

Deutsches Zentrum für
Schienenverkehrsforschung beim



Eisenbahn-Bundesamt

Klimaresilienz des Schienenverkehrs – Forschungsaktivitäten und –ansätze am Deutschen Zentrum für Schienenverkehrsforschung

Dr. Sonja Szymczak

**Fachtagung Umweltschutz in Projekten,
16./17.1.2024, Fulda**

März 2021: Felssturz bei Kestert

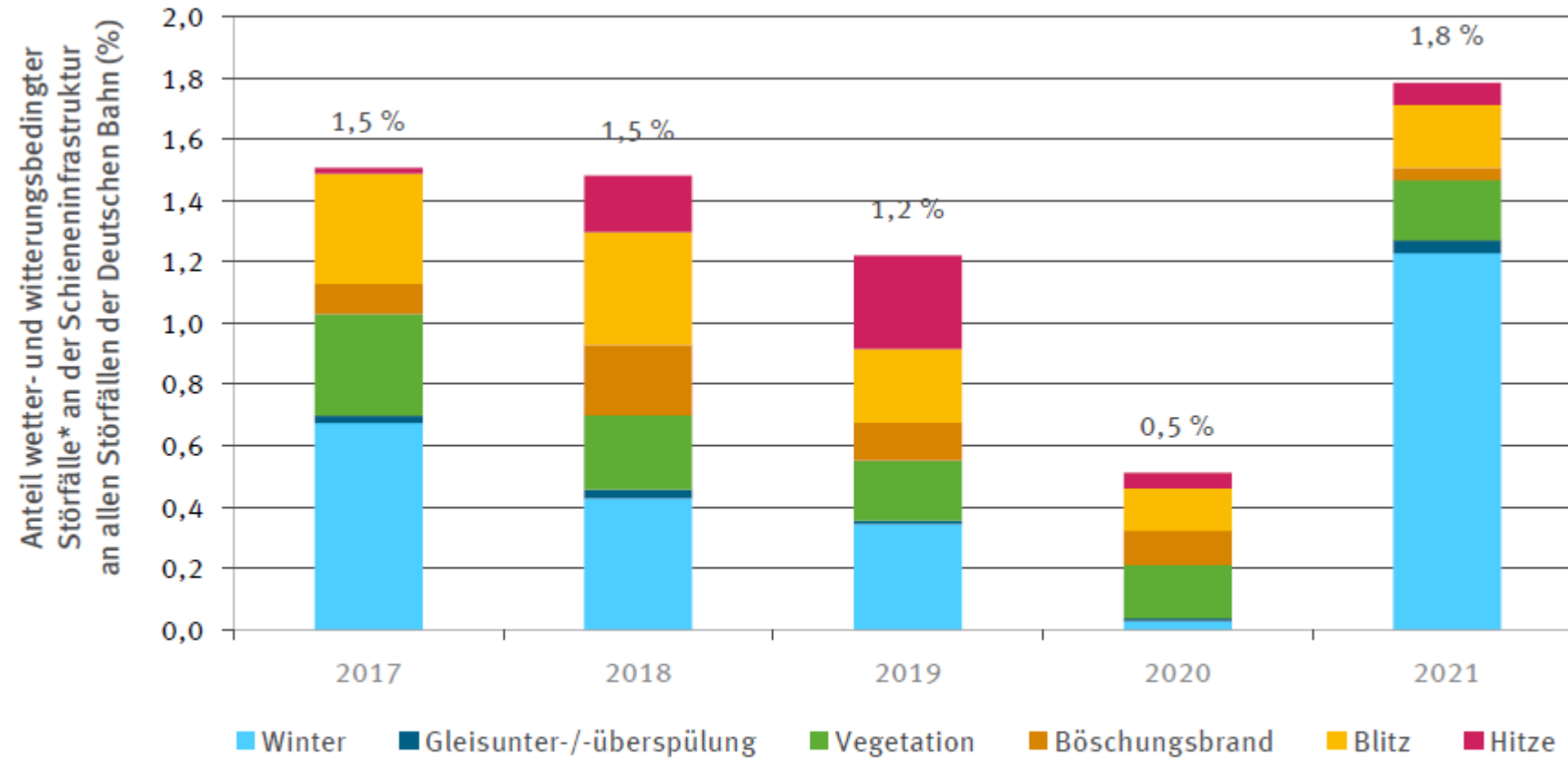


Juli 2021: Sturzfluten in NRW/RLP



Dezember 2023: Wintereinbruch in BAY





*Störfall, der eindeutig einer der Ursachenkategorien „Blitz“, „Hitze“, „Böschungsbrand“, „Vegetation“, „Winter“ sowie „Gleisunter-/überspülung“ zugeordnet ist

Datenquelle: DB Netz AG (Störfall-Datenbank)

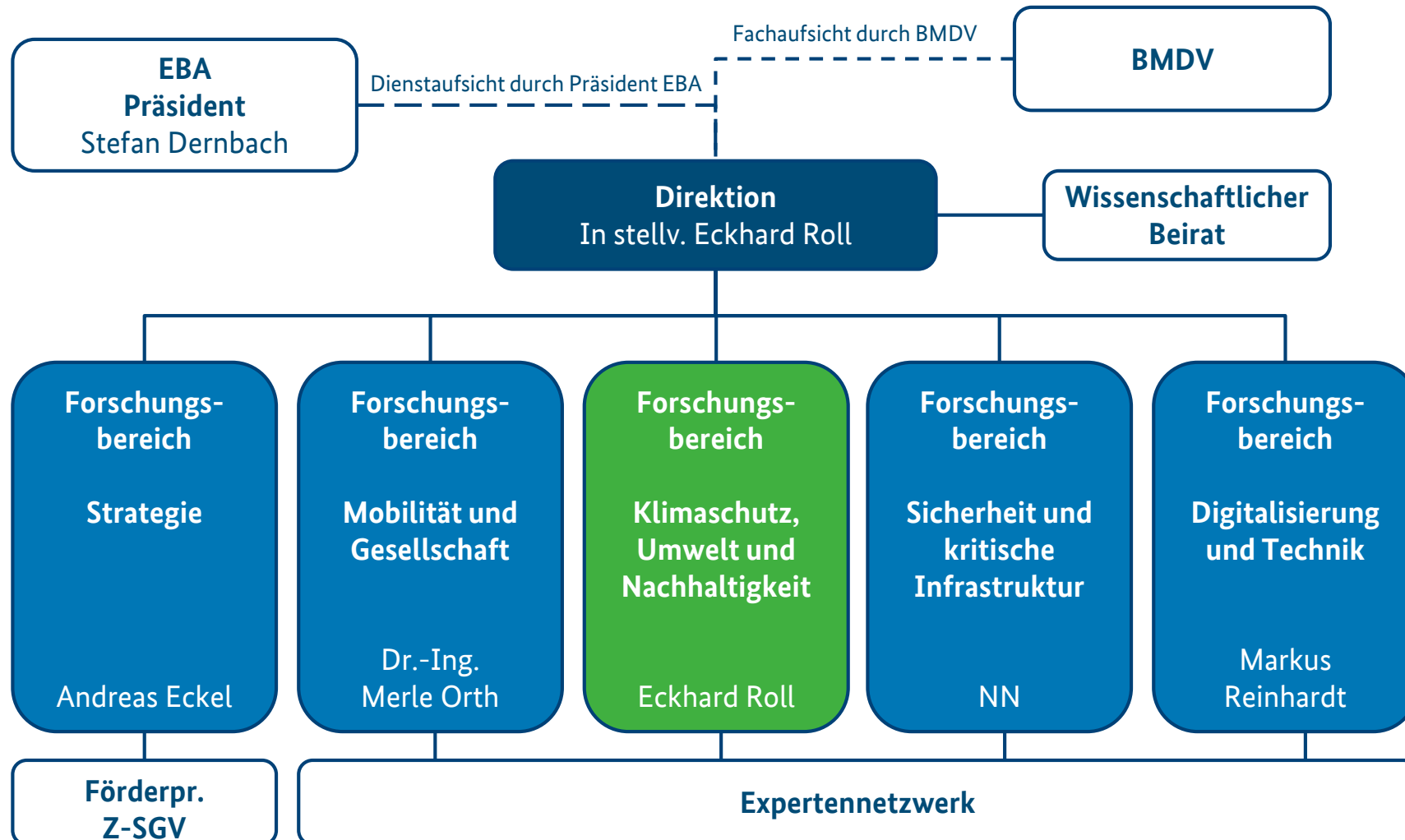
UBA (2023)

Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt (DZSF)

- Ressortforschungseinrichtung des Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) für den Verkehrsträger Schiene
- Eigenständiges Bundesinstitut beim Eisenbahn-Bundesamt (EBA)
- Instrumente der Auftragsforschung, Antragsforschung und Eigenforschung
- Gegründet im Mai 2019, Dienstsitze in Dresden und Bonn
- Ca. 70 Mitarbeitende in 5 Forschungsbereichen



Unsere Aufbauorganisation





- Wichtiger Baustein der Ressortforschung des BMDV
- Gegründet 2016
- Zusammenschluss von sieben Ressortforschungseinrichtungen und Fachbehörden
- Ziele:
 - Intensivere Vernetzung der Behörden
 - Generieren von anwendungsorientierten Forschungsergebnissen für die Praxis

6 Themenfelder

- **Klimawandelfolgen und Anpassung**
- Umwelt und Verkehr
- Zuverlässige Verkehrsinfrastruktur
- Digitale Technologien
- Erneuerbare Energien
- Verkehrswirtschaftliche Analysen

Resilienz:

Fähigkeit eines Systems, tatsächliche oder potenziell widrige Ereignisse abzuwehren, sich darauf vorzubereiten, sie einzukalkulieren, sie zu verkraften, sich davon zu erholen und sich ihnen immer erfolgreicher anzupassen.

Klimaresilienz:

Die Fähigkeit sozial-ökologischer Systeme, Auswirkungen und Belastungen des Klimawandels abzumildern und sich von ihnen zu erholen.

Resilienz:
Fähigkeit eines Systems, tatsächliche oder potenziell widrige Ereignisse abzuwehren, sich darauf vorzubereiten, sie einzukalkulieren, sie zu verkraften, sich davon zu erholen und sich ihnen immer erfolgreicher anzupassen.

Klimaresilienz:
Die Fähigkeit sozial-ökologischer Systeme, Auswirkungen und Belastungen des Klimawandels abzumildern und sich von ihnen zu erholen.



Strategie:

1. Bahnspezifische Zusammenstellung wetter- und witterungsbedingter Schäden
2. Berücksichtigung potentieller Auswirkungen des Klimawandels
3. Ableitung von Handlungsempfehlungen und Anpassungsoptionen

Klimatische Einflüsse und Klimawirkungen

Massenbewegungen



Hochwasser



Starkregen



Sturmwurf



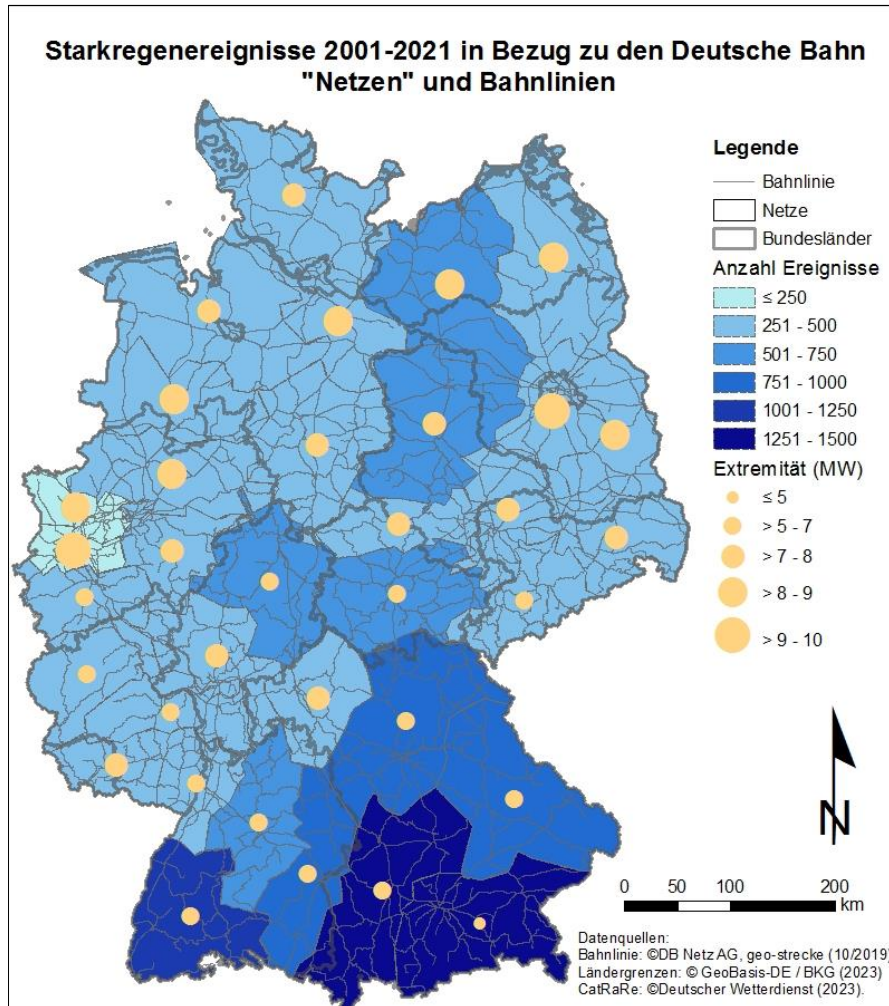
Böschungsbrände



Schnee/Frost

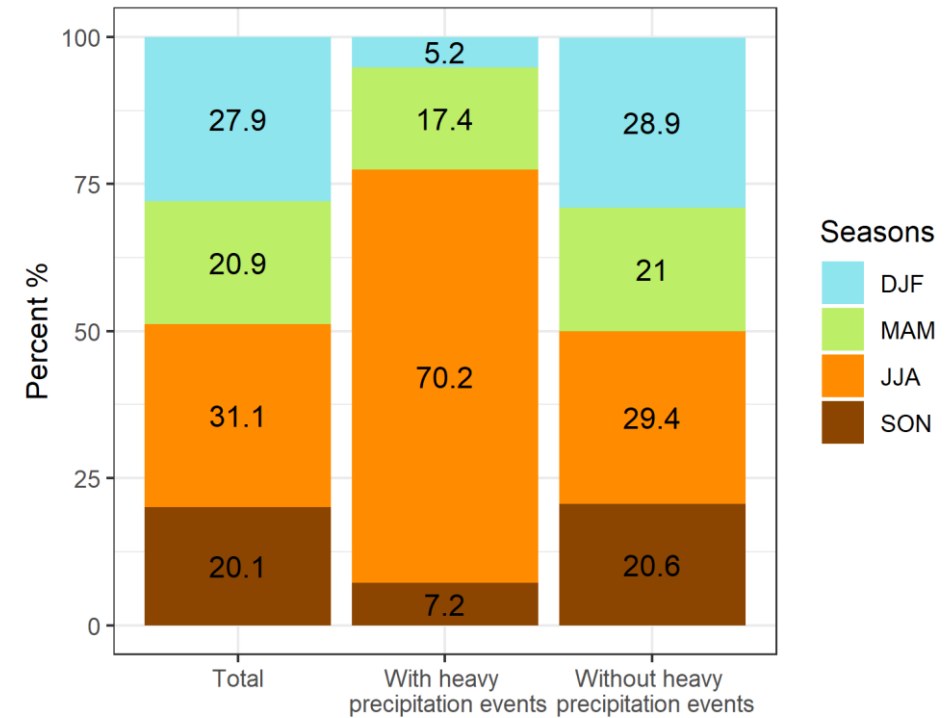


Auslösende klimatische Faktoren: Beispiel Starkregen



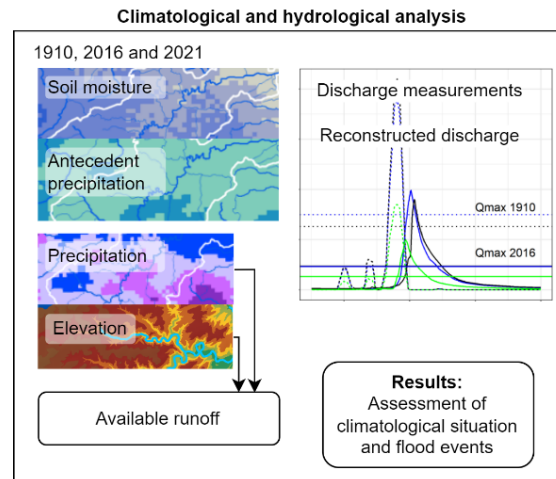
Bott et al. (2023)

Saisonale Verteilung der Ereignisdaten aus der DB Schadensdatenbank (Hochwasser, gravitative Massenbewegungen, Baumstürze) mit und ohne ein vorheriges Starkregenereignis

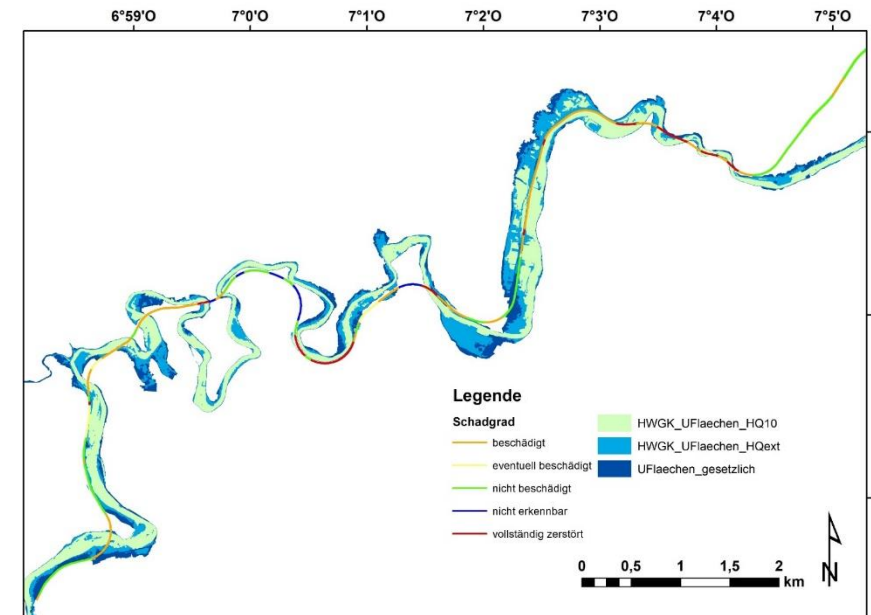
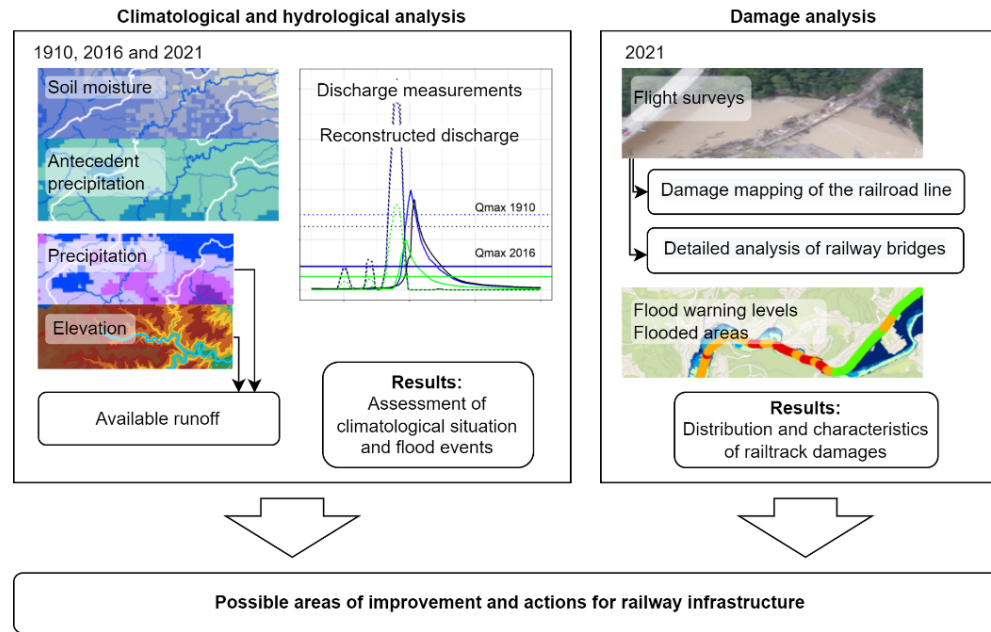


Szymczak et al. (2023)

Detailanalysen vergangener Ereignisse: Beispiel Starkregen



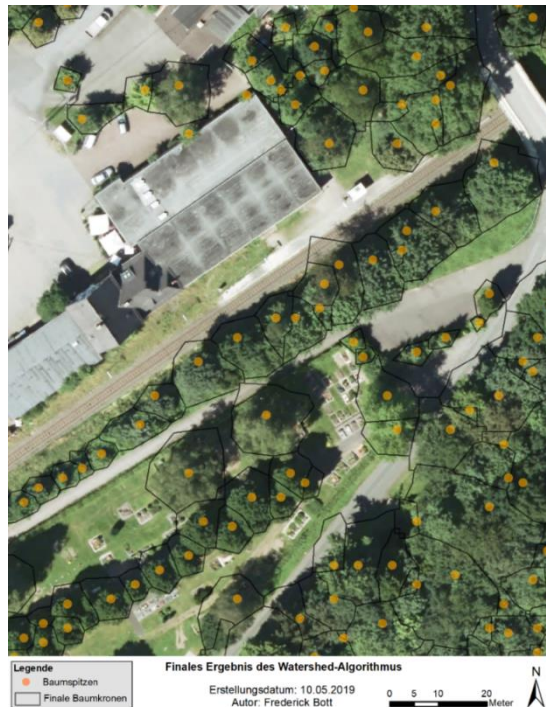
Detailanalysen vergangener Ereignisse: Beispiel Starkregen



Szymczak et al. (2022)

Prozessverständnis: Beispiel Sturmwurf

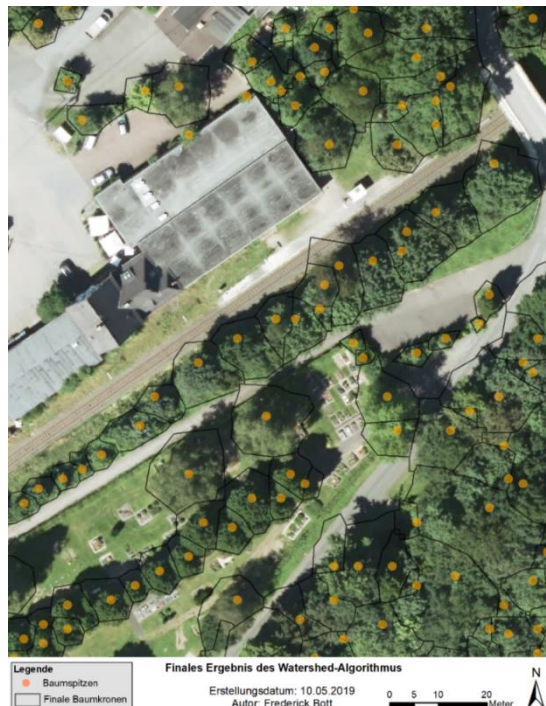
Identifizierung von Einzelbäumen entlang des Schienennetzes



DZSF (2021)

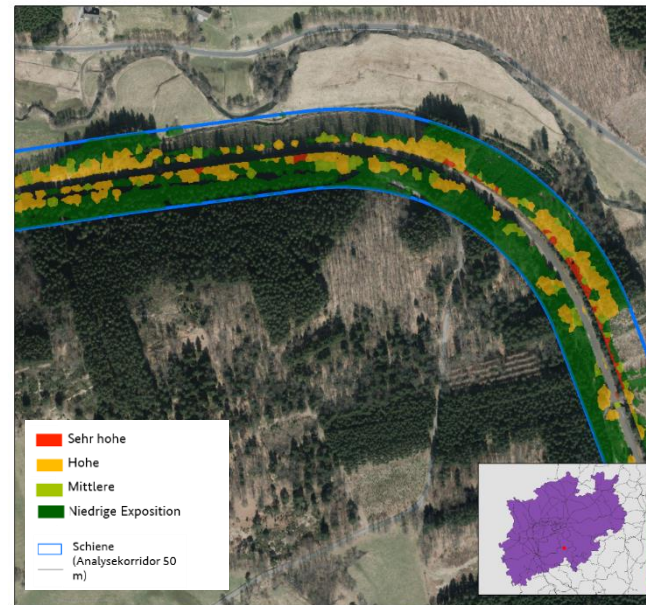
Prozessverständnis: Beispiel Sturmwurf

Identifizierung von
Einzelbäumen entlang
des Schienennetzes



DZSF (2021)

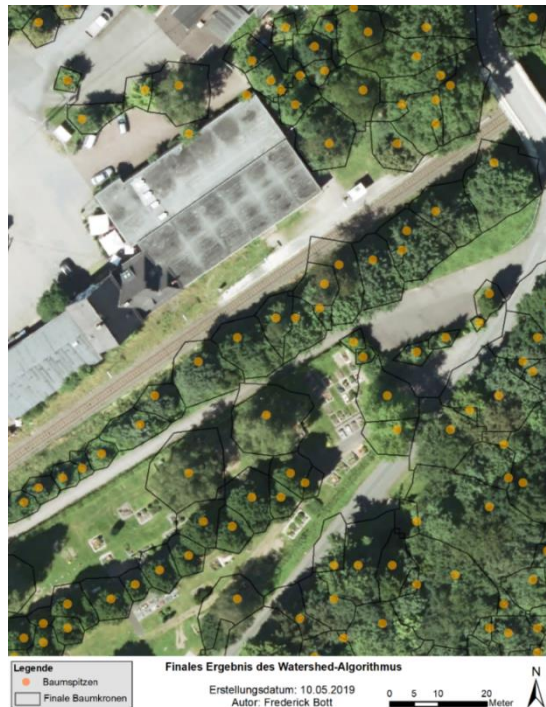
Ermittlung der Exposition
gegenüber
Baumsturzereignissen



DZSF (2021), Szymczak et al. (2022)

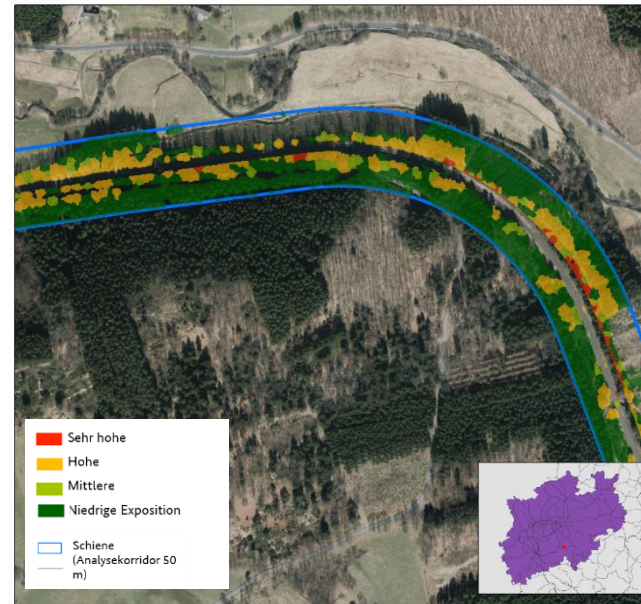
Prozessverständnis: Beispiel Sturmwurf

Identifizierung von Einzelbäumen entlang des Schienennetzes



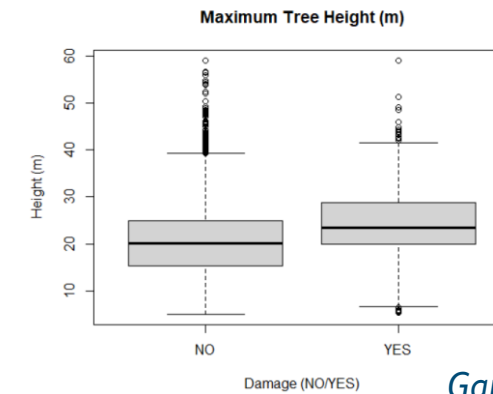
DZSF (2021)

Ermittlung der Exposition gegenüber Baumsturzereignissen

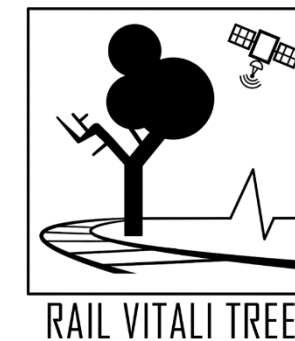


DZSF (2021), Szymczak et al. (2022)

Detaillierte Analysen einzelner Faktoren, die das Baumsturzrisiko verringern/erhöhen



Gardiner et al. (2024)



Detaillierte Betrachtung der Baumvitalität im mFUND-Forschungsprojekt RailVitaliTree

Analyse vergangener Ereignisse
Prozessverständnis

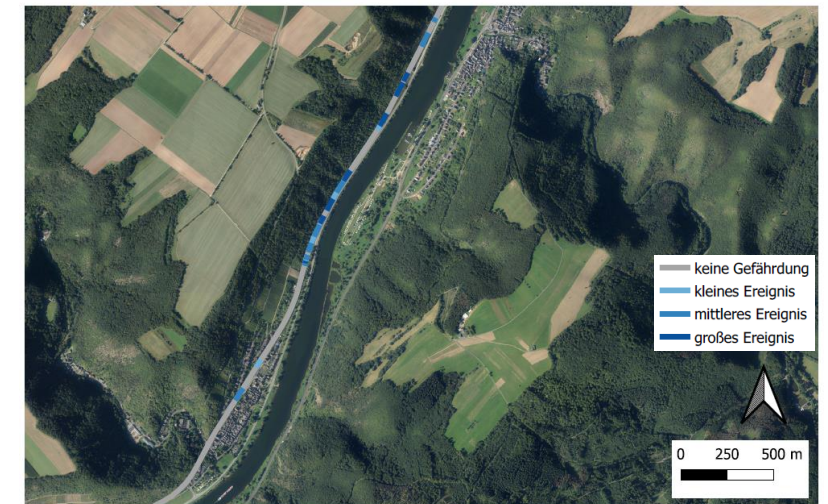
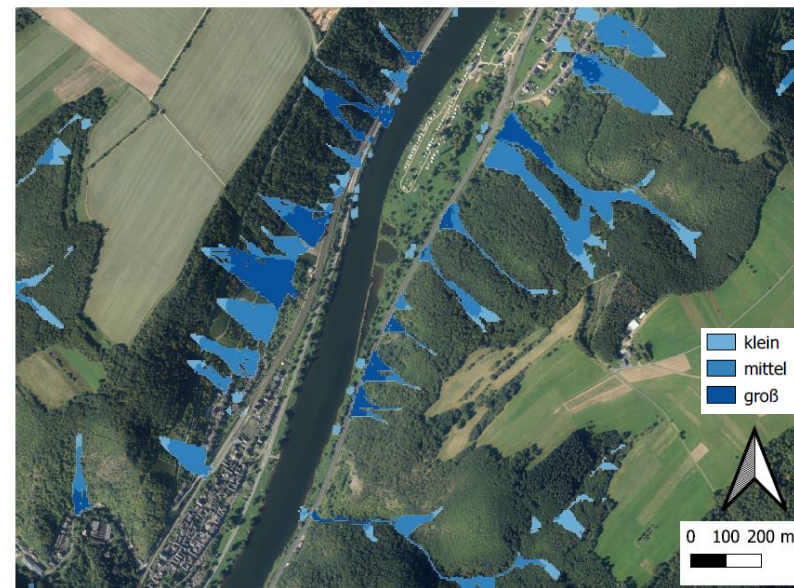
Modellierungen
Simulationen

Gefahrenhinweiskarten



© Szymczak

Beispiel Murgänge



DZSF (in press)

Gefahrenhinweiskarten

Massenbewegungen



Hangrutschungen:
bundesweit
vorhanden und
veröffentlicht

Hangmuren und
Murgänge:
bundesweit
vorhanden,
Veröffentlichung in
Arbeit

Hochwasser



bundesweit
vorhanden und
veröffentlicht

Starkregen



bundesweit in Arbeit
(Fertigstellung
voraussichtlich 2025)

Sturmwurf



vorhanden und
veröffentlicht für
NRW und TH,
bundesweit in Arbeit
(voraussichtlich
Mitte 2024)

Böschungsbrände



bundesweit
vorhanden und
veröffentlicht

Schnee/Frost

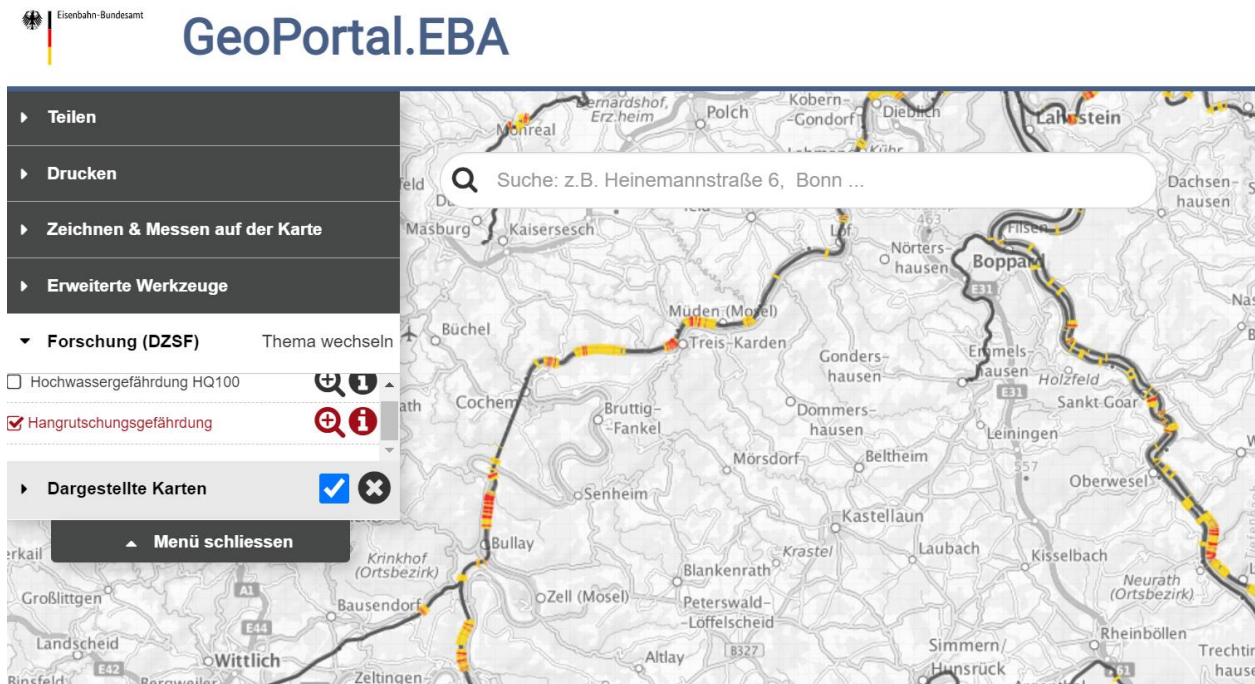


bundesweit in Arbeit
(Fertigstellung
voraussichtlich Ende
2024)

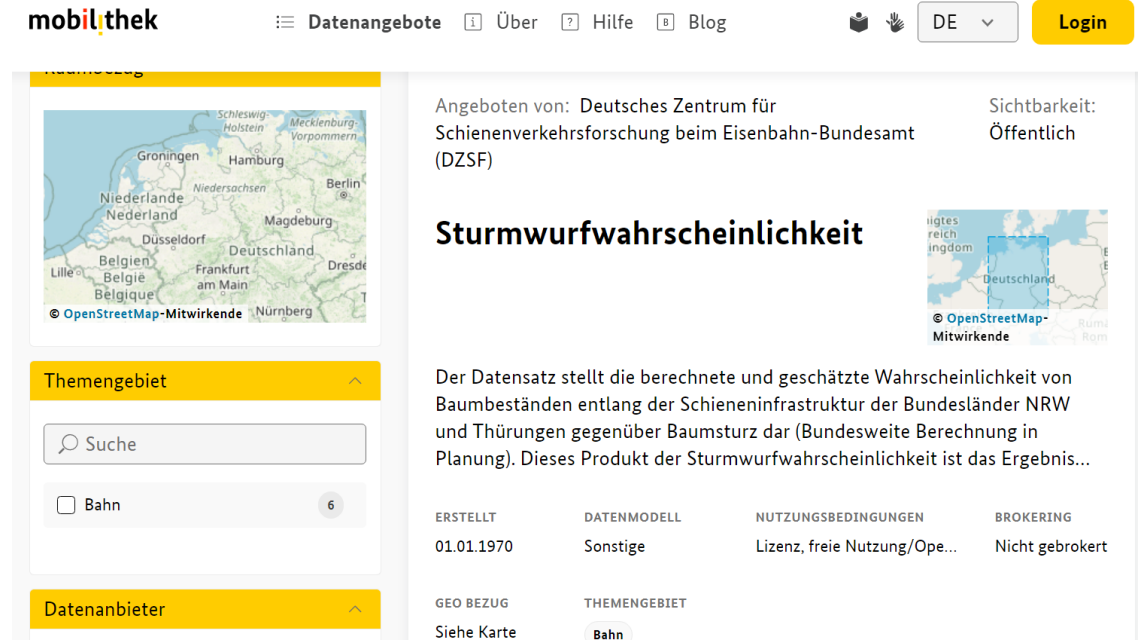
Gefahrenhinweiskarten

GeoPortal Eisenbahn Bundesamt:
<https://geoportal.eisenbahn-bundesamt.de/>

Mobilthek:
<https://mobilthek.info/>



The screenshot shows the GeoPortal.EBA interface. On the left, there is a dark sidebar menu with options: 'Teilen', 'Drucken', 'Zeichnen & Messen auf der Karte', 'Erweiterte Werkzeuge', 'Forschung (DZSF)' (with a 'Thema wechseln' dropdown), 'Hochwassergefährdung HQ100' (unchecked), 'Hangrutschungsgefährdung' (checked), 'Dargestellte Karten' (with a checkmark and close icon), and 'Menü schließen'. The main area is a map of the Boppard region in Germany, with a search bar at the top containing 'Suche: z.B. Heinemannstraße 6, Bonn ...'. The map shows a railway line highlighted in yellow and red, indicating hazard zones.



The screenshot shows the mobilthek interface. At the top, there is a navigation bar with 'mobilthek' logo, 'Datenangebote', 'Über', 'Hilfe', and 'Blog'. On the right, there are icons for user profile, a language dropdown set to 'DE', and a 'Login' button. The main content area features a map of Central Europe with a red box highlighting the region of interest. Below the map, there is a 'Themengebiet' section with a search bar and a 'Bahn' checkbox (checked) with a count of '6'. To the right, there is a metadata table for the dataset 'Sturmwurfwahrscheinlichkeit'.

ERSTELLT	DATENMODELL	NUTZUNGSBEDINGUNGEN	BROKERING
01.01.1970	Sonstige	Lizenz, freie Nutzung/Ope...	Nicht gebrokt

GEO BEZUG	THEMENGEBIET
Siehe Karte	Bahn

Berücksichtigung potentieller Auswirkungen des Klimawandels

Hitze

Trends

Heiße Tage
Sommertage
Tropennächte



Kälte

Trends

Eistage
Frosttage



Starkregen

Trends

Starkregentage



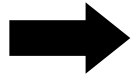
Intensität lokaler
Ereignisse



Sturm

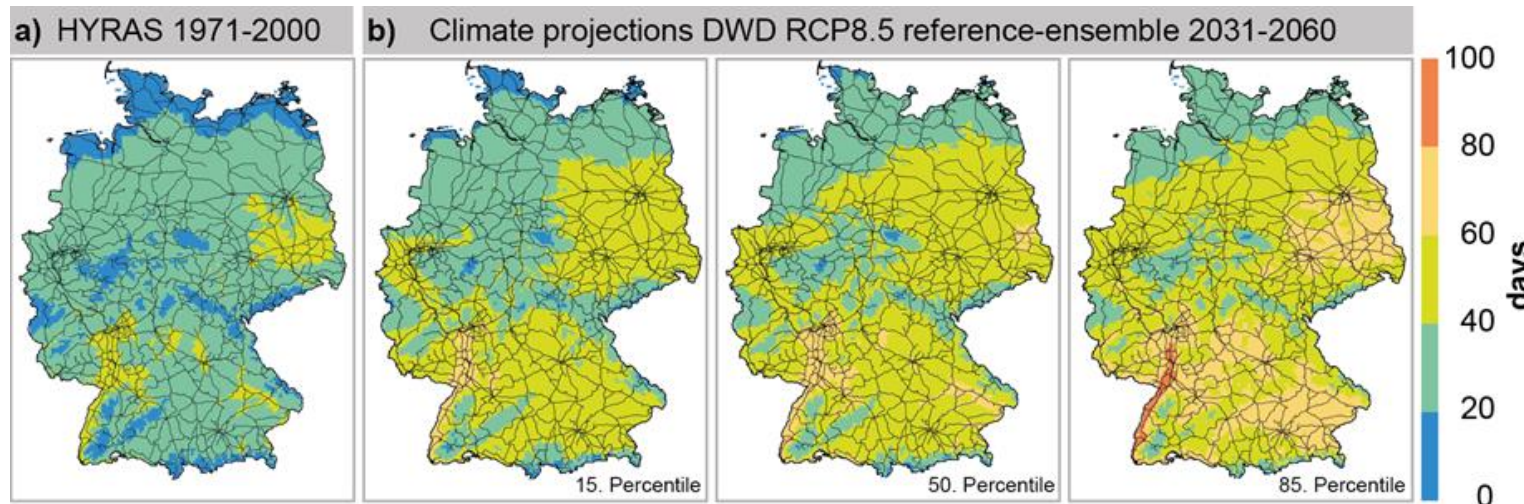
Trends

Sturmtage



Berücksichtigung potentieller Auswirkungen des Klimawandels

Hitze	Kälte	Starkregen	Sturm
<p><i>Trends</i></p> <p>Heiße Tage Sommertage Tropennächte</p> <p style="text-align: right;">↑</p>	<p><i>Trends</i></p> <p>Eistage Frosttage</p> <p style="text-align: right;">↓</p>	<p><i>Trends</i></p> <p>Starkregentage</p> <p style="text-align: right;">→</p> <p>Intensität lokaler Ereignisse</p> <p style="text-align: right;">↑</p>	<p><i>Trends</i></p> <p>Sturmtage</p> <p style="text-align: right;">→</p>



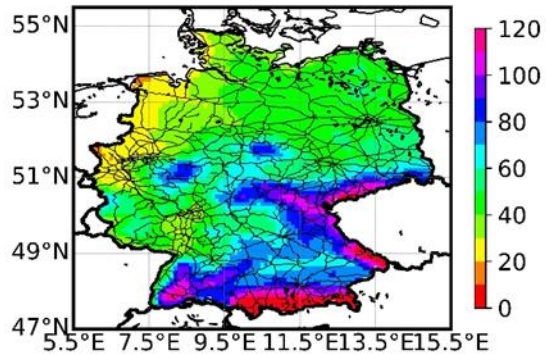
Anzahl der Sommertage (Tage mit Maximumtemperatur $\geq 25^{\circ}\text{C}$) heute und in Zukunft

Szymczak et al. (2023)

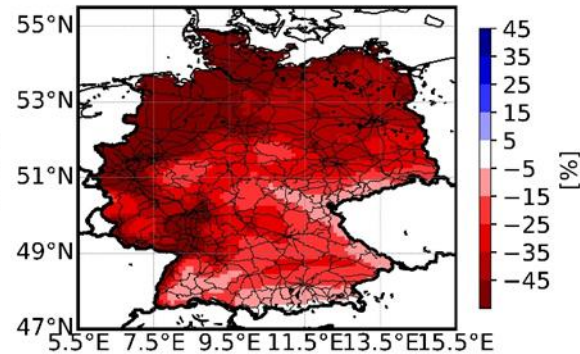
Berücksichtigung potentieller Auswirkungen des Klimawandels

Klimaindikatoren zur Evaluierung des Gefährdungspotentials durch Schnee und Frost, z.B.:

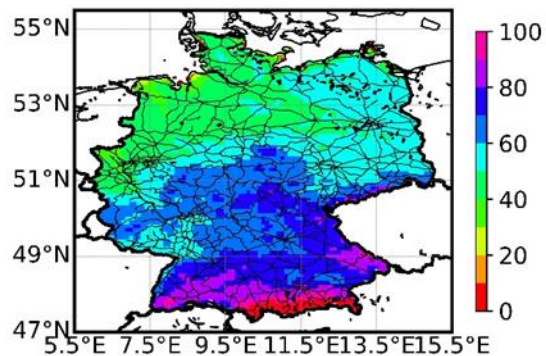
Jährliche Anzahl Schneedeckentage
Referenzperiode 1991-2020



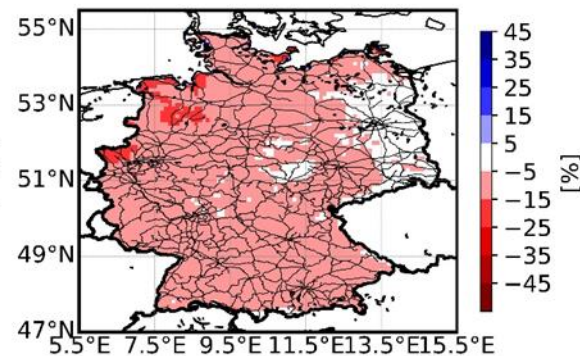
Jährliche Anzahl Schneedeckentage
Differenz 1991-2020 minus 1961-1990



Jährliche Anzahl Wechselfrosttage
Referenzperiode 1991-2020



Jährliche Anzahl Wechselfrosttage
Differenz 1991-2020 minus 1961-1990

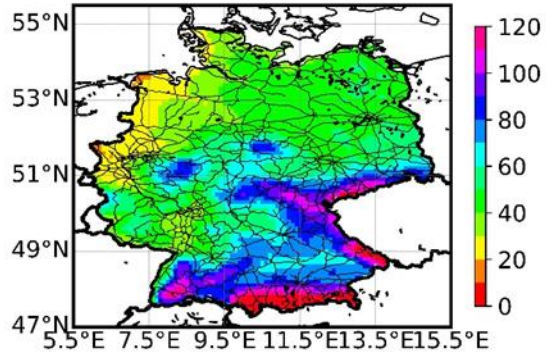


(2. Zwischenbericht Projekt Schnee & Frost (unveröffentlicht))

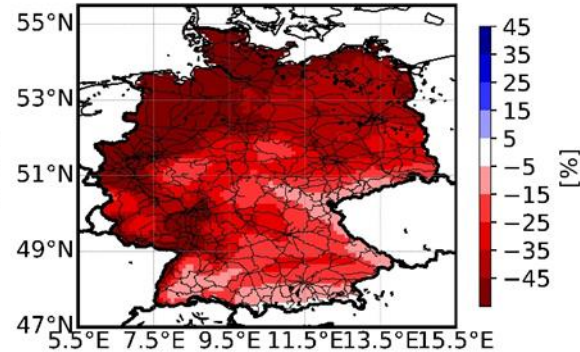
Berücksichtigung potentieller Auswirkungen des Klimawandels

Klimaindikatoren zur Evaluierung des Gefährdungspotentials durch Schnee und Frost, z.B.:

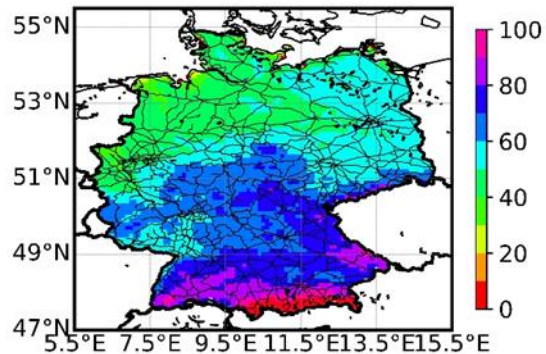
Jährliche Anzahl Schneedeckentage
Referenzperiode 1991-2020



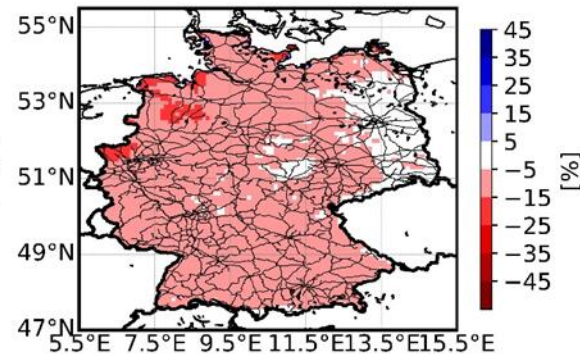
Jährliche Anzahl Schneedeckentage
Differenz 1991-2020 minus 1961-1990



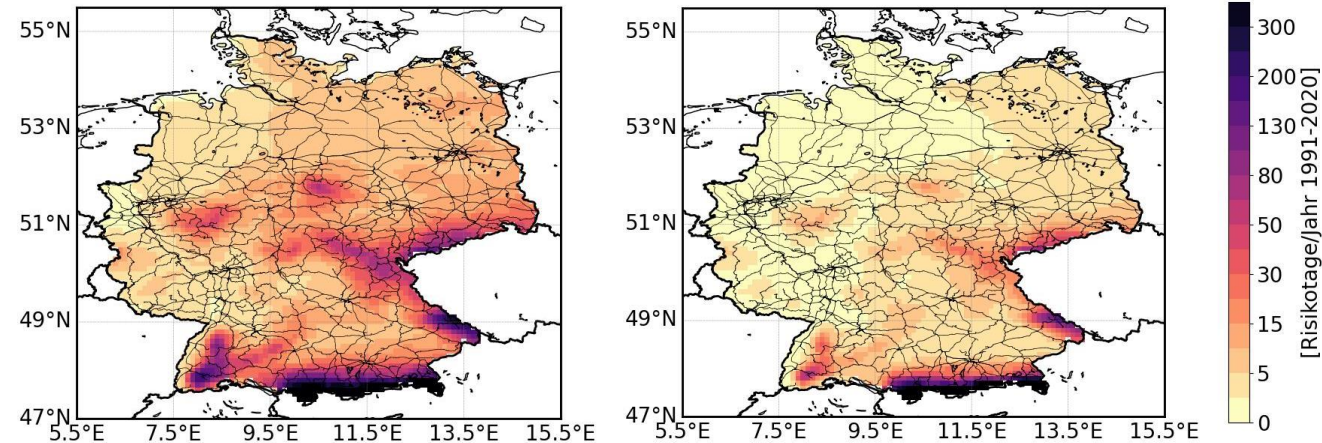
Jährliche Anzahl Wechselfrosttage
Referenzperiode 1991-2020



Jährliche Anzahl Wechselfrosttage
Differenz 1991-2020 minus 1961-1990



Risikomodellierung für verschiedene Zeiträume

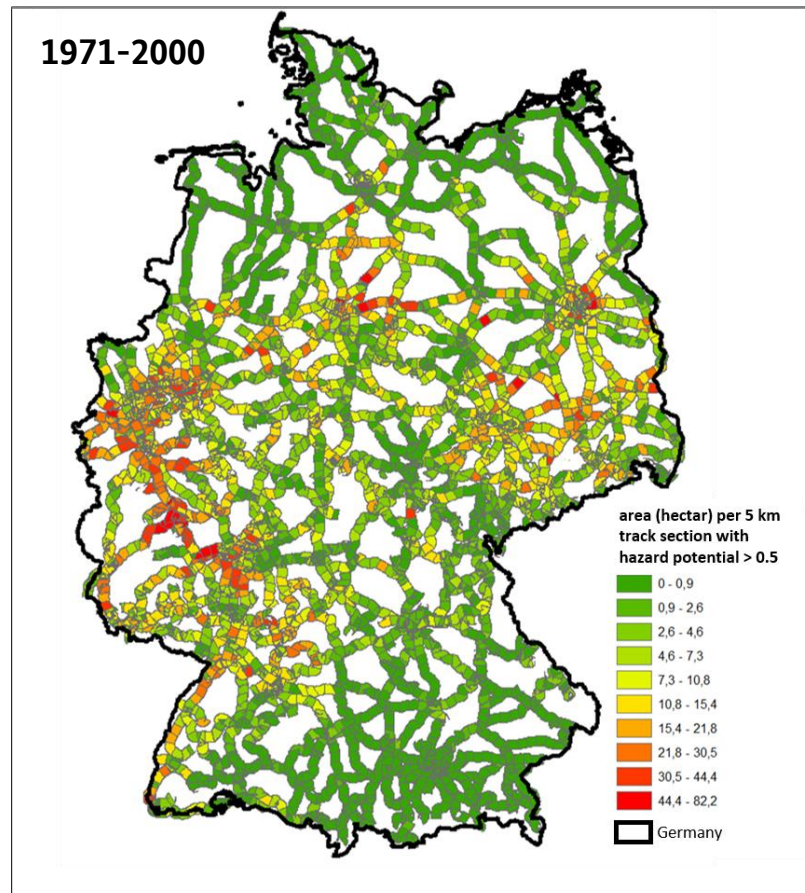


Anzahl der Tage mit erkanntem Ausfallrisiko wegen Schnee und Eis, Summe über alle Störungsereignisse Referenzperiode 1961-1990 (links) und 1991-2020 (rechts)

(2. Zwischenbericht Projekt Schnee & Frost (unveröffentlicht))

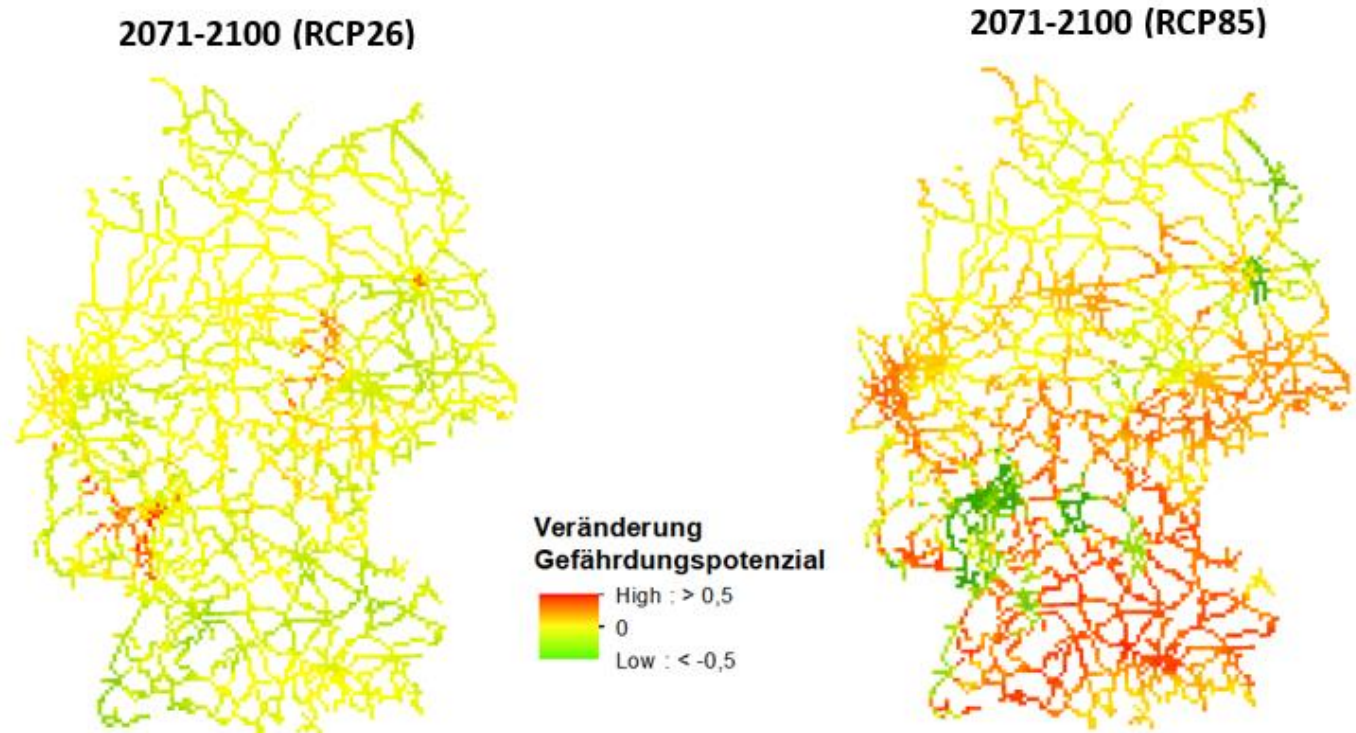
Berücksichtigung potentieller Auswirkungen des Klimawandels

Böschungsbrandrisiko „heute“



Böschungsbrandrisiko in Zukunft

Veränderungsanalyse Brandgefährdung mit Bezugsjahr 2031-2060 (RCP85)



DZSF (2023)

Angepasstes Vegetationsmanagement für Böschungsbrand und Sturmwurf

Eignung Sturmwurfgefahr	Leitbild	Eignung Böschungsbrand
Geeignet	Offenland	Bedingt geeignet An trockenen Standorten nur bei regelmäßiger Pflege (Mahd mit Entnahme der Biomasse)
Geeignet	Sträucher / Feldgehölze	Bedingt geeignet An trockenen Standorten nur bei regelmäßiger Pflege lichter Bereiche (Mahd der Bodenvegetation mit Entnahme der Biomasse & Beseitigung trockener Zweige/Äste/Sträucher)
Geeignet	Niederwald/Mittelwald	Geeignet Bei Verwendung von Gehölzen, die nur durch Stockausschlag gekennzeichnet sind ist nach Rückschnitt bis Kronenschluss ggf. Pflege der Bodenvegetation im Zwischenraum notwendig
Weniger geeignet	Hochwald	Geeignet Bei Laub-/Mischwald

DZSF (2023)

Beispiel Auswirkungen des Starkregenereignisses 2021 auf die Ahrtalbahn:

- Berücksichtigung historischer Wasserstände bei der Erstellung von Hochwassergefahrenkarten
- Eisenbahnbrücken widerstandsfähiger gegen Hochwasserereignisse bauen
 - Schlankere Brückenstrukturen
 - Pfeiler außerhalb des Flussbetts
- Anpassung der Dimensionen von Durchläsen und Bahndämmen an den Klimawandel



Forschung im Bereich Klimaresilienz am DZSF

- liefert wissenschaftlich fundierte Grundlagen zum besseren Prozessverständnis klimatisch bedingter Einflüsse und verschiedener Klimawirkungen auf den Schienenverkehr
- berücksichtigt Aspekte des Klimawandels
- verbreitet die Forschungsergebnisse in der wissenschaftlichen Community und bei Praxisakteuren
- Entscheidungshilfen für Anpassungsoptionen und Handlungsempfehlungen

Forschung im Bereich Klimaresilienz am DZSF

- liefert wissenschaftlich fundierte Grundlagen zum besseren Prozessverständnis klimatisch bedingter Einflüsse und verschiedener Klimawirkungen auf den Schienenverkehr
- berücksichtigt Aspekte des Klimawandels
- verbreitet die Forschungsergebnisse in der wissenschaftlichen Community und bei Praxisakteuren
- Entscheidungshilfen für Anpassungsoptionen und Handlungsempfehlungen



Erwähnte Forschungsprojekte:

- Ableitung des Baumbestandes entlang des deutschen Schienennetzes (abgeschlossen)
- Sensitivitätsanalyse Vegetation entlang der Bundesverkehrswege bezüglich Sturmwurfgefahren und Böschungsbränden (abgeschlossen)
- Analyse zu schnellen wasserhaltigen Massenbewegungen: Bundesweite Untersuchungen zur Exposition des deutschen Schienennetzes und Modellierungen der räumlichen Ausbreitung (abgeschlossen)
- Hinweiskarten Starkregengefahren (BKG-Projekt, laufend)
- Starkregenereignis 2021 – Erarbeitung eines Fahrplans zur Steigerung der Resilienz der Schieneninfrastruktur gegenüber Starkregen (laufend)
- Auswirkungen von Schneefall und Frost auf den deutschen Schienenverkehr: Folgen und Handlungsbedarf – heute und in Zukunft (laufend)
- RailVitaliTree – Baumvitalitätsmonitoring und Modellierung trockenheitsbedingter Risiken entlang von Schienenwegen mit Fernerkundung und Dendroökologie (gefördert durch: mFUND, laufend)

Literatur:

- Szymczak, S., Bott, F., Babeck, P., Frick, A., Stöckigt, B., Wagner, K. (2022): Estimating the risk of tree fall along railway lines: a new GIS-tool. *Natural Hazards*, doi: 10.1007/s11069-022-05263-5.
- Szymczak, S., Backendorf, F., Bott, F., Fricke, K., Junghänel, T., Walawender, E. (2022): Impacts of Heavy and Persistent Precipitation on Railroad Infrastructure in July 2021: A Case Study from the Ahr Valley, Rhineland-Palatinate, Germany. *Atmosphere*, 13, 1118, doi: 10.3390/atmos13071118.
- Bott, F., Szymczak, S., Fricke, K. (2023): Auswirkungen von Starkregenereignissen auf den Schienenverkehr. *Eisenbahn-Ingenieur*, September 2023, 48-52.
- Szymczak, S., Backendorf, F., Blauhut, V., Bott, F., Fricke, K., Herrmann, C., Klippel, L., Walter, A. (2023): Heat and Drought Induced Impacts on the German Railway Network. *Transportation Research Procedia*, 72, 696-703.
- Gardiner, B., Lorenz, R., Hanewinkel, M., Schmitz, B., Bott, F., Szymczak, S., Frick, A., Ulbrich, U. (2024): Predicting the Risk of Tree Fall onto Railway Lines. *Forest Ecology and Management*, 553, 121614, doi: 10.1016/j.foreco.2023.121614.
- Szymczak, S., Bott, F., Fabella, V.M., Fricke, K. (2023): Are heavy rainfall events a major trigger of associated natural hazards along the German rail network? *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, doi: 10.5194/nhess-2023-196.

Deutsches Zentrum für
Schienenverkehrsforschung beim



Eisenbahn-Bundesamt

Dresden | Bonn

Kontakt

Dr. Sonja Szymczak

+49 (0)351 47931 - 0

forschung@dzsf.bund.de

www.dzsf.bund.de