



# **Klimawirkungsanalysen: Grundlage für Anpassungs- maßnahmen bei Planung und Bau**

Fachtagung „Umweltschutz in Projekten der DB InfraGO“  
Themenblock: Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel

DB Strategie & Reporting Nachhaltigkeit und Umwelt | GUU | Dr. Michael Below

16. und 17.01.2024 | Fulda

# Hintergrund

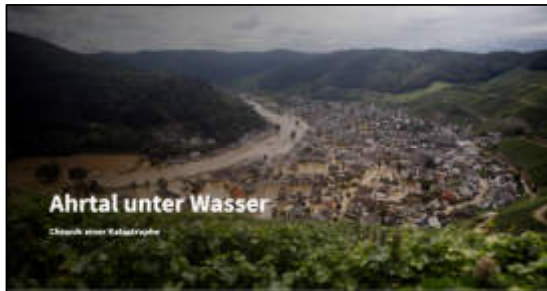
---

- Extremwetter-Ereignisse und Entwicklung Schadenskosten
- Studie des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung
- DB-Aktivitäten

# Häufung von Extremwetter-Ereignissen – alles Klimawandel, oder was?



## Niederschlag



<https://reportage.wdr.de/chronik-ahrtaal-hochwasser-katastrophe>



**Juli 2021**

## Temperatur



<https://www.zeit.de/wissen/2023-07/klimawandel-hitze-europa-usa-studie-imperial-college-london>  
<https://images.tagesschau.de/image/b7e70d2a-237d-4213-8551-1677cc07b9f9/AAABhnQBj4U/AAABibBx4co/original/brand-falkenberg-101.jpg>



**Juli 2022**

## Wind



<https://www.tagesschau.de/inland/gesellschaft/sturmtief-zoltan-auswirkungen-102.html>



**Dezember 2023**

## Niederschlag



[https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/hannover\\_weser-leinegebiet/hochwasser5178\\_v-contentgross.jpg](https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/hannover_weser-leinegebiet/hochwasser5178_v-contentgross.jpg)



**Januar 2024**

**Attributionsforschung** analysiert möglichen Einfluss des (mensch-gemachten) Klimawandels auf extreme Wetterereignisse – Beispiel Kanada (2021):

- Hitzewelle mit Temperaturen bis 49,6 °C – ohne Klimawandel rund 2 °C kühler
- aktuelles Auftreten nur alle 1.000 Jahre – bei globaler Erwärmung von etwa 2 °C alle fünf bis zehn Jahre

<https://www.tagesschau.de/wissen/klima/attributionsforschung-100.html>

# Die Kosten für Schäden aus Extremwetter-Ereignissen sind hoch und nehmen weltweit zu



NATURGEFAHREN

## Naturgefahrenbilanz 2023: 4,9 Milliarden Euro Schäden durch Wetterextreme

Unwetter wie Stürme und Überschwemmungen durch Starkregen führen regelmäßig zu heftigen Schäden an Gebäuden und Autos. Die schwersten Schäden des Jahres 2023 verursachten Sommerunwetter im August.



Flood losses 2018-2022: Only some 15% was insured

Overall losses: US\$ 299bn

Uninsured losses Insured losses

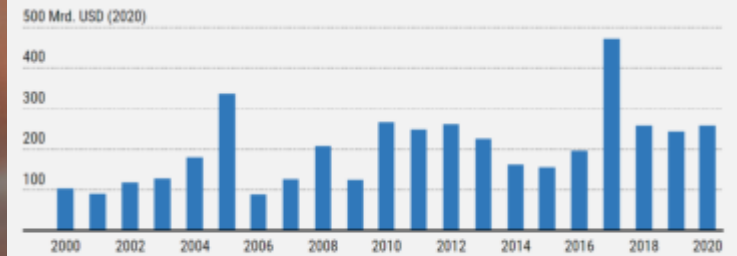


<https://www.munichre.com/en/risks/natural-disasters/floods.html>

Studie von Jarmo S. Kikstra et al. (2021): Je nach Ausprägung des Klimawandels könnten wirtschaftliche Schäden aus den Folgen des Wandels zwischen 6 und 51 Prozent des globalen Bruttoinlandsprodukts bis zum Jahr 2100 ausmachen (Mittelwert: 37 Prozent).

### Zunehmend höhere Kosten

Wetterextreme haben in den letzten 20 Jahren immer höhere Schäden verursacht. Im Schnitt zahlt die Weltgemeinschaft jedes Jahr rund 210 Milliarden US-Dollar für Schäden durch Extremwetter.



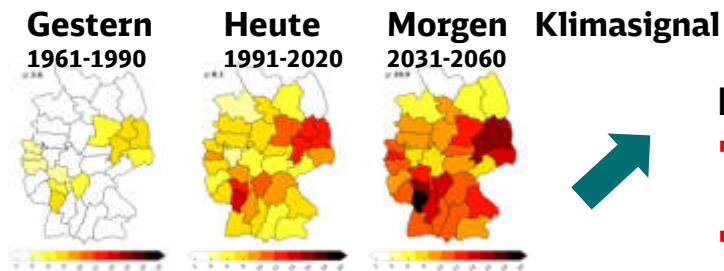
Grafik: Spektrum der Wissenschaft • Quelle: [Aon Catastrophe Insight](https://www.aon.com/catastrophe-insight)

Spektrum.de

Quelle: <https://www.spektrum.de/news/wirtschaftliche-folgen-was-kostet-der-klimawandel/1943992>

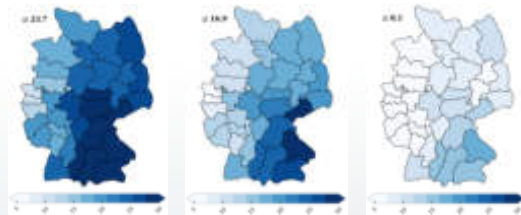
Quelle: <https://www.gdv.de/gdv/medien/medieninformationen/naturgefahrenbilanz-2023-4-9-milliarden-euro-schaeden-durch-wetterextreme-162854>

# PIK-Studie (2021): DB ist von den Auswirkungen des Klimawandels mit Extremwetterereignissen in unterschiedlicher Weise betroffen



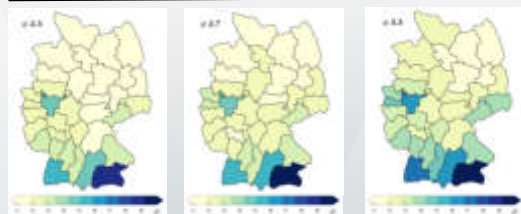
## Hitzetage (Tage über 30°C):

- **Abgesicherte Zunahme** der Hitzetage von durchschnittlich 3,6 („gestern“) über 8,1 („heute“) auf 10,9 Tage („morgen“)
- regional unterschiedliche Ausprägung



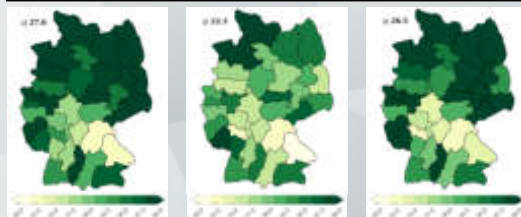
## Frosttage (Tage unter 0°C):

- **Abgesicherte Abnahme** der Frosttage von durchschnittlich 23,7 („gestern“) über 16,9 („heute“) auf 8,1 Tage („morgen“)
- lokal extreme Wetterereignisse weiterhin nicht auszuschließen



## Starkregentage (20 mm Niederschlag pro Tag):

- **Trend nicht eindeutig**; durchschnittlich leichter Anstieg von 2,5 („gestern“) über 2,7 („heute“) auf 3,3 Tage („morgen“)
- **Zunahme der Intensität von Einzelereignissen**

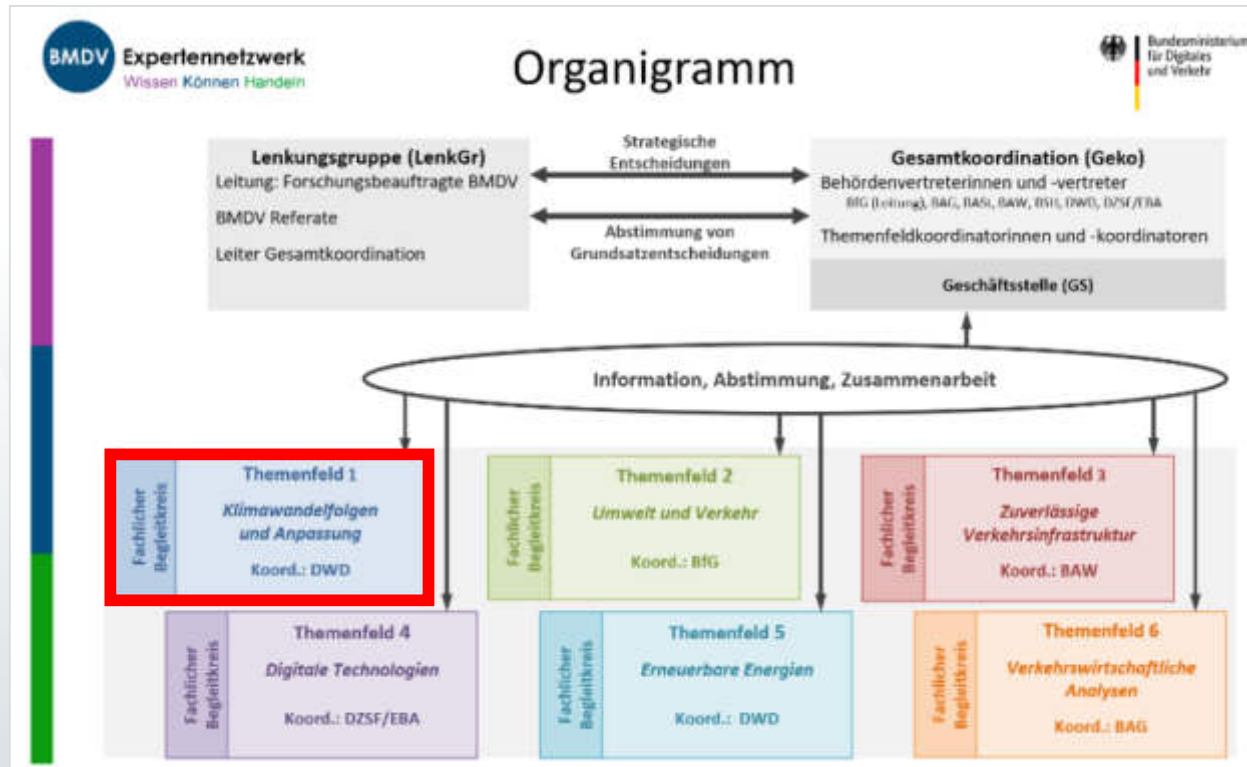


## Sturmtage (mit Tageswindspitzen von 17 m/s = Windstärke 8):

- **Trend nicht eindeutig**; durchschnittliche Werte von 27,6 („gestern“) über 22,3 („heute“) auf 26,5 Tage („morgen“)
- **Zunahme der Intensität von Einzelereignissen** (z.B. Mini-Tornados)

nach Studie des Potsdam Instituts für Klimafolgenforschung 2021

# Die DB-Aktivitäten zur Klimaanpassung /-resilienz sind in das BMDV-(Behörden)Expertennetzwerk eingebettet



Im BMDV-Expertennetzwerk wirken zusammen:

- Bundesamt für Logistik und Mobilität (BALM, ehem. BAG)
- Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
- Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)
- Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
- Deutscher Wetterdienst (DWD)
- Deutsches Zentrum für Schienenverkehrsforschung beim Eisenbahn-Bundesamt (DZSF/EBA)

Die DB ist seit der Gründung des Expertennetzwerks im April 2016 über das EBA /DZSF eingebunden und arbeitet u.a. im Themenfeld 1 „Klimawandelfolgen und Anpassung“ intensiv mit.

# Die DB intensiviert ihre Aktivitäten und baut ihr Netzwerk weiter aus



## DB- intern



**Klimawirkungsanalysen**  
Leitung: GU  
Datenverarbeitung: GUB  
Mitwirken: Geschäftsfelder

**Programm  
Klimaresiliente  
Bahntechnik**

Leitung: TTS  
Partner: GU & Geschäftsfelder

## DB- extern

Deutsches Zentrum für  
Schienenverkehrsforschung beim



Mitarbeit in  
Themengruppe Klimawandel



Mitarbeit in  
• NA 172-00-19 AA  
„Klimawandel“  
• KU-AK 4 „Anpassung an die  
Folgen des Klimawandels“



Austausch zu  
klimatologischen Daten

SBB CFF FFS

Austausch im  
Sektor



Die  
Autobahn

Austausch  
Sektorübergreifend

# Strategischer Rahmen

---

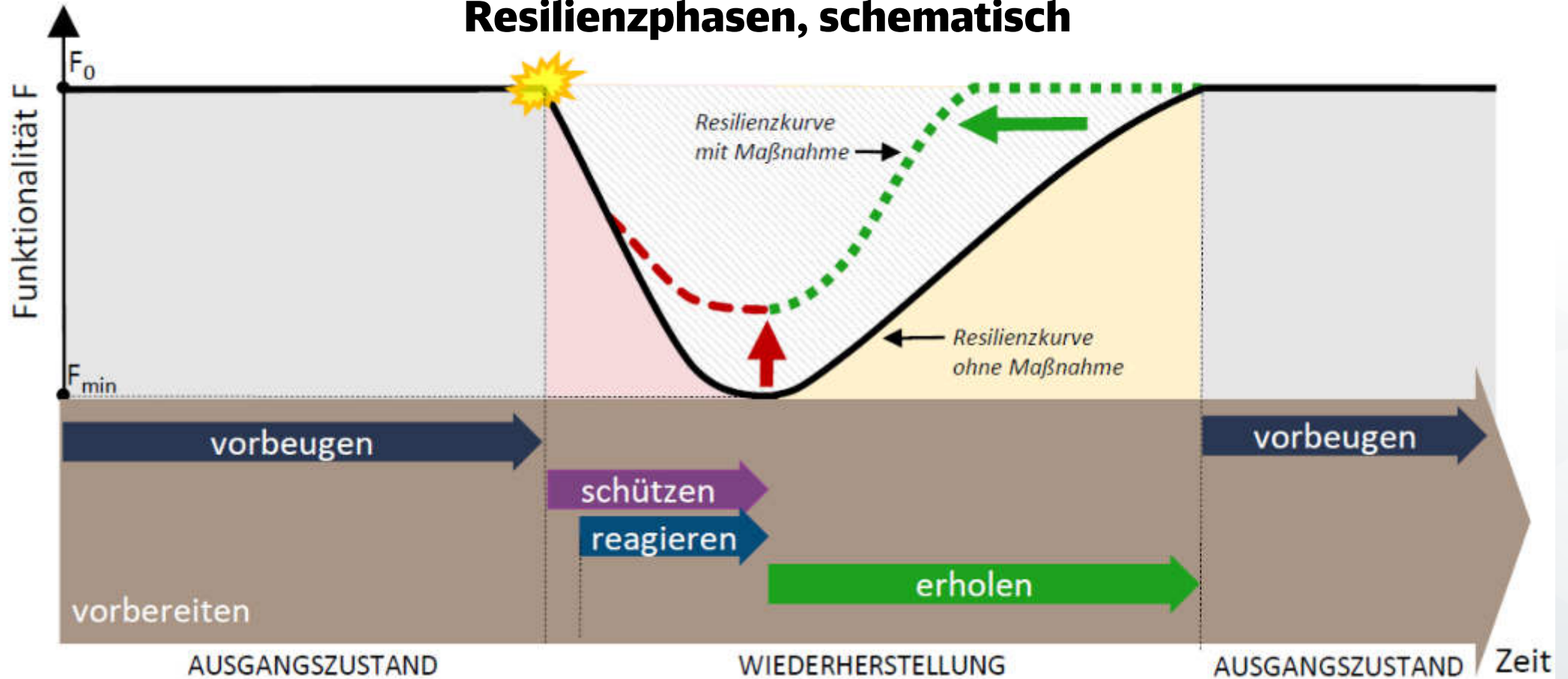
- Ziel
- Methodik
- Datengrundlagen
- Erste Ergebnisse



# Ziel: Klimaresiliente DB mit messbaren Zielen zur Schadensminimierung und eine schnelle Wiederaufnahme des Normalbetriebs

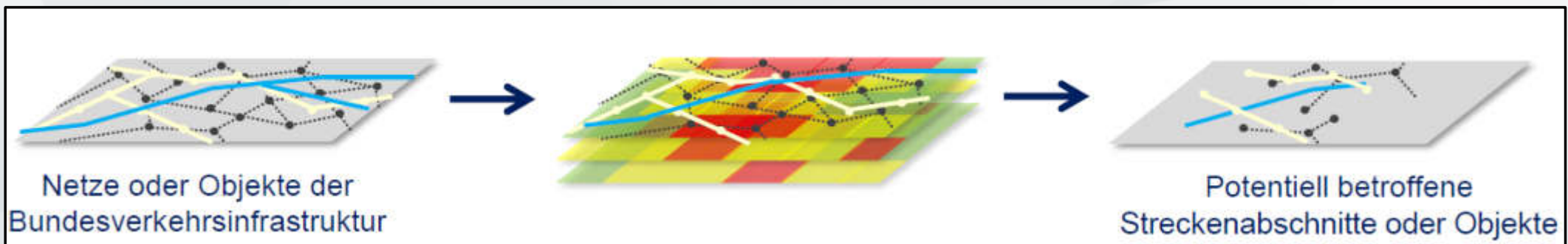
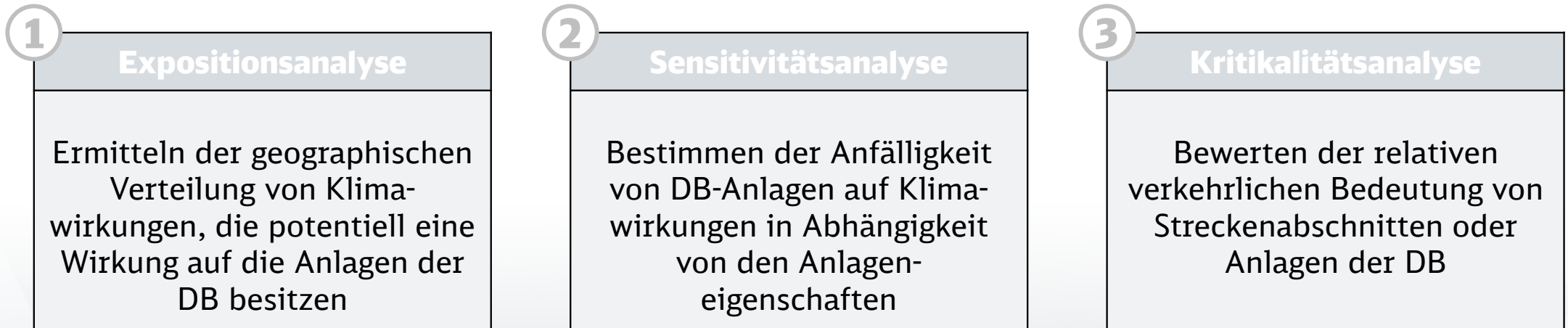


## Resilienzphasen, schematisch



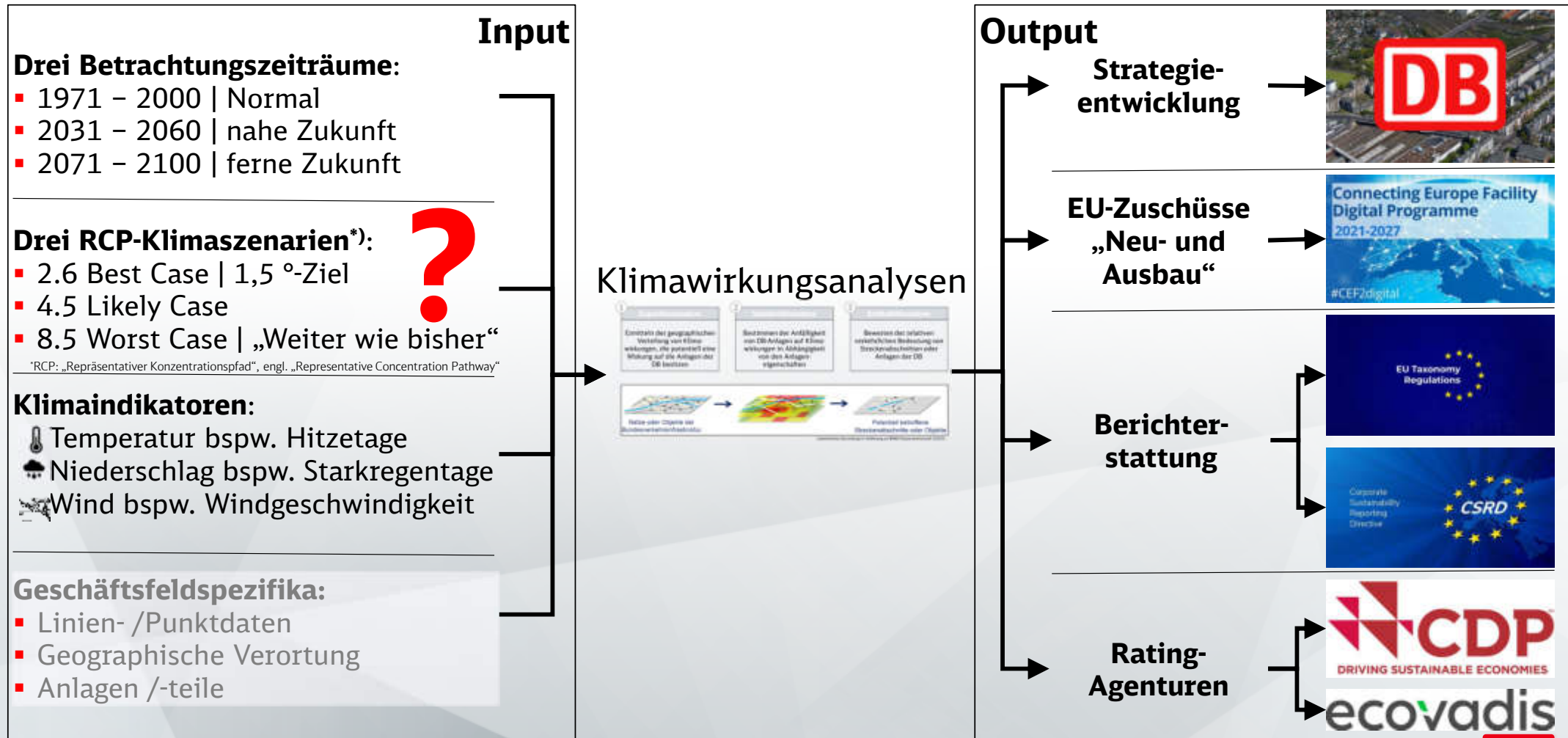
© Bundesanstalt für Straßenwesen, BASt

# Der strategische DB-Ansatz von „Klimawirkungsanalysen“ basiert auf der 3-stufigen Methodik des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr



schematische Darstellung in Anlehnung an BMDV-Expertennetzwerk (2020)

# Die (externen) Anforderungen formen den strategischen Rahmen für Inhalte und Umfänge der klimatologischen und anlagentechnischen Daten DB



# Die DB verwendet für das Mapping mit ihren Anlagen offiziell anerkannte klimatologische Datengrundlagen und nutzt vorhandene Daten des EBA



Klimaprojektionen (nahe und ferne Zukunft) basierend auf den RCP-Szenarien\*) des Weltklimarates | gerechnet mit Modellensemble (bis 21 regionale Klimamodelle)



Klimatologische Datengrundlagen im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie (DAS) u.a. zu Atmosphäre (z.B. Niederschlag, Temperatur, Wind), Gewässer, ...



Gefahrenhinweiskarten zu Hochwassergefahren, Massenbewegungen, Sturmwurf und Böschungsbränden  
Zukünftig: Starkregen und Schnee /Frost

\*RCP: „Repräsentativer Konzentrationspfad“, engl. „Representative Concentration Pathway“

# Die ersten Expositionsanalysen wurden mit Klimaindikatoren für Niederschlag, Temperatur und Wind durchgeführt



## Asset-Daten der DB

DB Cargo	<u>Werksstandorte</u> plus <i>Triebfahrzeuge</i>
DB Fernverkehr	<u>Werksstandorte</u> plus <i>Triebfahrzeuge</i> und <i>Reisezugwagen</i>
DB Netze Energie	Gleichrichterwerke   Kraft-, Umformer- und Umrichterwerke   Maststandorte   Tankstellen   Trafostationen   Unterwerke   Zugvorheizanlagen
DB Netze Fahrweg	Bahnsteige   Bahnübergänge   Betriebsstellen   Dueker und Durchlässe   Erdkörper   Meldeanlagen   Schutzbauten   Streckennetz   Technische Plätze, insgesamt   TP Bauwerke   TP Signale   TP Technische Anlagen   Weichenanlagen
DB Netze Personenbhf.	<u>Bahnhofsstandorte</u> mit Aufzugsstammdaten und <i>tlw. Anlagenklassen</i>
DB Regio	<u>Werkstandorte</u> plus <i>Triebfahrzeuge</i> und <i>Reisezugwagen</i>
DB FZI-Werke	Werksstandorte
DB Immobilien	Gebäudestandorte

Mapping der Assets mit klimatologischen Daten



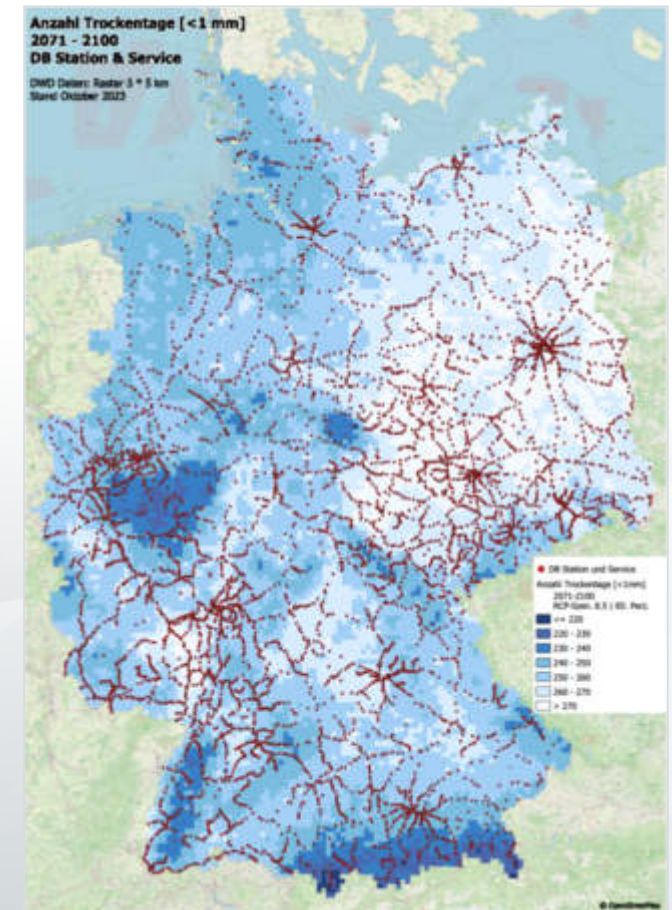
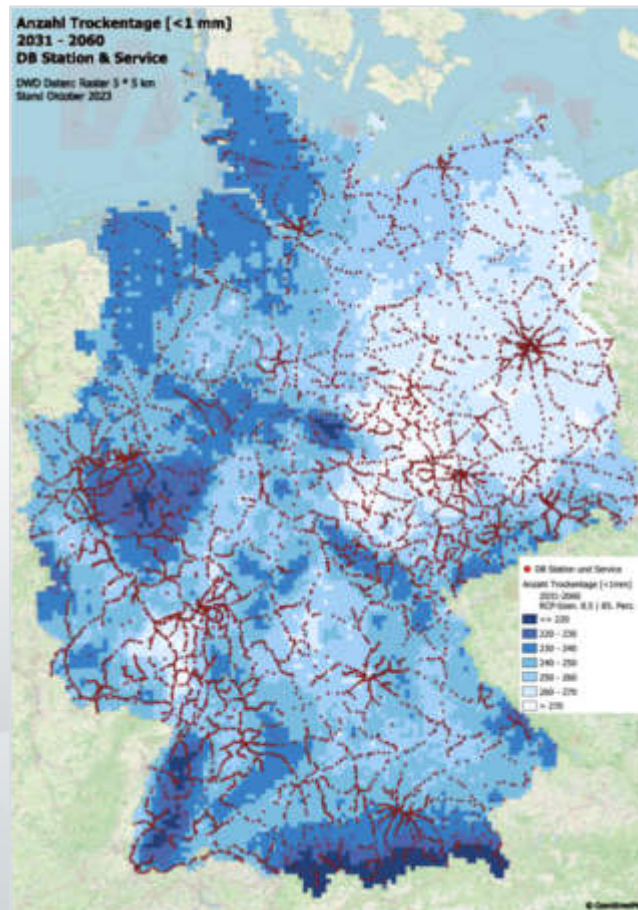
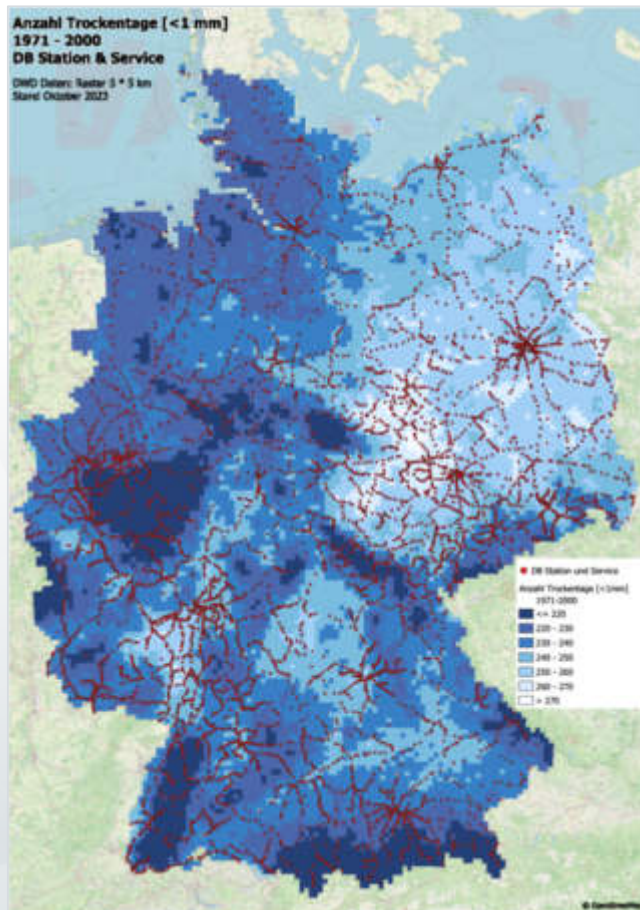
## Klimatologische Daten des DWD

	Niederschlag	Temperatur	Wind	
<b>Modelrechnungen auf Basis des DWD-Ensembles für RCP 2.6, 4.5 und 8.5</b>	<b>Normal 1971-2000</b> •Trockentage [ $\leq 1$ mm] •Starkniederschlagstage [ $> 10$ mm] •Starkniederschlagstage [ $> 20$ mm] •Jahresniederschlag	<b>Normal 1971-2000</b> •Eistage [ $\leq 0^{\circ}\text{C}$ ] •strenge Eistage [ $\leq -10^{\circ}\text{C}$ ] •Heiße Tage [ $> 30^{\circ}\text{C}$ ] •Sehr heiße Tage [ $> 35^{\circ}\text{C}$ ] •Jahresmitteltemperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ] •Jahresmaximaltemperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ]	<b>Normal 1971-2000</b> •Mittlere Windgeschwindigkeit [m/s] •Starkwind [m/s]	
	<b>Nahe Zukunft 2031-2060</b> •Trockentage [ $\leq 1$ mm] •Starkniederschlagstage [ $> 10$ mm] •Starkniederschlagstage [ $> 20$ mm] •Jahresniederschlag [Änderung in %]	<b>Nahe Zukunft 2031-2060</b> •Eistage [ $\leq 0^{\circ}\text{C}$ ] •strenge Eistage [ $\leq -10^{\circ}\text{C}$ ] •Heiße Tage [ $> 30^{\circ}\text{C}$ ] •Sehr heiße Tage [ $> 35^{\circ}\text{C}$ ] •Jahresmitteltemperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ] •Jahresmaximaltemperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ]	<b>Nahe Zukunft 2031-2060</b> •Mittlere Windgeschwindigkeit [Änderung in %] •Starkwind [Änderung in %]	Jeweils für das 15., 50. und 85. Perzentil
	<b>Ferne Zukunft 2071-2100</b> •Trockentage [ $\leq 1$ mm] •Starkniederschlagstage [ $> 10$ mm] •Starkniederschlagstage [ $> 20$ mm] •Jahresniederschlag [Änderung in %]	<b>Ferne Zukunft 2071-2100</b> •Eistage [ $\leq 0^{\circ}\text{C}$ ] •strenge Eistage [ $\leq -10^{\circ}\text{C}$ ] •Heiße Tage [ $> 30^{\circ}\text{C}$ ] •Sehr heiße Tage [ $> 35^{\circ}\text{C}$ ] •Jahresmitteltemperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ] •Jahresmaximaltemperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ]	<b>Ferne Zukunft 2071-2100</b> •Mittlere Windgeschwindigkeit [Änderung in %] •Starkwind [Änderung in %]	Jeweils für das 15., 50. und 85. Perzentil

insgesamt 228 Mappings pro Asset des jeweiligen Geschäftsfelds

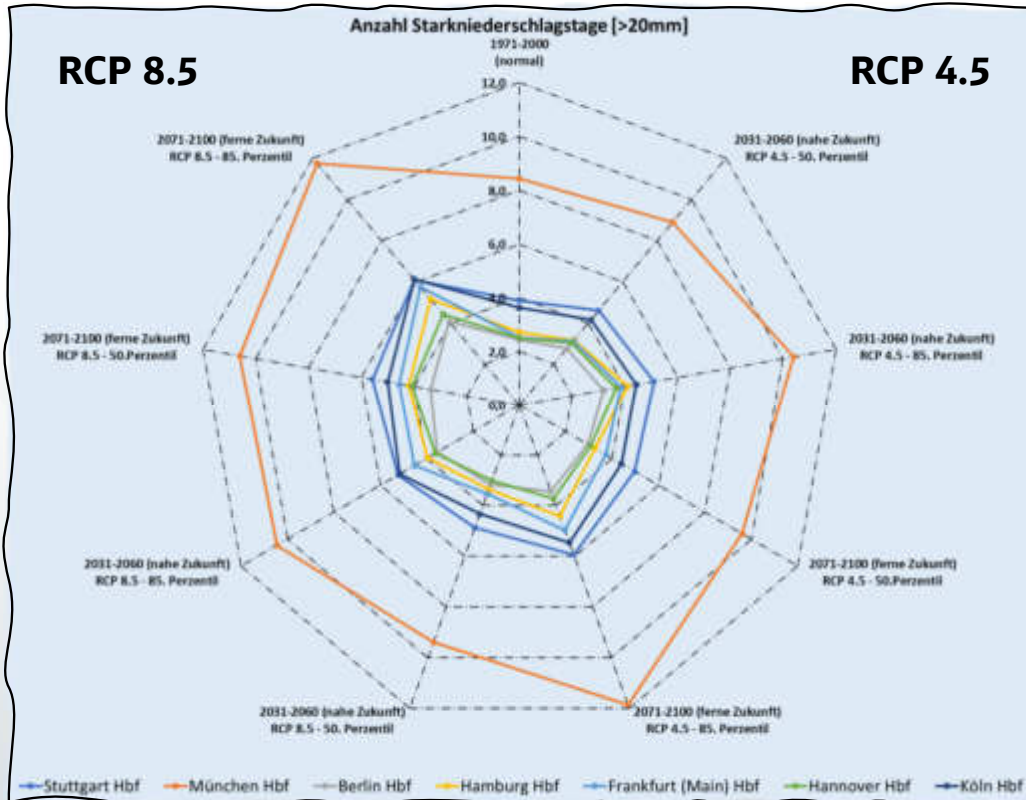


# Beispiel-Ergebnis: Anzahl der Trockentage (<1 mm Niederschlag pro Tag) in Deutschland nimmt zu<sup>1)</sup> – gemappt auf DB Haltepunkte und Bahnhöfe

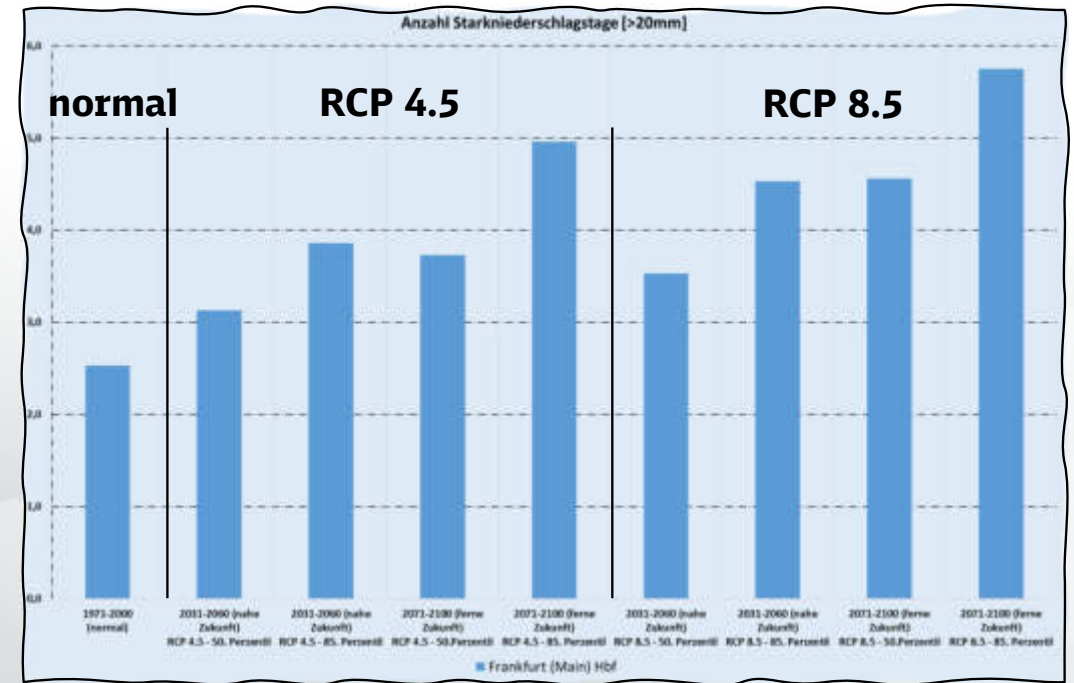


# DB Personenbahnhöfe: Erste vorläufige Ergebnisse für die Niederschläge weisen tendenziell eine leichte Zunahme der Starkniederschlagstage aus

## Ausgewählte Hauptbahnhöfe in Deutschland



## Bahnhof Frankfurt (Main) Hbf.



# Projektebene

---

- CEF-Förderung
- „Climate Proofing“



# Die CEF-Förderung der EU erfordert seit 2023 verpflichtend ein „Climate Proofing“ für Infrastrukturprojekte



## Die Connecting Europe Facility (CEF):

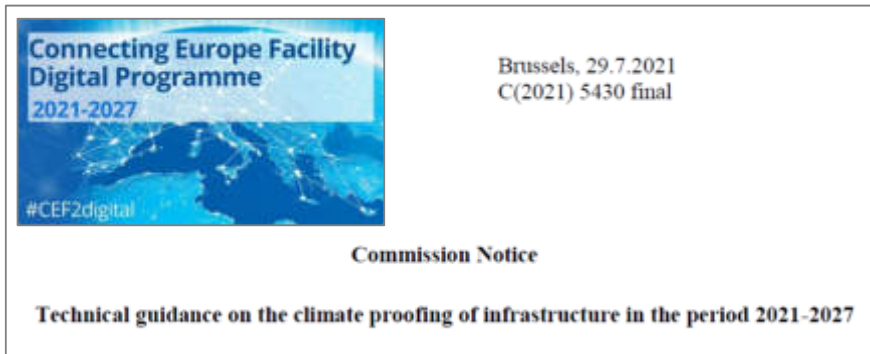
- europäisches Finanzinstrument zur Förderung wichtiger transeuropäischer Infrastrukturvorhaben in den Sektoren Verkehr, Energie und digitale Konnektivität,
- Budget für Verkehrsbereich (2021-2027): 25,8 Milliarden €,
- Ziel: Vollendung des Transeuropäischen Verkehrsnetzes (TEN-V) durch Vorhaben von europäischem Interesse u.a. zur Beseitigung von Engpässen und zur Verbesserung grenzübergreifender Abschnitte,
- „Climate Proofing“ ist ab 2023 verpflichtend für eine CEF-Förderung von Infrastrukturprojekten,
- I.IFF 1 (EU-Finanzierung | CEF) hat ein „Climate Proofing“ durch Consultant durchführen lassen.



Unterlagen Ende 2023 eingereicht für:

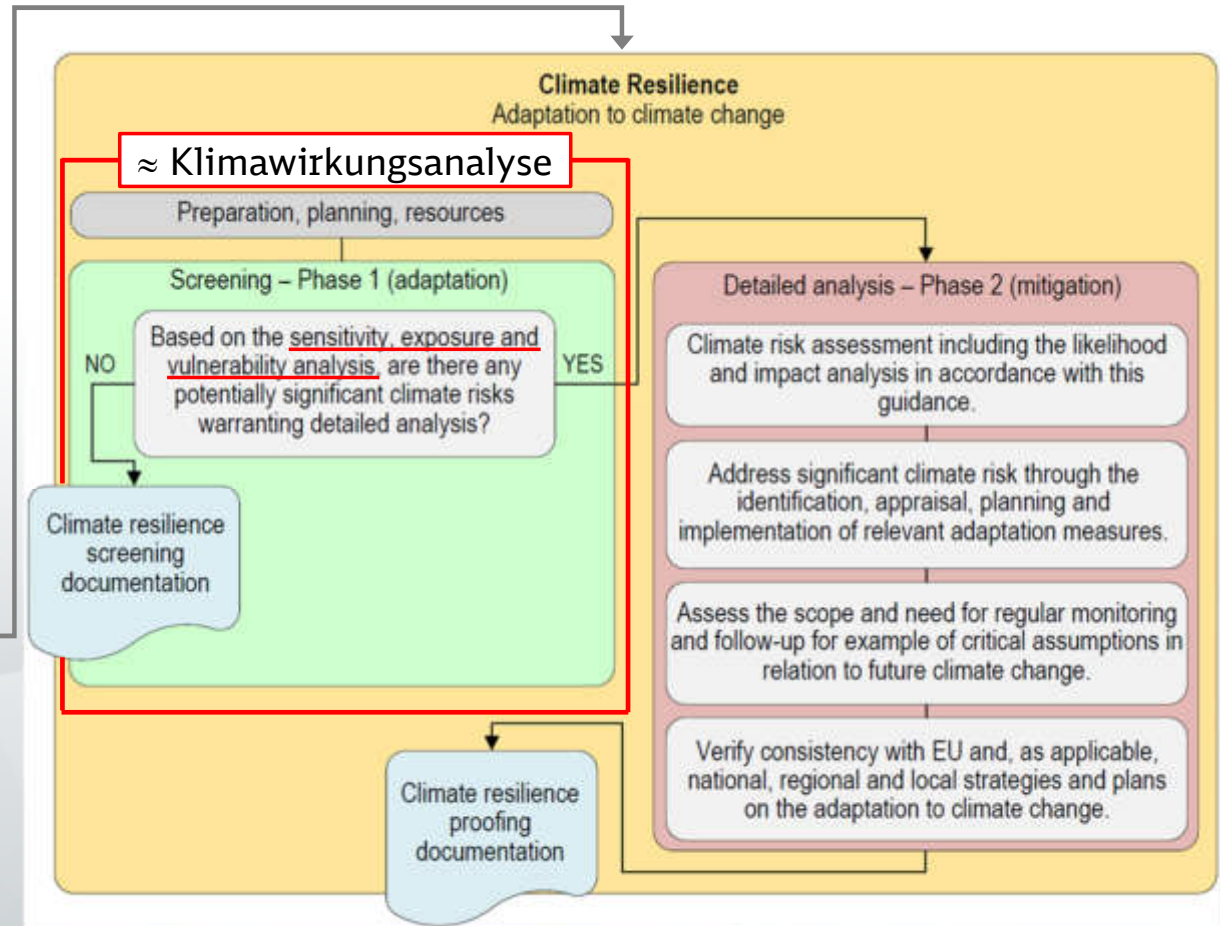
- Angermünde – Stettin
- Bremen – Groningen („Wunderline“)
- Fehmarnbeltquerung
- Karlsruhe Basel

# Das Climate Proofing nach „EC Technical Guidance on Climate Proofing of Infrastructure in the period 2021-2027“

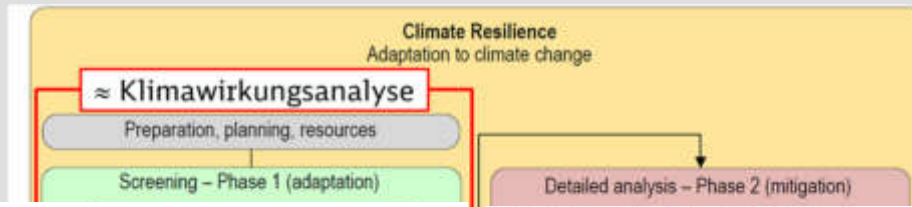


Differenziert in

- Klimaschutz  
Kap. 3.2 Mitigating climate change  
(climate neutrality)
- **Klimaanpassung /-resilienz**  
Kap. 3.3 Adaptation to climate change  
(climate resilience)



# Die zwei Phasen des Climate Proofing für den Strang „Climate Resilience“



## Phase 1 (screening)

### SENSITIVITY ANALYSIS

Indicative sensitivity table: (example)

Themes	Climate variables and hazards			
	Flood	Heat	Medium	Drought
On-site assets, ...	High	Low	---	Low
Inputs (water, ...)	Medium	Medium	---	Low
Outputs (products, ...)	High	Low	---	Low
Transport links	Medium	Low	---	Low
Highest score 4 themes	High	Medium	---	Low

The output of the sensitivity analysis may be summarised in a table with the sensitivity ranking of the relevant climate variables and hazards for a given project type, irrespective of the location, including critical parameters, and divided in e.g. the four themes.

### EXPOSURE ANALYSIS

Indicative exposure table: (example)

Themes	Climate variables and hazards			
	Flood	Heat	Medium	Drought
Current climate	Medium	Low	---	Low
Future climate	High	Medium	---	Low
Highest score, current+future	High	Medium	---	Low

The output of the exposure analysis may be summarised in a table with the exposure ranking of the relevant climate variables and hazards for the selected location, irrespective of the project type, and divided in current and future climate. For both the sensitivity and exposure analysis, the scoring system should be carefully defined and explained, and the given scores should be justified.

### VULNERABILITY ANALYSIS

Indicative vulnerability table: (example)

Sensitivity (highest across the four themes)	Exposure (current + future climate)			Legend: Vulnerability level
	High	Medium	Low	
High	Flood	Heat	Drought	<div style="background-color: #ff0000; width: 20px; height: 10px; margin-bottom: 2px;"></div> High <div style="background-color: #ff9900; width: 20px; height: 10px; margin-bottom: 2px;"></div> Medium <div style="background-color: #99ff99; width: 20px; height: 10px; margin-bottom: 2px;"></div> Low
Medium				
Low				

The vulnerability analysis may be summarised in a table for the given specific project type at the selected location. It combines the sensitivity and the exposure analysis. The most relevant climate variables and hazards are those with a high or medium vulnerability level, which are then taken forward to the steps below. The vulnerability levels should be carefully defined and explained, and the given scores justified.

## Phase 2 (subject to the outcome of phase 1)

### LIKELIHOOD ANALYSIS

Indicative scale for assessing the likelihood of a climate hazard (example):

Term	Qualitative	Quantitative (%)
Rare	Highly unlikely to occur	5%
Unlikely	Unlikely to occur	20%
Moderate	As likely to occur as not	50%
Likely	Likely to occur	80%
Almost certain	Very likely to occur	95%

The output of the likelihood analysis may be summarised in a qualitative or quantitative estimation of the likelihood for each of the essential climate variables and hazards. (°) Defining the scales requires careful analysis for various reasons including e.g. that the likelihood and impacts of the essential climate hazards may change significantly during the lifespan of the infrastructure project among other due to climate change. Various scales are referred to in the literature.

### IMPACT ANALYSIS

Indicative scale for assessing the potential impact of a climate hazard (example):

Impacts	Impacts				
	Insignificant	Minor	Moderate	Major	Catastrophic
Risk areas					
Asset damage, engineering, operational					
Safety and health					
Environment, cultural heritage					
Social					
Financial					
Reputation					
Any other relevant risk area(s)					
Overall for the above-listed risk areas					

The impact analysis provides an expert assessment of the potential impact for each of the essential climate variables and hazards.

### RISK ASSESSMENT

Indicative risk table: (example)

Likelihood	Overall impact of the essential climate variables and hazards (example)					Legend: Risk level
	Insignificant	Minor	Moderate	Major	Catastrophic	
Rare						<div style="background-color: #99ff99; width: 20px; height: 10px; margin-bottom: 2px;"></div> Low <div style="background-color: #ff9900; width: 20px; height: 10px; margin-bottom: 2px;"></div> Medium <div style="background-color: #ff0000; width: 20px; height: 10px; margin-bottom: 2px;"></div> High <div style="background-color: #ff0000; width: 20px; height: 10px; margin-bottom: 2px;"></div> Extreme
Unlikely			Drought			
Moderate		Heat		Flood		
Likely						
Almost certain						

The output of the risk analysis may be summarised in a table combining likelihood and impact of the essential climate variables and hazards. Detailed explanations are required to qualify and substantiate the assessment conclusions. The risk levels should be explained and justified.

### IDENTIFYING ADAPTATION OPTIONS

Option identification process:

- Identify options responding to the risks (use e.g. expert workshops, meetings, evaluations, ...)
- Adaptation may involve a mix of responses, e.g.:
  - training, capacity building, monitoring, ...
  - use of best practices, standards, ...
  - nature-based solutions, ...
  - engineering solutions, technical design, ...
  - risk management, insurance, ...

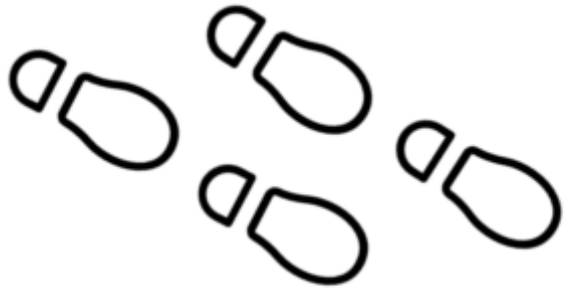
### APPRAISING ADAPTATION OPTIONS

The appraisal of adaptation options should give due regard to the specific circumstances and availability of data. In some cases a quick expert judgement may suffice whereas other cases may warrant a detailed cost-benefit analysis. It may be relevant to consider the robustness of various adaptation options vis-à-vis climate change uncertainties.

### ADAPTATION PLANNING

Integrate relevant climate resilience measures into the technical project design and management options. Develop implementation plan, finance plan, plan for monitoring and response, plan for regular review of the assumptions and the climate vulnerability and risk assessment, and so on. The vulnerability and risk assessment and adaptation planning is aiming to reduce the remaining climate risks to an acceptable level.

## Ausblick



- ↓ Abstimmen spezifischer Klimaindikatoren für Klimawirkungsanalysen mit den Geschäftsfeldern
- ↓ Klären bzw. Anpassen der strategischen Rahmenbedingungen in Bezug auf Projektionsdaten
- ↓ Beschaffen der gewünschten Klimaindikatoren beim DWD /DAS-Basisdienst
- ↓ Durchführen Expositionsanalyse und Übergabe der Daten an die Geschäftsfelder
- ↓ Einstieg in die Sensitivitätsanalyse durch Geschäftsfelder im Rahmen des T-Projektes „Klimaresiliente Bahntechnik“ mit Fokus auf die Technik





**... vielen Dank für das Interesse**

**Kontakt:**

**Deutsche Bahn AG**

**Strategie & Reporting Nachhaltigkeit und Umwelt**

**Dr. Michael Below**

**Potsdamer Str. 8**

**10785 Berlin**

**Tel. 01 60 /97 45 43 61**

**E-Mail: [Michael.Below@deutschebahn.com](mailto:Michael.Below@deutschebahn.com)**