OKSTRA® und IFC – Status 2023</b> Dr.-Ing. Rico Steyer, Štefan Jaud, M. Sc.	<b>189</b>
<b>8.2</b>	<b>Praktische Digitalisierung von der (analogen) Planung zur modellbasierten Baustelle</b> Franziska Asel, B. Sc., Dr. rer. nat. Klaus Tilger	<b>203</b>
<b>8.3</b>	<b>Digitalisierung im Straßenbau: BIM-Datenmodell in der Praxis</b> Dipl.-Ing. (FH) Andreas Dieterle	<b>215</b>
<b>9.0</b>	<b>Innovative neue Ideen</b>	
<b>9.1</b>	<b>Bioasphalt</b> Isa Landthaler	<b>219</b>
<b>9.2</b>	<b>Grenzbetrachtungen zum Einbau von Asphaltmischgut in Steilkurven</b> Dipl.-Ing. (FH) Klaus Görgner	<b>223</b>
<b>9.3</b>	<b>Asphalt mit besonderen Eigenschaften: nachhaltig, sicher und repräsentativ</b> Dipl.-Ing. Sven Gohl	<b>225</b>
<b>10.0</b>	<b>Industriebeiträge Asphalt</b>	
<b>10.1</b>	<b>Die Zukunft des Schichtenverbunds im Asphaltbau?</b> Matthias Geißler	<b>233</b>
<b>10.2</b>	<b>Moderne Baustoffe im Erhaltungsmanagement – Was PMMA-Bindemittel leisten können</b> Arnd Laber	<b>235</b>

<b>11.0</b>	<b>BIM – Digitale Zwillinge</b>	
<b>11.1</b>	<b>Digitale Zwillinge zur Bewertung von Maßnahmen für die Mobilitätswende</b> Dipl.-Ing. (FH) Eugen Hilbertz	<b>241</b>
<b>11.2</b>	<b>Digitale Zwillinge von Straßeninfrastrukturen – Theorie, Umsetzungsbausteine und Implementierung</b> Dipl.-Ing. Christian Forster, Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Tim Zinke	<b>247</b>
<b>11.3</b>	<b>Field 2 BIM</b> Jan Köchy, M. Sc., Dipl.-Ing. (FH) Alexander Haag	<b>253</b>
<b>12.0</b>	<b>Boden/Erdbau</b>	
<b>12.1</b>	<b>Neuerungen im qualifizierten Umgang mit Böden und mineralischen Ersatzbaustoffen in Baden-Württemberg</b> Dr.-Ing. Thomas Chakar	<b>263</b>
<b>12.2</b>	<b>Bodenschutz im Verkehrswegbau</b> Janis Grozinger, M. Sc.	<b>265</b>
<b>13.0</b>	<b>Bauweisen/Textur</b>	
<b>13.1</b>	<b>Durchgehend bewehrte Betonfahrbahndecke und Gussasphalt nebeneinander: die Versuchsstrecke auf der Autobahn A 61</b> ORR Dipl.-Ing. Stefan Höller	<b>269</b>
<b>13.2</b>	<b>Leistungsoptimierte Oberflächentexturen</b> Dipl.-Ing Tim Alte-Teigeler	<b>279</b>
<b>13.3</b>	<b>Einfluss von straßenseitigen Parametern auf das Entwässerungsverhalten von Fahrbahnoberflächen</b> Barbara Johansson, M. Sc., Dr.-Ing. Stefan Alber, Matthias Stein, M. Sc., Prof. Dr.-Ing. Wolfram Ressel	<b>281</b>
<b>14.0</b>	<b>Recycling</b>	
<b>14.1</b>	<b>Kombinierte Bauweise Beton – Asphalt</b> Dipl.-Ing. Dr. Alfred Weninger-Vycudil, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Michael Wistuba	<b>289</b>
<b>14.2</b>	<b>Vom Abfall zum Rohstoff</b> Dipl.-Ing. David Heijkoop	<b>293</b>

<b>15.0</b>	<b>Qualitätssicherung</b>	
<b>15.1</b>	<b>Qualitätssicherung von Kampagnen der Zustandserfassung und -bewertung kommunaler Verkehrsflächen</b>	<b>307</b>
	Dipl.-Ing. Christiane Krause, Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Pfeifer, Prof. Dr.-Ing. Markus Stöckner, Dr.-Ing. Ute Stöckner	
<b>15.2</b>	<b>Mobiles Laserscanning zur Qualitätssicherung im Betonstraßenbau</b>	<b>317</b>
	Dipl.-Geogr. Maximilian Sesselmann, Dipl.-Ing. Steffen Scheller, Dipl.-Ing. Chris Herrmann, Prof. Dr.-Ing. Andreas Großmann	
<b>16.0</b>	<b>Infrastrukturbau</b>	
<b>16.1</b>	<b>Auswirkungen von Infrastrukturkanälen auf die Nachhaltigkeit von Quartierserschließungen</b>	<b>331</b>
	Marius Raff, B. Eng	
<b>16.2</b>	<b>Instandsetzung einer Natursteinmauer</b>	<b>337</b>
	Dipl.-Ing., Dipl.-Ing. (FH) Michael Schätzl	
<b>16.3</b>	<b>Modulare Bauverfahren zur Böschungssicherung</b>	<b>343</b>
	Mark Biesalski	
<b>17.0</b>	<b>Radverkehr</b>	
<b>17.1</b>	<b>Förderung des Radverkehrs im Winter durch optimierten Winterdienst</b>	<b>349</b>
	Prof. Dr.-Ing. Thorsten Cypra, Prof. Dr.-Ing. Christian Holldorb, Tim Wiesler, M. Sc., Niklas März, M. Eng.	
<b>17.2</b>	<b>Netzkategorisierung für den Radverkehr in Baden-Württemberg nach den Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN)</b>	<b>355</b>
	Yannik Wohnsdorf, M. Sc.	
<b>17.3</b>	<b>Mobilitätswende gestalten – Projekte mit agilem, integrativen Arbeiten erfolgreich umsetzen</b>	<b>357</b>
	Prof. Dr.-Ing. Alexander Buttgereit, Katharina Thomalla, M. Sc. Geographie, Dipl.-Ing. Andreas Pott, Dipl.-Ing. Andreas Groot-Körmelink	
<b>17.4</b>	<b>Qualitätsbewertung von Radverkehrsnetzen</b>	<b>363</b>
	Prof. Dr.-Ing. Markus Stöckner	

<b>18.0</b>	<b>BIM auf der Baustelle</b>	
<b>18.1</b>	<b>Modellbasierte Prozesssteuerung im Tief- und Straßenbau in der Bauausführung</b> Martin Grüninger, Steffen Matthes	<b>375</b>
<b>18.2</b>	<b>RealSite5D: Technologie der echten modellbasierten Leistungsmeldung beim Bauen</b> Dr. Veit Appelt	<b>381</b>
<b>19.0</b>	<b>Pflaster</b>	
<b>19.1</b>	<b>Das neue Merkblatt für Randeinfassungen und Entwässerungsrinnen in der Praxis (M RR)</b> Dipl.-Ing. (FH) Bernd Burgetsmeier	<b>391</b>
<b>19.2</b>	<b>Das erweiterte Merkblatt für die bauliche Erhaltung von Verkehrsflächen mit Pflasterdecken, Platten- und Großformatbelägen sowie von Einfassungen (M BEP)</b> Dipl.-Ing. (FH) Bernd Burgetsmeier	<b>405</b>
<b>19.3</b>	<b>Rutschwiderstand von Pflaster- und Plattenbelägen für Fußgängerverkehrsflächen</b> Prof. Dipl.-Ing. Berthold Best, Marcel Ayasse, Jaqueline Mailer, Carolin Moritz, Abdullah Özgül, Hannah Schumann	<b>425</b>
<b>19.4</b>	<b>Ansatz zur rechnerischen Dimensionierung ungebundener Pflastersteinaufbauten in Österreich</b> Dipl.-Ing. Franziska Gober, Assistant Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Lukas Eberhardsteiner, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Ronald Blab	<b>433</b>
<b>Anhang</b>		
	<b>Programmausschuss</b>	<b>443</b>
	<b>Autorenverzeichnis</b>	<b>445</b>







# Plenarvorträge





# Aktuelles aus der Straßenbau-/Mobilitätsverwaltung

**Andreas Hollatz**

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, Stuttgart

## Zusammenfassung

Im Koalitionsvertrag „Jetzt für Morgen – Der Erneuerungsvertrag für Baden-Württemberg“ wurden ehrgeizige Ziele für das Erreichen der Klimaneutralität formuliert. Der Wandel im Verkehrssektor ist dabei für den Klimaschutz und die Erreichung der Klimaschutzziele unabdingbar. Im Bereich des Straßenbaus verfolgt das Ministeriums für Verkehr diese Ziele mit zahlreichen Maßnahmen:

Mit dem Ausbau der Radverkehrsinfrastruktur in Form von Radschnellwegen soll der Anteil des Radverkehrs erhöht und damit die Mobilität ökologischer werden. Mittels Photovoltaikanlagen im Bereich der Straßeninfrastruktur soll außerdem ein Beitrag zur regenerativen Energiegewinnung geleistet werden.

Klimaschutz und Ressourcenschonung ergeben sich aus möglichst hochwertig gebauten und damit dauerhaften Straßen. Mithilfe von BIM können die Planungen präziser vorgenommen werden. Mordernste Baumaschinen sind dann in der Lage, auf Grundlage der Planungsdaten Einbauschwankungen mit entsprechenden Baumängeln zu minimieren. Daher setzt sich die Straßenbauverwaltung dafür ein, dass die Planungen in den nächsten Jah-

ren mit der BIM-Methodik weitestgehend vorgenommen und der Bau der Straßen mithilfe neuester Vermessungs- und Einbautechnik umgesetzt wird. Um Zielen der Ressourcenschonung gerecht zu werden, wird beim Bau ein möglichst hochwertiger Einsatz von mineralischen Ersatzbaustoffen wie bspw. Asphaltgranulat und Betonaufbruch vorgesehen, welche in der Planung und beim Bau entsprechend zu berücksichtigen ist.

Zudem spielt die Resilienz gegenüber Klimaveränderungen wie Temperaturanstiege eine immer größere Rolle beim Straßenbau, insbesondere in Süddeutschland. Die Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg ergreift in all diesen Bereichen konkrete Maßnahmen, um ihren Beitrag in all diesen Transformationsprozessen zu leisten.



# Zukunft der Bundesautobahnen gestalten

## Die Autobahn GmbH des Bundes bietet neue Möglichkeiten des Fortschritts

**Dr.-Ing. Bastian Wacker**

Die Autobahn GmbH des Bundes, Berlin

**Derya Guran**

Die Autobahn GmbH des Bundes, Berlin

### Zusammenfassung

Nach zwei intensiven Jahren der Transformation hat die Autobahn GmbH des Bundes am 01.01.2021 ihre Tätigkeiten in den Kernbereichen Planung, Bau und Betrieb für die Bundesautobahnen aufgenommen. Mit insgesamt 10 Niederlassungen, 41 Außenstellen und 189 Autobahnmeistereien wurde ein lückenloses, bundesweite Kompetenznetz aufgebaut. Die Abteilung Innovation hat mit der Innovationsstrategie „Vorfahrt für Innovation – Innovationsmanagement in der Autobahn GmbH des Bundes“ eine strukturierte Vorgehensweise für Innovationsprojekte etabliert, um die Trends sowie Zukunftsthemen zügig in die Umsetzung zu bringen und mit allen internen wie externen Partnern zusammenarbeiten zu können. Durch die zentrale Herangehensweise und die Bündelung der vorhandenen Erfahrungen können Themen wie Building Information Modelling (BIM) und der Ausbau der Schnelladeinfrastruktur bundesweit einheitlich umgesetzt werden.

### 1. Einführung

Die Autobahn GmbH des Bundes (kurz: Die Autobahn GmbH) übernahm zum 1. Januar 2021, nach zwei intensiven Jahren des Aufbaus, die Gesamtverantwortung für Planung, Bau, Betrieb, Verkehrsmanagement, Erhalt, Finanzierung und vermögensmäßige Verwaltung aller Bundesautobahnen in Deutschland. Damit werden die jahrzehntelangen Erfahrungen aus 16 Bundesländern gebündelt und gleichzeitig neue technologische Entwicklungen genutzt, um ein modernes und innovatives Unternehmen zu gestalten sowie die Bundesautobahnen zu noch sichereren, leistungsfähigeren und nachhaltigeren Verkehrswegen auszubauen. Der Aufbau der neuen Gesellschaft hat Mitte 2019 begonnen und konnte den Betrieb mit dem Zwischenziel der „Tag 1-Bereitschaft“ am 01. Januar 2021 sicherstellen. Diese Betriebsbereitschaft wird aktuell noch durch Kooperationsvereinbarungen mit den Bundesländern sichergestellt, die allerdings bis zum 31. Dezember 2023 beendet werden. Bis dahin sind alle IT-Systeme sowie Datenbestände ins Autobahn Netz überführt und werden konsolidiert.

Einen wesentlichen Beitrag soll die Entwicklung, Erprobung und die zügige Implementierung neuer, aber auch bewährter Technologien und Geschäftsmodelle mit innovativem Charakter für die Autobahnen leisten. Hierzu nehmen die 10 Niederlassungen, 41 Außenstellen und 189 Autobahnmeistereien eine entscheidende Rolle ein. Die Abteilung Innovation hat mit der Innovationsstrategie „Vorfahrt für Innovation – Innovationsmanagement in der Autobahn GmbH des Bundes“ [1] eine strukturierte und transparente Vorgehensweise für Innovationsprojekte etabliert, um gemeinsam die Trends sowie Zukunftsthemen in die Umsetzung zu bringen. Dabei werden die Ziele Verfügbarkeit, Sicherheit und Nachhaltigkeit des Autobahnnetzes verfolgt. Fortschrittliche Entwicklungen zur Verkehrs- und Energiewende, der Digitalisierung sowie der Klimaschutzmaßnahmen sind dabei wesentliche Treiber.

Um den Gründungsgedanken der Autobahn GmbH – schneller und effizienter Planen, Bauen, Betreiben und Erhalten – mit Leben zu füllen, werden innovative Ansätze im Straßenwesen, dem konstruktiven Ingenieurbau, der intelligenten Verkehrssteuerung und dem effizienten Betrieb unterstützt. Durch diese Maßnahmen wird eine Infrastruktur der Zukunft gestaltet, die eine Nutzung neuer Mobilitätsformen und erneuerbarer Energien ermöglicht und höhere Sicherheit für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie Nutzerinnen und Nutzer bietet.

Mit der Gründung der Autobahn GmbH eröffnen sich auch neuen Chancen, um die vorhandenen und entstehenden Herausforderungen aufzugreifen und in Zusammenarbeit mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, der Wirtschaft, der Wissenschaft und der Politik anzugehen. Hierzu will die Autobahn GmbH ein Umfeld „pro Innovation“ schaffen und fördern. Durch Aktivitäten, wie z. B. den Rudentisch Baumanagement, werden aktuelle Entwicklungen von allen Beteiligten aufgegriffen und gemeinsam weiterentwickelt, zudem können durch die frühzeitige Einbeziehung Hürden und Vorbehalte abgebaut werden. Durch die zentrale Herangehensweise und die Bündelung der vorhandenen Erfahrungen können Themen wie Building Information Modelling (BIM) und der Ausbau der Schnelladeinfrastruktur bundesweit einheitlich umgesetzt werden. Des Weiteren werden Pro-

themen in die Umsetzung zu bringen. Dabei werden die Ziele Verfügbarkeit, Sicherheit und Nachhaltigkeit des Autobahnnetzes verfolgt. Fortschrittliche Entwicklungen zur Verkehrs- und Energiewende, der Digitalisierung sowie der Klimaschutzmaßnahmen sind dabei wesentliche Treiber.

jekte umgesetzt, die unmittelbar Einfluss auf Prozesse nehmen, um z. B. gesetzte Anforderungen mit neuen Entwicklungen erreichen zu können. Hier sind unter anderem Projekte im Bereich des Lärmschutzes zu nennen. Andererseits können Entwicklungen den Arbeitsalltag für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf den Autobahnen revolutionieren. Hier können Technologien wie z. B. die Drohnentechnologie weitere Einsatzfelder eröffnen und einen attraktiven wie sicheren Arbeitsplatz gestalten.

## 2. Innovationsstrategie der Autobahn GmbH

Als Basis für die Innovationsstrategie dienen drei übergeordnete Trendfelder, in den die Autobahn GmbH neue Technologien nutzt, um eine Weiterentwicklung zu erreichen. Zu diesen Trendfeldern gehören die Digitalisierung, die Nachfrage nach mehr individueller Mobilität und die Nachhaltigkeit. Mit der Anwendung von Zukunftstechnologien sollen Verbesserungen in den Kernaufgaben aber auch dem Klimaschutz sowie im Verkehrs- und Energiesektor erreicht werden. Hierzu werden wissenschaftliche Erkenntnisse genutzt, um den aktuellen Stand der Technik weiterentwickeln zu können.

Eine leistungsfähige und sichere Infrastruktur kommt den Nutzerinnen und Nutzern aber auch den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zugute, daher werden alle Maßnahmen hieran ausgerichtet. Im Rahmen der Bewertungsschritte werden einheitliche und transparente Kriterien angewendet, die durch weitere regionale Erfahrungen angereichert werden können. Im Fokus stehen anwendungsreife Innovationen, die den Sprung in das reale Verkehrssystem erreichen können. Hierzu wird ein aktives Netzwerkmanagement betrieben, um Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zu begleiten und ggf. zu unterstützen aber auch eigene Projekte zu initiieren, um Erfahrungen im realen Umfeld aufbauen zu können. Das Zusammenspiel dieser Faktoren bringt für alle Beteiligten die optimalen Rahmenbedingungen.

Die Auswahl aber auch die zielgerichtete Umsetzung von Ideen können durch entsprechende Schnittstellen und Netzwerke im Rahmen eines partnerschaftlichen Zusammenarbeitens erreicht werden. Dies kann autobahnintern aber auch mit externen Partnern erfolgen, um die langfristigen Ziele gemeinsam erreichen zu können. Diese Ziele befassen sich mit der bestmöglichen Mobilität und Leistungsfähigkeit des Verkehrsnetzes (Verfügbarkeit), der effizienten Verkehrssteuerung in potenziellen Gefahrensituationen (Sicherheit) und den Auswirkungen auf Umwelt, Klima und Soziales (Nachhaltigkeit). Zur Erreichung dieser Ziele wurden acht Innovationsschwerpunkte für die Kerntätigkeiten (Planung, Bau, Betrieb und Verkehr) definiert (Abb. 1).



Abb. 1: Innovationsschwerpunkte der Autobahn GmbH

Mit dem Innovationsschwerpunkt „**Bauweisen**“ sollen langlebige und wartungsarme Bauweisen in den Fokus genommen werden, dabei stehen neue Fertigungsverfahren und Bauverfahren sowie alternative Roh- und Baustoffe besonders in der Betrachtung. Der Innovationsschwerpunkt „**Smart Data**“ beschäftigt sich insbesondere mit der Etablierung von Geodateninfrastrukturen und der Verarbeitung von dynamischen und statischen BigData-Ansätzen, zudem wird auch die BIM@Autobahn Strategie diesem Schwerpunkt zugeordnet. Im Innovationsschwerpunkt „**intelligenter Verkehr**“ werden die Möglichkeiten zur optimalen und sicheren Nutzung der vorhandenen Infrastruktur verortet, hierzu zählt die Vernetzung von Fahrzeugen mit der Infrastruktur aber auch ein intelligentes Baustellenmanagement. Mit dem Innovationsschwerpunkt „**Konnektivität**“ wird die Autobahn durch die digitale Vernetzung mit allen Beteiligten zur Kommunikationsplattform, dies beinhaltet das vollautomatisierte Fahren, den Aufbau neuer Serviceangebote verschiedener Verkehrsträger aber auch die direkte Bereitstellung von Informationen an die Nutzerinnen und Nutzer. Familien- und nutzerfreundliche Rast- und Parkplätze sowie moderne, energieeffiziente und klimaneutrale Technik in den Autobahnmeistereien der Zukunft werden im Innovationsschwerpunkt „**Service**“ aufgenommen. Die Themen der alternativen Antriebe inkl. der erforderlichen Ladeinfrastruktur und die Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen aber auch Themen rund um die Lärmreduzierung und der Verknüpfung von Lebensräumen werden im Innovationsschwerpunkt „**Energie und Umwelt**“ verortet. Innerhalb des Innovationsschwerpunkt „**Sicherheit**“ werden technologische Entwicklungen zur Erhöhung der Sicherheit für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie für die Nutzerinnen und Nutzer beleuchtet, dabei spielen angepasste Parksysteme, zukunftsweisende Straßenausstattungen aber auch modernen Absicherungsfahrzeugen eine wesentliche Rolle. Für innovationsfreundliche Rahmenbedingungen ist der Innovationsschwerpunkt „**Vergabe**“ ein wesentlicher Baustein, um Qualitätsverbesserungen, Baubeschleunigungen und Umweltschutzmaßnahmen schneller in die Praxis zu integrieren.

Der Innovationsprozess der Autobahn GmbH ist in drei Phasen aufgebaut und ermöglicht einen praxisnahen, transparenten und zielorientierten Entscheidungs-

weg. Dabei werden in der ersten Phase durch ein aktives Netzwerkmanagement vorhandene Ideen und Bedarfe gemeinsam entwickelt, eingesammelt und ggf. vorsortiert. In der zweiten Phase erfolgen verschiedene Prüfschritte, die sich auf formale und fachliche Kriterien stützen. Hier wird eine sehr enge Zusammenarbeit mit den Fachexperten in den Niederlassungen sowie zu externen Partnern gesucht. Die Umsetzung von Projekten durch die Niederlassungen erfolgt in der dritten Phase und wird regelmäßig einem Monitoring unterzogen.

### 3. Aktuelle Projekte in der Umsetzung

In den folgenden Unterkapiteln wird eine Auswahl an Projekten aufgeführt, die sich derzeit in der Umsetzung befinden. Weitere Projekte beschäftigen sich beispielsweise mit dem Thema des Brückenmonitorings aber auch der Verschneidung von Informationen zur Bewertung von Streckenabschnitten, zudem werden Projekte im Bereich des Verkehrsmanagements umgesetzt. Andere Projekte sind im Planungsstadium und werden im Jahr 2023 weiter vorangetrieben.

#### 3.1 Lärmschutzmaßnahmen

Durch neue gesetzliche Rahmenbedingungen wird es immer schwieriger die hohen Anforderungen zum Schutz der Anwohnerinnen und Anwohner mit konventionellen Maßnahmen (z. B. Lärmschutzwände und -wälle, offenporige Deckschichten) wirtschaftlich aber vor allem technisch erfüllen zu können. Aus diesem Grund ist es wichtig neue Entwicklungen im realen Einsatzbereich zu erproben und Erkenntnisse für die zukünftigen Anwendungsfälle zu gewinnen. Neben gezielte Oberflächenbehandlungen der Deckschicht können spezielle Elemente (z. B. Diffraktoren) im Verkehrsraum die vorhandenen Maßnahmen unterstützen.



Abb. 2: Diffraktorsystem auf einer Lärmschutzwand montiert

Diffraktorsysteme sollen den Schall (Verkehrslärm) nach oben ablenken und durch die damit einhergehende Streuung zu einer Reduzierung des Verkehrslärms für die Anwohnerinnen und Anwohner führen. Die Elemente be-

stehen aus verschiedenen tiefen Kammern und können so verschiedene Frequenzanteile des Verkehrslärms möglichst vollständig ablenken (Abb. 2). Das Wirkprinzip ist dabei keine neue Erfindung, sondern vielmehr ist es gelungen das Wirkprinzip in ein standardisiertes Produkt zu überführen.

Die Autobahn GmbH führt hierzu in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) Maßnahmen an verschiedenen Standorten im Bundesgebiet durch. Dabei werden unterschiedlichste Anwendungsfälle beleuchtet, um die Möglichkeiten und Grenzen der Systeme ausloten zu können. Ziel ist es, dass anhand der Erfahrungen weitere Empfehlungen für die Anwendung aber auch der Aufnahme in Regelwerke erfolgen können. Hierzu werden Messkonzepte angewendet, die es ermöglichen einen direkten Vergleich zwischen den Referenzabschnitten und den Abschnitten mit den neuen Maßnahmen durchzuführen.

#### 3.2 BIM@Autobahn

Die Autobahn GmbH hat durch den Neuaufbau der Gesellschaft die Möglichkeit, die kollaborative Arbeitsmethode Building Information Modeling (BIM) nach dem BIM-Masterplan [2] anhand vorhandener Erfahrungen aus den Bundesländern, weiterer nationaler und internationaler Infrastrukturbetreiber und den aktuellen technischen Entwicklungen auf Basis der Open-BIM-Philosophie und Cloud-First-Strategie aufzusetzen. Hierbei werden die drei Phasen des BIM-Masterplans durchlaufen und Vorbereitungen für den Regelprozess ab 2025 mit einem optimierten Informationsfluss gelegt. Wesentlich bei der Arbeitsmethode ist es, dass die Datenverluste während der Übergabe von (Zwischen-)Ergebnissen bzw. während der Nutzungszeit verhindert wird und sich der Informationsstand während der gesamten Nutzungsdauer stetig aufbaut. Zu Erreichung dieser Ziele setzt die Autobahn GmbH auf den engen Austausch mit allen relevanten Stakeholdern und hat die Leitung der Pflegestelle Bundesfernstraßen im BIM-Portal übernommen.

Bei der BIM@Autobahn Strategie wird die zentrale Datenmanagement Plattform (Enterprise Information Management System = EIM) der Autobahn genutzt, um allen beteiligten Partnern denselben und aktuellen Planungsstand der einzelnen Modelle zur Verfügung stellen zu können. Hierzu ist es erforderlich eine solide fachliche Basis innerhalb der Gesellschaft aufzubauen und die vorhandenen Erfahrungen nutzbar zu machen. Dies geschieht durch aktuell fünf Arbeitsgruppen, in denen Ansprechpartner aus den einzelnen Niederlassungen und des zentralen BIM-Managements die Themen „Methoden-Daten- und Kommunikationsmanagement“, „Informationsmanagement“, „Anwendungsfälle, Umsetzung und Pilotierung“, „Organisatorisches und Rahmenbedingungen“ sowie „Personalentwicklung und BIM-Schulungen“ bearbeiten und die erforderlichen Grundlagen für die Autobahn GmbH erstellen. Im Regelprozess sollen lokale Ansprechpersonen in den Niederlassungen zur Verfügung stehen, um als direkte Unterstützung in den Projekten die aktuellen, unternehmensweiten Entwick-



lungen einzubringen und die Projekte begleiten zu können. Damit dies zusammen mit den externen Partnern funktionieren kann, sind bestimmte Regeln und Pflichten zu vereinbaren. Hierzu wurde eine Auftraggeber-Informationsanforderung (AIA) in der ersten Version erstellt und in ersten Projekten eingebracht. Durch diese klaren Rollenverteilungen werden die Ressourcen auf allen Seiten optimal genutzt und die Vielzahl der Projekte lassen sich effizient steuern (Abb. 3).

flexibler durch die Betrachtung aus der Vogelperspektive ermöglichen. Hierzu bietet die Drohnentechnologie in Kombination mit der Digitalisierung verschiedene Einsatzmöglichkeiten. Innerhalb der Autobahn GmbH werden verschiedene Einsatzmöglichkeiten gesehen: Neben der Öffentlichkeitsarbeit können Informationen zu Bauwerken, Vegetationsflächen, Verkehrs- oder Baustellen-situationen aus der Luft schnell und unkompliziert gewonnen werden.

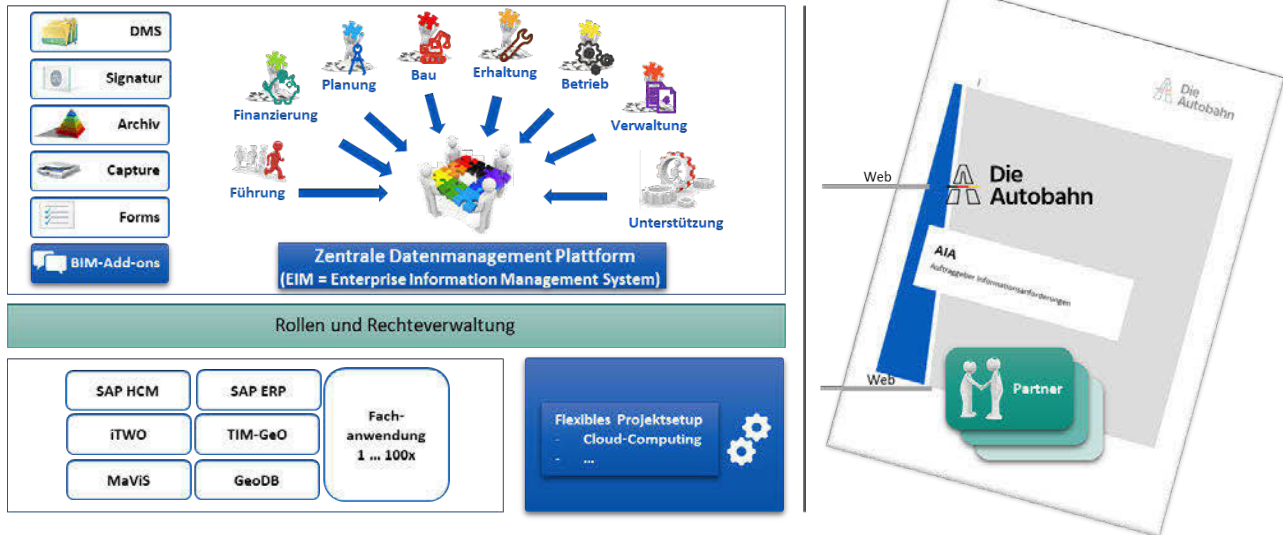


Abb. 3: Auftraggeber Informationsanforderung für ein einheitliches Rollenverständnis in BIM Projekten

Ein wesentlicher Punkt für eine ganzheitliche Umsetzung eines objektorientierten Informationsmanagements ist die standardisierte Bearbeitung von Projekten mit einer einheitlichen Attributierung durch einen klaren und schlüssigen Objektkatalog. Diese Vorgehensweise vereinfacht die Zusammenführung und vor allem die automatisierte Kontrolle der einzelnen Teilmodelle im Gesamtmodell. Der Objektkatalog wird für alle Phasen der Nutzung – Planung, Bau, Betrieb – benötigt, damit während der Nutzungszeit keine Verluste an Informationen auftreten und dieselbe Sprache gesprochen wird. Grundlage ist eine standardisierte Klassifizierung nach Objektgruppe, Objektklasse und ggf. Objekttyp. Weitere Merkmalswerte (z. B. Materialien, Produktionszeiten) können den jeweiligen Objekten projektspezifisch hinzugefügt werden. Durch den Objektkatalog können verschiedene Partner in den Teilmodellen die eigenen Planungen für das Gesamtmodell erarbeiten. Nur durch diese systematische Arbeitsweise lassen sich die Schnittstellen zwischen den Disziplinen Straßenbau, Landschaft und Umwelt, Geotechnik, Ingenieurbau sowie Tunnelbau optimal nutzen, zusammenführen und die höchste Datenqualität erreichen.

### 3.3 Drohnentechnologie

Die Betrachtung und das Monitoring großer Flächen oder großer Infrastrukturelemente lässt sich häufig besser und



Abb. 4: Brückenlager Kontrolle durch den Betriebsdienst

Ein aktuelles Projekt beschäftigen sich mit der Unterstützung des Betriebsdienst während der täglichen Arbeit. Im Laufe des ersten Projektes werden Einsatzmöglichkeiten in fünf Autobahnmeistereien der Niederlassung West gewonnen. Insbesondere sind dort Einsatzzwecke im Bereich der Sichtprüfung von Brückenlagern (Abb. 4) oder unzugänglichen Bereichen zu nennen. Dies beinhaltet die Bereitstellung von kurzfristigen und kostengünstigen Informationen für Brückenprüfer (ohne Spezialequipment (Brückenuntersichtsgerät)), damit weitere Maßnahmen genauer und umfassender geplant werden

konnten. Aber auch bei der Kontrolle von Waldgebieten konnten entscheidende Informationen zur Angebotseinholung bzgl. der Grünpflege gewonnen werden, weil eine reine Betrachtung von unten (Waldboden) deutlich weniger Auffälligkeiten gezeigt hatte. Weitere Einsatzbereiche bewegen sich in der Kontrolle von unbewirtschafteten Rastanlagen oder den autobahneigenen Grundstücken und Gebäuden.

Die Autobahn GmbH setzt den Plan in zwei parallelllaufenden Projekten um. Zum einen werden 200 unbewirtschaftete Rastanlagen mit 4, 6 oder 8 Schnellladepunkten ausgestattet. Hierzu findet eine Ausschreibung von insgesamt sechs Losen statt, damit die Auftragnehmer der Autobahn GmbH den Aufbau sowie den Betrieb für die kommenden Jahre sicherstellen. Parallel wird den Koncessionären der bewirtschafteten Rastanlagen ein Ange-



Abb. 5 Baufortschrittdokumentation mittels Luftbildaufnahmen

Je nach Ausstattung der Drohnen können weitere Ergebnisse gewonnen werden. Hier das Projekt „Monitoring von Vegetationsflächen mittels UAV (Drohne)“ zu nennen, bei dem unter anderem Ausgleichsflächen mit einer Spektralkamera befliegen werden und im Anschluss der Zustand des Bewuchses analysiert werden kann. Dabei lässt sich eine Dokumentation durchführen aber auch Stellen ermitteln an denen möglicherweise Maßnahmen ergriffen werden müssen, um das geplante Ergebnis der Ausgleichsfläche erreichen zu können (Beitrag im Rahmen des 3. Kolloquium Straßenbau in der Praxis). Zudem werden weiterhin Einsatzbereiche für Vermessungszwecke, Baufortschrittdokumentation (Abb. 5) und bei der der Brückenprüfung beobachtet und analysiert.

### 3.4 Schnellladeinfrastruktur

Durch das „Gesetz über die Bereitstellung flächendeckender Schnellladeinfrastruktur für reine Batterieelektrofahrzeuge (Schnellladegesetz - SchnellLG)“ [3] und durch den Koalitionsvertrages „Mehr Fortschritt wagen - Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit“ [4] der akt. Bundesregierung wurde der Aus- und Aufbau der Schnellladeinfrastruktur entlang der Bundesautobahnen in den Fokus gerückt. Die Autobahn GmbH hat vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) den Auftrag erhalten die Schnellladeinfrastruktur für Pkw auf den bewirtschafteten und unbewirtschafteten Rastanlagen auszubauen. Dieser Ausbau findet im Einklang mit dem Ausbau der Schnellladeinfrastruktur im nachgeordneten Netz statt. Ziel ist es, dass alle 10 Fahrminuten eine Schnellladeinfrastruktur zur Verfügung steht und so die Nutzung von elektrisch betriebenen Fahrzeugen auch für die Langstrecke attraktiv wird.

bot unterbreitet die Anforderungen der Nationalen Leitstelle zu den ermittelten Ladepunkte aufzubauen und zu betreiben.

Neben den statischen Lademöglichkeiten verfolgt die Autobahn GmbH auch Aktivitäten im Bereich des dynamischen Ladens. Hierzu werden in Deutschland zwei Teststrecken mit Oberleitungssystemen zum Laden von Schwerverkehrsfahrzeugen betrieben (E-Highway: BAB A1 zwischen Reinfeld und dem Autobahnkreuz Lübeck und BAB A5 zwischen Frankfurt und Darmstadt) aber auch Forschungsaktivitäten bei der BASt zum Thema induktiven Ladens verfolgt. Als assoziierter Partner unterstützt die Autobahn GmbH ein Projekt zum prozesssicheren Einbau von Induktionsspulen während des Einbaus des gebundenen Oberbaus.

### 4. Fazit

Mit der Innovationsstrategie hat die Autobahn GmbH des Bundes direkt zu Beginn des Betriebsstart ein strukturiertes und transparentes System aufgebaut, um die Zukunft der Bundesautobahnen aktiv zu begleiten. Für alle Kernbereiche (Planen, Bauen, Betrieb und Verkehr) können Ideen in acht Innovationsschwerpunkten eingebracht werden. Innerhalb der ersten zwei Betriebsjahre wurden verschiedene, anwendungsreife Innovationen zur Bewertung im realen Einsatzbereich angestoßen und durchgeführt. Hierzu zählen Themen rund um den Lärmschutz aber auch Themen für die Erleichterung der täglichen Arbeit im Betriebsdienst oder dem Vegetationsmonitorings mittels Drohnentechnologie. Zudem werden die BIM@Autobahn Strategie und der Ausbau der Schnellladeinfrastruktur für die gesamte Autobahn GmbH ge-



steuert und zusammen mit den Niederlassungen für die Umsetzung vorbereitet. Gemeinsam mit internen wie externen Partnern können Ideen und Anwendungen aus der Forschungs- und Entwicklungsphase in das reale Einsatzgebiet überführt werden und weitere Erkenntnisse liefern. Die Weiterentwicklung der Infrastruktur kann und soll zusammen angegangen und umgesetzt werden.

#### **Literatur**

- [1] Die Autobahn GmbH des Bundes, „Vorfahrt für Innovationen - Innovationsmanagement in der Autobahn GmbH des Bundes,“ Berlin, 2021.
- [2] A. Meister, F. Scholz und S. Banemann, „Masterplan BIM Bundesfernstraßen,“ BMVI - Bundes-

ministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin, 2021.

- [3] „Gesetz über die Bereitstellung flächendeckender Schnellladeinfrastruktur für reine Batterieelektrofahrzeuge (Schnellladegesetz - SchnellLG),“ 2021. [Online]. Available: <https://www.gesetze-im-internet.de/schnelllg/SchnellLG.pdf>. [Zugriff am 13.12.2022].
- [4] SPD, Bündnis 90/Die Grünen, FDP, „Mehr Fortschritt wagen - Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit,“ 2021. [Online]. Available: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/gesetzesvorhaben/koalitionsvertrag-2021-1990800>. [Zugriff am 13.12.2022].

# Straßenverkehrsinfrastruktur: digital, klimafreundlich, sicher

**PräsProf. Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Markus Oeser**  
Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

**Dr. Karl-Josef Höhnscheid**  
Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

## Zusammenfassung

Alle entwickelten und stark industrialisierten Länder verfügen über ein gut ausgebautes Straßennetz. Der Straßenverkehr ist das Rückgrat des gesamten Verkehrs. Gleichwohl hat die starke Fokussierung auf den Straßenverkehr und der Ausbau der Straßeninfrastrukturen in vielen Ländern der Erde zu Konsequenzen und Konflikten geführt, die nicht länger ignoriert werden dürfen. Die Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit des Straßenwesens einerseits und die ebenso notwendige Reduktion der mit dem Straßenverkehr verbundenen negativen Konsequenzen andererseits verlangen einen umfassenden, multidisziplinären Ansatz, der ingenieurwissenschaftliche, verhaltenswissenschaftliche und naturwissenschaftliche Aspekte vereint. Diese können schwerpunktartig unterschiedlichen Themenbereichen zugeordnet werden, von denen die Themen nachhaltiger Energieeinsatz, nachhaltiges Bauen, prädiktives Infrastrukturmanagement, proaktive Verkehrssicherheit und umweltfreundliches Verkehrswesen hier kurz vorgestellt werden.

## 1. Einführung

Der Straßenverkehr und die Straßeninfrastruktur geraten zunehmend unter Druck. Einerseits führen die starken Beanspruchungen der Brücken und Straßen zu einer erhöhten strukturellen Ermüdung und zum verfrühten Erreichen der Designlebensdauer. Andererseits ist die Straßeninfrastruktur vom Klimawandel besonders betroffen, da heiße Sommer, starker Regen, Stürme oder Hochwasser direkt auf diese Strukturen einwirken. Neben den verkehrlichen und klimatischen Einwirkungen hat der Straßenbau und -verkehr auch mit erheblichem gesellschaftlichem Druck zu kämpfen. Einerseits gehen die Genehmigung und der Baufortschritt von Infrastrukturmaßnahmen vielen Menschen in unserem Land nicht schnell genug, sie beklagen mangelnde Verfügbarkeit und lange Staus. Andererseits wird von manchen Menschen dem motorisierten Individualverkehr und der zugehörigen Infrastruktur in weiten Bereichen die Nachhaltigkeit und damit Zukunftsfähigkeit abgesprochen. Zwischen diesen beiden gesellschaftlichen Lagern entwickelt sich ein „Freund-Feind-Denken“, das von zunehmender Aggressivität geprägt ist, häufig auf Vorurteilen beruht und in wertend-moralischen Urteilen gegenüber dem jeweils anders Denkenden endet. Das sind keine guten Voraussetzungen. Deshalb ist es Zeit für eine sachliche Debatte. Dazu zwei Perspektiven auf die Straße und den Straßenverkehr:

Warum ist es eigentlich so, dass ausnahmslos alle entwickelten und stark industrialisierten Länder unserer Welt über ein gut ausgebautes Straßennetz verfügen? Haben die Entscheidungsträger all dieser Länder etwa die gleiche und vermeintlich falsche Entscheidung getroffen, indem sie vor allem auf straßengebundene Mobilität für den Personen- und Güterverkehr fokussierten? Um diese Entscheidung besser zu verstehen, lohnt es sich die Charakteristiken der Straße und des Straßenverkehrs einmal näher zu betrachten.

Die Straße ist die Infrastruktur für alle! Während die anderen Verkehrsinfrastrukturen nur mit sehr speziellen Verkehrsmitteln benutzt werden können, stehen die Straßen, Plätze und Wege einer riesigen Bandbreite an Verkehrsmitteln und Verkehrsarten zur Verfügung, ganz gleich, ob sie zu Fuß, mit dem Rad, dem Auto, dem Bus, dem Krankenwagen, dem Baufahrzeug oder dem Lieferwagen unterwegs sind. Jede Haustür, jede Schule, jedes Krankenhaus, jedes Geschäft und jede Firma sind an eine Straße angeschlossen. Das Straßennetz bildet die Matrix, in die die anderen Verkehrsinfrastrukturen eingebunden sind. Es existiert praktisch keine Wegekette ohne Straße. So gesehen sind Verkehrsinfrastrukturen – wie die Bahn, die Wasserwege und die Flughäfen – Inseln, die oft nur über das Straßennetz mit den Start- und Zielorten des Personen- und Güterverkehrs verbunden sind. Die aktiven Mobilitätsformen, die sich glücklicherweise wachsender Beliebtheit erfreuen, finden nahezu ausnahmslos auf dem Straßen- und Wegenetz statt. Straßen sind leicht nutzbar, auf ihnen lassen sich Güter- und Personentransporte meist ohne Umladen bzw. Umsteigen direkt vom Start- zum Zielort realisieren. Das Straßennetz hat eine hohe inhärente Resilienz. Lokale Störungen können in fast allen Fällen einfach umfahren werden. Straßen sind robust und deshalb oft die einzigen Verbindungen, die noch verfügbar sind oder zügig reaktiviert werden können, wenn extreme Wetterereignisse aufziehen. Kurz gesagt, es gibt viele gute Gründe für ein gut ausgebautes und intaktes Straßennetz.

Die starke Fokussierung auf den Straßenverkehr und der Ausbau der Straßeninfrastrukturen haben in vielen Ländern der Erde jedoch zu Konsequenzen geführt, die nicht länger ignoriert werden dürfen. Ein Blick in das Tabellenwerk „Verkehr in Zahlen“ [1] zeigt für Deutschland, dass im letzten Vor-Corona-Jahr (2019) 81,7 % der für den Verkehr verwendeten Energie auf den Straßenver-

kehr entfiel. Auf dem Straßennetz wurden im Jahr 2019 zwar 85,1 % der Personenverkehrsleistung und 71,4 % der Güterverkehrsleistung realisiert, jedoch bleibt der motorisierte Straßenverkehr im Hinblick auf die energetische Effizienz weit hinter dem Schienenverkehr zurück. Zudem wird die für den Straßenverkehr benötigte Energie (618 TWh in 2019) noch vorrangig aus fossilen Kraftstoffen bereitgestellt und belastet damit unser Klima. Durch eine optimale Verknüpfung von Straße und Schiene können die Stärken des jeweiligen Systems aktiviert werden. Erforderlich dafür ist die Schaffung von intermodalen Schnittstellen mit einem zielgerichteten Ausbau des Schienen- und Straßensystems und beispielsweise eine konsequente Verlagerung des Güterverkehrs über lange Strecken von der Straße auf die Schiene.

Zwar lassen sich Straßen – durch die geringeren Anforderungen an Steigung und Kurvenradien – recht gut an die jeweilige Geländelinie anpassen, dennoch ist der Bau von Straßen flächen-, energie- und ressourcenintensiv. Asphalt und Beton bestehen zum überwiegenden Teil aus mineralischen Rohstoffen. Für den Asphaltstraßenbau und die Erhaltung von Straßen mit Asphaltdecke wurden im letzten Vor-Corona-Jahr (2019) im Bundesfernstraßennetz ca. 2,65 Mio. m<sup>3</sup> Asphalt und 1,56 Mio. m<sup>3</sup> ungebundene Materialien eingesetzt [2]. Hierfür waren ca. 7,6 Mio. Tonnen mineralische Rohstoffe erforderlich. Hinzu kommen die Rohstoffe für die Straßen mit Betondecke, die Ingenieurbauwerke – wie Brücken und Tunnel – und die Straßen des nachgeordneten Netzes. Um den Bedarf an neuen Rohstoffen zu reduzieren, muss noch stärker als bisher auf den Einsatz von rezyklierten Baustoffen gesetzt werden. Der Asphaltstraßenbau ist hierfür ein sehr gutes Beispiel, denn hier steigt die Recyclingquote seit nunmehr 30 Jahren und liegt derzeit bei 84 % [2]. Das System Straße ist derzeit noch nicht gut für die Aufnahme von aktiven Mobilitätsformen vorbereitet. Ein Blick auf die Unfallzahlen des Jahres 2022 im Vergleich zum bereits mehrfach erwähnten letzten Vor-Corona-Jahr (2019) zeigt zwar einen Rückgang der Anzahl der Getöteten [3], beim Radverkehr verzeichnen ist aber leider ein Zuwachs zu verzeichnen. Das liegt unter anderem daran, dass das Zusammenspiel der konventionellen und aktiven Verkehre noch nicht gut genug funktioniert und dass das Straßennetz besonders in urbanen Bereichen nicht genug Fläche für die aktiven Mobilitätsformen bereitstellt. Die oben erwähnten Punkte sind nur ein Ausschnitt einer Vielzahl von Herausforderungen mit welchen der Straßenbau und der Straßenverkehr aktuell konfrontiert sind. Im Wesentlichen geht es dabei um die Erhöhung der ökologischen, sozialen und ökonomischen Nachhaltigkeit des Verkehrsträgers Straße.

## 2. Mögliche Lösungsansätze

Die Lösung des oben dargelegten Konflikts zwischen der Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit des Straßenverkehrs und der Straßenverkehrsinfrastruktur einerseits und der ebenso notwendigen Reduktion der mit dem Straßenverkehr verbundenen negativen Konsequenzen andererseits, verlangt einen umfassenden, multidisziplinären

Ansatz, der ingenieur-, verhaltens- und naturwissenschaftliche Aspekte vereint. Diese können schwerpunktartig fünf Themenbereichen zugeordnet werden:

### 2.1 Nachhaltiger Energieeinsatz

Eine leistungsfähige Straßeninfrastruktur stellt primär einen verlässlichen Transport von Personen und Gütern sicher. In diesem Zusammenhang hat die Straßenverkehrsinfrastruktur ihren Beitrag zur Ermöglichung eines energieeffizienten und -suffizienten Personen- und Güterverkehrs zu leisten. Die energetische Funktionalisierung der Infrastruktur kann hier einen entscheidenden Beitrag erbringen.

Der nachhaltige Betrieb der Infrastruktur beinhaltet weiterhin die Hebung der Potenziale zur Erzeugung von erneuerbarer Energie entlang der Infrastruktur insbesondere im Zusammenhang mit der effizienten, lokalen Nutzung der erzeugten Energie. Dies umfasst auch eine weitgehend klimaneutrale Gestaltung des Betriebsdienstes.

Die weitreichenden Transformationsprozesse benötigen eine entsprechende neutrale wissenschaftliche Begleitung, auf deren Basis letztendlich eine zielgerichtete Operationalisierung ermöglicht wird. Voraussetzung hierfür ist eine frühzeitige Einordnung von Zielkonflikten und die darauf aufbauende Anpassung technischer Regelwerke sowie die Bewertung unterschiedlicher Innovationspfade und Hochlaufsznarien verschiedener Technologien.

### 2.2 Nachhaltiges Bauen

Das Herstellen und Betreiben der gebauten Umwelt gehört zu den weltweit größten Energie- und Rohstoffkonsumenten und ist somit in besonderer Weise auf diese Ressourcen angewiesen. Im Unterschied zu anderen Branchen konnte weder der ökologische Fußabdruck noch der Ressourcenverbrauch in den vergangenen Jahren reduziert werden, weshalb hier dringender Handlungsbedarf besteht.

Zukünftig gilt es, die Bewertung von Projekten der Straßeninfrastruktur nicht mehr allein auf wirtschaftliche Kennwerte zu stützen, sondern Nachhaltigkeitsbewertungen für alle Phasen des Lebenszyklus zu entwickeln. Auf diese Weise sollen u.a. Minderungen der THG-Emissionen (z. B. durch die Verwendung umweltfreundlicherer Energieträger bei der Herstellung von Asphalt) oder reduzierte Ressourcenverbräuche (z. B. durch verringerte Aufbaudicken aufgrund hoher Material- oder Einbauqualität) in die Gesamtbewertung von Bau- und Erhaltungsmaßnahmen eingehen. Gleichzeitig sind bautechnische Entwicklungen, die einen Beitrag zur Steigerung der Nachhaltigkeit liefern können, zu unterstützen.

Diese bautechnischen und bewertenden Verfahren dienen Planern, der Verwaltung und der Baupraxis zur Auswahl und Anwendung nachhaltiger Lösungen für die Straßeninfrastruktur. Flankiert wird dieser Prozess von wirkungs- und anwendungsorientierter Forschung zu Nachhaltigkeitsaspekten unter Berücksichtigung von Kreislaufwirtschaft, Energieeffizienz und Schonung von

Ressourcen sowie zur Steigerung der Resilienz der Straßeninfrastruktur gegenüber dem Klimawandel.

Einen maßgebenden Beitrag zur Erreichung dieser Ziele kann die Digitalisierung leisten. Mit neuen digitalen Arbeitsmethoden, wie dem Building Information Modelling (BIM) [4], können Planungs-, Genehmigungs- und (Bau-)Prozessabläufe optimiert werden. Mit Hilfe Digitaler Zwillinge werden Bauwerke ganzheitlich erfasst und der gesamte Lebenszyklus bis hin zum Rückbau und zur Wiederverwendung der Baustoffe betrachtet.

### 2.3 Prädiktives Infrastrukturmanagement

Die bauliche Infrastruktur (Fahrbahn, Bauwerke) im Bundesfernstraßennetz weist Defizite infolge der gestiegenen Verkehrsbelastung, des hohen Alters der Bauwerke, 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. Eine moderne Bauwerksdiagnostik bzw. Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) in Verbindung mit digitalen Arbeitsmethoden – wie beispielsweise VR-AR-Ansätze in der Bauwerksprüfung – [5], 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 Methoden eines agilen Infrastrukturmanagements kann eine Reduzierung ungeplanter Sperrungen und folglich eine Verbesserung der Verfügbarkeit der Straßeninfrastruktur erreicht werden. Modernisierungs- und/oder Ersatzmaßnahmen werden planbarer. Negative Auswirkungen können, beispielsweise durch eine Reduktion der gesamtwirtschaftlichen Kosten, vermindert werden. Mit prädiktiven Ansätzen und optimierten (bau-) technischen Lösungen kann auch die Resilienz der Straßeninfrastruktur verbessert und ein wichtiger Beitrag zur nachhaltigen Straßeninfrastruktur geleistet werden.

### 2.4 Proaktive Verkehrssicherheit

Eine sichere Verkehrsteilnahme aller stellt das zentrale Ziel der Verkehrspolitik dar. Die bislang erzielten Erfolge der Verkehrssicherheitsarbeit gilt es auch unter veränderten Rahmenbedingungen zu bewahren und neue Potentiale zu erschließen, die sich aus den technologischen und gesellschaftlichen Entwicklungen sowie der gesellschaftlichen Akzeptanz für Maßnahmen ergeben.

Die Prävention und damit ein proaktives Sicherheitsmanagement spielt in der Verkehrssicherheitsarbeit bei Aufklärung, Ausbildung und Überwachung seit jeher eine große Rolle. Besonderes Augenmerk ist vor dem Hinter-

grund des demografischen Wandels auf die Zunahme des Anteils älterer Verkehrsteilnehmender und auf die Beförderung aktiver Mobilitätsformen zu richten. Vor dem Hintergrund der gesellschaftlichen und technologischen Entwicklungen ist es erforderlich, auf die jeweils adressierten Personen und Verkehrsarten zugeschnittene Lösungen zu entwickeln.

Sowohl proaktive als auch reaktive Verfahren mit Hilfe der Digitalisierung zu optimieren und effizienter zu gestalten, ist eine zentrale Zukunftsaufgabe. Unfallbelastete und/oder risikobehaftete Stellen im Straßennetz zu identifizieren und zielgerichtet geeignete Maßnahmen zu entwickeln, stellt eine Daueraufgabe für die Forschung dar. Hierbei gilt es, vor allem Maßnahmen zu entwickeln und zu optimieren, die der Entstehung von Unfällen vorbeugen. Hinsichtlich der Verfahren des Infrastruktursicherheitsmanagements werden proaktive Ansätze, die auf einer Risikobewertung basieren, zunehmend gegenüber den traditionellen reaktiven Verfahren an Bedeutung gewinnen. Sich verändernde Fahrzeugflotten bedeuten neue Herausforderungen für die Ausstattung von Straßen, so können sich beispielsweise Anprallszenarien verändern, die ggf. Anpassungen der Straßenausstattung erfordern. Für die Akzeptanz derartiger proaktiver Risikobewertungen sind wissenschaftlich fundierte Grundlagen notwendig.

Zur Beförderung aktiver Mobilitätsformen müssen neue planerische und bautechnische Ansätze entwickelt werden, sodass alle Bevölkerungsgruppen sicher zu Fuß und mit dem Rad / Pedelec etc. unterwegs sein können. Denn damit ist sowohl dem Klimaschutz als auch dem Schutz der Gesundheit der Bevölkerung durch ein sportlich-aktives Leben von frühest Kindheit bis ins hohe Alter auf sicheren Wegen Genüge getan. Eine besondere Herausforderung ist dabei die Integration der hierfür erforderlichen Verkehrsflächen in die urbanen und ruralen Verkehrsräume.

### 2.5 Umweltfreundliches Verkehrswesen

Vorrausschauende Untersuchungen und innovative Ansätze zur Reduktion von Emissionen und Immissionen von Geräuschen, Luftschadstoffen und Licht helfen, Verkehr und Verkehrsinfrastruktur nachhaltig und sicher sowie straßennahe Wohnstandorte lebenswerter zu gestalten. Hierzu soll, insbesondere vor dem Hintergrund steigender Emissions- und Immissionsminderungsziele auf europäischer Ebene, nachprüfbar erreicht werden, Infrastruktur und Fahrzeuge in allen Betriebszuständen möglichst geräusch- und luftschadstoffarm betreiben zu können.

„Sehen und gesehen werden“ aber auch „hören und gehört werden“ sind Voraussetzungen für eine sichere Mobilität insbesondere im Zusammenhang mit der Förderung neuer und aktiver Mobilitätsformen. Dem stehen Energieverbrauch, Lärm und die Auswirkungen des künstlichen Lichtes auf den Menschen und die Natur entgegen. Der technische Fortschritt sehr leistungsfähiger und dabei nachhaltiger Materialien und Systeme sowie innova-



tive Ideen aus der Licht- und Akustikforschung ermöglichen hierbei die Minderung von Zielkonflikten.

Die ortsnahe höchstmögliche (Wieder-)Verwendung von Ausbaustoffen, auch ausgebauten Böden, bietet einen großen Beitrag zu Klimaschutz und Ressourcenschonung. Um Emissionen aus Baustoffen und Ersatzbaustoffen zu minimieren, sind geeignete Bauweisen anzuwenden. Für diese und für multifunktionale Bauwerke aus naturnahen Materialien lassen sich mit Demonstratoren für bautechnische und ökologische Forschung die Einsatzgrenzen praxisnah erproben.

Eine leistungsfähige Straßenentwässerung sorgt für Verkehrssicherheit, aber auch für die Erhaltung der Qualität von Oberflächengewässern, Grundwasser und Trinkwasser, um Mensch und Umwelt vor schädlichen Stoffeinwirkungen zu schützen. Der Erkenntnisgewinn über den Abbau in Böden und Gewässern sowie den Transport und die Minimierung von Einträgen in die Weltmeere steht dabei im Fokus.

Eine geeignete Pflege des Straßenbegleitgrün kann Biodiversität fördern und Lebensräume (wieder-) vernetzen. Auf Ausgleichs- und Kompensationsflächen können Synergien zwischen Natur- und Klimaschutz genutzt werden, z. B. durch Anlage oder Renaturierung von Mooren. Es gilt, diese Potenziale durch Entwicklung innovativer Methoden und Konzepte und unter Berücksichtigung digitaler Tools auszuschöpfen.

Naturschutzrechtliche Fragestellungen beinhalten auch den die Straßeninfrastruktur umgebenden Naturraum. Hier sind die bestehenden Ansätze eines Building Information Modeling (BIM) um eine neue Dimension zu erweitern (z. B. durch Landscape Information Modelling). Geeignete Indikatoren unterstützen die transparente Verfolgung der Entwicklung im Sinne der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie.

### 3. Ausblick

Der vermeintliche Konflikt zwischen Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit und Verbesserung der Nachhaltigkeit des Verkehrssystems Straße ist lösbar. Im Artikel wurde dabei vor allem die Perspektive der Verkehrsinfrastruktur eingenommen. Das Potential an Lösungen er-

streckt sich jedoch weit über die Infrastruktur hinaus. In der stärkeren Verkopplung zwischen Infrastruktur und Fahrzeug und in der ganzheitlichen Betrachtung des Systems Infrastruktur-Fahrzeug-Mensch liegen noch weithin ungenutzte Lösungsmöglichkeiten. Zudem müssen die einzelnen Verkehrsträger Straße, Bahn, Luft und Wasser übergreifend erfasst werden. Jeder Verkehrsträger muss entlang seiner Stärken aktiviert und ein integriertes Mobilitätssystem entwickelt werden. Es bedarf hierzu eines multidisziplinären Ansatzes, der forschungsseitig durch entsprechende Schwerpunktsetzungen flankiert werden muss, eines leidenschaftlichen Diskurses zwischen den verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen und einer neuen Kultur des einander verstehen Wollens und Handelns. Jeder muss sich bewegen damit die Mobilität der Zukunft gelingt!

### Literatur

- [1] Verkehr in Zahlen 021/2022, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.), Berlin.
- [2] Zander, U. Der Weg in die Nachhaltigkeit, Deutscher Straßen- und Verkehrskongress, 5. Bis 7. Oktober 2022, Dortmund.
- [3] Schönebeck, S.; Schepers, A.; Pöppel-Decker, M.; Färber, N.; Fitschen, A. Voraussichtliche Entwicklung von Unfallanzahlen und Jahresfahrleistungen in Deutschland – Ergebnisse 2022, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- [4] Meister, A.; Scholz, F.; Banemann, S. Masterplan BIM Bundesfernstraßen - Digitalisierung des Planens, Bauens, Erhaltens und Betreibens im Bundesfernstraßenbau mit der Methode Building Information Modeling (BIM), Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.), Berlin.
- [5] Hill, M.; Bahlau, S.; Butenhof, F.; Degener, L.; Klein, F.; Kukushkin, A.; Lambracht, C.; Mertens, M. Bauwerksprüfung mittels 3D-Bauwerksmodellen und erweiterter/virtueller Realität, BAST-Bericht B 185, 2022, Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.), Bergisch Gladbach.



**Nachhaltigkeit**