

Deutsches Zentrum für
Schienenverkehrsforschung beim



Eisenbahn-Bundesamt

Adaption an den Klimawandel - Daueraufgabe der Bahnforschung -

Carina Herrmann

19.10.2022

Agenda

1. Allgemeines
2. Klimaadaptation
3. Struktur von Anpassungsarten
4. Regulatorische Ansätze
5. Informatorische Ansätze
6. Operatives Management der Infrastruktur
7. Operatives Management des Verkehrsbetriebs
8. Zusammenfassung & Ausblick

Das DZSF ist...

Deutsches Zentrum für
Schienenverkehrsforschung beim



... Ressort-
forschungs-
einrichtung
des BMDV

... Schnitt-
stelle
zwischen
Wissenschaft,
Bahnsektor und
Politik

Wir forschen mit
direktem Nutzen
und effektiver
Unterstützung für
die Schiene

und mit hohem
wissenschaftlichen
Anspruch.



BMDV-Expertennetzwerk



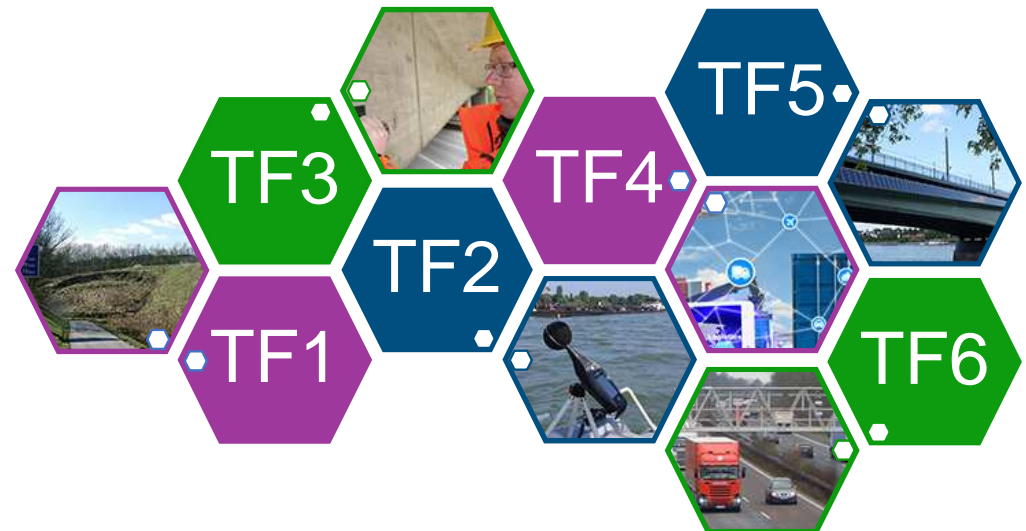
- 2016 gegründet
- 7 Bundesoberbehörden
- 6 Themenfelder



Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim



- TF1 Klimawandelfolgen und Anpassung
- TF2 Umwelt & Verkehr
- TF3 Zuverlässige Verkehrsinfrastruktur
- TF4 Digitale Technologien
- TF5 Erneuerbare Energien
- TF6 Verkehrswirtschaftliche Analysen



<https://www.bmdv-expertennetzwerk.bund.de>

Exkurs: Was ist Ressortforschung?

Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten
des Bundes...

setzen Impulse und bilden
eine Brücke zwischen der
Industrieforschung und der
universitären Forschung,
fördern die praxisgerechte
Umsetzung von
Innovationen



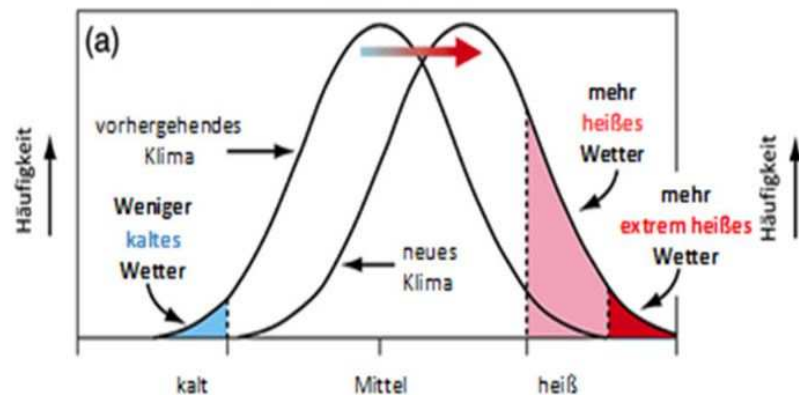
dienen der Vorbereitung und
Durchführung politischer
Entscheidungen und des
Regierungshandelns

unterstützen die hoheitlichen
Aufgaben des Bundes (EBA)

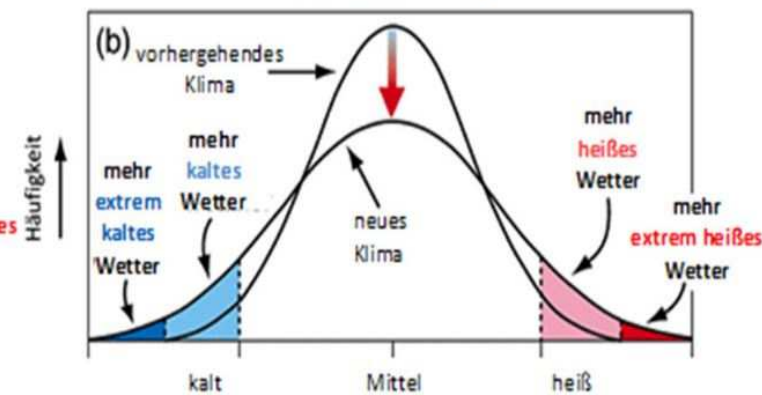
liefern neutrale und öffentlich
zugängliche Ergebnisse

Kennzeichen des Klimawandels

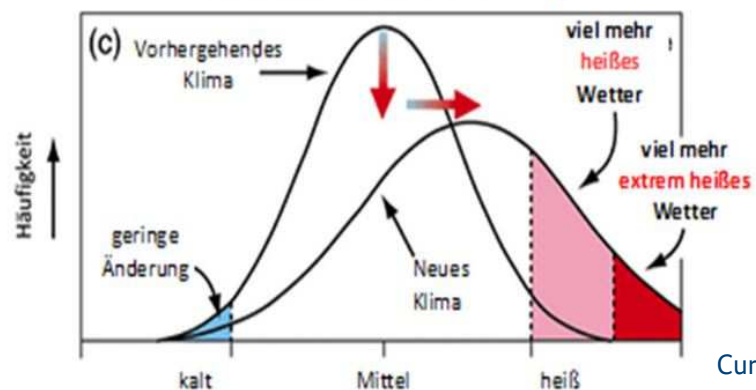
Zunahme des Mittelwerts



Zunahme der Streuung



Zunahme von Mittelwert und Streuung



Curtius (2018)

Klimaanpassung

Initiativen und Maßnahmen, um die Empfindlichkeit/Sensitivität natürlicher und menschlicher Systeme gegenüber tatsächlichen oder erwarteten Auswirkungen des Klimawandels zu verringern.

Es können verschiedene Arten von Anpassungen unterschieden werden, darunter vorausschauende und reaktive, private und öffentliche, autonome und geplante Maßnahmen. (UBA) 2021

Trends und Auswirkungen auf Eisenbahnverkehr und -infrastruktur

Hitze

Trends
Heiße Tage
Sommertage
Tropennächte



Auswirkungen

- Austrocknung von Böden und Vegetation → erhöhtes Böschungsbrandrisiko
- Gleisverwerfungen
- Schwellenschäden

Starkregen

Trends
Starkregentage



Intensität lokaler
Ereignisse



Auswirkungen

- Überschwemmung/ Hochwasser
- Auftreten gravitativer Massenbewegungen
- Schwellenschäden

Kälte

Trends
Eistage
Frosttage



Auswirkungen

- Schnee und Eisbildung
- Einfrieren von Weichen
- Schienenbruch

Sturm

Trends
Sturmtage



Auswirkungen

- Baumsturz
- Seitenwindstabilität

Wetter- und witterungsbedingte Gefährdungen

Bisher:

Hochwasser



Massenbewegungen



Sturmwurf



Böschungsbrände



Zukünftige Projekte:

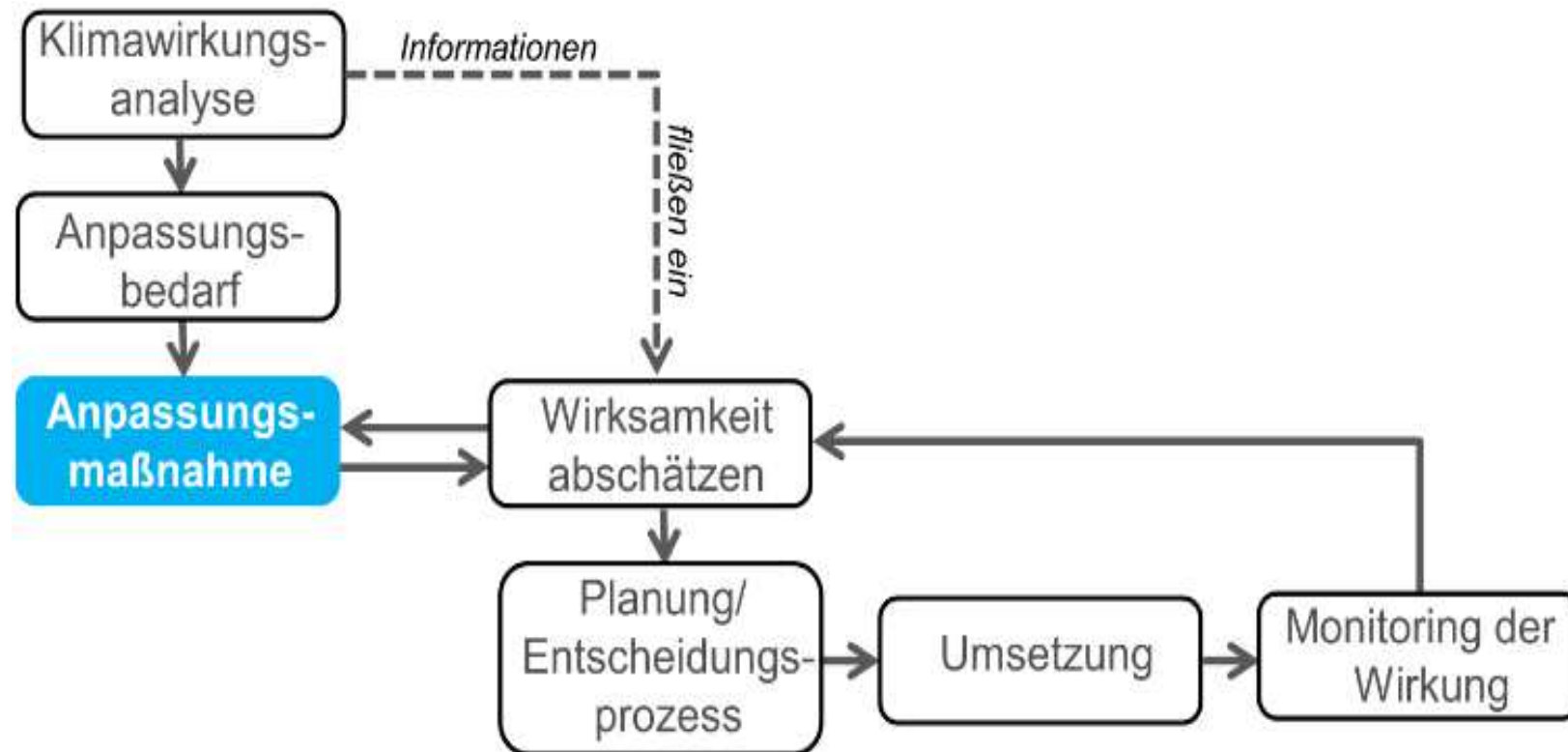
Starkregen



Schnee/Frost



Entwicklung einer Anpassungsmaßnahme



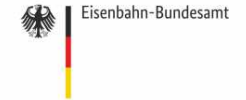
Arten von Anpassungsmaßnahmen



Regulatorische Ansätze

Schwachstellen im Eisenbahn-Regelwerk im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels

Deutsches Zentrum für
Schienenverkehrsforschung beim



Vor Beginn des Projekts war nicht bekannt, wie stark/wie umfangreich Eisenbahn-Regelwerke vom Klimawandel betroffen sind.

Forschungsergebnisse:

- strukturierte Erfassung der Lücken im Regelwerk durch vom Klimawandel induzierte Extremwetterereignisse für die Bereiche **Infrastruktur, Energie und Sicherheit** sowie **Fahrzeuge**
- Bewertung der Auswirkungen
- Vorschläge zur Berücksichtigung der Auswirkungen in den Regelwerken

Nächste Schritte:

- Anregung der Anpassung entsprechender Regelwerke

Projekt abgeschlossen (Bearbeitung 2018)

Regulatorische Ansätze

Schwachstellen im Eisenbahn-Regelwerk im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels

- Untersuchung relevanter Regelwerke, Verordnungen und Normen von UIC, EN, DIN, VDV und DB Ril
- systematische Prüfung für die Klimaeinflüsse: Temperatur, Niederschlag, Keraunischer Pegel und Wind
- Klimawandelrelevante Passagen wurden identifiziert, bewertet und der Anpassungsbedarf ermittelt
- Darstellung von identifizierten Passagen in einer Ergebnismatrix

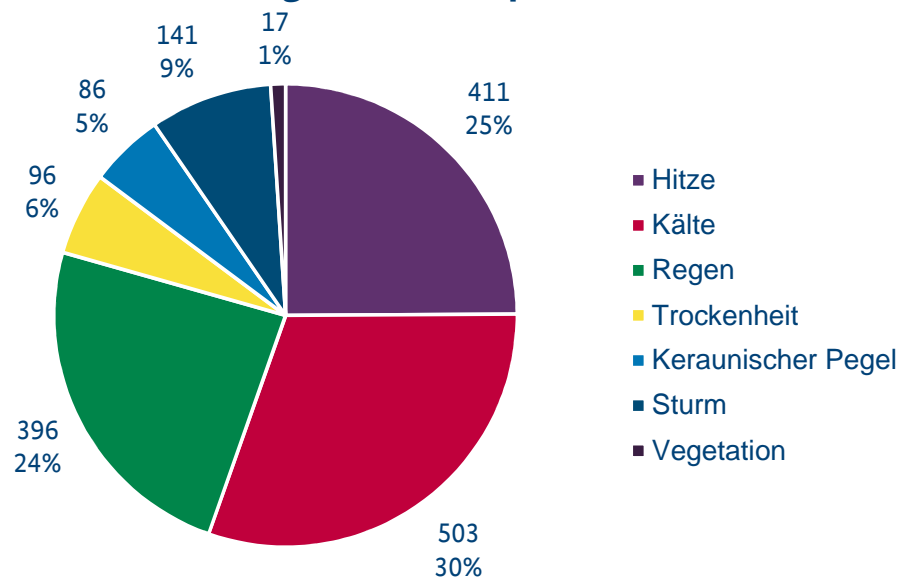
Seite	Kapitel	Absatz Beschreibung der exakten Stelle	Kürzel	Was ist betroffen? Kurzbeschreibung der Nennung	Bisher berücksichtigt	Einfluss Klima- änderungen Wie stark ist der Einfluss der Klimaänderung?	Bedarf der Anpassung Wie stark ist die Notwendigkeit der Anpassung?	Begründung	Gebrauchs- tauglichkeit betroffen? (Ja/Nein)	Tragsicher- heit betroffen? (Ja/Nein)
836.4103 S. 6	4	8	N-T-GV	Einbau witterungs- empfindlicher Baustoffe	oberflächlich	Hoch	Hoch	Gefahr von Grundbrüchen/Rissen aufgrund von Trockenheit	Ja	Nein
-	-	-	N-R-HW	Sturmflut	nicht Berücksichtigt	Niedrig	Mittel	Sturmflutgefahr vor allem an Nordsee erhöht	Nein	Nein
836.0509 S. 2	1	3	N-R-HW	Maßnahmen zum Gewässerschutz vor Schadstoffen	gut	Niedrig	Keine		Nein	Nein
836.4502 S. 3	2	7	N-R-HW	Kolkschutz bei Durchlässen mit freiem Wasserspiegel	oberflächlich	Niedrig	Niedrig	große regionale Unterschiede für Hochwasserereignisse, Sturmflutgefahr vor allem an Nordsee erhöht	Nein	Nein

Regulatorische Ansätze

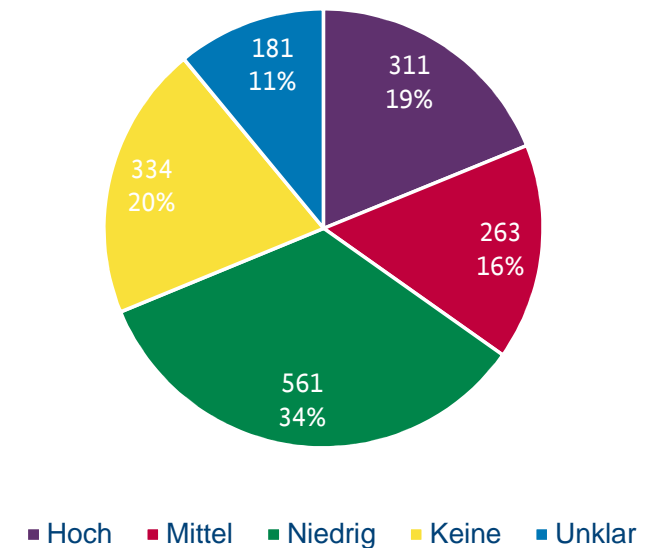
Schwachstellen im Eisenbahn-Regelwerk im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels

- Energie und Sicherheit: 19 Regelwerke ➔ 101 Einträge
- Fahrzeuge: 22 Regelwerke ➔ 132 Einträge
- Infrastruktur: 59 Regelwerken inklusive 18 nationaler Anhänge ➔ 1650 Einträge

Aufteilung nach Klimaparametern



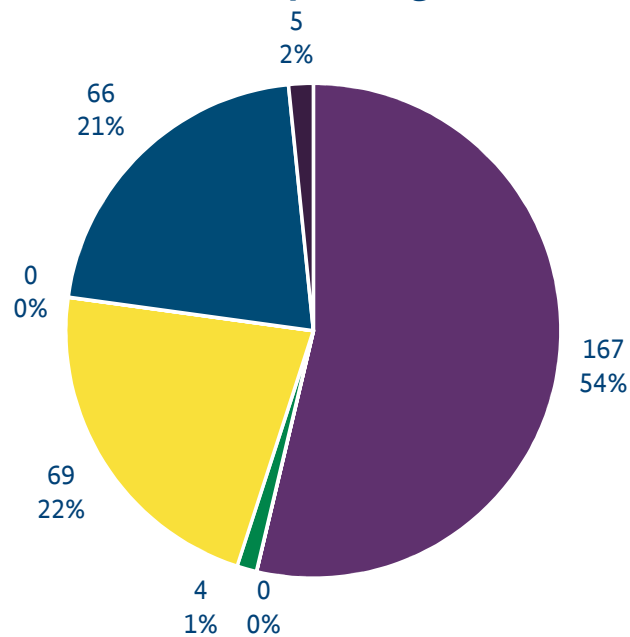
Bedarf an Anpassung



Regulatorische Ansätze

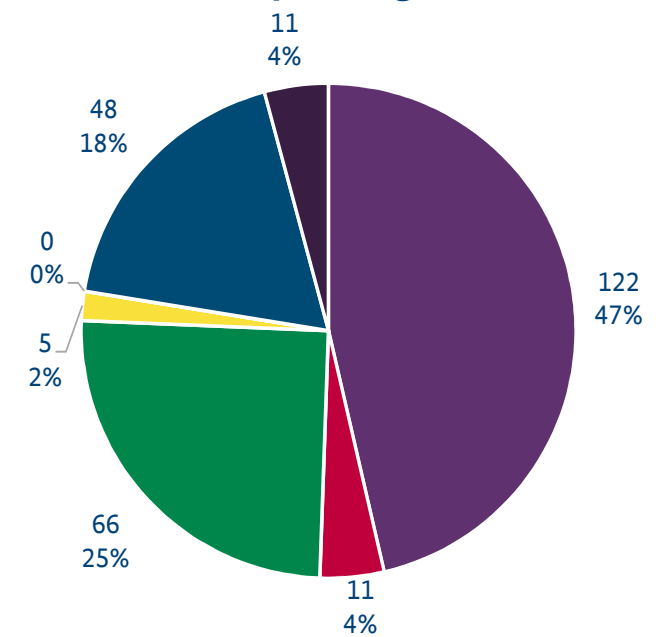
Schwachstellen im Eisenbahn-Regelwerk im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels

Hoher Anpassungsbedarf



- Hitze
- Kälte
- Regen
- Trockenheit
- Keraunischer Pegel
- Sturm
- Vegetation

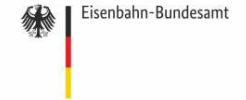
Mittlerer Anpassungsbedarf



Regulatorische Ansätze

Beurteilung der Bemessung von Gleisentwässerungseinrichtungen

Deutsches Zentrum für
Schienenverkehrsforschung beim



© Barby DB AG

Ausgangssituation:

- Zunahme von Starkregenereignissen
- Überprüfung der Ausgestaltung und Bemessung von Entwässerungssystemen und Durchlässen in vergangenen und aktuellen Regelwerken

Forschungsergebnisse:

- Entwässerungseinrichtungen der freien Strecke sind ausreichend bemessen
- Durchlässe müssen im Einzelfall überprüft werden

Nächste Schritte:

- Räumlich differenzierte Analyse der Überflutungsdisposition bzgl. Sturzfluten und Überprüfung der Dimensionierung von Rückhalte- und Entwässerungseinrichtungen (insbes. Durchlässen)

Projekt abgeschlossen (Bearbeitung 2018/19)

Informatorische Ansätze

Gefahrenhinweiskarte zu Flusshochwasser

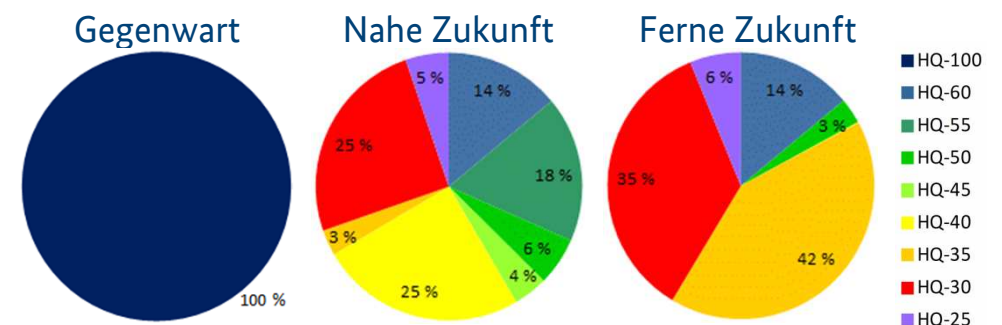


Ausgangssituation:

- Nutzung der Hochwassergefahrenkarten (HWGK) der Bundesländer, verschiedene Abflussszenarien

Forschungsergebnisse:

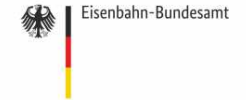
- Nutzung der bundesweiten Gefahrenhinweiskarte (Fluss)Hochwasser (HQ₁₀₀) im Rahmen der Feststellung der UVP-Pflicht
- Änderungen der Wiederkehrintervalle für 100-Jähige Hochwasser (HQ₁₀₀)



Informatorische Ansätze

Gefahrenhinweiskarte zu Hang- und Böschungsrutschungen

Deutsches Zentrum für
Schienenverkehrsforschung beim



beak
CONSULTING
BREMSEN | TRACKE | SIGNALISIERUNG

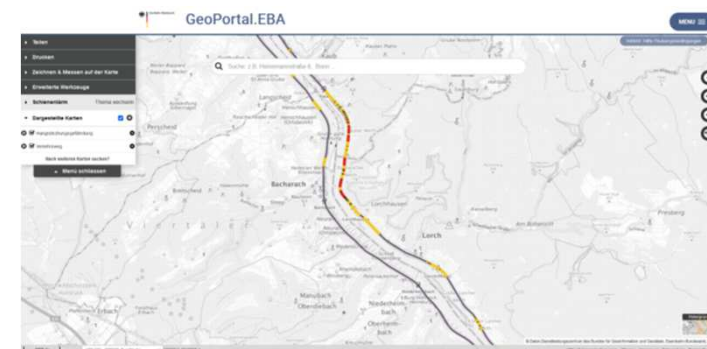


Ausgangssituation:

- Gravitative Massenbewegungen treten plötzlich und an unbekanntem Stellen auf
- Gefährdungs- und auch Anpassungspotenzial sind nicht erfasst

Forschungsergebnisse:

Nutzung der bundesweiten Gefahrenhinweiskarte Hangrutschungen im Rahmen der Feststellung der UVP-Pflicht

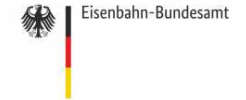


<https://geoportal.eisenbahn-bundesamt.de>

Informatorische Ansätze

Analysen zu schnellen wasserhaltigen Massenbewegungen

Deutsches Zentrum für
Schienenverkehrsforschung beim



geo7

geomér



© BEU

Bundesweite Untersuchungen zur Exposition des deutschen Schienennetzes und Modellierungen der räumlichen Ausbreitung

Forschungsprojekt zur Ermittlung des Gefahrenpotenzials von starkregeninduzierten Rutschprozessen entlang des bundesweiten Schienennetzes

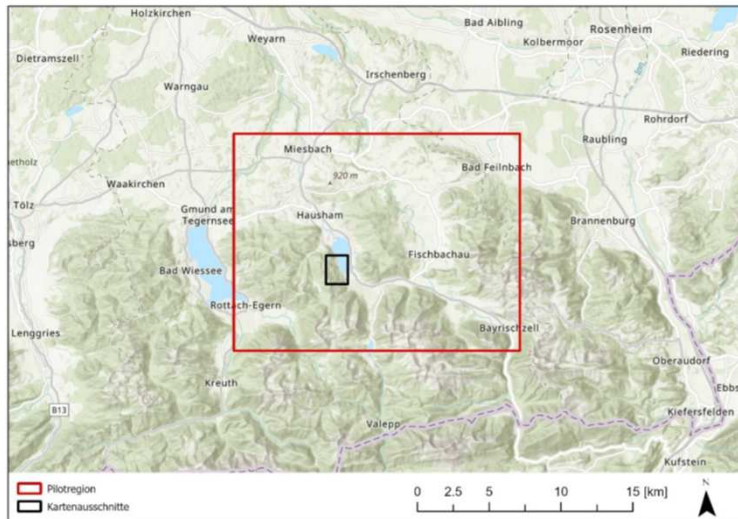
Forschungsziele:

- bundesweite Gefahrenhinweiskarte schneller, wasserhaltiger Massenbewegungen
- exemplarische Simulation und Modellierung von Hangrutschungen infolge von Starkregenereignissen in Fokusgebieten mit häufigen Vorkommen

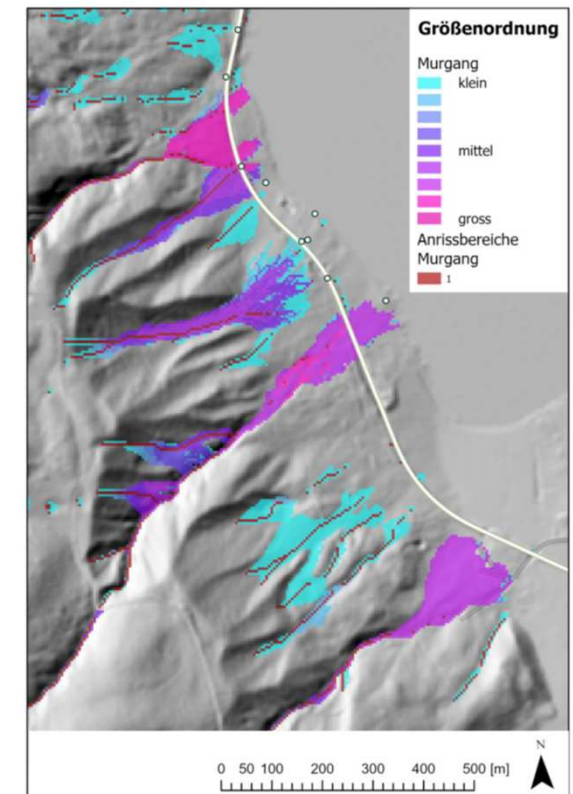
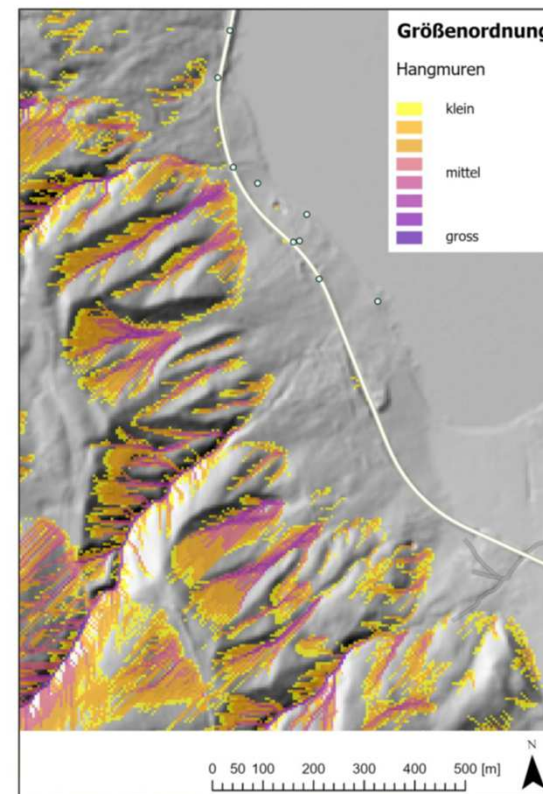
Dauer: 24 Monate bis 12/2022

Informatorische Ansätze

Analysen zu schnellen wasserhaltigen Massenbewegungen



Pilotregion Voralpen Kartenausschnitt SW vom Schliersee



Größenordnung der simulierten Hangmuren (links) und Murgänge (rechts) für den Bereich SW des Schliersees an der Bahnstrecke 5621 (weiße Linie). (Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG (2021)).

Operatives Management der Infrastruktur

Ableitung des Baumbestandes entlang der Schiene

Deutsches Zentrum für
Schienenverkehrsforschung beim



Forschungsprojekt zur Ermittlung der räumlichen Exposition des Schienennetzes gegenüber dem Sturmwurfpotenzial

Forschungsziel:

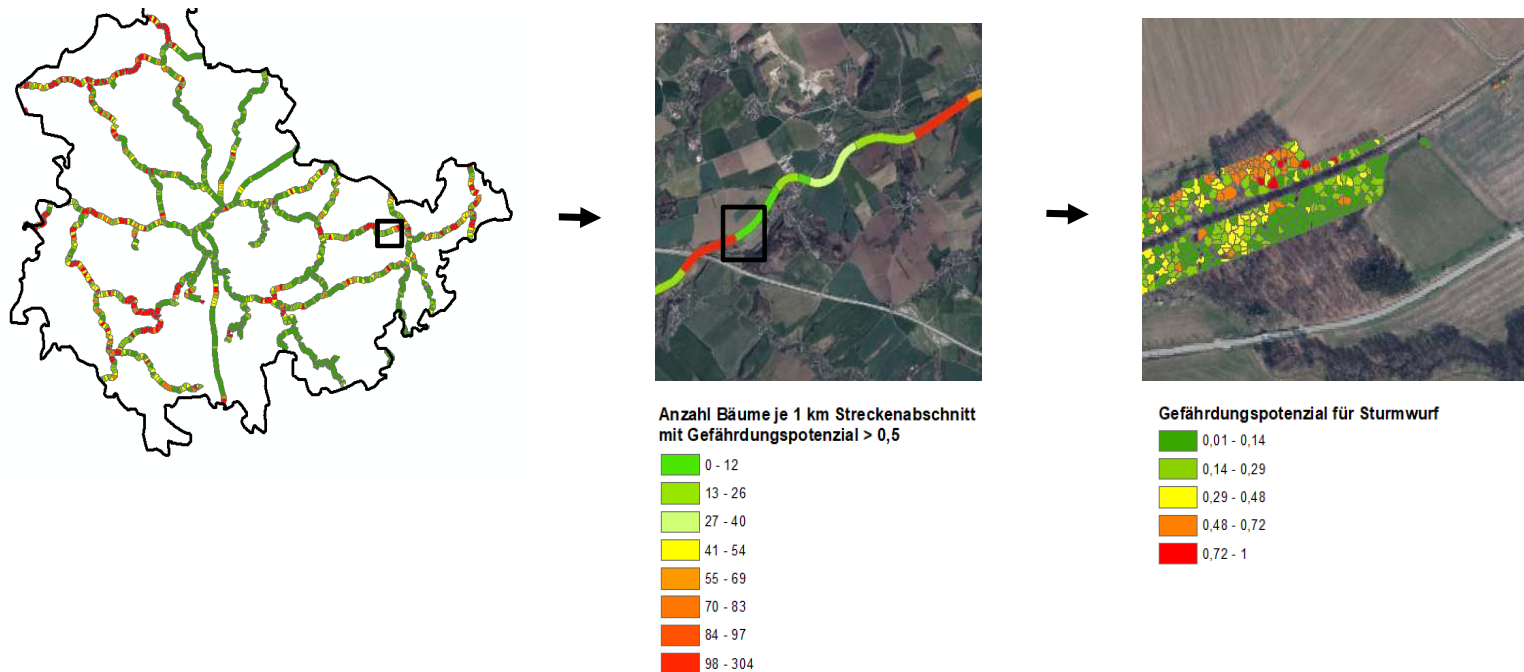
- Entwicklung eines GIS-Tools zur Identifizierung von Einzelbäumen aus den LiDAR-Daten der Bundesländer
- Das GIS-Tool kann direkt für das Vegetationsmanagement entlang der Schieneninfrastruktur genutzt werden.
- Die Ergebnisse dienen als Grundlage für weitere Forschungen des DZSF zu den Auswirkungen des Klimawandels.

Projekt abgeschlossen (Bearbeitung 2020)

Operatives Management der Infrastruktur

Ableitung des Baumbestandes entlang der Schiene

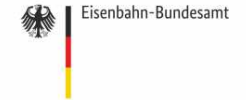
Mehrskalige Bewertung des Gefährdungspotenzials für Sturmwurf (Thüringen)



Operatives Management der Infrastruktur

Sensitivitätsanalyse Vegetation bezüglich Sturmwurfgefahren und Böschungsbränden

Deutsches Zentrum für
Schienenverkehrsforschung beim



© Feuerwehr Köln

Aktuelle Situation:

- extreme Witterungsbedingungen wie langanhaltende Trockenheit oder Stürme können durch den Klimawandel zunehmen -> Erhöhung der Gefährdung von Sturmwurfgefahren und Böschungsbränden

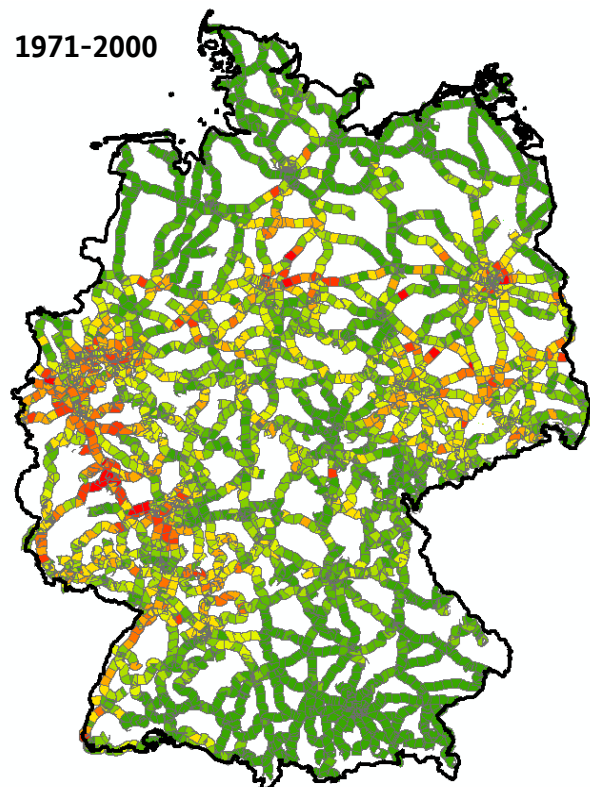
Forschungsziele:

- Ermittlung und Gewichtung der Einflussfaktoren von Vegetationsschäden
- Erstellung von Handlungsempfehlungen für angepasstes Vegetationsmanagement

Projekt abgeschlossen (Bearbeitung 2020-2022)

Operatives Management der Infrastruktur

Sensitivitätsanalyse Vegetation bezüglich Sturmwurfgefahren und Böschungsbränden

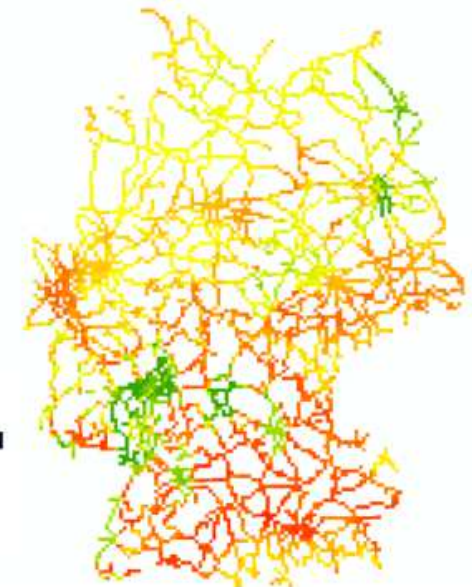


Veränderungsanalyse Brandgefährdung mit Bezugsjahr 2031-2060 (RCP85)

2071-2100 (RCP26)



2071-2100 (RCP85)



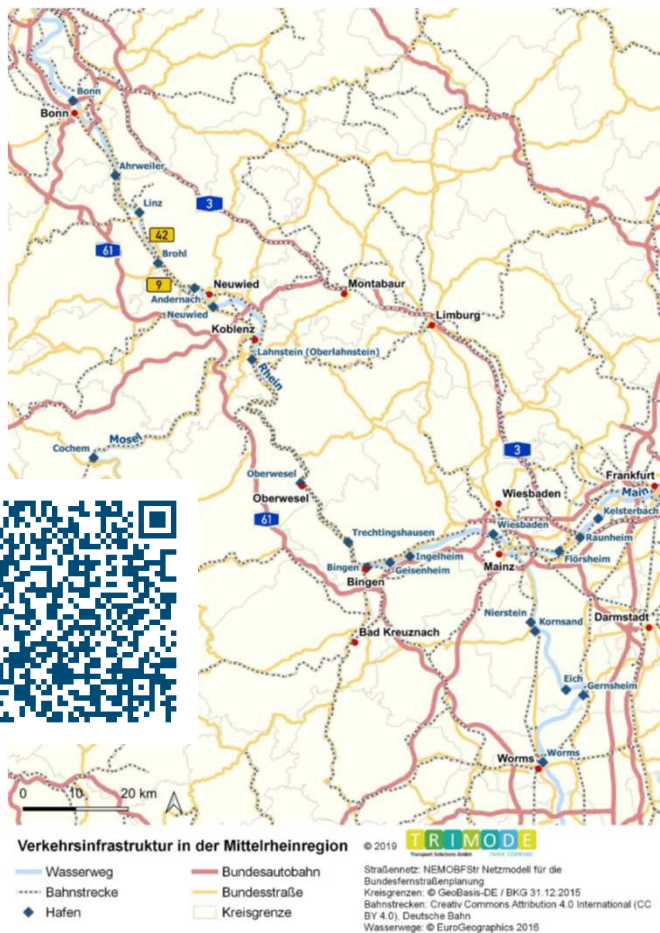
Veränderung
Gefährdungspotenzial



High : > 0,5
0
Low : < -0,5

Operatives Management des Verkehrsbetriebs

Verkehrsträgerübergreifende Stresstestszenarien für die Region „Mittelrhein“














- Untersuchung des Verkehrskorridors Mittelrhein zw. Bingen und Bonn
- Entwicklung von konstruierten Extremszenarien (Stresstest) zur modellhaften Erfassung von bislang unbeobachteten, aber theoretisch möglichen „Stresssituationen“ im Verkehrssystem
- 5 Extremszenarien zu Verkehrsunterbrechungen bzw. -einschränkungen von bislang unbeobachteter Dauer von 21 Tagen bzw. 180 Tagen
- Durchführung von Verkehrsstrommodellierungen zur Ermittlung der verkehrlichen Wirkungen und Abschätzung der verkehrlichen Zusatzkosten infolge der Verkehrsunterbrechungen bzw. -einschränkungen
- vereinfachende Szenarienannahmen: unbegrenzte Verfügbarkeit von Fahrzeugen und entsprechendem Personal

Projekt abgeschlossen (Bearbeitung 2018-2020)

Operatives Management des Verkehrsbetriebs

Verkehrsträgerübergreifende Stresstestszenarien für die Region „Mittelrhein“

Zusammenstellung ausgewählter Ergebnisse der Stresstests Mittelrhein

Szenario	1 – gravitative Massenbewegung (Felssturz Loreley)		2 – Hochwasser Rhein		3 – Niedrigwasser Rhein		4 – Extremereignis Straße	5 – Extremereignis Schiene
	Typ: Sperrung 		Typ: Sperrung 		Typ: Starke Einschränkung 		Typ: Sperrung 	Typ: Sperrung 
Beschreibung des Stresstestszenarios	Strecken: Bundesstraße 42 und Schienenstrecke 3507 (rechtsrheinisch) zwischen St. Goarshausen und Urbar Dauer: 21 Tage		Strecken: Bundesstraße 9, Schienenstrecke 2630 (linksrheinisch) und BWaStr Rhein (inkl. Fähren) im Raum Oberwesel Dauer: 21 Tage		Strecken: Mittelrhein, Raum Oberwesel (Pegel Kaub: 53 cm) Dauer: 180 Tage		Strecke: BAB 3 zwischen Dierdorf und Ransbach-Baumbach Dauer: 180 Tage	Strecke: Moselstrecke 3010 zwischen Koblenz-Güls und Winnigen Dauer: 180 Tage
Bezugsjahr	2010	2030	2010	2030	2010	2030	2030	2030
 betroffene Kfz pro Tag	3.100	2.250	8.900	10.100	—	—	98.000	—
zusätzliche Distanz in km pro Fahrt								
a) Personenverkehr	2	2	13	16	—	—	7	—
b) Güterverkehr	2	2	8	9	—	—	7	—
zusätzlicher Zeitaufwand in Min pro Fahrt								
a) Personenverkehr	5	5	1	2	—	—	7	—
b) Güterverkehr	6	6	6	3	—	—	5	—
Transportausfall in 1000 t pro Tag	0	0	0	0	—	—	0	—
 betroffene Züge pro Tag	194	220	156	253	—	—	—	131
betroffene Personen pro Tag*	687	822	13 600	19 400	—	—	—	6 027
zusätzliche Reisezeit in Min. pro Personenfahrt**	40	40	45	45	—	—	—	30
betroffene Gütermengen in 1000 t pro Tag	75	95	36	87	—	—	—	40
Transportausfall in								
a) Zügen pro Tag	12	59	6	25	—	—	—	10
b) 1000 t pro Tag	7.6	32	4	15	—	—	—	5.4
 betroffene Gütermenge in 1000 t pro Tag	—	—	134	176	204	255	—	—
Transportausfall in 1000 t pro Tag	—	—	134	176	137	182	—	—
Verlagerung auf (zus. Gütermenge in 1000 t pro Tag)								
	3.6	27.2	66	87	13.1	15.8	0	4.3
	0	0	71	100	124	166	0	0
	4	4.7	0	0	0	0	0	1
Verkehrliche Kosten in €								
a) für die gesamte Ereignisdauer	2.310.000	14.154.000	39.900.000	51.681.000	301.500.000	255.240.000	87.480.000	25.020.000
b) pro Ereignistag	110.000	674.000	1.900.000	2.461.000	1.675.000	1.418.000	486.000	139.000

*Im Nah- und Fernverkehr; **Im Nahverkehr. Der Mehraufwand im Fernverkehr ist geringer.

Zusammenfassung

Regulatorische Ansätze

- Überblick über ausgewählte Regelwerke, die an die Folgen des Klimawandels angepasst werden müssen
- Die Herausforderung ist die Umsetzung dieser Änderungen

Informatorische Ansätze

- Nutzung der bundesweiten Gefahrenhinweiskarte für Hochwasser und Hangrutschungen im Rahmen der Feststellung der UVP-Pflicht
- Aktualisierung und Erweiterung dieser Karten um weitere Gefährdungen

Ingenieurtechnische Ansätze

- Bisher keine speziellen baulichen Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel

Operatives Management der Infrastruktur

- Empfehlungen zur Anpassung des Vegetationsmanagements

Operatives Management des Verkehrsbetriebs

- Simulation von Verkehrsträger- und Streckenverlagerungen aufgrund klimabedingter Streckenausfälle

Starkregenereignis 2021 - Erarbeitung eines Fahrplans zur Steigerung der Resilienz der Schieneninfrastruktur gegenüber Starkregen

Deutsches Zentrum für
Schienenverkehrsforschung beim



Forschungsprojekt zur Steigerung der Resilienz des Verkehrsträgers Schiene gegenüber der Naturgefahr Starkregen

Forschungsziele:

- Untersuchungen zum Ausmaß und Management von historischen Starkregenereignissen sowie von Ereignissen der nahen Vergangenheit
- Anwendernahe Untersuchungen der derzeitigen nationalen sowie internationalen Praxis
- Ableitung eines Maßnahmenkatalogs zur Stärkung der Resilienz des Schienenverkehrs gegenüber Starkregen
- Fahrplan für den zukünftigen Forschungs- und Umsetzungsbedarf

Dauer: 24 Monate, Start ~11/2022

in Vergabe!



Auswirkungen von Schneefall und Frost auf den deutschen Schienenverkehr: Folgen und Handlungsbedarf - heute und in Zukunft

Deutsches Zentrum für
Schienenverkehrsforschung beim



Forschungsprojekt zur Steigerung der Resilienz des Verkehrsträgers Schiene gegenüber der Naturgefahr Schneefall und Frost

Forschungsziele:

- Grundlagenforschung zur Risikoanalyse von Schneefall und Frost für den Schienenverkehr
- Ableitung und Bewertung notwendiger Handlungsmaßnahmen für den deutschen Schienenverkehr
- Kosten-Nutzen-Analyse für die potentielle Umsetzung von Maßnahmen zur Anpassung an die zukünftigen Risiken durch Schnee und Frost in einer Fallstudie

Dauer: 24 Monate, Start ~12/2022

**Deutsches Zentrum für
Schienenverkehrsforschung beim**



Eisenbahn-Bundesamt

Dresden | Bonn

Kontakt

Carina Herrmann

+49 (0)351 47931 – 134
herrmannc@dzsf.bund.de
forschung@dzsf.bund.de
www.dzsf.bund.de