



Verlässliche Infrastrukturen für ein funktionierendes Verkehrssystem

Synthesebericht

Impulsprogramm
BMVI-Expertennetzwerk
2014/2015



Böschungsrutschung an der BAB A 4 bei Aachen (Foto: K. Diefenthal, 2003)

Beteiligte Behörden

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)

Deutscher Wetterdienst (DWD)

Bundesamt für Güterverkehr (BAG)

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

Eisenbahn-Bundesamt (EBA)

Synthesebericht

Inhalt	Seite
1 Einleitung	4
2 Themenfeld 1 <i>Verkehr und Infrastruktur an Klimawandel und extreme Wetterereignisse anpassen</i>	5
3 Themenfeld 2 <i>Verkehr und Infrastruktur umweltgerecht gestalten</i>	8
4 Themenfeld 3 <i>Verlässlichkeit der Verkehrsinfrastrukturen erhöhen</i>	12
5 Synthese	16

Einleitung

Mobilität ist ein Grundbedürfnis moderner Gesellschaften und Voraussetzung für deren Wohlstand und Entwicklung. Eine gut ausgebaute Verkehrsinfrastruktur erschließt Räume, verbindet Menschen und ist Rückgrat der Wirtschaft in Deutschland und Europa. In Zeiten ungebremsster Globalisierung der Märkte und des gesellschaftlichen Lebens wandeln sich Mobilitätsbedürfnisse und Verkehrsansprüche in ebenso schneller wie grundlegender Weise. Neben der zunehmenden internationalen Verflechtung einerseits, ist es andererseits der Wandel hin zu urbanen Wohn- und Lebensstilen, der das Verkehrsaufkommen in Deutschland stetig anwachsen lässt. Komplexe Abhängigkeiten von Transportbeziehungen in Raum und Zeit stellen zugleich immer höhere Anforderungen an die Verlässlichkeit von Verkehrsträgern aller Art. Inzwischen gilt ein leistungsfähiges Verkehrssystem nicht mehr nur als Motor der wirtschaftlichen Entwicklung, sondern ist von kritischer Systemrelevanz für das Gemeinwesen in Deutschland insgesamt.

Das Verkehrssystem im 21. Jahrhundert sieht sich mit komplexen Herausforderungen konfrontiert. Naturgefahren als Folge des Klimawandels sowie Belastungen der Umwelt und steigender Ressourcendruck zwingen den Verkehr in Deutschland zur Anpassung und Transformation. In Verbindung mit der ungünstigen Altersstruktur von Trassen und Bauwerken sowie engen finanziellen Spielräumen werden diese Herausforderungen die Mobilität der Zukunft entscheidend beeinflussen. Die Abhängigkeit der vernetzten Gesellschaft vom Verkehrssystem wird zunehmend von Risiken begleitet, die gerade die Verlässlichkeit der Infrastruktur in hohem Maße gefährden. Vor dem Hintergrund der Herausforderungen, die sich durch Klimaänderungen, Wetterextreme und Umweltbelastungen ergeben, braucht es zielgerichtete Forschungsimpulse, die in Innovationen und angepassten Regelwerken münden. Diese Zukunftsaufgabe erfordert mehr denn je die Etablierung neuer Forschungs- und Netzwerkstrukturen, die an der Schnittstelle von Wissenschaft und Praxis integrierte Lösungsansätze erarbeiten, damit eine nachhaltige und umweltgerechte Entwicklung des Verkehrssystems möglich wird.

Einen ersten Meilenstein auf diesem Weg markiert das Impulsprogramm des Expertennetzwerks des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Unter dem Leitmotiv „Verlässliche Infrastrukturen für ein funktionierendes Verkehrssystem“ haben sich Akteure aus dem inzwischen formierten Expertennetzwerk zusammengefunden, um einen ersten Anstoß zu geben, der die vertiefte Zusammenarbeit der Ressortforschungseinrichtungen und Fachbehörden des BMVI einleiten sollte. Im Fokus des Impulsprogramms stand das Ziel, gemeinsame Grundlagen zu erarbeiten, die die Dringlichkeit der Zusammenarbeit und der sich hieraus ergebenden Forschungssynergien betonen. Von besonderer Bedeutung war eine verkehrsträgerübergreifende Betrachtung im Rahmen von Arbeitspaketen, die sich an die Themenfelder des Expertennetzwerks in seiner heutigen Form angelehnt haben. Darüber hinaus waren in den jeweiligen Arbeitspaketen konkrete Handlungsfelder und Kriterien für eine effektive Kooperation über Fachgrenzen hinweg zu definieren und festzulegen.

Der vorliegende Synthesebericht zum Impulsprogramm fasst die Ergebnisse aus den verschiedenen, den Themenfeldern 1 bis 3 zugeordneten Arbeitspaketen in drei aufeinander abgestimmten Kapiteln zusammen. Neben einer reinen Darstellung der Ergebnisse werden die Problemstellungen und Zielsetzungen skizziert sowie ein Ausblick auf das weitere Vorgehen präsentiert. Bei den Ausführungen handelt es sich um eine Synthese aus den in den Abschlussberichten im Detail beschriebenen Forschungsarbeiten. Der Synthesebericht schließt mit einer Zusammenfassung, in der die Inhalte der einzelnen Kapitel einer Gesamtbetrachtung zugeführt werden.

Themenfeld 1

Verkehr und Infrastruktur an Klimawandel und extreme Wetterereignisse anpassen

Problemstellung

Spezifische Wetterereignisse beeinträchtigen den Verkehr oder die Verkehrsinfrastruktur in Deutschland. Dies sind z.B. Stürme, Starkniederschläge, Gewitter, Schnee und Nebel. So haben während der vergangenen 20 Jahre extreme Ereignisse in Mitteleuropa wie Überschwemmungen (Elbhochwasser 1997 bzw. 2002 und Hochwasser in Mitteleuropa 2013), Hitzewellen (2003 und 2007) und Stürme (Kyrill 2007, Xynthia 2010 und Xaver 2013) in vielen Ländern das Bewusstsein der Behörden für die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf Infrastruktur und Verkehr geschärft. Zur Berücksichtigung des Aspekts Klimawandel im Hinblick auf das System Wasserstraße wurden mit dem Forschungsprogramm KLIWAS „Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland“ wichtige Erkenntnisse erarbeitet. Für eine Ausweitung auf Planungsprozesse der Verkehrsinfrastruktur des Bundes sind nun weitere Überlegungen notwendig, insbesondere in Bezug auf extreme Wetterereignisse.

Eine mögliche veränderte Verteilung der Niederschläge mit einem Rückgang in den Sommer- und einem Anstieg in den Wintermonaten sowie einem Anstieg von Extremniederschlagsereignissen ist mit einer steigenden Gefahr von Hochwasser, Hangrutschungen und Bodenerosion verbunden. An der Küste kommen zudem noch seeseitig bedingte Überflutungen (Sturmfluten) als auch binnenseitig entstehende Überschwemmungen (Starkniederschläge und tideabhängige Entwässerung) hinzu. Ferner können durch den Meeresspiegelanstieg in Zukunft sowohl Sturmfluten höher auflaufen als auch die tideabhängige Entwässerung erschwert werden.

Zielsetzung

Das Ziel von Arbeitspaket „Klima/Infrastrukturen“ war es, einen Überblick über die Risiken für die Verkehrsinfrastruktur im Binnen- und Küstenbereich durch extreme Wetterereignisse und klimabedingte Veränderungen zu schaffen sowie mögliche Vorgehensweisen für die Untersuchung der Auswirkungen bestimmter Extremereignisse auf die Verkehrsinfrastruktur zu skizzieren. Dies erfolgte in großen Teilen durch Analyse der relevanten Fachliteratur. Es wurden damit Vorarbeiten für einen Teil der im Expertennetzwerk in Themenfeld 1 im Zeitraum 2016-2019 zu bearbeitenden Fragestellungen geleistet. Der Fokus in diesem Arbeitspaket wurde dabei im Wesentlichen auf vier Fragestellungen gelegt:

- Welches sind die Risiken von extremen Ereignissen für Straße, Schiene, Binnen- und Küstenschifffahrt,
- Mit welchen methodischen Ansätzen kann das Thema Überflutungen im Bundesverkehrswegegenetz bearbeitet werden,
- Wie kann eine Vulnerabilitätskartierung der Schieneninfrastruktur unter Einbeziehung des Klimawandels erfolgen,
- Welchen Einfluss hat der Klimawandel auf Objekte an den Bundeswasserstraßen.

Häufig wird ein Verkehrssystem durch eine Kette von Ereignissen beeinträchtigt, die von einem extremen Wetterereignis ausgelöst wurde. Eine Zusammenstellung der meteorologischen Auslöser von Störungen des Schienenverkehrs, der daraus folgenden Belastungen und Schädigungen

gen auf Fahrzeuge, Infrastruktur und Betrieb ist in Abbildung 1 gegeben. Analoge Abbildungen wurden für die Binnen- und Seeschifffahrt erstellt. Untersuchungen zum Einfluss extremer Wetterereignisse auf den Straßenverkehr wurden von der BASt im Rahmen des Projekts RIVA „Risikoanalyse wichtiger Verkehrsachsen des Bundesfernstraßennetzes im Kontext des Klimawandels“ durchgeführt.

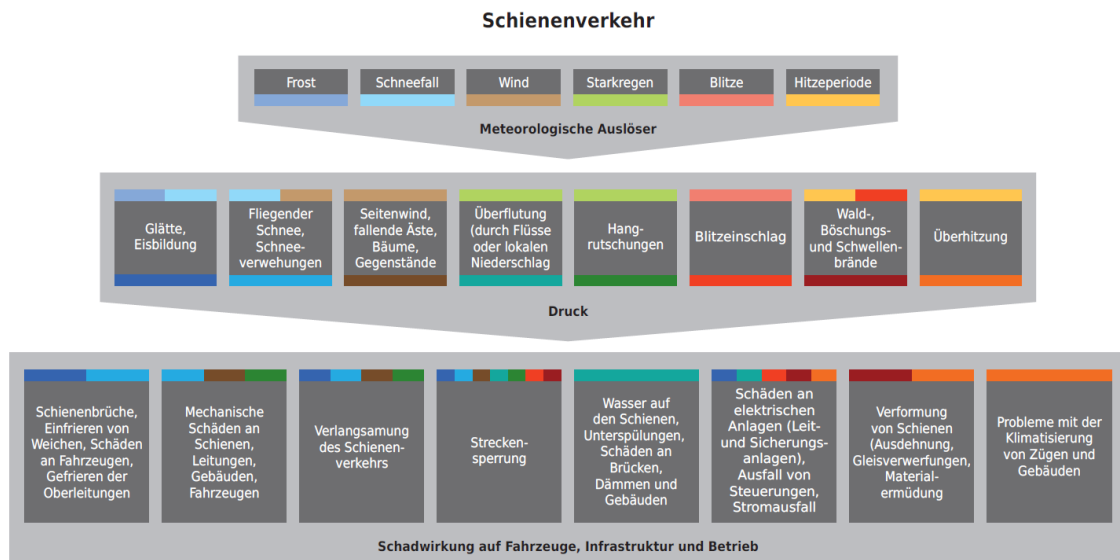


Abbildung 1: Zusammenstellung der meteorologischen Auslöser (oben), der daraus folgenden Belastungen (Mitte) und der Schädigungen auf Fahrzeuge, Infrastruktur und Betrieb (unten) für den Schienenverkehr. Farblich markiert sind jeweils die direkten Auswirkungen einzelner Komponenten aufeinander, die sich zu einer Ereigniskette verbinden lassen.

Überflutungen im Bundesverkehrswegenetz können zu Beeinträchtigungen bei der Verfügbarkeit von Wasserstraße, Straße und Schiene führen, wie z.B. das Hochwasser im Juni 2013 gezeigt hat. Bei der Fragestellung, wie sich solche Ereignisse in der Zukunft ändern können, ist es hilfreich zu wissen, welche Elemente zusammenwirken müssen, damit es zu großräumigen Überflutungen kommen kann. Anhand einer Literaturstudie wurden verschiedene Indizes identifiziert, die meteorologische Ereignisse zu Hochwasser in Verbindung setzen. Zusätzlich wurde exemplarisch das Dezember Hochwasser 2014 in Schleswig-Holstein untersucht, um die relevanten Einflussfaktoren zu bestimmen. Eine weitere Literaturlauswertung fokussierte sich auf die Frage, wie die zukünftige Entwicklung von Niederschlagsexremen, die zu Hochwasser führen können, in Klimaprojektionen identifiziert werden kann.

Für die Fragestellung der Vulnerabilitätskartierung der Schieneninfrastruktur in Bezug auf meteorologische Auslöser wurden Hochwasserereignisse, Hangrutschungen und Sturmschäden prioritär betrachtet, jeweils auch unter Einbeziehung des Klimawandels. Für die Risikobewertung der Schieneninfrastruktur liegen Informationen über die Gefährdung durch Hangrutschungen nicht im gesamten Bundesgebiet vor. Diese Wissenslücken müssen geschlossen werden. Für die Abschätzung von Hochwasserrisiken wird in einem ersten Schritt die aktuelle Gefährdung bestimmt, so dass besonders gefährdete Regionen identifiziert werden können. Für einige dieser Regionen sollen danach exemplarisch die zukünftigen Gefährdungen unter Einbeziehung des Klimawandels bestimmt werden. Weiterhin sind Sturmschäden verantwortlich für einen Großteil der witterungsbedingten Verspätungen und Ausfälle. Ziel ist es daher auch, die in Deutschland besonders sturmwurf anfälligen Regionen zu bestimmen, wobei der Einfluss des Klimawandels zu berücksichtigen ist.

Entscheidungsprozesse bei der Betrachtung der zu bewältigenden Klimaveränderung, vom normativen Prozess bis hin zur wissenschaftlichen Ausarbeitung der Handlungen, wurden von verschiedenen Seiten aus von der BfG beleuchtet. Es wird deutlich, dass neben wissenschaftlichen Prognosen auch der aktuelle Bauzustand und die finanzielle Lage berücksichtigt werden müssen. Es wird außerdem aufgezeigt, in wie weit bestehende Werkzeuge für die Instandhaltung der Infrastruktur genutzt und um neue Instrumente erweitert werden können, damit umfassende Informationen für eine integrale Dimensionierung bereitstehen.

Ausblick

Die in diesem Arbeitspaket des Impulsprogramms untersuchten Themen unterstützen die Arbeiten, die im Rahmen des Themenfeldes 1 „Verkehr und Infrastruktur an Klimawandel und extreme Wetterereignisse anpassen“ im Expertennetzwerk bearbeitet werden. Die oben genannten Aspekte Hochwassergefahren, Sturmwurfgefahren und Hangrutschungen sind ein Teil der Untersuchungen, denen im Themenfeld 1 eine besondere Bedeutung zukommt. Im Themenfeld 1 werden Klimaprojektionen analysiert und Bandbreiten für mögliche, künftige Änderungen zur Verfügung gestellt, mit denen dann Wirkmodelle angetrieben oder regionale Fallstudien durchgeführt werden können. Aus der Summe der Untersuchungen lassen sich Anpassungsoptionen entwickeln.

Themenfeld 2

Verkehr und Infrastruktur umweltgerecht gestalten

Problemstellung

Infrastrukturen bilden die Grundlage für unsere derzeitige Mobilität und sind mitverantwortlich für die gute wirtschaftliche Situation in Deutschland. Gleichzeitig gehen vom Verkehr beachtliche Belastungen für die Umwelt und die menschliche Gesundheit aus. Der maßvolle Umgang mit Lebensräumen und die Minimierung von stofflichen und nicht-stofflichen Emissionen tragen dazu bei, die natürlichen Lebensgrundlagen des Menschen zu bewahren und zu verbessern. Umweltaspekte müssen ein integraler Bestandteil der Konzeption und Priorisierung von Verkehrs- und Infrastrukturmaßnahmen sein. Deshalb widmet sich das Expertennetzwerk des BMVI in einem eigenen Themenfeld der nachhaltigen und umweltgerechten Entwicklung von Verkehr und Infrastruktur. In ihm werden Lösungen erarbeitet, die es ermöglichen, die Themen „Mobilität“ und „Umwelt“ wechselseitig zu betrachten und wenn möglich positiv zu koppeln.

Die großen Anstrengungen, die national und international unternommen werden, um Verkehrs- und Umweltbelange besser miteinander zu vereinbaren und dieses über entsprechende Regelwerke zu gewährleisten, sind Ausdruck der Komplexität der Aufgabe von Themenfeld 2. Eine besondere Herausforderung ist die gleichzeitige Berücksichtigung verschiedener Verkehrsträger in ihrer kombinierten Einwirkung auf die Umwelt. Straße, Schiene, Luftverkehr und Wasserwege belasten in unterschiedlicher Weise Mensch und Umwelt (z.B. Biotopzerschneidung, Schadstoffemission oder Lärm) und tragen deshalb sehr differenziert zur Gesamtbelastung bei. Für eine adäquate Bewertung von Ökosystemleistungen ist es wichtig, den Einfluss des Verkehrs in diesem Sinne übergreifend zu berücksichtigen. Die Zusammenarbeit der verschiedenen Behörden des BMVI im Expertennetzwerk bietet die Chance, gemeinsame Probleme zu erkennen, Synergieeffekte zu nutzen und auch gemeinsame Lösungen zu entwickeln.

Für das Themenfeld 2 haben sich in der ersten Phase drei Schwerpunktthemen herauskristallisiert, die für eine nachhaltige und umweltgerechte Koppelung von Verkehr und Umwelt bedeutsam sind:

- Erhaltung und Förderung von Biodiversität und Strukturdiversität,
- Bewertung und Minimierung stofflicher und nichtstofflicher Wirkungen,
- Entwicklung nachhaltiger Lösungsansätze.

Diese drei Schwerpunktthemen bilden den Rahmen für fünf verkehrsträgerübergreifende Projekte, die im Expertennetzwerk des Themenfeld 2 bearbeitet werden:

- Ökologische Vernetzung zur Förderung der Biodiversität und der strukturellen Lebensraumvielfalt (Projekt 1),
- Entwicklung praxisorientierter und präventiver Unterhaltungsstrategien zur Kontrolle und Minimierung der Beeinträchtigungen durch invasive Arten (Neobiota) (Projekt 2),
- Minderung verkehrsbedingter stofflicher Belastungen in Luft, Wasser und Boden (Projekt 3),
- Bau- und bauwerksbedingte Emissionen bzw. Immissionen in Wasser, Boden und Luft (Projekt 4),
- Minderungsmöglichkeiten von verkehrsbedingten Geräuschemissionen und Lärmimmissionen in Luft (Projekt 5).

Zielsetzung

Das Impulsprogramm zielte darauf ab, konkrete Handlungsfelder für die Zusammenarbeit im Expertennetzwerk des BMVI zu definieren, die sowohl verkehrsträger- als auch projektübergreifende Aspekte berücksichtigen, und Indikatoren für die sinnvolle Vernetzung zu entwickeln. Es sollte gezeigt werden, dass im Rahmen des Expertennetzwerks Synergieeffekte für verkehrsträgerübergreifende Herausforderungen genutzt werden können, um nachhaltige Lösungsansätze entwickeln zu können.

Ergebnisse

Abbildung 1 veranschaulicht den konzeptionellen Ansatz im Themenfeld 2. Die Infrastruktur nimmt durch Bauwerke, Straßen und Schienen sowie durch die Nutzung von Gewässern als Wasserstraßen Lebensräume von Mensch, Tier und Pflanze in Anspruch und beeinflusst in vielfältiger Art und Weise die betroffenen Ökosysteme sowie die Gesundheit des Menschen. Es ist ein verkehrsträgerübergreifendes Anliegen, schädigende Einflüsse (z.B. Schadstoffemissionen oder Fragmentierung von Habitaten) zu vermeiden bzw. zu minimieren und positive Einflüsse (Vernetzung bestehender bzw. Schaffung neuer Lebensräume sowie Verbesserung der Lebensqualität) zu fördern oder überhaupt erst zu ermöglichen. Hierfür müssen die richtigen Entscheidungen und Maßnahmen getroffen werden. Dies kann nur gelingen, wenn verkehrsträgerübergreifende Schutzziele und Probleme erkannt werden (Was?) und mit harmonisierten Methoden (Wie?) zielgerichtet nach effizienten und nachhaltigen Lösungen gesucht wird (Wofür?). Dieser komplexen Herausforderung nimmt sich das Expertennetzwerk des Themenfelds 2 an und leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Schaffung einer nachhaltigen Infrastruktur.



Abbildung 2: Konzept des Themenfelds 2

Die schematische Darstellung des Konzepts (Abb. 2) zeigt, dass eine enge Kooperation im Expertennetzwerk notwendig ist. Das gilt für die beteiligten Behörden der Verkehrsträger ebenso wie für die bislang fünf Projekte, die unterschiedliche Aspekte der Wechselwirkung von Infrastruktur und Umwelt behandeln:

1. Vereinbarkeit von Mobilität und Umweltschutz (Was?)

Um Verkehr und Infrastruktur nachhaltig entwickeln zu können, müssen deren Wechselwirkungen mit der Umwelt umfassend betrachtet werden. Viele vom Verkehr verursachte Stressfaktoren können sich schädlich auf den Menschen und die ihn umgebenden Lebensräume auswirken. Die einzelnen Verkehrsträger (Straße, Schiene, Wasserstraße und Luftverkehr) schaffen aber auch neue Lebensräume und verbinden sie für Mensch und Natur. Beide Seiten dieser Interaktion (Verkehr – Umwelt, Ursache – Wirkung, Stressfaktor – Schutzziel) müssen in ihrer Komplexität betrachtet und verstanden werden.

2. Methoden (Wie?)

Um Interaktionen zwischen Verkehr bzw. Infrastruktur und der Umwelt messen, bewerten und steuern zu können, ist eine große Anzahl von analytischen und statistischen Methoden erforderlich. Obwohl in den einzelnen Projekten oft spezifische Verfahren angewendet werden, die für gezielte Fragestellungen Bedeutung haben, gibt es projektübergreifende Probleme, die nur mit gemeinsamen methodischen Ansätzen gelöst werden können. Das kann auf verschiedenen Ebenen geschehen, so beispielsweise durch Laborexperimente mit harmonisierten Methoden oder Untersuchungsgebiete, die den Anforderungen möglichst vieler Verkehrsträger, aber auch den Fragestellungen der verschiedenen Projekte gerecht werden. Darüber hinaus kommt einer einheitlichen Datenhaltung und der Verwendung von harmonisierten mathematischen Modellen, die möglichst viele verkehrs- und projektübergreifende Daten mit einbeziehen, eine Schlüsselrolle zu.

3. Effektives Management (Wofür?)

Schädliche Einflüsse und Belastungen der Umwelt durch den Verkehr sollen minimiert werden, ohne dabei die Möglichkeiten für positive Entwicklungen (z.B. Förderung von Habitatvernetzung oder Schaffung neuer Habitate) zu mindern. Dies sollte auf Grundlage einer sorgfältigen Abwägung von ökonomischen und ökologischen Kosten und Nutzen geschehen. Durch eine Ursache-Wirkungs-Analyse können notwendige Maßnahmen priorisiert werden, die zur Verbesserung der Lebens- und Umweltbedingungen eines Standorts bzw. einer Region beitragen können. Je mehr verkehrsträgerübergreifende Faktoren in eine solche Analyse einfließen, desto wahrscheinlicher ist der Erfolg der Maßnahmen. Hierfür stellt das Expertennetzwerk im Themenfeld 2 eine breite Kompetenz in Bezug auf verschiedene Verkehrsträger und die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Verkehr und Umwelt bereit. Das Expertennetzwerk ist dadurch in der Lage, umweltgerechte Verkehrskonzepte unter optimaler Nutzung der Stärken einzelner Verkehrsträger zu entwickeln und zu bewerten.

Ein Beispiel einer verkehrsträger- und projektübergreifenden Kooperation ist die gemeinsame Arbeit in einem (oder mehreren) Untersuchungsgebiet(en). Sind Datenerhebungen im Freiland notwendig, dann sollte im Untersuchungsgebiet die Analyse mehrerer Verkehrsträger und verschiedener Probleme (umweltschädliche Faktoren) möglich sein. Gegebenenfalls sind auch Referenzgebiete notwendig, in denen einzelne Verkehrsträger bzw. spezifische umweltschädliche Faktoren vorkommen. Daraus ergibt sich die Anforderung, eine Kriterienmatrix zu erstellen, die bestimmte Kriterien für die Suche eines geeigneten Untersuchungsgebiets verkehrsträger- aber auch projektspezifisch abfragt (vgl. Abschlussbericht Impulsprogramm Themenfeld 2). Die hieraus resultierende Matrix soll als Vorlage dienen, auch andere projektübergreifende Aspekte zu konkretisieren.

Ausblick

Die im Impulsprogramm erarbeiteten Möglichkeiten der projekt- und verkehrsträgerübergreifenden Vernetzung sind die Grundlage für eine gemeinsame Bearbeitung der Schwerpunktthemen im Themenfeld 2. Sie tragen dazu bei, zukünftig Verkehrssysteme resilient und umweltgerecht zu gestalten.

Themenfeld 3

Verlässlichkeit der Verkehrsinfrastrukturen erhöhen

Problemstellung

Vor dem Hintergrund der ungünstigen Altersstruktur der Verkehrsinfrastrukturen sowie der begrenzten Haushaltsmittel sind zusätzliche Anstrengungen hinsichtlich einer optimierten, koordinierten Erhaltung, Ertüchtigung und des Ersatzes des Bestandes erforderlich. So hat die Zunahme des Güterverkehrs dazu geführt, dass der Brückenbestand der Bundesfernstraßen bereits heute zu einem signifikanten Anteil bis an die Grenze seiner Leistungsfähigkeit beansprucht wird. Es ist davon auszugehen, dass der für die Zukunft prognostizierte Güterverkehr ohne gezielte Ertüchtigungs- und Ersatzmaßnahmen nicht schadlos aufgenommen werden kann.

Da die derzeit vorhandenen Werkzeuge und Methoden zur Lösung der oben genannten Fragestellungen nur bedingt geeignet sind, ergibt sich die Notwendigkeit gezielter Forschung mit dem Ziel, die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Infrastruktur weiter zu gewährleisten und die vorhandenen Ressourcen priorisiert und hocheffizient einsetzen zu können. Daraus ergibt sich die Frage nach belastbaren Informationen zur Sicherheit und Zuverlässigkeit der Verkehrsinfrastruktur aktuell und für ihren Lebenszyklus. Dabei zielen die wissenschaftlichen Erkenntnisse auf die Lösung sowohl kurzfristig anstehender Praxisaufgaben als auch auf mittel- bis langfristig ausgerichtete, praxisorientierte Strategien, Konzepte und Instrumente ab.

Das Alter der Bauwerke sowie die bei der Erstellung angewandten Nachweisgrundsätze und Sicherheitsformate entsprechen zum Teil nicht mehr den heute anzusetzenden Anforderungen. Sich verändernde Einwirkungen sowie zunehmende Bauwerksalter lassen die Sicherheit der Bauwerke mit den Jahren abnehmen. Neben der baulichen Zuverlässigkeit treten verstärkt die Aspekte der betrieblichen (verkehrlichen) Zuverlässigkeit in Form der Verfügbarkeit auf. Infrastruktur muss hierbei als Ganzes gesehen werden, so dass nicht nur der Verfügbarkeit eines einzelnen Verkehrssystems Rechnung getragen werden muss, sondern die Verkehrssysteme im Zusammenhang zu betrachten sind.

Hinsichtlich der baulichen Zuverlässigkeit ist immer öfter zu prüfen, ob bestehende Bauwerke nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik sicher sind, weshalb Regelwerke für den Bestand entwickelt bzw. angepasst werden müssen. Diese Regelwerke müssen in Zukunft ggf. weitere als nur technische Kriterien für die Bewertung bestehender Bauwerke enthalten. Im Betrieb von Infrastrukturen muss die Verfügbarkeit für den Nutzer mit möglichst wenigen Einschränkungen verbunden sein. Geeignete und akzeptierte Zuverlässigkeitskonzepte aus z.B. nicht-bautechnischen Bereichen müssen auf ihre Anwendbarkeit auf Verkehrsinfrastrukturen bewertet und ggf. adaptiert werden.

Zielsetzung

Aufgrund der gegebenen Randbedingungen sind im Themenfeld 3 vier Schwerpunktthemen (SPT) gewählt worden, die sich sowohl auf die Objekt- als auch auf die Netzebene beziehen und die Zustandsbewertung bis hin zu (Bau-) Maßnahmen enthalten. Die einzelnen Themen sind wie folgt benannt:

- Erfassung und Beurteilung des Bestands (SPT 301),
- Beurteilung der Zuverlässigkeit von Ingenieurbauwerken der Verkehrsinfrastruktur (SPT 302),

- Vorhersagen und Prognosen (SPT 303),
- Ableitung von (Bau-) Maßnahmen unter Betrieb (SPT 304).

Damit zum Beginn der eigentlichen Arbeitsphase des Expertennetzwerks notwendige Grundlagen genauer spezifiziert sind, verfolgte das Impulsprogramm das Ziel, in den Schwerpunktthemen SPT 301 und SPT 302 entsprechende Vorarbeiten zu leisten.

Ergebnisse

Zur Bewertung des Zustandes von Bauwerken gibt es 3 unterschiedliche Möglichkeiten, Informationen zu erlangen:

- Reguläre, visuelle Bauwerksprüfung gemäß DIN 1076,
- Einsatz von zerstörungsfreien Prüfverfahren (ZfP-Verfahren),
- Einsatz von Methoden der Dauerüberwachung.

Zerstörungsfreie Prüfverfahren gewinnen als wichtige Werkzeuge zur Zustandsbeurteilung von Ingenieurbauwerken, aber auch im Rahmen der Qualitätssicherung bei deren Erstellung zunehmend an Bedeutung. Um diese Verfahren stärker in der Praxis zu verankern, sind aber noch weitere Untersuchungen nötig, die insbesondere die qualitätsgesicherte Anwendung dieser Verfahren betreffen. Zu diesem Zweck werden im Rahmen des Themenfeldes 3 verstärkt Projekte im Referat B4 „Grundsatzfragen der Bauwerkserhaltung“ der BAST bearbeitet, die sich mit der Validierung zerstörungsfreier Prüfverfahren beschäftigen. Erste Schritte zur Vorbereitung dieser Projekte fanden 2015 statt.

Bei der internationalen Konferenz über zerstörungsfreie Prüfverfahren im Bauwesen NDT-CE 2015 beteiligte sich die BAST am Workshop „NDE Testing and Reference Specimen“, aus dem ein internationaler Verbund von Forschungseinrichtungen entstand, in dessen Rahmen entsprechende Erfahrungen ausgetauscht werden. Der Validierungsgedanke wurde ebenfalls in der Forschungslinie 1.06 „Substanzerfassung und -bewertung“ der BAST verankert. Weiterhin beteiligte sich die BAST im Rahmen der Mitarbeit im Fachausschuss „Zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen“ der Deutschen Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung (DGZfP) an Unterausschüssen mit Validierungsbezug (UA Qualitätssicherung) und befasst sich derzeit auch im Rahmen des Expertennetzwerks sowie einem BAST-Projekt (UA Magnetische Verfahren zur Spannstahlbruchortung) mit dieser Thematik. Außerdem wurden erste Probekörper für die Validierung der Prüfaufgabe „Dickenmessung“ konzipiert.

Das Thema „Dauerüberwachung“ wird in der BAST seit ein paar Jahren bearbeitet. So steht die Entwicklung von Strategien zur Gewährleistung der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Straßenbrücken aus Beton im Vordergrund von Forschungsaktivitäten des Referats B1 „Betonbau“ der BAST. Aufgrund der starken Zunahme des Verkehrs (Anzahl, Lasten) kann es bei Brücken- und Ingenieurbauwerken zu Tragfähigkeitsdefiziten und Beschränkungen der Restnutzungsdauer kommen. Da eine Verstärkung und/oder ein Ersatz aller betroffenen Bauwerke kurzfristig nicht möglich ist, werden Konzepte und Vorgehensweisen für die Überwachung und zuverlässigkeitsbasierte Bewertung von Bestandsbauwerken erarbeitet.

Die Brücken der Zukunft sollten in der Lage sein, bereits zu einem früheren Zeitpunkt und ergänzend zu den Bauwerksprüfungen eine Auskunft über ihren Zustand und dessen Entwicklung zu geben. Ziel des Projektclusters "Intelligente Brücke" ist es, die notwendigen Bausteine für ein solches System zu konzipieren und weiterzuentwickeln, so beispielsweise ein adaptives System zur Bereitstellung relevanter Informationen zur ganzheitlichen Bewertung. Im Rahmen des BAST-Symposiums „Intelligente Brücke – Der Weg in die Praxis“ wurden die Ergebnisse diesbezüglicher Forschungsarbeiten auf den Gebieten der innovativen Bauwerkssensorik, intelligenten

Messdatenverarbeitung und zuverlässigkeitsbasierten Bewertung der Öffentlichkeit präsentiert. Erste Pilotstudien wurden bereits in Angriff genommen. Hierzu zählen die „Intelligente Brücke“ auf dem duraBAST-Areal zur Erprobung von neuartigen Ansätzen der Messdatenverarbeitung und zuverlässigkeitsbasierten Bewertung von Ergebnissen der Dauerüberwachung an Spannbetonbrücken sowie die Intelligente Brücke im Digitalen Testfeld Autobahn zur kontinuierlichen Erfassung der Restnutzungsdauer des Bauwerks und ausgewählter Bauteile.

Die bisherige Vorgehensweise der Zustandsbewertung und der sich daraus ergebenden Informationen für Erhaltungsplanungen ist deterministisch und basiert auf dem Vorhandensein bzw. dem Nichtvorhandensein von Schäden bzw. Mängeln. Die Berücksichtigung von Schädigungspotentialen findet nicht oder nur indirekt statt. Wie sehr solche Potentiale allerdings die Erhaltungsplanung und somit den Umfang und die zeitliche Reihenfolge von Erhaltungsmaßnahmen beeinflussen können, zeigen die Aktivitäten im Rahmen der Brückenertüchtigung. Aus diesem Grund wurde im Rahmen des Impulsprogramms eine Machbarkeitsstudie zu risikobasierten, objektbezogenen Ansätzen der Erhaltungsplanung von Brücken und Wasserbauwerken initiiert. Ziel dieses Forschungsauftrages war es, ausgehend von der bisherigen Vorgehensweise der Erhaltungsplanung, Vorschläge für eine erweiterte Vorgehensweise unter Berücksichtigung von Zuverlässigkeiten und deren Auswirkungen aufzuzeigen.

Im Rahmen dieses Projektes sind die Notwendigkeit und die Ziele einer systematischen Erhaltungsplanung sowie die maßgeblichen Leistungsindikatoren dargestellt worden. Darüber hinaus wurde der Bereich „Unsicherheiten bei Bauwerken“ näher beleuchtet, denn Bauwerke sind nicht nur ungeschädigt oder geschädigt, sondern befinden sich sehr oft in Zwischenzuständen. Diese Zustände lassen sich aber nur stochastisch unter Angabe von Wahrscheinlichkeiten bzw. Zuverlässigkeiten darstellen. Zieht man dann noch die Auswirkungen reduzierter oder nicht mehr gegebener Zuverlässigkeiten in die Betrachtung mit ein, spricht man von einer risikobasierten Vorgehensweise. Das Risiko kann sich hierbei einerseits auf die Funktion der Straße und damit deren Leistungsfähigkeit bzw. Verfügbarkeit beziehen, andererseits kann es aber auch schwerwiegende Folgen für Leib und Leben und den Werterhalt von volkswirtschaftlichem Eigentum haben.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen werden Ziele und Randbedingungen einer systematischen Erhaltungsplanung näher beschrieben und dabei insbesondere auf die Vorgehensweise in der klassischen Erhaltungsplanung und den sich daraus ergebenden Möglichkeiten bzw. Notwendigkeiten einer zuverlässigkeits- bzw. risikobasierten Erhaltungsplanung eingegangen. Abgeschlossen werden diese Grundlagenarbeiten durch eine Literaturrecherche zu risikobasierten Ansätzen der Erhaltungsplanung bzw. der Bewertung von Infrastrukturbauwerken in Europa und auch außerhalb davon.

ZfP-Verfahren im Bauwesen haben in den letzten Jahren ihre Möglichkeiten bewiesen. Allerdings fehlen für einen verbreiteten Einsatz zusätzliche Informationen zur Qualität und den Einsatzgrenzen der Verfahren, damit Baulastträger vor Erstellung einer Ausschreibung abschätzen können, welche zusätzlichen Informationen sie mit welcher Wahrscheinlichkeit erwarten können. Hierfür wird die Validierung von Prüfverfahren einen wichtigen Beitrag leisten können. Die Forschungsarbeiten zu Methoden der Dauerüberwachung im Rahmen der „Intelligenten Brücke“ haben gezeigt, dass hier erhebliches Potential vorhanden ist. Jetzt werden diese Methoden praktisch vor Ort eingesetzt und es muss sich zeigen, ob diese Potentiale auch vor Ort realisierbar und im Verhältnis zu den zusätzlichen Kosten wirtschaftlich sind.

Mit Hilfe der Informationen zu Erhaltungsplanungen, den notwendigen Indikatoren, dem Wissen über die Zusammenhänge zwischen Schäden oder sonstigen konstruktiven Schwachstellen in Bezug auf die Zuverlässigkeit einzelner Bauwerke und von Bauwerken im Netz sowie den Ergebnissen der Literaturrecherche wurde ein Vorschlag erarbeitet, wie diese neue Herangehensweise für Straßenbrücken und Wasserbauwerke genutzt werden kann. Dabei war es wichtig, dass die-

ser Vorschlag in möglichst großem Maße auf eingeführte Vorgehensweisen zur Zustandsermittlung aufbaut. Denn im Hinblick auf eine spätere, mögliche Einführung dieser Methoden ist es notwendig, einen kontinuierlichen Übergang von der bekannten und bewährten Vorgehensweise zu einer erweiterten Methodik zu schaffen.

Ausblick

Basierend auf den Ergebnissen des Impulsprogramms werden bezüglich der Erfassung und Bewertung des Bestandes die Arbeiten zur Validierung gezielt weiter verfolgt und auch im praktischen Einsatz überprüft. Vor dem Hintergrund der konkreten Einsatzmöglichkeiten von Methoden der Dauerüberwachung sollen im Rahmen der weiteren Arbeiten die Zuverlässigkeit und der Nutzen der gewonnenen Daten quantifiziert werden. Nur wenn Zuverlässigkeit und Nutzen in einem angemessenen Verhältnis zu den Kosten stehen, hat diese Art der Dauerüberwachung Chancen, in größerem Umfang vor Ort eingesetzt zu werden.

Für längerfristige Planungen ist ein risikobasiertes Erhaltungsmanagement notwendig. Der entsprechende Forschungsauftrag hat gezeigt, dass es hierzu zwar schon wissenschaftliche Verfahren und Methoden gibt. Diese sind aber in den meisten Fällen auf einzelne Objekte und nicht komplette Netze ausgelegt. Zudem ist der Bedarf an Daten und sonstigen Vorgaben sehr hoch. Daher sollen in den weiteren Arbeiten die recherchierten Ansätze in Bezug auf praktikable Verfahren für den Straßen-, Schienen- und Wasserstraßenbereich hin angepasst bzw. in Teilen neu entwickelt werden. Dabei wird zuerst die bisher deterministische Zustandserfassung und -bewertung um probabilistische Ansätze erweitert. In einem weiteren Schritt sollen dann auch risikobasierte Verfahren für die Erhaltungsplanung (weiter-)entwickelt werden.

Synthese

Forschung und Innovation im Kontext mit den Zukunftsthemen Klimaanpassung, Umweltschutz und Erhaltungsplanung sind von grundlegender Bedeutung für die sichere und nachhaltige Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur im 21. Jahrhundert. Die komplexen Herausforderungen, die mit diesen Themen verbunden sind, erfordern innovative Forschungs- und Netzwerkstrukturen, die unterschiedliche Verkehrsträger und die Fachpraxis einbeziehen. Ein gegenseitiger Wissens- und Technologietransfer ist dabei von ebenso hoher Bedeutung wie eine Bündelung der Kompetenzen auf der Ebene von Forschung und Entwicklung. Mit dem Impulsprogramm zum BMVI-Expertennetzwerk wurde ein wichtiger Grundstein gelegt, um neue Formen der Verbundforschung unter dem Dach des BMVI zu etablieren.

Ziel des Impulsprogramms war es, einen Rahmen für die gemeinsame Forschungstätigkeit zu gestalten, wobei sowohl wissenschaftliche als auch praktische Aspekte Berücksichtigung fanden. Durch die Definition konkreter Handlungsfelder und die Festlegung einzelner Arbeitsschritte ist es gelungen, einen Impuls für die Initiierung des BMVI-Expertennetzwerks zu geben und dessen Leitlinien strategisch und inhaltlich vorzuzeichnen. Die einzelnen Forschungsberichte im Rahmen des Impulsprogramms präsentieren einen umfassenden Überblick darüber, welche Themenbereiche warum und auf welche Weise zu adressieren und im Detail zu untersuchen sind. Inhaltlich sind sie ausgerichtet an einem Leitmotiv, das nicht nur den gesamten Risikokreislauf in die Betrachtung einbezieht, sondern auch Nachhaltigkeitsaspekte betont, so beispielsweise Lebenszyklen und Umweltbelastungen von Verkehrsbauwerken. Eine Schlüsselrolle kommt dem Konzept der Resilienz zu, in dessen Zentrum die Fähigkeit steht, durch Anpassung und Transformation, ein sicheres und umweltgerechtes Verkehrssystem zu gewährleisten.

Im Fokus der Vorarbeiten zu Themenfeld 1 stand die Identifikation der Auswirkungen von Klimaänderungen und extremen Wetterereignissen auf die Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasserstraße. Darüber hinaus wurde ein besonderes Augenmerk auf die Auswahl von geeigneten Methoden zur Gefährdungs- und Risikoanalyse im Zusammenhang mit Hangrutschungen, Hochwasser und Sturmgefahren gelegt. Mit Bezug auf Themenfeld 2 wurde das Ziel verfolgt, Schwerpunkte, Projekte und Methoden herauszuarbeiten, die den Wechselwirkungen zwischen Umwelt und Verkehr stärker Rechnung tragen. Einen hohen Stellenwert nahmen dabei vor allem Ansätze ein, die die Aspekte Lebensraumvielfalt, Biodiversität und Schadstoffbelastung integriert betrachten. Schließlich befassten sich die Vorarbeiten zu Themenfeld 3 mit den Möglichkeiten für eine effiziente Erhaltungsplanung von Ingenieurbauwerken der Verkehrsinfrastruktur. Neben gängigen ZfP-Verfahren und Methoden der Dauerüberwachung standen bei diesen Vorarbeiten vor allem risikobasierte Ansätze im Vordergrund der Forschung.

Die Ergebnisse aus dem Impulsprogramm haben gezeigt, dass die komplexen Herausforderungen, mit denen das Verkehrssystem im 21. Jahrhundert konfrontiert ist, schon heute verkehrspolitische Weichenstellungen erfordern. Zugleich konnten mit dem Impulsprogramm die fachlichen Voraussetzungen geschaffen werden, um die Ressortforschungseinrichtungen und Fachbehörden des BMVI zu einem Expertennetzwerk Wissen – Können – Handeln zusammenschließen zu können. Hierdurch wird es möglich, die vorhandenen Kompetenzen in einem Forschungsverbund zu bündeln, der einen engen Austausch mit der Praxis zum Inhalt hat. Das Impulsprogramm markiert damit einen wichtigen Schritt für die sichere und nachhaltige Entwicklung des Verkehrssystems vor dem Hintergrund der komplexen Herausforderungen der Zukunft.