



Klimawandel

Auswirkungen auf den Verkehr

Dr. Paul Becker
Vizepräsident des Deutschen Wetterdienstes

Welche Wetterextreme beeinflussen welche Verkehrsstrukturen?

| | Starkregen | Sturm | Hitze | Kälte |
|---|---|--|--|--|
| Schiene  |  |  |  |  |
| Straßen  | | | | |
| Wasserstraßen  | | | | |
| Flugverkehr  | | | | |



Vulnerabilität von Verkehrsinfrastrukturen

Starkregen

Sturm

Hitze

Kälte

Schiene



Straßen



Wasserstraßen



Flugverkehr



Quelle: dpa

→ Zerstörung bzw. Beeinträchtigung von Infrastrukturen

- durch Überschwemmungen
- Unterspülungen
- Hangrutschungen

ICE Strecke Hannover-Berlin

Brücke unterspült **ca. 800 Mio.€ Verlust**

Streckensperrung Juni - November 2013

Vulnerabilität von Verkehrsinfrastrukturen

Starkregen

Sturm

Hitze

Kälte

Schiene



Straßen



Wasserstraßen



Flugverkehr



Quelle: dpa

→ Beschädigung/Umstürzen von:

- Bäumen
- Strom- / Funkmasten
- Küste → Sturmfluten

Tief „Ela“, Pfingsten 2014, NRW - Lokal starke Sturm- / Hagelschäden >> Gesamtschaden **880 Mio. €**

Vulnerabilität von Verkehrsinfrastrukturen

Starkregen

Sturm

Hitze

Kälte

Schiene



Straßen



Wasserstraßen



Flugverkehr



- Physikalische Beanspruchungen von Asphalt / Schiene
- Transportausfälle durch Niedrigwasser
- Ausfall Klimaanlage in Rechenzentren

Vulnerabilität von Verkehrsinfrastrukturen

Starkregen

Sturm

Hitze

Kälte

Schiene



Straßen



Wasserstraßen



Flugverkehr



- Physikalische Beanspruchungen von Asphalt / Schiene
- Transportausfälle durch Eisgang
- Ausfall von Stromnetzen durch Eislast
- Transportausfall durch Schnee und Eis auf den Verkehrsträgern

Beobachtungen und Klimaprojektionen geben Hinweise über räumliche und zeitliche Veränderungen bei den relevanten Wetterextremen

Schiene



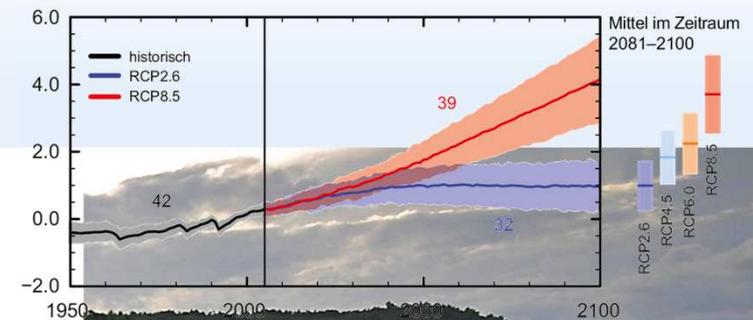
Straßen



Wasserstraßen



Flugverkehr



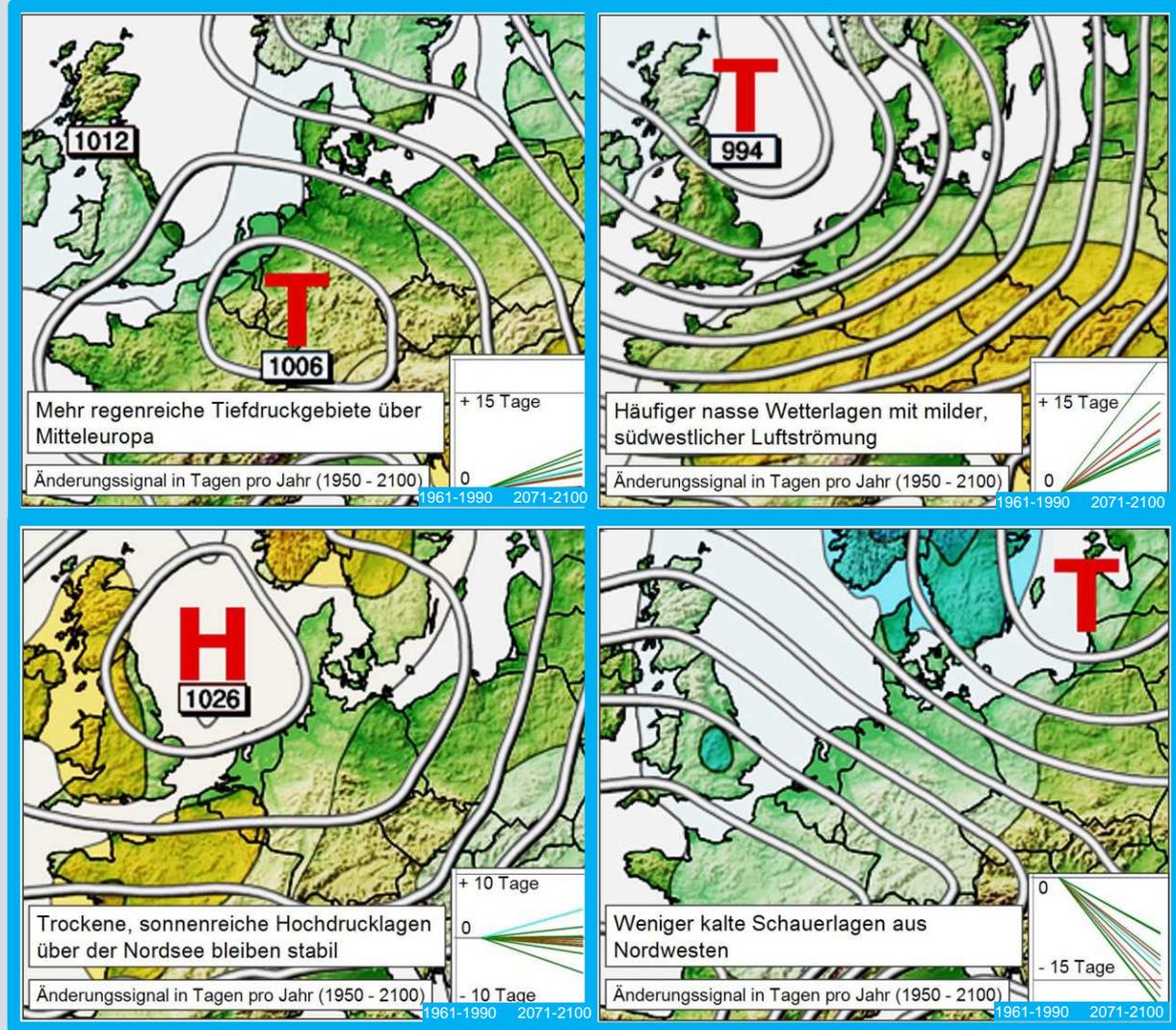
Wetterlagen verändern sich im Klimawandel

- ➔ Wetterlagen bestimmen den Witterungsverlauf
- ➔ Bei bestimmten Wetterlagen erhöht sich das Risiko von meteorologischen Extremereignissen
- ➔ Die zukünftige Veränderung der Wetterlagen kann abgeschätzt werden



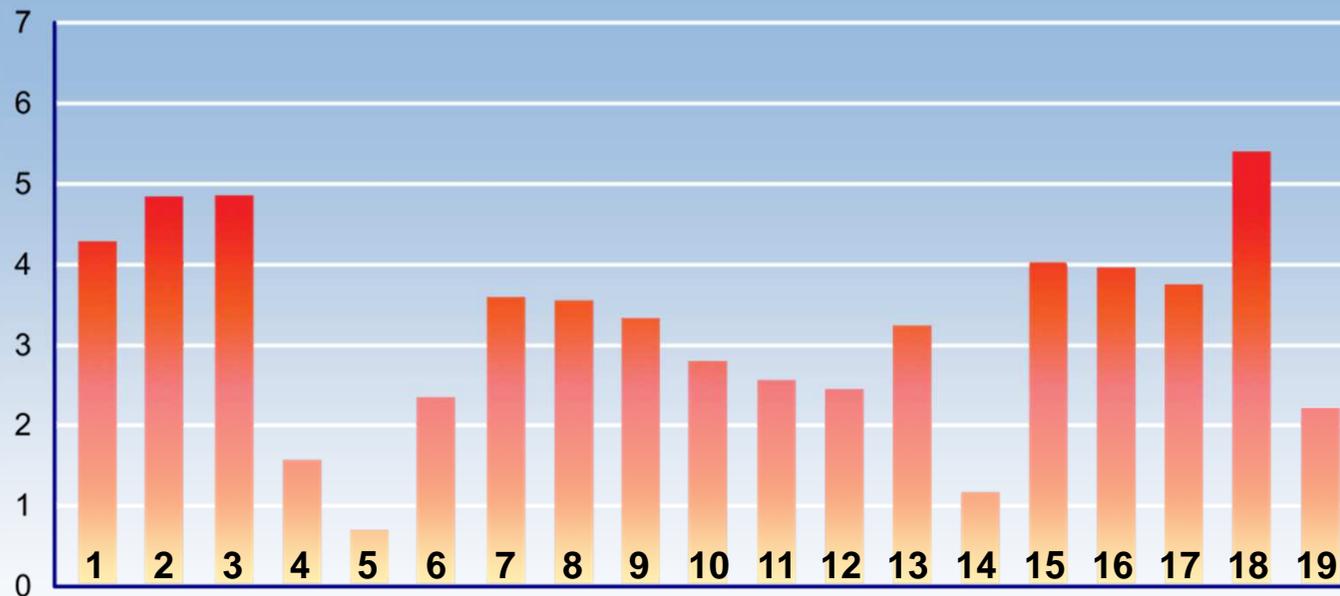
Wetterlagen Klima- projektionen

Änderungssignale
 Wetterlagen
 Modellensemble
 SRES A1B



Klimaprojektionen werden als Ensemble ausgewertet

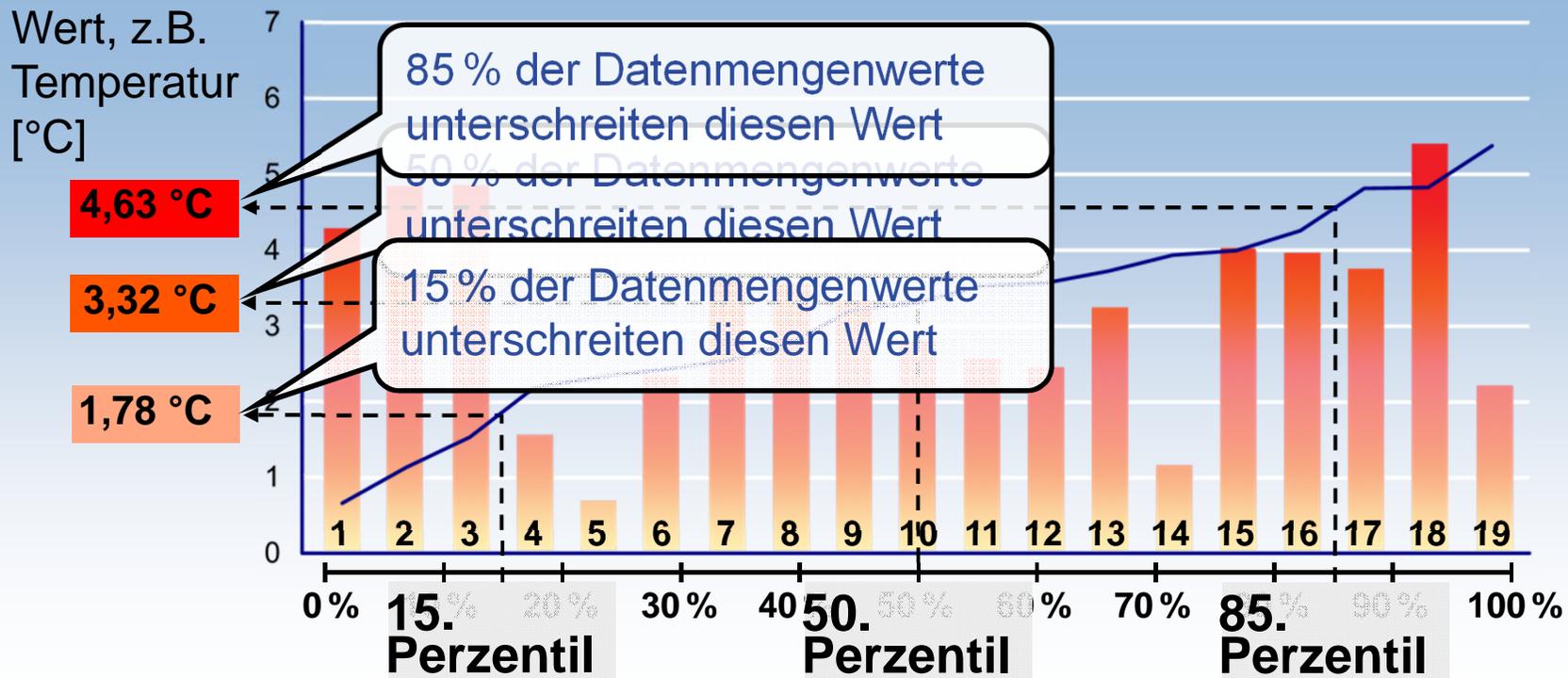
Wert, z.B.
Temperatur
[°C]



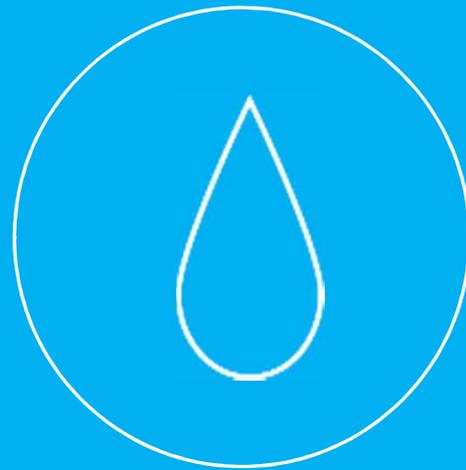
Datenmenge, z.B. Monatsmittel März 1993 bis 2011 (19 Jahre)



Was sind Perzentile?



Ein Perzentil teilt die Datenmenge in Anteile. Beim 50. Perzentil sind 50% der Werte kleiner und 50% sind größer. Beim 85. Perzentil sind 85% der Werte kleiner und 15% der Werte größer. Mit Perzentilen können Extremwertschwellen definiert werden.



Starkregen

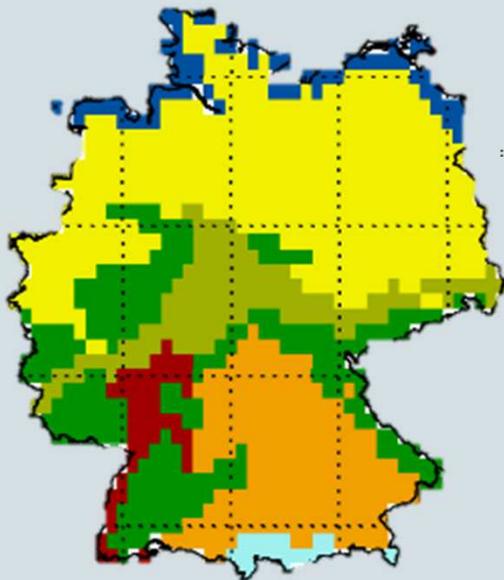
Beobachtungen

Projektionen

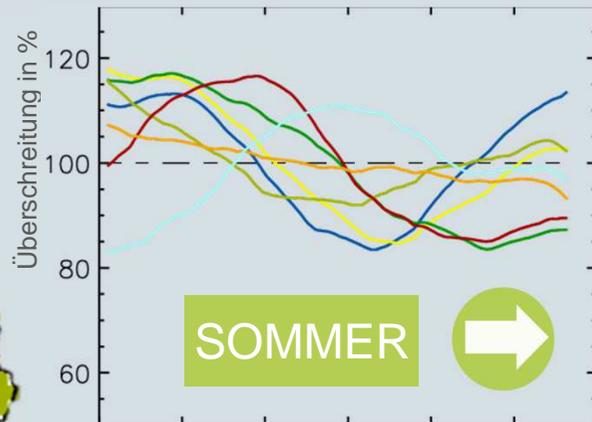
Niederschlagextreme

-  Starkregen
-  Temperatur
-  Sturm

Beobachtungen: 1951- 2005
Projektionen: 1961-2100
SRES A1B-ECHAM5-CLM

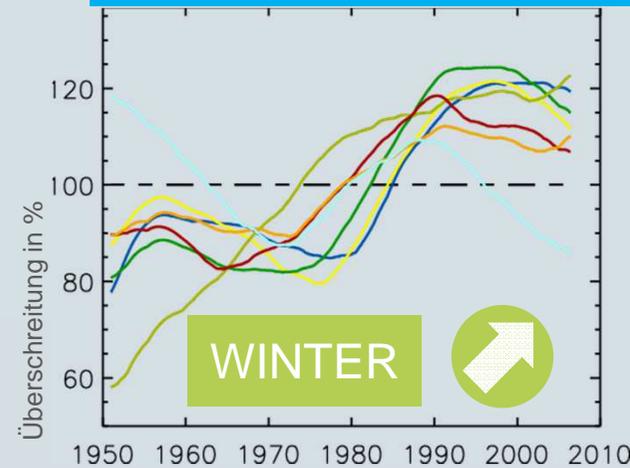


Überschreitungshäufigkeiten des 99. Perzentil für die Sommer- und Wintermonate für 7 Naturräume (Farben entsprechen der Kartendarstellung)



Kein eindeutiger Trend, große regionale Unterschiede

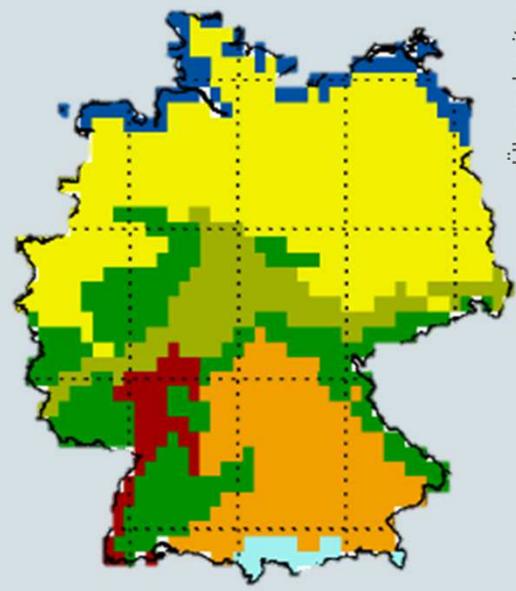
BEOBACHTUNGEN



Zunahme extremer Niederschläge für ganz Deutschland, Ausnahme Alpenrand

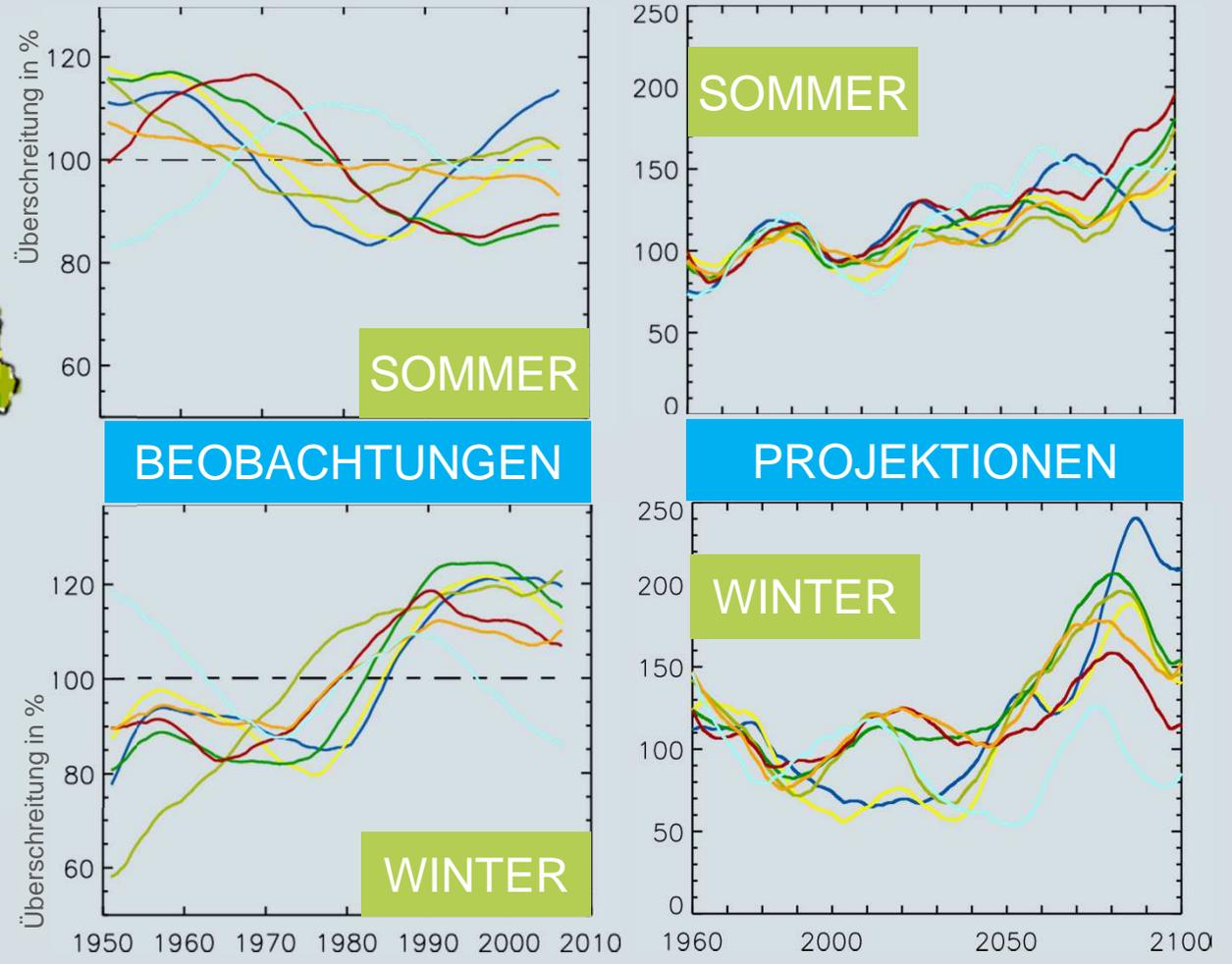
-  Starkregen
-  Temperatur
-  Sturm

Beobachtungen: 1951- 2005
Projektionen: 1961-2100
SRES A1B-ECHAM5-CLM



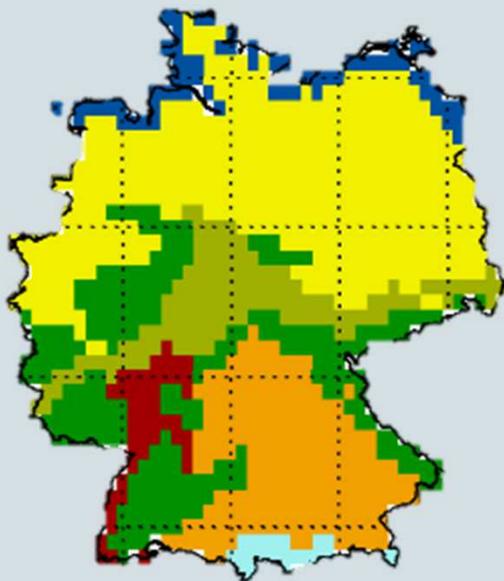
Überschreitungshäufigkeiten des 99. Perzentil für die Sommer- und Wintermonate für 7 Naturräume (Farben entsprechen der Kartendarstellung)

Niederschlagextreme



- 
 Starkregen
- 
 Temperatur
- 
 Sturm

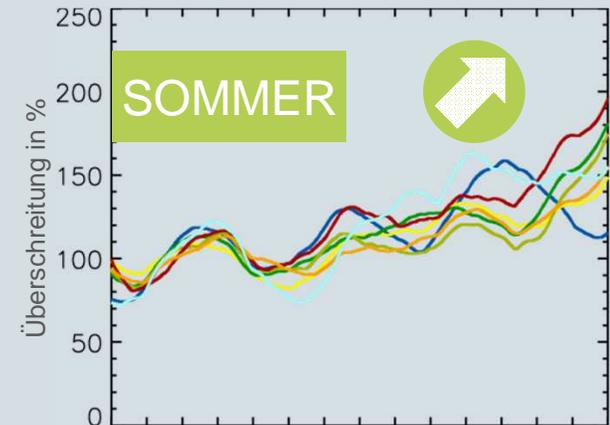
Beobachtungen: 1951- 2005
 Projektionen: 1961-2100
 SRES A1B-ECHAM5-CLM



Überschreitungshäufigkeiten des 99. Perzentil für die Sommer- und Wintermonate für 7 Naturräume (Farben entsprechen der Kartendarstellung)

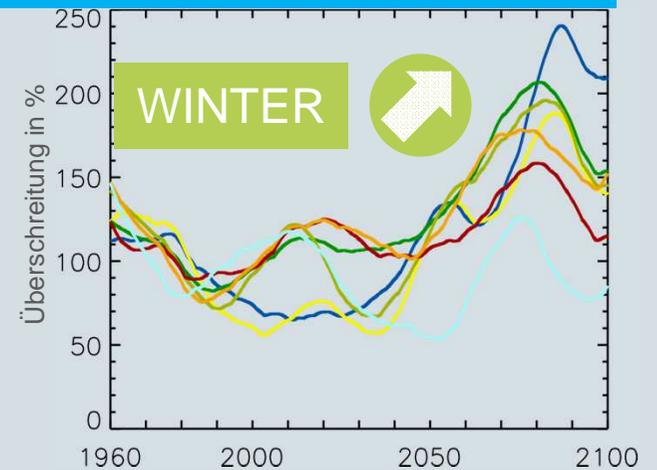
Niederschlagextreme

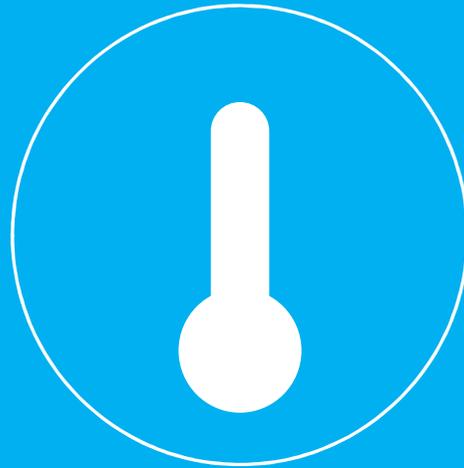
Zunahme besonders Ende des Jahrhunderts, keine großen regionale Unterschiede



PROJEKTIONEN

Zunahme extremer Niederschläge für ganz Deutschland um etwa das 1,5-fache bis 2100, Küstenstreifen: 2-fache





Temperatur

Projektionen





Starkregen

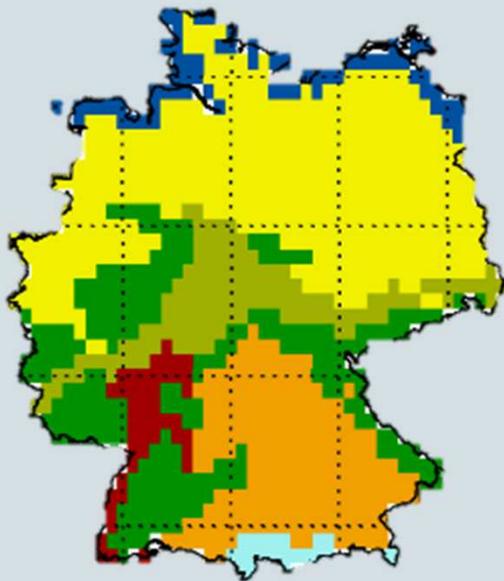


Temperatur



Sturm

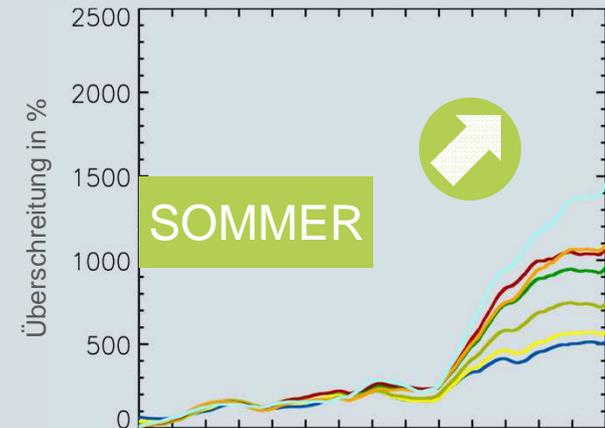
Projektionen: 1961-2100
SRES A1B-ECHAM5-CLM



Überschreitungshäufigkeiten des 99. Perzentil für die Sommer- und Wintermonate für 7 Naturräume (Farben entsprechen der Kartendarstellung)

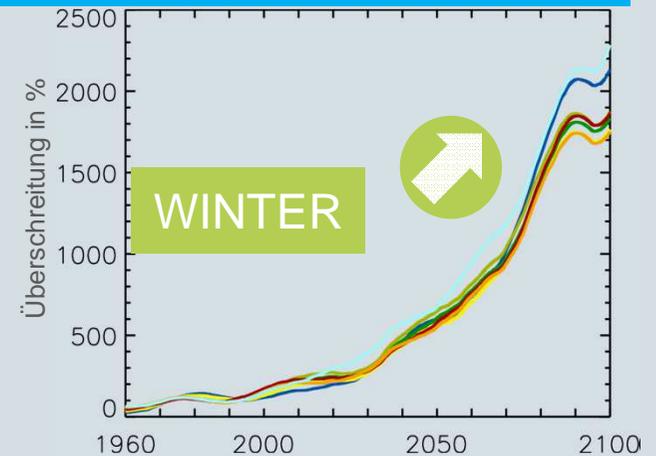
Temperaturextreme

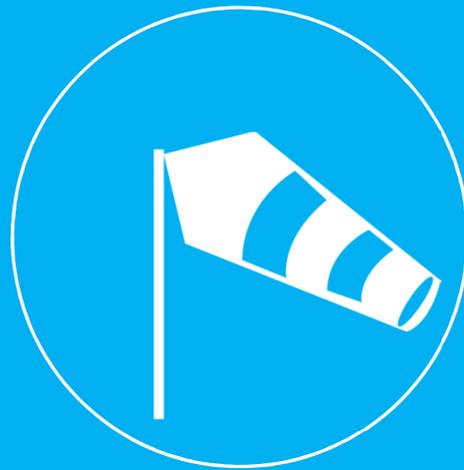
Insbesondere nach 2050 Zunahme um das 5- bis 10-fache der Häufigkeiten



PROJEKTIONEN

Kontinuierliche Zunahme um das bis zu 20-fache der Häufigkeiten





Sturm

Projektionen



Starkregen

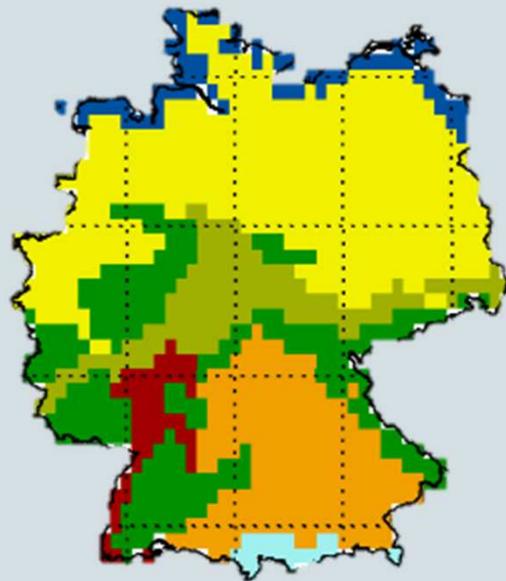


Temperatur



Sturm

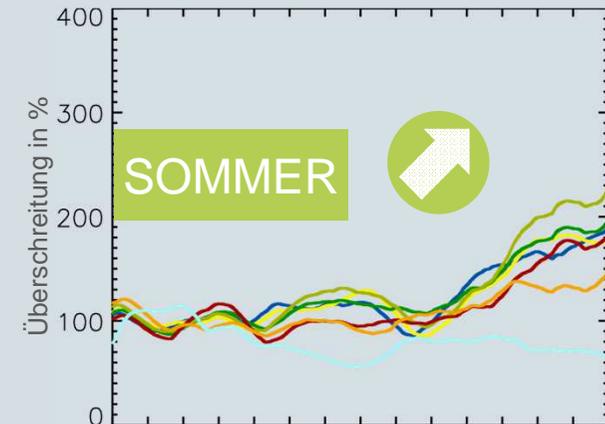
Projektionen: 1961-2100
SRES A1B-ECHAM5-CLM



Überschreitungshäufigkeiten des 99. Perzentil für die Sommer- und Wintermonate für 7 Naturräume (Farben entsprechen der Kartendarstellung)

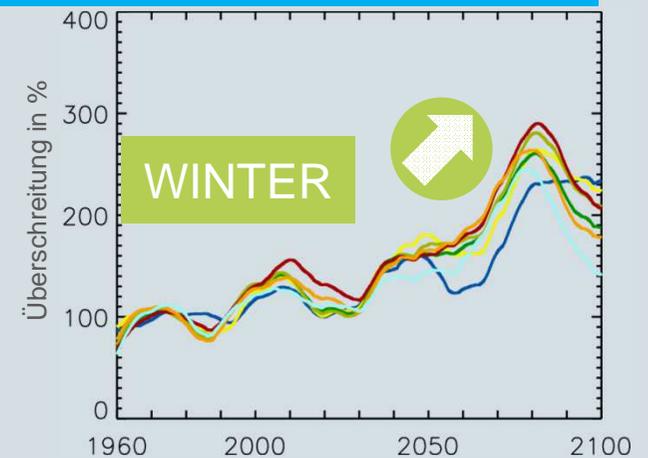
Windextreme

Deutschlandweit
Zunahme um 1,5- bis
2-fache, Ausnahme
Alpenraum



PROJEKTIONEN

Deutschlandweit
Zunahme um das
2- bis 2,5-fache,
regional
unterschiedlich



Betroffenheit Straßenverkehr durch Klimawandel

bast

Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrssicherheit

Erhalt und Planung von Straßenverkehrsinfrastrukturen

Auswirkungen sich ändernder extremer Niederschläge auf die Entwässerungsinfrastruktur von Straßen

Auswirkungen von Hitze und Kälte und anderen Extremereignissen auf Asphalt- und Betonfahrbahnen

Verwundbarkeit von Brücken- und Tunnelbauwerken gegenüber Hitze, Kälte, Wind und Starkregen

Standsicherheit von Böschungen bei Starkregen

Betroffenheit Straßenverkehr durch Klimawandel



Beispiel

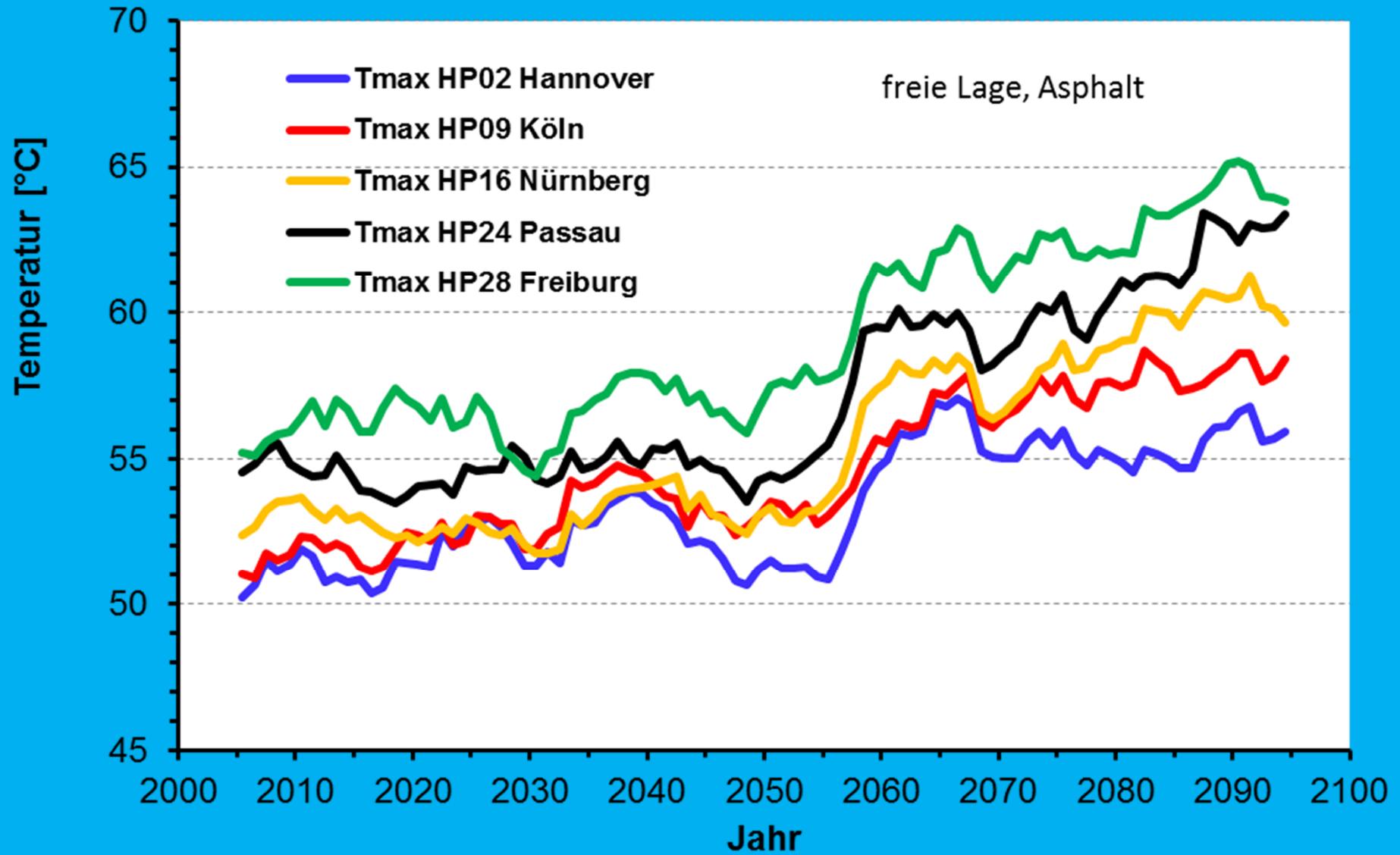
Spurrinnen in Asphaltstraßen (Spurrinnenbildung, permanente Verformung, Substanzschäden)

Erhalt und
Planung von
Straßenver-
kehrsinfra-
strukturen

- ➔ Indikatoren:
 - Thermische Kenntage (n Tage über 25°C, n Tage über 30°C),
 - Maximale Belagstemperatur der Straßenoberflächen: lässt sich aus Messung der Lufttemperatur und regionalen Klimasimulationen berechnen

- ➔ Änderungssignal des Indikators aus Klimasimulation ableitbar (hier: A1B-ECHAM5-REMO)

Projizierte maximale Belagstemperaturen (gleitende 10-Jahresmittelwerte)



Betroffenheit Wasserstraßen durch Klimawandel



Wasserstraßen
Binnen
und Küste

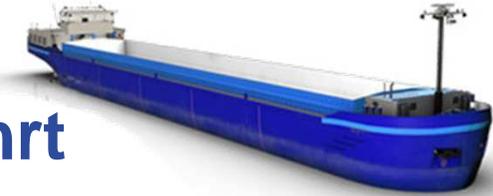
Entwicklung
von
Anpassungs-
optionen

Quantifizierung klimabedingter
Änderungen von Abfluss,
Wasserständen und
Sedimenttransport

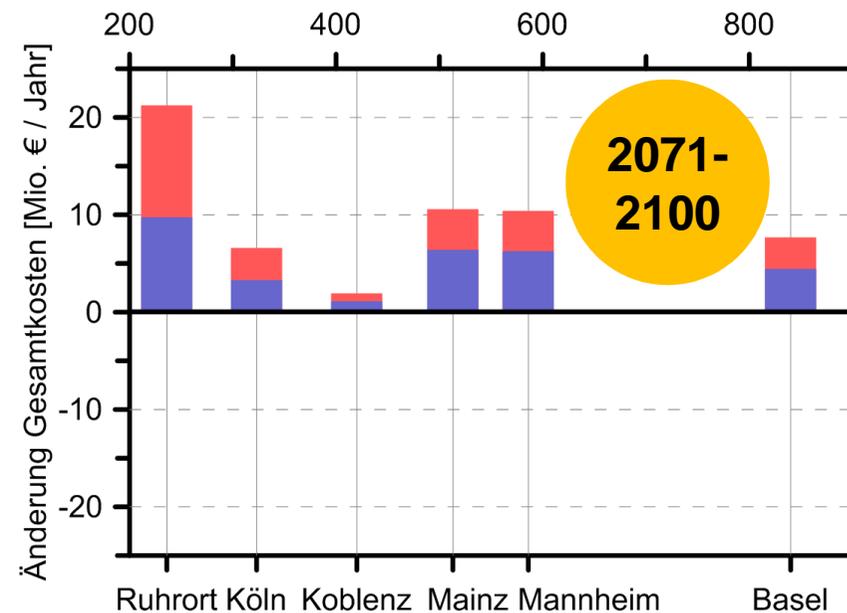
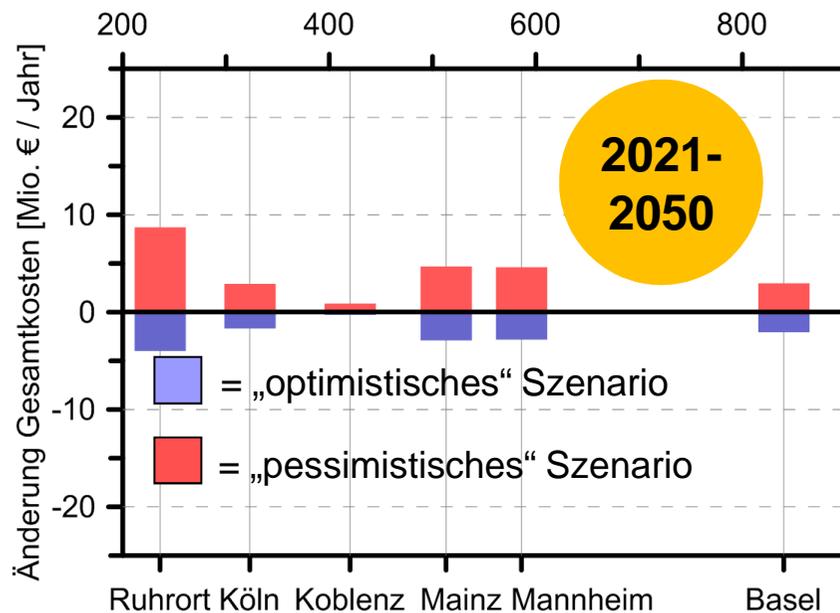
Veränderungen von Strömung,
Seegang, Wellenhöhe, Salz- und
Schwebstoffkonzentration in
Nord- und Ostsee

Entwicklung ökologisch und ökonomisch
sinnvoller Anpassungsoptionen für die
Gewässerstraßen an den Klimawandel

Auswirkungen des Klimawandels: Transportkosten für die Binnenschifffahrt



→ Für ein optimistisches und ein pessimistisches Niedrigwasserszenario



Kostenreduktion
~15 Mio. EUR/a ~ 2%

Kostenerhöhung
~25 Mio. EUR/a ~ 4%

Kostenerhöhung
~30 Mio. EUR/a ~ 5%

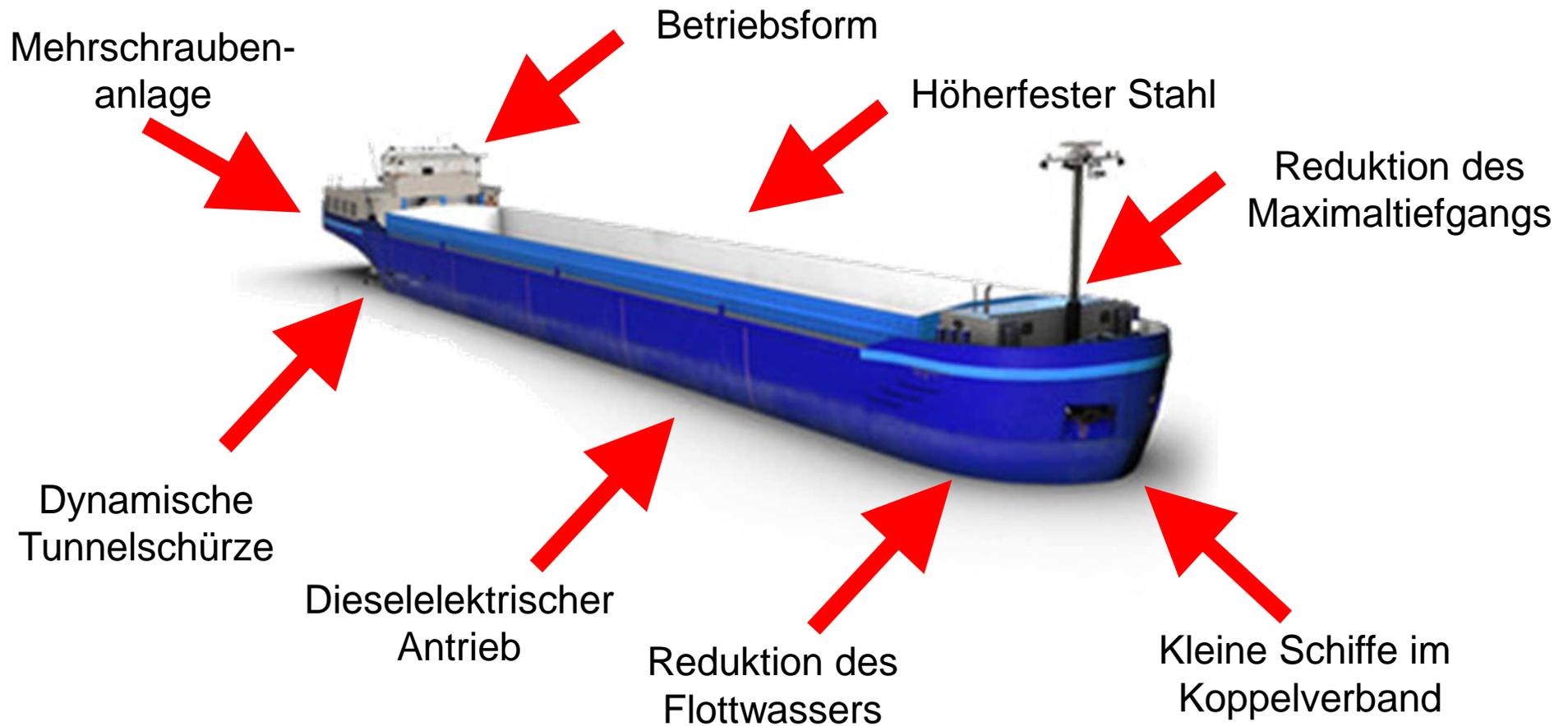
Kostenerhöhung
~60 Mio. EUR/a ~ 9%

Quelle: Nilson et al. (2014): KLIWAS-Bericht 43/2014



Anpassungsoptionen Schiffstechnik und -betrieb

Quelle: Nilson et al. (2013): KLIWAS Statuskonferenz



Was ist zu tun?



Anpassung technische Infrastruktur



Anpassung Planungsverfahren

Zukünftig auch mögliche Auswirkungen des Klimawandel in Planungsverfahren mit aufnehmen (Verkehrswegeplanung, Trassenführungen, Flughäfen)



Anpassung von Normungsverfahren

VDI-, DIN-, Schnee-, Windlastnormen



Bewusstsein für die Notwendigkeit zum Handeln auch bei bestehenden Unsicherheiten entwickeln

Zusammenfassung

- 1 Verkehrsinfrastrukturen sind stark vulnerabel gegenüber Wetterextremen
- 2 Häufigkeiten von extremen Wetterereignissen ändern sich jetzt schon, werden z. T. zukünftig deutlich zunehmen
- 3 Klimaanpassung der Verkehrsinfrastrukturen heißt Anpassung bestehender Normungs- und Planungsverfahren und technischer Infrastrukturen



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Vielen Dank!

Dr. Paul Becker
Vizepräsident des Deutschen Wetterdienstes