



# Regionale Klimainformationen für Rostock

CITY SERIES 03



**Titelbild:** © Adobe Stock / Waldteufel

**Zitierhinweis:** Bender, S., Groth, M. Otto, J., Pfeifer, S. & Seipold, P. (2019): Regionale Klimainformationen für Rostock. City Series 03, Climate Service Center Germany (GERICS), Hamburg

**Erscheinungsdatum:** Januar 2019

Dieser Report ist auch online unter [www.climate-service-center.de](http://www.climate-service-center.de) erhältlich

# Regionale Klimainformationen für Rostock

Autoren: Steffen Bender, Markus Groth, Juliane Otto, Susanne Pfeifer, Peer Seipold

Januar 2019



## Inhaltsverzeichnis

0. Zusammenfassung .....	4
1. Einleitung .....	6
2. Regionale Klimaprojektionen .....	9
2.1. Bewertung der Klimaveränderungen (Klimaänderungsszenarien) .....	9
2.1.1. Methodischer Ansatz .....	9
2.1.2. Modellierte historische Klimabedingungen .....	12
2.1.3. „Klimaschutz“-Szenario (RCP2.6).....	13
2.1.4. Moderates Emissionsszenario (RCP4.5).....	14
2.1.5. „Weiter-wie-bisher“-Szenario (RCP8.5).....	16
3. Zusammenfassende Bewertung .....	18
4. Literatur.....	22
Anhang 1: EURO-CORDEX.....	23
Anhang 2: ReKliEs-De – Regionale Klimaprojektionen – Ensemble für Deutschland .....	24
Anhang 3: Überblick über die verwendeten Klimamodelle für das EU-COR-Ensemble-Set .....	25

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abb.1</b> Beispiel für die unterschiedliche Gewichtung der Fläche von Rostock .....	11
<b>Abb.2</b> Temperaturbasierte Klimaparameter inklusive Tage mit Pflanzenwachstum – Gegenüberstellung der Ergebnisse.....	18
<b>Abb.3</b> Niederschlagsbasierte Klimaparameter und Windstärke – Gegenüberstellung der Ergebnisse .....	19

## Tabellenverzeichnis

<b>Tab.1</b> Übersicht und Erläuterung der verwendeten Klimaindizes und –variablen .....	9
<b>Tab.2</b> Beobachtungsdaten „E-OBS-Datensatz“ und modellierte historischen Daten des EU-COR-RKDe-Ensemble-Sets.....	12
<b>Tab.3</b> Berechnete Variablen und Indizes des EU-COR-RKDe-Ensemble-Sets: historischer Zeitraum (1971 – 2000) und „Klimaschutz“-Szenario (RCP2.6) (2036 – 2065). .....	14
<b>Tab.4</b> Berechnete Variablen und Indizes des EU-COR-RKDe-Ensemble-Sets: historischer Zeitraum (1971 – 2000) und moderatem Zukunftsszenario (RCP4.5) (2036 – 2065) .....	15
<b>Tab.5</b> Berechnete Variablen und Indizes des EU-COR-RKDe-Ensemble-Sets: historischer Zeitraum (1971 – 2000) und „Weiter-wie-bisher“-Szenario (RCP8.5) (2036 – 2065).....	16
<b>Tab.6</b> Zusammenfassung der Veränderungen ausgesuchter Klimaparameter für Rostock.....	21

## Box-Verzeichnis

<b>Box 1</b> Die „Repräsentativen Konzentrationspfade“ (RCP) .....	10
<b>Box 2</b> Simulationsgitterbox. ....	10
<b>Box 3</b> E-OBS-Datensatz .....	11

## **Anmerkung zur Datengrundlage**

Wir weisen hiermit auf die Nutzung des E-OBS-Datensatzes aus dem EU-FP6-Projekt ENSEMBLES (<http://ensembles-eu.metoffice.com>) und die Datenanbieter des ECA&D-Projektes (<http://www.ecad.eu>) hin.

## 0. Zusammenfassung

Der Temperaturanstieg als Folge des Klimawandels ist auch in Mecklenburg-Vorpommern messbar. So hat sich der vieljährige Mittelwert für die Lufttemperatur im Zeitraum 1981 – 2010 (8,8°C) im Vergleich zur Referenzperiode 1961 – 1990 (8,2°C) um 0,6°C erhöht (DWD 2018). Regionale Klimaprojektionen für Europa zeigen, dass sich dieser Trend auch in Mecklenburg-Vorpommern fortsetzen wird (Jacob et al. 2014). Doch nicht nur höhere Durchschnittstemperaturen sorgen für weitere Herausforderungen, sondern auch Hitzewellen wie die im Jahr 2018, welche in Rostock und im Umland zu einem Rekordwasserverbrauch (Nordwasser GmbH, 09.08.2018) führte. Ebenso sorgt auch steigender Hitzestress für steigende Gesundheitsprobleme bei Kindern, älteren Personen und Menschen mit eingeschränkter Anpassungsfähigkeit.

Obwohl sich die jährliche Anzahl der Tage mit mindestens 10 Liter Niederschlag je Quadratmeter seit dem Jahr 1951 kaum verändert hat (DWD 2018), traten immer wieder Starkregenereignisse auf. Diese sorgten in den Jahren 2006, 2011, 2012, 2014 und 2017 im Stadtgebiet immer wieder für lokale Überschwemmungen. Durch die küstennahe Lage besteht darüber hinaus eine besondere Exposition Rostocks gegenüber Sturmfluten.

Um der zunehmenden Bedeutung der Anpassung an die Folgen des Klimawandels Rechnung zu tragen, wurde im August 2011 von der Bürgerschaft der Hansestadt Rostock der Beschluss 2011/AN/2439 gefasst, den Oberbürgermeister damit zu beauftragen, ein Rahmenkonzept zur Anpassung an den Klimawandel zu erstellen. Mit der zweiten Fortschreibung des Rahmenkonzeptes zur Anpassung an den Klimawandel strebt die Stadt Rostock eine Aktualisierung der regionalen Klimainformationen für den Ostseeraum im Bereich Rostock an. Dazu werden an Stelle der bisher wieder verwendeten SRES-Szenarien aus dem Jahre 2000 die neueren RCP-Szenarien (erschienen im Jahr 2013/2014) verwendet. Die Betrachtung in der aktualisierten Fassung richtet sich nun gezielt auf die Stadt Rostock und nicht wie bisher auf Mecklenburg-Vorpommern. Darüber hinaus findet eine Betrachtung der nahen Zukunft (2036 – 2065) und nicht der fernen Zukunft (2071 – 2100) statt. Hierfür wurde das Climate Service Center Germany (GERICS) beauftragt. Mit dem vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse – basierend auf 55 Klimaprojektionen der EURO-CORDEX-Initiative und des vom BMBF geförderten Projekts ReKlies-De (ReKlies-De 2017) – vorgestellt. Generell liefern die neueren Ergebnisse ein deutlich differenziertes Bild, da die Mittelung der Werte nun nicht mehr über das gesamte Bundesland erfolgt. Hierdurch verringern sich bei einigen Klimaparametern die Bandbreiten möglicher zukünftiger Entwicklungen.

Die neuen regionalen Klimainformationen zeigen für die Temperaturentwicklung, dass eine Zunahme der mittleren Jahrestemperatur zu erwarten ist, wobei ein Anstieg für alle Jahreszeiten erkennbar ist. Bei der Anzahl der Sommer- und Hitzetage ist ebenfalls eine ansteigende Tendenz möglich. Im Extremfall könnte sich die Anzahl der Sommertage verdoppeln und die der Hitzetage verdreifachen. Im Hinblick auf die niederschlagsbasierten Klimaparameter zeigen die Modellergebnisse – jährlich wie auch saisonal – zunächst nur geringe Veränderungen. Der potentiell steigende Trend bei der Anzahl der



Starkregenereignisse bei weitestgehend gleichbleibender Anzahl und Länge der Trockenperioden ist jedoch ein Hinweis auf mögliche Veränderungen bei den Niederschlagsmustern. Durch die Erhöhung der mittleren Temperatur steigt zudem die Länge der Vegetationsperiode an, was hier durch eine Zunahme der Tage mit Pflanzenwachstum dargestellt wird.

## 1. Einleitung

Städte und Kommunen werden in besonderem Maß von den Folgen des Klimawandels betroffen sein. Durch die steigende räumliche Konzentration wirtschaftlicher Wertschöpfung und eine zunehmende Abhängigkeit von der Funktionsfähigkeit kritischer Infrastrukturen wächst im urbanen Raum die Anfälligkeit gegenüber klimatischen Veränderungen. Als lokale Auswirkungen sind Überschwemmungen, Küstenerosionen, Gesundheitsgefährdungen, Veränderungen der Artenvielfalt sowie Nutzungsbeeinträchtigungen möglich, die durch Extremereignisse, wie Hitzewellen, Starkregen, Stürme und Trockenperioden ausgelöst werden können (AfU-HRO 2016). Vor diesem Hintergrund wächst die Bedeutung, sich diesen Herausforderungen durch die Umsetzung geeigneter Anpassungsmaßnahmen zu stellen, um die Lebensqualität aufrechtzuerhalten. Die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen ist jedoch von der Problematik geprägt, dass Städte sogenannte „komplexe Systeme“ sind, bei deren Management sowohl klimatisch als auch nicht-klimatisch bedingte Einflüsse sowie deren Wechselwirkungen zu berücksichtigen sind (Bender et al. 2016).

Systematische Temperaturmessungen in Mecklenburg-Vorpommern zeigen einen Trend zu immer höheren jährlichen Durchschnittstemperaturen. So hat sich der vieljährige Mittelwert für die Lufttemperatur im Zeitraum 1981 – 2010 (8,8°C) im Vergleich zu Referenzperiode 1961 – 1990 (8,2°C) um 0,6°C erhöht (DWD 2018). Darüber hinaus wurden acht der zwölf wärmsten Jahre Mecklenburg-Vorpommerns im 21. Jahrhundert gemessen. Den Spitzenplatz nimmt aktuell das Jahr 2014 mit einem Jahresmittel von 10,2°C ein. Gleichzeitig nahm die Anzahl der kalten Tage ab und die der warmen Tage zu (DWD 2018). An der Station Rostock-Warnemünde wurde im Jahr 2018 mit 38 Sommertagen (Maximum der Tagestemperatur  $\geq 25^\circ\text{C}$ ) ein neuer Rekord aufgestellt. Bei den Hitzetagen (Maximum der Tagestemperatur  $\geq 30^\circ\text{C}$ ) wurde die bisher höchste Anzahl (8 Tage) aus dem Jahr 2010 erneut erreicht (Datenquelle: [www.wetterkontor.de](http://www.wetterkontor.de), Stand 01.10.18). Generell ist der landesweite Trend der Erwärmung für Mecklenburg-Vorpommern im Raum Rostock nicht so stark ausgeprägt, was auf den Meereseinfluss zurückzuführen ist, der Temperaturschwankungen dämpft. Allerdings sorgte die lange Hitzewelle im Sommer 2018 in Rostock und dem Umland für einen Rekordwasserverbrauch: Am 01.06.2018 wurde mit 45.536 m<sup>3</sup> am Tag der bisherige Rekordwert aus dem Sommer 2004 übertroffen (Nordwasser GmbH, 09.08.2018). Darüber hinaus kann der gestiegene Hitzestress zu steigenden Gesundheitsproblemen bei Personen mit eingeschränkter Anpassungsfähigkeit (wie Säuglinge, Kleinkinder oder pflegebedürftige Menschen) führen.

Auch wenn sich die jährliche Anzahl der Tage mit mindestens 10 Liter Niederschlag je Quadratmeter seit dem Jahr 1951 kaum verändert hat (DWD 2018), sind insbesondere in jüngerer Zeit (2006, 2011, 2012, 2014 und 2017) mehrere Starkregenereignisse in der Tagespresse dokumentiert, die im Stadtgebiet von Rostock zu lokalen Überschwemmungen führten. Nach der Langfristbilanz des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV) liegt die Stadt Rostock in Mecklenburg-Vorpommern mit 1.500 Euro auf Platz 2 bei den durchschnittlichen Gebäudeschäden (Zeitraum 2002 – 2016). Durch die küstennahe Lage besteht darüber hinaus eine besondere Exposition Rostocks gegenüber Sturmfluten.

In den letzten 100 Jahren haben sich die Sturmflutwasserstände im Wesentlichen infolge der Meeresspiegeländerungen erhöht. Der Meeresspiegel ist in diesem Zeitraum im Bereich der deutschen Ostseeküsten um etwa 10 – 20 cm angestiegen (Weiße & Meinke 2017).

Von den Folgen des Klimawandels und klimatischer Extremereignisse sind vor allem Handlungsfelder der Bereiche Wirtschaft, Gesellschaft und Politik in Rostock betroffen, wobei sich das Ausmaß der Beeinflussung, je nach Art der Klimawandelfolge, unterschiedlich darstellt. Ähnlich verhält es sich mit den zugehörigen Anpassungsmaßnahmen, die jeweils stadtspezifische Rahmenbedingungen berücksichtigen müssen. Als Grundlage für eine erfolgreiche strategische Planung zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels für das Land Mecklenburg-Vorpommern, wurde mit dem Landtagsbeschlusses Drucksache 5/352 vom 29.03.2007 eine wissenschaftlich fundierte Studie über Chancen und Risiken des Klimawandels für Mecklenburg-Vorpommern erstellt, einschließlich Handlungsempfehlungen mit einer zeitlichen Einstufung zur Notwendigkeit der Umsetzung (MWAT M-V 2008). Im Fokus standen Aussagen zur zukünftigen Entwicklung der Temperatur, des Küstenverlaufs und des Grundwasserstands sowie den Herausforderungen für die Gesundheitsvorsorge. Im Jahr 2010 fand eine erste Aktualisierung der Studie statt (MWAT M-V 2010). Im Jahr 2018 erschien der Klimareport Mecklenburg-Vorpommern (DWD 2018).

Wie auf Landesebene wuchs auch die Bedeutung der Anpassung an die Folgen des Klimawandels auf kommunaler Ebene. Im August 2011 wurde von der Bürgerschaft der Hansestadt Rostock der Beschluss 2011/AN/2439 gefasst, mit dem der Oberbürgermeister zur Erstellung eines Rahmenkonzepts zur Anpassung an den Klimawandel beauftragt wurde. Das Dokument fokussierte auf die planerischen Erfordernisse im Zusammenhang mit Extremwetterereignissen sowie auf vorkehrende Maßnahmen (AfU-HRO 2012). Im Jahr 2016 fand die erste Fortschreibung des Rahmenkonzeptes statt (AfU-HRO 2016). Hierbei wurden Klimaänderungsinformationen verwendet, die im Rahmen der „Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ (Die Bundesregierung 2008) veröffentlicht wurden. Sie basieren auf den sogenannten SRES-Szenarien, die die möglichen Entwicklungen im 21. Jahrhundert in den Bereichen Bevölkerungswachstum, ökonomische und soziale Entwicklung, technologische Veränderungen, Ressourcen-Verbrauch und Umweltmanagement berücksichtigen (Nakicenovic et al. 2000).

Für den 5. Sachstandsbericht des IPCC (IPCC 2014) wiederum wurden neue Szenarien entwickelt – die sogenannten RCP-Szenarien („Representative Concentration Pathways“ bzw. „Repräsentative Konzentrationspfade“). Diese ersetzen seitdem die bisherigen SRES-Szenarien. Für die zweite Fortschreibung des Rahmenkonzeptes strebt die Stadt Rostock eine Aktualisierung des Wissensstandes in Bezug auf die regionalen Klimainformationen für den Ostseeraum im Bereich Rostock an. Dazu wurde das Climate Service Center Germany (GERICS) im Juli 2018 beauftragt.

Abweichend vom bisherigen Rahmenkonzept betrachtet der vorliegende Bericht gezielt den Bereich Rostock und nutzt nicht wie bisher den Mittelwert für Mecklenburg-Vorpommern. An Stelle der SRES-Szenarien werden die neueren RCP-Szenarien verwendet. Darüber hinaus findet eine Betrachtung der nahen Zukunft (2036 – 2065) und nicht der fernen Zukunft (2071 – 2100) statt. Zur Beschreibung der

regionalen Klimaveränderungen werden insgesamt 55 Klimaprojektionen der EURO-CORDEX-Initiative (vgl. Anhang 1) und des vom BMBF geförderten Projekts ReKlies-De (ReKlies-De 2017) (vgl. Anhang 2) verwendet.

Die hier angewandte Methodik basiert auf dem Vorgehen, das im Report zum „GERICS-Stadtbakasten“ für das Modul „Klimawandeltaugliche Kompensationsmaßen“ (Bender et al. 2017) beschrieben und bereits für Bremerhaven (Bender et al. 2018a) und Bremen (Bender et al. 2018b) angewandt wurde.

## 2. Regionale Klimaprojektionen

### 2.1. Bewertung der Klimaveränderungen (Klimaänderungsszenarien)

Als Grundlage zur Abschätzung der Folgen des Klimawandels für die Stadt Rostock werden die nachfolgend skizzierten Klimaparameter verwendet (Tab.1).

Tab.1 Übersicht und Erläuterung der verwendeten Klimaindizes und –variablen

Klimaparameter	Erläuterung
<b>Variablen aus regionalen Klimamodellen</b>	
Langjähriges Mittel der Temperatur sowie langjähriger saisonaler Mittelwert für Winter (DJF), Frühling (MAM), Sommer (JJA) und Herbst (SON)	In 2 m Höhe (Meteorologisches Jahr)
Taupunkttemperatur	In 2 m Höhe
Langjähriges Mittel der Niederschlagssumme sowie langjähriger saisonaler Mittelwert (DJF, MAM, JJA, SON)	Gesamtniederschlag (Summe aus konvektivem und stratiformem Niederschlag)
Langjähriges Mittel der Windstärke	In 10 m Höhe
<b>Abgeleitete Indizes auf Basis von Variablen der regionalen Klimamodelle</b>	
Anzahl der Sommertage bzw. sommerlichen Tage	Gesamtzahl der Tage pro Jahr mit einem Tagesmaximum von $\geq 25^{\circ}\text{C}$ (in 2 m Höhe)
Anzahl der Hitzetage	Gesamtzahl der Tage pro Jahr mit einem Tagesmaximum von $\geq 30^{\circ}\text{C}$ (in 2 m Höhe)
Anzahl der Tropennächte	Gesamtzahl der Tage pro Jahr, in denen nachts die Temperatur nicht unter $20^{\circ}\text{C}$ fällt
Anzahl der Starkregenereignisse	Gesamtzahl der Tage pro Jahr mit einer Niederschlagssumme von $\geq 25$ mm
Dauer der längsten Trockenperiode	Maximale Länge der Periode mit mehr als 5 aufeinanderfolgenden Tagen mit einer Niederschlagssumme von $< 1$ mm
Anzahl der Trockenperioden	Gesamtzahl der Trockenperioden pro Jahr mit mehr als 5 aufeinanderfolgenden Tagen mit einer Niederschlagssumme von $< 1$ mm
Anzahl der Tage mit Pflanzenwachstum	Gesamtzahl der Tage pro Jahr mit einer Tagesmitteltemperatur $> 5^{\circ}\text{C}$ (Maß für günstige Pflanzenwachstumsbedingungen)

#### 2.1.1. Methodischer Ansatz

Die verwendeten Simulationen zur Modellierung des historische Klimas (1971 – 2000) sowie für das zukünftige Klima (2036 – 2065) basieren auf einem Ensemble regionaler Klimaprojektionen der EURO-

CORDEX-Initiative (<http://www.euro-cordex.net>; Anhang 1) und des vom BMBF-geförderten Projektes ReKlies-De (ReKlies-De 2017; Anhang 2), die durch das sogenannte „Dynamische Downscaling“ erzeugt wurden (Jacob et al. 2014). Eine Übersicht der im Zuge dessen verwendeten Klimamodelle findet sich ergänzend in Anhang 3. Nachfolgend wird für dieses Ensemble die Bezeichnung „EU-COR-RKDe-Ensemble-Set“ verwendet.

Für den Blick in die Zukunft wurden 55 Klimaprojektionen analysiert, von denen 16 Projektionen auf dem Szenario RCP2.6, 15 Projektionen auf dem Szenario RCP4.5 und 24 Projektionen auf dem Szenario RCP8.5 basieren (siehe Box 1). Das EU-COR-RKDe-Ensemble-Set beinhaltet Simulationen acht unterschiedlicher regionaler Klimamodelle (RCM), die von elf verschiedenen globalen Klimamodellen (GCM) beziehungsweise GCM-Realisierungen angetrieben wurden.

#### **Box 1** Die „Repräsentativen Konzentrationspfade“ (RCP)

Die RCP Szenarien (sogenannte "Repräsentative Konzentrationspfade") wurden für den 5. Sachstandsbericht des IPCC entwickelt. Das Szenario RCP2.6 schließt sehr ambitionierte Maßnahmen zur Verringerung von Treibhausgasemissionen ein, was zu einem Strahlungsantrieb – Maß für die Veränderung der Energiebilanz der Erdatmosphäre durch externe Faktoren wie Sonneneinstrahlung oder CO<sub>2</sub> – von ca. 3 W pro m<sup>2</sup> um das Jahr 2040 führt, der dann zum Ende des 21. Jahrhunderts auf einen Wert von 2.6 W pro m<sup>2</sup> zurückgeht. Dieses Szenario wird auch als „Klimaschutz“-Szenario bezeichnet. Mit dem Szenario RCP8.5 wird ein kontinuierlicher Anstieg der Treibhausgasemissionen beschrieben, der zum Ende des 21. Jahrhunderts zu einem Strahlungsantrieb von 8.5 W pro m<sup>2</sup> führt. Dieses Szenario stellt ein „Weiter-wie-bisher“-Szenario dar. Das Szenario RCP4.5 bewegt sich im mittleren Bereich der beiden anderen Szenarien.

(siehe z.B. <http://www.klimanavigator.de/dossier/artikel/012038/index.php> und <http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/RCP-Szenarien>, Stand: 11/2018).

Die Modelle berechnen die Klimaindizes und -variablen auf einem Gitter (Box 2). Für den lokalen Fokus auf die Region werden die Klimaänderungsinformationen aus allen Simulationen für die Gitterboxen im Bereich Rostock ausgewählt (Abb.1). Basierend auf dem jeweiligen Flächenanteil der Geländeoberfläche pro Gitterbox wird ein gewichtetes Mittel der Klimaänderungen berechnet (GERICS 2017). Die dadurch erhaltenen Informationen sind somit nicht punktspezifisch, sondern beschreiben einen Mittelwert.

#### **Box 2** Simulationsgitterbox

Klimamodelle beruhen auf mathematischen Gleichungen, die grundlegende physikalische Gesetze ausdrücken, wie beispielsweise Gesetze der Massen-, Impuls- und Energieerhaltung. Die Änderungen der verschiedenen Größen (z.B. Temperatur, Druck, Niederschlag) werden auf einem dreidimensionalen Gitter, das den Globus umspannt, von Zeitschritt zu Zeitschritt numerisch berechnet.

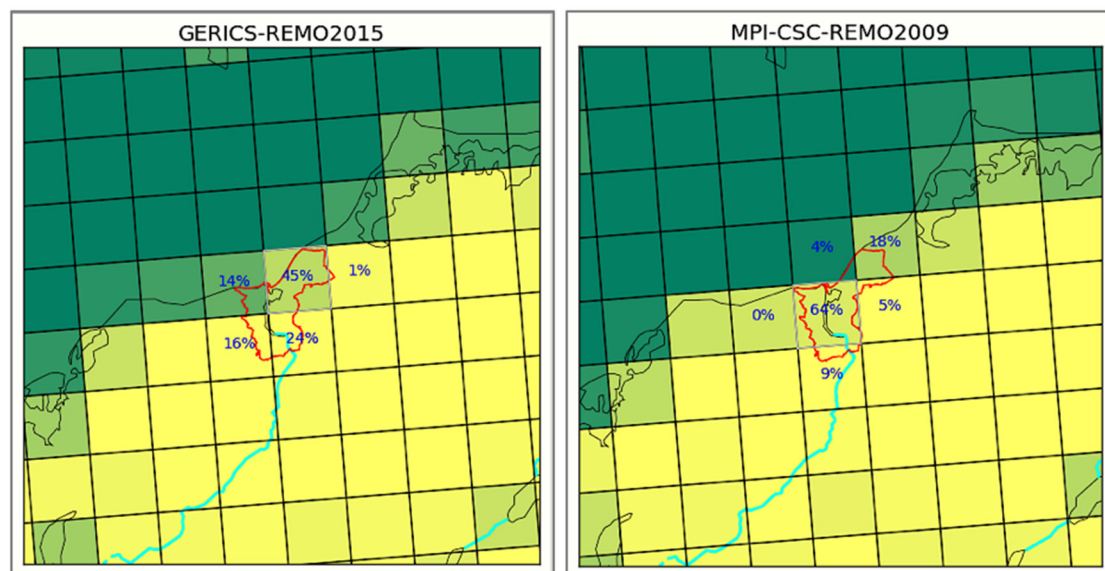
In regionalen Klimamodellen wird nur ein Ausschnitt berechnet, welcher darüber hinaus ein feineres Gitter verwendet, um regionale meteorologische Prozesse besser abbilden zu können.

Für jeden simulierten Klimaparameter werden nachfolgende Tests durchgeführt:

- Validierung gegen Beobachtungsdaten: Simulationen des EU-COR-RKDe-Ensemble-Sets für den historischen Zeitraum (hier: 1971 – 2000) werden mit dem gegittert vorliegenden E-OBS-Datensatz (Version 16.0; siehe Box 3) verglichen. Kriterien der Validierung sind: a) die mittlere Abweichung der Datensätze, b) die Abweichung der interannuellen Variabilität, berechnet anhand der Standardabweichung der Jahreswerte über die 30-jährige Evaluierungsperiode und c) die Abweichung der Jahresgänge für Temperatur und Niederschlag.
- Prüfung der räumlichen Homogenität projizierter Klimaänderungen in einer größeren Region um das Untersuchungsgebiet herum (7 x 7 Gitterboxen): Vergleich des „Signal-to-Noise“-Verhältnisses (GERICS 2017).
- Prüfung der Trendrichtung projizierter Klimaänderungen: Um die Robustheit des Ensemble-Klimaänderungssignals zu bestimmen, werden sowohl die Übereinstimmung der projizierten Trends als auch die Bandbreite aller projizierten Änderungen in die Bewertung mit einbezogen.

### Box 3 E-OBS-Datensatz

Der E-OBS-Datensatz (ENSEMBLES Observation Data – Beobachtungsdatensatz des ENSEMBLES-Projektes) ist ein häufig genutzter gerasteter Datensatz für Europa, der unter anderem Niederschlag- und Temperaturmessungen mit täglicher Auflösung enthält. Er wurde im Rahmen des EU-Projektes ENSEMBLES entwickelt (Haylock et al. 2008). Für weitere Informationen siehe auch: <http://www.ecad.eu>.



**Abb.1** Beispiel für die unterschiedliche Gewichtung der Fläche von Rostock (rote Umrandung) in Abhängigkeit vom jeweiligen Modellgitter (Flächenanteil pro Gitterbox als Prozentangabe). Gitterboxen-Farben: Landflächen (gelb), Wasserflächen (dunkelgrün), gemischte Land- und Wasserflächen (hellgrün)

## 2.1.2. Modellierte historische Klimabedingungen

Der Vergleich der modellierten historischen Werte des EU-COR-RKDe-Ensemble-Sets mit dem E-OBS-Beobachtungsdatensatz für den Zeitraum 1971 – 2000 zeigt, dass sich die Temperaturmittelwerte des E-OBS-Datensatzes innerhalb des 17. beziehungsweise 83. Perzentils der modellierten Werte des Modell-Ensembles befinden (Tab. 2). Innerhalb dieser Grenzen befinden sich 66% aller Projektionsergebnisse. Dieses Vorgehen ist konsistent mit dem des IPCC. Die modellierten Werte für die Anzahl der Sommertage liegen dagegen unter den Beobachtungsdaten. Von den Modellwerten wird die Anzahl der Hitzetage gut wiedergegeben. Für die mittleren Niederschlagsmengen befinden sich die modellierten Werte für den Jahreswert sowie für Winter, Frühling und Herbst im betrachteten Perzentilbereich über den Beobachtungswerten.

**Tab.2** Beobachtungsdaten „E-OBS-Datensatz“ und modellierte historischen Daten des EU-COR-RKDe-Ensemble-Sets („wahrscheinliche Bandbreite – likely range“; 17. bis 83. Perzentil (P17, P83) und Median (P50)).

Klimaparameter	E-OBS- Beobachtungs- datensatz (1971 – 2000)	Modellierte historische Daten (EU-COR-RKDe- Ensemble-Set) (1971 – 2000)			Ergebnisvergleich zwischen Beobachtungsdaten und modellierten Daten
		P17	P50	P83	
Mittlere Jahrestemperatur [°C]	8,5	7,5	8,1	9,1	Gute Übereinstimmung
Mittl. Temp./Winter (DJF) [°C]	1,2	-0,2	1,0	2,0	Gute Übereinstimmung
Mittl. Temp./Frühling (MAM) [°C]	7,3	5,5	6,6	8,1	Gute Übereinstimmung
Mittl. Temp./Sommer (JJA) [°C]	16,3	14,7	15,7	17,2	Gute Übereinstimmung
Mittl. Temp./Herbst (SON) [°C]	9,1	8,2	8,9	9,5	Gute Übereinstimmung
Mittlere Windstärke [m/s]	k. A.	4,8	5,1	5,2	Keine Angabe möglich
Anzahl Sommertage [#a]	15,5	4,7	8,2	15,1	Niedrigere Modellwerte
Anzahl Hitzetage [#a]	1,7	0,2	0,5	2,3	Gute Übereinstimmung
Anzahl der Tropennächte [#a]	1,0	0,01	0,07	0,54	Niedrigere Modellwerte
Mittlerer jährl. Niederschlag [mm/d]	1,6	2,1	2,3	2,6	Höhere Modellwerte
Mittl. Nds./Winter (DJF)* [mm/d]	1,3	2,0	2,3	2,6	Höhere Modellwerte
Mittl. Nds./Frühling (MAM)* [mm/d]	1,3	1,5	1,7	2,1	Höhere Modellwerte
Mittl. Nds./Sommer (JJA)* [mm/d]	2,0	2,0	2,6	2,9	Übereinstimmung
Mittl. Nds./Herbst (SON)* [mm/d]	1,6	2,0	2,4	3,2	Höhere Modellwerte
Anzahl Starkregenereignisse [#a]	0,7	0,9	1,6	2,5	Höhere Modellwerte
Dauer längste Trockenperiode [d]	49	27	32	40	Niedrigere Modellwerte
Anzahl Trockenperioden [#a]	14,1	9,3	10,2	12,1	Niedrigere Modellwerte
Anzahl Tage Pflanzenwachstum [#a]	241,7	221,6	234,9	261,7	Gute Übereinstimmung

\*DJF: Dezember, Januar, Februar; MAM: März, April, Mai; JJA: Juni, Juli, August, SON: September, Oktober, November.



Gleiches gilt für die Anzahl der Starkregenereignisse. Dagegen liegen die modellierten Werte für die Anzahl der Tropennächte, die Dauer der längsten Trockenperiode und die Anzahl der Trockenperioden unter den Beobachtungsdaten. Bei der Anzahl der für das Pflanzenwachstum förderlichen Tage befinden sich die modellierten Werte im Bereich der Beobachtungsdaten.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Beobachtungswerte gut von den Modellwerten wiedergegeben werden, auch wenn die niederschlagsbasierten Modellwerte höher ausfallen als die zugehörigen Beobachtungswerte. Für die mittlere Windstärke konnte kein Vergleich durchgeführt werden, da dieser Parameter nicht im E-OBS-Datensatz enthalten ist.

### 2.1.3. „Klimaschutz“-Szenario (RCP2.6)

Zur Betrachtung von Klimaveränderungen ist es gängige Praxis, 30-jährige Bezugszeiträume miteinander zu vergleichen. Dazu werden in der Regel die zukünftigen Veränderungen in der nahen Zukunft (2036 – 2065) beziehungsweise der fernen Zukunft (2071 – 2100) im Vergleich zur Referenzperiode (1971 – 2000) betrachtet. Da für die Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen die Veränderungen in der nahen Zukunft eine hohe Relevanz besitzen, werden nachfolgend die Ergebnisse zukünftiger Klimaprojektionen für die nahe Zukunft für den Vergleich herangezogen.

Beim Vergleich der modellierten historischen Werte mit den Ergebnissen des **RCP2.6-Ensembles** (2036 – 2065) zeigt sich eine Verschiebung der mittleren Jahrestemperatur in einen höheren Temperaturbereich (Tab. 3). Die Unterschiede zwischen den modellierten historischen Werten (1971 – 2000) und den Werten des **RCP2.6-Ensembles** (2036 – 2065) sind bei der mittleren Temperatur im Herbst am deutlichsten ausgeprägt, da sich die beiden Ergebnis-Bandbreiten nicht überlappen. Für den Winter, Frühling und Sommer sowie die mittlere Jahrestemperatur zeigt sich eine mögliche Verschiebung hin zu höheren Werten. Ebenso wird eine leichte Zunahme an Sommertagen projiziert, da sich das 17. und 50. Perzentil in einen höheren Bereich verschieben. Dagegen ist die Anzahl der Hitzetage für den historischen sowie für den zukünftigen Zeitraum nahezu gleich.

Es zeigen sich nur geringfügige Änderungen bei der jährlichen und den saisonalen Niederschlagsparametern. Bei den Angaben über die Dauer der längsten Trockenperiode sowie deren Anzahl wird keine zukünftige Veränderung projiziert. Dagegen zeigen sich leichte Verschiebungen bei der Anzahl der Tropennächte und der Starkregenereignisse, hin zu einer größeren Häufigkeit. Aufgrund der höheren mittleren Temperatur zeigt sich eine Verschiebung in Richtung einer längeren Vegetationsperiode – hier in einer höheren Anzahl an Tagen mit Pflanzenwachstum. Bei der mittleren Windstärke sind keine Veränderungen erkennbar.

**Tab.3** Berechnete Variablen und Indizes des EU-COR-RKDe-Ensemble-Sets: historischer Zeitraum (1971 – 2000) und dem „Klimaschutz“-Szenario (RCP2.6) (2036 – 2065).  
(Trend für nahe Zukunft: 2036 – 2065): Kategorien: abnehmender, unveränderter und zunehmender Trend

Klimaparameter	Modellierte historische Daten (EU-COR-Ensemble-Set) (1971 – 2000)			RCP2.6 (EU-COR-RKDe-Ensemble-Set) (2036 – 2065)			Zukünftiger Trend (2036 – 2065)
	P17	P50	P83	P17	P50	P83	
Mittlere Jahrestemperatur [°C]	7,5	8,1	9,1	8,9	9,1	10,1	Zunahme
Mittl. Temp./Winter (DJF) [°C]	-0,2	1,0	2,0	1,3	2,0	3,0	unverändert – Zunahme
Mittl. Temp./Frühling (MAM) [°C]	5,5	6,6	8,1	7,0	8,2	9,0	unverändert – Zunahme
Mittl. Temp./Sommer (JJA) [°C]	14,7	15,7	17,2	16,0	16,8	17,6	unverändert – Zunahme
Mittl. Temp./Herbst (SON) [°C]	8,2	8,9	9,5	9,6	10,5	11,1	Zunahme
Mittlere Windstärke [m/s]	4,8	5,1	5,2	4,8	5,0	5,2	unverändert
Anzahl Sommertage [#a]	4,7	8,2	15,1	7,2	12,0	15,8	unverändert – Zunahme
Anzahl Hitzetage [#a]	0,2	0,5	2,3	0,5	1,1	2,2	unverändert
Anzahl der Tropennächte [#a]	0,01	0,07	0,54	0,03	0,3	1,1	unverändert – Zunahme
Mittl. jährl. Niederschlag [mm/d]	2,1	2,3	2,6	2,2	2,4	2,7	unverändert
Mittl. Nds./Winter (DJF)* [mm/d]	2,0	2,3	2,6	2,1	2,4	3,0	unverändert – Zunahme
Mittl. Nds./Frühling (MAM)* [mm/d]	1,5	1,7	2,1	1,6	1,8	2,2	unverändert
Mittl. Nds./Sommer (JJA)* [mm/d]	2,0	2,6	2,9	2,5	2,7	2,8	unverändert
Mittl. Nds./Herbst (SON)* [mm/d]	2,0	2,4	3,2	2,3	2,6	3,5	unverändert – Zunahme
Anzahl Starkregenereignisse [#a]	0,9	1,6	2,5	1,4	2,2	3,6	unverändert – Zunahme
Dauer längste Trockenperiode [d]	27	32	40	26	33	41	unverändert
Anzahl Trockenperioden [#a]	9,3	10,2	12,1	9,8	10,5	11,7	unverändert
Anz. Tage Pflanzenwachstum [#a]	221,6	234,9	261,7	243,9	259,2	280,9	unverändert – Zunahme

\*DJF: Dezember, Januar, Februar; MAM: März, April, Mai; JJA: Juni, Juli, August; SON: September, Oktober, November.

#### 2.1.4. Moderates Emissionsszenario (RCP4.5)

Beim Vergleich der modellierten historischen Werte (1971 – 2000) mit den Ergebnissen des **RCP4.5-Ensembles** (2036 – 2065) zeigt sich eine deutliche Erhöhung der mittleren Jahrestemperatur. Bei saisonaler Betrachtung zeigt sich insbesondere beim Herbst ein Unterschied zwischen den beiden Datensätzen, da hier kein Überlappungsbereich auftritt. Im Winter, Frühling und Sommer zeigt sich ebenfalls ein tendenzieller Anstieg, wobei zwischen den jeweiligen Vergleichsdatsätzen Überlappungsbereiche zu erkennen sind (Tab. 4). Auch bei der Anzahl der Sommertage und der Hitzetage ist eine tendenzielle Verschiebung zu einer größeren Anzahl an Tagen möglich. Die Anzahl der Tage über 30°C, die bisher im Mittel nur höchstens zweimal im Jahr auftreten, könnte sich in Zukunft verdoppeln. Diese

Tendenz ist bei der Anzahl der Tropennächte nicht so deutlich ausgeprägt, obwohl sich im Extremfall die Anzahl – wenn auch bei einem niedrigen Niveau – verdreifachen könnte.

Bei allen betrachteten niederschlagsbasierten Klimaparametern – jährlich und saisonal – sowie bei der Anzahl der Starkregenereignisse zeigen sich nur geringfügige Veränderungen. Im Hinblick auf Trockenperioden bleiben die Anzahl und Dauer der längsten Trockenperiode nahezu unverändert. Dies gilt auch für die mittlere Windstärke. Die Anzahl der Tage mit Pflanzenwachstum verschiebt sich, wie auch beim „Klimaschutz“-Szenario, hin zu einer potentiell längeren Vegetationsperiode.

**Tab.4** Berechnete Variablen und Indizes des EU-COR-RKDe-Ensemble-Sets: historischer Zeitraum (1971 – 2000) und dem moderaten Zukunftsszenario (RCP4.5) (2036 – 2065).  
(Trend für nahe Zukunft: 2036 – 2065): Kategorien: abnehmender, unveränderter und zunehmender Trend

Klimaparameter	Modellierte historische Daten (EU-COR-RKDe-Ensemble-Set) (1971 – 2000)			RCP4.5 (EU-COR-RKDe-Ensemble-Set) (2036 – 2065)			Zukünftiger Trend (2036 – 2065)
	P17	P50	P83	P17	P50	P83	
Mittlere Jahrestemperatur [°C]	7,5	8,1	9,1	9,1	9,7	10,7	Zunahme
Mittl. Temp./Winter (DJF) [°C]	-0,2	1,0	2,0	1,8	2,8	4,0	unverändert – Zunahme
Mittl. Temp./Frühling (MAM) [°C]	5,5	6,6	8,1	7,0	8,4	9,4	unverändert – Zunahme
Mittl. Temp./Sommer (JJA) [°C]	14,7	15,7	17,2	16,1	17,0	18,1	unverändert – Zunahme
Mittl. Temp./Herbst (SON) [°C]	8,2	8,9	9,5	9,9	10,5	11,4	Zunahme
Mittlere Windstärke [m/s]	4,8	5,1	5,2	4,8	5,1	5,3	unverändert
Anzahl Sommertage [#a]	4,7	8,2	15,1	7,8	10,3	20,0	unverändert – Zunahme
Anzahl Hitzetage [#a]	0,2	0,5	2,3	0,8	1,4	4,4	unverändert – Zunahme
Anzahl der Tropennächte [#a]	0,01	0,07	0,54	0,06	0,64	1,52	unverändert – Zunahme
Mittl. jährl. Niederschlag [mm/d]	2,1	2,3	2,6	2,2	2,4	2,8	unverändert – Zunahme
Mittl. Nds./Winter (DJF)* [mm/d]	2,0	2,3	2,6	2,2	2,4	2,8	unverändert – Zunahme
Mittl. Nds./Frühling (MAM)* [mm/d]	1,5	1,7	2,1	1,5	2,0	2,5	unverändert – Zunahme
Mittl. Nds./Sommer (JJA)* [mm/d]	2,0	2,6	2,9	2,4	2,6	2,7	unverändert
Mittl. Nds./Herbst (SON)* [mm/d]	2,0	2,4	3,2	2,2	2,8	3,3	unverändert
Anzahl Starkregenereignisse [#a]	0,9	1,6	2,5	1,2	1,9	2,6	unverändert
Dauer längste Trockenperiode [d]	27	32	40	25	33	45	unverändert – Zunahme
Anzahl Trockenperioden [#a]	9,3	10,2	12,1	8,3	9,7	10,8	Abnahme – unverändert
Anz. Tage Pflanzenwachstum [#a]	221,6	234,9	261,7	249,0	270,1	288,2	unverändert – Zunahme

\*DJF: Dezember, Januar, Februar; MAM: März, April, Mai; JJA: Juni, Juli, August; SON: September, Oktober, November.

## 2.1.5. „Weiter-wie-bisher“-Szenario (RCP8.5)

Die Ergebnisse des **RCP8.5-Ensembles** zeigen ähnliche Veränderungsmuster wie das moderate Emissionsszenario. Die projizierten Änderungen sind insbesondere bei den temperaturbasierten Klimaparametern deutlicher ausgeprägt als im moderaten Emissionsszenario.

Die projizierte mittlere Jahrestemperatur sowie die mittleren Temperaturen in allen vier Jahreszeiten sind erkennbar erhöht (Tab. 5). Überlappungsbereiche zwischen den Ergebnisbandbreiten der modellierten historischen Daten und dem Zukunftsszenario zeigen sich lediglich bei den mittleren Temperaturen für den Frühling und Sommer.

**Tab.5** Berechnete Variablen und Indizes des EU-COR-RKDe-Ensemble-Sets: historischer Zeitraum (1971 – 2000) und dem „Weiter-wie-bisher“-Szenario (RCP8.5) (2036 – 2065).  
(Trend für nahe Zukunft: 2036 – 2065): Kategorien: abnehmender, unveränderter und zunehmender Trend

Klimaparameter	Modellierte historische Daten (EU-COR-RKDe-Ensemble-Set) (1971 – 2000)			RCP8.5 (EU-COR-RKDe-Ensemble-Set) (2036 – 2065)			Zukünftiger Trend (2036 – 2065)
	P17	P50	P83	P17	P50	P83	
Mittlere Jahrestemperatur [°C]	7,5	8,1	9,1	9,4	10,4	11,2	Zunahme
Mittl. Temp./Winter (DJF) [°C]	-0,2	1,0	2,0	2,4	3,3	4,0	Zunahme
Mittl. Temp./Frühling (MAM) [°C]	5,5	6,6	8,1	7,9	9,0	9,8	Zunahme
Mittl. Temp./Sommer (JJA) [°C]	14,7	15,7	17,2	16,3	17,8	19,2	unverändert – Zunahme
Mittl. Temp./Herbst (SON) [°C]	8,2	8,9	9,5	10,3	11,1	12,1	Zunahme
Mittlere Windstärke [m/s]	4,8	5,1	5,2	4,8	5,1	5,2	unverändert
Anzahl Sommertage [#a]	4,7	8,2	15,1	9,5	13,4	30,2	unverändert – Zunahme
Anzahl Hitzetage [#a]	0,2	0,5	2,3	1,0	2,0	7,7	unverändert – Zunahme
Anzahl der Tropennächte [#a]	0,01	0,07	0,54	0,1	1,1	10,6	unverändert – Zunahme
Mittl. jährl. Niederschlag [mm/d]	2,1	2,3	2,6	2,2	2,4	2,8	unverändert – Zunahme
Mittl. Nds./Winter (DJF)* [mm/d]	2,0	2,3	2,6	2,1	2,4	3,0	unverändert – Zunahme
Mittl. Nds./Frühling (MAM)* [mm/d]	1,5	1,7	2,1	1,7	1,9	2,4	unverändert – Zunahme
Mittl. Nds./Sommer (JJA)* [mm/d]	2,0	2,6	2,9	2,5	2,6	3,0	unverändert
Mittl. Nds./Herbst (SON)* [mm/d]	2,0	2,4	3,2	2,1	2,5	3,3	unverändert
Anzahl Starkregenereignisse [#a]	0,9	1,6	2,5	1,3	2,2	2,9	unverändert – Zunahme
Dauer längste Trockenperiode [d]	27	32	40	25	31	39	unverändert
Anzahl Trockenperioden [#a]	9,3	10,2	12,1	9,2	10,4	11,6	Abnahme – unverändert
Anz. Tage Pflanzenwachstum [#a]	221,6	234,9	261,7	261,4	276,0	294,3	unverändert – Zunahme

\*DJF: Dezember, Januar, Februar; MAM: März, April, Mai; JJA: Juni, Juli, August; SON: September, Oktober, November.

Auch bei der Anzahl der Sommertage und der Hitzetage deutet sich ein tendenzieller Anstieg an, wobei sich im Extremfall die Anzahl der Sommertage verdoppeln und die der Hitzetage verdreifachen könnte. Auch die Anzahl der Tropennächte zeigt einen tendenziellen Anstieg, der im Extremfall mit mehr als 10 Tagen jährlich sehr deutlich ausfallen könnte.

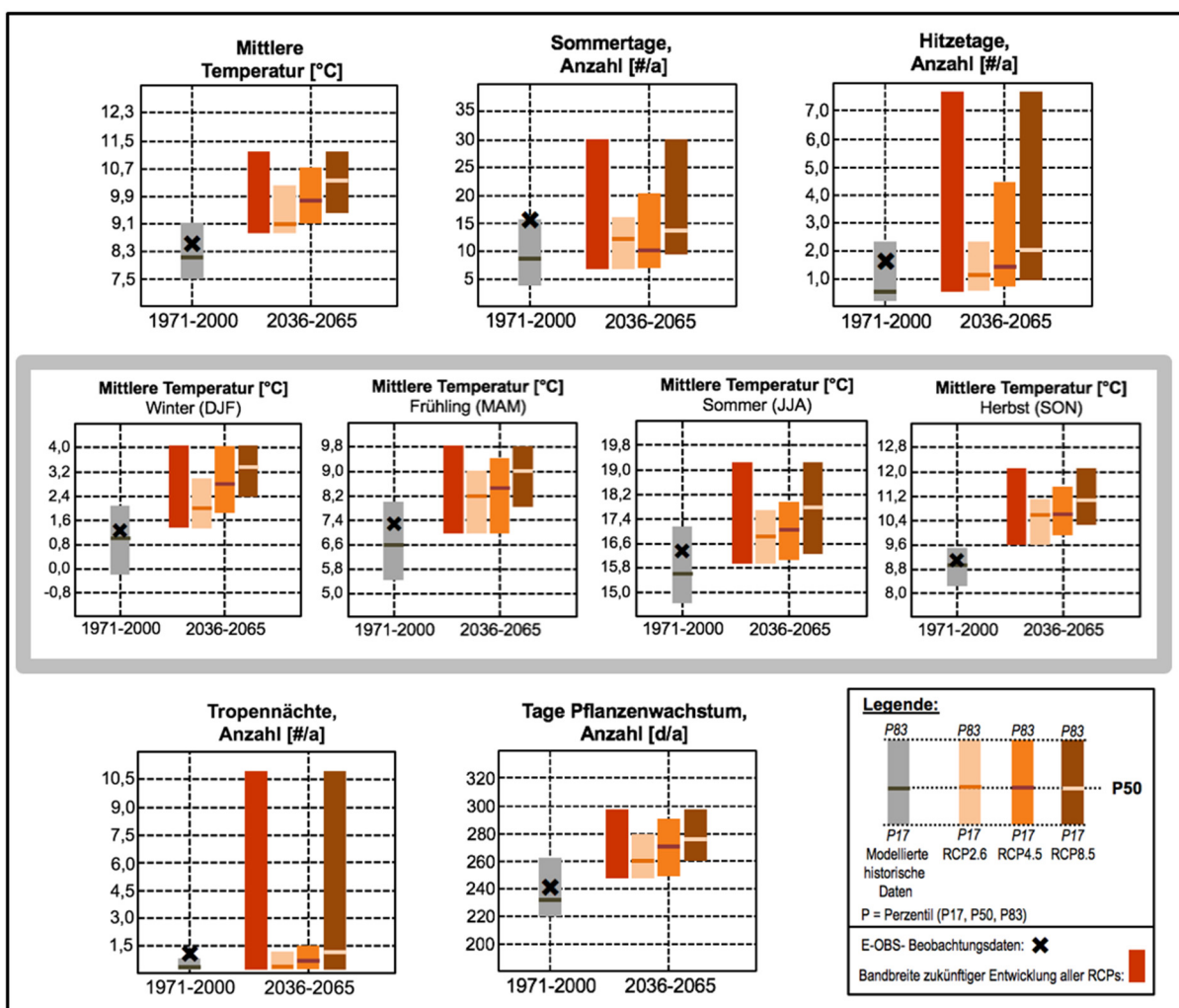
Demgegenüber zeigen sich bei den niederschlagsbasierten Klimaparametern – jährlich, saisonal und für die Anzahl der Starkregenereignisse – nur geringfügige Veränderungen. Gleiches gilt auch für die Anzahl der Trockenperioden, für die Dauer der längsten Trockenperiode sowie für die mittlere Windstärke.

Aufgrund der deutlich höheren mittleren Temperatur im „Weiter-wie-bisher“-Szenario – verglichen mit dem „Klimaschutz“-Szenario beziehungsweise dem Moderaten Emissionsszenario – zeigt sich eine klare Verschiebung in Richtung einer längeren Vegetationsperiode (höhere Anzahl an Tagen mit Pflanzenwachstum), die sogar einen Monat länger dauern könnte.

### 3. Zusammenfassende Bewertung

Mit dem vorliegenden Bericht für die Stadt Rostock wird eine neue Datengrundlage regionaler Klimainformationen für die zweite Fortschreibung des Rahmenkonzeptes zur Anpassung an den Klimawandel bereitgestellt. Die regionalen Klimainformationen basieren auf den aktuellen Ergebnissen der EURO-CORDEX-Initiative (<http://www.eurocordex.net>) und des vom BMBF geförderten Projektes ReKlies-De (ReKlies-De 2017). Zur Beschreibung zukünftiger Veränderungen in der Zeitperiode 2036 bis 2065 wurden 55 Klimaprojektionen verwendet, die sich wie folgt aufteilen:

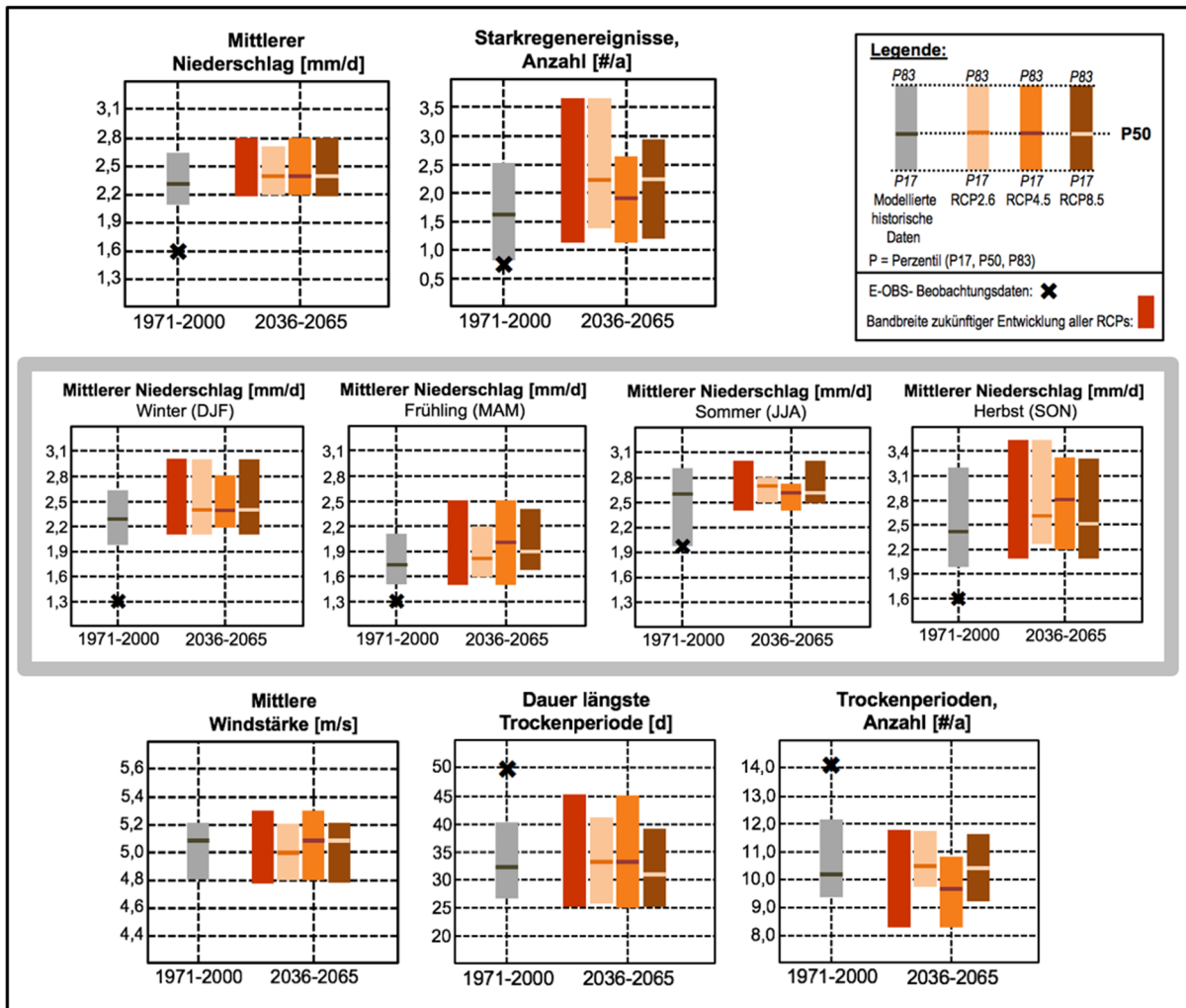
- 16 Projektionen „Klimaschutz“-Szenario (RCP2.6)
- 15 Projektionen Moderates Emissionsszenario (RCP4.5)
- 24 Projektionen „Weiter-wie-bisher“-Szenario (RCP8.5)



**Abb.2** Temperaturbasierte Klimaparameter inklusive Tage mit Pflanzenwachstum – Gegenüberstellung der EU-COR-RDe-Ensemble-Set Ergebnisse für die Zeiträume 1971 – 2000 im Vergleich zu Beobachtungsdaten und 2036 – 2065 (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).

DJF: Dezember, Januar, Februar; MAM: März, April, Mai; JJA: Juni, Juli, August; SON: September, Oktober, November.

Die Ergebnisse der regionalen Klimaprojektionen (EU-COR-RKDe-Ensemble-Set) aller Emissions-szenarien für die Stadt Rostock sind in den Abbildungen 2 und 3 dargestellt. Sie zeigen die Zeitperiode 2036 – 2065 im Vergleich zum Zeitraum 1971 – 2000.



**Abb.3** Niederschlagsbasierte Klimaparameter und Windstärke – Gegenüberstellung der EU-COR-RDe-Ensemble-Set Ergebnisse für die Zeiträume 1971 – 2000 im Vergleich zu Beobachtungsdaten und 2036 – 2060 (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).

DJF: Dezember, Januar, Februar; MAM: März, April, Mai; JJA: Juni, Juli, August; SON: September, Oktober, November.

Generell ist für die Stadt Rostock davon auszugehen, dass sich die Klimaparameter in der Zukunft im Vergleich zu heute moderat verändern werden (Tab. 6). Die Temperaturentwicklung zeigt eine erkennbare Zunahme der mittleren Jahrestemperatur. Dieser Anstieg verteilt sich regelmäßig auf alle Jahreszeiten. Auch bei der Anzahl der Sommer- und Hitzetage ist eine Zunahme möglich, wobei sich im Extremfall die Anzahl der Sommertage verdoppeln und die der Hitzetage verdreifachen könnte. Durch den allgemein ansteigenden Trend werden sich die Temperaturen auch in der Nacht erhöhen. Dies könnte im Extremfall, mit mehr als zehn Tropennächten im Jahr, auch sehr deutlich ausfallen. Aus diesem Grund wird der Faktor „Wärmebelastung und Hitzestress“ im Stadtgebiet beispielsweise für den

Gesundheitssektor aber auch für den Bau- und Planungssektor an Bedeutung gewinnen. Dies könnte beispielsweise folgende Maßnahmen beinhalten: Ertüchtigen von Frischluftbahnen, gezielte Baumneupflanzungen, das Anlegen von Grün- und Wasserelementen, das Verschatten öffentlicher Plätze, die Nachrüstung von Pflege- und Altenheimen, Schulen, Kindergärten und Krankenhäusern bezüglich ausreichender Kühlmöglichkeiten.

Betrachtet man die Modellergebnisse der niederschlagsbasierten Klimaparameter – jährlich wie auch saisonal – so zeigen sich zunächst nur geringe Veränderungen. Der potentiell steigende Trend bei der Anzahl der Starkregenereignisse bei weitestgehend gleichbleibender Anzahl und Länge der Trockenperioden ist jedoch ein Hinweis auf mögliche Veränderungen der zeitlichen Verteilung von Niederschlagsereignissen sowie auch auf sich ändernde Niederschlagsintensitäten. Diese Entwicklung könnte den lokalen Wasserhaushalt nachhaltig beeinflussen. Zusammen mit höheren Verdunstungsraten könnte sich die zeitliche Entwicklung der Grundwasserneubildung verändern, was sich wiederum in einer Veränderung der Grundwasserschwankungsbreite niederschlagen würde. Durch die zeitliche und lokale Erhöhung der Grundwasserhöchststände steigt zudem in einigen Bereichen das Grundhochwasserrisiko. Dagegen kann insbesondere in den Stadtbereichen, deren Untergrund durch einen höheren tonigen Anteil geprägt ist, das Auftreten von Setzungsschäden steigen. Dies ist besonders während länger anhaltenden Trockenperioden sowie in Verbindung mit niedrigen Grundwasserständen zu erwarten.

Durch die Erhöhung der mittleren Temperatur steigt zudem die Dauer der Vegetationsperiode an (hier dargestellt durch eine Zunahme der Tage mit Pflanzenwachstum). Diese Entwicklung wirkt sich auf alle Pflanzen gleichermaßen aus. Neben den Stadtbäumen und jeglicher Bepflanzungen im Stadtgebiet könnten dadurch allerdings auch standortfremde und unerwünschte Arten profitieren. Dadurch steigt der allgemeine Pflegeaufwand. Inwieweit sich das aktuell im Stadtgebiet befindliche urbane Grün an die Klimaveränderungen anpassen kann, muss im Einzelfall beurteilt werden. Ein möglicher Bearbeitungsansatz findet sich in Bender et al. 2017. Der durch die verlängerte Wachstumszeit entstehende höhere Wasserbedarf könnte unter Umständen ebenfalls die Grundwasserneubildung und somit auch die Grundwasserstände negativ beeinflussen.

In Bezug auf den Einfluss des Wassers sollte auch der Anstieg des Meeresspiegels bei zukünftigen Planungen nicht vernachlässigt werden.



**Tab.6** Zusammenfassung der Veränderungen ausgesuchter Klimaparameter für Rostock  
(Trend für nahe Zukunft: 2036 – 2065); Kategorien: abnehmender, unveränderter und zunehmender Trend.

<b>Temperaturbasierte Klimaparameter</b>	<b>Zukünftiger Trend (2036-2065) (Abnahme – unverändert – Zunahme)</b>	<b>Veränderung der Ergebnisbandbreite unteres Ende /.../ oberes Ende</b>
Mittlere Jahrestemperatur [°C]	<b>ZUNAHME</b>	<b>+1,4 /.../ +2,1</b>
Mittlere Temperatur, Winter [°C]	<b>UNVERÄNDERT bis ZUNAHME</b>	<b>+1,5 /.../ +2,0</b>
Mittlere Temperatur, Frühling [°C]	<b>UNVERÄNDERT bis ZUNAHME</b>	<b>+1,5 /.../ +1,7</b>
Mittlere Temperatur, Sommer [°C]	<b>UNVERÄNDERT bis ZUNAHME</b>	<b>+1,3 /.../ +2,0</b>
Mittlere Temperatur, Herbst [°C]	<b>ZUNAHME</b>	<b>+1,4 /.../ +2,6</b>
Anzahl der Sommertage [#a]	<b>UNVERÄNDERT bis ZUNAHME</b>	<b>+2,5 /.../ +15,1</b>
Anzahl der Hitzetage [#a]	<b>UNVERÄNDERT bis ZUNAHME</b>	<b>+0,3 /.../ +5,4</b>
Anzahl der Tropennächte [#a]	<b>UNVERÄNDERT bis ZUNAHME</b>	<b>+0,02 /.../ +10,1</b>
<b>Niederschlagsbasierte Klimaparameter</b>	<b>Zukünftiger Trend (2036-2065) (Abnahme – unverändert – Zunahme)</b>	<b>Veränderung der Ergebnisbandbreite unteres Ende /.../ oberes Ende</b>
Mittl. jährlicher Niederschlag [mm/d]	<b>UNVERÄNDERT</b>	<b>+0,1 /.../ +0,2</b>
Mittl. Niederschlag, Winter [mm/d]	<b>UNVERÄNDERT bis ZUNAHME</b>	<b>+0,1 /.../ +0,4</b>
Mittl. Niederschlag, Frühling [mm/d]	<b>UNVERÄNDERT bis ZUNAHME</b>	<b>+0,0 /.../ +0,4</b>
Mittl. Niederschlag, Sommer [mm/d]	<b>UNVERÄNDERT</b>	<b>+0,4 /.../ +0,1</b>
Mittl. Niederschlag, Herbst [mm/d]	<b>UNVERÄNDERT bis ZUNAHME</b>	<b>+0,1 /.../ +0,3</b>
Anzahl Starkregenereignisse [#a]	<b>UNVERÄNDERT bis ZUNAHME</b>	<b>+0,3 /.../ +1,1</b>
Anzahl Trockenperioden [#a]	<b>UNVERÄNDERT bis ABNAHME</b>	<b>-1 /.../ -0,4</b>
Dauer längste Trockenperiode [d]	<b>UNVERÄNDERT bis ZUNAHME</b>	<b>-2 /.../ +5</b>
<b>Andere Klimaparameter</b>	<b>Zukünftiger Trend (2036-2065) (Abnahme – unverändert – Zunahme)</b>	<b>Veränderung der Ergebnisbandbreite unteres Ende /.../ oberes Ende</b>
Anzahl der Tage mit Pflanzenwachstum [d/a]	<b>ZUNAHME</b>	<b>+22,3 /.../ +32,6</b>
Mittlere Windstärke [d]	<b>UNVERÄNDERT</b>	<b>-0,0 /.../ +0,1</b>

## 4. Literatur

- AfU-HRO (2012): Rahmenkonzept zur Anpassung an den Klimawandel. Stand 2012/2013. – 23 S. (Bürgerschaftsbeschluss 2011/AN/2439), (Hrsg. Amt für Umweltschutz der Hanse- und Universitätsstadt Rostock).
- AfU-HRO (2016): Rahmenkonzept zur Anpassung an den Klimawandel. 1. Fortschreibung des Maßnahmen- und Aktionsplans, Stand 2014/2015. – 33 S. (Bürgerschaftsbeschluss 2011/AN/2439), (Hrsg. Amt für Umweltschutz der Hanse- und Universitätsstadt Rostock).
- Bender, S., Groth, M. & Raub, T. (2018a): Regionale Klimainformationen für Bremerhaven – Überprüfung, Erweiterung, Anwendung. – City Series 01, Climate Service Center Germany. Hamburg. 28 S.
- Bender, S., Groth, M., Raub, T. & Pfeifer, S. (2018b): Regionale Klimainformationen für Bremen – Überprüfung, Erweiterung, Anwendung. – City Series 02, Climate Service Center Germany. Hamburg. 28 S.
- Bender, S., Brune, M., Cortekar, J., Groth, M. & Remke, T. (2017): Klimawandeltaugliche Kompensationsmaßnahmen. – Überprüfung der Funktionstüchtigkeit von Kompensationsmaßnahmen unter klimatisch veränderten Bedingungen am Beispiel der Stadt Kiel. – GERICS-Report 32, Climate Service Center Germany. Hamburg. 73 S.
- Bender, S., Cortekar, C. & Jacob, D. (2016): Klimaresiliente Stadt - Was sagen Klimamodell-Projektionen über die Zukunft von Städten aus und wie können Städte diese Zukunft beeinflussen und meistern? - Gewässerschutz – Wasser – Abwasser, 239, 32/1 bis 32/14.
- Die Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen. 78 S.
- DWD (2018): Klimareport Mecklenburg-Vorpommern. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, Deutschland. 52 S.
- GERICS (2017): Standort-charakteristisches Climate-Fact-Sheet Hafen Hamburg. – unveröffentl. Climate-Fact-Sheet. 11 S.
- Haylock, M.R., Hofstrata, N., Klein Tank, A.M.G., Klok, E.J., Jones, P.D. & New, M. (2008): A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. - J. Geophys. Res (Atmospheres), 113, D20119, doi:10.1029/2008JD10201.
- IPCC (2014): Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Hauptautoren, R.K. Pachauri und L.A. Meyer (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle. Bonn.
- Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, A.B., Bouwer, L.M., Braun, A., Colette, A., Dequeue, M., Georgievski, G., Georgopoulou, E., Gobiet, A., Menut, L., Nikulin, G., Hännler, A., Hempelmann, N., Jones, C., Keuler, K., Kovats, S., Kroner, N., Kotlarski, S., Kriegsman, A., Martin, E., van Meijgaard, E., Moeseley, C., Pfeifer, S., Preuschmann, S., Radermacher, C., Radtke, K., Rechid, D., Rounsevell, M., Samuelsson, P., Somot, S., Soussanna, J-F., Teichmann, C., Valentini, R., Vautard, R., Weber, B. & Yiou, P. (2014): EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research Regional Environmental Changes. Vol. 14, Issue 2: 563-578.
- Meinke, I., Rechid, D., Tinz, B., Maneke, M., Lefebvre, C. & Isokeit, E. (2017): Klima der Region – Zustand, bisherige Entwicklung und mögliche Änderungen bis 2100. – In: v.Storch, H., Meinke, I. & Claußen, M. [Hrsg.]: Hamburger Klimabericht:15-36.
- MWAT M-V (2008): Klimaschutz und Folgen des Klimawandels in Mecklenburg-Vorpommern. – 47 S. (Hrsg. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus, Mecklenburg-Vorpommern (MWAT M-V)).
- MWAT M-V (2010): Folgen des Klimawandels in Mecklenburg-Vorpommern 2010. – 64 S. (Hrsg. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus, Mecklenburg-Vorpommern (MWAT M-V)).
- Nakicenovic, N., Alcamo, J., Grubker, a., Riahi, K., Roehrl, R.A., Rogner, H.-H. & Victor, N. (2000): Special Report on Emissions Scenarios (SRES), A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 599 S.
- ReKliEs-De (2017): ReKliEs-De Ergebnisbericht, 56 S. <http://reklies.hlnug.de/fileadmin/tmp/reklies/dokumente/ReKliEs-De-Ergebnisbericht.pdf>. (Stand 09/2018).
- Weiß, R. & Meinke, L. (2017): Meeresspiegelanstieg, Gezeiten, Sturmfluten und Seegang. – In: Bresseur, G., Jacob, D. & Schuck-Zöller, S. (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland: 77-86.

## Anhang 1: EURO-CORDEX – Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment – European Domain

EURO-CORDEX ist der europäische Zweig der internationalen Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX) Initiative. Diese wird durch das World Climate Research Programme (WRCP) mit dem Ziel gefördert, einen **international koordinierten** Rahmen zu schaffen, um verbesserte regionale Klimaprojektionen für alle Länderregionen weltweit zu erstellen.

Jacob et al. (2014) nutzen den ersten Satz von EURO-CORDEX Simulationen mit einer horizontalen Auflösung von 12,5 km für die Emissionsszenarien RCP4.5 und RCP8.5, um u.a. die Ergebnisse denen der SRES A1B Simulationen des ENSEMBLES-Projektes gegenüber zu stellen. Während sich die großflächigen Änderungsmuster für die mittlere Temperatur und den Niederschlag bei allen Szenarien ähnlich ausprägen, zeigen sich aufgrund der höheren räumlichen Auflösung der EURO-CORDEX Simulationen regionale Unterschiede. Darüber hinaus wurde der **Ensemble-Ansatz** dazu genutzt, Aussagen über Robustheit und Signifikanz der Ergebnisse zu erlangen. Die Robustheit wird über die Übereinstimmung der Simulationen in Richtung der projizierten Änderungen sowie den Anteil der Simulationen, die statistisch signifikante Änderungen projizieren, definiert (Pfeifer et al. 2015).

Die Ergebnisse von Jacob et al. (2014) zeigen für die Periode 2071 – 2100 (verglichen mit 1971 – 2000) einen robusten und signifikanten Anstieg der **mittleren jährlichen Temperatur** in Deutschland (+1,6° bis +3,2°C für RCP4.5 bzw. +3,7° bis +5,2°C für RCP8.5). Die **mittleren jährlichen Niederschlagssummen** zeigen sich für RCP8.5 für weite Teile Deutschlands erhöhte Werte (signifikant und robust), mit Ausnahme von Norddeutschland. Für RCP4.5 variieren die Veränderungen zwischen -5% und +25% (signifikant und robust). Bei den **Starkregenereignissen** zeigen die Ergebnisse deutliche saisonale Unterschiede. Für RCP8.5 ergeben sich deutschlandweit im Winter robuste und signifikante Zunahmen der Anzahl (15% bis 35%), wohingegen im Sommer – bis auf Teile Bayerns – keine signifikanten Veränderungen simuliert wurden. Für RCP4.5 zeigen die Ergebnisse nur wenige signifikante und robuste Veränderungen. Ausnahmen bilden die Zunahme der Ereignisse von 5% bis 25% für den Winter in Ostdeutschland, den nördlichen Teil Nordrhein-Westfalens und für Teile Südost-Bayerns.

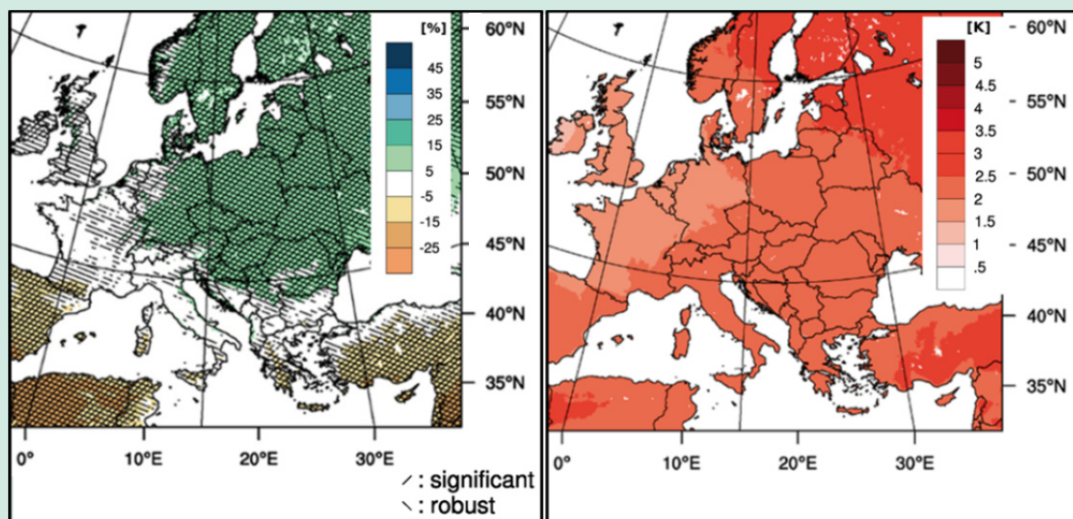


Abb. Projizierte Veränderungen des jährlichen mittleren Niederschlags (links) und der jährlichen mittleren Temperatur (rechts) für 2071 – 2100 (im Vergleich zu 1971 – 2000) für RCP4.5 (entnommen aus Jacob et al. 2014, S.567, verändert).

## Anhang 2: ReKliEs-De – Regionale Klimaprojektionen – Ensemble für Deutschland

Das Verbundprojekt ReKliEs-De wurde im Jahr 2014 von den Bundesländern initiiert und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert, um dem Wissensbedarf in der Klimafolgenforschung und in der Politikberatung Rechnung zu tragen. An dem vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) koordinierten Projekt waren folgende Partner beteiligt: die Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, das Climate Service Center Germany (GERICS), der Deutsche Wetterdienst (DWD), das Deutsche Klimarechenzentrum (DKRZ), das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) und die Universität Hohenheim.

Das Projekt ReKliEs-De verfolgte das Ziel, robuste Informationen über die Bandbreiten und Extreme der zukünftigen Klimaentwicklung in Deutschland interessierten Nutzern zur Verfügung zu stellen. Neben der Generierung wissenschaftlicher Erkenntnisse beinhaltet dies auch die nutzerorientierte Aufbereitung der Modellergebnisse für die Impact-Forschung. Systematische Vergleiche zu Ergebnissen früherer Projekte waren ebenfalls ein Projektbestandteil. Letzteres dient zur Abschätzung, ob die bisher verwendeten Klimaänderungssignale für die Planung und Durchführung von Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen noch angemessen sind, oder ob Risiken neu bewertet und Maßnahmen neu konzipiert oder priorisiert werden müssen.

Das Projekt betrachtet die Ergebnisse regionaler Klimamodelle für die deutschen Flusseinzugsgebiete. Diese beinhalten Simulationen, die bereits im Rahmen der europäischen Initiative EURO-CORDEX (vgl. Anhang 1) regionalisiert wurden sowie neue Simulationsrechnungen mit dynamischen und statistischen Verfahren für RCP2.6 und RCP8.5 mit einer horizontalen Auflösung von 12 km x 12 km.

Mit der Gegenüberstellung des „Klimaschutz“-Szenarios (RCP2.6) mit dem „Weiter-wie-bisher“- beziehungsweise „Business-as-usual“-Szenario (RCP8.5) bieten die Projektergebnisse erstmals wesentliche Informationen über die Bedeutung des Klimaschutzes sowie über den Umfang der benötigten Anpassungsmaßnahmen. Während im „Klimaschutz“-Szenario die Erwärmung im 21. Jahrhundert nur rund 1 °C beträgt, steigt die Jahresmitteltemperatur im „Weiter-wie-bisher“-Szenario um fast 4 °C an. Zusätzlich nehmen Hitzeperioden zu, Kälteperioden dagegen ab. Bei den Niederschlägen zeigen sich große Unterschiede zwischen den Jahreszeiten. Im Winter nehmen Niederschläge signifikant zu, welche vermehrt als Regen und nicht als Schnee fallen. Eine verringerte Schneespeicherung hat einen schnelleren Abfluss zu Folge. Dies erhöht das Hochwasserrisiko im Winter. Durch eine geringere Schneeschmelze können sich im Frühjahr auch die Grundwasservorräte nicht mehr wie bisher auffüllen. Dies kann sich in einigen Regionen negativ auf die Grundwasserbewirtschaftung auswirken.

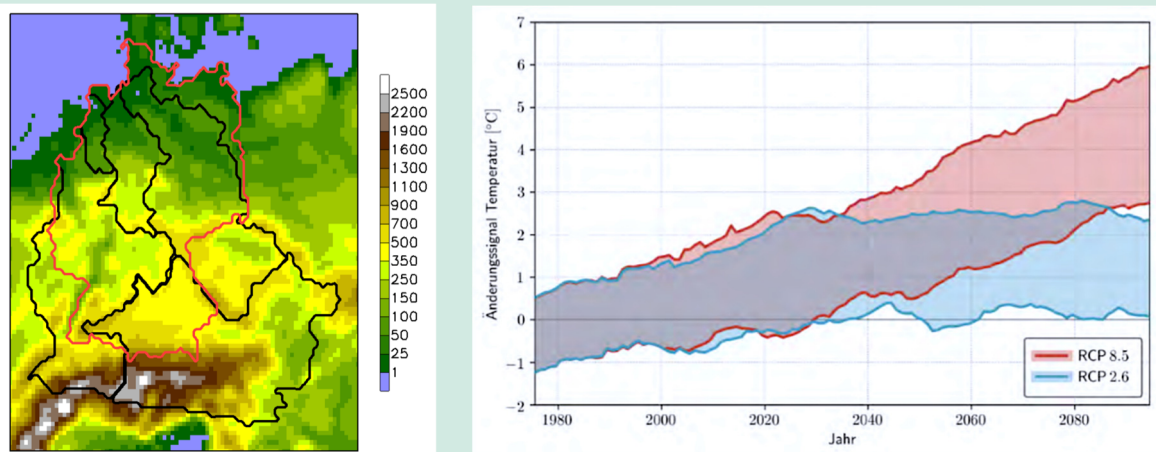


Abb. (links): ReKliEs-De-Untersuchungsgebiet: Deutschland (roter Umriss), Flusseinzugsgebiete (schwarz)

Abb. (rechts): Zeitlicher Verlauf der Änderung der Jahresmitteltemperatur in den Szenarios RCP2.6 (blau) und RCP8.5 (rot)

Quelle: entnommen aus ReKliEs-De-Ergebnisbericht (ReKliEs-De 2017).

**Anhang 3:** Überblick über die verwendeten Klimamodelle für das EU-COR-Ensemble-Set

Niedriges Emissionsszenario (RCP2.6)		Moderates Emissionsszenario (RCP4.5)		Hohes Emissionsszenario (RCP8.5)	
Name des RCM	Name und Realisierung des antreibenden GCM	Name des RCM	Name und Realisierung des antreibenden GCM	Name des RCM	Name und Realisierung des antreibenden GCM
-	-	-	-	CCLM4-8-17	CanESM2, r1i1p1
-	-	-	-	REMO2015	CanESM2, r1i1p1
CCLM4-8-17	EC_EARTH, r12i1p1	CCLM4-8-17	EC_EARTH, r12i1p1	CCLM4-8-17	EC_EARTH, r12i1p1
REMO2015	EC_EARTH, r12i1p1	-	-	REMO2015	EC_EARTH, r12i1p1
RACMO22E	EC_EARTH, r12i1p1	RACMO22E	EC_EARTH, r12i1p1	RACMO22E	EC_EARTH, r12i1p1
RCA4	EC_EARTH, r12i1p1	RCA4	EC_EARTH, r12i1p1	RCA4	EC_EARTH, r12i1p1
-	-	RACMO22E	EC_EARTH, r1i1p1	RACMO22E	EC_EARTH, r1i1p1
-	-	-	-	WRF361H	EC_EARTH, r1i1p1
HIRHAM5	EC_EARTH, r3i1p1	HIRHAM5	EC_EARTH, r3i1p1	HIRHAM5	EC_EARTH, r3i1p1
-	-	CCLM4-8-17	HadGEM2, r1i1p1	CCLM4-8-17	HadGEM2, r1i1p1
REMO2015	HadGEM2, r1i1p1	-	-	REMO2015	HadGEM2, r1i1p1
RACMO22E	HadGEM2, r1i1p1	RACMO22E	HadGEM2, r1i1p1	RACMO22E	HadGEM2, r1i1p1
RCA4	HadGEM2, r1i1p1	RCA4	HadGEM2, r1i1p1	RCA4	HadGEM2, r1i1p1
-	-	-	-	WRF361H	HadGEM2, r1i1p1
-	-	WRF331	IPSL-CM5A-MR, r1i1p1	WRF331	IPSL-CM5A-MR, r1i1p1
-	-	RCA4	IPSL-CM5A-MR, r1i1p1	RCA4	IPSL-CM5A-MR, r1i1p1
REMO2015	IPSL-CM5A-MR, r1i1p1	-	-	-	-
CCLM4-8-17	MPI-ESM-LR, r1i1p1	CCLM4-8-17	MPI-ESM-LR, r1i1p1	CCLM4-8-17	MPI-ESM-LR, r1i1p1
-	-	-	-	REMO2015	MPI-ESM-LR, r1i1p1
RCA4	MPI-ESM-LR, r1i1p1	RCA4	MPI-ESM-LR, r1i1p1	RCA4	MPI-ESM-LR, r1i1p1
WRF361H	MPI-ESM-LR, r1i1p1	-	-	WRF361H	MPI-ESM-LR, r1i1p1
REMO2009	MPI-ESM-LR, r1i1p1	REMO2009	MPI-ESM-LR, r1i1p1	-	-
REMO2009	MPI-ESM-LR, r2i1p1	REMO2009	MPI-ESM-LR, r2i1p1	REMO2009	MPI-ESM-LR, r2i1p1
-	-	-	-	CCLM4-8-17	MIROC5, r1i1p1
REMO2015	MIROC5, r1i1p1	-	-	REMO2015	MIROC5, r1i1p1
-	-	HIRHAM5	NorESM1, r1i1p1	HIRHAM5	NorESM1, r1i1p1
REMO2015	GFDL-ESM2G, r1i1p1	-	-	-	-





## Kontakt:

Climate Service Center Germany (GERICS)

Fischertwiete 1 | 20095 Hamburg | Germany  
Tel +49 (0)40 226 338-0 | Fax +49 (0)40 226 338-163  
[www.climate-service-center.de](http://www.climate-service-center.de)

Eine Einrichtung des

 **Helmholtz-Zentrum  
Geesthacht**

Zentrum für Material- und Küstenforschung

ISSN 2625-7408