



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr

Bundesforschungsprogramm Schiene



Vorwort

An einer nachhaltigen Mobilität führt angesichts der gravierenden Auswirkungen des Klimawandels und unserer Abhängigkeit von Energieimporten aus dem Ausland kein Weg vorbei. Das stellt den Verkehrsträger Schiene auch deshalb vor enorme Herausforderungen, weil er zu Recht als besonders umwelt- und klimafreundlich gilt: Er verursacht noch nicht einmal 1 Prozent der gesamten Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors in Deutschland. Eine klimaneutrale Mobilität ist ohne eine starke Schiene schlicht unvorstellbar. Deshalb wollen wir bis 2030 den Marktanteil des Schienengüterverkehr auf 25 Prozent steigern und die Verkehrsleistung im Personenverkehr verdoppeln.

Der Bund investiert erstmals mehr in die Schiene als in die Straße. Aber damit allein ist es nicht getan. Gefragt sind Kreativität und Erfindergeist, wenn bestehende Probleme gelöst und notwendige Entwicklungen beschleunigt werden sollen. Die Zeit drängt. Ein Verharren im Elfenbeinturm oder einen Streit in der Gelehrtenrepublik können wir uns ebenso wenig leisten wie Innovationen, die keine werden dürfen, weil sie aus welchen Gründen auch immer in einem ewigen Entwicklungsstadium versanden oder in den Mühlen der Bürokratie hängenbleiben. Mit dem Bundesforschungsprogramm Schiene, dem Deutschen Zentrum für Schienenverkehrsforschung und dem Offenen Digitalen Testfeld verfügen wir über geeignete Instrumente, um klare Schwerpunkte zu setzen und die Forschung im Bereich Schiene gezielt, bedarfsgerecht und praxisorientiert voranzutreiben.

Konkret geht es zum einen um eher klassische Themen wie zum Beispiel die Identifikation von Kapazitätsengpässen, die Verbesserung des Stadt-Umland-Verkehrs und die Reaktivierung von stillgelegten Strecken. Zum anderen stehen vor allem Zukunftsthemen wie Cybersecurity, Künstliche Intelligenz, der Bahnhof der Zukunft, das automatisierte Fahren oder das Europäische Zugbeeinflussungssystem ETCS auf der umfangreichen Agenda.

Es ist ein weites Feld, das es zu bearbeiten gilt. Die vor uns liegenden Jahre können zu einer Zeit der Erneuerung, des Aufbruchs und der Innovationen werden. Wir wollen mit unserer Forschung dazu beitragen, dass Klimaschutz und Wohlstand kein Widerspruch sind, sondern einander bedingen.

Ihr

Dr. Volker Wissing MdB
Bundesminister für Digitales und Verkehr



Dr. Volker Wissing MdB
Bundesminister für Digitales und Verkehr

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	1
1. Ziele und Grundlagen.....	5
1.1 Rahmenbedingungen	6
1.2 Strategie der Bundesregierung.....	7
1.3 Umsetzungsinstrumentarien	10
1.4 Praxisnahe Forschung – Das Offene Digitale Testfeld.....	11
1.5 Ergänzende Aktivitäten zum Bundesforschungsprogramm Schiene.....	12
2. Handlungsfelder des Bundesforschungsprogramms.....	13
2.1 Themenfelder	16
2.1.1 Wirtschaftlichkeit	16
2.1.2 Umwelt und nachhaltige Mobilität.....	17
2.1.3 Sicherheit	19
3. Wissenstransfer und Perspektiven	21
Anhang	23

1. Ziele und Grundlagen

1.1 Rahmenbedingungen

Der Weg zur Arbeit, Wochenendausflüge, Geschäftsreisen, Familienbesuche – über sieben Millionen Menschen reisten im Jahr 2019 täglich mit der Eisenbahn durch Deutschland, über 11 Millionen Menschen fuhren mit U- und Straßenbahnen.¹ Rund 550.000 Menschen sind im Bahnsektor tätig und erbringen tagtäglich Dienstleistungen.² Rund 380 Unternehmen in der Bahnbranche sorgen dafür, dass die unterschiedlichsten Güter in großer Menge zum Nutzen der Wirtschaft und damit letztlich auch zum Nutzen der Bürgerinnen und Bürger transportiert werden.

Die Corona-Pandemie seit Anfang 2020 hat für einen deutlichen Rückgang der Verkehrsleistung geführt. Trotzdem ist zu erwarten, dass das Bedürfnis nach Mobilität und auch die Verkehrsleistung künftig wieder zunehmen werden. Um hieran insbesondere die Eisenbahn als besonders umweltfreundliches Verkehrsmittel hinreichend partizipieren zu lassen, ist eine Weiterentwicklung und Stärkung des spurgeführten Verkehrs notwendig.

Dem Verkehrsträger Schiene kommt die wesentliche Aufgabe zu, eine wirtschaftliche, nachhaltige und sichere Alternative zur Straße zu sein und einen deutlich höheren Anteil an der Verteilung des Transportaufkommens auf verschiedene Verkehrsmittel als heute zu erbringen.

Die Eisenbahn spielt eine zentrale Rolle bei der Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. Demnach soll das Verkehrssystem in Deutschland im Jahr 2045 weitgehend treibhausgasneutral sein. Um dieses Ziel erreichen zu können, ist der Einsatz kohlenstoffhaltiger Energieträger so weit wie möglich zu vermindern (Dekarbonisierung). Die Schiene hat bei dem Wettlauf um die schnellstmögliche Dekarbonisierung im Verkehrsträgervergleich entscheidende Vorteile. Dem Verkehrsträger Schiene kommen deshalb die wesentlichen Aufgaben zu, eine wirtschaftliche, nachhaltige und sichere Alternative zur Straße und zum Luftverkehr zu sein und einen deutlich höheren Anteil an der Verteilung des Transportaufkommens auf verschiedene Verkehrsmittel (Modal Split) als heute zu erbringen. Dies wird aber faktisch nur möglich sein, wenn bei jeder begünstigenden staatlichen Handlung für konkurrierende Verkehrsträger das Ziel der Verkehrsverlagerung auf die Schiene mitgedacht wird. Initiativen aus Politik und Gesellschaft, Unternehmen und Verbänden verfolgen das Ziel, die Attraktivität und die Leistungsfähigkeit und damit die Wettbewerbsfähigkeit der Schiene zu verbessern.

1 Statistisches Bundesamt 2020.

2 Statista GmbH (2021): Untersuchung der volkswirtschaftlichen Bedeutung des deutschen Bahnsektors auf Grundlage seiner Beschäftigungswirkung; Berichte des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung, Bericht 14 (2021). Von den rund 550.000 Beschäftigten sind rund 400.000 Menschen direkt im Bahnsektor tätig, 150.000 Menschen arbeiten indirekt für den Bahnsektor.

1.2 Strategie der Bundesregierung

Die Stärkung der Schiene ist ein Schwerpunktthema der Bundesregierung. Dabei ist das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) für die Schienenverkehrsforschung verantwortlich.

Ziele des Bundesforschungsprogrammes Schiene

Als ein wesentliches Element zur Umsetzung dieser Strategie wurde im Mai 2019 das Bundesforschungsprogramm Schiene veröffentlicht, das mit der vorliegenden Version nach zwei Jahren eine erste Fortschreibung erfährt. Hierbei finden auch die Ergebnisse des „Zukunftsbündnis Schiene“ und dem daraus resultierenden „Masterplan Schienenverkehr“ Eingang. Das Programm stellt für den Schienenpersonen- und Schienengüterverkehr sowie für die schienenbezogene Infrastruktur die prioritären Zukunftsthemen des Schienenverkehrs und die hierfür notwendigen Forschungsaufgaben dar.

Im Bundesforschungsprogramm werden Themen der Schienenverkehrsforschung zu den Forschungsfeldern Wirtschaftlichkeit, Umwelt/nachhaltige Mobilität und Sicherheit sowie zu Querschnittsthemen (Digitalisierung, Automatisierung, Recht und Migrationsstrategien) benannt, begründet und priorisiert. Dabei werden mit der Umsetzung des Bundesforschungsprogramms im Wesentlichen zwei übergeordnete Ziele verfolgt:

1. Stärkung der Marktanteile der Schiene.

Der Schienenverkehr soll kontinuierlich und dauerhaft einen deutlich höheren Marktanteil einnehmen. Dafür müssen der Nutzen für die Kundinnen und Kunden gestärkt und die Innovationskraft des Schienenverkehrs verbessert werden. Gleichzeitig muss der Zugang zum System Bahn verbessert und vereinfacht werden.

2. Erreichen der Klimaschutzziele.

Als weiteres übergeordnetes Ziel gilt der Klimaschutz. Klimaschutz erfordert Innovationen. Bereits heute ist der Schienenverkehr durch seinen hohen Elektrifizierungsgrad und der Nutzung regenerativer Energien der Vorreiter für Umweltschutz in der Mobilität. Diese Rolle gilt es nicht nur zu bewahren, sondern perspektivisch auch auszubauen.

Mit dem Bundesforschungsprogramm Schiene setzt das BMDV somit wichtige Meilensteine und Ziele in der Schienenverkehrsforschung für die nächsten Jahre.

Das Bundesforschungsprogramm Schiene nimmt damit unter den vorgeannten Rahmenbedingungen eine koordinierende Funktion wahr und steht nicht in Konkurrenz zu der vorhandenen Forschungslandschaft. Es bildet die strategische Klammer um die derzeitigen und künftigen Forschungstätigkeiten des Bundes im Bereich Schiene:

- Das Bundesforschungsprogramm Schiene konkretisiert die prioritären Themen und Maßnahmen der Forschung im Bereich Schiene, die in den kommenden Jahren umgesetzt werden sollen (Forschungsplan Anhang I).

Das Bundesforschungsprogramm Schiene nimmt demnach eine koordinierende Funktion wahr und steht nicht in Konkurrenz zu der vorhandenen Forschungslandschaft.

- Das Bundesforschungsprogramm Schiene gibt zudem einen Überblick über die derzeitigen Forschungsprogramme der Bundesressorts mit Bahnbezug (Übersicht der Forschungsprogramme Anhang II).

Mit der vorliegenden Version erfolgt eine erste Fortschreibung des Bundesforschungsprogramms Schiene nach zwei Jahren. Weitere Fortschreibungen werden regelmäßig und bei Bedarf erfolgen.

Die Schienenverkehrsforschung ist in den strategischen Rahmen der Ressortforschung des BMDV eingebettet. Bei der Fortschreibung des Bundesforschungsprogramms Schiene wurden insbesondere die im strategischen Rahmen der Ressortforschung des BMDV formulierten Ziele und Schwerpunkte berücksichtigt:

- Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur
- Nachhaltige und sichere Mobilität
- Alternative Antriebstechnologien und Kraftstoffe
- Automatisierung, digitale Infrastruktur und digitale Innovationen
- Integrierte und vernetzte Mobilität

Diese Schwerpunkte zur Mobilitätsforschung der Bundesregierung wurden im Bundesbericht Forschung und Innovation (BuFI) vom Kabinett im Mai 2020 bestätigt.³ Sie geben den Rahmen für die prioritären Forschungsaufgaben im Bundesforschungsprogramm Schiene.

Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF)

Im Mai 2019 wurde mit dem Deutschen Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF) erstmalig eine Ressortforschungseinrichtung des Bundes errichtet, die sich dem Verkehrsträger Schiene widmet. Es ist als eigenständiges Bundesinstitut beim Eisenbahn-Bundesamt (EBA) angesiedelt. Eine Aufgabe des DZSF ist die Koordination der Umsetzung der im Bundesforschungsprogramm adressierten Forschungsthemen. Hierzu koordiniert und steuert das DZSF Forschungsvorhaben und führt auch selbst Forschung durch.

Als wissenschaftliche und anwendungsorientierte Ressortforschungseinrichtung ist das DZSF gleichzeitig auch die Denkfabrik des BMDV für die Weiterentwicklung des Schienenverkehrs in Deutschland. Es nimmt als Forschungseinrichtung eine neutrale Rolle ein und berät den Bund auf hohem wissenschaftlichen Niveau zu aktuellen Fragestellungen und bei längerfristigen Forschungslinien des BMDV (z.B. bei der Aufstellung und Durchführung des Forschungsprogramms Stadtverkehr). Darüber hinaus stellt das DZSF den Wissenstransfer zwischen Wissenschaft, Bahnsektor und dem BMDV sicher und sorgt für die erforderliche Einbindung aller relevanten Akteure.

Um dieses Wissenspotenzial noch besser auszuschöpfen, gezielt Synergien durch systematische Vernetzung zu fördern und zugänglich zu machen, ist das DZSF Teil des behördenübergreifenden BMDV-Expertenetzwerk „Wissen-Können-Handeln“. Im Rahmen des BMDV-Expertenetzwerkes befasst

³ Bundesbericht Forschung und Innovation (BuFI), S. 22 Z 694 – 698.

sich das DZSF mit sechs weiteren nachgeordneten Behörden des BMDV mit Forschungsfragen zur sicheren und nachhaltigen Entwicklung der Verkehrssysteme in Deutschland. Ziel dieses Forschungsformats ist es, auf wichtige verkehrsträgerübergreifende Zukunftsfragen wissenschaftliche Antworten zu finden. Hierdurch wird insbesondere die Berücksichtigung von verkehrsträgerübergreifenden Aspekten sichergestellt. Durch die enge Vernetzung von Theorie und Praxis, Wissenschaft und Anwendung werden die Erkenntnisse schnell umgesetzt.

1.3 Umsetzungsinstrumentarien

Auf nationaler Ebene kommen für das Bundesforschungsprogramm Schiene die folgenden Umsetzungsinstrumentarien zum Tragen, die sich ergänzen und bei Bedarf auch parallel genutzt werden können:

- Ressortforschung durch das DZSF
Die Ressortforschung deckt mit der problemorientierten, praxisnahen und interdisziplinären Herangehensweise das breite Aufgabenspektrum des Bundes im Bereich des Schienenverkehrs ab. Die Ressortforschung unterstützt die Vorbereitung oder Umsetzung politischer Entscheidungen und die Wahrnehmung öffentlicher Aufgaben. Über die Ressortforschung wird unabhängiges Fachwissen an der Schnittstelle von Wissenschaft, Industrie, Staat und Politik erarbeitet, das dem gesamten Bahnsektor zur Verfügung steht. Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten werden aktuell vornehmlich durch die Vergabe von Forschungsaufträgen an externe Forschungsnehmer ausgeführt. Sie werden durch eigene Forschungsaktivitäten des DZSF ergänzt.
- Auftragsforschung
Bei Fragestellungen mit einem definierten Erkenntnisinteresse des Bundes werden Ziele und Inhalte eines Forschungsprojektes vorgegeben und im Rahmen von öffentlichen Ausschreibungen adressiert. Das DZSF begleitet die Durchführung und Ergebnisse der Projekte und stellt die Ergebnisse dem gesamten Sektor zur Verfügung.
- Forschung durch das DZSF
Weiterhin forscht das DZSF auch eigenständig (Eigenforschung, Beteiligung an drittmittelgeförderten Projekten, Forschungsprojekte innerhalb des BMDV-Expertenetzwerkes). Perspektivisch werden hier insbesondere Aktivitäten im Kontext des offenen digitalen Testfeldes und des LärmLab 21 hinzukommen.
- Forschungsförderung mittels Zuwendungen
Die Entwicklung von Ideen und neuen Technologien erfolgt im Rahmen von inhaltlich abgegrenzten Forschungsprogrammen über die Forschungsförderung mittels Zuwendungen. Die Förderung erfolgt auf Grundlage von Förderrichtlinien und richtet sich an Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Universitäten sowie deren Kooperationen. Die erzielten Ergebnisse sollen anwendungs- und marktorientiert sein und möglichst demonstriert werden können. Wichtig für Projekte der Forschungsförderung ist, dass ein erhebliches Bundesinteresse an der Umsetzung und Verwertung besteht. Das Element der Forschungsförderung soll perspektivisch auch stärker für die Umsetzung des Bundesforschungsprogramms Schiene genutzt werden.

1.4 Praxisnahe Forschung – Das Offene Digitale Testfeld

Die Erkenntnisse aus der Forschung sollen künftig schneller und besser für das Gesamtsystem Schiene nutzbar gemacht werden, damit dem Verkehrsträger der notwendige Innovationsschub verliehen werden kann. Der Schlüssel für die Beschleunigung dieser Prozesse liegt in der anwendungsorientierten Forschung.

Diese ist ohne die Möglichkeit praxisnaher Tests und Erprobungen jedoch so gut wie undenkbar. Erschwerend kommt hinzu, dass die vorhandenen europäischen Testeinrichtungen nicht oder nur eingeschränkt für Forschungszwecke genutzt werden können, weil sie mit kommerziellen Versuchen und Zulassungsverfahren ausgelastet sind. Um diese Lücke zu schließen, wird unter Leitung des DZSF das **Offenes Digitales Testfeld** eingerichtet. Hier wird Forschung unter Realbedingungen möglich. Dabei stehen u.a. Innovationen für Fahrzeuge und Infrastruktur, die Forschung zum automatisierten Fahren, zur Zugsicherung und Digitalisierung und die Verbesserung des Umwelt- und Klimaschutzes im Fokus. Ein Schwerpunkt dieses Testfeldes wird darüber hinaus das LärmLab 21 sein, mit dem Verfahren für einen besseren Lärmschutz entwickelt und erprobt werden sollen.

Das Versuchsgebiet erstreckt sich über die Haupt- und Nebenstrecken im Streckennetz Halle – Cottbus – Niesky. Testfahrten und Versuche am Gleis und an Bahnanlagen stehen ebenso auf der Agenda wie Untersuchungen im Umfeld, bei denen es zum Beispiel um Fahrgäste, Anwohnerinnen und Anwohner sowie Umwelt geht. Die Versuche sollen vom DZSF selbst durchgeführt werden und im Rahmen von Auftragsforschungsprojekten genutzt werden. Das Testfeld steht darüber hinaus für wissenschaftliche Forschung und die Erprobung neuer Technologien zur Verfügung.



Mit dem Offenen Digitalen Testfeld wird Forschung unter Realbedingungen möglich.

1.5 Ergänzende Aktivitäten zum Bundesforschungsprogramm Schiene

Ergänzend zum Bundesforschungsprogramm Schiene dient das Bundesprogramm „Zukunft Schienengüterverkehr“ (Z-SGV) als Förderinstrument zur Unterstützung spezifischer Innovationen für den Schienengüterverkehr. Es werden Erprobung und Markteinführung von Innovationen im Schienengüterverkehr in den Bereichen Digitalisierung, Automatisierung und Fahrzeugtechnik gefördert. Bund und Sektor haben sich dabei auf eine Co-Finanzierung geeinigt, Vorhaben können laufend beantragt werden.

Weitere Programme des BMDV und anderer Bundesressorts widmen sich verkehrsträger- oder technologieübergreifend Themen, die damit auch zur Stärkung der Innovationskraft des Schienenverkehrs beitragen können (z.B. BMDV-Forschungsinitiative mFUND).

Auf Ebene der Europäischen Union (EU) soll das Gemeinschaftsunternehmen Shift2Rail seit dem Jahr 2014 die Innovationskraft im Schienenverkehr erhöhen mit dem Ziel, dass anwendungsorientierte innovative Technologien und Lösungen entwickelt werden, um die Wettbewerbskraft des Schienenverkehrs zu stärken. Das geplante Nachfolgeprogramm Europe's Rail Joint Undertaking (ERJU) soll diesen Auftrag weiterführen. Das BMDV nimmt hierbei eine beratende und koordinierende Funktion ein.

Die EU strebt einen gemeinsamen europäischen Eisenbahnraum (Single European Railway Area, SERA) an. Um Hemmnisse für den grenzübergreifenden Verkehr abzubauen, ist die technische und betriebliche Harmonisierung für Teile des Bahnsystems erforderlich. Die flächendeckende Einführung des European Train Control System (ETCS) ist der wichtigste Schritt zur Herstellung des SERA. Die EU nimmt daher als bedeutender Akteur im Bahnsektor durch Regelsetzungen maßgeblichen Einfluss auf die technische Entwicklung dieses Verkehrsträgers. Auch im Bereich städtischer Schienenbahnen sind zunehmend europäische technische Normen bei der Beschaffung von Bahnprodukten im einheitlichen Binnenmarkt zu beachten.

Die Schienenverkehrsforschung steht aus den vorstehend dargestellten Gründen oftmals in einem europäischen Kontext. Bei der Entwicklung von Innovationen und allen Überlegungen zur Migration neuer Techniken in die Praxis muss der europäische Rahmen berücksichtigt werden. Umgekehrt bietet eine qualifizierte Bahnforschung die Basis für eine wirksame Mitgestaltung des Schienenverkehrs und Vertretung deutscher Interessen auf der europäischen Ebene.

Das Eisenbahn-Bundesamt hat deshalb mit der Eisenbahnagentur der Europäischen Union im Jahr 2019 eine gemeinsame Absichtserklärung (Memorandum of Understanding) geschlossen. Ziel ist der regelmäßige Austausch von Informationen zu Forschungsprojekten und die Identifizierung von gemeinsamen Forschungsbedarfen.

2. Handlungsfelder des Bundesforschungsprogramms

Das Bundesforschungsprogramm adressiert den gesamten Schienenverkehr. Dazu zählen

- der Schienenpersonennahverkehr (SPNV)⁴,
- der Schienenpersonenfernverkehr (SPFV),
- der Schienengüterverkehr (SGV) sowie
- die Verkehrsinfrastruktur der Schiene.

Der Schienenverkehr ist ein eng aufeinander abgestimmter Komplex aus Infrastruktur, Fahrzeugen, Betrieb, Technologien und den im Sektor arbeitenden Menschen. Um diese Komplexität zu bedienen, aber auch verständlich machen zu können, werden folgende Themenfelder adressiert:

1. Wirtschaftlichkeit,
2. Umwelt und nachhaltige Mobilität,
3. Sicherheit.

Diese drei Themenfelder bilden die systematische Grundlage für das Bundesforschungsprogramm. Der Schienenverkehr wird demnach als ein integratives System verstanden, das zusätzliche Schnittstellen beinhaltet. Dazu gehören die Kundinnen und Kunden, Unternehmen und Dienstleister, Bürgerinnen und Bürger sowie Behörden. Veränderungen in einzelnen Bereichen haben somit auch stets Auswirkungen auf andere Bestandteile des Systems „Schiene“.

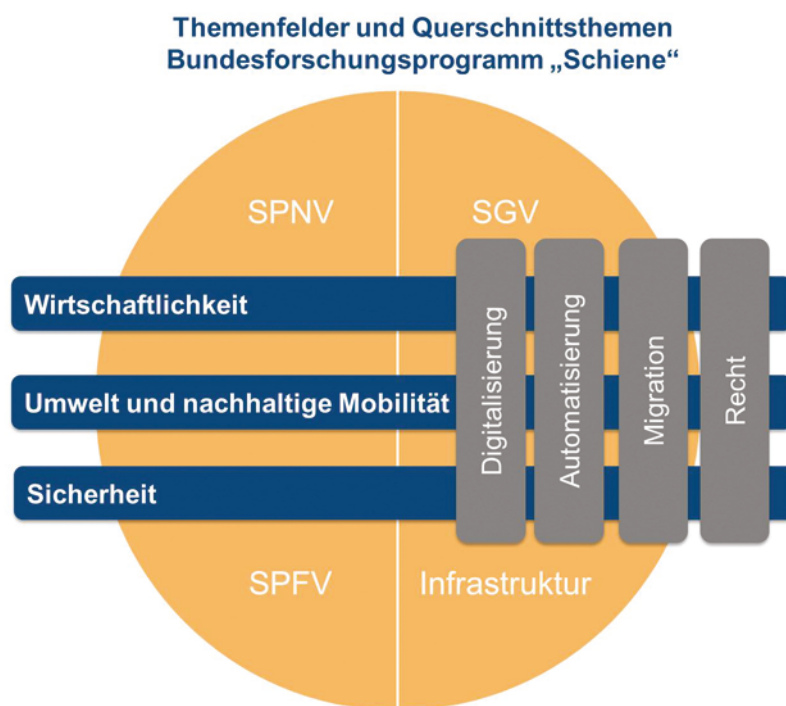


Abbildung 1: Themenfelder und Querschnittsthemen im Überblick

⁴ Dazu zählt auch städtischer schienengebundener öffentlicher Personennahverkehr.

Diesen drei Themenfeldern werden insgesamt vier Querschnittsthemen zugeordnet. Mit dem Querschnittsthema **Digitalisierung** wird der Entwicklung der Rechnerkapazitäten und den Möglichkeiten der Datenübertragung und der Sensortechnik Rechnung getragen, um analoge Prozesse zu digitalisieren oder neue Daten und Aussagen zu generieren. Wesentlich ist dabei die Identifizierung der Potenziale für alle Stakeholder und die Bereitstellung der nötigen Daten und die Fähigkeit zur effizienten Verarbeitung der Informationen. Die (Teil-) **Automatisierung** von technischen Verfahren und betrieblichen Prozessen kann wesentlich zu einer Optimierung des Systems Schiene beitragen. Die Betrachtung und Berücksichtigung der **Migration** von Innovationen und neuen Technologien in das System Schiene stellt ein zentrales Element bei der Bearbeitung von Forschungsthemen dar. Im Kontext der Migration ist auch die Betrachtung **rechtlicher Fragestellungen** ein wichtiger Aspekt zur Förderung der Praxiseinführung von neuen Technologien, da hiermit meist auch ein Anpassungsbedarf des gesetzlichen Regelwerks verbunden ist.

Diese Querschnittsthemen ergänzen den integrativen Ansatz des Bundesforschungsprogramms. Hierüber können die Interdependenzen und Wechselwirkungen berücksichtigt werden. Eine Gesamtsystemsicht ist bei allen Innovationen erforderlich, seien sie technischer oder betrieblicher Natur.

Soweit sich aus der Forschung spezifische Innovationen für den Schienengüterverkehr ergeben, aber auch unabhängig davon, steht das neue Bundesprogramm Zukunft Schienengüterverkehr als Förderinstrument für Weiterentwicklung, Erprobung und Markteinführung von Innovationen im Schienengüterverkehr zur Verfügung.

Im Folgenden werden die drei Themenfelder mit ihren jeweiligen Schwerpunkten vorgestellt und exemplarisch der Kontext zu den Querschnittsthemen hergestellt. Daraus sind einzelne Forschungsvorhaben abzuleiten.

Konkrete Maßnahmen hierzu sind der Anlage I zu entnehmen.

2.1 Themenfelder

2.1.1 Wirtschaftlichkeit

Die Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit des Verkehrsträgers Schiene ist ein wichtiges Ziel der Bundesregierung. Die Verlagerung von Güter- und Personenverkehr auf die Schiene wird nur gelingen, wenn der Transport für Kundinnen und Kunden zuverlässig und preiswert erfolgt. Auch die Auswirkungen staatlichen Handelns auf den Schienenverkehr sind zu berücksichtigen. Hierbei sind vor allem fiskalische Instrumente von besonderer Bedeutung.

Um die Einführung der Digitalen Automatischen Kupplung (DAK) voranzutreiben, wurde eine im Auftrag des BMDV erstellte Migrationsstudie zur EU-weiten Einführung der DAK am 29.06.2020 vorgestellt. Zur Unterstützung dieses Migrationsprozesses hat das BMDV im Juni 2020 ein Auftragsforschungsprojekt „DAK-Demonstrator“ mit einer Laufzeit von 2,5 Jahren und einem Mittelansatz von ca. 13 Mio. € vergeben. Dieses Projekt soll die technische und betriebliche Funktionalität der DAK von vier verschiedenen Herstellern testen und Basis für die Auswahl der für den Europäischen Schienengüterverkehr geeigneten DAK durch das „European DAC Delivery Programme“ (EDDP) sein.

Weitere Informationen unter:
<https://www.dac4.eu>



DAK-Demonstrator

Der Anteil des Schienenverkehrs am Modal Split soll steigen. Im **Güterverkehr** ist die **Attraktivität** für Kundinnen und Kunden dabei die zentrale Größe, die grundsätzlich von den Faktoren Kosten, Zeit, Zuverlässigkeit, Qualität, Sicherheit, Flexibilität und Verfügbarkeit abhängt. Zunehmend ist auch die Klimafreundlichkeit des Transports ausschlaggebend für ihre Entscheidung. Eine zielgerichtete und bedarfsgerechte Entwicklung des Güterverkehrs bedarf daher einer profunden Kenntnis der Bedürfnisse der Kundinnen und Kunden und einer Untersuchung möglicher Anreizsysteme. Die Steigerung der Zuverlässigkeit und Effizienz von Fahrzeugen erlaubt eine bessere Auslastung der Infrastruktur, erschließt Kostenspielräume und erhöht die Planungssicherheit. Neben den Beschaffungskosten für das rollende Material sind auch dessen Lebenszykluskosten von Bedeutung.

Einsparungspotenziale liegen besonders in Techniken, die schneller und kostengünstiger Verschleiß und Mängel an Fahrzeugen detektieren und deren Ausfallrisiko ermitteln. Die dazu notwendige Sensorik kann dabei auf Fahrzeugen, im Instandhaltungswerk als auch entlang der Strecke implementiert werden. Logistische Konzepte wie der Einzelwagenverkehr oder Systeme zum einfachen Wechsel der Verkehrsträger, z.B. intermodale Systeme für die „letzte Meile“, sind weiterzuentwickeln. Bei der Weiterentwicklung von Fahrzeugen stehen z.B. neue Konstruktionsweisen, Verbundmaterialien oder der Einsatz von modernen Steuer- und Regelungssystemen im Fokus, die nicht nur zu Kostensenkungen, sondern auch zu einer Erhöhung der Sicherheit führen können.

Auch im **Personenverkehr** kann die Eisenbahn noch attraktiver werden. Die Digitalisierung kann dazu beitragen, durch Infotainment oder digitales Ticketing weiche Anreizfaktoren für die stärkere Nutzung des Zugverkehrs zu schaffen. Ein integrales Taktsystem und eine bessere Verknüpfung der Verkehrsmittel tragen zur Planbarkeit für die Kundinnen und Kunden bei; diese müssen weiterentwickelt werden. Erforderlich sind auch ganzheitliche Analysen hinsichtlich der Bedürfnisse bestimmter Nutzergruppen, wie z.B. älterer und mobilitätseingeschränkter Personen, Familien sowie bestimmter Nutzungsformen des Personenverkehrs (z.B. Nacht- oder Autoreisezüge), die in den letzten Jahrzehnten teils dramatische Rückgänge zu verzeichnen hatten. Vor diesem Hintergrund sollen Maßnahmen ermittelt werden, die Kundinnen und Kunden zur Nutzung des Umweltverbunds motivieren. Gerade in Ballungsräumen tragen städtische Schienenbahnen ganz wesentlich zur durchgängigen Erreichbarkeit aufkommensstarker Ziele und zur Begrenzung der Umweltauswirkungen des Verkehrs bei. Die Vorteile der Bahnsysteme zur Personenbeförderung und ihre nutzergerechte Verknüpfung sollen mit Innovationen besser zur Geltung gebracht werden.

Eine **Steigerung der Kapazität** im Schienenverkehr kann durch die optimierte Nutzung der vorhandenen Infrastruktur erfolgen. Die Einführung des European Train Control System (ETCS) wird zu einer Steigerung der Leistungsfähigkeit der Infrastruktur und der Qualität des Betriebsangebotes führen. Lösungen wie das Fahren im wandernden Raumabstand (Moving Block) bei ETCS Level 3 oder Voraussetzungen für den Einsatz längerer Züge müssen bewertet werden.

Eine **kostengünstige Infrastruktur** fördert die Wirtschaftlichkeit des Bahnsystems. Alle Phasen von Planung, Bau über Betrieb bis zur Erneuerung müssen dabei gesamthaft untersucht werden. Für eine gewinnbringende Datenerhaltung und Informationsverwertung für alle Lebensphasen eines Bauwerks wird in der Bundesverwaltung bereits Building Information Modeling (BIM) angewendet. BIM kann für die Schieneninfrastruktur noch effektiver genutzt werden. Untersuchungsbedarf besteht hinsichtlich der Standardisierung von Infrastrukturelementen, die wesentlich zur Kostensenkung der Schieneninfrastruktur beitragen können. Die Potenziale einer verstärkten Standardisierung für technische Elemente müssen identifiziert und bewertet werden. Die Erarbeitung von konzeptionellen und anwendungsorientierten Grundlagen für automatisierte Instandhaltungs- und Monitoringtechniken ist ebenso relevant wie die Entwicklung von Managementansätzen für die Gesamtlebensdauer und Zuverlässigkeit einer Anlage bzw. Verkehrsinfrastruktur unter verstärkter Berücksichtigung der Lebenszykluskosten. Ziel ist dabei der flächendeckende Einsatz sogenannter „predictive maintenance“-Ansätze für eine bedarfsorientierte, planbare und damit effiziente Instandhaltung der Infrastruktur.

Die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit ist eng mit der **Digitalisierung** und der **Automatisierung** der verschiedenen Bereiche der Wertschöpfungskette verknüpft. Insbesondere die Automatisierung bietet sowohl im Personen- wie auch im Güterverkehr ein großes Potential, die Wettbewerbsfähigkeit des Verkehrsträgers langfristig zu steigern. Dabei ist die Anwendung von Automatisierungstechniken vielfältig und betrifft alle Bereiche innerhalb des Bahnsystems. Das automatisierte Fahren (ATO, Automatic Train Operation) stellt dabei nur einen Ansatz für die Anwendung der Automatisierung dar. Ein Beispiel für ein weiteres Anwendungsfeld ist die Unterstützung der Instandhaltungsplanung der Schieneninfrastruktur durch die automatisierte Aufzeichnung und Bewertung des aktuellen Zustands des Gleisumfeldes über den Vergleich mit zurückliegenden Daten.

2.1.2 Umwelt und nachhaltige Mobilität

Der Schienenverkehr ist das umweltfreundlichste Verkehrsmittel. Dieser Vorteil gegenüber anderen Verkehrsträgern soll ausgebaut werden und auch langfristig unter den sich verändernden klimatischen, demographischen, sozialen und technologischen Rahmenbedingungen eine wichtige Säule der Mobilität bleiben. Dazu sind weitere Anstrengungen zur Energieeinsparung, zur Nutzung regenerativer Energien und Senkung der Umweltauswirkungen für Anwohnerinnen und Anwohner sowie für den Schutz der Umwelt erforderlich. Das Verkehrsangebot muss fortlaufend den Veränderungen von demographischen Strukturen und Konsumverhalten sowie Warenströmen angepasst werden. Eine innovative Fortentwicklung des Bahnsystems setzt auch voraus, dass sich die damit verändernde Arbeitswelt auf die Bedürfnisse der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter einstellt und attraktive Berufsbilder anbietet.



Zur Stärkung des Schienenverkehrssektors sind qualifizierte Fachkräfte unabdingbar.

Strategien für eine **Dekarbonisierung des Schienenverkehrs** sollen verglichen und die Entwicklung neuer Antriebstechniken angestoßen und begleitet werden. Eine Nutzung regenerativer Energien für den Schienenverkehr unter der Oberleitung ist ohne Systemumstellung möglich. Elektrische Bahnen sind hier bereits Vorreiter der Elektromobilität, so dass hierzu kein grundlegender Technologiewechsel, sondern Effizienzsteigerungen im Vordergrund stehen. Es werden insbesondere Konzepte zur Dekarbonisierung für die Erbringung der Beförderungsleistung, die auf nicht elektrifizierten Strecken erfolgt, benötigt.

Daneben spielen auch die **Energieeinsparung** durch eine Automatisierung des Bahnverkehrs, Verfahren zur digitalen Betriebssteuerung, die Zurückgewinnung der Bremsenergie sowie neue Materialien und Fahrzeugformen eine Rolle. Energie wird im Bahnsystem nicht nur für die Fahrvorgänge, sondern auch für den Bau, sonstige Betriebsvorgänge und die Instandhaltung verbraucht, für die energieeffiziente Verfahren entwickelt werden müssen.

Bahnanlagen bieten ein erhebliches Potenzial für die **Gewinnung regenerativer Energien**, insbesondere aus der Sonnenenergie. Es werden Untersuchungen zur Bestimmung des verfügbaren Potenzials und des zur Erschließung nötigen Aufwands durchgeführt. Die speziellen Anforderungen des Bahnsystems in Betrieb, Inspektion und Unterhaltung sind zu berücksichtigen und mögliche Synergien mit dem Lärmschutz oder der Instandhaltung zu entwickeln.



Lärmschutzwand

Die Akzeptanz der Anwohnerinnen und Anwohner gegenüber **Schienenlärm, Baulärm, Lärm von Sonderanlagen und Erschütterungen** schwindet und hat in den letzten Jahren zur Verzögerung von Ausbauprojekten der Schieneninfrastruktur geführt. Die Bundesregierung wird die vielfältigen Aktivitäten zur Verbesserung des Lärmschutzes weiterführen und ausbauen. Der Gesundheitsschutz der Bevölkerung muss auch künftig sichergestellt sein. Die Infrastruktur muss diesbezüglich optimiert werden. Der Fokus liegt auf der Entwicklung und Erprobung neuer Techniken zur Lärmreduzierung am Fahrzeug und an der Strecke. Darin müssen auch Erkenntnisse aus dem Lärmsanierungsprogramm des Bundes und der Lärmaktionsplanung wie auch aus dem bundesweiten Lärmmonitoring einfließen. Durch den Einsatz des automatisierten Betriebs kann zudem eine Lärmreduzierung durch eine vorausschauende Fahrweise erreicht werden. Zusätzlich sollen Erschütterungen aus dem Schienenverkehr untersucht und Konzepte zu deren Minderung entwickelt werden. Die Erprobung innovativer Technologien zum Schienenlärmschutz ist Teil des LärmLab 21.

Der Bahnverkehr setzt, relativ zu anderen Verkehrsträgern, wenig **stoffliche Emissionen** frei. Die Entstehung und Ausbreitung bahnspezifischer Emissionen ist deshalb bislang wenig untersucht worden. Daher sollen Informationen darüber gewonnen und ausgewertet sowie ggf. Möglichkeiten zur Minderung oder Eliminierung stofflicher Emissionen beschrieben werden.

Das Schienennetz greift in die **Natur** ein, bildet aber gleichzeitig Lebensraum für seltene und geschützte Arten. Der Wissensstand zu den Auswirkungen des Bahnbetriebs und der Infrastruktur auf Arten und Lebensräume soll verbessert werden und daraus das Potenzial abgeschätzt werden, das Bahnanlagen für die Biodiversität durch die Bereitstellung und Vernetzung von Lebensräumen aufweisen. Für die Ausgleichsmaßnahmen zum Schutz seltener Arten

und Lebensräume sind Wirksamkeitsnachweise und Optimierungsstrategien zu erarbeiten, um damit Planungsprozesse rechtlich abzusichern und zu beschleunigen.

Die Folgen des gesellschaftlichen Strukturwandels und der sich daraus ergebende Anpassungsbedarf für das Bahnsystem müssen ganzheitlich analysiert und Strategien abgeleitet werden. Ein Fokus soll auf den **Stadt-Umland-Verkehren** liegen, um die Verlagerung von Pendlerverkehren auf den Verkehrsträger Schiene zu verbessern. Dafür sind beispielsweise Projekte zur bedarfsgerechten Weiterentwicklung und Reaktivierung von Strecken und Bahnhöfen erforderlich. Reaktivierungen von Schienenstrecken sind ein komplexes Vorhaben und brauchen eine breite Akzeptanz. Wesentlich für den Erfolg ist es daher, sich mit den Argumenten für die Reaktivierung ebenso wie mit möglichen Bedenken auseinanderzusetzen. Dabei gilt es z.B. die geänderten Anforderungen sowohl älterer und mobilitätseingeschränkter als auch medienaffiner junger Nutzerinnen und Nutzer und von Familien im Hinblick auf Vertrieb, Information, Fahrzeuggestaltung, Bahnhöfe und Fahrplankonzeption zu überprüfen. Veränderte Rahmenbedingungen, die sich durch Migrationsbewegungen innerhalb Deutschlands und Europas und veränderte raumstrukturelle Gegebenheiten für die Planung und den Betrieb der Infrastruktur ergeben, müssen wissenschaftlich bearbeitet werden.

2.1.3 Sicherheit

Die Eisenbahn ist das sicherste Landverkehrsmittel. Sicherheit ist jedoch keine statische Errungenschaft, sondern muss auch vor dem Hintergrund sich verändernder technischer, hygienischer, gesetzlicher und gesellschaftlicher Rahmenbedingungen jederzeit gewährleistet sein. Übergeordnetes Ziel ist die Erhaltung und Weiterentwicklung des Sicherheitsniveaus. Es kann sich dabei ein Spannungsfeld zwischen den Einflussgrößen Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, Innovationspotenzialen und Stabilität des Systems bilden, für das ein angemessenes Verhältnis gefunden werden muss. So ergeben sich z.B. durch die Nutzung digitaler Technologien und künstlicher Intelligenz neben großen Chancen auch Herausforderungen für das Bahnsystem. Der Klimawandel, die demographische Entwicklung, veränderte Nutzungsgewohnheiten und schließlich auch gesundheitliche Gefährdungslagen wie Pandemien stellen ebenfalls neue Anforderungen an Infrastruktur und Fahrzeuge.

Der **Mensch** ist das zentrale Element im System Schiene. Durch den demographischen Wandel, die Digitalisierung und den gezielten Einsatz von Automatisierung ergeben sich notwendige Änderungen für den Bahnbetrieb. Im Fokus stehen dabei Forschungsansätze, die den Bedürfnissen aller Fachkräfte und Generationen zugutekommen. Im Kern muss es in den Vorhaben darum gehen, dass Technik die Menschen in ihren spezifischen Arbeitssituationen unterstützt und die Arbeit erleichtert. Ziel ist es, die Sicherheit weiter auszubauen und die positiven Effekte von Veränderungen konstruktiv zu nutzen. Darüber hinaus sind auch prozessuale Elemente, beispielsweise hinsichtlich der Resilienz des Bahnsystems gegen gesundheitliche Gefährdungslagen der Beschäftigten und Reisenden zu berücksichtigen.

Die **Sicherheitsanforderungen** an Innovationen und neuen Technologien müssen evaluiert und definiert werden. Ggf. muss daraus auch Änderungsbedarf in gesetzlichen und untergesetzlichen Regelwerken identifiziert werden. Tatsächlich können Sicherheitsfragen sowie Fragen zur Einführung neu-



Die Eisenbahn ist nicht nur ein nachhaltiges und umweltfreundliches Verkehrsmittel. Die Eisenbahn ist eines der sichersten Verkehrsmittel und dank des technischen Fortschritts im Verlauf ihrer Entwicklungsgeschichte immer sicherer geworden.

er Technologien in das Gesamtsystem Eisenbahn, die bei deren Entwicklung nicht adressiert wurden, ein Migrationshemmnis bilden und damit die Praxiseinführung neuer Systeme verhindern. Ein Kernaspekt sind in diesem Kontext die Anforderungen, die im Rahmen der Automatisierung entstehen.

Ein erheblicher Teil der technischen **Regelwerke** für den Bahnsektor ist durch Fortschreibungen jeweils neuen Anforderungen angepasst worden. In einer Vielzahl der Fälle hat eine wissenschaftliche Untersuchung dazu nicht stattgefunden, weshalb die Überarbeitung der Regelwerke in Teilen notwendig ist. Dies erfolgt im Wesentlichen im Rahmen der Formulierung der Technischen Spezifikationen Interoperabilität (TSI), die die nationalen technischen Regeln (NTR) mittelfristig weitgehend ablösen werden.



Für den Einsatz neuer Technologien im Bahnsektor ist der Securitybedarf zu prognostizieren. Schwachstellen z.B. hinsichtlich der Cybersecurity sind zu identifizieren und mit Sicherheitskonzepten zu schließen.

Das Bahnsystem ist eine **kritische Infrastruktur**, bei dessen Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere Folgen eintreten würden. Der Schutz kritischer Infrastrukturen ist eine Kernaufgabe staatlicher Sicherheitsvorsorge und ein wichtiger Baustein der Sicherheitspolitik. Die Eisenbahninfrastruktur erweist sich auf Grund des hohen Technisierungsgrades und der zunehmenden Vernetzung von Anwendungen als besonders schutzbedürftig hinsichtlich Cyber-Angriffen. Die aktuelle Entwicklung im Bereich Security und Cybersecurity sowie die Erfahrungen anderer europäischer Mitgliedstaaten zeigen, dass die Teilsysteme vernetzter Anwendungen einer systematischen Analyse unterzogen werden müssen. Diese bildet die Grundlage für die Identifizierung von potenziellen Gefahren und der Verletzbarkeit kritischer Infrastrukturen, um die Risiken minimieren und adäquate Schutzmaßnahmen entwickeln zu können.

Naturereignisse gehören zu den Gefahren für kritische Infrastrukturen. Die Anpassungsstrategie der Bundesregierung an den **Klimawandel** verpflichtet die Ressorts für ihren Zuständigkeitsbereich zur Vorbereitung auf die sich in den nächsten Jahrzehnten verändernden Bedingungen. Dies ist auch für das Bahnsystem erforderlich. In einem ersten Schritt werden aktuell Vulnerabilitätsanalysen des Schienennetzes gegenüber Naturgefahren durchgeführt. In einem weiteren Schritt werden geeignete Anpassungsmaßnahmen in baulicher, betrieblicher und planerischer Hinsicht entwickelt und verortet, wozu u.a. die Definition und Ertüchtigung von Ausweichstrecken, bauliche Maßnahmen, Strategien zum Risikomanagement oder das Climate-Proofing in der Umweltverträglichkeitsprüfung beitragen. Zusätzlich müssen Konzepte für den Unfall- und Katastrophenschutz angepasst und optimiert werden.

3. Wissenstransfer und Perspektiven

Forschungsergebnisse im Bahnsektor wurden lange Zeit nicht kontinuierlich systematisch erfasst und analysiert. Das Bundesforschungsprogramm Schiene zeigt die thematischen Lücken und den weiteren Forschungsbedarf auf, analysiert und dokumentiert aber auch die bisherigen Forschungsaktivitäten im Bereich des Schienenverkehrs.

Die Ergebnisse der Forschungsvorhaben des Bundesforschungsprogramms Schiene fließen unmittelbar in die Arbeit des BMDV ein. Ziel der Schienenverkehrsforschung des BMDV ist es auch, Forschungsergebnisse möglichst weit zu verbreiten, um den Mehrwert der Forschungserkenntnisse zu teilen und vielfältig z.B. in der Politik, der Wirtschaft und der Wissenschaft für die Vorbereitung und Umsetzung von Entscheidungen und für weitere wissenschaftliche Untersuchungen zu nutzen. Die Verbreitung der Erkenntnisse ist auch ausschlaggebend für die politisch besonders wichtige schnelle Überführung von Innovationen in die Anwendung.

Die zentralen Forschungsergebnisse werden auf den Internetseiten des DZSF veröffentlicht:

https://www.dzsf.bund.de/DZSF/DE/Veroeffentlichungen/veroeffentlichungen_node.html

So lädt das BMDV seit 2016 jährlich zum Schienenverkehrsworkshop ein. Die Ergebnisse der Workshops werden auf den Seiten des BMDV und DZSF zur Verfügung gestellt. Neben dem DZSF kommen hier Akteurinnen und Akteure aus dem Bahnsektor, der Wissenschaft und der Forschung zusammen, um über die zukünftige Forschungspolitik der Bundesregierung, die Entwicklung internationaler Schienenverkehrsforschung und aktuelle Trends und Innovationen zu sprechen. Je nach Themenstellung werden aber auch z.B. Fachkonferenzen zu Forschungsergebnissen durch das DZSF durchgeführt. Darüber hinaus werden die Ergebnisse der Untersuchungen über diverse Fachmedien (Internet und Schriftenreihen/Fachpublikationen) der Fachöffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

Mit der Eröffnung des offenen digitalen Testfelds im Jahr 2021 wird nicht nur ein wesentlicher Grundstein für praxisnahe Erprobungen gelegt, sondern auch Forschungsinfrastruktur für Kollaborationen geschaffen. So können Unternehmen des Bahnsektors aber auch Unternehmen anderer Wirtschaftszweige sowie Forschungseinrichtungen das offene digitale Testfeld nutzen.

Das Bundesforschungsprogramm wird regelmäßig fortgeschrieben. Der identifizierte Forschungsbedarf ist turnusmäßig auf Grundlage der politischen und haushalterischen Vorgaben auf Umsetzbarkeit und Machbarkeit zu überprüfen. Eine Verschiebung der Themenschwerpunkte oder die Aufnahme zusätzlicher Themen aus aktuellen Anlässen sowie einer Fortentwicklung der Erkenntnisse bleibt vorbehalten.

Anhang

Anhang I

Bundesforschungsprogramm: Handlungsfelder und Themen (Forschungsplan)

Anhang II

Forschungs- und Förderprojekte der Bundesressorts mit Bezug zur Eisenbahn und Schiene

Anhang I: Bundesforschungsprogramm: Handlungsfelder und Themen (Forschungsplan)

Der vorliegende Forschungsplan umreißt die Handlungsfelder, die in der Initialphase der Schienenverkehrsforschung bearbeitet werden sollen. Als Zeitraum für diese Phase werden fünf bis sieben Jahre veranschlagt. Einige der nachfolgend beschriebenen Themen stellen Daueraufgaben dar, die auch über diesen Zeitraum hinaus betrachtet werden.

Die genannten Themen des Forschungsplans stellen eine erste Fortschreibung des identifizierten Forschungsbedarfes nach zwei Jahren dar. Im Rahmen der Fortschreibung wurden die Maßnahmen und ihre zugehörige Beschreibung überarbeitet. Dabei erfolgte vereinzelt auch eine Zusammenlegung von Maßnahmen, die ähnliche Themen adressieren. Ideen- und Innovationswettbewerbe werden aktuell nicht weiterverfolgt, weil hierfür kein geeignetes Umsetzungsinstrumentarium vorhanden ist.

Zusätzlich zur Benennung und Beschreibung der Maßnahmen, erfolgt eine Darstellung der bisher erfolgten Umsetzungen (in der Regel durch Forschungsprojekte) und der weiteren geplanten Aktivitäten.

Soweit sich aus der Forschung spezifische Innovationen für den Schienengüterverkehr ergeben, aber auch unabhängig davon, steht das neue Bundesprogramm Zukunft Schienengüterverkehr als Förderinstrument für Weiterentwicklung, Erprobung und Markteinführung von Innovationen im Schienengüterverkehr zur Verfügung.

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
Wirtschaftlichkeit	Automatisierung im Schienenverkehr	<p>Der Verkehrsträger Schiene bietet wegen seiner grundsätzlichen Systemeigenschaften ideale Voraussetzungen für eine weitgehende Automatisierung, und in geschlossenen Systemen ist diese bereits Stand der Technik. Dies betrifft sowohl das automatische Fahren auf der Schiene (ATO – Automatic Train Operation) als auch die Automatisierung von Planungs-, Dispositions- und Instandhaltungsprozessen, Verlade- und Logistikvorgängen. Im Bereich der Vollbahnen sind erste Forschungsansätze zu erkennen. Einzelne Hersteller entwickeln automatische Fahrfunktionen und forschen nach Wegen zur Validierung und Zulassung der Systeme. Für das Zusammenspiel von Fahrzeugen, Betrieb und Infrastruktur in der Automatisierung sind die Aktivitäten zu bündeln. Da diese Entwicklungen konkrete Auswirkungen auf die Reisenden und Beschäftigten nehmen, sind auch Fragen der Akzeptanz und Technikfolgenabschätzung zu bearbeiten. Es sollen insbesondere folgende Themen verfolgt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Methoden zur Validierung, Sicherheitsbewertung und Zulassung von automatischen Fahrzeugen oder Teilfunktionen • Untersuchung und Erprobung der grundsätzlichen Möglichkeiten der Automatisierung und Erfassung von Sensordaten im Betrieb • Erprobung und erlebbar machen der Automatisierung auf der Schiene • Nutzung von digitalen Infrastrukturen für Sensorik und Aktorik in den Fahrzeugen und an der Strecke zur Entwicklung, Validierung und Zulassung automatisierter Systeme • Automatisierung von Planungs- und Dispositionsprozessen (u.a. intelligentes Baustellenmanagement) • Akzeptanzfragen und Technikfolgenabschätzung

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
		<p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Hierzu wurden in 2020/2021 die Auftragsforschungsprojekte „Funktionale Anforderungen an Sensorik und Logik einer ATO-Einheit“, „Risikoakzeptanzkriterien für den automatisierten Fahrbetrieb“ und „Sensorik als technische Voraussetzung für ATO-Funktionen“ aufgesetzt. Die Projekte werden durch einen Begleitkreis mit Vertretern aus Industrie, Verwaltung und Wissenschaft begleitet. • Im Rahmen der Förderrichtlinie Bundesprogramm Zukunft Schienengüterverkehr (Z-SGV) werden auf dem „Testfeld Zugbildungsanlage der Zukunft“ in München-Nord automatisierte und digitalisierte Rangier- und Bremsvorgänge erprobt. • Weitere Projekte zur Bearbeitung der Forschungsthemen sind in Planung.
	<p>Innovativer Güterwagen (IGW II)</p>	<p>Von 2016 bis 2019 finanzierte das BMDV das Auftragsforschungsprojekt „Innovativer Güterwagen“, in dem die Möglichkeiten der wirtschaftlichen Migration von Maßnahmen zur Lärmreduzierung und Senkung des Energieverbrauchs im Schienengüterverkehr untersucht werden. Hieraus resultierten offene Fragestellungen, die in weiteren Forschungs- und Entwicklungsprojekten zu behandeln sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Strom- und Datenversorgung von Güterwagen und Migration der Digitalen Automatischen Kupplung (DAK) • Möglichkeiten der modularen Bauweise zukünftiger Güterwagen • Ortung von Einzelwagen <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Im Rahmen der vom BMDV beauftragten Migrationsstudie zur DAK und dem darauffolgenden BMDV-Auftragsforschungsprojekt „DAK-Demonstrator“ (Laufzeit bis Ende 2022) wurden und werden wichtige Fragestellungen zur Strom- und Datenversorgung von Güterwagen und zur Migration der DAK behandelt. • Die Entwicklung von modular aufgebauten Güterwagen wurde durch den Sektor vorangetrieben, eine Unterstützung der Markteinführung ist ggf. im Rahmen des Bundesprogramms Zukunft Schienengüterverkehr (Z-SGV) möglich.
	<p>Alternative Antriebe/Innovatives Triebfahrzeug</p>	<p>Der Verkehrsträger Schiene kann im Sinne der Klimaschutzziele sowohl im Allgemeinen einen substantiellen Beitrag zur Treibhausgasreduktion leisten als auch speziell durch den Einsatz alternativer Antriebe auf nicht-elektrifizierten Streckenabschnitten, für die sich eine Elektrifizierung wirtschaftlich nicht darstellen lässt. Zur Erschließung der CO₂-Minderungspotentiale helfen neue technische und organisatorische Lösungen für den Bahnverkehr. Ziele sind die Weiterentwicklung vorhandener alternativer Antriebsformen und die Untersuchung der Anforderungen für Tank- und Ladeinfrastrukturen. Hierzu sollen insbesondere folgende Themen verfolgt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung der Übertragbarkeit von Lösungen aus dem Automobil- und Schifffahrtsbereich auf den Schienenverkehr • Entwicklung bzw. Erhöhung der Einsatztauglichkeit alternativer Antriebe (z.B. Wasserstoffbrennstoffzellen, Akkumulator-Technologie) für SPNV, SGV als auch Nebenfahrzeuge

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
		<ul style="list-style-type: none"> • Anforderung an dezentrale Tank- und Ladeinfrastrukturen zur Energiebereitstellung • themenübergreifende Untersuchung von Ansatzpunkten zur Reduzierung der Lärmbelastung <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Studie „Identifizierung von Forschungsansätzen und technischen Grundlagen zur Entwicklung eines leiseren, umweltfreundlicheren und betriebswirtschaftlich darstellbaren innovativen Triebfahrzeugs für bislang nicht elektrifizierte Netze“ wurde im Herbst 2020 vorgelegt. • Das Forschungsprojekt „Versorgungsstruktur und Integration Erneuerbarer Energien in neue Tank- und Ladeinfrastrukturen“ wurde Ende 2020 als Auftragsforschung vergeben. • Die Untersuchung „Modernisierung der Antriebskonzepte für Nebenfahrzeuge“ startet Mitte 2021 als Auftragsforschungsprojekt. • Im Herbst des Jahres 2021 starten das Projekt zur Weiterentwicklung der Einsatzfähigkeit von Brennstoffzellensysteme im SGV sowie die Untersuchung zur Entwicklung eines Wechselbatteriekonzeptes für batterieelektrische Loks als Auftragsforschung. • Die Entwicklung von technischen Lösungen und Weiterentwicklungen im Bereich der alternativen Antriebe wird kontinuierlich weiterverfolgt, auch z.B. im Rahmen der BMDV-Richtlinie zur Richtlinie zur Förderung alternativer Antriebe im Schienenverkehr.
	Innovationen am Fahrzeug	<p>Neben den vorgenannten genannten Themen und Maßnahmen soll auch der Raum geschaffen werden, zusätzliche Verbesserungen und Weiterentwicklungen an Fahrzeugen vorzunehmen und zu erproben. Die Steigerung der Zuverlässigkeit von Fahrzeugen ist dabei von zentraler Bedeutung für die Attraktivität des Schienenpersonenverkehrs.</p> <p>Dabei sollen insbesondere folgende Themen verfolgt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Innovationen im Bereich Fahrzeugleittechnik • Modernisierbarkeit sowie die bedürfnisorientierte Gestaltung von Schienenfahrzeugen des Personenverkehrs • Fahrgastinformationssysteme, Fahrgastlenkung und Fahrzeuginnenraumgestaltung mit dem Ziel, die Nutzerfreundlichkeit zu steigern und den Fahrgastwechsel effizienter zu gestalten • Verringerung von Energiebedarf und Emissionen durch die Reduktion von Fahrzeugwiderständen, die Erhöhung der Effizienz von Antriebssträngen, ihrer Hilfsbetriebe und Energiespeicher sowie eines intelligenten Hilfs- und Nebenbetriebsmanagements <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Hierzu wurden 2021 erste Auftragsforschungsprojekte gestartet, die sich den Themen „Modernisierung von Schienenfahrzeugen“ und „Kuppelbarkeit von Fahrzeugen des SPNV“ widmen. • Weitere Projekte im Bereich Fahrzeuginnovationen sind in Planung.

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
	Digitale Automatische Kupplung, Migrationskonzept	<p>Ziel der Maßnahme war die Erstellung eines umsetzbaren Konzeptes der Einführung einer Digitalen Automatischen Kupplung in der Fläche. Mit der Einführung der Digitalen Automatischen Kupplung werden insbesondere folgende Themen verfolgt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schaffung der Grundvoraussetzungen für die Daten- und Stromversorgung von Güterwagen • Automatisierung der Betriebsprozesse • Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit des Schienengüterverkehrs <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Im Sommer 2019 wurde der Schlussbericht der Studie „Erstellung eines Konzeptes für die EU-weite Migration eines Digitalen Automatischen Kupplungssystems (DAK) für den Schienengüterverkehr“ vorgelegt. • Die Studie bildet eine der wesentlichen Grundlagen zu den Aktivitäten auf EU-Ebene im Rahmen des sog. „European DAC-delivery programme“. • Im Sommer 2020 wurde das BMDV-Auftragsforschungsprojekt „DAK Demonstrator für den Schienengüterverkehr“ gestartet, in dem u.a. Entscheidungsgrundlagen zur Auswahl eines EU-weiten Kupplungsdesigns erarbeitet werden.
	Weiterentwicklung innovative Verkehrsforschung Vorbereitung, fachliche Begleitung	<p>Dem Sektor stehen die erstellten Datenbanken „FIS – ForschungsInformations-System“ und „Forschungsüberblick zur Eisenbahnforschung“ zur Verfügung. Jedoch ist die Breite der derzeit und zukünftig für den Schienenverkehrssektor relevanten Technologien groß und entwickelt sich schnell. Entsprechend wächst die Menge der verfügbaren Information zu diesen Technologien exponentiell und übersteigt zunehmend die Kapazitäten manueller Recherchemethoden. Zur methodischen Unterstützung der Verkehrsforschung sollen insbesondere folgende Themen untersucht werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung eines technischen Konzepts und eines Prototyps zur Gestaltung und Betriebs eines teilautomatisierten Trendscouting-Systems <ul style="list-style-type: none"> o Extrahierung von Wissen zu Technologien und Technologieinnovationen mit Relevanz für den Verkehrssektor und das Schienenverkehrssystem o Bereitstellung der Ergebnisse an und Interaktion mit einem breiten Kreis menschlicher Nutzer • Förderung des Wissensaustauschs innerhalb des Schienenverkehrssektors <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • In 2021 wurde das Projekt „Voruntersuchung zu Gestaltung und Betrieb eines teilautomatisierten Trendscouting-Systems“ begonnen. • Weitere Projekte zur Förderung des Wissensaustausches und zur Unterstützung der innovativen Verkehrsforschung sind in Planung.

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
	Wirtschaftlichkeit von Güterbahnen im supranationalen Vergleich	<p>Der Klimaschutz benötigt die Verlagerung von Gütertransporten von der Straße auf die Schiene, idealerweise im internationalen Kontext. Dieses Ziel kann jedoch nur erreicht werden, wenn der Schienengüterverkehr (SGV) wirtschaftlicher wird und damit seine Marktposition verbessert. In einer globalen und vernetzten Welt sind schon heute viele Güterzüge grenzüberschreitend unterwegs. Jedoch existieren noch zu viele Hindernisse, denen durch eine Optimierung von Betriebsprozessen begegnet werden soll. Damit muss auch eine Stärkung der Kompetenzen von Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVUs) im Güterverkehr einhergehen, um diese bestmöglich zu unterstützen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Unternehmen im SGV • Erhöhung der Stabilität und Zuverlässigkeit von Transporten • Mehr Geschwindigkeit für Güterzüge, um gegenüber dem LKW bei der Kundenakzeptanz aufzuholen <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Im Rahmen des Bundesprogramms Zukunft Schienengüterverkehr (Z-SGV) werden im Schienengüterverkehr tätige EVUs auf vielfältige Art unterstützt, z.B. in den Bereichen Automatisierung, Personal-Disposition, Kombiniertes Verkehr • Ableitung der Anforderungen des Güterverkehrs bei der Reaktivierung von Schienenstrecken im Stadt-Umland-Verkehr • Erste Forschungsvorhaben zum inhaltlichen Schwerpunkt der klima- und kapazitätsoptimierten Logistik starten in 2021. • Weitere Projekte zum Schienengüterverkehr sind in Planung.
	Projekte mit dem Eisenbahnsektor: EU-Güterwagen	<p>Ziel der Maßnahme ist die branchenübergreifende Definition, Entwicklung und Verwendung eines neuen EU-weit standardisierten Güterwagens unter Berücksichtigung insbesondere folgender Aspekte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wirtschaftlichkeit • Ökoeffizienz • Eignung für automatisierten Betrieb <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mit den Aktivitäten zur Digitalen Automatischen Kupplung (Ausführungen vorstehend) unterstützt das BMDV sowohl die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit als auch die Automatisierung des Schienengüterverkehrs.
	Zukunftsfähige Güterzugkonzepte, Leistungsfähiges SGV-Netz	<p>Zur Steigerung der Attraktivität des Schienengüterverkehrs sind neue Güterzugkonzepte zu untersuchen, die mit wirtschaftlichen Effekten verbunden sind. Weiterhin sind dabei betriebliche und infrastrukturelle Rahmenbedingungen zu beachten (z.B. 740m-Netz). Im Fokus der Betrachtungen stehen die folgenden Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fahrzeuginnovationen (z.B. aerodynamische Verbesserungen, Leichtbaulösungen, Integration von Komponenten zur Technologisierung, Digitalisierung und Automatisierung)

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
		<ul style="list-style-type: none"> Erforschung von Möglichkeiten der Netzentmischung an hochbelasteten Stellen <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Start eines Projektes zur Analyse des Energiebedarfs von Kühlcontainern in 2021 Start von mehreren Projekten in 2021 (Erarbeitung von nachhaltigen Konzepten für neue Anwendungsfelder und Einsatzmöglichkeiten des Schienengüterverkehrs, die dem Ziel der Verlagerung von Güterverkehr auf die Schiene dienen; Bewertung dieser Konzepte hinsichtlich Klimafreundlichkeit und optimierter Kapazitätsausnutzung) Laufende Projekte im Rahmen des Bundesprogramms Zukunft Schienengüterverkehr (Z-SGV) Weitere Projekte zum Schienengüterverkehr sind in Planung.
	Erprobungsträger/ Technologieplattform	<p>Bereitstellung eines Erprobungsträgers, um innovative Komponenten im Schienenverkehr unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit, Energieeffizienz und Umweltauswirkungen</p> <ul style="list-style-type: none"> zu verbauen, zu erproben und die Zulassungsfähigkeit festzustellen. <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Im Rahmen des Aufbaus des offenen digitalen Testfeldes ist auch die Bereitstellung eines Erprobungsträgers geplant.
	Fehlerdetektion und Instandhaltungskonzepte Fahrzeuge	<p>Mit dem Ziel, die Wartungsintervalle für Schienenfahrzeuge zu verlängern, ist der Wechsel von zeitbasierten Wartungsplänen hin zur zustandsorientierten Instandhaltung erforderlich. Die Weiterentwicklung von Zustandserkennungssystemen und die Datenauswertung auf Grundlage abgestimmter Sensorik sind erforderlich, um drohendes Bauteilversagen frühzeitig zu erkennen. Neben der Verbesserung der Zuverlässigkeit und der Sicherheit sollen der Instandhaltungsaufwand, die Lebenszykluskosten und die Gesamtbetriebskosten gesenkt werden. Dabei sollen insbesondere diese Themen verfolgt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> Wirtschaftliche Ausrüstung der Schienenfahrzeuge mit Sensorik zur Zustandsüberwachung Weiterentwicklung und Erprobung von Methoden zur Fehlerdetektion und Fehlerprognose (u.a. Einsatz der Künstlichen Intelligenz) Entwicklung von Strategien zur Implementierung der Zustandsdaten in die Instandhaltungsprozesse Domänen- und unternehmensübergreifender Austausch von Zustands- und Instandhaltungsdaten; Datenstandards und Vereinheitlichung der Prozesse

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
		<p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Hierzu soll Mitte 2021 das Forschungsprojekt „Mindestausrüstung von Güterwagen: Effektives und wirtschaftliches Condition Monitoring für zustandsorientierte Instandhaltung“ starten, in welchem wirtschaftliche Ausrüstungskonzepte von Güterwagen mit zustandsüberwachender Sensorik und Ansätze zum vertrauensvollen Datenaustausch untersucht werden. • Weitere Forschungsprojekte sind aktuell in Planung (u.a. ein Projekt zur Sensorik im Bahnsystem mit einem Teilschwerpunkt der Datenverwertung für zustandsorientierte Instandhaltung).
	<p>Messsysteme zur Streckenkontrolle, Emissionsmessung und Bauwerksinspektion</p>	<p>Moderne Messsysteme (z.B. Laserscanner) unterliegen steten Weiterentwicklungen im Bereich der Messprinzipien, -genauigkeit und -auflösung sowie Miniatürisierung. Weiterhin gewinnen unbemannte Luftfahrgeräte als Messplattform zunehmend an Leistungsfähigkeit, Prozessautomatisierung und Präzision. Diese neuen Potentiale können in unterschiedlichsten Bereichen des Eisenbahnsystems Arbeiterleichterungen und verbesserte Informationsmöglichkeiten erzielen, beispielsweise im Bereich der Streckenkontrolle, Bauwerksinspektion oder Emissionsmessung. Es sollen insbesondere folgende Themen bearbeitet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potentialermittlung aktueller Messsysteme für den vielfältigen Einsatz im Schienenverkehr • Einsatz und Entwicklung von Demonstratoren für eine Überführung in den operationellen Betrieb • Analyse der erforderlichen Anpassung des bestehenden rechtlichen Rahmens zur Umsetzung der neuen Einsatzpotentiale (z.B. DrohnenVO) <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • In 2021 beginnt das DZSF-Forschungsprojekt „Potentialermittlung von Laserscanner-Aufnahmen für die Zustandsüberwachung der Schieneninfrastruktur und Umgebung“. Folgende Anwendungspotentiale sollen pilothaft untersucht und innerhalb des DZSF durchgeführt werden: Validierung und Präzisierung der vorhandenen Risikokarten zu gravitativen Massenbewegungen mittels Drohnen-getragener Laserscansysteme, Vegetationserkennung entlang der Schieneninfrastruktur mittels mobiler Laserscansysteme, Erkennung von Bauwerksveränderung mittels terrestrischem Laserscansystem. • Weitere Projekte sind in Planung.
	<p>Potentiale zum Einsatz digitaler Techniken im Bereich städtischer Schienenbahnen</p>	<p>Im Bereich der Straßen- und Stadtbahnen kommen zunehmend Fahrerassistenzsysteme und vernetzte Systeme zur Betriebssteuerung zum Einsatz. Bisher bestand noch keine systematische Analyse und Zusammenstellung der Potentiale von Technologien, die die Fahrfunktionen automatisieren und vernetzen können. Zudem sind die strukturellen und rechtlichen Rahmenbedingungen für den Einsatz dieser Techniken zu beachten und zu untersuchen. Daher sollen insbesondere folgende Themen verfolgt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse der Chancen und Risiken des Einsatzes und des Übergangs auf vernetzte digitale Zugsteuerungstechniken im Straßenbahnbereich • Untersuchung allgemeiner verkehrlicher Wirkungen und strategischer Zukunftsperspektiven der neuen Technologie insbesondere zur Zugsteuerung mit funkbasierter Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation (CBTC)

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
		<p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ein Projekt zur grundlegenden Analyse und Bewertung der Potentiale von Technologien zum automatisierten und vernetzen Fahren von Straßenbahnfahrzeugen startete im Jahr 2021. Es befasst sich mit den grundlegenden Anforderungen an Sicherheit, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit einer Automatisierung im Straßenbahnbereich. • Aufbauend auf den Resultaten und Erkenntnissen dieses Grundlagenprojektes werden Folgeprojekte abgeleitet. • Weitere Projekte zur Verknüpfung, Vernetzung und Zugänglichkeit des städtischen Schienenverkehrs sind in Planung.
	<p>Datenbanken: Forschungsüberblick, Aufbau und Weiterentwicklung</p>	<p>Ziel der Maßnahme ist es, die Forschungsergebnisse im Bereich der Eisenbahnforschung (Lärmforschung, Eisenbahnforschung allgemein) umfassend zusammenzutragen und mit Hilfe einer Datenbank zur Verfügung stellen.</p> <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Die genannten Datenbanken wurden erstellt und stehen zur Verfügung.
	<p>Modernisierung der Lieferketten</p>	<p>Der intermodale bzw. Kombinierte Verkehr (KV) ermöglicht durchgehende Transportketten von Gütern mittels Nutzung verschiedener Verkehrsträger (Wasser/ Straße/Schiene) in genormten Behältern (Containern/Wechselbrücken). Für die Stärkung des intermodalen bzw. Kombinierten Verkehrs stehen folgende Themen im Fokus:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung der Planung und Ausnutzung der intermodalen Lieferkette • Verbesserung der Verfügbarkeit und Qualität der Transportinformationen zwischen den Verkehrsträgern (z.B. mittels Sensorik an Fahrzeugen und intelligenten IT-Systemen in der Infrastruktur) <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Initiierung eines Forschungsprojektes zu Sensorik an Güterwagen im Jahr 2021 • Förderung diverser Projekte im Rahmen des Bundesprogramms Zukunft Schienengüterverkehr (Z-SGV) • weitere Projekte sind in Vorbereitung
	<p>Entwicklung und Einsatz innovativer Materialien</p>	<p>Die bestmögliche Ausnutzung der Fahrzeuge hinsichtlich der möglichen Zuladung (Güterverkehr) sowie des Raumangebotes (Personenverkehr) ist ein wichtiges Ziel bei der (Weiter-)Entwicklung des Rollmaterials. Innovative Fahrzeugkonzepte, die es ermöglichen, bei gleicher Zuglänge mehr Güter bzw. Personen zu befördern, spielen dabei eine entscheidende Rolle. Folgende Themen stehen deshalb besonders im Fokus der Entwicklung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reduzierung der Fahrzeugmassen durch funktionalen und konstruktiven Leichtbau sowie die Verwendung alternativer Werkstoffe und Fertigungstechnologien (unter Berücksichtigung der Erfordernisse für die betriebliche und fahrdynamische Sicherheit)

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
		<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung der damit verbundenen Randbedingungen (Recyclingfähigkeit, wirtschaftliche Möglichkeit von Reparaturen und Instandhaltungsprozessen, aufwandsarme und sichere Detektion von Schäden) • (Weiter-)Entwicklung zur Erhöhung und Flexibilisierung der Transportkapazität der Fahrzeuge des Personenverkehrs <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 2021 wurde ein Auftragsforschungsprojekt gestartet, das sich dem Thema „Einsatz kohlenstoffbasierter Materialien im Schienenverkehr als Mittel zum Klimaschutz“ widmet. • Weitere Projekte zum Leichtbau sowie zur Kapazitätssteigerung von Schienenfahrzeugen sind geplant.
	Digitalisierung des Bauwerksbestandes und von Infrastruktur	<p>Die Digitalisierung verändert auch das Bauwesen und das Infrastrukturmanagement. Eine Entwicklung ist das Building Information Modelling (BIM), eine Methode, mit der Bauwerke digital geplant und verwaltet werden können. Digitale Modelle auf Basis offener Standards sind zunehmend auch für die vollständige Abbildung der Schieneninfrastruktur gefordert, um die prädiktive Instandhaltung, autonomes Fahren oder Kapazitätsplanungen zu unterstützen. Grundlage dafür ist die zentrale Datenhaltung, die die optimierte Datenverarbeitung und die verbesserte Informationsqualität ermöglicht. Es sollen insbesondere folgende Themen verfolgt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Automatisierte Erfassung und Erstellung digitaler Modelle der Infrastruktur • Sichere und exakte Lokalisierung und Georeferenzierung von Bauwerken und Infrastrukturelementen • Erweiterung der Anwendung digitaler Methoden, wie z.B. BIM, für den Betrieb und die Instandhaltung von Infrastruktur <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Im Rahmen des BMDV-Expertennetzwerks wurde 2020 ein Auftragsforschungsprojekt gestartet, in welchem die Anwendbarkeit der BIM-Methodik für die prädiktive Instandhaltung von Verkehrsinfrastrukturen untersucht wird. • Weitere Projekte sind in Planung, u.a. zur Bewertung von Technologien zur automatisierten Digitalisierung der Infrastruktur.
	Infrastruktur – Inspektion und Instandhaltung digitalisieren und optimieren	<p>Mit Hilfe digitaler Abbilder der Infrastruktur und der automatisierten Erfassung von Bauwerkszuständen können Daten für neue Instandhaltungskonzepte zugänglich gemacht werden. Dafür werden Sensorsysteme und Auswertemethoden benötigt, mit denen sich Aussagen über den Zustand und das zukünftige Verhalten von Infrastrukturelementen besser ableiten lassen. Diese Daten sollen die Entscheidungen zur Instandhaltung unterstützen und hinsichtlich Kriterien wie Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Lebenszykluskosten optimieren. Dabei sollen insbesondere folgende Themen verfolgt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ganzheitliche, systemische „Predictive Maintenance“-Konzepte und Asset Management/Lebenszykluskostenmanagement • Sensor- und Monitoringsysteme für die Zustandserfassung • Diagnose und Prognose für die Zustandsbewertung und Fehleranalyse

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
		<ul style="list-style-type: none"> Entscheidungsfindung für die optimierte Instandhaltungsplanung <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Im mFUND-Projekt DiMaRB arbeitet das DZSF mit an einem Konzept zur prädiktiven Instandhaltung von Brückenbauwerken durch Verzahnung von BIM und SHM (Structural Health Monitoring) Das Projekt „Systematisierung der Infrastruktur-Instandhaltungsplanung und Beschreibung der Anwendung von Predictive Maintenance“ wurde 2020 ausgeschrieben und wird die Grundlage für zukünftige „Predictive Maintenance“-Lösungen bilden. Weitere Projekte zur prädiktiven Instandhaltung sind in Planung.
	<p>Infrastruktur – Reduktion der Kosten für Bau und Betrieb</p>	<p>An den vergleichsweise hohen Grundkosten im Schienenverkehr haben die Kosten der Infrastruktur einen großen Anteil. Dies betrifft alle Phasen des Lebenszyklus – Planung, Bau, Betrieb inkl. Inspektion und Instandhaltung sowie schließlich den Rückbau. In all diesen Phasen kommt es darauf an, Einsparpotentiale zu erschließen, ohne Abstriche bei der Sicherheit zu machen. Insbesondere werden folgende Themen verfolgt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Regelmäßige Überprüfung sowie Vereinfachung/Verschlankeung von Regelwerken Verstärkte Nutzung fortschrittlicher Untersuchungsmethoden, beispielsweise zerstörungsfreier Prüfverfahren zur Qualitätssicherung, im Rahmen wiederkehrender Prüfungen sowie bei der Planung von Instandhaltungs- und Rückbaumaßnahmen Managementverfahren für den Lebenszyklus, insbesondere unter Nutzung von prädiktiven Ansätzen und digitaler Prozesse (vgl. vorstehende Maßnahmen) <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Um Anwendern unabhängige Informationen zu Verfahren der Zustandserfassung zur Verfügung zu stellen, wird im Rahmen des BMDV-Expertenetzwerks ein entsprechender Katalog entwickelt. Die ersten Module zu zerstörungsfreien Prüfverfahren für Bauwerke aus Beton, Stahl und Mauerwerk stehen seit Anfang 2021 in Berichtsform zur Verfügung, weitere Module sowie ein webbasiertes System sind in Arbeit bzw. in Vorbereitung. 2021 wurde ein Auftragsforschungsprojekt zur Kostenoptimierung bei Bau und Betrieb von Nebenbahnen gestartet. Hierbei steht insbesondere die Vermeidung potentieller Risiken für Sicherheit und Betrieb im Vordergrund. Ein Projekt zur Konstruktionsoptimierung von Betonschwellen mit dem Ziel einer längeren Lebensdauer wurde Anfang 2021 initiiert. Weitere Projekte zur Optimierung der Lebenszykluskosten der Infrastruktur sind in Planung.
	<p>Planungsbeschleunigung, Baubeschleunigung</p>	<p>Viele Bauprojekte benötigen bis zu ihrer Realisierung sehr viel Zeit, auch beim Verkehrsträger Schiene, bei dem z.B. die Mechanisierung/Automatisierung von Herstellungsprozessen bereits weit fortgeschritten ist. Möglichkeiten zur Beschleunigung gibt es sowohl auf der administrativen als auch der technischen Seite.</p>

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
		<p>Insbesondere sollen folgende Themen verfolgt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschleunigung von Planungs-, Genehmigungs- und Bauprozessen durch Digitalisierung und kooperative Formen der Projektabwicklung • Verbessertes Baustellenmanagement, weitere Mechanisierung/ Automatisierung von Bauprozessen • Entwicklung und Evaluierung unterschiedlicher Beteiligungsverfahren • Standardisierung von Bauweisen und -verfahren • (Weiter-)Entwicklung vereinfachter Nachweisformate <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Im Zusammenhang mit der Einführung der BIM-Methode (Building Information Modeling) ergeben sich für Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden jenseits der technischen Seite auch neue Herausforderungen im operativen und prozessualen Bereich. In einem Forschungsprojekt werden die damit im Zusammenhang stehenden rechtlichen Aspekte untersucht. • Eine Pilotstudie betrachtet Möglichkeiten für ein KI-gestütztes Einwendungsmanagement. • Für standardisierte Rahmenbauwerke wurden Typenstatiken sowie Schal- und Bewehrungspläne entwickelt. • Weitere Projekte sind in Planung bzw. in Vorbereitung, u.a. zur Entwicklung eines vereinfachten Nachweisformats zur Erdbebenbemessung von Brücken.

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
Umwelt	Strategie zur Steigerung der Marktanteile Schiene	<p>Es ist erklärtes politisches Ziel, mehr Bahnkundinnen und Bahnkunden zu gewinnen und damit die Fahrgastzahlen im Schienenverkehr weiter zu steigern. Dazu ist es nötig, die Attraktivität der Eisenbahn gegenüber dem Individualverkehr und dem Flugzeug zu verbessern und gesamtgesellschaftliche Teilhabe zu fördern. Dabei sind die Bedarfe von Reisenden, potentiellen Kunden, Sektorbeschäftigten und Kommunen systematisch zu erfassen und adressieren. Dazu werden im Rahmen des Bundesforschungsprogramms Maßnahmen entwickelt und Umsetzungsmöglichkeiten in den folgenden Bereichen untersucht:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung des Verkehrsangebots • Erhöhung der Pünktlichkeit • Corona-sicheres Reisen im Zug • Rolle sozialer Faktoren, Normen, Wertvorstellungen und gesellschaftlicher Rahmenbedingungen <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Verschiedene Projekte zur Reaktivierung von Schienenstrecken, zu begleitenden Maßnahmen und zur Kostenoptimierung beim Bau und Betrieb von Nebenbahnen wurden initiiert. • Ein Projekt zur Risikoeinschätzung der Ansteckungsgefahr mit COVID-19 im Schienenpersonenverkehr wird durchgeführt. • Weitere Projekte sind in Planung.
	Gesellschaftlicher Strukturwandel - Strategien und verkehrliche Wirkungen	<p>Der gesellschaftliche Strukturwandel sorgt für sich verändernde Mobilitätsbedürfnisse und führt somit zu neuen Anforderungen an den Sektor. Dabei steigt nicht nur das Durchschnittsalter der Bevölkerung, sondern die Gesellschaft wird gleichzeitig mobiler und innovationsoffener. Das Mobilitätsverhalten ist dabei eingebettet in komplexe sozio-technische Systeme: es wird beeinflusst durch soziale Normen, gesellschaftliche Stimmungslagen, Digitalisierung und Technologisierung.</p> <p>Daher sollen Anpassungserfordernisse des Schienenverkehrssektors an demographische Entwicklungen im Sinne einer ganzheitlichen Analyse der Anforderungen älterer und mobilitätseingeschränkter Fahrgäste (Vertrieb und Information, Fahrzeuggestaltung, Fahrplankonzeption), der Konsequenzen sich wandelnder Einstellungen, raumstruktureller und mobilitätskultureller Änderungen, sowie der Migration erforscht werden. Es sollen insbesondere folgende Themen untersucht werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Betrachtung des Schienensektors als Mobilitätsdienstleister und der damit verbundenen Anpassungsanforderungen im Sinne der Fahrgäste • Förderung einer nachhaltigen Mobilitätskultur • Betrachtung des Schienensektors als Arbeitgeber und der verbundenen Anforderungen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, Identifizierung der Auswirkungen von gesellschaftlichem und technischem Wandel auf den beruflichen Alltag und die sich daraus ergebenden Anpassungserfordernisse an Aus- und Weiterbildung, sowie Auswirkungen der Attraktivität des Sektors als Arbeitgeber.

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
		<p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Projekte zur Identifikation des Handlungsbedarfs sind in Planung. • Projekte zu Bedarfen in der Fort- und Weiterbildung von Beschäftigten im Schienenverkehrssektor sind in Planung. • Weitere Projekte zur Entwicklung, Testung und Migration konkreter Maßnahmen, um auf die Auswirkungen des gesellschaftlichen Strukturwandels auf den Schienenverkehrssektor zu reagieren, sind in Planung. Dabei stehen die Unterschiede zwischen Metropolregionen und ländlichem Raum sowie Pendlerverkehre im Fokus.
	<p>Auswirkungen des Klimawandels für die Schiene</p>	<p>Der Klimawandel und damit verbundene wetterbedingte Einflüsse stellen EVU und EIU zukünftig vor große Herausforderungen. Es müssen sowohl kurz- als auch langfristige Auswirkungen des Klimawandels (z.B. Zunahme von Extremwetterereignissen, Anstieg der Durchschnittstemperaturen) Berücksichtigung finden. Für den Eisenbahnbereich sind folgende Arbeiten erforderlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Klimawandel und Extremereignisse: Durchführung der Klimafolgenanalyse für hydro-klimatisch bedingte Gefährdungen, u.a. Lokalisierung und Auswirkungen von Sturzfluten, Böschungsbränden, Sturmwurfereignissen und Hangrutschungen • Anpassung der Verkehrsinfrastruktur: u.a. Erarbeitung von Anpassungsstrategien und konkreten Anpassungsmaßnahmen unter Einbezug ökonomischer Werkzeuge (z.B. Kosten-Nutzen-Analyse), Einbringung der identifizierten Handlungserfordernisse in die Gremienarbeiten zur Fortschreibung der entsprechenden Regelwerke • Beeinträchtigungen von Verkehrsströmen: Bewertung der Kritikalität von Streckenabschnitten und der wirtschaftlichen Konsequenzen (Kostenanalyse) • Integrierte Klimawirkungsbewertung: Beitrag der Schiene zum Aufbau eines deutschlandweiten verkehrsträgerübergreifenden GIS-Systems mit Analyse-möglichkeiten zur Wirkung von Klimawandel und Extremwetter <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • In 2020/2021 wurden drei Auftragsforschungsprojekte gestartet, die sich den Themen „Ableitung des Baumbestandes entlang des deutschen Schienennetzes“, „Analysen zu schnellen wasserhaltigen Massenbewegungen: Bundesweite Untersuchungen zur Exposition des deutschen Schienennetzes und Modellierungen der räumlichen Ausbreitung“ sowie der „Sensitivitätsanalyse Vegetation entlang der Bundesverkehrswege bezüglich Sturmwurfgefahren und Böschungsbränden“ widmen. • In 2021 werden die Auftragsforschungsprojekte „Fernerkundung: Nahe-Echtzeit-Identifizierung von Baumstürzen auf Schieneninfrastruktur mithilfe von hochaufgelösten Radarsatelliten“ und „Kapazitätsoptimierte Vegetationsplanung an der Schiene“ starten. • Weitere Projekte sind in Planung.

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
	Automatisiertes Monitoring durch Fernerkundung	<p>Einige Überwachungsaufgaben der Bundeseisenbahnverwaltung für durchgeführte Maßnahmen und den ökologischen Zustand der Schienenwege bieten Potential für die Unterstützung durch die zeitweilige oder auch dauerhafte automatisierte Fernerkundung und Auswertung von Fernerkundungsdaten. Frei zugängliche Fernerkundungsdaten können neben hochauflösenden kommerziellen Produkten Verwendung finden. Vor der Umsetzung des flächendeckenden Monitorings in die Praxis sind geeignete Anwendungswerkzeuge zu entwickeln und zu erproben. Daher sollen Anwendungswerkzeuge entwickelt und erprobt werden, die zu den folgenden Aspekten einen Beitrag leisten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unterstützung des Vegetationsmanagements • Erkennung von Veränderungen der Geländeoberfläche, z.B. gravitative Massenbewegungen, Landsubduktion • Erkennung baulicher Maßnahmen und Schieneninfrastruktur • Überwachung naturschutzrechtlicher Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktivitäten zur Umsetzung dieser Maßnahme werden wegen der thematischen Nähe im Rahmen der vorstehend dargestellten Maßnahme „Auswirkungen des Klimawandels“ dargestellt.
	Verlagerung von Pendlerverkehren	<p>Aufgrund hoher Schadstoffbelastungen in Ballungsräumen, insbesondere durch Stickoxid und Feinstaub, ist zu untersuchen, durch welche Maßnahmen die Nutzung des Umweltverbunds von Pendlern erheblich erhöht werden kann. Hierfür sollen neben Innovationen auch psychosoziale Faktoren und Marketingstrategien sowie neue Geschäftsmodelle auf Wirkungsweisen und Potentiale hin erforscht werden. Verlagerung von Pendlerverkehren sind komplexe Vorhaben und brauchen eine breite Akzeptanz. Ferner sind die erforderlichen Wirkungsmechanismen zu untersuchen, um SPNV-Aufgabenträger und Kommunen dazu zu motivieren, bei Vergaben stärker die Kriterien der Umweltfreundlichkeit und Energieeffizienz der bestellten Fahrzeuge zu berücksichtigen. Es sollen insbesondere folgende Themen untersucht werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung der Faktoren, die zur Verkehrsträgerwahl beitragen (z.B. psychosoziale Dimensionen, Infotainment, Ticketing etc.) • Ganzheitliche Untersuchung zur Verlagerung von Pendlerverkehren • Entwicklung von Anreizsystemen zur Nutzung des Verkehrsträgers Schiene • Entwicklung von weiteren Steuerungsmöglichkeiten, z.B. raumordnerische, rechtliche und wirtschaftliche Instrumentarien <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Projekt „Begleitende Maßnahmen für die Reaktivierung von Schienenstrecken“ wurde Ende 2020 gestartet. Es betrachtet Best-Practice-Lösungen und entwickelt Handlungsempfehlungen. • Verschiedene Projekte zur Analyse nutzerfreundlicher, intermodaler Mobilitätskonzepte und Stadt-Land-Verkehrskonzepten sind in Planung. • Eine Studie zu Analyse der Einflussfaktoren der Verkehrsträgerwahl ist in Planung.

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
	Automatisierter Nebenbahnbetrieb - Reaktivierung von Strecken	<p>Inbesondere in Agglomerationsräumen liegende oder auf solche Räume zulau- fende inaktive Bahnstrecken können einen wirksamen Beitrag zur Reduzierung von CO₂ und zur Entlastung des Stadtverkehrs beitragen. Diese Wirkung wird noch gesteigert, wenn der reaktivierte Regional- und Nebenbahnbetrieb automatisiert und kundenorientiert, innovativ und nachhaltig konzipiert wird. Wirtschaftliche, soziale und ökologische Aspekte sind dabei ebenso wie raumordnerische und re- gulatorische Aspekte zu berücksichtigen. Es sollen insbesondere folgende Themen untersucht werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Optimierung der Bau- und Betriebskosten von Nebenbahnen • Anwendung von ETCS und DSTW bei einfachen betrieblichen Verhältnissen, inklusive der Migration • Entwicklung von Begleitmaßnahmen für die Reaktivierung von Schienen- strecken • Entwicklung eines Konzeptes für einen automatisierten Nebenbahnbetrieb unter Beachtung sozialer, ökologischer, ethischer, wirtschaftlicher und rechtli- cher Aspekte • Entwicklung und Durchführung von Demonstratoren <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • In 2020 wurden zwei Projekte zur Unterstützung der Reaktivierung von Strecken begonnen, die die wirtschaftlichen Aspekte des Baus und Betriebes von Regional- und Nebenbahnen betrachten („ETCS und DSTW bei Regional- und Nebenbahnen“, „Kostenoptimierung von Bau- und Betrieb von Nebenbahnen“). Das Projekt „Begleitende Maßnahmen für die Reaktivierung von Schienenstrecken“ betrachtet Best-Practice-Lösungen und entwickelt Handlungsempfehlungen. • Weitere Projekte mit Schwerpunkt der Automatisierung, die sich den Themen „Funktionale Anforderungen an Sensorik und Logik einer ATO-Einheit“ und „Risikoakzeptanzkriterien für den automatisierten Fahrbetrieb“ widmen, wurden in 2020 begonnen. • Weitere Projekte zum ATO Betrieb sowie Studien zur gesellschaftlichen Akzeptanz und Bedarfen sind geplant.
	„Grünes Band Schiene“	<p>Die Schieneninfrastruktur kann in vielfältiger Weise zur Förderung der Biodiver- sität und zum Klimaschutz beitragen. Durch effiziente Pflanzkonzepte werden Schnittmaßnahmen und Fällarbeiten an den Trassen langfristig reduziert und gleichzeitig die Biodiversität gefördert. Eine nachhaltige Vegetationskontrolle soll dabei den Beitrag der Schienenwege zu einem nationalen Biotopverbund erhöhen. Ziel ist die Förderung des genetischen Austausches durch die Vernetzung von Lebensräumen und den Abbau von Barrierewirkungen. Es sollen insbesondere folgende Themen verfolgt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung effektiver standardisierter Methoden zur Schonung streng geschützter Arten auf Bahnanlagen, wie z.B. Eidechsen und Fledermäuse • Entwicklung von Methodenstandards zur Berücksichtigung des Artenschutzes bei Bau- und Unterhaltungsmaßnahmen • Optimierung von Querungshilfen und Ursachenforschung an besonders gefährdeten Übergängen zur Verringerung von Kollisionsunfällen mit Tieren

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
		<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung ressourcenschonender Bekämpfungsmaßnahmen invasiver Arten zur Behinderung bzw. Verlangsamung der Ausbreitung entlang der Schienenwege • Erprobung innovativer Maßnahmen zum Lärm- und Erosionsschutz durch ingenieurbioologische Bauweisen. <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Erste Projekte werden hierzu in 2021 beginnen. Im Rahmen des Projektes „Kapazitätsoptimierte Vegetationsplanung an der Schiene“ sollen Handlungsempfehlungen für eine optimierte Vegetationsplanung und ein angepasstes Pflegemanagement entlang der Schiene entwickelt werden. Das Projekt „Möglichkeiten zur Umsetzung konstruktiver Bauteile entsprechend der Anforderungen des Bundesnaturschutzgesetzes § 41 Vogelschutz an Oberleitungsanlagen der Deutschen Bahn“ zielt darauf ab, den gesetzlich verankerten Vogelschutz im Bereich der Eisenbahn-Oberleitungsanlage zu optimieren. • Weitere Forschungsvorhaben werden im Rahmen des BMDV-Expertenetzwerks durchgeführt.
	Bahnhof der Zukunft	<p>Der Bahnhof der Zukunft soll ganzheitlich an wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Faktoren orientiert konzipiert werden und sich somit an den Bedürfnissen von Mensch und Natur orientieren.</p> <p>Als ein Aspekt sollen aus Befragungen von Beschäftigten, Reisenden und weiteren potenziellen Stakeholdern Empfehlungen für eine Weiterentwicklung und Optimierung von Bahnhöfen als Kernstück multimodaler und nachhaltiger Mobilitätsplattformen in Kommunen entwickelt werden. Es sollen die unterschiedlichen Voraussetzungen, Rahmenbedingungen und Bedarfe beispielsweise zwischen Bahnhöfen in Metropolregionen und solchen im ländlichen Raum gleichermaßen adressiert werden.</p> <p>Es sollen insbesondere folgende Themen untersucht werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konzeptentwicklung für Bahnhöfe in Metropolregionen und im ländlichen Raum als Kern intermodaler Mobilitätsplattformen und als attraktive Aufenthaltsorte • Entwicklung von Anforderungen an die Bahnhofsgestaltung zur Förderung der intermodalen Mobilität • CO₂-neutraler Bahnhofsbetrieb • Insektenfreundliche Beleuchtung an Bahnhöfen • Förderung von Artenschutzmaßnahmen für Fledermäuse und Vögel an Bahnhofsgebäuden • Entwicklung und Evaluation innovativer Ansätze und Maßnahmen, um Bahnhof der Zukunft an den Bedürfnissen von Mensch und Natur zu orientieren <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Anfang 2021 startete das Projekt BALIN (Insektenschutz an Bahnhöfen durch insektenfreundliche Beleuchtung). • Projekte zur Konzeption des Bahnhofs der Zukunft als Auftragsforschung sind in Planung.

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
	Alternativverfahren zur chemischen Vegetationskontrolle auf Gleisanlagen, Entwicklung	<p>Beim Einsatz von glyphosathaltigen Pflanzenschutzmitteln sind systematische Minderungsstrategien gefordert. Um die Sicherheit im Schienenverkehr zu gewährleisten, ist jedoch die Beseitigung von Vegetation im Gleisbett unumgänglich, da diese auf Dauer zu Gleislagefehlern führt. Gegenwärtig werden vor allem chemische Herbizide wie Glyphosat zur Vegetationskontrolle auf Gleisanlagen eingesetzt. Umweltfreundliche und praxistaugliche Alternativen stehen derzeit nicht zur Verfügung. Vor dem Hintergrund einer auslaufenden Zulassung bzw. einer möglichen Anwendungsbeschränkung des Herbizids Glyphosat in Deutschland bzw. Europa gewinnt die Entwicklung eines chemiefreien Alternativverfahrens zusätzlich an Bedeutung. Die Schwerpunkte des Forschungsansatzes sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifizierung und Anpassung einer geeigneten chemiefreien Methode • Konstruktion eines einsatzfähigen Prototyps für die Vegetationskontrolle auf Gleisanlagen • Felduntersuchungen sowie ökologische und ökonomische Bewertung der entwickelten Methode <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ein erstes Projekt hierzu wurde 2020 begonnen (Entwicklung eines Alternativverfahrens zur chemischen Vegetationskontrolle auf Gleisanlagen). • Weitere Projekte zur ökonomische und ökologische Untersuchung zu den langfristigen Auswirkungen von Vegetation auf Gleiskörpern sind in Planung.
	Niederschlagswasser auf Streckengleisen	<p>Aufgrund der bisherigen unzureichenden Datenlage hinsichtlich des Eintrags von bahneigenen Emissionen in die Umweltmedien Wasser und Boden durch Niederschlagswasser aus Gleisanlagen ist eine eindeutige Einstufung des Schadstoffspektrums und des Konzentrationsbereiches bei Genehmigungs- und Erlaubnisverfahren signifikant erschwert. Die Folgen sind Verzögerungen im Genehmigungsprozess (wasserrechtliche Erlaubnis) und bei Gesetzgebungsverfahren, welche zu schwerwiegenden Betriebseinschränkungen im Bahnbetrieb führen können. Im Fokus der Untersuchungen steht daher:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau eines bundesweiten Dauermessstellennetzes für den Bereich Grund- und Oberflächen- bzw. Sickerwässer • Untersuchungen zur Abflussmenge von Niederschlagswasser aus Gleisanlagen • Charakterisierung und Quantifizierung der chemischen Zusammensetzung von Niederschlagswasser • Untersuchungen zum Ausbreitungsverhalten vom Niederschlagswasser und bahnspezifischen Emissionen in Gleisanlagen • Entwicklung von Handlungsleitfäden sowie Bewertungskonzepten zur Einstufung und Risikobewertung von Niederschlagswässern <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Erste Projekte hierzu wurden bereits begonnen: • Seit 2018 läuft ein Projekt zur Einstufung von Niederschlagswasser auf Streckengleisen (Quantifizierung und Charakterisierung der Abflussmenge und chemischen Zusammensetzung von Niederschlagswasser).

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
		<ul style="list-style-type: none"> • 2021 starteten die Projekte „Charakterisierung und Identifizierung von Ausbreitungsmustern von Niederschlagswasser und Schadstoffen in Gleisanlagen“ und „Gewässermonitoring an Schienenwegen – Identifizierung und Quantifizierung der Schadstoffbelastung von Gleisabwässern“ • Weitere Projekte sind in Planung
	Messprogramm für Luftschadstoffe	<p>Um das Ziel einer deutlich reduzierten Umweltbelastung bei gleichzeitig steigenden Mobilitätsansprüchen von Bevölkerung und Wirtschaft zu erreichen, müssen für eine nachhaltige Verkehrsentwicklung auch die vom Schienenverkehr freigesetzten Emissionen und Immissionen untersucht und bewertet werden. Insbesondere die Thematik der luftgetragenen Emissionen und Immissionen (partikulär und gasförmig) des Schienenverkehrs selbst oder seiner Infrastruktur (z. B. Bahnhöfe, Baustellen) ist ein bisher wenig untersuchter bzw. berücksichtigter Forschungsbereich. Im Rahmen der Umsetzung stehen folgende Themen in Vordergrund:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exemplarische Massen- bzw. Konzentrationsermittlungen für gasförmige und partikuläre Emissionen • Untersuchungen zur chemischen Zusammensetzung von bahnspezifischen Emissionen/Immissionen • Ermittlung der Partikelgrößenverteilung von Feinstaub-Emissionen/Immissionen • Untersuchungen zur räumlichen als auch zeitlichen Verteilung von bahnspezifischen Emissionen/Immissionen an ausgewählten Standorten. • Identifizierung von möglichen Auswirkungen bzw. Gefahrenpotentialen für die Umwelt sowie die menschliche Gesundheit <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ein erstes Projekt hierzu wurde 2021 begonnen (Emissionen und Immissionen aus dem Schienenverkehr – Luftschadstoff-Monitoring und Ausbreitungsbe-rechnung). • Weitere Projekte sind in der Planung, u.a. zur Entwicklung und Durchführung von On-Board-Feinstaubmessungen im Schienenverkehr.
	Erschütterungs-schutz im Gleisbau	<p>Die bestehenden Technologien zur Verringerung von Erschütterungen im Schienenverkehr sind weiterzuentwickeln. Neben der technologischen Weiterentwicklung ist auch der regulatorische Rahmen zu überarbeiten. Es sollen insbesondere folgende Themen untersucht werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erfassung von Einflussmöglichkeiten auf die Erschütterungen • Entwicklung von Maßnahmen, um Vibrationen aus dem Bahnverkehr zu minimieren, • Ableitung von Grenzwerten und eines für Bahnstrecken geeigneten Messverfahrens, • Anpassung des gesetzlichen und untergesetzlichen Regelwerks.

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
		<p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Im LärmLab 21 sollen Technologien für Erschütterungsschutz weiterentwickelt und erprobt werden. • Begleitende Forschung hinsichtlich geeigneter Messverfahren und der Anpassung von Regelwerken ist Teil des LärmLab 21. • Weitere unterstützende Projekte zu grundlegenden Fragen des Erschütterungsschutzes sind als Auftragsforschung geplant.
	<p>Abriebemissionen/ Kontaminationseinträge, Grundlagenforschung</p>	<p>Sowohl für eine nachhaltige Verkehrsplanung als auch bei der Entwicklung von Schadstoffminderungsstrategien sind aktuelle Kenntnisse zum Emissionsverhalten sowie Untersuchungen zu Kontaminationen an Gleisanlagen essenziell. Dabei spielt die Untersuchung zu Art, Maß sowie der Verbreitung von Emissionen, insbesondere von Abriebemissionen (z.B. Bremsabriebe) aus dem Verkehrssektor, eine nicht zu unterschätzende Rolle. Im Rahmen erster Forschungsbestrebungen sollen die bestehenden Informations- und Datendefizite bezüglich möglicher Abriebemissionen sowie Kontaminationseinträge in die Umwelt untersucht werden. Hierzu stehen folgende Schwerpunkte im Vordergrund:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bestimmung der bundesweiten Abriebemissionsmengen • Charakterisierung der Partikelgrößenverteilung von spezifischen Abriebemissionen • Ermittlung der chemischen Zusammensetzung sowie Identifizierung von möglichen Indikatorsubstanzen von Abriebemissionen • Ermittlung der Emissionsausbreitung und der Auswirkungen von Abrieben in/ auf verschiedene/n Umweltkompartimente/n <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Erste Projekte hierzu wurden 2021 begonnen („Größenspezifische und räumliche Verteilung von verkehrsbedingten Abrieben und partikulären Emissionen“ und „Emissionen und Immissionen aus dem Schienenverkehr-Luftschadstoff-Monitoring und Ausbreitungsberechnung“). • Weitere Projekte sind in Planung.
	<p>Regenerative Energien</p>	<p>Die Gewinnung von Strom und Wärme aus regenerativen Energieerzeugungsanlagen auf Bahnanlagen kann als weiterer Baustein zur Erhöhung des Anteils Erneuerbarer Energien und somit zur Erreichung der Klimaschutzziele dienen. Im Hinblick auf das hohe Flächenangebot der Bahnanlagen als auch die weiträumige Vernetzung ergibt sich ein grundsätzliches Anwendungspotential für regenerative Technologien zur Energiegewinnung auf Bahnanlagen. Diese scheitern jedoch derzeit oftmals an betrieblichen bzw. bahnspezifischen Anforderungen. Zur Nutzung von regenerativen Energien sollen insbesondere folgende Themen untersucht werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abschätzung des Nutzungspotentials und Entwicklung technischer Konzepte zur Gewinnung von regenerativen Energien auf Bahnanlagen • Weiterentwicklung und Anpassung vorhandener Standardprodukte (z.B. Photovoltaik-Systeme) nach bahnbetrieblichen Anforderungen

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
		<ul style="list-style-type: none"> • Integration von EE-Erzeugungsanlagen für den Betrieb der Schieneninfrastruktur und die Energiebereitstellung zur Erbringung von Verkehrsleistung • Erprobung durch Demonstratoren <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ende 2020 wurde das Auftragsforschungsprojekt zur Untersuchung der lokalen Einbindung von EE-Erzeugungsanlagen in neuartige Tank- und Ladeinfrastrukturen für Nebenstrecken im Hinblick auf das Potenzial zur Sektorenkopplung gestartet. • In 2021 startet die Potenzialstudie zur flächendeckenden Nutzung der Photovoltaik-Systemen an Schienenwegen zur Direkteinspeisung in das Bahnstromnetz. • Weitere Projekte sind in Planung.
	<p>Weiterentwicklung immissionsschutzrechtlicher Normen</p>	<p>Die immissionsschutzrechtlichen Normen sollen an den aktuellen wissenschaftlichen und technischen Erkenntnisstand sowie an gesellschaftliche Entwicklungen angepasst werden. Zur Vorbereitung konkreter Maßnahmen zur Gewährleistung einer hochwertigen objektiven Politikberatung und der Unterstützung der weiteren Aktivitäten des Bundes im Bereich Lärm im Schienenverkehr sollen insbesondere nachfolgende Themen untersucht werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung von Ergebnissen der Lärmwirkungsforschung • Analyse der rechtlichen Möglichkeiten der Gesamtlärbetrachtung sowie Erarbeiten von Regelungen zur verkehrsträgerübergreifenden Planung und Umsetzung von Lärmschutzmaßnahmen • Ableitung von Grenzwerten für Erschütterungen und eines für Bahnstrecken geeigneten Messverfahrens • Anpassung des gesetzlichen und untergesetzlichen Regelwerks im Bereich Erschütterungsschutz <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Im Rahmen des LärmLab 21 wird die Anpassung von Normen und Regelwerken betrachtet. • Im BMDV-Expertennetzwerk wurden Methoden zur Gesamtlärbewertung (Leitfaden) entwickelt. Die Praxiserprobung und Anwendung wird im BMDV-Expertennetzwerk weitergeführt.
	<p>Kombination von Lärmschutzmaßnahmen</p>	<p>Die Schallemission hängt vom Zusammenspiel der Fahrzeug- und Oberbaukomponenten sowie von deren Betriebszustand ab. Zur Minderung der Gesamtemission muss die dominierende Schallquelle gemindert werden. Durch eine Lärmschutzmaßnahme kann eine andere Schallquelle in den Vordergrund treten. Innovative Lärmschutzmaßnahmen an der Infrastruktur sollen unter verstärkter Berücksichtigung von Kombinationen verschiedener baulicher, betrieblicher und fahrzeugseitiger Maßnahmen weiterentwickelt werden. Es sollen insbesondere folgende Themen untersucht werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung der Wirkungsweise der Kombination verschiedener Lärmschutzmaßnahmen

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
		<ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung der Wirkungsweise der Maßnahmen bei verschiedenen Oberbautypen (z.B. unterschiedlich harte Zwischenlagen) • Abstimmung der verschiedenen Schallschutztechniken, Bahnkomponenten und Betrieb zur Minderung der Gesamtemission <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Im LärmLab 21 wird das Gesamtsystem betrachtet, um Schallschutztechniken, Bahnkomponenten und Betrieb aufeinander abzustimmen. • Weitere spezifische Projekte sind in Planung.
	Baulärm	<p>Bauarbeiten an der Infrastruktur der Bahn werden aus organisatorischen Gründen überproportional häufig nachts durchgeführt und dementsprechend von Anwohnern als besonders störend empfunden. Die Einwendungen der Bevölkerung in Planfeststellungsverfahren und die restriktive Handhabung von Nachtarbeitsgenehmigungen können zu Verzögerungen bei der Durchführung von Baumaßnahmen führen. Zur Reduzierung des Baulärms sollen folgenden Themen bearbeitet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung der technischen, betrieblichen und organisatorischen Möglichkeiten zur Reduzierung des Baulärms. Diese umfassen sowohl Baumaschinen und Bauarbeiten als auch Logistik und Arbeitsschutz (Rottenwarnsysteme). <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Techniken zur Minderung von Baulärm sollen im LärmLab 21 erprobt werden. • Weitere Untersuchungen sind in der Planung.
	Einrichtung LärmLab 21	<p>Der Lärmschutz an Schienenwegen erfolgt vor allem durch Lärmschutzwände, die jedoch nicht überall Akzeptanz finden und zudem städtebauliche und ökologische Probleme aufwerfen. Der Bund hat im Konjunkturpaket II eine breite Palette innovativer Maßnahmen überprüft, die bereits heute in der Praxis eingesetzt werden. Die Erprobungsmaßnahmen sollen in ein dauerhaftes Experimentier- und Versuchsfeld vor Ort (LärmLab 21) überführt werden, in dem interdisziplinär, innovativ und ressortübergreifend Verfahren für einen besseren Lärmschutz getestet sowie ein Dialogprozess mit beteiligten Bürgern angestoßen werden können.</p> <p>Verschiedene Geräusche mit gleichem Schalldruckpegel können als unterschiedlich störend wahrgenommen werden. Für den Schienenverkehr ist dieser Zusammenhang unzureichend erforscht. Um den Schutz der Bürgerinnen und Bürger verbessern zu können, soll daher die Wahrnehmung von Schienenverkehrsgeräuschen mit einem psycho-akustischen Ansatz untersucht werden.</p> <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Das LärmLab 21 befindet sich im Aufbau. Es wird ein dauerhaftes Versuchs- und Experimentierfeld zur Untersuchung und Betriebserprobung von Schall- und Erschütterungsschutzmaßnahmen (inklusive Baulärm) errichtet. • Das LärmLab 21 wird Bestandteil des offenen, digitalen Testfelds.

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
		<ul style="list-style-type: none"> • Die Forschung und Optimierung von Maßnahmen ist interdisziplinär ausgerichtet. Bahntechnische, rechtliche und wirtschaftliche Aspekte sowie Fragestellungen zur Psychoakustik und Akzeptanz (z.B. gestalterische Aspekte) werden in den Prozess integriert. • Um Innovations- und Migrationshemmnisse abzubauen, werden Möglichkeiten für wirtschaftliche Anreizsysteme und die Anpassung von Regelwerken untersucht. • Formate zur Förderung des Dialogs zwischen den verschiedenen Stakeholder-Gruppen werden erarbeitet.

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
Sicherheit	Cybersicherheit	<p>Das Eisenbahnsystem erweist sich auf Grund des hohen Technisierungsgrades und der zunehmenden Nutzung von Standardprodukten als attraktives Ziel für Cyberangriffe und erfordert die Entwicklung von Absicherungsmaßnahmen. Technologische Innovationen, insbesondere im Bereich der Digitalisierung und Automatisierung, sind unter dem Aspekt der Cybersicherheit zu entwickeln, ohne die funktionale Sicherheit aus den Augen zu verlieren. Langfristiges Ziel ist die Entwicklung eines branchenspezifischen Sicherheitsstandards (Abs. 2 § 8a BSIG). Dabei sollen insbesondere folgende Themen verfolgt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Systematische Schwachstellenanalyse des Systems • Harmonisierung der Nachweisführung der Bereiche Security, Leit- und Sicherungstechnik, Telekommunikation • Fahrzeugseitige Anforderungen an die Cybersicherheit mit Fokus auf die Harmonisierung auf europäischer Ebene • Erhöhung der Qualität der Software im Eisenbahnbereich • Know-how-Aufbau im Sektor zum Thema Cybersicherheit <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Erste Projekte zum Thema Cybersicherheit wurden 2020 begonnen („Systematische Schwachstellenanalyse“, „Prognose Securitybedarf und Bewertung möglicher Sicherheitskonzepte für das System Bahn“). • Weitere Projekte sind in der Planung (u.a. eine Studie zum Umgang mit Cybersicherheit und dem geplanten Technologieeinsatz im Bahnsektor). • Forschungsinfrastruktur in Form eines Securitylabors befindet sich derzeit beim DZSF im Aufbau.
	Digitaler Bahnfunk	<p>Auf europäischer Ebene wird die Ablösung des bisherigen Bahnfunkstandards GSM-R (2G) durch die 5G-basierte Lösung FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) entwickelt. Dessen Einführung wirft neue Herausforderungen rund um die Themen Kapazität, Cybersicherheit, automatisiertes Fahren und Koexistenz mit bestehenden Anwendungen auf, die im Rahmen eines Migrationskonzeptes erforscht werden müssen. Darüber hinaus ist auch der reguläre Mobilfunk als Rückfallebene bei Nichtverfügbarkeit von FRMCS und GSM-R relevant. Dabei sollen insbesondere folgende Themen verfolgt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung eines Migrationskonzepts GSM-R zu FRMCS • Identifikation von Kostensenkungs- und Beschleunigungsmöglichkeiten für die Ausrüstung • Analyse des Kapazitätseinflusses von FRMCS gegenüber GSM-R • Cybersicherheitsanalyse der öffentlichen Mobilfunknetze und Ableitung notwendiger Maßnahmen für deren Nutzung als Rückfallebene <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mit der Erforschung der Kostensenkungspotenziale durch digitalen Bahnfunk wurde 2021 begonnen (Projekt „DSTW und ETCS auf Nebenbahnen“). • Forschungsinfrastruktur in Form eines ETCS-Labors befindet sich derzeit im Aufbau. Dort soll auch der Funkkontakt zwischen Zug und Infrastruktur simuliert werden. Die Analyse der Cybersicherheitskomponenten wird durch das Securitylabor ergänzt (vgl. Cybersicherheit).

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
		<ul style="list-style-type: none"> • Künftig soll eine Migrationsstrategie entwickelt werden, die das gesamte deutsche Bahnnetz einschließt und dabei eng auf die Finalisierung des FRMCS-Standards abgestimmt ist.
	Sicherer Bahnübergang	<p>Aktuelle Studien zeigen, dass das Fehlverhalten der Straßenverkehrsteilnehmer die Hauptursache für Unfälle an Bahnübergängen darstellt. Trotz des fortlaufenden Rückbaus von bestehenden Bahnübergangsanlagen sind neue Bahnübergangstechnologien inklusive der Überwachung des Gefahrenraums weiter zu entwickeln. Dies beinhaltet auch die Einbindung von Bahnübergangstechnologien an zukunftsfähige Standardschnittstellen der digitalen Stellwerkstechnik. Es sollen die nachfolgenden Themen verfolgt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifizierung geeigneter und zuverlässiger Bahnübergangstechnologien inklusive Gefahrenfreiraummeldung • Entwicklung von Prototypen unter Einbindung zukunftsfähiger Standardschnittstellen wie z.B. EULYNX und Betriebserprobung dieser • Erstellung von Rolloutstrategien für die Einbindung in bestehende LST-Technik • Entwicklung und Durchführung von Maßnahmen der Verkehrserziehung <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktuell erfolgt die Erprobung eines Produkts zur Überwachung des Gefahrenraums durch den Infrastrukturbetreiber. Die Projekte werden begleitet und bei Bedarf werden weitere Forschungsprojekte entwickelt.
	Anwendung Common Safety Methods (CSM-VO) für regelbasierte Bereiche	<p>Die CSM Verordnung 402/2013/EU gibt verpflichtend vor, bei sicherheitsrelevanten und signifikanten Änderungen technischer, betrieblicher oder organisatorischer Art eine Risikobewertung und einen Nachweis der Risikobeherrschung zu führen. Diese Anforderung stellt sowohl den Bahnsektor als auch die Aufsichtsbehörde und die Unabhängigen Bewertungsstellen (UBS) vor Herausforderungen. In weiten Bereichen des Eisenbahnsektors (und insbesondere bei Änderungen in den Bereichen Betrieb und Organisation) liegen wenig bis keine Erfahrungen zur risikobasierten Bewertung vor, da überwiegend regelbasierte Ansätze zum Einsatz kommen. Daher sollen insbesondere folgende Themen verfolgt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wissenschaftlich fundierte Erarbeitung einer verordnungskonformen und risikobasierten Sicherheitsbewertung für bisher regelbasierte Verfahren zur Absicherung von Gefährdungen, insbesondere unter den Gesichtspunkten <ul style="list-style-type: none"> o Sicherheitsbescheinigung o Sicherheitsgenehmigung o Nachweis der Risikobeherrschung o signifikante und sicherheitsrelevante Regelwerksanpassungen o betriebliche und organisatorische Änderungen • Definition und Validierung des konkreten Anwendungsbereichs • Erarbeitung zusätzlicher Anforderungen an die Fach- und Methodenkompetenz der UBS sowie Festlegung der möglichen Nachweise und Prüfkriterien

Handlungsfeld	Maßnahme	Beschreibung
		<p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Voraussichtlich in 2021 wird ein Forschungsprojekt zur Untersuchung der Anwendbarkeit und Ableitung konkreter Verfahrensschritte der in der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 402/2013 (CSM RA) vorgegebenen Prozesse für das funktionale Teilsystem „Betriebsführung und Verkehrssteuerung“ abgeschlossen. Daraus sollen auch Erkenntnisse für regelbasierte Bereiche abgeleitet werden. • Aufbauend auf den Resultaten und Implikationen dieses Projektes können perspektivisch Ansätze für zukünftige Projekte entstehen.
	<p>Leistungsfähigkeit großer Knotenbahnhöfe</p>	<p>Knotenbahnhöfe leisten einen entscheidenden Beitrag, um den vorhandenen Schienenverkehr im Streckennetz zu verknüpfen. Die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Knotenbahnhöfe sind durch das stetige Wachstum bei Fahrgastzahlen und Zugfahrten im Schienenpersonenverkehr gestiegen. Mit der angestrebten weiteren Steigerung der Zugfahrten sind Ansätze und Konzepte notwendig, um Engpässe in Knotenbahnhöfen zu vermeiden und die Leistungsfähigkeit zu erhöhen. Dabei ist es das Ziel, die erforderlichen Qualitäts- und Sicherheitsstandards bei einer hohen Kapazitätsauslastung zu erhalten und zu verbessern sowie die mögliche Kapazitätsauslastung zu optimieren. Es sollen insbesondere folgende Themen verfolgt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • wissenschaftliche Untersuchung der Personenströme in großen Knotenbahnhöfen mit dem Ergebnis konkreter lokaler und fahrzeugtechnischer Abhängigkeiten zu den Mindesthaltezeiten der Züge • Bestimmung von effektiven Maßnahmen zur Verbesserung der Personenströme, wie z. B. durch Verringerung der Zahl von Servicebauwerken auf Bahnsteigen. <p><u>Umsetzungsstand / Perspektiven:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktuell läuft ein Projekt zur „Identifikation von Kapazitätsengpässen im Gesamtsystem Eisenbahn“. • Weitere Projekte zu Kapazitätsbewertung und Leistungsfähigkeit sind in der Vergabe und in Planung.

Anhang II: Forschungs- und Förderprojekte der Bundesressorts mit Bezug zur Eisenbahn und Schiene

Das Bundesforschungsprogramm gibt einen Überblick über die derzeitigen Forschungsvorhaben der Bundesressorts mit Bahnbezug.⁵

Ressort	Fachlich zuständiges Referat	Ausführende Stelle	Thema	Laufzeit von - bis	Bundesmittel in €
BMBF	511	G. Zwiehoff GmbH	KMU-innovativ - Verbundprojekt: AuRa - Entwicklung eines autonomen Rangierfahrzeugs zur Automatisierung innerbetrieblicher Rangierabläufe von Schienenfahrzeugen	09/2018 - 08/2021	552.256,00
		Rheinisch- Westfälische Technische Hochschule Aachen			281.845,20
BMBF	512	Lenord, Bauer & Co. GmbH Reuschling GmbH Fachhochschule Aachen	KMU-innovativ – Verbundvorhaben Güterwagen 4.0 (Neue Elektronik- und Kommunikationssysteme für den intel- ligenten, vernetzten Güterwagen)	09/2018 - 08/2021	1.085.922,00
BMBF	515	Rheinisch- Westfälische Technische Hochschule Aachen	Emissionsminderung dieselbetriebener Schienenfahrzeuge durch Einsatz eines innovativen, leistungsverzweigenden Hybridantriebs – HybridRail	01/2017 - 09/2020	938.258,40
BMBF	521	NOVACOM Verstärkte Kunststoffe GmbH RWTH Aachen, Ins- titut für Schienenfahrzeuge und Transportsysteme	Optimierung von „Out-of-Autoclave“- Prozessen zur Fertigung eines Leichtbaudrehgestells mit Hochleistungsverbundwerkstoffen (RTMBogie) <i>Anm.: EUREKA-Verbundprojekt, hier nur deutsche Partner</i>	04/2021 - 03/2023	375.000,00
BMBF	521	ALSTOM Transport Deutschland GmbH	3Dprint-Supply Services (3Dsupply); Schaffung eines barrierefreien, zuverlässigen Zugangs zur 3D- Produktionen von Ersatzteilen und Komponenten für Industrieunternehmen Teilprojekt: 3Dsupply im Schienenfahrzeugbau	09/2017 - 12/2020	102.507,00

⁵ Mit Frist zum 30. März 2021 werden hier die von den aufgelisteten Ressorts übermittelten Forschungsvorhaben dargestellt. Änderungen sind vorbehalten.

Ressort	Fachlich zuständiges Referat	Ausführende Stelle	Thema	Laufzeit von - bis	Bundesmittel in €
BMBF	522	diverse (noch offen)	Programm „WIR!“ (Umsetzungsphase): Smart Rail - digitale Vernetzung und Kommunikation im Schienenverkehr (Smart Rail), schrittweise automatisiertes Fahren auf der Schiene und die Integration des Bahnverkehrs in multimodal vernetzte Mobilitätsangebote	04/2019 - 12/2025	8 - 12 Mio.
BMBF	522	Technische Universität Chemnitz	WIR! - SmartRail - Strategieweiterentwicklung des Smart Rail Connectivity Campus	09/2019 - 02/2022	392.498,74
BMBF	522	Technische Universität Chemnitz	WIR! - SmartRail - Smarte Mobilitätsketten im ländlichen Raum	01/2020 - 12/2021	468.427,79
BMBF	522	Technische Universität Chemnitz	WIR! - Smart Rail Connectivity Campus - KI-bezogene Test- und Zulassungsmethoden	08/2020 - 01/2022	324.586,34
BMBF	522	Technische Universität Chemnitz	WIR! - Smart Rail Connectivity; Train Integrity Monitoring System	02/2021 - 10/2022	285.429,82
		Smart Rail Connectivity-Campus (SRCC) e.V.			113.825,00
		CERSS Limited			35.212,84
BMBF	522	Technische Universität Chemnitz	WIR! - Smart Rail Connectivity; Energieeffiziente und robuste Antriebsregelung von Zügen	08/2020 - 10/2023	731.541,35
BMBF	522	Technische Universität Chemnitz	WIR! - Smart Rail - Transparente Displays für Kollektive visuelle Fahrgastinformationen	02/2021 - 01/2023	502.106,66
BMBF	522	diverse (noch offen)	Programm „WIR!“ (Umsetzungsphase): TRAINS - Wandel zur Technologieregion: Zukunftssicherung der Region Anhalt durch Innovative und Nachhaltige Technologien für Schienenverkehrssysteme	04/2019 - 12/2025	7 - 12 Mio.
BMBF	522	Hochschule Anhalt	WIR! - TRAINS - UV31 Bündnismanagement	08/2019 - 07/2022	118.103,46

Ressort	Fachlich zuständiges Referat	Ausführende Stelle	Thema	Laufzeit von - bis	Bundesmittel in €
BMBF	522	Wissenschaftlich- Technisches Zentrum für Motoren- und Maschinen- forschung Roßlau gGmbH	WIR! - TRAINS - Verbundvorhaben: TRAINS_UV11; Studien zu Diesel- Ersatzlösungen für Bestandszüge	05/2020 - 04/2021	225.516,53
		Hochschule Anhalt			157.917,36
		RAILISTICS GmbH			86.131,78
		Otto-von-Guericke- Universität Magdeburg			174.706,25
BMBF	522	DB Fahrzeuginstand- haltung GmbH	WIR - TRAINS – Verbundvorhaben: TRAINS UV13 TRAINS Innovation & Service Center	06/2020 - 05/2021	27.282,06
		Hochschule Anhalt			134.450,63
		RAILISTICS GmbH			47.284,72
BMBF	522	Wissenschaftlich- Technisches Zentrum für Motoren- und Maschinen- forschung Roßlau gGmbH	WIR! - TRAINS – UV14-Effiziente gasmotorische Antriebssysteme für Triebzüge	04/2021 - 09/2023	1.529.465,02
		Gedack Rohrsysteme GmbH			154.749,50
		techcos GmbH			171.679,25
		Lorica Energiesysteme GmbH & Co. KG			69.000,10
		Hochschule Anhalt			49.104,00
		Otto-von-Guericke- Universität Magdeburg			301.531,28

Ressort	Fachlich zuständiges Referat	Ausführende Stelle	Thema	Laufzeit von - bis	Bundesmittel in €
BMBF	523	Schaeffler Technologies AG & Co. KG DIAMANT-Metallplastic GmbH Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen	ELIOMAS - Elektrisch isolierende Oberflächenbeschichtungen auf Basis von Hochleistungsverbundmaterialien für Wälzlageranwendungen in Antriebssträngen	09/2018 - 08/2021	1.117.695,00
BMBF	523	TGM Lightweight Solutions GmbH comprex GmbH Forster System-Montage-Technik GmbH Laser-Mikrotechnologie Dr. Kieburg GmbH KSC Kraftwerks-Service Cottbus Anlagenbau GmbH LSE - Lightweight Structures Engineering GmbH MOCO Maschinen- und Apparatebau GmbH & Co KG Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg	HIKOM-Pro - Prozessintegrative Herstellung und Integration von komplex geformten hybriden Mehrschichtverbunden mit hoher Funktionsdichte für den Schienenfahrzeugbau	06/2020 - 11/2022	1.595.654,00

Ressort	Fachlich zuständiges Referat	Ausführende Stelle	Thema	Laufzeit von - bis	Bundesmittel in €
BMBF	524	Eisenbahn- Bundesamt	Verbundprojekt: Evaluierung und Weiterentwicklung der Sicherheitskonzepte für Eisenbahntunnel (SIKET) –	07/2018 - 06/2021	339.865,00
		Studiengesellschaft für Tunnel und Verkehrsanlagen - STUVA - e.V.	Teilvorhaben : Überprüfung der Sicherheitskonzepte für Eisenbahntunnel		619.431,00
		Albert-Ludwigs- Universität Freiburg	Teilvorhaben: Modellierung der Rauchausbreitung sowie Entwicklung eines ganzheitlichen Sicherheits- und Rettungskonzepts		329.356,87
		Hessische Landes- feuerweherschule	Teilvorhaben: Soziologische Analyse zum Verhalten im Notfall		312.821,00
		Deutsche Bahn Aktiengesellschaft	Teilvorhaben: Weiterentwicklung der Sicherheitskonzepte und Ausbildung der Rettungskräfte		53.175,00
		IST GmbH	Teilvorhaben: Überprüfung der Sicherheitskonzepte für Eisenbahntunnel		252.184,82
			Teilvorhaben: Personenstromanalysen zur Validierung von Sicherheitskonzepten für Eisenbahntunnel und zur Visualisierungsunterstützung beim Sicherheitstraining		

Resort	Fachlich zuständiges Referat	Ausführende Stelle	Thema	Laufzeit von - bis	Bundesmittel in €
BMBF	524	Bauhaus- Universität Weimar	Verbundprojekt: Bewertung alternder Infrastrukturbauwerke mit digitalen Technologien (AISTEC)	07/2018 - 06/2021	1.527.858,00
		Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)	Teilvorhaben: Digitale Methoden zur Sicherheitsbewertung von Bauwerken		308.910,00
		DB Netz Aktiengesellschaft	Teilvorhaben: Anwendung von kontinuierlichen sensor-basierten Monitoringverfahren zur Bewertung von Infrastrukturbauwerken		248.708,00
		Leonhardt, André und Partner Beratende Ingenieure VBI AG	Teilvorhaben: Bewertung von Eisenbahninfrastrukturbauwerken mit- tels Digital Engineering – Anwendung von digitalen Methoden an bestehenden Referenzbauwerken		67.275,00
BMBF	524	Ruhr-Universität Bochum	Verbundprojekt: Konzepte und Verfahren zur brandschutztechnischen Ertüchtigung und Nachrüstung unterirdischer Verkehrsbauwerke (KOINOR)	08/2018 - 07/2021	545.616,00
		PORR GmbH & Co. KGaA	Teilvorhaben: Experimentelle Untersuchungen und Verfahrenstechnik		121.243,00
		MC-BAUCHEMIE MÜLLER GmbH & Co. KG Chemische Fabriken	Teilvorhaben: Praktische Umsetzbarkeit der Konzepte und Verfahren		208.568,00
		Studiengesellschaft für Tunnel und Verkehrsanlagen - STUVA - e.V.	Teilvorhaben: Bauchemische Entwicklung von Verbundbaustoffen		551.211,00
BMBF	722	Leibniz Universität Hannover	Verbundvorhaben: MetroHESS; Teilvorhaben: Hybrid-Energie- Speichersystem (=HESS) zur Nutzung von Bremsenergie in städtischen Untergrundbahnen anhand des Beispiels der Metro von Athen	09/2018 - 08/2021	294.862,21

Ressort	Fachlich zuständiges Referat	Ausführende Stelle	Thema	Laufzeit von - bis	Bundesmittel in €
BMBF	722	Stercom Power Solutions GmbH	Verbundvorhaben: MetroHESS; Teilvorhaben: Nutzung von Bremsenergie in U-Bahn-Stationen (Metro) durch Einsatz eines Hybrid-Speicher-Systems (HESS)	09/2018 - 08/2021	128.437,00
BMBF	616	Technische Hochschule Wildau	Verbundprojekt MaaS_LABS: Die zu entwickelnde MaaS-Plattform (Mobility as a Service) bietet eine integrierte Mobilitätsplanung, welche die Betriebssteuerung und Abrechnung mit anbieterübergreifenden Kooperationsmodellen realisiert. Über die Plattform können Mobilitätsprodukte gebucht werden, die sowohl ÖPNV- als auch Sharingangebote beinhalten und über ein integriertes Tarifmodell bezahlt werden.	05/2019 - 04/2023	4.227.120,20
BMBF	616	Universität Kassel	Verbundprojekt U-hoch-3: In U-hoch-3 wird ein Assistenzsystem konzipiert, das den Nutzer bedarfsgerecht entlang seiner Reisekette im ÖPNV unterstützt. Gemeinsam mit innerstädtischen Verkehrsdienstleistern wird evaluiert, wie der Belegungszustand von ÖV erfasst und in Echtzeit bereitgestellt werden kann, damit man künftig in seiner Reiseplanung flexibel darauf reagieren kann. Zudem wird ein Konzept zur Anschlusssicherung entwickelt, umgesetzt und erprobt.	06/2019 - 05/2023	4.453.042,78
BMWK	VIC4 (IGF)	Forschungsvereinigung: Logistik Forschungseinrichtung: TU Darmstadt, Unternehmensführung, Logistik	RelKV – Simulationsbasierte Analyse der Transportkosten und -dauern im Kombinierten Straßen-/Schiengüterverkehr und Straßengüterverkehr auf Relationsebene	01/2017 - 10/2019	168.020,00

Resort	Fachlich zuständiges Referat	Ausführende Stelle	Thema	Laufzeit von - bis	Bundesmittel in €
BMWK	VIC4 (IGF)	Forschungsvereinigung: Blechverarbeitung Forschungseinrichtung: FhG Großstrukturen i.d. Produktionstechnik, Rostock	RelKV – Simulationsbasierte Analyse der Transportkosten und -dauern im Kombinierten Straßen-/Schienengüterverkehr und Straßengüterverkehr auf Relationsebene	10/2020 - 09/2022	200.650,67
BMWK	VIC4 (IGF)	Forschungsvereinigung: Schweißen Forschungseinrichtungen: TU Clausthal, Schweißtechnik und FhG Großstrukturen i.d. Produktionstechnik, Rostock	Verhalten der Haftreibungszahl in vorgespannten Verbindungen bei schlagartiger Beanspruchung im Schienenfahrzeugbau	01/2021 - 04/2023	407.850,26
BMWK	VIC4 (IGF)	Forschungsvereinigung: Logistik Forschungseinrichtung: TU Darmstadt, Unternehmensführung, Logistik	Datengetriebene Analyse von dynamischen ETA-Prognosen in der Disposition des Vor- und Nachlaufs im Kombinierten Straßen-/Schienengüterverkehr	01/2021 - 12/2022	179.156,52
BMWK	VIC4 (IGF)	Forschungsvereinigung: Blechverarbeitung Forschungseinrichtung: FhG Großstrukturen i.d. Produktionstechnik, Rostock	Vorgespannte Verbindungen an endbeschichteten Bauteilen für Anwendungen im Maschinen- und Schienenfahrzeugbau	02/2021 - 07/2023	195.573,75

Ressort	Fachlich zuständiges Referat	Ausführende Stelle	Thema	Laufzeit von - bis	Bundesmittel in €
BMWK	VIC4 (INNO-KOM)	Institut für Korrosionsschutz Dresden GmbH Privatwirtschaftliche Forschungsstelle	INNO-KOM Modul „Marktorientierte Forschung und Entwicklung“ (49MF190153) Forschungsvorhaben: Korrosivitätskategorien an Schienenfahrzeugen Kurzbeschreibung: Ziel des Vorhabens ist die erstmalige Entwicklung von Beanspruchungsklassen für ortsveränderliche Schienenfahrzeuge, die sich auf der Basis ortsfester Korrosivitätskategorien und Angaben zu Sonderbelastungen und der Dauer der Belastung durch erwartete Fahrzeugbewegung festlegen lassen. Anhand der Beanspruchungsklassen sollen zukünftig die ortsveränderlichen Korrosivitätskategorien für die Fahrzeugbereiche Unterboden/ Fahrwerk, Dachbereich und Innenraum bestimmt werden können.	03/2020 - 08/2022	316.443,00
BMWK	IVA3	CE cideon engineering GmbH & Co. KG	MoWag - Modularer Wagenkasten für Schienenfahrzeuge in Multi-Material-Leichtbauweise	01/2019 - 06/2021	314.656,54
BMWK	IVA3	Lakowa Gesellschaft für Kunststoffbe- und verarbeitung mbH	MoWag - Modularer Wagenkasten für Schienenfahrzeuge in Multi-Material-Leichtbauweise	01/2019 - 06/2021	248.399,46
BMWK	IVA3	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung eingetragener Verein	MoWag - Modularer Wagenkasten für Schienenfahrzeuge in Multi-Material-Leichtbauweise	01/2019 - 06/2021	501.971,26
BMWK	IVA3	Bombardier Transportation GmbH	MTAB - Modellierung und Test neuartiger, hocheffizienter und hochintegrierter Antriebssysteme für Bahnanwendungen	01/2019 - 12/2021	337.004,44
BMWK	IVA3	Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	MTAB - Modellierung und Test neuartiger, hocheffizienter und hochintegrierter Antriebssysteme für Bahnanwendungen	01/2015 - 03/2018	785.177,74

Ressort	Fachlich zuständiges Referat	Ausführende Stelle	Thema	Laufzeit von - bis	Bundesmittel in €
BMWK	IVA3	Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	Verbundprojekt: PREDIKT - Prädiktive Regelung von Diesel-Hybrid-Antrieben und elektrische Koppelung der Traktionsantriebe Teilvorhaben Karlsruher Institut für Technologie (KIT): Reglerkonzept für die prädiktive Steuerung	01/2019 - 12/2021	463.747,88
BMWK	IVA3	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung eingetragener Verein	MTAB - Modellierung und Test neuartiger, hocheffizienter und hochintegrierter Antriebssysteme für Bahnanwendungen	01/2019 - 12/2021	425.253,86
BMWK	IVA3	JENOPTIK Power Systems GmbH	MTAB - Modellierung und Test neuartiger, hocheffizienter und hochintegrierter Antriebssysteme für Bahnanwendungen	01/2019 - 12/2021	176.846,58
BMWK	IVA3	Usb Gesellschaft für Unternehmensberatung und Systementwicklung mbH	MTAB - Modellierung und Test neuartiger, hocheffizienter und hochintegrierter Antriebssysteme für Bahnanwendungen	01/2019 - 12/2021	78.018,64
BMWK	IVA3	VIPCO GmbH	MTAB - Modellierung und Test neuartiger, hocheffizienter und hochintegrierter Antriebssysteme für Bahnanwendungen	01/2019 - 12/2021	130.163,60
BMWK	IVA3	Infineon Technologies AG	e-Tractiv – Energieeffiziente Traktionsantriebs-Innovationen für den Schienen-Verkehr	07/2020 - 06/2023	1.078.474,91
BMWK	IVA3	Siemens Mobility GmbH	e-Tractiv – Energieeffiziente Traktionsantriebs-Innovationen für den Schienen-Verkehr	07/2020 - 06/2023	909.383,92
BMWK	IVA3	TLK-Thermo GmbH	e-Tractiv – Energieeffiziente Traktionsantriebs-Innovationen für den Schienen-Verkehr	07/2020 - 06/2023	340.047,41
BMWK	IVA3	Universität Bayreuth	e-Tractiv – Energieeffiziente Traktionsantriebs-Innovationen für den Schienen-Verkehr	07/2020 - 06/2023	561.566,36
BMWK	IVA3	Hörmann Vehicle Engineering GmbH	INTEGRAL - Integratives Leichtbaudach für Schienenfahrzeuge	09/2020 - 08/2023	435.677,06

Ressort	Fachlich zuständiges Referat	Ausführende Stelle	Thema	Laufzeit von - bis	Bundesmittel in €
BMWK	IVA3	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung eingetragener Verein	INTEGRAL - Integratives Leichtbaudach für Schienenfahrzeuge	09/2020 - 08/2023	610.085,12
BMWK	IVA3	Arno Hentschel GmbH - Metallerzeugnisse und Werkzeugbau	INTEGRAL - Integratives Leichtbaudach für Schienenfahrzeuge	09/2020 - 08/2023	90.481,95
BMWK	IVA3	RCS GmbH Rail Components and Systems	INTEGRAL - Integratives Leichtbaudach für Schienenfahrzeuge	09/2020 - 08/2023	269.454,99
BMWK	IVA3	Siemens Aktiengesellschaft	drivEcomp-II - Weiterentwickelte Compositelösungen für elektrische Antriebe zur Steigerung der Leistungsdichte in erdgebundenen Mobilitätsanwendungen	11/2020 - 10/2023	953.577,98
BMWK	IVA3	CirComp GmbH	drivEcomp-II - Weiterentwickelte Compositelösungen für elektrische Antriebe zur Steigerung der Leistungsdichte in erdgebundenen Mobilitätsanwendungen	11/2020 - 10/2023	282.112,10
BMWK	IVA3	Gustav Gerster GmbH & Co. KG	drivEcomp-II - Weiterentwickelte Compositelösungen für elektrische Antriebe zur Steigerung der Leistungsdichte in erdgebundenen Mobilitätsanwendungen	11/2020 - 10/2023	183.363,38
BMWK	IVA3	Institut für Verbundwerkstoffe GmbH	drivEcomp-II - Weiterentwickelte Compositelösungen für elektrische Antriebe zur Steigerung der Leistungsdichte in erdgebundenen Mobilitätsanwendungen	11.2020 - 10/2023	214.813,16
BMUV	IG I 5	UBA Fachgebiet I 2.1	Forschungsvorhaben: Ökologische Bewertung von Verkehrsarten https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/oekologische-bewertung-von-verkehrsarten	10/2016 - 11/2020	320.719,23

Ressort	Fachlich zuständiges Referat	Ausführende Stelle	Thema	Laufzeit von - bis	Bundesmittel in €
BMUV	IG I 5	UBA Fachgebiet I 2.1	Forschungsvorhaben: Attraktiver und nachhaltiger Schienenverkehr in Deutschland	02/2021 - 06/2024	225.332,21
BMUV	IG I 5	UBA Fachgebiet I 2.1	Forschungsprojekt: Handlungsoptionen für eine ökologische Gestaltung der Langstreckenmobilität im Personenverkehr und der Transportmittelwahl im Güterfernverkehr. Hier: Teil Güterverkehr	08/2017 - 05/2020	537.449,72
BMUV	IG I 3	UBA Fachgebiet I 2.3	Forschungsvorhaben: Minderung des Lärms von Straßenbahnen im urbanen Raum	05/2017 - 03/2021	254.702,84
BMUV	IG I 3	UBA Fachgebiet I 2.3	Forschungsvorhaben: Messung von Flachstellen und Ermittlung eines akustischen Instandhaltungskriteriums	08/2018 - 07/2021	259.934,20
BMUV	IG I 3	UBA Fachgebiet I 2.3	Forschungsvorhaben: Verkehrswende und Konzept für einen leiseren Schienenverkehr bis 2030	04/2021 - 09/2024	
BMUV	IG I 3	UBA Fachgebiet I 2.4	Forschungsvorhaben: Lärmbelastungsmodell für Deutschland	08/2017 - 07/2021	558.090,96
BMUV	IG I 3	UBA Fachgebiet I 2.4	Forschungsvorhaben: Einfluss des Lärms auf psychische Erkrankungen des Menschen	09/2017 - 03/2022	473.362,63
BMUV	IG I 3	UBA Fachgebiet I 2.4	Forschungsvorhaben: Gesamtlärmbewertung Umsetzungskonzept und Planspiel	09/2019 - 08/2022	389.090,73
BMDV	G 12/G 15	TÜV Rheinland Consulting GmbH	Digitale Vernetzung von Diensten im öffentlichen Personenverkehr (97.405/2019)	05/2019 - 04/2020	278.190,00
BMDV	G 12/G 13	Statistischen Bundesamt	Bundesweite Quelle-Ziel-Verkehre, Pendelverkehre und Erreichbarkeit (97.421/2019)	11/2020 - 11/2023	1.266.800,00

Ressort	Fachlich zuständiges Referat	Ausführende Stelle	Thema	Laufzeit von - bis	Bundesmittel in €
BMDV	G 12/G 11	<i>In Ausschreibung</i>	Überprüfung und Weiterentwicklung der Datengrundlagen sowie der Methodik zur Ermittlung und Bewertung Geräuschbelastungen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung (97.441/2021)		
BMDV	G 12/E 13	<i>In Planung für Ende 2021</i>	Forschungsprojekt Personenströme an großen deutschen Knotenpunkten		
BMDV	DG 15 (mFUND)	Leibniz Universität Hannover	Digitale Instandhaltung von Eisenbahnbrücken - DiMaRB	09/2018 - 08/2021 (Verlängerung bis 11/2021)	2.068.422,00
BMDV	DG 15 (mFUND)	Quantum-Systems GmbH, Gilching	Automatisierte Erfassung der gleisnahen Vegetation und von Unwetterschäden entlang des Streckennetzes der Deutschen Bahn mit autonom betriebenen Drohnen - FreeRail	09/2019 - 02/2022	2.816.020,00
BMDV	DG 15 (mFUND)	Technische Universität Darmstadt Institut für Statik und Konstruktion (ISMD) und Institut für Informatik im Bauwesen (IIB), Darmstadt	Zustandsbewertung von Eisenbahnbrücken und Fahrzeugen mit KI-Methoden zur Auswertung von Sensordaten und strukturdynamischen Modellen – ZEKISS	05/2020 - 04/2023	2.555.243,00
BMDV	DG 15 (mFUND)	Bahnkonzept GmbH Deutschland, Dresden	Infrastruktur-Datenbank für Regionale Eisenbahnstrecken - Indres	07/2020 - 06/2023	3.345.312,00
BMDV	DG 15 (mFUND)	DB Cargo AG, Mainz	Qualitätssteigerung des Schienenverkehrs durch intelligente, datenbasierte Schadmustererkennung bei Schienenfahrzeugen - QUISS	07/2018 - 12/2020 (Verlängerung bis 30.04.2021)	2.935.358,00
BMDV	DG 15 (mFUND)	BearingPoint GmbH, Berlin	STANDARDIZATION APPROACH TO CONNECT INLAND NAVIGATION TO INTERMODAL LOGISTICS – SINLOG	08/2019 - 07/2021	3.194.112,00

Ressort	Fachlich zuständiges Referat	Ausführende Stelle	Thema	Laufzeit von - bis	Bundesmittel in €
BMDV	DG 15 (mFUND)	Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Kommunikation und Navigation, Weßling	Vehicle-to-Everything-Funk für digitale, urbane Zugkommunikation – V2X-DuRail	03/2020 - 10/2020 (Verlängerung bis 05/2021)	87.923,00
BMDV	DG 15 (mFUND)	DB Netz AG, Frankfurt am Main	Faseroptische Sensorik für sicherheitsrelevante (Safety Integrity Level) Bahnanwendungen – FoSSIL 4.0	04/2020 - 03/2023	3.038.008,00
BMDV	DG 15 (mFUND)	LaLoG LandLogistik GmbH, Frankfurt (Oder)	Automatisierung der Gütermithnahme im Schienenpersonenverkehr durch Verknüpfung von Datenquellen in Kooperation mit Logistikdienstleistern – kombiBAHNNordhessen	06/2020 - 05/2021	145.387,00
BMDV	DG 15 (mFUND)	ENQT GmbH, Hamburg	Analyse der Leistungsfähigkeit von Mobilfunknetzen für die Konnektivitätsanforderungen des Schienen- und Straßengüterverkehrs – ENeQTed	07/2020 - 09/2021	169.956,40
BMDV	DG 15 (mFUND)	INFRA Dialog Deutschland GmbH, Berlin	Vernetzte Datenplattform für den schienengebundenen Güterverkehr – RFDH (Rail Freight Data Hub)	07/2020 - 12/2020	100.000,00
BMDV	DG 15 (mFUND)	Menlo 79 GmbH, Berlin	Echtzeit-Visualisierung von Zugbewegungen durch intelligente Kombination verschiedener GPS-Signale - myTRAINLOC	01/2021 - 06/2021	81.568,00
BMDV	DG 15 (mFUND)	Telefónica Germany NEXT GmbH, München	Erschließung von Mobilfunkdaten zur nachfrageorientierten Planung im öffentlichen Verkehr Extended Mobile Network Data – xMND	10/2018 - 12/2020	1.680.904,00
BMDV	DG 24	Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin	Verbundprojekt: Automatisiertes Fahren im städtischen Kontext - Pilotstadt München (EASYRIDE)	10/2018 - 06/2021	177.196,00
BMDV	E 14	atene KOM GmbH	Machbarkeitsstudie zum Innovationscluster Digitale Schiene	05/2020 - 05/2022	1.189.821,50
BMDV	E 12	AG DAC4EU	DAK Demonstrator	06/2020 - 10/2022	13.860.882,00
BMDV	E 12	TÜV Rheinland Consulting GmbH	Ingenieurtechnische Begleitung der Schienenverkehrsforschung	10/2019 - 12/2023	825.000,00

Ressort	Fachlich zuständiges Referat	Ausführende Stelle	Thema	Laufzeit von - bis	Bundesmittel in €
BMDV	DZSF als Kooperationspartner	Kooperationspartner: ZFMK Zoologisches Forschungsmuseum Alexander König, DB Station und Service AG	Balin: Insektenschutz an Bahnhöfen durch Reduktion der Lichtverschmutzung	01/2021 - 12/2024	150.000,00
BMDV	DZSF	Albtal-Verkehrsgesellschaft mbH (AVG)	Automatisiertes Betriebsfunktion von Straßenbahnfahrzeugen: Bewertung der Potentiale von Technologien zum vernetzen Fahren	02/2021 - 05/2022	285.000,00
BMDV	DZSF	Beak Consultants GmbH	Einstufung von Niederschlagswasser auf Streckengleise der DB	07/2018 - 07/2021	603.822,62
BMDV	DZSF	BearingPoint Holding B.V.	Analyse der Nutzungsvoraussetzungen zur Anwendung der BIM-Methodik im EBA	04/2020 - 04/2021	200.000,00
BMDV	DZSF	CERSS ltd.	Analyse möglicher Angriffsszenarien für verschiedene Teilsysteme: DSTW, BBIP	06/2019 - 08/2021	246.789,55
BMDV	DZSF	CERSS ltd.	Anwendung der CSM Verordnung 402/2013/EU für das Teilsystem Betriebsführung und Verkehrssteuerung	07/2019 - 11/2020	158.095,07
BMDV	DZSF	DB Engineering & Consulting GmbH	Modernisierung von Schienenfahrzeugen	05/2021 - 12/2021	149.988,79
BMDV	DZSF	DB Systemtechnik GmbH	Methoden für das Monitoring der LST-Infrastruktur	05/2021 - 05/2023	345.100,00
BMDV	DZSF	DB Systemtechnik GmbH	Akustische Anerkennung neuer Bremssohlen	11/2019 - 11/2021	239.441,00
BMDV	DZSF	DB Systemtechnik GmbH	Systematisierung der Infrastruktur-Instandhaltungsplanung und Beschreibung der Anwendung von Predictive Maintenance	06/2021 - 01/2022	235.977,00
BMDV	DZSF	DB Systemtechnik GmbH	Untersuchung und Auswirkung des Verschleißverhaltens neuer Rad-Schienen-Paarungen	12/2020 - 03/2022	209.440,50
BMDV	DZSF	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.	Versorgungskonzept und Integration von Erneuerbaren Energien in neuartige Tank- und Ladeinfrastrukturen	11/2020 - 5/2022	284.243,41

Ressort	Fachlich zuständiges Referat	Ausführende Stelle	Thema	Laufzeit von - bis	Bundesmittel in €
BMDV	DZSF	Fraunhofer Gesellschaft e. V.	Risikoeinschätzung zur Ansteckungsgefahr mit COVID-19 im Schienenpersonenverkehr	09/2020 - 05/2021	643.572,86
BMDV	DZSF	Fraunhofer Gesellschaft e. V.	Analyse der Rahmenbedingungen für eine nutzerfreundlichen intermodalen Schienenpersonenverkehr	06/2021 - 12/2021	227.284,44
BMDV	DZSF	Los 1-3: Fraunhofer Gesellschaft e. V Los 4: Leichtbau-Zentrum Sachsen GmbH	Potentialanalyse Einsatz von kohlenstoffbasierten Materialien als Mittel zum Klimaschutz	11/2021 - 5/2023	1.188.111,31
BMDV	DZSF	geo7 AG	Analysen zu schnellen wasserhaltigen Massenbewegungen	10/2020 - 09/2022	290.955,00
BMDV	DZSF	Gesellschaft zur Förderung der Stechmückenbekämpfung e.V.	Bewertung des Einschleppungs- und Vermehrungspotenzials der Asiatischen Tigermücke (Aedes albopictus) an Bahnanlagen in Deutschland	12/2018 - 05/2021	109.712,00
BMDV	DZSF	GWT-TUD GmbH	Überprüfung der Wirksamkeit von Vogel- und Kleintierabweisern	05/2019 - 04/2020	125.402,00
BMDV	DZSF	H+P Ingenieure GmbH	Erfordernis, Wirksamkeit und Gestaltung von Führungen und Fangvorrichtungen vor anprallgefährdeten Stützkonstruktionen	11/2019 - 11/2021	100.000,00
BMDV	DZSF	Hamburger Institut für Wissensmanagement und Wertschöpfungs-systematik UG	3D-Druck als Mittel zur Bauteilbeschaffung	02/2019 - 02/2020	92.820,00
BMDV	DZSF	Havelländische Eisenbahn AG	Testfeld-Demonstratorprojekt: „Nachhaltige Kühlcontainer auf der Schiene“	05/2021 - 12/2021	486.425,00
BMDV	DZSF	HR Excellence Group GmbH	SAKRA Anforderungsprofil für Sicherungsposten und Sicherheitsaufsicht	07/2020 - 07/2021	149.256,00
BMDV	DZSF	HRA Beratende Ingenieure im Bauwesen GmbH	Nachweis von Kopfbolzen zur Übertragung von Horizontalkräften aus Brückenlager in den Lagersockel	06/2019 - 12/2021	142.800,00

Ressort	Fachlich zuständiges Referat	Ausführende Stelle	Thema	Laufzeit von - bis	Bundesmittel in €
BMDV	DZSF	Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin	Übersicht und Bewertung der ZfPBau-Verfahren	12/2019 - 12/2020	140.000,00
BMDV	DZSF	IABG - Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH	Studie Security und geplanter Technologieeinsatz	05/2021 - 11/2021	118.405,00
BMDV	DZSF	IFB Institut für Bahntechnik GmbH	Kostenoptimierung Bau und Betrieb für Nebenbahnen	02/2021 - 08/2023	178.500,00
BMDV	DZSF	IFB Institut für Bahntechnik GmbH	Möglichkeit zum Vogelschutz in Tunnel und Unterführungen (Möglichkeiten zur Umsetzung konstruktiver Bauteile entsprechend der Anforderungen des Bundesnaturschutzgesetzes § 41 Vogelschutz an Oberleitungsanlagen der Deutschen Bahn)	04/2021 - 04/2022	349.979,00
BMDV	DZSF	IFB Institut für Bahntechnik GmbH	Kapazitätsoptimierte Vegetationsplanung	05/2021 - 05/2022	147.770,65
BMDV	DZSF	IFB Institut für Bahntechnik GmbH	Schwingungsverhalten der Oberleitung bei mehreren Stromabnehmern	05/2021 - 05/2023	248.840,90
BMDV	DZSF	Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG	Emissionen und Immissionen aus dem Schienenverkehr – Luftschadstoff-Monitoring und Ausbreitungsberechnung	03/2021 - 03/2024	999.094,77
BMDV	DZSF	ISB - Ingenieurgesellschaft für Sicherheitstechnik und Bau mbH	ETCS und DSTW auf Regional- und Nebenbahnen	11/2020 - 09/2021	168.168,16
BMDV	DZSF	Karlsruher Institut für Technologie	Untersuchung der zu erwartenden Anpralllasten im Schienenverkehr	05/2018 - 06/2021	406.676,00
BMDV	DZSF	Lärmkontor GmbH	Entwicklung einer für den Bahnbetrieb zugelassenen transparenten Schallschutzwand mit hoher akustischer Wirksamkeit	02/2020 - 09/2021	219.817,00
BMDV	DZSF	Luftbild Umwelt Planung GmbH	Sensitivitätsanalyse Vegetation entlang der Bundesverkehrswege bezüglich Extremwetter & Klimawandel	01/2021 - 01/2022	200.000,00
BMDV	DZSF	Luftbild Umwelt Planung GmbH	Ableitung des Baumbestandes entlang der Schiene	04/2020 - 12/2020	119.753,00

Ressort	Fachlich zuständiges Referat	Ausführende Stelle	Thema	Laufzeit von - bis	Bundesmittel in €
BMDV	DZSF	MKP GmbH	Zerstörende Prüfverfahren für Ingenieurbauwerke aus Stahl, Stahlbeton und Spannbeton	08/2020 - 02/2022	200.000,00
BMDV	DZSF	Möhler + Partner Ingenieure AG	Evaluierung der Umsetzung des Lärmsanierungsprogramms an Schienenwegen der Eisenbahnen des Bundes	10/2018 - 08/2021	332.336,40
BMDV	DZSF	NEXTRAIL GmbH	Prognose Securitybedarf und Bewertung möglicher Sicherheitskonzepte für das System Bahn	11/2020 - 11/2023	654.738,00
BMDV	DZSF	quattron management consulting GmbH	Identifikation von Kapazitätsengpässen	11/2020 - 11/2022	405.935,00
BMDV	DZSF	quattron management consulting GmbH	Analyse der Hochschulausbildung im Schienenverkehrssektor	06/2021 - 12/2021	96.092,50
BMDV	DZSF	Ramboll Deutschland GmbH	Ermittlung der für die Instandhaltung relevanten Faktoren im BIM-System / BIM für die Instandhaltung	08/2020 - 02/2022	185.000,00
BMDV	DZSF	RWTH Aachen University (IFS)	Entwicklung eines Alternativverfahrens zur chemischen Vegetationskontrolle auf Gleisanlagen	08/2020 - 08/2023	2.999.999,89
BMDV	DZSF	Schlange, Zamostny & Co. GmbH	Erstellung eines Lastenhefts für die Programmierung eines webbasierten Informationssystems für Baustoffe	12/2020 - 06/2021	109.956,00
BMDV	DZSF	Schlange, Zamostny & Co. GmbH	Bedarfs- und Stakeholderanalyse zur Etablierung eines Informationssystems zur Bewertung der Umwelteigenschaften von Baustoffen	02/2019 - 02/2020	98.532,00
BMDV	DZSF	Siemens Mobility GmbH	Risikoakzeptanzkriterien für ATO	11/2020 - 11/2023	499.026,50
BMDV	DZSF	Sopra Steria SE	Pilotstudie für ein KI-gestütztes Einwendungsmanagement	05/2021 - 12/2021	153.005,44
BMDV	DZSF	Statista GmbH	Untersuchung der volkswirtschaftlichen Bedeutung des deutschen Bahnsektors auf Grundlage ihrer Beschäftigungswirkung	08/2020 - 08/2021	143.990,00

Ressort	Fachlich zuständiges Referat	Ausführende Stelle	Thema	Laufzeit von - bis	Bundesmittel in €
BMDV	DZSF	Statista GmbH	Analyse der Fort- und Weiterbildungsmöglichkeiten im Schienenverkehrssektor	06/2021 - 12/2021	98.353,50
BMDV	DZSF	Technische Hochschule Mittelhessen	Geeignete Werkstoffwahl zur Vermeidung von Sprödbrüchen bei Brückenauflagern und Festhaltekonstruktionen	11/2020 - 11/2023	791.183,60
BMDV	DZSF	Transport Technologie-Consult Karlsruhe GmbH	Maßnahmenkatalog Verkehrsplanung (Begleitende Maßnahmen für die Reaktivierung von Schienenstrecken)	11/2020 - 05/2022	258.289,50
BMDV	DZSF	Technische Universität Berlin	Unterstützungsmaßnahmen bei der Durchführung von betrieblichen Hilfshandlungen	10/2020 - 10/2021	191.832,40
BMDV	DZSF	Technische Universität Berlin	Funktionale Anforderungen an Sensorik und Logik einer ATO-Einheit	10/2020 - 10/2023	1.176.000,00
BMDV	DZSF	Technische Universität Darmstadt	Brückendynamik; dynamisches Lastmodell	01/2020 - 01/2022	1.168.740,50
BMDV	DZSF	TÜV Rheinland InterTraffic GmbH	Entwicklung eines bahnspezifischen Standards für Wasserstoffanwendungen in Schienenfahrzeugen	10/2020 - 10/2021	178.111,82
BMDV	DZSF	TÜV Rheinland InterTraffic GmbH	Studie zur Quantifizierung des Umrüstungsbedarfs der Güterwagenflotten in Deutschland und den Mitgliedstaaten der EU	03/2019 - 03/2020	118.238,40
BMDV	DZSF	VIA Consulting & Development GmbH	Methodik Kapazitätsbewertung des Gesamtsystems	05/2021 - 05/2024	949.382,00
BMDV	DZSF	VIA Consulting & Development GmbH	Untersuchung der Möglichkeiten und Anforderungen an ein digitales Testfeld für den Schienenverkehr	11/2020 - 11/2023	480.980,15
BMDV	DZSF	Zentrum für Angewandte Forschung und Technologie (ZAFT) e.V.	LT: Charakterisierung und Identifizierung von Ausbreitungsmustern von Niederschlagswasser und Schadstoffen in Gleisanlagen	12/2020 - 12/2023	777.635,25

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Digitales und Verkehr
Invalidenstraße 44
10115 Berlin

Stand

Mai 2022

Gestaltung | Druck

Bundesministerium für Digitales und Verkehr
Druckvorstufe | Hausdruckerei

Bildnachweis

Titelfoto: © eyetronic – stock.adobe.com

Seite 1: Bundesregierung/Jesco Denzel (Dr. Volker Wissing)

Abbildung 1: BMDV

Seite 11: © Falk Angermann

Seite 16: © BMDV

Seite 17: © Pixabay

Seite 18: © ThKatz – stock.adobe.com

Seite 19: © DB Cargo AG/VTG AG

Seite 20: © Michael S. Schwarzer – stock.adobe.com

Diese Broschüre ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit der Bundesregierung.
Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt.

