



EBA Forschungsbericht
2018-08a

Untersuchung der Regelwerke für den Bahnbetrieb auf Schwachstellen hinsichtlich des zu erwartenden Klimawandels

Los 1 – Infrastruktur

EBA FB 2018-08a
Projektnummer 2017-U-2-1210

Untersuchung der Regelwerke für den Bahnbe- trieb auf Schwachstellen hinsichtlich des zu erwartenden Klimawandels

Los 1 – Infrastruktur

von

Prof. Dr.-Ing. Thomas Siefer
IVE Technische Universität Braunschweig, Braunschweig

Christoph Schütze
IVE Technische Universität Braunschweig, Braunschweig

Dr. Michael Strohbach
IGÖ Technische Universität Braunschweig, Braunschweig

Im Auftrag des Eisenbahn-Bundesamtes

Impressum

HERAUSGEBER

Eisenbahn-Bundesamt

Heinemannstraße 6

53175 Bonn

www.eba.bund.de

DURCHFÜHRUNG DER STUDIE

IVE, TU Braunschweig

Pockelsstraße 3

38106 Braunschweig

ABSCHLUSS DER STUDIE

August 2018

REDAKTION

Referat Umwelt/Forschung

Bearbeiter Markus Reinhardt, Carina Herrmann, Maike Norpoth

PUBLIKATION ALS PDF

<http://www.eba.bund.de/forschungsberichte>

ISSN 2627-9851

Bonn, März 2019

Inhaltsverzeichnis

Kurzbeschreibung / Abstract	7
1 Ausgangslage und Zielsetzung	9
2 Forschungsstand und Untersuchung	10
2.1 Grundlagen der Untersuchung	10
2.2 Beschreibung Untersuchungsmethodik	13
2.3 Bewertung der Ergebnisse	15
2.3.1 Allgemeingültige Erkenntnisse	16
2.3.2 Richtlinien spezifische Erkenntnisse	17
3 Fazit	19
4 Abbildungsverzeichnis	20
5 Tabellenverzeichnis	21
Anhänge	22

Kurzbeschreibung

Markus Reinhardt, Maike Norpoth

Der Klimawandel und die damit erwartete Zunahme von extremen Wetterereignissen wirken sich in allen Lebensbereichen aus und bringen auch neue Herausforderungen für die Verkehrsträger mit sich. Die zentrale Frage dabei ist, wie stark oder wie umfangreich die einzelnen Systeme betroffen sein werden. Ziel dieses Projektes ist daher die Untersuchung der Verordnungen, Normen und Regelwerke, die heute den Bahnbetrieb regeln, hinsichtlich möglicher Gefahren durch den Klimawandel.

Untersucht wurden die relevanten Regelwerke, Verordnungen und Normen von der Technischen Spezifikation für die Interoperabilität (TSI), den Europäischen Normen (EN), dem Deutschen Institut für Normung (DIN), dem Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) und der Deutschen Bahn (DB Ril) zum Bereich Infrastruktur (Ober- und Unterbau, Tunnel, Brücken) der Deutschen Bahn AG (DB AG).

Diese ausgewählten Regelwerke zu den unterschiedlichen Bereichen wurden systematisch hinsichtlich bestimmter Klimaeinflüsse (Temperatur, Niederschlag, Keraunischer Pegel und Wind) überprüft, klimawandelrelevante Passagen identifiziert, bewertet und der Anpassungsbedarf ermittelt. Die Bewertung des Anpassungsbedarfs bei den identifizierten Passagen erfolgte auf Basis der Auswirkungen der überprüften Klimaeinflüsse und durch Expertenwissen. Das methodische Vorgehen ist in den jeweiligen Abschlussberichten (Los 1 und Los 2+3) näher beschrieben.

Die Ergebnisse liegen in Form von standardisierten Tabellen vor. Die Auswertung der Regelwerke zum Bereich Infrastruktur ergab insgesamt 1.650 Einträge, von denen viele identifizierte Passagen mehreren Ursachen zugewiesen wurden. Im Bereich Energie und Sicherheit konnten 101 Einträge und im Bereich Fahrzeuge 132 Einträge identifiziert und bewertet werden.

Das übergeordnete Ziel ist es, die im Zuge des Klimawandels erwarteten Extremwetterereignisse ebenso wie graduelle Veränderungen im mittleren Klimazustand stärker bereits in den Regelwerken zu berücksichtigen.

Abstract

Markus Reinhardt, Maike Norpoth

The expected impacts of climate change, particularly with respect to the rising frequency and/or intensity of severe weather events, pose increasing challenges for all areas of life and also bring new challenges to the transportation system. The effects on the individual systems is the first question that needs to be answered. The aim of this project is therefore to review the regulations, standards and policies governing railway operations today with regard to potential dangers due to climate change.

The relevant regulations, standards and policies of the Technical Specification for Interoperability (TSI), the European Standards (EN), the German Institute for Standardisation (DIN), the Association of German Transport Companies (VDV) and the Deutsche Bahn (DB Ril) were examined in the area of infrastructure (superstructure, substructure, tunnels and bridges).

The selected regulations for the different areas were systematically reviewed with regards to certain climate impacts (temperature, precipitation, distribution of lightning and wind). Relevant sections were identified, extracted, assessed and the recommended actions noted. The recommendations were based on known influences of certain climate impacts as well as expert knowledge. The methodology is described in more detail in the respective final reports (part 1 and parts 2+3).

The results are collected in standardised tables. The evaluation of the infrastructure regulations resulted in a total of 1650 entries of which a number were duplicated due to multiple causes. In the area of energy and safety 101 entries were identified and assessed and 132 entries within the area of vehicles.

The overall objective is to consider extreme weather events, as well as gradual changes in the climate, within the planning phases of infrastructure, energy and safety and vehicles.

1 Ausgangslage und Zielsetzung

Im Bahnwesen gibt es eine Vielzahl Vorschriften und Regelwerken, die den technischen und betrieblichen Ablauf der einzelnen Teilsysteme sowie deren Zusammenwirken ordnen. In Deutschland gibt es dafür auf der einen Seite das umfangreiche Richtlinienwesen der Deutschen Bahn AG, die den überwiegenden Teil des deutschen Eisenbahnnetzes betreibt. Auf der anderen Seite gibt es die allgemeingültigen anerkannten Regeln der Technik in Deutschland, die insbesondere aus den vom Deutschen Institut für Normung (DIN) herausgegebenen Eurocodes und Normen bestehen. Diese sind für alle baulichen Anlagen in Deutschland maßgebend. Zusätzlich gibt es noch weitere Verordnungen und Vorschriften für die unterschiedlichen Aspekte der Eisenbahninfrastruktur in Deutschland bzw. für ganz Europa.

In diesem Forschungsprojekt wird der Fokus daher sowohl auf die Richtlinien der Deutschen Bahn AG als auch auf die weiteren, die Eisenbahninfrastruktur betreffenden Normen und Regelwerke gelegt. Die einzelnen Texte der Vorschriften werden in unregelmäßigen Abständen aktualisiert und aufgrund neuer Forschungserkenntnisse angepasst.

Der Klimawandel gilt als eine der größten gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit und große Anstrengungen müssen nicht nur beim Klimaschutz, sondern auch bei Klimaanpassung unternommen werden. Die Prognosemodelle der Klimaforschung werden immer besser und je nach Emissionsszenario wird auch in Deutschland die Zunahme von Extremwetterereignissen und die Steigerung ihrer Intensität wahrscheinlicher. Dazu zählen u. a. Hitzewellen, Stürme, Starkregen oder lange Trockenperioden. Bereits jetzt treten Temperaturrekorde immer häufiger auf. Das Jahr 2018 war z.B. das bisher wärmste Jahr seit Beginn der regelmäßigen Aufzeichnungen. Es war zudem besonders trocken und regional traten starke Gewitter auf.

Angesichts der beschriebenen Auswirkungen, mit denen der prognostizierte Klimawandel die Infrastruktur herausfordern wird und schon herausfordert, ist eine Anpassung der vorhandenen Regelwerke und Vorschriften notwendig. In einem ersten Schritt müssen dafür entsprechende Inhalte und Passagen identifiziert werden, für die der Klimawandel relevant ist. In einem zweiten Schritt werden diese Inhalte hinsichtlich der Notwendigkeit einer Änderung bewertet, die für eine dauerhafte Erhaltung der Funktionalität der Infrastruktur wichtig sind.

In diesem Bericht werden die Erkenntnisse des Projektes „Untersuchung der Regelwerke für den Bahnbetrieb auf Schwachstellen hinsichtlich des zu erwartenden Klimawandels“ für die Eisenbahninfrastruktur zusammenfassend dargestellt und ein Überblick auf die tabellarisch aufgeführten maßgebenden Ergebnisse gegeben

2 Forschungsstand und Untersuchung

Das vorliegende Projekt gliedert sich in zwei Arbeitspakete (AP). Im AP 1 werden die maßgebenden Passagen in den technischen Regelwerken und Richtlinien identifiziert, deren Parameter vom Klimawandel beeinflusst werden. Die zu untersuchenden Regelwerke sind im Vertrag zwischen Auftraggeber (AG) und Auftragnehmer (AN) vereinbart worden und in Anhang 2 aufgelistet.

Im Arbeitspaket 2 werden weiterführend, aufbauend auf der Ergebnistabelle aus AP 1, die einzelnen gefundenen Passagen aus den Regelwerken bewertet und der weitere Handlungsbedarf abgeschätzt.

Die Untersuchungsmethodik zur Identifizierung der maßgebenden Passagen, sowie zur Bewertung dieser, wird in Kapitel 2.2 beschrieben.

2.1 Grundlagen der Untersuchung

Die bei der Untersuchung zu berücksichtigenden Klimaeinflüsse wurden vom AG zur Verfügung gestellt und sind in der Tabelle 1 folgenden dargestellt.

Tabelle 1: Kategorien der Klimaeinflüsse [Anlage 1 der Leistungsbeschreibung]

Ursache	Wodurch	Gefährdung	Abkürzung
TEMPERATUR			T
	Hitze		T-H
		Gesundheit/Wohlbefinden Mensch Überhitzung, Kreislaufprobleme, Arbeitsschutz,...	T-H-GM
		Materialausdehnung Längenzunahme bei Bauteilen/Gleisen,...	T-H-MA
		Materialversagen/-ermüdung Änderung der Materialparameter, z.B. Elastizität, Festigkeit,	T-H-MV
		Wärmeableitung Verminderte Abführung produzierter Wärme (z.B. Elektronik, Bremsen,...)	T-H-WA
		Ausdünstungen Wärme setzt giftige Stoffe frei (z.B. PAKs aus Schwellen/Kunststoffen,...)	T-H-AD
	Frost		T-F
		Gesundheit/Wohlbefinden Mensch Unterkühlung, Erfrierungen, ...	T-F-GM
		Materialausdehnung Längenabnahme bei Bauteilen/Gleisen,...	T-F-MA

Ursache	Wodurch	Gefährdung	Abkürzung
		Materialversagen/-ermüdung Änderung der Materialparameter, z.B. Elastizität, Festigkeit,	T-F-MV
		Frost-Tau-Wechsel Beanspruchung durch Ausdehnung/ Nachfließen von Eis/Wasser	T-F-FT
		Gefrorenes Wasser Eisbildung in Abflüssen, Zuleitungen, Vorratsbehältern	T-F-GW
NIEDERSCHLAG			N
	Regen		N-R
		Dimensionierung Entwässerung Zunahme der zu bewältigenden Abflussmengen	N-R-EW
		Hochwasser Resilienz gegen stehendes Wasser, insb. Anlagen mit Schadstoffen/Keimen	N-R-HW
		Gewichtszunahme Wasser absorbierende Materialien werden schwerer, Schnee-/ Eislast	N-R-GZ
		Grundversagen Aktivierung Gleitschicht, Aufgeweichter Untergrund, Hangrutschungen	N-R-GV
		Schnee/Eis Nutzbarkeit eingeschränkt (Bahnhöfe, Gleise), Zusätzlicher Arbeitsaufwand	N-R-SE
	Trockenheit		N-T
		Grundversagen Abnahme Kohäsion, Reduktion Erdvolumen	N-T-GV
		Brandrisiko Flächenbrände/Waldbrände/Böschungsbrände	N-T-BR
		Staubfreisetzung Reduzierte Sicht, Verschmutzung luftgekühlter Teile	N-T-SF
KERAUNISCHER PEGEL			K
	Blitz		K-B
		Brandrisiko	K-B-BR

Ursache	Wodurch	Gefährdung	Abkürzung
STURM	Wind	Benötigter Funke, Überhitzung von Bauteilen	
		Überspannungsschäden Elektrik/Elektronik, Energieversorgung	K-B-ÜS
		Blitzableitung Schutz der Menschen und der Gebäude (PVA1), Schutz der Technik	K-B-BA
			S
			S-W
		Bauwerke Erhöhte Windlast, Bauteilsicherung (Häuser, Bahnhöfe, Brücken,...)	S-W-BW
		Fahrzeuge Windlasten/Windangriffe, Seitenwinde	S-W-FZ
		Energie und Signale Windlasten auf Oberleitung, Signale, Funk/Telekommunikationsmasten,...	S-W-ES
		Windwurf/Windbruch Gefahren durch Bäume	S-W-WW
		Windschutz Schutz von Personen und Gegenständen vor Wind und fliegenden Teilen	S-W-WS
		Staubfreisetzung Reduzierte Sicht, Verschmutzung luftgekühlter Teile	S-W-SF

Ergänzend zu den in Tabelle 1 aufgeführten Klimaeinflüssen, hat der AN die folgenden beiden in Tabelle 2 aufgeführten Klimaeinflüsse identifiziert und bei der Untersuchung verwendet.

Tabelle 2: Weitere Klimaeinflüsse des AN

Ursache	Wodurch	Gefährdung	Abkürzung
NIEDERSCHLAG			N
	Regen		N-R
		Gesundheit/Wohlbefinden Mensch Stärkerer Regen, Schrägregen ...	N-R-GM

¹ Photovoltaikanlage

Ursache	Wodurch	Gefährdung	Abkürzung
VEGETATION			
	Vegetation	Vegetation Beeinträchtigung der Sichtbarkeit von Signalanlagen und Bahnübergangsanlagen. Bestehende Vegetationsmanagementmaßnahmen und –Termine reichen gegebenenfalls nicht aus. Verlust von Vitalität durch Klimastress und dadurch Verlust von Standfestigkeit.	Veg

2.2 Beschreibung Untersuchungsmethodik

Die Methodik für die Untersuchung der Regelwerke des Bahnbetriebs auf Schwachstellen hinsichtlich des zu erwartenden Klimawandels gliedert sich in die Bestandteile (i) der Identifizierung von Passagen sowie (ii) der Bewertung dieser.

i. Identifizierung der entsprechenden Passagen

Die Identifizierung der Passagen in den Regelwerken basiert auf den im weiteren Text näher erläuterten fünf Schritten:

1. Zuordnung der zu prüfenden Regelwerke in Kategorien (siehe Abbildung 1)
2. Definition von Suchfeldern/Oberbegriffen für die Auswirkungen aus den vom Auftraggeber vorgegebenen Gefährdungskategorien
3. Mehrfachdefinition von Suchfeldern/Oberbegriffen für verschiedene Gefährdungskategorien
4. Recherche innerhalb der Regelwerke durch die Berücksichtigung der definierten Suchfelder/Oberbegriffe
5. Iterativer Prozess durch Ergänzung/Anpassung der Suchfelder/Oberbegriffe

Für die Regelwerke werden insgesamt fünf Oberkategorien aufgestellt, die wiederum aus bis zu vier Unterkategorien bestehen. Die einzelnen Regelwerke bzw. Regelwerksteile werden in einem zweiten Schritt den Kategorien zugeordnet, die in Abbildung 1 aufgeführt sind.



Abbildung 1: Kategorien für Regelwerksrecherche

Für jede einzelne Unterkategorie und Gefährdung wurden auf Basis von vorhandenen Untersuchungen zu Extremwetterereignissen und deren Auswirkungen auf die Infrastruktur sowie aus Diskussionen Suchfelder und Oberbegriffe entwickelt und daraus eine Matrix erstellt. Diese Arbeiten wurden durch das Institut für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und –betrieb (IVE) durchgeführt.

In der Matrix werden diese in einem dritten Schritt den Suchfeldern/Oberbegriffen innerhalb der Unterkategorien einzelnen Gefährdungen zugeordnet. Beispiel: In der Unterkategorie Oberbau sind dem Oberbegriff Arbeitsschutz sieben Gefährdungen per Kürzel zugeordnet.

Dies sind:

- | | | |
|----------------------|-------------|-------------------|
| ▪ Temperatur | Hitze | Gesundheit Mensch |
| ▪ Temperatur | Frost | Gesundheit Mensch |
| ▪ Niederschlag | Regen | Gesundheit Mensch |
| ▪ Niederschlag | Trockenheit | Gesundheit Mensch |
| ▪ Keraunischer Pegel | Blitz | Blitzableitung |
| ▪ Sturm | Wind | Windschutz |
| ▪ Sturm | Wind | Staubfreisetzung |

Auf Basis der Suchbegriffe wurden nun die zu untersuchenden Richtlinien kapitelweise durchsucht. Beim Auffinden relevanter Passagen wurde anhand der Suchbegriffe geprüft, zu welchen Gefährdungskategorien diese passen. Zusätzlich wurden die Spalten *Seite*, *Kapitel*, *Absatz*, *Kürzel*, *Was ist betroffen?* und *Bisher berücksichtigt* ausgefüllt. Für den Fall, dass zusätzliche Suchbegriffe bei der Identifizierung innerhalb der Richtlinien gefunden wurden, wurden diese in der Suchmatrix iterativ angepasst und ggf. ergänzt.

ii. Bewertung der identifizierten Passagen

Nach der Identifizierung der relevanten Passagen innerhalb der zu durchsuchenden Regelwerke müssen noch der Einfluss der Klimaänderungen, der Bedarf der Anpassung, die sicherheitsrelevanten Aspekte der Gebrauchstauglichkeit, sowie die Tragsicherheit bewertet und begründet werden.

Dafür werden vom Institut für Geoökologie, Abteilung Landschaftsökologie und Umweltsystemanalyse der TU Braunschweig (IGÖ) auf Basis von Daten aus dem *DWD Klimaatlas*, dem Bericht *Vulnerabilität Deutschlands gegenüber dem Klimawandel* (UBA, 2015) und weiterer Literatur, sowie in Absprache mit Andreas Walter vom DWD, die prognostizierten Klimaänderungen als Steckbriefe zusammengestellt. Die

Steckbriefe beziehen sich, bis auf wenige Ausnahmen, auf den langfristigen Wandel (Änderungen zum Normalwert 1961-1990 für den Zeitraum 2070 – 2100), auf das Emissionsszenario A1B und auf einen starken Wandel (85. Perzentil aus dem Klimamodellensemble des DWD).

Dabei werden verschiedene für die Bewertung wichtige Aspekte herausgearbeitet, insbesondere die Stärke der Veränderung, die Relevanz für die Gefährdungen und gegebenenfalls räumliche Unterschiede in der Ausprägung. Die Steckbriefe sind in Anhang 1 enthalten.

Unter Berücksichtigung dieser Steckbriefe wurde durch das IVE abgeschätzt, wie groß der Einfluss der Klimaänderung und der Bedarf der Anpassung ist. Beispielsweise sind für die Bemessung von temperaturinduzierten Schienenspannungen nur die maximalen Oberflächentemperaturen wichtig. Eine generelle Temperaturerhöhung des Jahresmittels ist dafür zweitrangig. Die Zuordnung der Klimaaspekte auf die einzelnen betroffenen Aspekte erfolgt durch Expertenwissen. Die Begründung der Wahl ist umso detaillierter, je höher der Bedarf der Anpassung ist.

Die Begründung erfolgt aus einer Kombination der Klimaänderung und der identifizierten Passage. Für einige Klimaänderungen sind bis zu vier verschiedene Bewertungen des Bedarfs der Anpassung möglich. Für die Ausdehnung von Material aufgrund von Hitze ist in Tabelle 3 ein Beispiel dargestellt.

Tabelle 3: Beispiel für Auswertung des Bedarfs an Anpassung

Kürzel	Zu berücksichtigen	Einfluss Klima- änderung	Bedarf der Anpassung
T-H-MA	Metall, wärmeempfindliche Materialien	Hoch	Hoch
	Holz, und weitere Materialien	Hoch	Mittel
	Nicht wärmeempfindliche Materialien	Hoch	Niedrig
	Nicht der Hitze oder Sonnenstrahlung ausgesetzt	Hoch	Keine

Der Einfluss der Klimaänderung bezieht sich auf die Klimawirkung, die innerhalb der identifizierten Passage maßgebend ist. In diesem Fall die maximale Oberflächentemperatur. Sofern die Klimaänderung unklar ist, so ist auch der Bedarf der Anpassung Unklar.

Die Bewertung der Sicherheitsaspekte, Gebrauchstauglichkeit und Tragsicherheit, erfolgte ebenfalls auf Basis von Expertenwissen des IVE.

2.3 Bewertung der Ergebnisse

Die Untersuchung wird mit diesem Endbericht abgeschlossen. Zusätzlich zum Endbericht werden die identifizierten und bewerteten Passagen in Anhang 3 dargestellt. Die Daten sind das Ergebnis der Analyse von insgesamt 59 Regelwerken inklusive 18 nationaler Anhänge sowie einem Anhang mit insgesamt 7.143 Dokumentenseiten, die in Anhang 2 aufgeführt sind. Zusätzlich zur Aufnahme (Identifizierung der Passagen) und Bewertung der Passagen werden in diesem Kapitel weitere Informationen dargestellt.

2.3.1 Allgemeingültige Erkenntnisse

Die Auswertung der Regelwerke ergab insgesamt 1.650 Einträge, da viele identifizierte Passagen mehreren Ursachen zugewiesen wurden. Wie in Abbildung 2 dargestellt, verteilen sich die 1.650 Einträge auf die sieben Hauptursachen. Besonders temperaturabhängige Ursachen aufgrund von Hitze oder Frost wurden oft identifiziert. Die Ursache Hitze ist bei ca. 25 % und die Ursache Frost bei ca. 30,5 % der identifizierten Passagen der Grund der Datenaufnahme. Die vom AN vorgeschlagene Kategorie Vegetation hat mit 17 Nennungen (ca. 1 %) die wenigsten. Die gesamten Ergebnisse sind in Anhang 3 aufgeführt.

In Tabelle 4 sind die Ergebnisse der Auswertung des Bedarfs der Anpassung nach den fünf Einschätzungsgruppen dargestellt.

Tabelle 4: Bedarf der Anpassung

Bedarf der Anpassung	Anzahl der Einträge
UNKLAR	181
KEINE	334
NIEDRIG	561
MITTEL	263
HOCH	311

Aus Tabelle 4 wird deutlich, dass ein hoher Bedarf an Anpassungen bei 311 Einträgen besteht. Zusätzlich wurden noch die Betroffenheit der Gebrauchstauglichkeit und der Tragsicherheit bei den identifizierten Passagen bewertet. In 201 Einträgen ist die Gebrauchstauglichkeit und in 120 Einträgen die Tragsicherheit betroffen. Hier besteht besonders hoher Anpassungsbedarf. In den folgenden drei Abbildungen sind die Anpassungsbedarfe nach Klimagefährdungen gegliedert dargestellt.

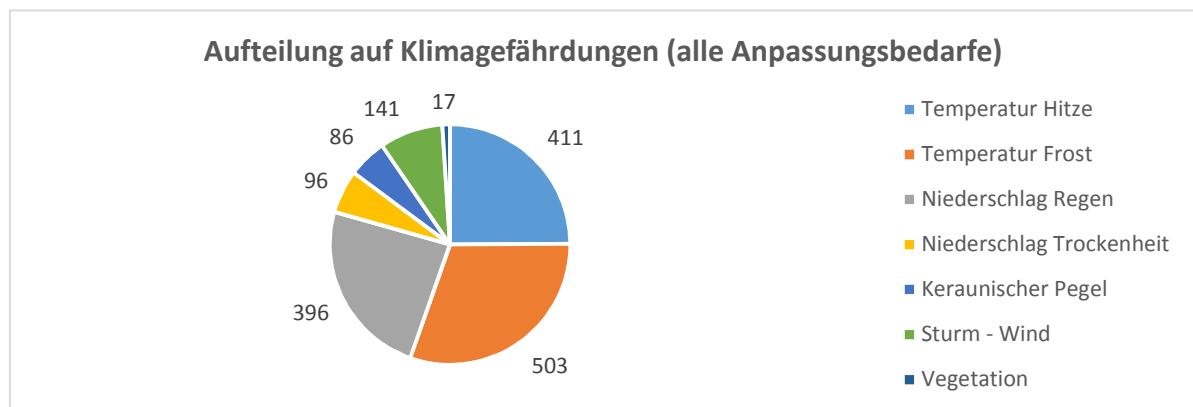


Abbildung 2: Aufteilung der Ergebnisse auf Klimagefährdungen (alle Anpassungsbedarfe)

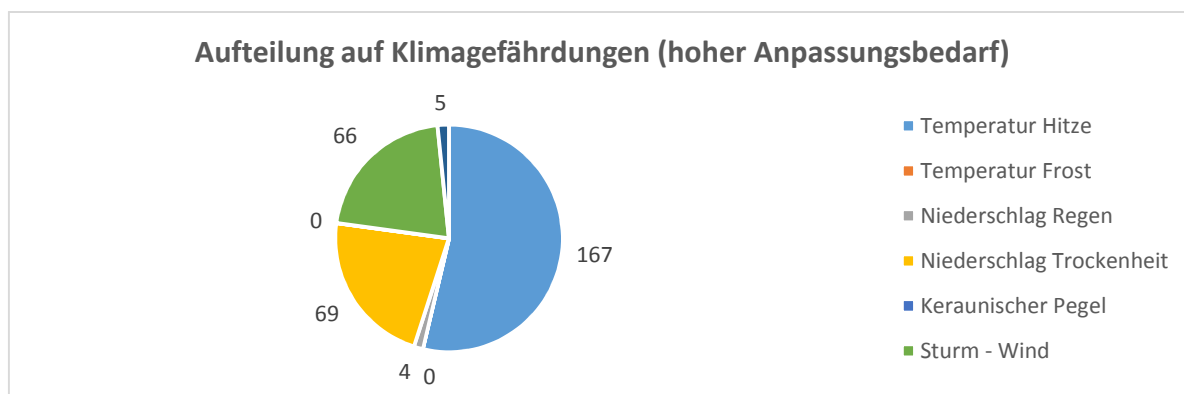


Abbildung 3: Aufteilung der Ergebnisse auf Klimagefährdungen (hoher Anpassungsbedarf)

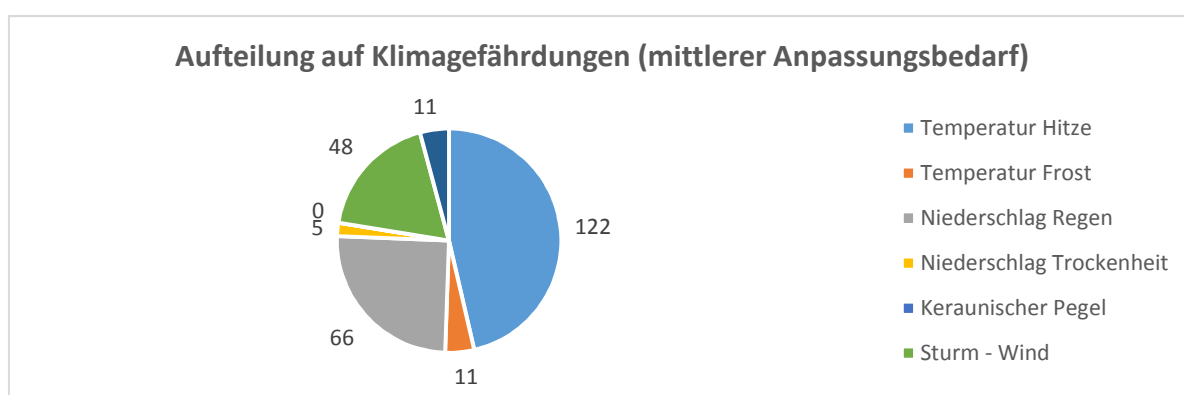


Abbildung 4: Aufteilung der Ergebnisse auf Klimagefährdungen (mittlerer Anpassungsbedarf)

Es wird deutlich, dass insbesondere die Klimagefährdung Temperatur – Hitze viele Einträge mit Anpassungsbedarf verursacht.

2.3.2 Richtlinien-spezifische Erkenntnisse

Zu den in der folgenden Tabelle aufgeführten Richtlinien werden zusätzliche spezifische Erkenntnisse aufgeführt.

Tabelle 5: Richtlinien-spezifische Erkenntnisse

Richtlinie	Kommentar
DIN EN 1990	Ggf. sollten die Teilsicherheitsbeiwerte in A1.3.1, Tab A1.2 (A), Tab A1.2 (B), Tab A1.2 (C) angepasst werden.
DIN EN 1991-1-1	Es werden Eigengewicht und Nutzlast betrachtet. Somit sind keine Anpassungen an Klimaänderungen notwendig.
DIN EN 1991-1-2	Es werden Brandeinwirkungen auf Tragwerke betrachtet. Somit sind keine Anpassungen an Klimaänderungen notwendig.
DIN EN ISO 17660	Durch erhöhte Staubbefreiung kann es zu einer verstärkten Verschmutzung von Bauteilen kommen.

Richtlinie	Kommentar
NATIONALE ANHÄNGE	Bei den Normen zugehörigen nationalen Anhängen (NA) werden nur solche Passagen aufgenommen und bewertet, die vorhanden sind. Nicht berücksichtigte Merkmale werden vorrangig in den jeweils zugehörigen Normen aufgenommen und bewertet.
RICHTLINIE 820	Die Anforderungen an die Beschaffenheit von Oberbaumaterialien werden in anderen Richtlinien und technischen Lieferbedingungen der Deutschen Bahn AG vorgegeben, die nicht Bestandteil dieses Projektes sind.
RICHTLINIE 824	In der Richtlinie 824 wird unter 824.0101 S. 2 (4) auf die Wartung in Richtlinie 822 verwiesen. Diese wird im Rahmen dieses Projektes nicht untersucht. Zur Wartung gehören u. a. auch Grünschnitt und weitere Vegetationsarbeiten.
RICHTLINIE 853	In den Modulen der Richtlinie 853 bezüglich Eisenbahntunnel sind nur wenige betroffene Passagen identifiziert. Daraus lässt sich schließen, dass Eisenbahntunnel vom Klimawandel nur geringfügig betroffen sind.
VERORDNUNG (EU) 1299/2014	Besonderheiten nichtdeutscher Bahninfrastrukturen, wie Sie in der Verordnung (EU) 1299/2014 in Kapitel 7.7 Sonderfälle behandelt werden, fließen nicht in die Bewertung ein.

3 Fazit

Angesichts der eingangs beschriebenen Auswirkungen, mit denen der prognostizierte Klimawandel die (Eisenbahn-)Infrastruktur herausfordern wird, ist eine Anpassung der vorhandenen geltenden Regelwerke und Vorschriften notwendig. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde eine Vielzahl an aktuellen Regelwerken systematisch auf Passagen durchsucht, die aufgrund des prognostizierten Klimawandels angepasst werden müssen, um auch in Zukunft die Vorgaben für eine zuverlässige (Eisenbahn-)Infrastruktur regeln bzw. gewährleisten zu können. Neben den überprüften Regelwerken bedarf es u.a. auch Änderungen der Lieferbedingungen für Baumaterialien, die im Rahmen dieses Projektes nicht untersucht worden sind.

Zu Beginn dieses Forschungsprojektes wurde unter anderem die Wirkweise der prognostizierten Klimaänderungen ermittelt und für die vom Auftraggeber vorgegebenen Klimaeinflüsse dargestellt. Im weiteren Verlauf des Projektes wurden die von Klimaänderungen betroffenen Passagen innerhalb der Regelwerke mithilfe von Suchfeldern identifiziert. Im Anschluss erfolgte eine vierstufige Bewertung hinsichtlich des Anpassungsbedarfs der betroffenen Passagen, unterstützt durch eine Begründung. Besondere Gefährdungen der Gebrauchstauglichkeit und/oder Tragsicherheit wurden zusätzlich bewertet, um besonders akute Handlungsfelder aufzuzeigen. Es wurden insgesamt 1.650 Einträge aufgenommen und bewertet. Dabei wiesen 311 Einträge der identifizierten Passagen einen hohen Bedarf der Anpassungen auf. Bei insgesamt 120 Einträgen ist die Tragsicherheit betroffen.

Bei der Anpassung der jeweiligen Passagen in den Regelwerken ist die Lebensdauer der jeweiligen Anlagenteile der (Eisenbahn-)Infrastruktur zu berücksichtigen. Beispielsweise beträgt die Lebensdauer von Brücken zum Teil über 100 Jahre, während die Lebensdauer von Oberbaustoffen, wie beispielsweise von Schienen (ca. 20 Jahre) oder elektrotechnischen Anlagen, deutlich geringer ist. Es wird deutlich, dass der berücksichtigte Zeithorizont 2100 nicht die Gesamtlebensdauer von konstruktiven Ingenieurbauwerken abdeckt. Der akute Handlungsbedarf wird auch dadurch deutlich, dass die heute im Bau befindlichen Anlagen eine erwartete Lebensdauer deutlich über das Jahr 2100 hinaus haben können.

4 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kategorien für Regelwerksrecherche	14
Abbildung 2: Aufteilung der Ergebnisse auf Klimagefährdungen (alle Anpassungsbedarfe)	16
Abbildung 3: Aufteilung der Ergebnisse auf Klimagefährdungen (hoher Anpassungsbedarf)	17
Abbildung 4: Aufteilung der Ergebnisse auf Klimagefährdungen (mittlerer Anpassungsbedarf)	17

5 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kategorien der Klimaeinflüsse [Anlage 1 der Leistungsbeschreibung]	10
Tabelle 2: Weitere Klimaeinflüsse des AN	12
Tabelle 3: Beispiel für Auswertung des Bedarfs an Anpassung	15
Tabelle 4: Bedarf der Anpassung	16
Tabelle 5: Richtlinienspezifische Erkenntnisse.....	17

Anhänge

- | | |
|----------|--|
| Anhang 1 | Steckbriefe zu einzelnen Klimaauswirkungen |
| Anhang 2 | Aufstellung der einzelnen Regelwerke |
| Anhang 3 | Zusammenstellung aller identifizierten und bewerteten Passagen aus den Regelwerken |