

Adaption an den Klimawandel – Daueraufgabe der Bahnforschung

Der Schutz des Bahnsystems gegenüber Umwelteinflüssen und Naturgefahren hat das heutige Design der Schieneninfrastruktur maßgeblich mitbestimmt.

Durch den Klimawandel kann sich dieser Einfluss intensivieren und räumlich verändern. Die Bewältigung dieser Veränderungen stellt den Schienensektor vor neue Herausforderungen.



Die Klimaforschung erwartet für die nächsten Jahrzehnte tiefgreifende Änderungen. So prognostizieren die verschiedenen Modelle zunächst eine Steigerung der Durchschnittstemperatur, wobei vor allem die Anzahl der Tage mit extrem hohen Temperaturen sowie die Wahrscheinlichkeit von Hitzewellen steigen, wohingegen die Anzahl der Frosttage abnimmt. Die Niederschlagssummen nehmen zwar nur leicht zu, die Verteilung der Niederschläge verlagert sich jedoch im Jahresverlauf deutlich. Während im Winter und Frühjahr mit Zunahmen zu rechnen ist, weiten sich die Trockenperioden im Sommer aus. Ähnliches gilt für den Gewässerabfluss, der sich in

der Summe kaum verändert, jedoch deutlich in den Winter verschiebt. Dabei ist mit einer Verschärfung der Winterhochwässer vor allem an Fließgewässern zu rechnen, die bereits aktuell von diesem Ereignistyp betroffen sind. Umgekehrt erhöht sich die Problematik durch Niedrigwasser dort, wo sich dieses Phänomen schon heute feststellen lässt. [1]

In der öffentlichen Wahrnehmung der für die Bahn problematischen Naturgefahren treten die Sturmereignisse besonders hervor. Eine Erhöhung der Sturmgefahr durch den Klimawandel lässt sich aus den Modellen jedoch nicht ablesen. Diese zeigen auch für die Zukunft eine hohe Varia-



Dipl.-Ing. Eckhard Roll

Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung, Stellvertretender Leiter und Forschungsbereichsleiter Umwelt und Nachhaltige Mobilität
Forschung@dzsf.bund.de

bilität bei geringen Änderungssignalen. Auch bei gleichbleibender Dimension der Sturmereignisse wird der Klimawandel jedoch deren Auswirkungen erhöhen, da Orkane in Zukunft auf durch Trockenheit und Hitze destabilisierte Waldbestände treffen werden.

Erkenntnisbedarf für eine zielgerichtete Klimaanpassung

Die Anpassung an den Klimawandel zählt zu den Forschungsschwerpunkten des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung. Das DZSF ist als Ressortforschungseinrichtung des Bundes darauf ausgerichtet, praxisrelevante Erkenntnisfortschritte zu erzielen. Die Forschungsvorhaben orientieren sich daher konsequent an den denkbaren Handlungsfeldern einer Anpassungsstrategie. Diese lassen sich vereinfacht wie folgt aufteilen:

Berücksichtigung der Klimaanpassung in den Regelwerken: Die Berücksichtigung des Klimawandels in der baulichen und betrieblichen Praxis kann für alle Lebenszyklen der Infrastruktur (Neubau, Aus- und Umbau, Instandhaltung, Unterhaltung) durch Wissenstransfer und die darauf auf-



1: Sturmschäden, wie bei Orkan Christian 2013, werden zukünftig häufiger auftreten



2: Massenbewegungen stellen eine ernsthafte Gefahr für den Bahnverkehr dar

bauende Überarbeitung von Normen und Regelwerken erfolgen. Es besteht Erkenntnisbedarf, welche Regelwerke klimatische Parameter verarbeiten und ob diese den Klimawandel ausreichend berücksichtigen. Regelwerke, die baulichen Anpassungsbedarf definieren, greifen jedoch in der Regel nur bei größeren Änderungen der Infrastruktur und sind dadurch in ihrer Wirksamkeit beschränkt.

Berücksichtigung des Klimawandels bei Neu- und Ausbaumaßnahmen: Die Klimaanpassung kann bei großen Baumaßnahmen auch Änderungen der Trassenführung erforderlich machen, die auf einer planerischen Ebene bewältigt werden müssen, da sie durch die Abarbeitung der Regelwerke nicht erschöpfend zu bewältigen sind.

Ein solcher Änderungsbedarf kann bspw. durch erweiterte Überschwemmungsgebiete verursacht werden. Dafür müssen den Planungsbüros und Projektleitungen leicht verfügbare und räumlich großmaßstäblich aufgelöste Informationen bereitgestellt werden, die zur Optimierung von Planungsentscheidungen beitragen können.

Bauliche Maßnahmen im Bestand: Der größte Teil des Schienennetzes wird in den nächsten Jahrzehnten von umfassenden Baumaßnahmen unberührt bleiben. Gerade auf verkehrlich wichtigen Streckenabschnitten kann die Anpassung in der gezielten Entschärfung von Gefahrenpunkten im Bestandsnetz durch bauliche Maßnahmen (z.B. Durchlasserweiterungen, Hoch-

wasserschutzmaßnahmen, Felsicherung) erfolgen. Dazu müssen diese Gefahrenpunkte identifiziert werden.

Betriebliche Maßnahmen: Sofern Unterbrechungen des Schienenverkehrs unter Berücksichtigung der verkehrlichen Bedeutung der betroffenen Strecke als tolerabel erscheinen, müssen dennoch zumindest Unfälle und insbesondere Personenschäden ausgeschlossen werden. Eine Ergänzung zu baulichen Maßnahmen kann daher in einem qualifizierten Warnsystem bestehen, das unter Nutzung der Fernerkundung oder spezialisierter Sensorik zuverlässige Warnhinweise erzeugt und in ein betriebliches Risikomanagementkonzept eingebettet ist.

Die ersten Folgen des Klimawandels sind bereits sichtbar, bis zur Jahrhundertmitte werden sich die Folgen weiter verschärfen. Für Forschungen zur Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen resultiert aus dieser Zeitachse ein nicht unerheblicher Zeitdruck. Die Mechanismen, durch die der Klimawandel zur Gefahr für die Bahn wird, müssen in kurzer Zeit nicht nur verstanden, sondern im deutschen Eisenbahnnetz auch konkret verortet werden. Nur so kann der Umfang der erforderlichen Maßnahmen als Grundlage einer adäquaten Beratung der Bundesregierung abgeschätzt werden.

Mehrere Forschungsarbeiten wurden durch das Eisenbahn-Bundesamt angestoßen. Im Mai 2019 wurde das Deutsche Zentrum für Schienenverkehrsforschung (DZSF) eröffnet, das als Ressortforschungseinrichtung für das Bahnsystem fungiert und als eine Aufgabe die Klimaschutz- und Klimaanpassungsthemen aus dem „Bundesforschungsprogramm Schiene“ [2] sowie aus dem „Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ [3] der Bundesregierung bearbeiten wird. Eine wichtige Rolle spielt hierbei die Zusammenarbeit mit den Ressortforschungseinrichtungen für andere Verkehrsträger und dem Deutschen Wetterdienst (DWD) im „Expertennetzwerk des

Der Klimawandel stellt das System Bahn zukünftig vor große Herausforderungen.

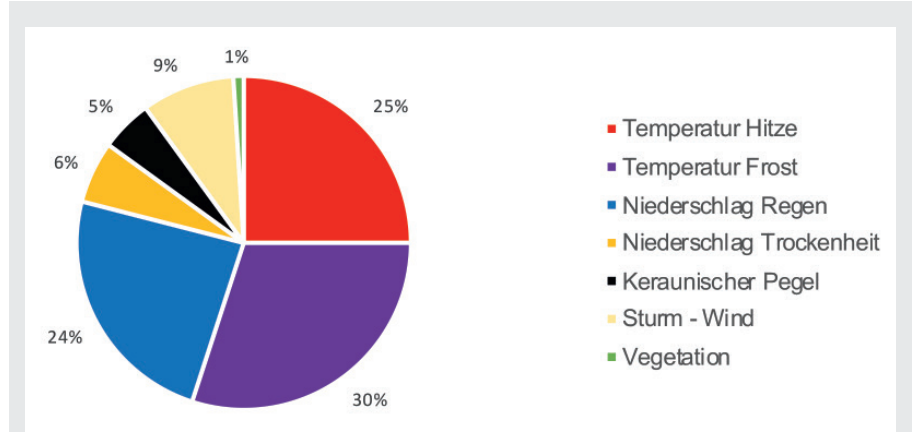


BMVI“. In diesem Forschungsnetzwerk werden mehrere Themen verkehrsträgerübergreifend gebündelt.

Selbstverständlich ist auch die Deutsche Bahn AG nicht untätig und hat die Anpassungsmaßnahmen zunächst auf die Naturgefahr fokussiert, die zu den meisten Störungen führt, nämlich Stürme und damit verbundene Gehölzstürze auf die Schienenwege. Über die Planungen für ein verbessertes Vegetationsmanagement hinaus werden Fernerkundungsdaten genutzt, um Gehölzbestände zu kartieren und die Einflussfaktoren, die zu diesen Schäden führen, besser zu verstehen. Daneben werden u.a. Maßnahmen zur optimierten Klimatisierung der Stellwerke sowie gegen Schienenverwerfungen infolge von Hitzeperioden durchgeführt.

Systematische Überprüfung der Regelwerke

Die Berücksichtigung des Klimawandels in den Regelwerken wurde im Forschungsvorhaben „Untersuchung der Regelwerke für den Bahnbetrieb auf Schwachstellen hinsichtlich des zu erwartenden Klimawandels“ [4] bearbeitet. Hier wurden verschiedene Regelwerksfamilien auf die ausreichende Berücksichtigung von Klimaeinflüssen hin untersucht. Die Regelwerke der Bahnen (DB, VDV) bilden für sich keinen abgeschlossenen Normenkreis, sondern nehmen in vielfältiger Weise auf übergeord-



3: Anpassungsbedarf in den Regelwerken in Abhängigkeit von verschiedenen Klimasignalen

nete Normen oder solche angrenzender Sektoren Bezug. Dies machte einen breiten Untersuchungsansatz erforderlich.

In Bezug auf die Infrastruktur wurden in 59 Regelwerken 1650 klimarelevante Einträge identifiziert, von denen 311 ein hoher und 263 Einträgen ein mittlerer Anpassungsbedarf attestiert wurde, der im Schwerpunkt aus den Klimasignalen Hitze, Sturm und Niederschlag (Trockenheit) resultiert. In 106 untersuchten Regelwerken zur Leit- und Sicherungstechnik fanden sich 15 Normen mit einem hohen Anpassungsbedarf. In den 134 Normen zum Fahrzeugbereich weisen nur 6 einen ho-

hen Anpassungsbedarf auf. Die jeweiligen Fundstellen sind in den Anlagen zu den Forschungsberichten aufgelistet und online verfügbar (s.o.). Als nächster Schritt ist hier die systematische Anpassung der Normen erforderlich.

Gefahrenhinweiskarten

Sowohl für die Planung neuer Anlagen, die ingenieurbauliche Anpassung bestehender Anlagen als auch für Risikomanagementkonzepte bilden Informationen über die räumlichen Schwerpunkte der Naturgefahren die Voraussetzung für weitere

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt von DWV Media Group GmbH 2020



Lösungen für die Bahn

LAYHER ÜBERBRÜCKUNGEN FÜR TEMPORÄRE GLEISÜBERQUERUNGEN

Für jede Anforderung die passende Lösung mit Systembauteilen. Sicher und schnell gebaut. Weitere Anwendungsbeispiele unter: www.layher.com



Mehr möglich. Das Gerüst System.

Aktivitäten. Zum gesamten Schienennetz der Eisenbahnen des Bundes werden daher Hinweiskarten erstellt, die eine Gefahrenerkennung erleichtern.

Zu den bekannten Naturgefahren, die durch den Klimawandel deutlich verschärft werden, zählen Hang- und Böschungsrutschungen bzw. Masseschwerebewegungen. Die Folgen solcher Ereignisse für den Schienenverkehr können gravierend sein und schwere Unfälle auslösen. Im Forschungsvorhaben „Erstellung einer ingenieurgeologischen Gefahrenhinweiskarte zu Hang- und Böschungsrutschungen entlang des deutschen Schienennetzes“ [5] wurde dieser Gefährdungstyp für das Netz der Eisenbahnen des Bundes mit zwei verschiedenen Ansätzen geprüft. Im ersten Ansatz wurden im wissenschaftlichen Ansatz die auslösenden Faktoren für Hangrutschungen mit dem Bahnnetz verschnitten und die Abschnitte mit besonderer Gefährdung identifiziert. Für das Modellgebiet Sachsen wurde die Analyse mittels selbstlernender neuronaler Netze wiederholt. Im Ergebnis erweisen sich knapp 4% des Streckennetzes als gefährdet. Die Karte steht unter www.dzsf.bund.de/ShardDocs/Textbausteine/DZSF/Forschungsberichte/EBA-Forschungsbericht_2018-13.html?nn=2208196 zum Download bereit.

Im nächsten Schritt werden diese Erkenntnisse durch die Berücksichtigung der Erosionsrinnen ergänzt, wodurch der Niederschlag als klimawandelbedingter Faktor Eingang in die Gefährdungseinschätzung findet. Die Gefahrenhinweiskarte lässt sich bereits unmittelbar für die überschlägige Einzelfallprüfung im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung nutzen und gibt Hinweise für Planer. Es muss jedoch betont

werden, dass es sich um eine Übersicht handelt, die lediglich qualifiziert Verdachtsabschnitte benennt. Eine weitere Eingrenzung des tatsächlichen Handlungsbedarfs kann nur durch die objektscharfe Untersuchung der als gefährdet eingestuft Bereiche erfolgen, die nach der Integration der Niederschlagsaspekte als notwendiger, nächster Schritt ansteht.

Die rechtzeitige Erkennung schleichender Veränderungen der Geländestrukturen als Warnung vor Hangrutschungen und anderen Naturgefahren kann perspektivisch durch Methoden der Fernerkundung erfolgen. Im Rahmen des neuen Vorhabens Sumo4Rail wird die Nutzung von Satellitendaten am Beispiel von Bergsenkungsschäden getestet. Es wird erwartet, dass sich diese Ergebnisse sowohl in Hinblick auf die Monitoringtechnik sowie das Risikomanagement auf Hangrutschungen übertragen lassen.

Bemessung von Entwässerungseinrichtungen

Ober- und Unterbau sind auf die schadlose Abführung des Niederschlagswassers ausgerichtet. Änderungen der Niederschläge in Menge, Intensität und Spitzenabflüsse führen zu der – im Hinblick auf die Bauwerkssicherung wichtigen Fragestellung – ob die bestehenden Entwässerungseinrichtungen und die zu Grunde liegenden Regelwerke den neuen Anforderungen noch entsprechen. Die Frage ist auch für Ausbaumaßnahmen an der Strecke und den Neubau von Entwässerungseinrichtungen relevant.

Das im Auftrag des Eisenbahn-Bundesamtes durchgeführte Forschungsvorhaben „Beurteilung der Bemessung von Gleisentwässerungseinrichtungen und Durchlässe von Fließgewässern“ [6] setzt sich mit dieser Frage auseinander. Der wesentliche Teil der bestehenden Entwässerungseinrichtungen wurde in den letzten 50 Jahren erneuert und dabei an die jeweils aktuellen Regeln der Technik angepasst. Die Dimensionierung der Gewässerdurchlässe hat sich hingegen seit Streckenbau häufig nicht verändert. Auf Grundlage dieser Überlegung und der derzeit noch unzureichenden Datenlage in Hinblick auf den baulichen Bestand der Entwässerungseinrichtungen, wählt das genannte Forschungsvorhaben den Ansatz, die Regelwerke der letzten 50 Jahre zu überprüfen und die in den jeweiligen Zeiträumen angesetzten Bemessungswerte in

Relation zu den im Zuge des Klimawandels zu bewältigenden Abflüssen zu setzen. Als Bezugspunkt wurde das Jahr 2040 gewählt. Der Deutsche Klimaatlas des DWD geht für den vertieft untersuchten Raum Sachsen von einer Zunahme der künftigen Bemessungsmengen von 30–50% aus.

Ein Vergleich der berechneten Abflüsse mit den tatsächlich gemessenen Abflusswerten zeigt, dass nur ein Teil der Bemessungswassermenge tatsächlich den Entwässerungseinrichtungen im erwarteten Zeitraum zufließt. Dafür ist zum einen eine Verzögerung des Zuflusses verantwortlich, zum anderen weisen verschiedene Elemente des Ober- und Unterbaus eine erhebliche Retentionswirkung auf. Im Ergebnis scheinen die Entwässerungsanlagen erhebliche Reserven aufzuweisen. Diese Einschätzung steht unter dem Vorbehalt einer geringen Anzahl der zu Grunde liegenden Messreihen. Eine Erweiterung der Datenbasis durch weitere Forschungsvorhaben ist geplant.

Auch ein Vergleich der bestehenden Aufnahmefähigkeit mit den für das Jahr 2040 modellierten Regenereignissen kommt zum Ergebnis, dass ausreichende Restkapazitäten vorhanden sind. In Hinblick auf Anpassungsmaßnahmen an den Entwässerungsanlagen kann also nach derzeitigem Sachstand eine vorsichtige Entwarnung ausgesprochen werden, die allerdings auch hier unter dem Vorbehalt einer noch nicht ausreichenden Datengrundlage steht. In einer mehrjährigen Messkampagne wird das DZSF weitere Aufschlüsse über das Abflussverhalten im Bahnkörper gewinnen. In Zusammenschau mit den von der DB Netz AG durchgeführten Abflussmessungen sollte sich ein belastbares Bild zu dieser zentralen Anpassungsfrage ergeben.

Für Durchlässe gestaltet sich die Bewertung anspruchsvoller, da hier das gesamte Einzugsgebiet in die Berechnung einbezogen werden muss und dies in der Vergangenheit nach uneinheitlichen Maßstäben erfolgte. Eine Berechnung beispielhaft ausgewählter Durchlässe zeigt, dass die erforderliche Dimensionierung in einigen Fällen bereits für ein zwanzigjähriges Hochwasser im Jahr 2040 nicht mehr ausreichen wird. Eine pauschale Bewertung der Restkapazitäten der Durchlässe ist hingegen nicht möglich und sollte stattdessen objektkonkret erfolgen. Neben der baulichen Erweiterung der Durchflussquerschnitte kommen als Anpassungsmaßnahmen auch Änderungen im Zulauf in Betracht.

Handlungsstrategien richten sich auf betriebliche und bauliche Maßnahmen an Bestandsstrecken, die Berücksichtigung des Klimawandels bei Neubauvorhaben sowie die Anpassung des Regelwerks.



Die Ergebnisse verdeutlichen, dass sich Anpassungsmaßnahmen mit Bezug zu erhöhten Niederschlägen infolge des Klimawandels weniger auf die Entwässerungseinrichtungen als auf Durchlässe konzentrieren sollten.

Fazit

Obwohl in den letzten Jahren wichtige Erkenntnisgrundlagen von den verschiedenen Akteuren der Anpassungsforschung im Schienenbereich gelegt wurden, verbleiben noch zahlreiche Lücken, z.B. in Hinblick auf Böschungsbrände und Sturmgefahren. Die Ableitung von Anpassungsmaßnahmen sowie die Entwicklung modaler und intermodaler Anpassungsstrategien zur Erhöhung der Klimaresilienz des Verkehrssystems Schiene erfordert weiterhin Kritikalitätsanalysen für verschiedene Ausfallszenarien, da nur mit diesem Baustein kostenoptimierte Anpassungsoptionen vorgeschlagen werden können.

Literatur

[1] Deutscher Wetterdienst (2019): Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/das_monitoringbericht_2019_barrierefrei.pdf
 [2] BMVI (2019): Bundesforschungsprogramm Schiene. www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/E/bundesforschungsprogramm-schiene.html
 [3] Bundesregierung (2015): Fortschrittsbericht zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimawandel_dasfortschrittsbericht_bf.pdf
 [4] Siefer, T.; Schütze, C.; Strohbach, M. (2018): Untersuchungen der Regelwerke für den Bahnbetrieb auf Schwachstellen hinsichtlich des zu erwartenden Klimawandels. EBA-Forschungsbericht 2018-8. www.dzsf.bund.de/SharedDocs/Standardartikel/DZSF/Projekte/Projekt_01_Anpassung_Regelwerk_Klimawandel.html
 [5] Kallmeier, E.; Knobloch, A.; Hertwig, T. (2018): Erstellung einer ingenieurgeologischen Gefahrenhinweiskarte zu Hang- und Böschungsruutschungen entlang des deutschen Schienennetzes. EBA-Forschungsbericht 2018-13. www.dzsf.bund.de/SharedDocs/Downloads/DZSF/Veroeffentlichungen/Forschungsberichte/2019/EBA_Forschungsbericht_2018-12.pdf?_blob=publicationFile&v=5
 [6] Weisemann, U.; Klügel, S.; Grischek, T. (2019): Beurteilung der Bemessung von Gleisentwässerungseinrich-

tungen und Durchlässen von Fließgewässern. EBA-Forschungsbericht 2019-5. www.dzsf.bund.de/SharedDocs/Downloads/Veroeffentlichungen/Forschungsberichte/2019/EBA-Forschungsbericht_2019-05_ohne_Anhaenge.pdf?_blob=publicationFile&v=2

Summary

Adaption to climate change – permanent task of railway research

In future, the rail system will be facing big challenges by the climate change. Action strategies focus on operational and constructional measures at the existing lines, the consideration of climate change in new-building projects as well as the adaption to the set of rules. The German Center for Rail Traffic Research at the Rail Traffic Authority (DZSF) has systematically checked the rail-concerned set of rules and has noticed some need for adaption. A hazard warning map for landslides was provided for the network of the Federal railways. The identification of insufficient dimensioned passages appears to be a new challenge

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt von DW Media Group GmbH 2020

29. September 2020
SIDE Hotel Hamburg

3. EURAILPRESS-FORUM

ALTERNATIVE ANTRIEBE im SPNV

Jetzt anmelden unter:
www.eurailpress.de/veranstaltungen

JETZT FRÜHBUCHER-RABATT SICHERN!

Medienpartner: