

Kurz und knapp

Dieser Klimaausblick informiert über mögliche zukünftige Entwicklungen des Klimas in Nordrhein-Westfalen, basierend auf den Ergebnissen von 85 regionalen Klimamodellsimulationen. Es werden 17 verschiedene Kennwerte für Klimaänderungen dargestellt, die in unterschiedlichen Handlungsfeldern relevant sind. Sie werden durch eine Experteneinschätzung zur Robustheit der gezeigten Änderungen ergänzt. Die Kennwerte werden auch für das Klima der nahen Vergangenheit dargestellt. Diese wurden aus Beobachtungsdaten für Nordrhein-Westfalen berechnet.

Die Analysen ergeben - je nach Modell und Szenario - einen Anstieg der bodennahen Lufttemperatur, bezogen auf den Referenzzeitraum von 1971-2000, bis zum Ende des 21. Jahrhunderts um 0.3 °C bis 5.0 °C. Die Temperaturzunahme ist für alle Szenarien robust. Die zum Ende des 21. Jahrhunderts projizierten Änderungen des Jahresniederschlags reichen von einer Abnahme von 11.3 % bis zu einer Zunahme von 29.0 %; wobei die Änderungen für keines der Szenarien robust sind.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die verschiedenen Ausprägungen der klimatischen Änderungen für die 17 Kennwerte (Erläuterung der Kategorien s. Seite 4). Für diese Tabelle und die Tabellen auf den Seiten 5 und 6 gilt: Farbig gekennzeichnete Änderungen sind robust, dabei sind robuste Zunahmen rot unterlegt, robuste Abnahmen blau.

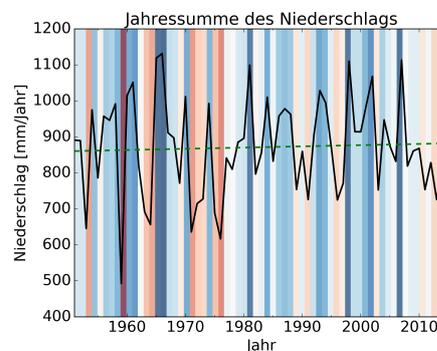
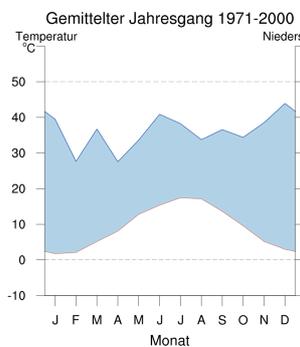
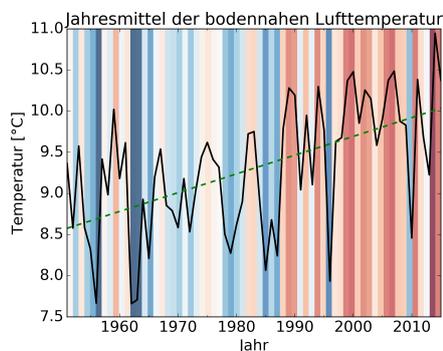
Kennwert	Klimaänderungen für das Ende des 21. Jahrhunderts			Details
	Szenario mit hohen Emissionen (RCP8.5)	Szenario mit mittleren Emissionen (RCP4.5)	Szenario mit niedrigen Emissionen (RCP2.6)	
Temperatur	Zunahme	Zunahme	Zunahme	S. 5, 8
Sommertage	Zunahme	Zunahme	Zunahme	S. 5, 8
Heiße Tage	Zunahme	Zunahme	Tendenz zur Zunahme	S. 5, 9
Tropische Nächte	Zunahme	Zunahme	Zunahme	S. 5, 9
Frosttage	Abnahme	Abnahme	Abnahme	S. 5, 10
Spätfrosttage	Abnahme	Abnahme	Abnahme	S. 5, 10
Eistage	Abnahme	Abnahme	Abnahme	S. 5, 11
Tage über 5 °C	Zunahme	Zunahme	Zunahme	S. 5, 11
Maximale Dauer von Hitzeperioden	Zunahme	Zunahme	Tendenz zur Zunahme	S. 5, 12
Niederschlag	Tendenz zur Zunahme	Tendenz zur Zunahme	Tendenz zur Zunahme	S. 6, 13
Trockentage	Tendenz zur Zunahme	Keine Änderungen	Tendenz zur Zunahme	S. 6, 13
Niederschlag ≥ 20 mm/Tag	Zunahme	Zunahme	Tendenz zur Zunahme	S. 6, 14
95. Perzentil des Niederschlags	Zunahme	Zunahme	Tendenz zur Zunahme	S. 6, 14
99. Perzentil des Niederschlags	Zunahme	Zunahme	Tendenz zur Zunahme	S. 6, 15
Klimatische Wasserbilanz	Tendenz zur Zunahme	Keine Änderungen	Keine Änderungen	S. 6, 15
Windgeschwindigkeit	Keine Änderungen	Tendenz zur Abnahme	Tendenz zur Abnahme	S. 6, 16
Schwüle Tage	Zunahme	Zunahme	Zunahme	S. 6, 16

Das Klima von heute und bereits beobachtete Änderungen

Nordrhein-Westfalen liegt im Bereich des gemäßigten Klimas mit einer durchschnittlichen Jahresmitteltemperatur von 9.3 °C im Zeitraum 1971-2000. Die im mittleren Jahresverlauf geringste monatliche Durchschnittstemperatur liegt im Januar bei 1.7 °C, die höchste im Juli bei 17.4 °C. Die durchschnittliche Jahresniederschlagssumme in der Periode 1971-2000 beträgt in Nordrhein-Westfalen 862.4 mm. Die geringsten Niederschläge treten im Februar mit einer monatlichen Niederschlagsmenge von durchschnittlich 55.1 mm auf, die höchsten Werte im Juni mit durchschnittlich 87.8 mm. Für mehrere Klimastationen liegen langjährige Beobachtungsdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) vor, die im HYRAS-Datensatz auf ein Raster mit 5 km Auflösung interpoliert wurden. Als Mittelwert über das Gebiet des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen und über die Zeitperiode von 1971 bis 2000 ergeben sich folgende klimatische Kennwerte:

Klimadiagramme und Klimakennwerte für Nordrhein-Westfalen

Temperatur	9.3 °C
Sommertage	26.2 Tage/Jahr
Heiße Tage	4.4 Tage/Jahr
Tropische Nächte	0.1 Tage/Jahr
Frosttage	65.0 Tage/Jahr
Spätfrosttage	4.9 Tage/Jahr
Eistage	13.2 Tage/Jahr
Maximale Dauer von Hitzeperioden	2.6 Tage
Tag > 5°C	260.4 Tage/Jahr
Niederschlag	862.4 mm/Jahr
Trockentage	222.7 Tage/Jahr
Niederschlag ≥ 20 mm/Tag	4.7 Tage/Jahr
95. Perzentil des Niederschlags	11.2 mm/Tag
99. Perzentil des Niederschlags	21.2 mm/Tag
Schwüle Tage	4.2 Tage/Jahr



Ein Vergleich der 30-Jahres-Zeiträume zu Beginn und Ende der Beobachtungen (1951-1980 versus 1986-2015) ergibt für die Jahresmitteltemperatur eine Zunahme um durchschnittlich etwa 0.9 °C. Der geringste Jahresmittelwert gemittelt über das Bundesland Nordrhein-Westfalen liegt in der Messreihe von 1951-2015 im Jahr 1962 bei 7.7 °C, der höchste Wert im Jahr 2014 bei 10.9 °C. Für den durchschnittlichen Jahresniederschlag wird im analogen Vergleich eine mittlere Zunahme von 37.4 mm beobachtet, die allerdings statistisch nicht signifikant ist. Die Niederschlagsmengen ändern sich im Rahmen der natürlichen Schwankungen von Jahr zu Jahr. Der geringste Jahresniederschlag lag im Jahr 1959 bei 492.5 mm, der höchste Wert im Jahr 1966 bei 1131.5 mm.

Datenquellen für die Informationen zu heutigem und vergangenem Klima: Datenbasis für die Informationen zum heutigem und vergangenem Klima: HYRAS-Datensatz des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Mehr Informationen auf S. 17.

Klimadiagramm nach Walter-Lieth (Mitte): Bodennahe Lufttemperatur wird in °C angegeben und Niederschlag in mm (entspricht Liter pro Quadratmeter). Die Maßstäbe für die Einheiten von Temperatur und Niederschlag stehen im Verhältnis 1:2.

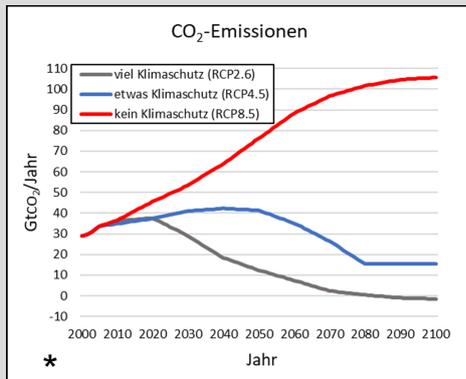
Zeitreihen von Temperatur und Niederschlag (äußere Abbildungen): Jahreswerte von 1951-2015 aus HYRAS. Blaue Linien: besonders kalte (nasse) Jahre. Rote Linien: besonders warme (trockene) Jahre.

Grundlagen

Definition der Kennwerte

Kennwert	Definition
Temperatur	Die Temperatur ist hier die bodennahe Lufttemperatur [2 m über Grund]. Die Werte für Jahresmittel und Jahreszeiten werden auf Basis der Tagesmittelwerte der Temperatur berechnet. Die Werte für die Jahreszeiten werden für das meteorologische Jahr berechnet: Die Temperatur für den Winter ist der Mittelwert aller Tage in den Monaten Dezember, Januar, Februar; für das Frühjahr in den Monaten März, April, Mai; für den Sommer in den Monaten Juni, Juli, August; und für den Herbst in den Monaten September, Oktober, November.
Sommertage	Anzahl an Tagen pro Jahr mit einer Tagesmaximumtemperatur von mehr als 25 °C.
Heiße Tage	Anzahl an Tagen pro Jahr mit einer Tagesmaximumtemperatur von mehr als 30 °C.
Tropische Nächte	Anzahl an Tagen pro Jahr mit einer Minimumtemperatur von mehr als 20 °C.
Frosttage	Anzahl der Tage pro Jahr mit einer Tagesminimumtemperatur geringer als 0 °C.
Spätfrosttage	Anzahl der Tage pro Jahr mit einer Tagesminimumtemperatur geringer als 0 °C ab dem 1. April.
Eistage	Anzahl der Tage pro Jahr mit einer Tagesmaximumtemperatur geringer als 0 °C.
Tage über 5 °C	Anzahl an Tagen pro Jahr mit einer Tagesmitteltemperatur größer als 5 °C. Diese Tage werden gelegentlich auch als Vegetationstage bezeichnet. Um zu beantworten, ob die Vegetation an einem bestimmten Tag wächst, sind jedoch noch andere Faktoren entscheidend, z.B. Bodenfeuchte, Strahlung und Nährstoffverfügbarkeit.
Maximale Dauer von Hitzeperioden	Maximale Andauer [in Tagen] von Perioden aufeinanderfolgender Tage mit einer Tagesmaximumtemperatur über 30 °C.
Niederschlag	Die Niederschlagswerte werden auf Basis von täglichen Niederschlagsmengen berechnet und als durchschnittliche monatliche Niederschlagssummen bezogen aufs Jahr und die Jahreszeiten in mm pro Monat angegeben. Sie beinhalten sowohl flüssigen als auch festen Niederschlag, also Regen und Schnee. Die jahreszeitlichen Niederschlagsmengen werden für das meteorologische Jahr berechnet (siehe Erläuterungen zur Temperatur).
Trockentage	Anzahl der Tage pro Jahr, an denen die Niederschlagsmenge (Regen und Schnee) weniger als 1 mm beträgt.
Niederschlag \geq 20 mm/Tag	Anzahl der Tage pro Jahr, an denen die Niederschlagsmenge (Regen und Schnee) von 20 mm erreicht oder überschritten wird.
95. Perzentil des Niederschlags	Tagesniederschlag, dessen Höhe an 5% aller Niederschlagstage im Jahr überschritten wird.
99. Perzentil des Niederschlags	Tagesniederschlag, dessen Höhe an 1% aller Niederschlagstage im Jahr überschritten wird.
Klimatische Wasserbilanz	Jahresmittel der täglichen Differenz von Niederschlag und Verdunstung [mm/Tag].
Windgeschwindigkeit	Mittlere Windgeschwindigkeit im Jahr in m/s.
Schwüle Tage	Anzahl der Tage pro Jahr mit einem Wasserdampf-Partialdruck größer als 18,8 hPa. Der Dampfdruck wird aus Tageswerten der bodennahen Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte mittels der Magnusformel berechnet.

Klimaprojektionen und Szenarien



Mit Klimamodellen können Projektionen für das zukünftige Klima berechnet werden. Diese liefern Antworten auf die Frage: „Was wäre, wenn?“ Verschiedene Annahmen, z. B. zur Bevölkerungsentwicklung, dem technologischen Fortschritt oder der Wirtschaftsleistung, führen zu verschiedenen Entwicklungspfaden von Emissionen und Konzentrationen an Treibhausgasen. Solche Szenarien sind keine Vorhersagen, sondern beschreiben verschiedene plausible Entwicklungen. Mit Klimamodellen werden dann die Auswirkungen der Emissionen und der damit verbundenen veränderten Zusammensetzung der Atmosphäre auf das Klimasystem der Erde simuliert.

Im Rahmen des fünften IPCC-Sachstandsberichts wurden die „Representative Concentration Pathways“ (RCPs) als Szenarien verwendet. Drei davon wurden für diesen Bericht ausgewählt: RCP8.5, RCP4.5 und RCP2.6. Das Szenario RCP8.5 beschreibt einen weiterhin kontinuierlichen Anstieg der Treibhausgasemissionen mit einer Stabilisierung der Emissionen auf einem sehr hohen Niveau zum Ende des 21. Jahrhunderts. Das mittlere Szenario, RCP4.5, geht davon aus, dass die Emissionen bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts noch etwas ansteigen und danach wieder sinken. Dieser Pfad kann durch verschiedene sozioökonomische Entwicklungen erreicht werden, die z. B. auch klimapolitische Maßnahmen berücksichtigen. Das Klimaschutz-Szenario, RCP2.6, beinhaltet sehr ambitionierte Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen und zum Ende des 21. Jahrhunderts sogar „negative Emissionen“ (eine netto-Entnahme von CO₂ aus der Atmosphäre).

Symbole der Experteneinschätzung zur Belastbarkeit der Projektionen



Zunahme: Mindestens 2/3 der Simulationen zeigen eine Zunahme und mindestens 50% der Simulationen sogar eine signifikante Zunahme.



Tendenz zur Zunahme: Mindestens 2/3 der Simulationen zeigen eine Zunahme, aber weniger als 50% der Simulationen eine signifikante Zunahme.



Abnahme: Mindestens 2/3 der Simulationen zeigen eine Abnahme und mindestens 50% der Simulationen sogar eine signifikante Abnahme.



Tendenz zur Abnahme: Mindestens 2/3 der Simulationen zeigen eine Abnahme, aber weniger als 50% der Simulationen eine signifikante Abnahme.



Unklar: Keine 2/3-Mehrheit bezüglich der Richtung der Änderungen, aber mindestens 50% der Simulationen zeigen signifikante Änderungen.



Keine Änderungen: Keine 2/3-Mehrheit bezüglich der Richtung der Änderungen; weniger als 50% der Simulationen zeigen signifikante Änderungen.

Klimatische Unterschiede von einer Zeitperiode zur nächsten sind durch zwei Ursachen geprägt:

1. Natürliche Schwankungen von Jahr zu Jahr. Da das Wetter ständigen chaotischen Schwankungen unterliegt, sind auch Klimagrößen über verschiedene Zeiträume nie identisch, auch ohne Klimawandel. 2. Der langfristige, systematische Einfluss externer Faktoren, z.B. der Ausstoß von Treibhausgasen. Um statistisch zu bewerten, ob Unterschiede einer Klimagröße eine solche systematische Ursache haben oder mit kurzfristigen, zufälligen Schwankungen erklärbar sind, wird für jede Simulation die statistische Signifikanz berechnet. Wir definieren eine Klimaänderung als signifikant, wenn sie gemäß eines sogenannten Mann-Whitney-U-Tests mit einer Wahrscheinlichkeit von unter 5% mit zufälligen Schwankungen erklärbar ist. Farblich ausgefüllte Pfeile bedeuten, dass mehr als 50% der Simulationen eine signifikante Änderung in die angegebene Richtung zeigen (Zunahme oder Abnahme).

Alle Kennwerte, die in Einheiten von Tagen angegeben werden, sind auf volle Tage gerundet, die anderen Werte werden auf die erste Dezimalstelle gerundet.

* Datenquelle: <http://www.pik-potsdam.de/~mmalte/rcps/index.htm#Download>

Zukunftsprojektionen

Übersicht Temperatur-basierter Kennwerte



Projizierte Klimaänderungen	2036-2065 *			2070-2099 *		
	Minimum	Median	Maximum	Minimum	Median	Maximum
RCP8.5						
Temperatur [°C]	1.2	1.8	2.9	2.5	3.4	5.0
Sommertemperatur [°C]	1.1	1.7	3.4	2.4	3.3	6.2
Wintertemperatur [°C]	1.1	2.1	2.8	2.6	3.6	4.7
Sommertage [Tage/Jahr]	3	10	39	13	22	75
Heiße Tage [Tage/Jahr]	0	3	17	2	8	42
Tropische Nächte [Nächte/Jahr]	0	1	14	1	5	39
Frosttage [Tage/Jahr]	-45	-30	-18	-88	-50	-27
Spätfrosttage [Tage/Jahr]	-9	-3	-1	-17	-4	-1
Eistage [Tage/Jahr]	-23	-10	-4	-33	-15	-6
Tage über 5 °C [Tage/Jahr]	24	33	45	44	61	76
Maximale Dauer von Hitzeperioden [Tage]	0	1	5	1	2	12
RCP4.5						
Temperatur [°C]	0.8	1.5	2.6	1.3	2.0	3.1
Sommertemperatur [°C]	0.9	1.5	3.0	1.0	1.9	3.6
Wintertemperatur [°C]	0.7	1.5	2.8	1.4	2.3	3.0
Sommertage [Tage/Jahr]	4	9	32	3	12	40
Heiße Tage [Tage/Jahr]	0	2	14	0	3	18
Tropische Nächte [Nächte/Jahr]	0	1	10	0	1	15
Frosttage [Tage/Jahr]	-41	-26	-14	-54	-36	-16
Spätfrosttage [Tage/Jahr]	-10	-3	-1	-13	-4	-1
Eistage [Tage/Jahr]	-22	-10	-3	-24	-12	-6
Tage über 5 °C [Tage/Jahr]	17	26	41	22	38	49
Maximale Dauer von Hitzeperioden [Tage]	0	1	4	0	1	5
RCP2.6						
Temperatur [°C]	0.3	1.2	2.0	0.3	1.1	1.7
Sommertemperatur [°C]	0.2	1.2	2.2	0.0	1.1	2.1
Wintertemperatur [°C]	0.3	1.1	2.7	0.5	1.2	2.5
Sommertage [Tage/Jahr]	0	7	23	2	7	21
Heiße Tage [Tage/Jahr]	0	2	8	0	2	8
Tropische Nächte [Nächte/Jahr]	0	0	8	0	0	7
Frosttage [Tage/Jahr]	-42	-19	0	-37	-18	1
Spätfrosttage [Tage/Jahr]	-7	-3	-1	-6	-3	-1
Eistage [Tage/Jahr]	-25	-8	2	-23	-8	-1
Tage über 5 °C [Tage/Jahr]	4	22	31	3	19	28
Maximale Dauer von Hitzeperioden [Tage]	0	0	2	0	0	3

* relativ zur Referenzperiode von 1971 - 2000

Zukunftsprojektionen Übersicht Niederschlags-basierter Kennwerte



	Projizierte Klimaänderungen	2036-2065 *			2070-2099 *		
		Minimum	Median	Maximum	Minimum	Median	Maximum
RCP8.5	Niederschlag [%]	-10.4	4.1	16.6	-8.3	6.4	29.0
	Sommerniederschlag [%]	-19.4	-0.3	26.2	-56.2	-8.9	41.6
	Winterniederschlag [%]	-9.1	7.0	30.4	-1.6	15.3	40.2
	Trockentage [Tage/Jahr]	-15	1	23	-19	5	27
	Tage mit Niederschlag ≥ 20 mm/Tag [Tage/Jahr]	0.0	1.0	2.4	0.6	2.0	4.8
	95. Perzentil des Niederschlags [mm/Tag]	0.3	1.0	2.4	1.0	2.2	4.1
	99. Perzentil des Niederschlags [mm/Tag]	0.3	2.2	5.9	2.0	4.3	8.7
	Klimatische Wasserbilanz [mm/Tag]	-0.31	0.04	0.37	-0.29	0.07	0.65
RCP4.5	Niederschlag [%]	-3.1	3.9	8.2	0.4	2.9	13.8
	Sommerniederschlag [%]	-17.3	1.0	11.0	-13.2	-0.5	28.8
	Winterniederschlag [%]	-7.3	6.8	13.5	-8.2	9.3	17.7
	Trockentage [Tage/Jahr]	-5	1	8	-10	2	10
	Tage mit Niederschlag ≥ 20 mm/Tag [Tage/Jahr]	0.0	0.8	1.3	0.3	1.1	2.1
	95. Perzentil des Niederschlags [mm/Tag]	0.1	0.7	1.7	0.5	1.1	2.5
	99. Perzentil des Niederschlags [mm/Tag]	0.7	1.4	4.5	1.0	2.7	4.7
	Klimatische Wasserbilanz [mm/Tag]	-0.13	0.02	0.12	-0.08	0.01	0.25
RCP2.6	Niederschlag [%]	-8.4	-0.5	8.5	-11.3	1.3	7.0
	Sommerniederschlag [%]	-13.1	-2.8	13.6	-16.0	0.0	11.4
	Winterniederschlag [%]	-8.4	1.1	15.0	-12.2	1.3	9.0
	Trockentage [Tage/Jahr]	-8	3	19	-7	3	27
	Tage mit Niederschlag ≥ 20 mm/Tag [Tage/Jahr]	-0.2	0.5	1.2	-0.4	0.4	1.5
	95. Perzentil des Niederschlags [mm/Tag]	0.0	0.6	1.1	-0.2	0.5	1.4
	99. Perzentil des Niederschlags [mm/Tag]	0.1	1.1	2.4	-0.5	1.0	3.1
	Klimatische Wasserbilanz [mm/Tag]	-0.22	-0.03	0.16	-0.34	-0.02	0.15

* relativ zur Referenzperiode von 1971 - 2000

Übersicht sonstiger Kennwerte

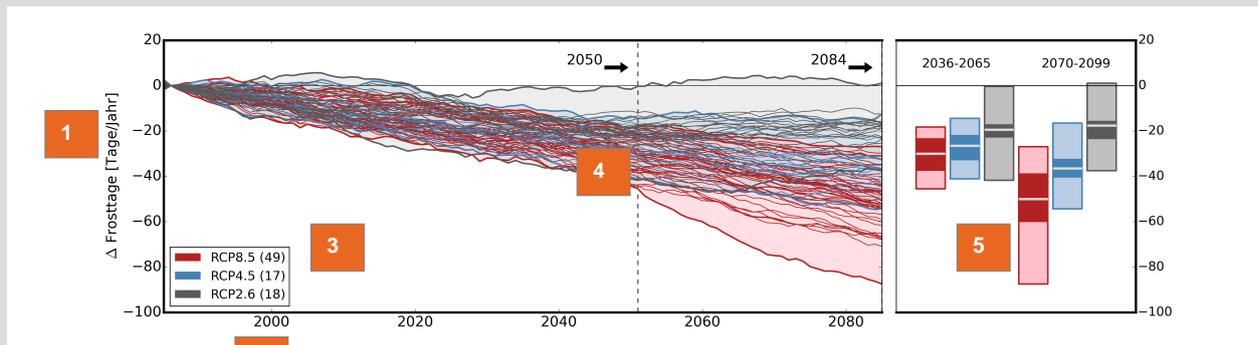


	Projizierte Klimaänderungen	2036-2065 *			2070-2099 *		
		Minimum	Median	Maximum	Minimum	Median	Maximum
RCP8.5	Windgeschwindigkeit [m/s]	-0.18	-0.02	0.15	-0.18	-0.02	0.21
	Schwüle [Tage/Jahr]	3	11	22	11	25	53
RCP4.5	Windgeschwindigkeit [m/s]	-0.08	-0.03	0.11	-0.11	-0.05	0.08
	Schwüle [Tage/Jahr]	2	9	14	3	12	24
RCP2.6	Windgeschwindigkeit [m/s]	-0.11	-0.04	0.01	-0.18	-0.04	0.00
	Schwüle [Tage/Jahr]	1	5	10	1	5	12

* relativ zur Referenzperiode von 1971 - 2000

Zukunftsprojektionen

Erläuterung der Klimaänderungsdiagramme



2

Zeitreihendiagramm

Balkendiagramm

1

Skala und Einheit der simulierten Änderungen des jeweiligen Klimakennwertes.

2

Zeitachse: Jahre für das Zeitreihendiagramm, 30-Jahres-Perioden für die Balkendiagramme.

3

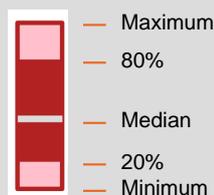
Legende für Zeitreihen- und Balkendiagramm mit Farben zur Kennzeichnung der zugrunde liegenden Emissionsszenarien: RCP steht für „Representative Concentration Pathway“; RCP8.5: Pfad für ein Szenario mit weiter zunehmenden Treibhausgasemissionen, RCP4.5: Pfad für ein Szenario mit mittleren Treibhausgasemissionen, RCP2.6: Pfad für ein Szenario mit geringen Treibhausgasemissionen. In Klammern nach den RCPs steht jeweils die Anzahl der verwendeten Simulationen (nach Verfügbarkeit der bereitgestellten Parameter).

4

Im **Zeitreihendiagramm** sind die fortlaufenden 30-jährigen Mittel der simulierten Änderungen des jeweiligen Klimakennwertes jeweils im Vergleich zur Referenzperiode 1971 - 2000 dargestellt. Die Werte sind immer auf das 15. Jahr der 30-Jahres-Perioden abgebildet. Die einzelnen Linien zeigen die Ergebnisse für jede einzelne Modellsimulation, die in die Auswertungen für den Klima-Ausblick eingegangen sind. Sie sind entsprechend des zugrunde liegenden Emissionsszenarios farblich markiert. Zudem sind die Bereiche zwischen der jeweils geringsten und höchsten simulierten Änderung entsprechend farblich für jedes Emissionsszenario hinterlegt.

5

Im **Balkendiagramm** sind die Spannbreiten der simulierten Änderungen nochmal für zwei 30-Jahres-Perioden jeweils im Vergleich zur Referenzperiode 1971 - 2000 dargestellt: 2036 - 2065 als Zeitperiode „zur Mitte des 21. Jahrhunderts“ und 2070 - 2099 als Zeitperiode „zum Ende des 21. Jahrhunderts“. Die Balken illustrieren jeweils charakteristische Kennwerte des Ensembles der verfügbaren Modelle:

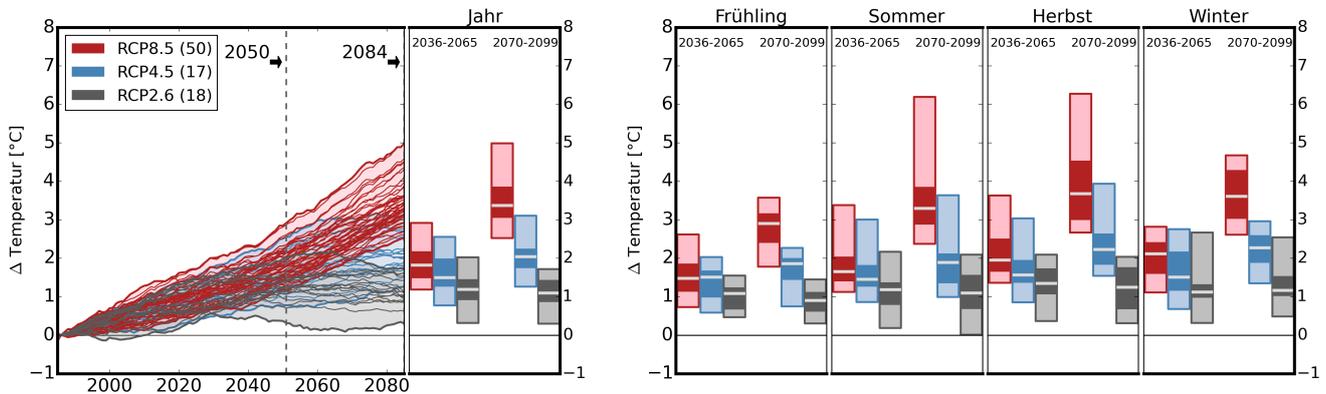


Zwischen Minimum und Maximum liegt die gesamte Spannweite der Ergebnisse. Der Median ist der Wert der Simulation, welche in der Mitte des Ensembles liegt. Zudem sind noch die Werte des Ensembles gekennzeichnet, unter denen 20% bzw. 80% der Simulationen liegen.

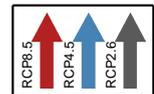
Die Balken sind für das Szenario mit hohen Emissionen (RCP8.5) in rot, für das mittlere Emissionsszenario (RCP4.5) in blau und für das Szenario mit niedrigen Emissionen (RCP2.6) in grau dargestellt. Für einige Klimakennwerte werden die Balkendiagramme zusätzlich auch für alle vier Jahreszeiten gezeigt.



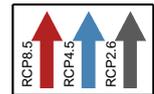
Temperatur



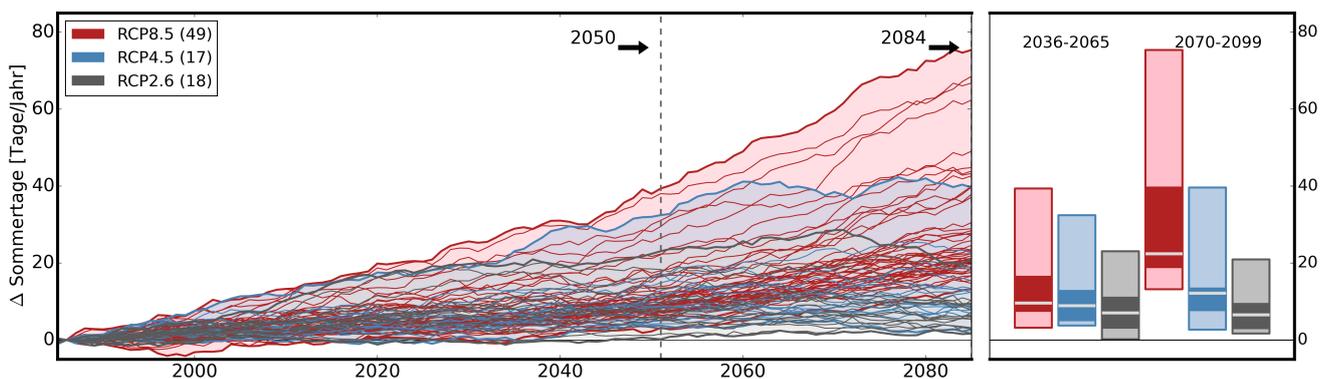
Die Bandbreite der jährlichen Änderungen liegt zur **Mitte des Jahrhunderts** für RCP8.5 zwischen 1.2 und 2.9 °C, für RCP4.5 zwischen 0.8 und 2.6 °C, und für RCP2.6 zwischen 0.3 und 2.0 °C.



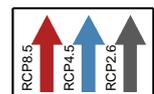
Zum **Ende des Jahrhunderts** liegen die jährlichen Zunahmen für RCP8.5 zwischen 2.5 und 5.0 °C, für RCP4.5 zwischen 1.3 und 3.1 °C und für RCP2.6 zwischen 0.3 und 1.7 °C.



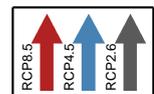
Sommertage



Die Bandbreite der jährlichen Änderungen liegt zur **Mitte des Jahrhunderts** für RCP8.5 zwischen 3 und 39 Tagen pro Jahr, für RCP4.5 zwischen 4 und 32 Tagen pro Jahr, und für RCP2.6 zwischen 0 und 23 Tagen pro Jahr.

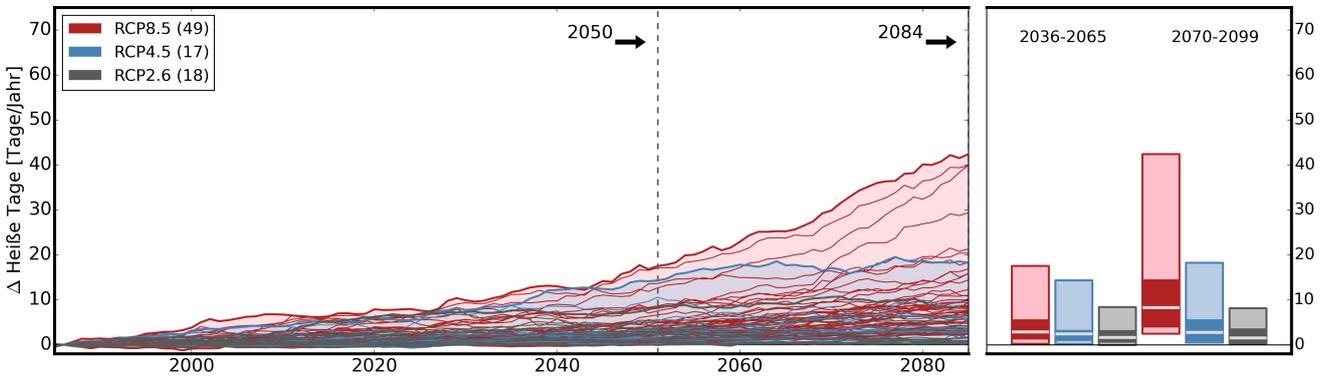


Zum **Ende des Jahrhunderts** liegen die jährlichen Zunahmen für RCP8.5 zwischen 13 und 75 Tagen pro Jahr, für RCP4.5 zwischen 3 und 40 Tagen pro Jahr und für RCP2.6 zwischen 2 und 21 Tagen pro Jahr.

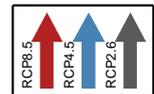




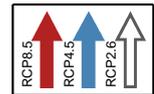
Heiße Tage



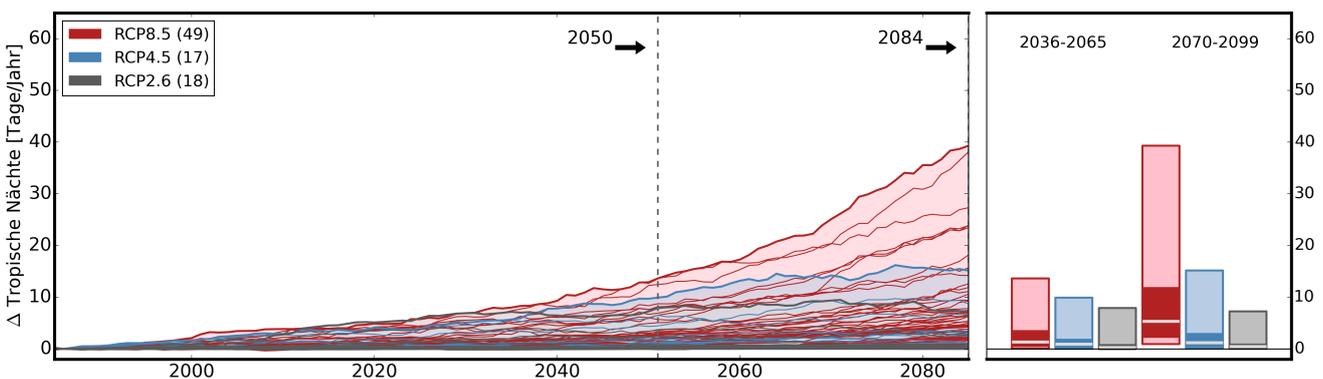
Die Bandbreite der jährlichen Änderungen liegt zur **Mitte des Jahrhunderts** für RCP8.5 zwischen 0 und 17 Tagen pro Jahr, für RCP4.5 zwischen 0 und 14 Tagen pro Jahr, und für RCP2.6 zwischen 0 und 8 Tagen pro Jahr.



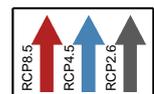
Zum **Ende des Jahrhunderts** liegen die jährlichen Zunahmen für RCP8.5 zwischen 2 und 42 Tagen pro Jahr, für RCP4.5 zwischen 0 und 18 Tagen pro Jahr und für RCP2.6 zwischen 0 und 8 Tagen pro Jahr.



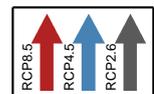
Tropische Nächte



Die Bandbreite der jährlichen Änderungen liegt zur **Mitte des Jahrhunderts** für RCP8.5 zwischen 0 und 14 Nächten pro Jahr, für RCP4.5 zwischen 0 und 10 Nächten pro Jahr, und für RCP2.6 zwischen 0 und 8 Nächten pro Jahr.

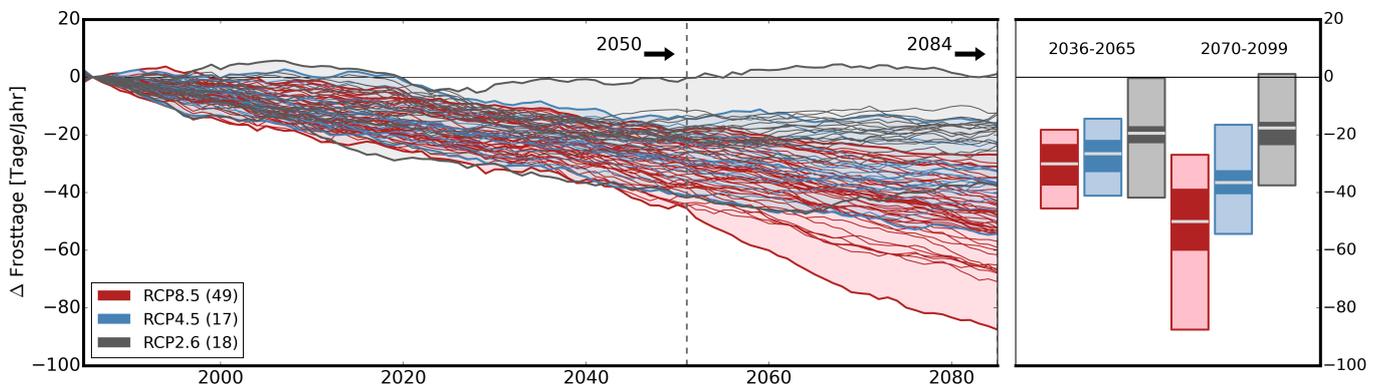


Zum **Ende des Jahrhunderts** liegen die jährlichen Zunahmen für RCP8.5 zwischen 1 und 39 Nächten pro Jahr, für RCP4.5 zwischen 0 und 15 Nächten pro Jahr und für RCP2.6 zwischen 0 und 7 Nächten pro Jahr.

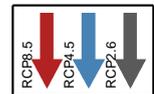




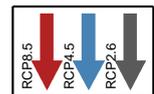
Frosttage



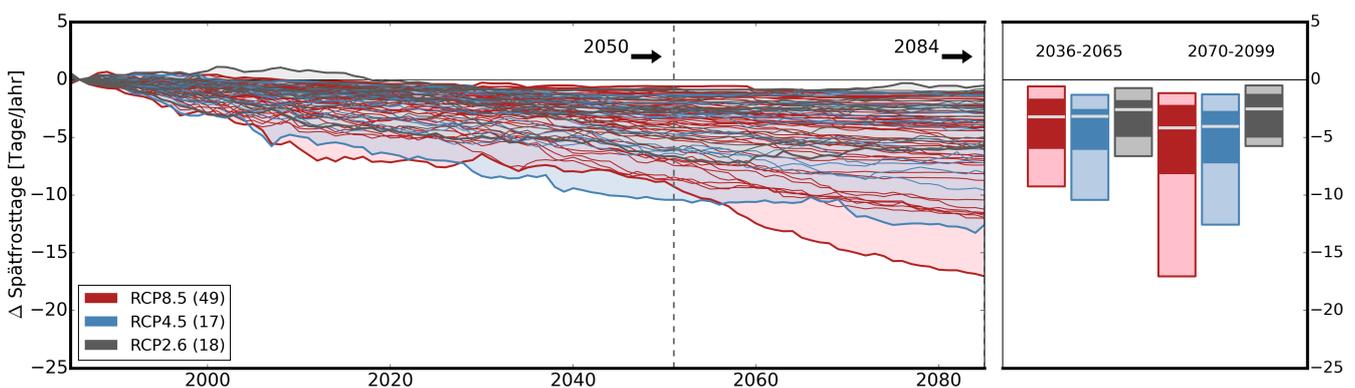
Die Bandbreite der jährlichen Änderungen liegt zur **Mitte des Jahrhunderts** für RCP8.5 zwischen -45 und -18 Tagen pro Jahr, für RCP4.5 zwischen -41 und -14 Tagen pro Jahr, und für RCP2.6 zwischen -42 und 0 Tagen pro Jahr.



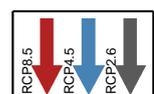
Zum **Ende des Jahrhunderts** liegen die jährlichen Änderungen für RCP8.5 zwischen -88 und -27 Tagen pro Jahr, für RCP4.5 zwischen -54 und -16 Tagen pro Jahr und für RCP2.6 zwischen -37 und 1 Tagen pro Jahr.



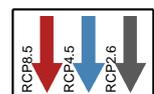
Spätfrosttage



Die Bandbreite der jährlichen Änderungen liegt zur **Mitte des Jahrhunderts** für RCP8.5 zwischen -9 und -1 Tagen pro Jahr, für RCP4.5 zwischen -10 und -1 Tagen pro Jahr, und für RCP2.6 zwischen -7 und -1 Tagen pro Jahr.

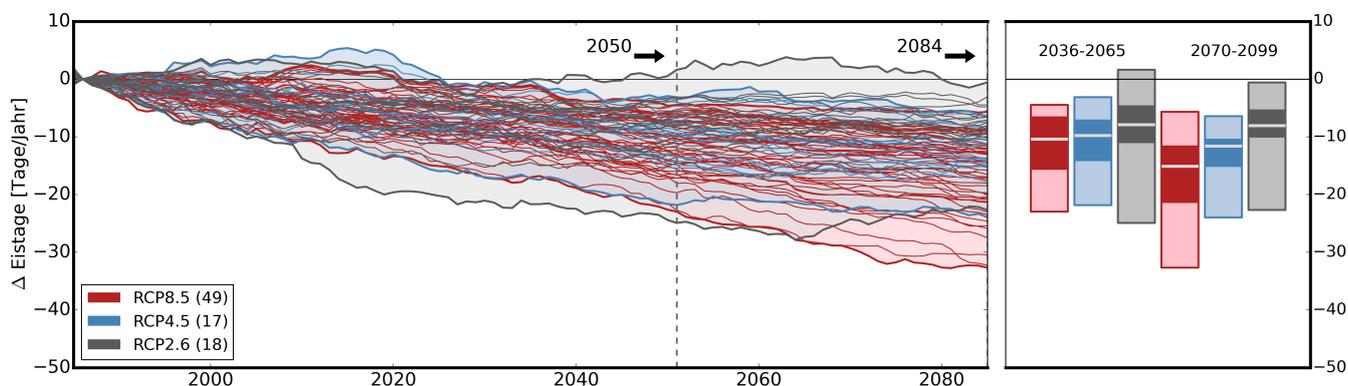


Zum **Ende des Jahrhunderts** liegen die jährlichen Abnahmen für RCP8.5 zwischen -17 und -1 Tagen pro Jahr, für RCP4.5 zwischen -13 und -1 Tagen pro Jahr und für RCP2.6 zwischen -6 und -1 Tagen pro Jahr.

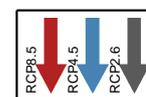




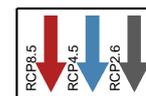
Eistage



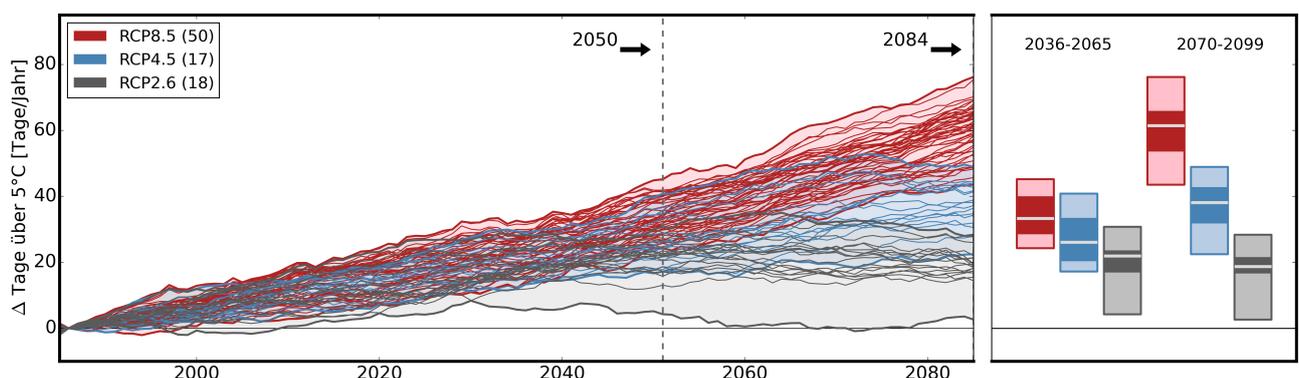
Die Bandbreite der jährlichen Änderungen liegt zur **Mitte des Jahrhunderts** für RCP8.5 zwischen -23 und -4 Tagen pro Jahr, für RCP4.5 zwischen -22 und -3 Tagen pro Jahr, und für RCP2.6 zwischen -25 und 2 Tagen pro Jahr.



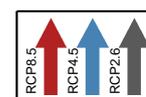
Zum **Ende des Jahrhunderts** liegen die jährlichen Abnahmen für RCP8.5 zwischen -33 und -6 Tagen pro Jahr, für RCP4.5 zwischen -24 und -6 Tagen pro Jahr und für RCP2.6 zwischen -23 und -1 Tagen pro Jahr.



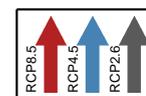
Tage über 5 °C



Die Bandbreite der jährlichen Änderungen liegt zur **Mitte des Jahrhunderts** für RCP8.5 zwischen 24 und 45 Tagen pro Jahr, für RCP4.5 zwischen 17 und 41 Tagen pro Jahr, und für RCP2.6 zwischen 4 und 31 Tagen pro Jahr.

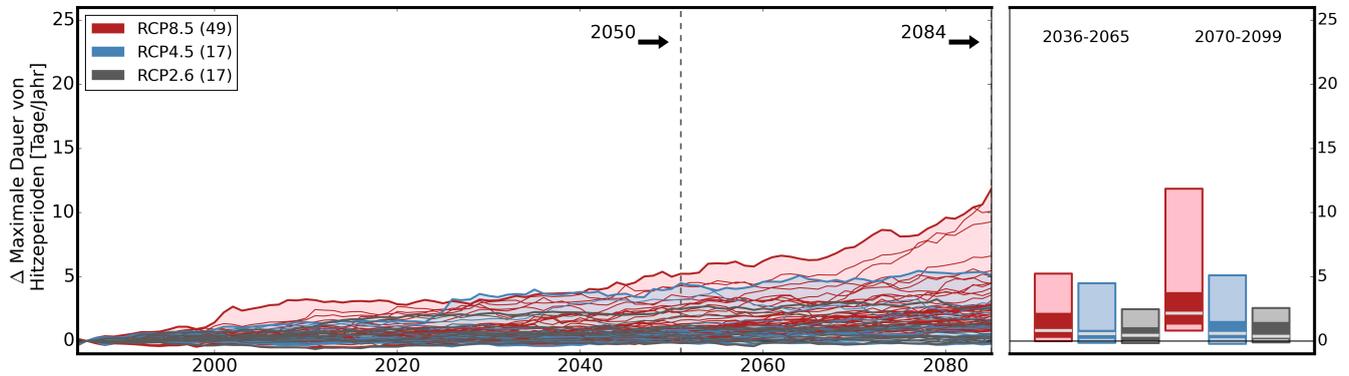


Zum **Ende des Jahrhunderts** liegen die jährlichen Zunahmen für RCP8.5 zwischen 44 und 76 Tagen pro Jahr, für RCP4.5 zwischen 22 und 49 Tagen pro Jahr und für RCP2.6 zwischen 3 und 28 Tagen pro Jahr.





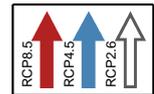
Maximale Dauer von Hitzeperioden



Die Bandbreite der jährlichen Änderungen liegt zur **Mitte des Jahrhunderts** für RCP8.5 zwischen 0 und 5 Tagen pro Jahr, für RCP4.5 zwischen 0 und 4 Tagen pro Jahr, und für RCP2.6 zwischen 0 und 2 Tagen pro Jahr.

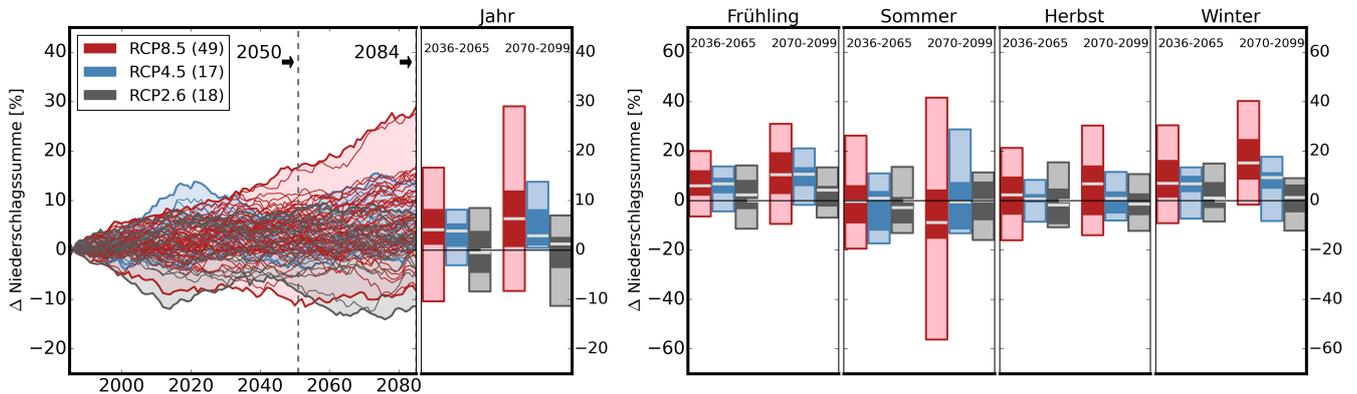


Zum **Ende des Jahrhunderts** liegen die jährlichen Zunahmen für RCP8.5 zwischen 1 und 12 Tagen pro Jahr, für RCP4.5 zwischen 0 und 5 Tagen pro Jahr und für RCP2.6 zwischen 0 und 3 Tagen pro Jahr.

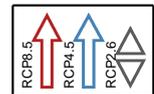




Niederschlag



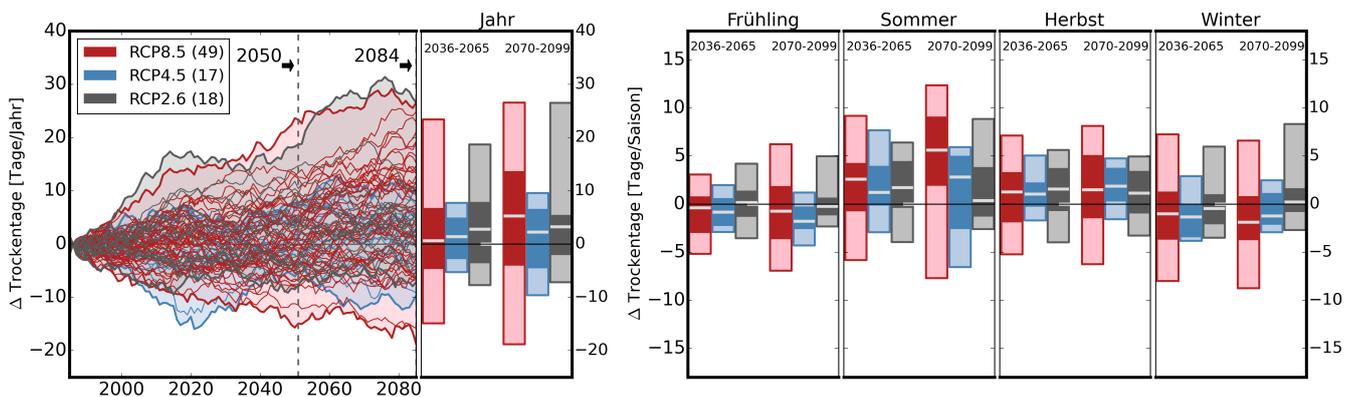
Die Bandbreite der jährlichen Änderungen liegt zur **Mitte des Jahrhunderts** für RCP8.5 zwischen -10.4 und 16.6 %, für RCP4.5 zwischen -3.1 und 8.2 %, und für RCP2.6 zwischen -8.4 und 8.5 %.



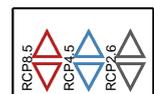
Zum **Ende des Jahrhunderts** liegen die jährlichen Änderungen für RCP8.5 zwischen -8.3 und 29.0 %, für RCP4.5 zwischen 0.4 und 13.8 % und für RCP2.6 zwischen -11.3 und 7.0 %.



Trockentage



Die Bandbreite der jährlichen Änderungen liegt zur **Mitte des Jahrhunderts** für RCP8.5 zwischen -15 und 23 Tagen pro Jahr, für RCP4.5 zwischen -5 und 8 Tagen pro Jahr, und für RCP2.6 zwischen -8 und 19 Tagen pro Jahr.

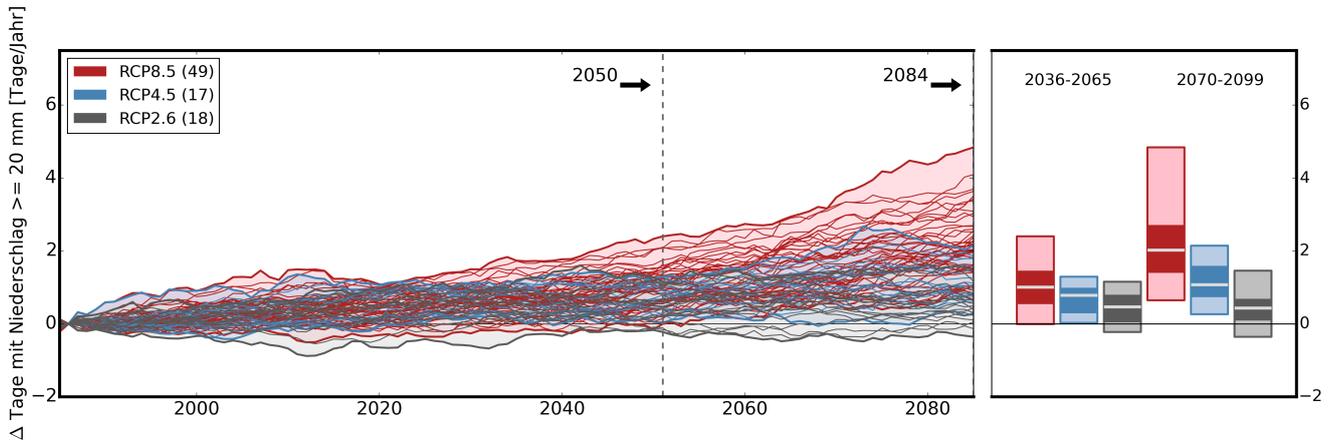


Zum **Ende des Jahrhunderts** liegen die jährlichen Änderungen für RCP8.5 zwischen -19 und 27 Tagen pro Jahr, für RCP4.5 zwischen -10 und 10 Tagen pro Jahr und für RCP2.6 zwischen -7 und 27 Tagen pro Jahr.





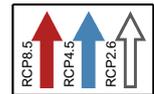
Tage mit Niederschlag ≥ 20 mm/Tag



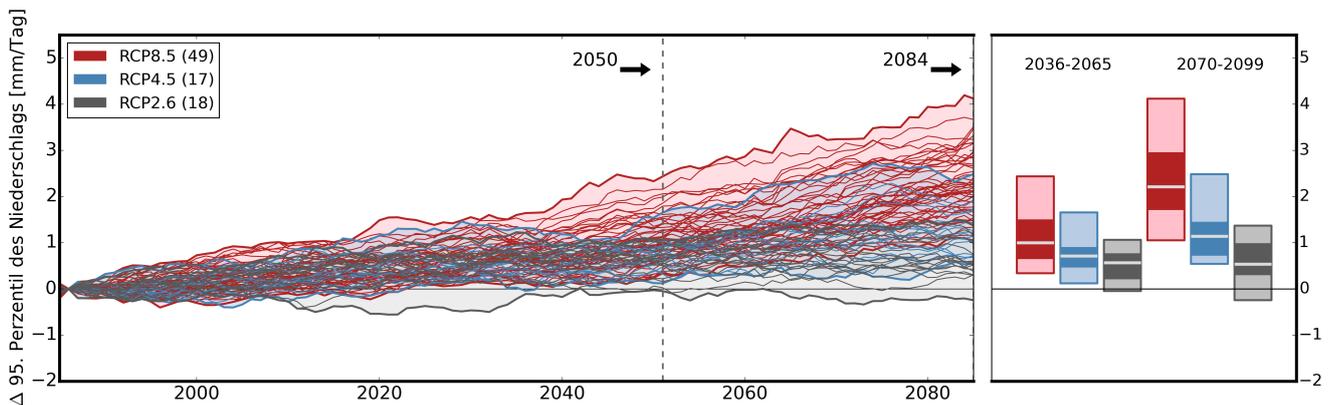
Die Bandbreite der jährlichen Änderungen liegt zur **Mitte des Jahrhunderts** für RCP8.5 zwischen -0.0 und 2.4 Tagen pro Jahr, für RCP4.5 zwischen 0.0 und 1.3 Tagen pro Jahr, und für RCP2.6 zwischen -0.2 und 1.2 Tagen pro Jahr.



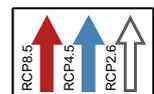
Zum **Ende des Jahrhunderts** liegen die jährlichen Änderungen für RCP8.5 zwischen 0.6 und 4.8 Tagen pro Jahr, für RCP4.5 zwischen 0.3 und 2.1 Tagen pro Jahr und für RCP2.6 zwischen -0.4 und 1.5 Tagen pro Jahr.



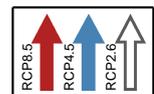
95. Perzentil des Niederschlags



Die Bandbreite der jährlichen Änderungen liegt zur **Mitte des Jahrhunderts** für RCP8.5 zwischen 0.3 und 2.4 mm/Tag, für RCP4.5 zwischen 0.1 und 1.7 mm/Tag, und für RCP2.6 zwischen -0.0 und 1.1 mm/Tag.

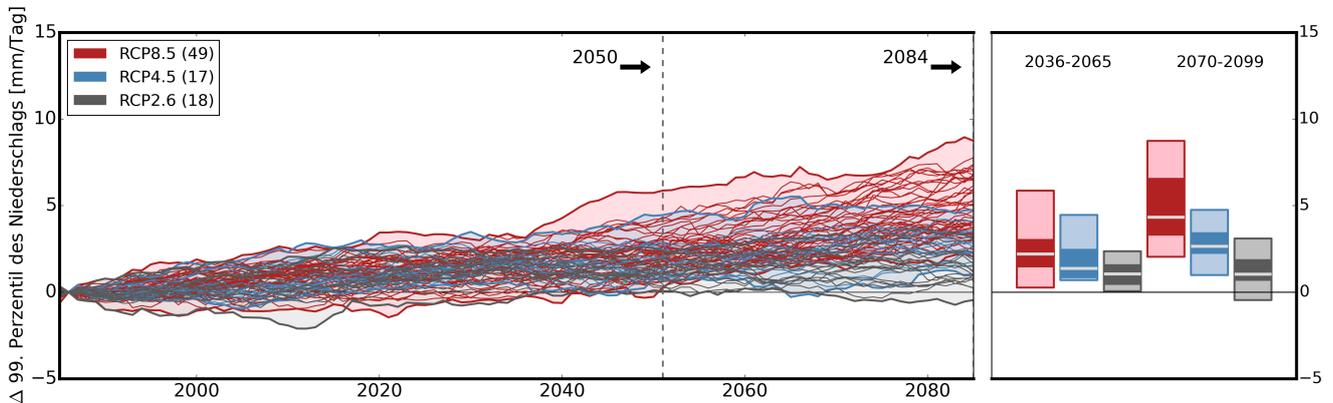


Zum **Ende des Jahrhunderts** liegen die jährlichen Änderungen für RCP8.5 zwischen 1.0 und 4.1 mm/Tag, für RCP4.5 zwischen 0.5 und 2.5 mm/Tag und für RCP2.6 zwischen -0.2 und 1.4 mm/Tag.





99. Perzentil des Niederschlags



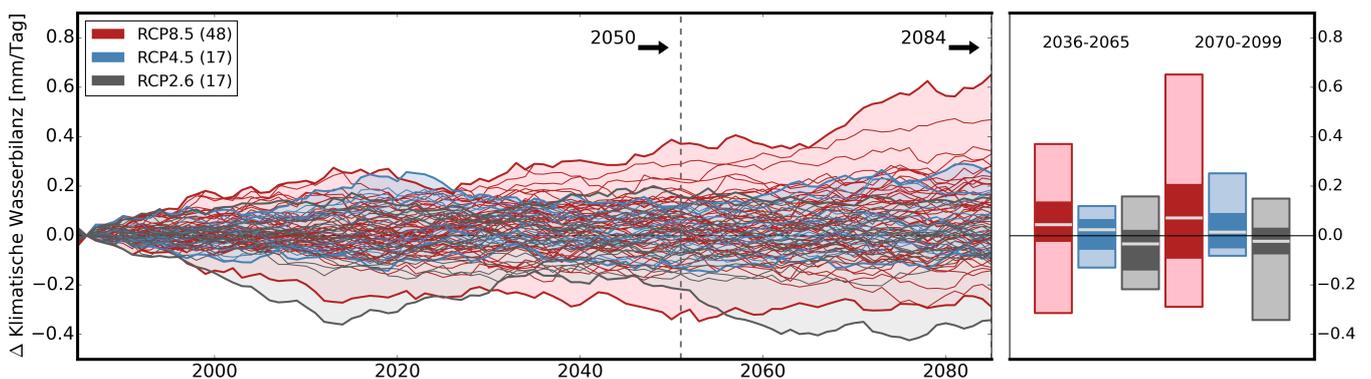
Die Bandbreite der jährlichen Änderungen liegt zur **Mitte des Jahrhunderts** für RCP8.5 zwischen 0.3 und 5.9 mm/Tag, für RCP4.5 zwischen 0.7 und 4.5 mm/Tag, und für RCP2.6 zwischen 0.1 und 2.4 mm/Tag.



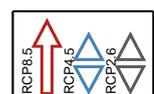
Zum **Ende des Jahrhunderts** liegen die jährlichen Änderungen für RCP8.5 zwischen 2.0 und 8.7 mm/Tag, für RCP4.5 zwischen 1.0 und 4.7 mm/Tag und für RCP2.6 zwischen -0.5 und 3.1 mm/Tag.



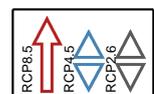
Klimatische Wasserbilanz



Die Bandbreite der jährlichen Änderungen liegt zur **Mitte des Jahrhunderts** für RCP8.5 zwischen -0.31 und 0.37 mm/Tag, für RCP4.5 zwischen -0.13 und 0.12 mm/Tag, und für RCP2.6 zwischen -0.22 und 0.16 mm/Tag.

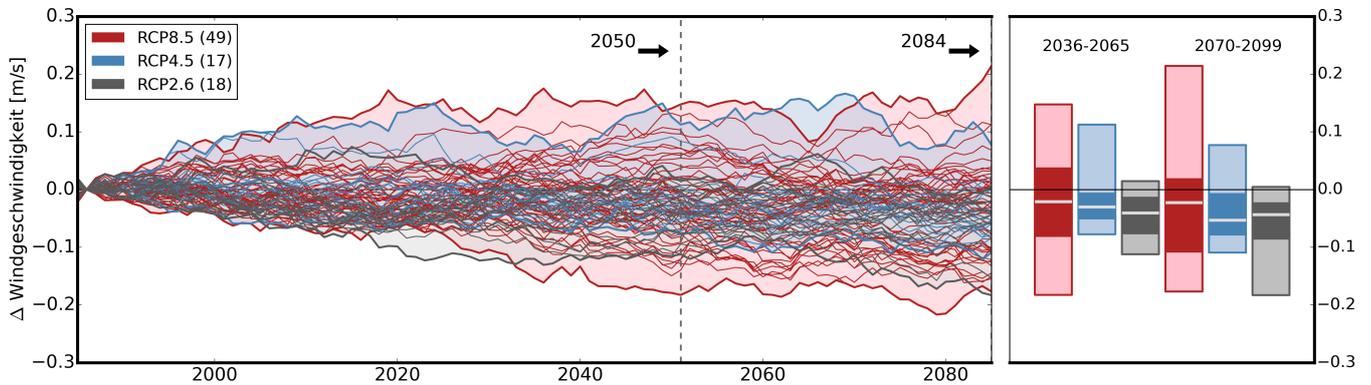


Zum **Ende des Jahrhunderts** liegen die jährlichen Änderungen für RCP8.5 zwischen -0.29 und 0.65 mm/Tag, für RCP4.5 zwischen -0.08 und 0.25 mm/Tag und für RCP2.6 zwischen -0.34 und 0.15 mm/Tag.

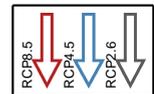




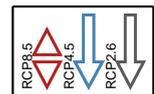
Windgeschwindigkeit



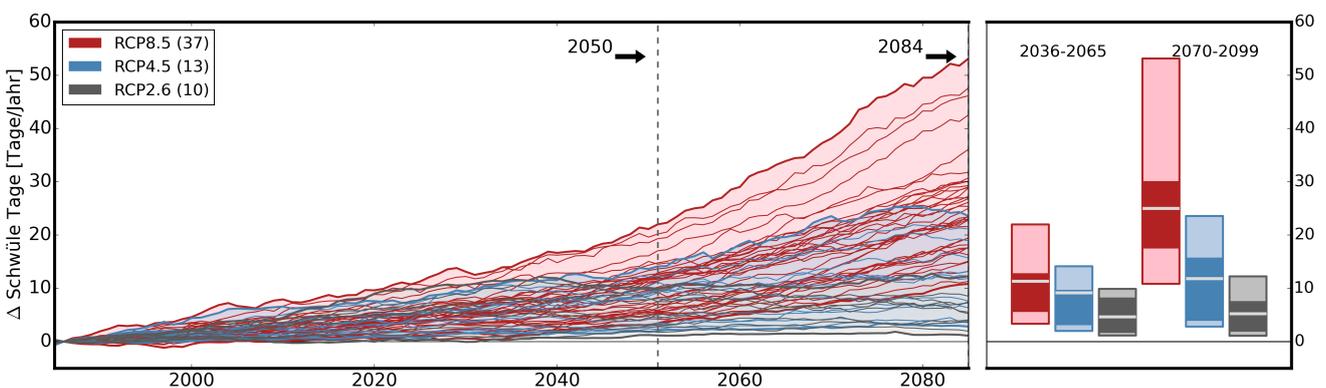
Die Bandbreite der jährlichen Änderungen liegt zur **Mitte des Jahrhunderts** für RCP8.5 zwischen -0.18 und 0.15 m/s, für RCP4.5 zwischen -0.08 und 0.11 m/s, und für RCP2.6 zwischen -0.11 und 0.01 m/s.



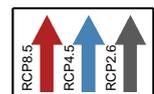
Zum **Ende des Jahrhunderts** liegen die jährlichen Änderungen für RCP8.5 zwischen -0.18 und 0.21 m/s, für RCP4.5 zwischen -0.11 und 0.08 m/s und für RCP2.6 zwischen -0.18 und 0.0 m/s.



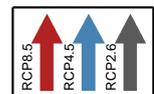
Schwüle



Die Bandbreite der jährlichen Änderungen liegt zur **Mitte des Jahrhunderts** für RCP8.5 zwischen 3 und 22 Tagen pro Jahr, für RCP4.5 zwischen 2 und 14 Tagen pro Jahr, und für RCP2.6 zwischen 1 und 10 Tagen pro Jahr.



Zum **Ende des Jahrhunderts** liegen die jährlichen Zunahmen für RCP8.5 zwischen 11 und 53 Tagen pro Jahr, für RCP4.5 zwischen 3 und 24 Tagen pro Jahr und für RCP2.6 zwischen 1 und 12 Tagen pro Jahr.



Hintergrundinformationen

Datenquellen für Informationen zum beobachteten Klima

Informationen zum heutigen und vergangenen Klima basieren auf Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Es wurde der so genannte HYRAS-Datensatz verwendet (<https://www.dwd.de/DE/leistungen/hyras/hyras.html>). Darin wurden über Deutschland und angrenzende Flusseinzugsgebiete verteilte Wetterstationen herangezogen und auf ein Gitter mit 5 km Auflösung interpoliert. Für den Bericht wurden Tageswerte der Temperatur (Mittelwert, Minimum und Maximum) und des Niederschlags verwendet, aus denen zum Teil weitere Kennwerte berechnet wurden (z.B. Frosttage oder Heiße Tage). Für alle dargestellten Kennwerte wurde schließlich ein Flächenmittel über das Gebiet des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen gebildet.

Fachartikel zum Datensatz: Rauthe et al., 2013: A Central European precipitation climatology – Part I: Generation and validation of a high-resolution gridded dailydata set (HYRAS). Meteorologische Zeitschrift, Vol.22, No. 3, 235–256

Datengrundlagen für Klimaprojektionen

Die projizierten Klimaänderungen, die im Klimaausblick Nordrhein-Westfalen präsentiert werden, basieren auf regionalen Klimaprojektionen, die im Rahmen der EURO-CORDEX Initiative (<http://www.euro-cordex.net>) sowie des durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projektes REKliEs-DE (<http://reklies.hlnug.de>) erstellt wurden. Die EURO-CORDEX und ReKliEs-De Simulationen liegen auf einem Gitter mit einer räumlichen horizontalen Auflösung von 12 km x 12 km vor. Die Klimaänderungen für Nordrhein-Westfalen werden als Mittelwert für alle im Bundesland Nordrhein-Westfalen liegenden Gitterzellen berechnet. Die Klimaprojektionen im Klimaausblick basieren auf den „Representative Concentration Pathways RCPs“. RCP8.5 repräsentiert ein Szenario mit hohen Emissionen, RCP4.5 ein Szenario mit mittleren Emissionen und RCP2.6 ein Szenario mit niedrigen Emissionen. 85 Klimaprojektionen wurden bis April 2020 aus dem ESGF-Datenportal über den Datenknoten am Deutschen Klimarechenzentrum (<https://esgf-data.dkrz.de>) heruntergeladen und analysiert. Davon beziehen sich 17 Simulationen auf das Szenario RCP4.5, 50 Simulationen auf das Szenario RCP8.5, sowie 18 auf das Szenario RCP2.6. Für alle drei Szenarien wurden die Simulationen mit zehn verschiedenen regionalen Klimamodellen (RCMs) erstellt. Die Antriebsdaten für diese zehn RCMs kamen von zehn verschiedenen Simulationen verschiedener globaler Klimamodelle (GCMs). Eine Übersicht über die regionalen Klimamodelle und deren jeweiligen globalen Antriebsdaten gibt die Tabelle auf der folgenden Seite.

Die Berechnung der Indizes basiert auf den Definitionen des "CCI/CLIVAR/JCOMM Expert Team (ET) on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI)", sowie auf der Veröffentlichung von Sillmann et al:

Sillmann, J.; Kharin, V. V.; Zhang, X.; Zwiers, F. W. & Bronaugh, 2013. Climate extremes indices in the CMIP5 multi-model ensemble: Part 1. Model evaluation in the present climate. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 2013, 118, 1716-1733.

Haftungsausschluss

Der Klimaausblick für Nordrhein-Westfalen wurde durch das Climate-Service Center Germany (GERICS) erstellt. Die Inhalte des Klimaausblicks sowie die verwendeten Daten entsprechen dem aktuellen Wissensstand. Alle Daten wurden von GERICS sorgfältig aufbereitet und geprüft. Das GERICS hat jedoch nur einen Bruchteil der verwendeten Klimaprojektionen selber durchgeführt. Die neben den selbst durchgeführten zusätzlich verwendeten Klimaprojektionen wurden aus dem öffentlich zugänglichen ESGF-Datenarchiv bezogen. GERICS übernimmt keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit, Vollständigkeit oder Qualität der bereitgestellten Informationen. GERICS übernimmt ebenfalls keine Haftung für Entscheidungen und deren Folgen, die auf der Verwendung des Klimaausblicks beruhen.

Danksagungen

Wir danken der Arbeitsgruppe für regionales Klima des Weltklimaforschungsprogramms (WCRP) und der Arbeitsgruppe für gekoppelte Modellierung, dem früheren Koordinationsorgan von CORDEX und verantwortlichen Gremium für CMIP5. Wir danken auch den EURO-CORDEX Klimamodellierungsgruppen für die Erstellung und Bereitstellung ihrer Modellergebnisse. Ebenso danken wir der Earth System Grid Federation-Infrastructure, einer internationalen Initiative unter der Leitung des Programms für Klimamodellendiagnose und -vergleiche des US-Energieministeriums, des Europäischen Netzwerks für Erdsystemmodellierung und anderer Partner in der „Global Organisation for Earth System SciencePortals (GO-ESSP)“. Für die Bereitstellung der HYRAS Beobachtungsdaten danken wir dem Deutschen Wetterdienst (DWD). Der Klimaausblick Brandenburg, der im Jahr 2018 in Kooperation mit der Abteilung Umwelt, Klimaschutz und Nachhaltigkeit des Brandenburgischen Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft, (MLUL) erstellt wurde, diente als Grundlage für die durch GERICS erstellte Serie regionaler Klimaausblicke.

Hintergrundinformationen

Liste der verwendeten Simulationen

Szenario mit hohen Emissionen (RCP8.5)		Szenario mit mittleren Emissionen (RCP4.5)		Szenario mit niedrigen Emissionen (RCP2.6)	
Antreibendes GCM und Realisierung	RCM	Antreibendes GCM und Realisierung	RCM	Antreibendes GCM und Realisierung	RCM
CanESM2, r1i1p1	CCLM4-8-17	CNRM-CM5, r1i1p1	CCLM4-8-17	CNRM-CM5, r1i1p1	RACMO22E
CanESM2, r1i1p1	REMO2015	CNRM-CM5, r1i1p1	RACMO22E	EC-EARTH, r12i1p1	CCLM4-8-17
CNRM-CM5, r1i1p1	CCLM4-8-17	CNRM-CM5, r1i1p1	RCA4	EC-EARTH, r12i1p1	REMO2015
CNRM-CM5, r1i1p1	HIRHAM5	EC-EARTH, r12i1p1	CCLM4-8-17	EC-EARTH, r12i1p1	RACMO22E
CNRM-CM5, r1i1p1	REMO2015	EC-EARTH, r12i1p1	RCA4	EC-EARTH, r12i1p1	RCA4
CNRM-CM5, r1i1p1	WRF381P	EC-EARTH, r1i1p1	RACMO22E	EC-EARTH, r3i1p1	HIRHAM5
CNRM-CM5, r1i1p1	RACMO22E	EC-EARTH, r2i1p1	RACMO22E	CM5A-LR, r1i1p1	REMO2015
CNRM-CM5, r1i1p1	RCA4	EC-EARTH, r3i1p1	HIRHAM5	MIROC5, r1i1p1	CCLM4-8-17
EC-EARTH, r12i1p1	CCLM4-8-17	CM5A-MR, r1i1p1	WRF381P	MIROC5, r1i1p1	REMO2015
EC-EARTH, r12i1p1	REMO2015	CM5A-MR, r1i1p1	RCA4	HadGEM2-ES, r1i1p1	REMO2015
EC-EARTH, r1i1p1	WRF361H	HadGEM2-ES, r1i1p1	CCLM4-8-17	HadGEM2-ES, r1i1p1	RACMO22E
EC-EARTH, r1i1p1	RACMO22E	HadGEM2-ES, r1i1p1	HIRHAM5	HadGEM2-ES, r1i1p1	RCA4
EC-EARTH, r3i1p1	RACMO22E	HadGEM2-ES, r1i1p1	RACMO22E	MPI-ESM-LR, r1i1p1	CCLM4-8-17
EC-EARTH, r12i1p1	RACMO22E	HadGEM2-ES, r1i1p1	RCA4	MPI-ESM-LR, r1i1p1	RCA4a
EC-EARTH, r1i1p1	RCA4	MPI-ESM-LR, r1i1p1	CCLM4-8-17	MPI-ESM-LR, r1i1p1	WRF361H
EC-EARTH, r3i1p1	RCA4	MPI-ESM-LR, r1i1p1	RCA4a	NorESM1-M, r1i1p1	REMO2015
EC-EARTH, r12i1p1	RCA4	NorESM1-M, r1i1p1	HIRHAM5	NorESM1-M, r1i1p1	RCA4
EC-EARTH, r1i1p1	HIRHAM5			GFDL-ESM2G, r1i1p1	REMO2015
EC-EARTH, r3i1p1	HIRHAM5				
EC-EARTH, r12i1p1	HIRHAM5				
CM5A-MR, r1i1p1	WRF381P				
CM5A-MR, r1i1p1	RACMO22E				
CM5A-MR, r1i1p1	RCA4				
MIROC5, r1i1p1	CCLM4-8-17				
MIROC5, r1i1p1	REMO2015				
MIROC5, r1i1p1	WRF361H				
HadGEM2-ES, r1i1p1	CCLM4-8-17				
HadGEM2-ES, r1i1p1	HIRHAM5				
HadGEM2-ES, r1i1p1	HadREM3-GA7				
HadGEM2-ES, r1i1p1	REMO2015				
HadGEM2-ES, r1i1p1	WRF381P				
HadGEM2-ES, r1i1p1	RACMO22E				
HadGEM2-ES, r1i1p1	RCA4				
HadGEM2-ES, r1i1p1	WRF361H				
MPI-ESM-LR, r1i1p1	CCLM4-8-17				
MPI-ESM-LR, r1i1p1	COSMO-crCLIM				
MPI-ESM-LR, r2i1p1	COSMO-crCLIM				
MPI-ESM-LR, r1i1p1	HIRHAM5				
MPI-ESM-LR, r1i1p1	RACMO22E				
MPI-ESM-LR, r1i1p1	WRF361H				
MPI-ESM-LR, r1i1p1	RCA4				
MPI-ESM-LR, r2i1p1	RCA4				
MPI-ESM-LR, r3i1p1	RCA4				
MPI-ESM-LR, r3i1p1	REMO2015				
NorESM1-M, r1i1p1	COSMO-crCLIM				
NorESM1-M, r1i1p1	HIRHAM5				
NorESM1-M, r1i1p1	REMO2015				
NorESM1-M, r1i1p1	WRF381P				
NorESM1-M, r1i1p1	RACMO22E				
NorESM1-M, r1i1p1	RCA4				

Hintergrundinformationen

Weiterführende Information, Literatur und Weblinks zum Thema unter:

https://www.gerics.de/products_and_publications/fact_sheets/index.php.de

Autorinnen und Autoren:

Susanne Pfeifer, Diana Rechid, Sebastian Bathiany | Climate Service Center Germany (GERICS)

IMPRESSUM:

Herausgeber:

Climate Service Center Germany (GERICS)

Fischertwiete 1

20095 Hamburg

www.climate-service-center.de

+49 (0) 40 226 338 0

Bildnachweis:

Vorderseite des Berichts:

Ausschnitt aus dem Bild: *Hohenzollernbrücke Köln.jpg* von Thomas Wolf / www.foto-tw.de / Wikimedia Commons / CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.de>)

Zitierhinweis:

Pfeifer S, Rechid D, Bathiany S: Klimaausblick Nordrhein-Westfalen. Dezember 2020, Climate Service Center Germany (GERICS).

https://gerics.de/products_and_publications/fact_sheets/index.php.de

März 2021

Version 1.2

© Climate Service Center Germany (GERICS)

Alle Rechte vorbehalten