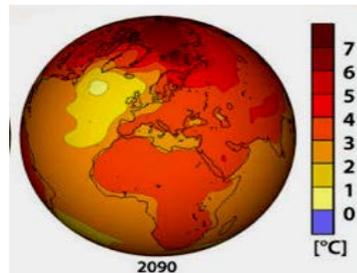


# Auswirkungen des Klimawandels auf die Energieinfrastruktur

Dr. Markus Groth

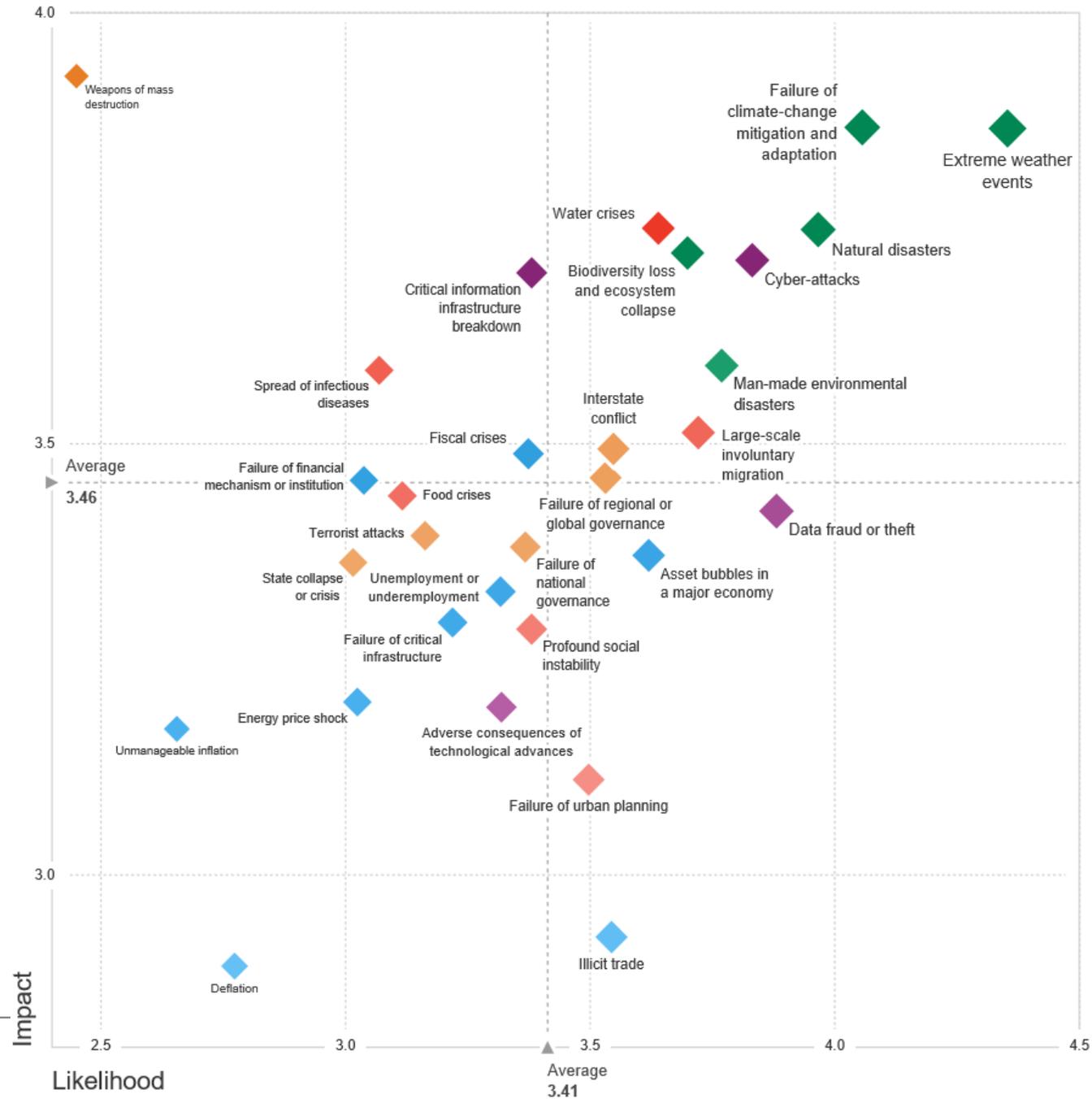


(Quellen: fotolia, GERICS)



# Einschätzung globaler Risiken

World Economic Forum: The Global Risks Landscape 2019



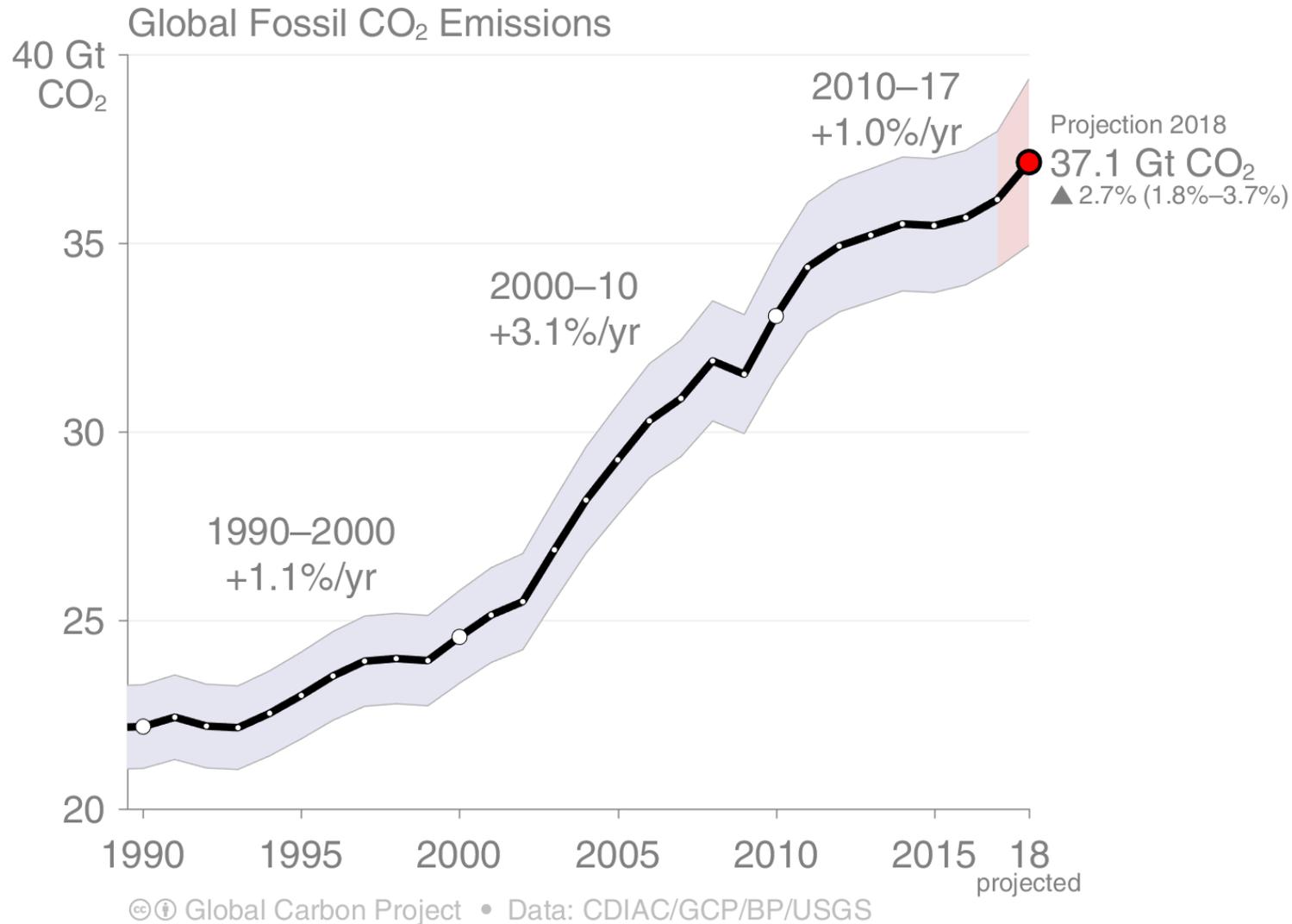
Insight Report

The Global Risks Report 2019  
14th Edition

In partnership with Marsh & McLennan Companies and Zurich Insurance Group



# Globale Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

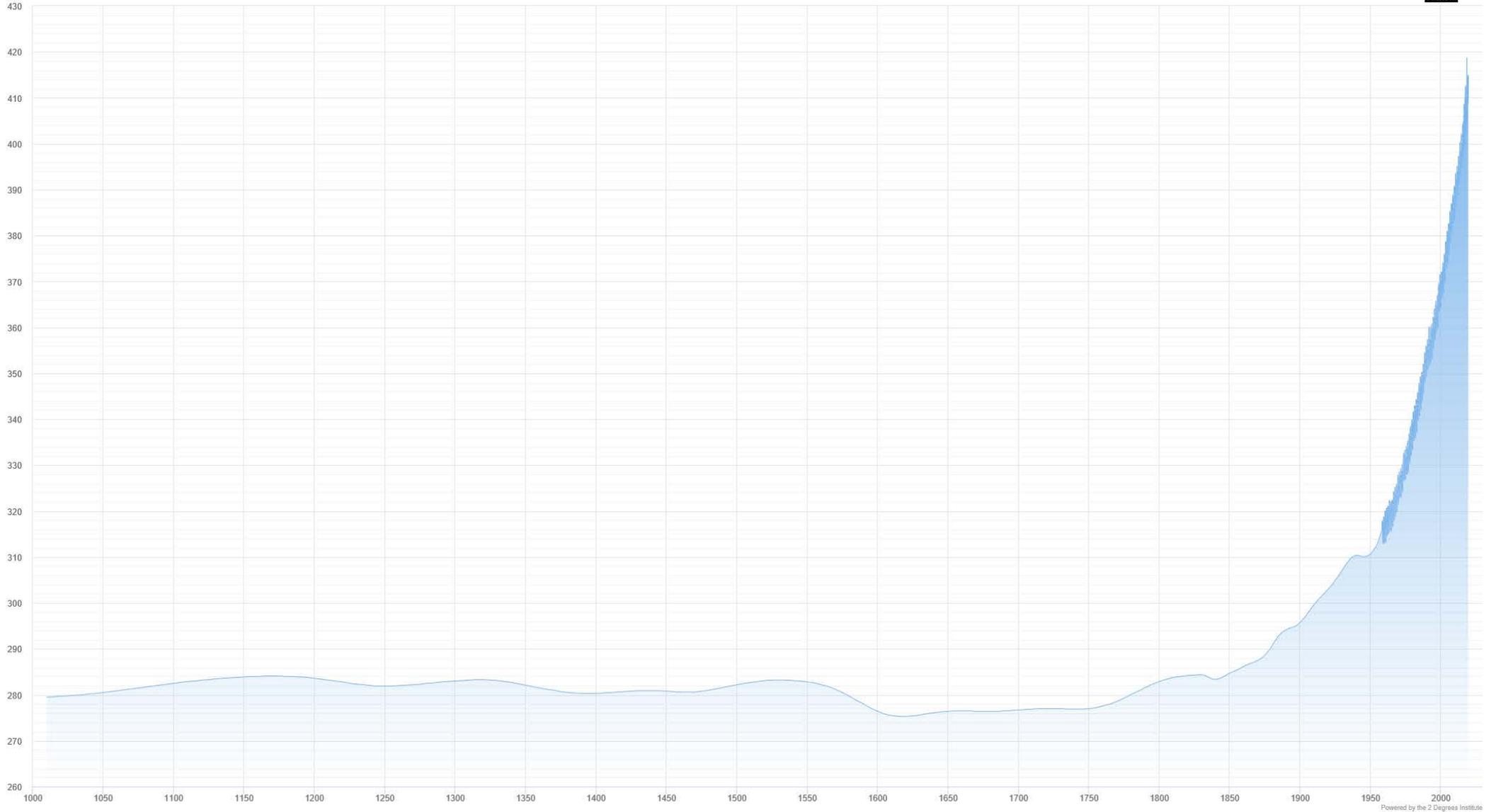


Quelle: [CDIAC](#); [Le Quéré et al 2018](#); [Global Carbon Budget 2018](#)

# Globale Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Konzentration

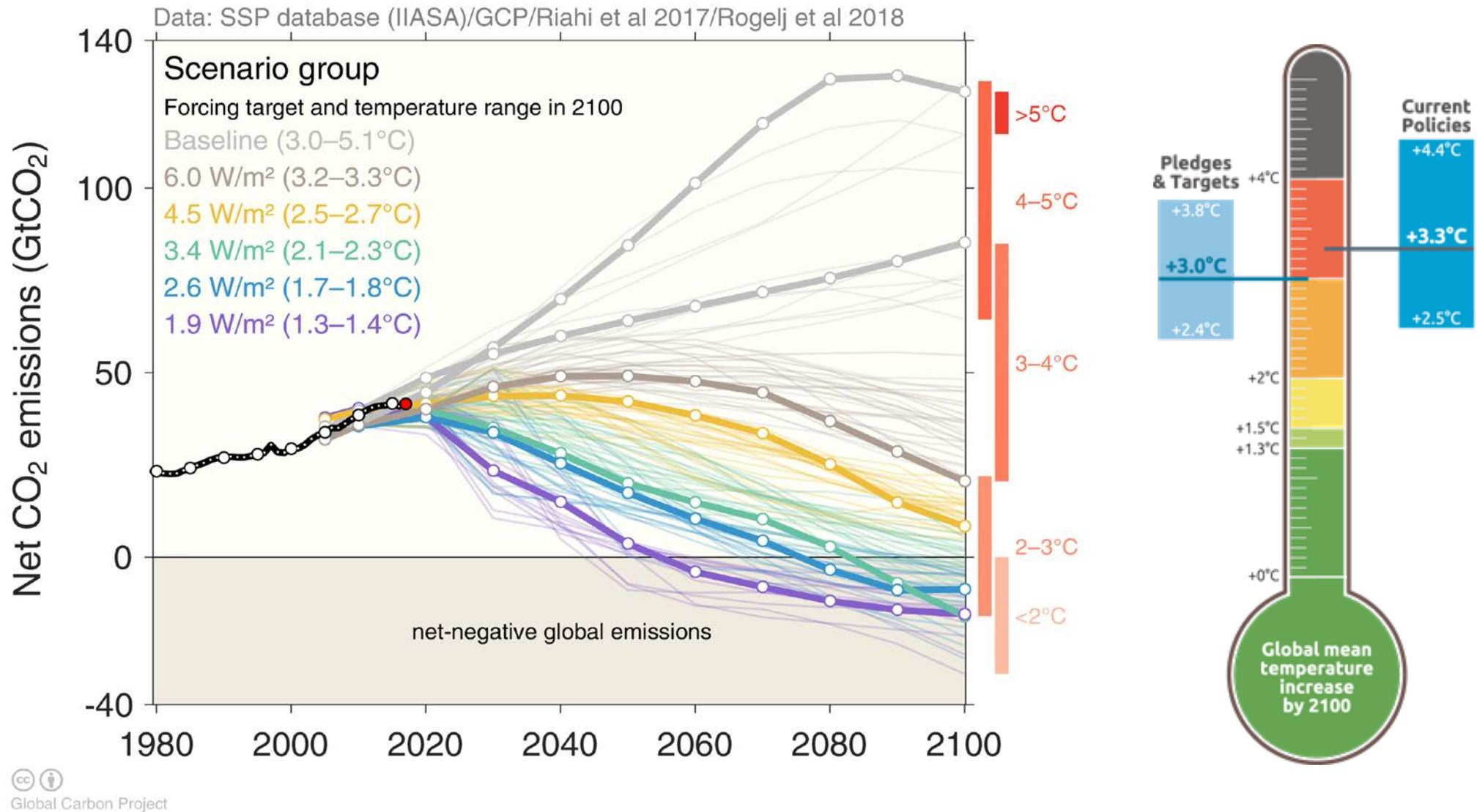


Click and drag in the plot area to zoom in



Quelle: <https://www.co2levels.org/>

# Auf dem Weg zum 2-Grad Ziel (oder sogar 1,5-Grad-Ziel)?



Quelle: [Riahi et al. 2016](#); [Rogelj et al. 2018](#); [IIASA SSP Database](#); [IAMC](#); [Global Carbon Budget 2018](#)

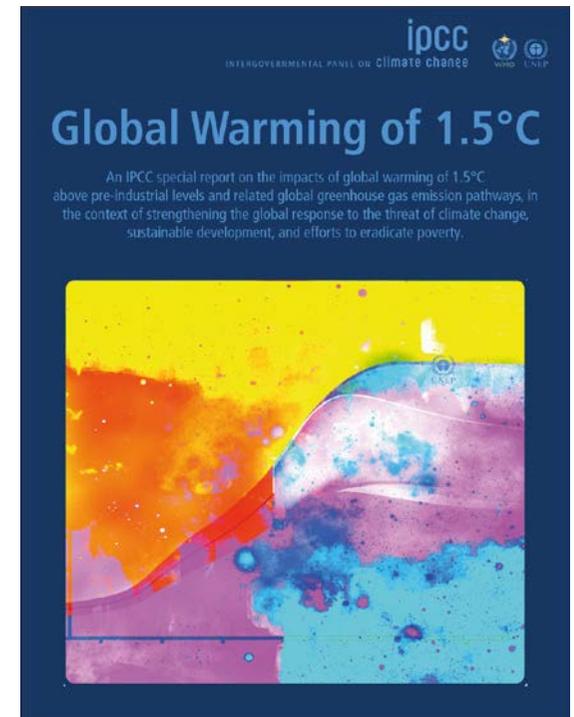
Quelle: Climate Action Tracker (2019)

# ■ IPCC Sonderbericht über 1,5°C globale Erwärmung (SR1.5)

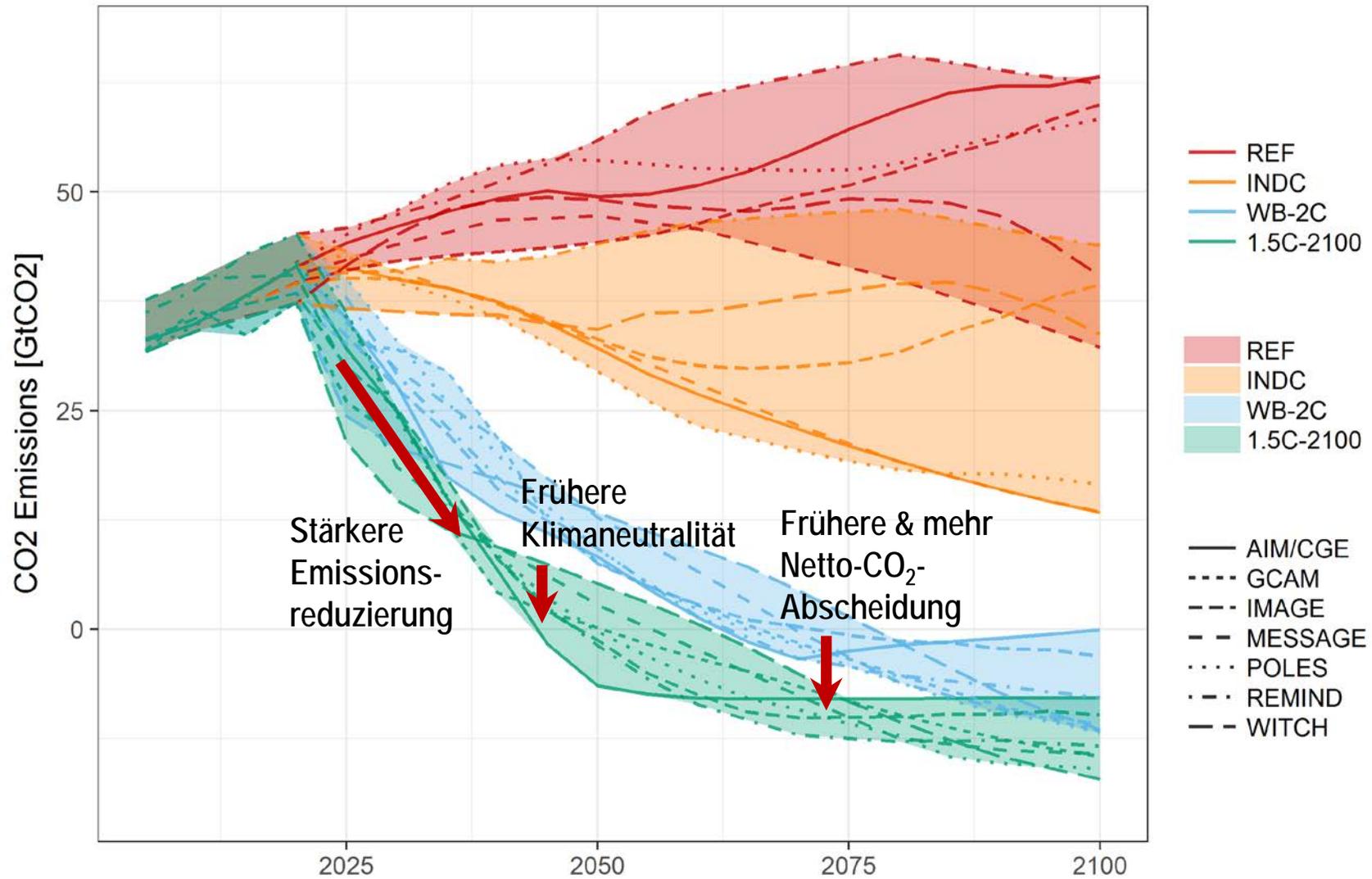
Hauptaussagen aus der Zusammenfassung für Entscheidungsträger  
Teil B "Projected Climate Change, Potential Impacts and Associated Risks"

## Auswirkungen der globalen Erwärmung – 1,5°C im Vergleich zu 2°C

- Es gäbe weniger Extremwetter, einschließlich extremer Hitze und Starkregen.
- Bis 2100 wäre der Meeresspiegelanstieg etwa 10 Zentimeter niedriger.
- 10 Millionen weniger Menschen wären Risiken durch einen steigenden Meeresspiegel ausgesetzt.
- Die Auswirkungen auf Biodiversität und Arten wären geringer.
- Die Reduzierung der Erträge von Mais, Reis und Weizen wäre geringer.
- Global wären bis zu 50% weniger Menschen einer Wasserknappheit ausgesetzt.
- Das Risiko für Fischerei und für davon abhängige menschliche Gemeinschaften wäre geringer.
- Bis zu mehreren hundert Millionen weniger Menschen wären bis 2050 klimabedingten Risiken ausgesetzt und von Armut bedroht.



# 1,5-Grad – die zusätzliche Herausforderung



Quelle: Luderer et al. (2018).

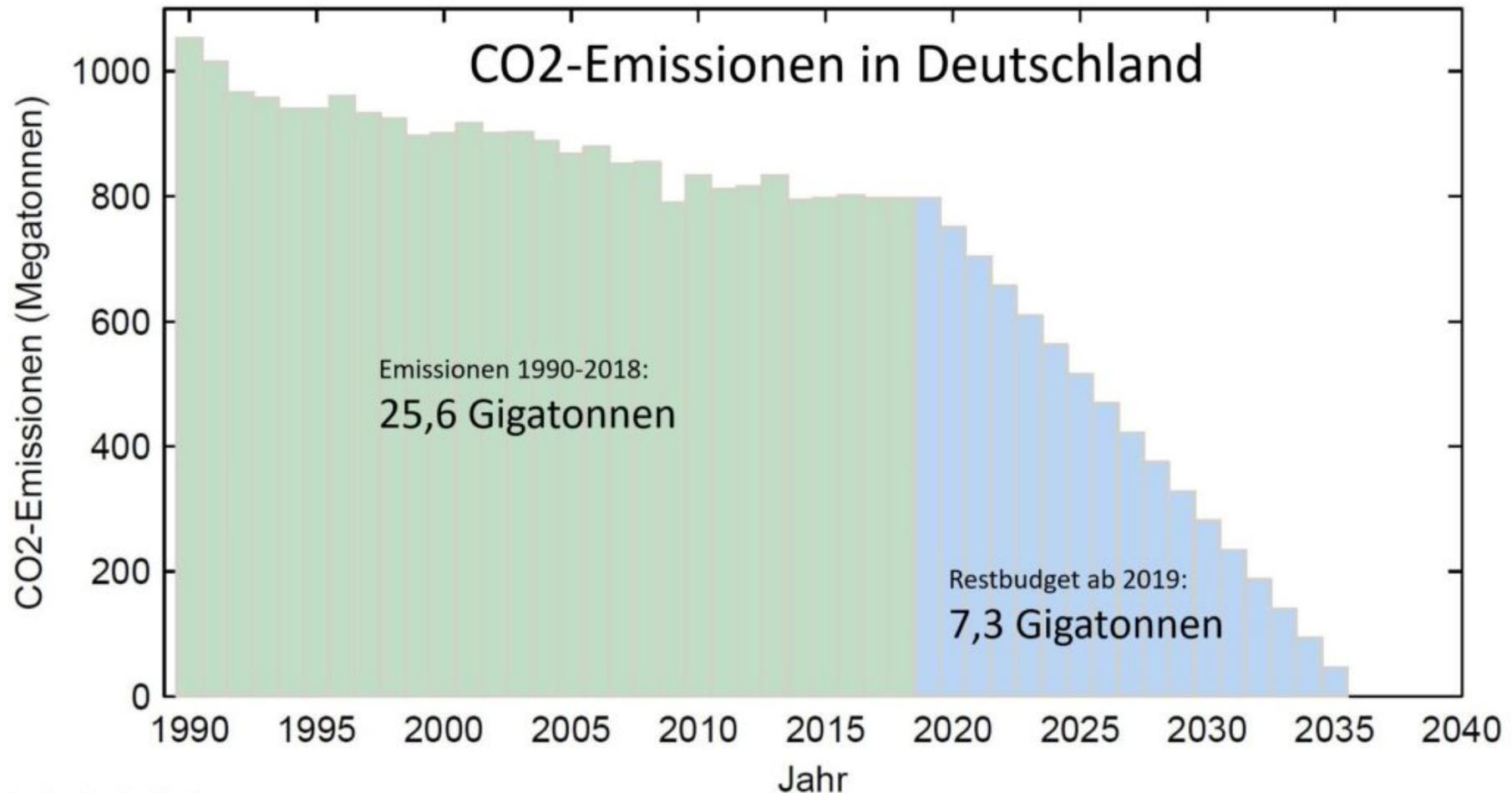
# Verbleibendes CO<sub>2</sub>-Emissionsbudget seit Anfang 2018

Additional Warming since 2006–2015 [°C] <sup>*(1)</sup>	Approximate Warming since 1850–1900 [°C] <sup>*(1)</sup>	Remaining Carbon Budget (Excluding Additional Earth System Feedbacks <sup>*(5)</sup> ) [GtCO <sub>2</sub> from 1.1.2018] <sup>*(2)</sup>			Key Uncertainties and Variations <sup>*(4)</sup>					
		Percentiles of TCRE <sup>*(3)</sup>			Earth System Feedbacks <sup>*(5)</sup>	Non-CO <sub>2</sub> scenario variation <sup>*(6)</sup>	Non-CO <sub>2</sub> forcing and response uncertainty	TCRE distribution uncertainty <sup>*(7)</sup>	Historical temperature uncertainty <sup>*(1)</sup>	Recent emissions uncertainty <sup>*(8)</sup>
		33rd	50th	67th	[GtCO <sub>2</sub> ]	[GtCO <sub>2</sub> ]	[GtCO <sub>2</sub> ]	[GtCO <sub>2</sub> ]	[GtCO <sub>2</sub> ]	[GtCO <sub>2</sub> ]
0.3		290	160	80	Budgets on the left are reduced by about –100 on centennial time scales	±250	–400 to +200	+100 to +200	±250	±20
0.4		530	350	230						
0.5		770	530	380						
0.53	~1.5°C	840	580	420						
0.6		1010	710	530						
0.63		1080	770	570						
0.7		1240	900	680						
0.78		1440	1040	800						
0.8		1480	1080	830						
0.9		1720	1260	980						
1		1960	1450	1130						
1.03	~2°C	2030	1500	1170						
1.1		2200	1630	1280						
1.13		2270	1690	1320						
1.2		2440	1820	1430						

Quelle: IPCC (2018).

# ■ Wie viel CO<sub>2</sub> darf Deutschland für 1,75-Grad noch ausstoßen?

- Verteilung nach Anzahl an der Weltbevölkerung (1,1%) und Einbeziehung der Emissionen bis Anfang 2019: Es bleiben uns noch 7,3 Gigatonnen ab Anfang 2019.
- Die jährliche lineare Minderung läge bei rund 6% der heutigen Emissionen.



Quelle: [Rahmstorf \(2019\), Creative Commons BY-SA 4.0.; https://scilog.spektrum.de/klimalounge/wie-viel-co2-kann-deutschland-noch-ausstossen/](https://scilog.spektrum.de/klimalounge/wie-viel-co2-kann-deutschland-noch-ausstossen/)

# Der GERICS - Bundesländer-Check

([https://climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/cordex/bundesland\\_nordrhein-westfalen\\_version1.2.pdf](https://climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/cordex/bundesland_nordrhein-westfalen_version1.2.pdf))

## Änderung des Klimas in Nordrhein-Westfalen für 2070-2099\*

Kennwerte	Beobachtungen Referenzzeitraum	„Klimaschutz“-Szenario	„Weiter-wie-bisher“- Szenario	Was bringt es, wenn wir dem „Klimaschutz“- Szenario folgen?
	30-jähriges Flächenmittel 1971-2000	RCP2.6 30-jähriges Flächenmittel (minimaler und maximaler Wert)	RCP8.5 30-jähriges Flächenmittel (minimaler und maximaler Wert)	
Jahresmitteltemperatur (°C)	<b>9,4 °C</b>	<b>ca. 1,0 °C Erhöhung</b> (0,3 – 2,7 °C)	<b>ca. 3,4 °C Erhöhung</b> (2,5 – 5,0 °C)	<b>ca. 2,4 °C weniger Erwärmung</b>
Sommertage (Tage mit Tmax > 25 °C)	<b>27 Tage</b>	<b>rund 8 Tage mehr</b> (3 – 21 Tage)	<b>rund 26 Tage mehr</b> (15 – 69 Tage)	<b>etwa dreimal geringere Zunahme an Sommertagen</b>
Hitzetage (Tage mit Tmax > 30 °C)	<b>5 Tage</b>	<b>rund 2 Tage mehr</b> (1 – 7 Tage)	<b>rund 10 Tage mehr</b> (3 – 40 Tage)	<b>etwa fünfmal geringere Zunahme an Hitzetagen</b>
Tropische Nächte (Tage mit Tmin > 20 °C)	<b>1 Nacht</b>	<b>rund 1 Nacht mehr</b> (0 – 4 Nächte)	<b>rund 7 Nächte mehr</b> (1 – 40 Nächte)	<b>etwa siebenmal geringere Zunahme an tropischen Nächten</b>

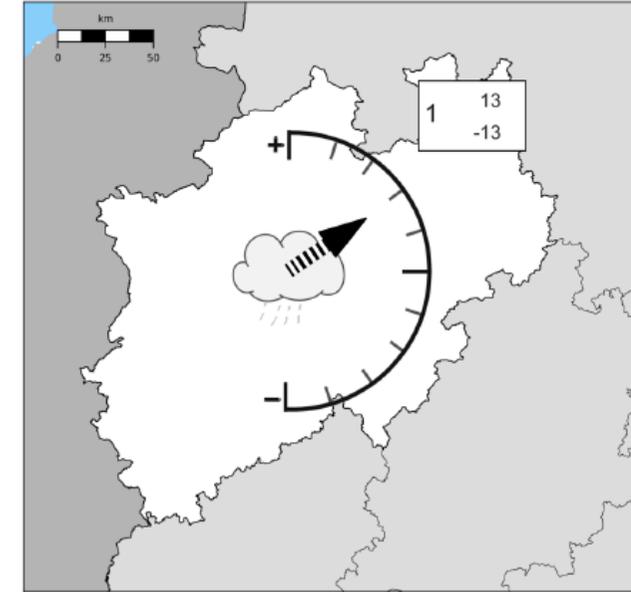
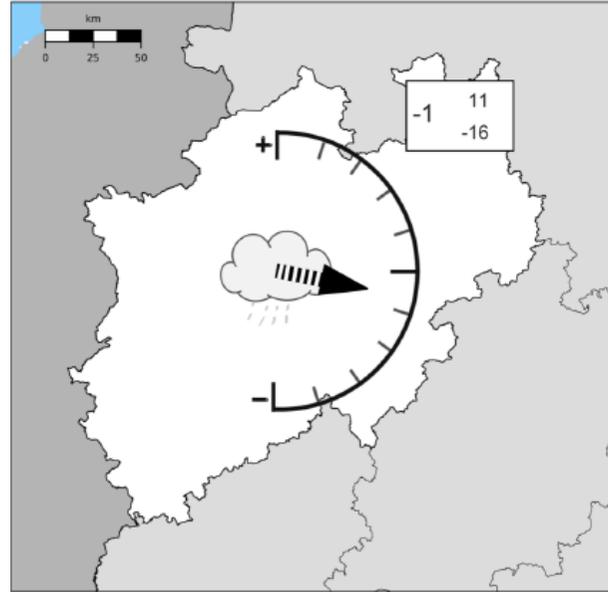
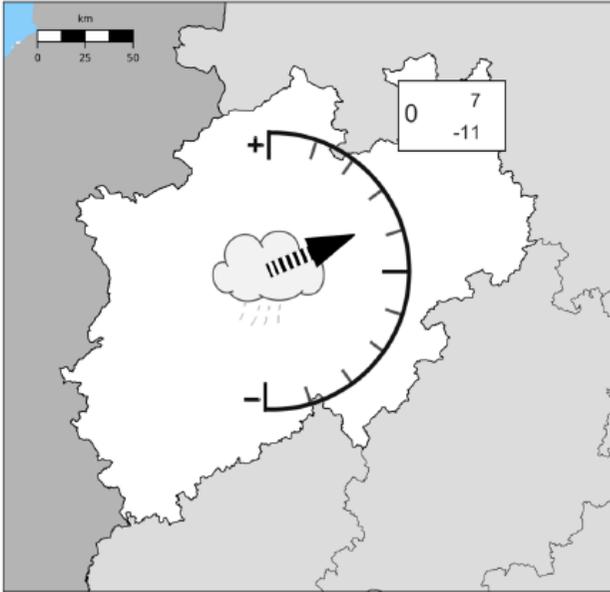
# Der GERICS - Bundesländer-Check

Regenkarte für 2070-2099: „Klimaschutz“ (oben) vs. „Weiter-wie-bisher“ (unten)

Jahresniederschlag

Sommerniederschlag

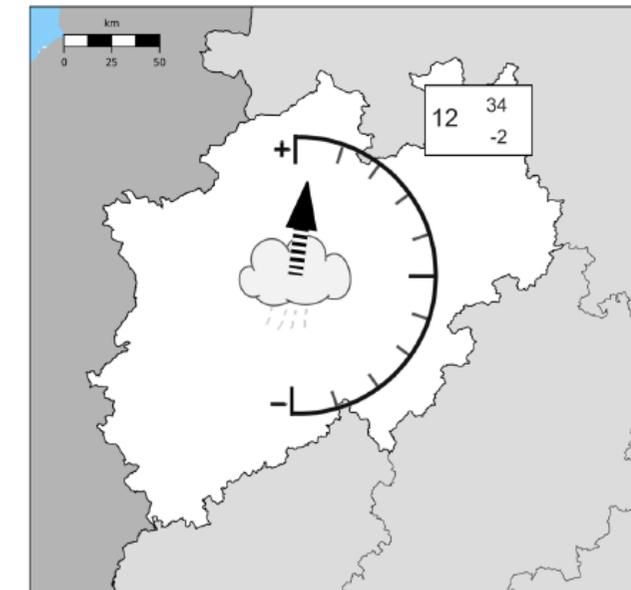
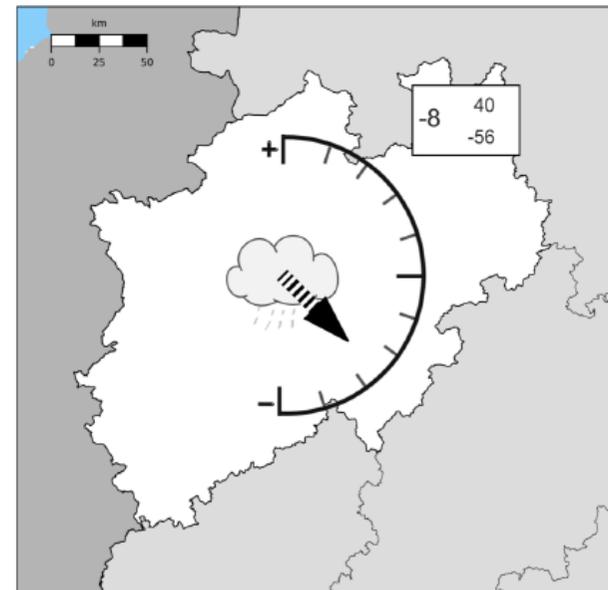
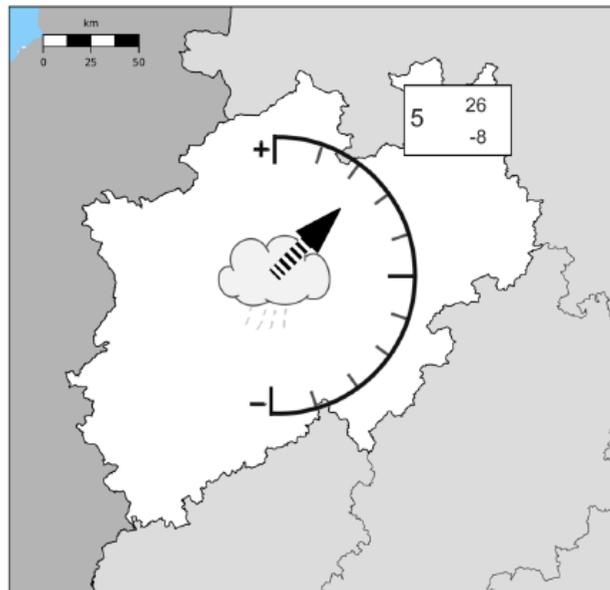
Winterniederschlag



Jahresniederschlag

Sommerniederschlag

Winterniederschlag



# GERICS - Bundesländer Klima-Ausblick

Kennwert	Klimaänderung für ein			Details
	"Weiter-wie-bisher" Szenario (RCP8.5)	Mittleres Szenario (RCP4.5)	Klimaschutz-Szenario (RCP2.6)	
Temperatur	Zunahme	Zunahme	Zunahme	Seiten 5, 14
Sommertage	Zunahme	Zunahme	Zunahme	Seiten 5, 14
Heiße Tage	Zunahme	Zunahme	Tendenz zur Zunahme	Seiten 6, 14
Tropische Nächte	Zunahme	Zunahme	Zunahme	Seiten 6, 14
Dauer von Hitzeperioden	Zunahme	Zunahme	Tendenz zur Zunahme	Seiten 7, 14
Tage > 5°C	Zunahme	Zunahme	Zunahme	Seiten 7, 14
Heizgradtage	Abnahme	Abnahme	Abnahme	Seiten 8, 14
Eistage	Abnahme	Abnahme	Abnahme	Seiten 8, 14
Frosttage	Abnahme	Abnahme	Abnahme	Seiten 9, 14
Spätfrosttage	Abnahme	Abnahme	Abnahme	Seiten 9, 14
Niederschlagssumme	Tendenz zur Zunahme	Tendenz zur Zunahme	Tendenz zur Zunahme	Seiten 10, 15
Niederschlag > 10mm	Zunahme	Tendenz zur Zunahme	Tendenz zur Zunahme	Seiten 10, 15
Niederschlag > 20mm	Zunahme	Tendenz zur Zunahme	Tendenz zur Zunahme	Seiten 11, 15
Trockentage	keine Änderungen	keine Änderungen	keine Änderungen	Seiten 11, 15
Nasse Tage	keine Änderungen	keine Änderungen	keine Änderungen	Seiten 12, 15
Windgeschwindigkeit	keine Änderungen	Tendenz zur Abnahme	Tendenz zur Abnahme	Seiten 12, 16
Klimawasserbilanz	Tendenz zur Zunahme	Tendenz zur Zunahme	keine Änderungen	Seiten 13, 16
Schwüle	Zunahme	Zunahme	Zunahme	Seiten 13, 16



# Globale Erwärmung und Auswirkungen am Beispiel Hamburg

([https://gerics.de/products\\_and\\_publications/publications/IPCC/detail/079242/index.php.de](https://gerics.de/products_and_publications/publications/IPCC/detail/079242/index.php.de))

	„heute“	1,5°C	2°C	3°C	4°C
<b>Frosttage:</b> Temperaturminimum unter 0 Grad	74 Tage	-22 Tage <i>-37 bis -8</i>	-28 Tage <i>-46 bis -13</i>	-36 Tage <i>-46 bis -28</i>	-48 Tage <i>-60 bis -36</i>
<b>Winterniederschlag:</b> Durchschnitt Dezember, Januar, Februar	166 Liter pro m <sup>2</sup>	+17 Liter pro m <sup>2</sup> <i>-15 bis +33</i>	+15 Liter pro m <sup>2</sup> <i>-18 bis +49</i>	+29 Liter pro m <sup>2</sup> <i>-13 bis +59</i>	+41 Liter pro m <sup>2</sup> <i>-12 bis +77</i>
<b>Heiße Tage:</b> Tageshöchsttemperatur über 30 Grad	3 Tage	+1 Tage <i>0 bis +8</i>	+1 Tage <i>0 bis +10</i>	+4 Tage <i>+1 bis +13</i>	+6 Tage <i>+2 bis +18</i>
<b>Tage mit Schwüle:</b> Temperatur und Luftfeuchtigkeit kritisch	3 Tage	+5 Tage <i>+1 bis +23</i>	+9 Tage <i>+2 bis +23</i>	+18 Tage <i>+14 bis +28</i>	+26 Tage <i>+24 bis +56</i>
<b>Tage mit Starkniederschlag:</b> Mindestens 20 Liter pro Quadratmeter	3 Tage	+1 Tage <i>0 bis +1</i>	+1 Tage <i>0 bis +2</i>	+1 Tage <i>0 bis +2</i>	+2 Tage <i>+1 bis +3</i>
<b>Sommerniederschlag:</b> Durchschnitt Juni, Juli, August	201 Liter pro m <sup>2</sup>	+6 Liter pro m <sup>2</sup> <i>-33 bis +40</i>	-3 Liter pro m <sup>2</sup> <i>-47 bis +59</i>	-13 Liter pro m <sup>2</sup> <i>-58 bis +80</i>	-3 Liter pro m <sup>2</sup> <i>-45 bis +85</i>
<b>Lufttemperatur:</b> Mittlere Temperatur in 2 Meter Höhe	8,7°C	+1,2°C <i>+0,5 bis +1,7</i>	+1,6°C <i>+0,8 bis +2,2</i>	+2,2°C <i>+1,9 bis +2,9</i>	+3,0°C <i>+2,5 bis +3,9</i>
<b>Schlecht-Schlaf-Index:</b> Nachttemperatur über 18 Grad	<1 Nacht	+1 Nacht <i>0 bis +15</i>	+2 Nächte <i>0 bis +22</i>	+6 Nächte <i>+2 bis +21</i>	+11 Nächte <i>+3 bis +34</i>

# Auswirkungen des Klimawandels auf den Energiesektor

EEA Report | No 01/2019

Adaptation challenges and opportunities  
for the European energy system  
Building a climate-resilient low-carbon energy system

ISSN 1977-8449



European Environment Agency 

## Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht

Beiträge zur rechts-,  
wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen  
Umweltforschung **3/2018**

September 2018, 41. Jahrgang Seiten 261–412

### Inhaltsverzeichnis

#### Abhandlung

<i>Jochen Dehio und Michael Rothgang</i> Sammlung und Verwertung von Leichtverpackungen: Eine ökonomische Analyse des dualen Systems .....	261
<i>Christoph J. Diepes und Nikolas D. Müller</i> Klimarelevante Handlungsfelder in der verbindlichen Bauleitplanung – Nutzen deutscher Großstädte den ihnen zur Verfügung stehenden Handlungsspielraum für Klimaschutz und Klimaanpassung aus? .....	288
<i>Markus Groth, Steffen Bender, Jörg Cortekar, Thomas Remke und Marius Stankoweit</i> Auswirkungen des Klimawandels auf den Energiesektor in Deutschland .....	324
<i>Johannes Thiele, Ulrich Hartung und Jale Tosun</i> Wer steuert die Verkehrswende? .....	356
<i>Victoria Caillet, Michael Kraft, Verena Maurer und Peter Zoth</i> Die Mindestwasserführung als Instrument des Gewässerschutzes vor den Auswirkungen von Niedrigwasserereignissen .....	385
<b>Die Autoren</b> .....	410

TAGESSPIEGEL ENERGIE & KLIMA  
**BACKGROUND**

Hans von Storch  
Insa Meinke  
Martin Claußen *Hrsg.*

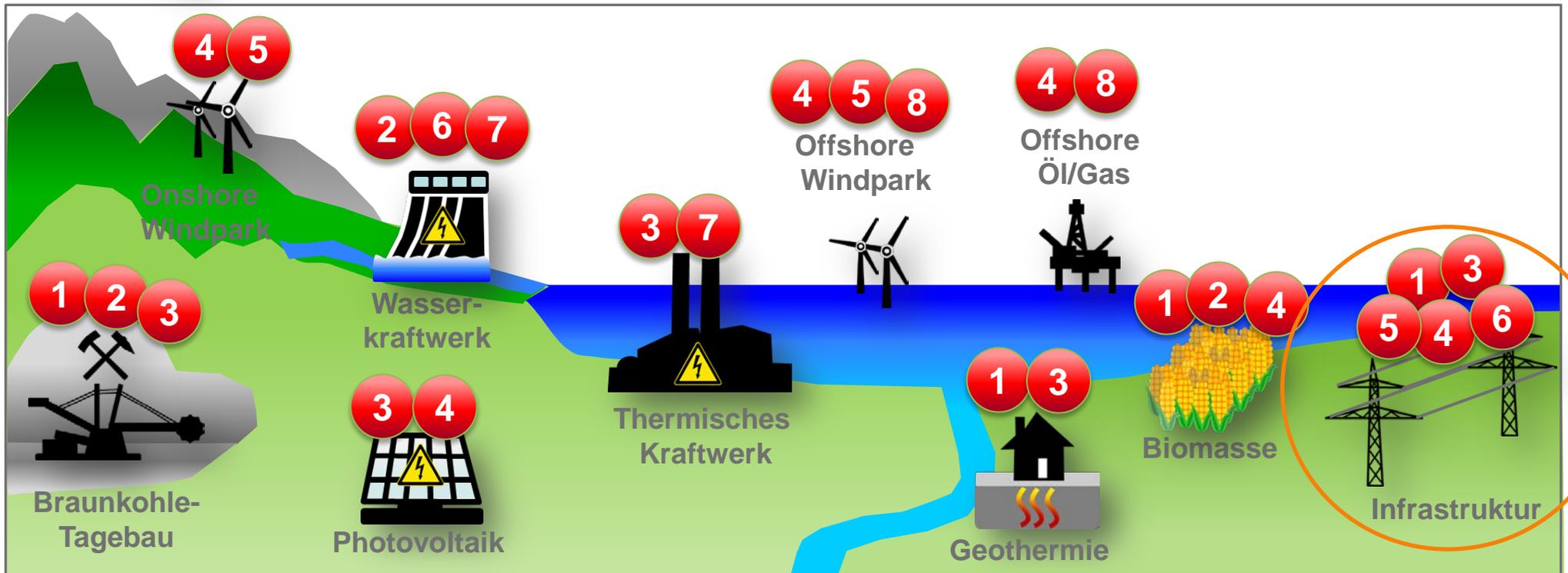
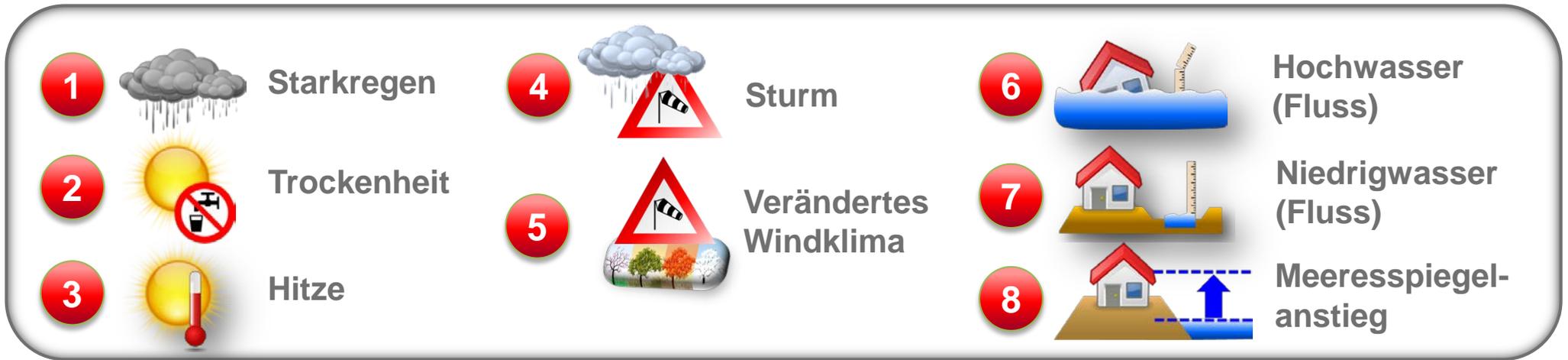
## Hamburger Klimabericht

Wissen über Klima, Klimawandel und Auswirkungen  
in Hamburg und Norddeutschland

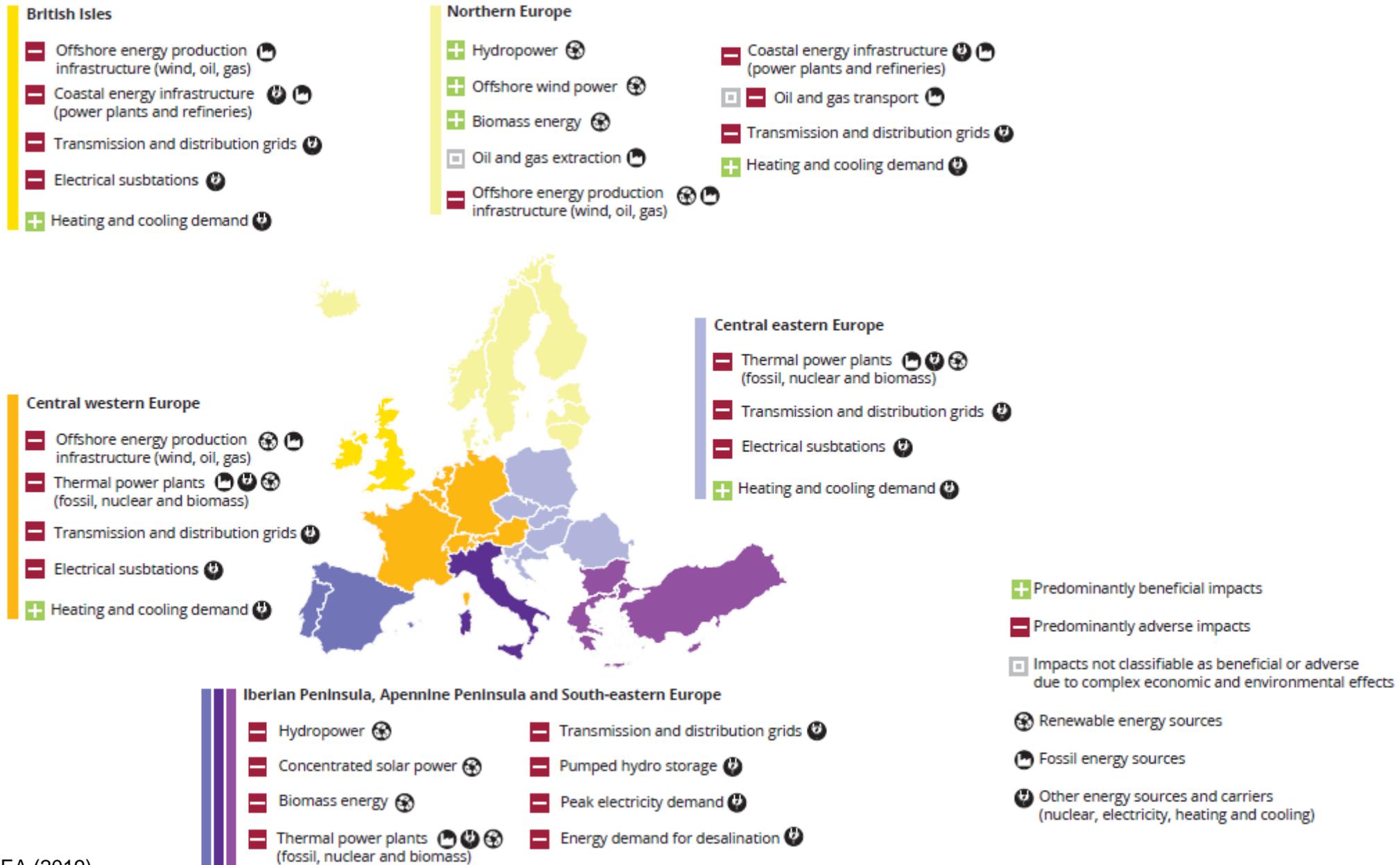
OPEN

 Springer Spektrum

# Auswirkungen des Klimawandels auf die Energieinfrastruktur



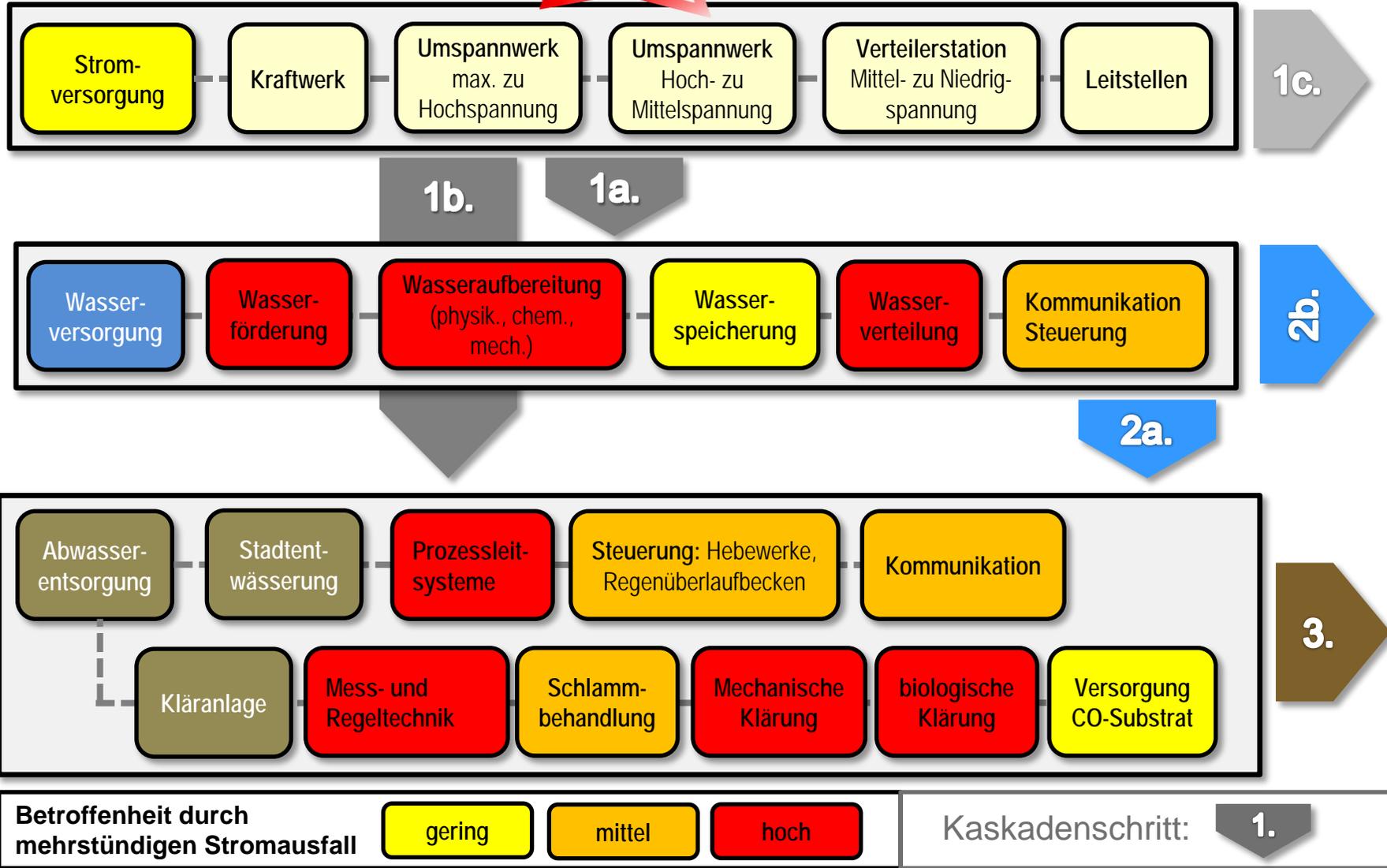
# Folgen des Klimawandels für das Energiesystem in Europa



Quelle: EEA (2019).



# Kaskadeneffekte: Vulnerabilität der Einzelkomponenten



# Umweltverträglichkeitsprüfung und Klimawandel

Umsetzung einer neuen EU-Richtlinie seit Mai 2017 zur Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels im Rahmen der UVP

**Amtsblatt** L 124  
der Europäischen Union

 57. Jahrgang  
Ausgabe in deutscher Sprache Rechtsvorschriften 25. April 2014

Inhalt

I Gesetzgebungsakte

RICHTLINIEN

- Richtlinie 2014/52/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. April 2014 zur Änderung der Richtlinie 2011/92/EU über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten (\*) ..... 1

II Rechtsakte ohne Gesetzescharakter

VERORDNUNGEN

- Durchführungsverordnung (EU) Nr. 418/2014 der Kommission vom 24. April 2014 zur Änderung des Anhangs der Verordnung (EU) Nr. 37/2010 über pharmakologisch wirksame Stoffe und ihre Einstufung hinsichtlich der Rückstandshöchstmengen in Lebensmitteln tierischen Ursprungs betreffend Ivermectin (\*) ..... 19
- Durchführungsverordnung (EU) Nr. 419/2014 der Kommission vom 24. April 2014 zur Festlegung pauschaler Einfuhrwerte für die Bestimmung der für bestimmtes Obst und Gemüse geltenden Einfuhrpreise ..... 22
- Durchführungsverordnung (EU) Nr. 420/2014 der Kommission vom 24. April 2014 zur Aufhebung der Aussetzung der Einreichung von Anträgen auf Einfuhrzulizen für Zuckererzeugnisse im Rahmen bestimmter Zollkonventionen ..... 24

(\*) Text von Bedeutung für den EWR

**DE** Bei Rechtsakten, deren Titel in magerer Schrift gedruckt sind, handelt es sich um Rechtsakte der laufenden Verwaltung im Bereich der Agrarpolitik, die normalerweise nur eine begrenzte Geltungsdauer haben. Rechtsakte, deren Titel in fetter Schrift gedruckt sind und denen ein Sternchen vorangestellt ist, sind sonstige Rechtsakte.

25.4.2014

DE

Amtsblatt der Europäischen Union

L 124/1

I

(Gesetzgebungsakte)

## RICHTLINIEN

**RICHTLINIE 2014/52/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES**

**vom 16. April 2014**

**zur Änderung der Richtlinie 2011/92/EU über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten**

(Text von Bedeutung für den EWR)

- (13) Der Klimawandel wird weiter Umweltschäden verursachen und die wirtschaftliche Entwicklung gefährden. Diesbezüglich ist es angezeigt, die Auswirkungen von Projekten auf das Klima (z. B. Treibhausgasemissionen) und ihre Anfälligkeit in Bezug auf den Klimawandel zu bewerten.

# Qualitätssicherung durch kritisches Hinterfragen

TEXTE  
17/2013

## Grundlagen für die Technische Regel für Anlagensicherheit (TRAS) 310

Vorkehrungen und Maßnahmen wegen der Gefahrenquellen Niederschläge und Hochwasser

Umwelt Bundes Amt  
Für Mensch und Umwelt

Technische Regel Anlagensicherheit  
Vorkehrungen und Maßnahmen wegen der Gefahrenquellen Niederschläge und Hochwasser

### Anhang I Berücksichtigung des Klimawandels

Grundsätze:  
Zur Anpassung an den Klimawandel ist dieser wie folgt zu berücksichtigen:

1. Auf die für das Jahr 2010 anzusetzenden Intensitäten von auslösenden Ereignissen wird ein Klimaanpassungsfaktor von 1,2 angewandt, um mögliche Änderungen bis 2050 zu berücksichtigen.
2. Neue Anlagen, die bis 2050 bzw. über 2050 hinaus ausgelegt werden, sollen der Anforderung entsprechen.
3. Der Klimaanpassungsfaktor muss nicht berücksichtigt werden, wenn eine neu geplante Anlage nicht bis 2050 betrieben werden soll.
4. Im Jahr 2050 sollen alle Anlagen unter Berücksichtigung des Klimaanpassungsfaktor ausgelegt sein.
5. Durch eine detaillierte Gefahrenquellenanalyse kann im Einzelfall begründet werden, dass von dem Faktor 1,2 abgewichen wird. Dies ist insbesondere möglich, wenn die Folgen des Klimawandels bereits in (Hochwasser-) Gefahrenkarten berücksichtigt sind oder die zuständige Behörde für das jeweilige Gewässer die mögliche Veränderung des Abflusses bei Hochwasser aufgrund des Klimawandels bereits festgestellt hat.
6. Sollten bis 2050 andere Erkenntnisse hinsichtlich des Klimawandels vorliegen, werden diese im Rahmen der Überarbeitungen dieser TRAS berücksichtigt.

Anforderungen:  
Im Einzelnen wird der Bedarf der Anpassung berücksichtigt:

Gefahrenquelle	ab 2010 anzusetzende Intensität	
Flusshochwasser	Hochwasserabfluss vgl. Kapitel 7	
Sturzflutereignisse <sup>30</sup>	Hochwasserabfluss	
Sturmflutereignisse	Sollhöhe von Deiche gemäß Festsetzung	
Starkniederschläge	Starkniederschlagshöhe <sup>32</sup> für t = 100 a	1,2 x Starkniederschlagshöhe für t = 100 a
aufsteigendes Grundwasser	Geländeoberkante	Geländeoberkante (Klimaanpassungsfaktor nicht relevant)

Technische Regel Anlagensicherheit „Niederschläge und Hochwasser“  
Hinweise und Erläuterungen zur TRAS

las zur Verfügung.<sup>46</sup> Die hier aufbereiteten Daten geben einen ersten Anhaltspunkt über die zu erwartenden Starkniederschläge. Informationen über Starkniederschläge können ergänzend von den örtlichen Wasserbehörden erfragt werden, die ggf. die örtlichen Verhältnisse besser wiedergeben. Für die Betrachtung von „Dennoch-Störfällen“ können die Praxisrelevanten Extremwerte des Niederschlags (siehe: Zu Ermittlung von Szenarien gemäß § 3 Absatz 3 StörfallV (Dennoch-Störfälle) und Szenarien für die Alarm- und Gefahrenabwehrplanung), die eine Extrapolation der Kostra-Daten sind, angesetzt werden.

Die zukünftige Entwicklung von Niederschlägen wird mit regionalen Klimamodellen simuliert. Diese nutzen Daten aus globalen Modellen, die auf der Grundlage verschiedener sozioökonomischer Entwicklungen mit ihren jeweiligen Emissionsszenarien berechnet wurden. Die zur Verfügung stehenden regionalen Klimamodelle zeigen die Trends der Niederschlagssummen und deren jahreszeitlichen Verteilung. Nähere Informationen zu den regionalen Klimamodellen gibt der Anhang 1 dieses Berichtes.

Als vereinfachende Alternative zu den aufwendigen Berechnungen der Klimamodelle soll daher zur Berücksichtigung des Klimawandels ein Faktor von 1,2 auch für die im Kostra-Atlas ausgewiesenen Niederschlagshöhen angenommen werden (vgl. Anhang I der TRAS).

Auf der Basis der Niederschlagsdaten ist eine Zu- und Abflussbilanz zu erstellen, wie dies z.B. für die Bemessung von Regenrückhalteräumen erfolgt<sup>47</sup>. Zur Ermittlung der Zu- und Abflussräume für verschiedene Zeiträume von Niederschlägen können

fahren, Fließzeitverfahren, zur SCS-Methode (TR-55) und zu KALYPSO<sup>48</sup> dieses Berichtes beschrieben. Das Zeitwertverfahren & Fließzeitverfahren wurde in Anhang 6 „Beispiel einer Gefahrenquellenanalyse“ der Hinweise und Erläuterungen zum Entwurf der TRAS eingesetzt.

Die zur Beurteilung der Gefährdungslage essentiellen Ausgangsinformationen wie der oberirdische Zufluss, die Fließtiefe und die Fließzeit zwischen Niederschlagsereignissen. Diese Methode ist auch in Deutschland eingeführt. Niederschlagsspenden in Verbindung mit dem Klimafaktor

RA-DWD-2000 – Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951 – 2000) – Ermittlung von Regenrückhalteräumen“ DWA-A 117, April 2006.

63

Als vereinfachende Alternative zu den aufwendigen Berechnungen der Klimamodelle soll daher zur Berücksichtigung des Klimawandels ein Faktor von 1,2 auch für die im Kostra-Atlas ausgewiesenen Niederschlagshöhen angenommen werden (vgl. Anhang I der TRAS).

Zur Anpassung an den Klimawandel ist dieser wie folgt zu berücksichtigen:

1. Auf die für das Jahr 2010 anzusetzenden Intensitäten von auslösenden Ereignissen wird ein Klimaanpassungsfaktor von 1,2 angewandt, um mögliche Änderungen bis 2050 zu berücksichtigen.
2. Neue Anlagen, die bis 2050 bzw. über 2050 hinaus ausgelegt werden, sollen der Anforderung entsprechen.



***Vielen Dank.  
Fragen!?***

**Kontakt:**

Dr. Markus Groth

Climate Service Center Germany (GERICS)

Fischertwiete 1, 20095 Hamburg

Email: [Markus.Groth@hzg.de](mailto:Markus.Groth@hzg.de)

<http://www.climate-service-center.de>