

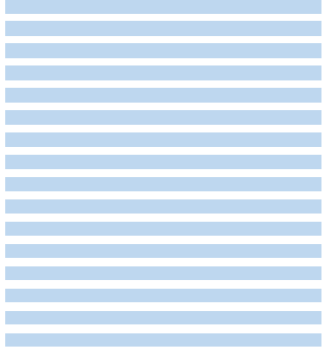


# *Klimareport Mecklenburg-Vorpommern*

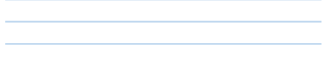
**Fakten bis zur Gegenwart –  
Erwartungen für die Zukunft**







# Inhalt



Vorwort.....	2
Grußwort von Christian Pegel .....	3
Immer in Veränderung: Wetter und Klima .....	4
Klima, Klimavariabilität und Extreme.....	6
Klimamodelle.....	8
Klimawandel und Klimaprojektionen.....	10
Das Klima in Mecklenburg-Vorpommern heute und morgen .....	12
Klimaparameter und ihre Veränderungen	
Temperatur .....	14
Niederschlag .....	22
Sonnenschein.....	28
Wind.....	32
Phänologie .....	34
Meeresspiegel.....	36
Extremereignisse .....	38
Aktuelle Forschungsthemen zum System Klima .....	44
Begriffskompass Klima.....	46
Impressum .....	48

# Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

der vorliegende Klimareport Mecklenburg-Vorpommern fasst das derzeitige Wissen über das Klima der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft in kurzer und prägnanter Form zusammen. Er soll Ihnen als Leser die Möglichkeit geben, sich einen fundierten Überblick über die vergangene und zukünftig zu erwartende Klimaentwicklung zu verschaffen.



Zehn der fünfzehn wärmsten Jahre seit Beginn der systematischen Messungen im Jahr 1881 traten in Mecklenburg-Vorpommern im 21. Jahrhundert auf. Das Jahr 2014 war mit einem Jahresmittel von 10,2 °C das bisher wärmste Jahr und lag damit um 2 Grad über dem langjährigen Jahresmittel der Referenzperiode 1961–1990. Aber auch das vergangene Jahr 2017 rangiert mit einem Jahresmittel von 9,5 °C noch an der 12. Stelle in der Rangfolge der wärmsten Jahre. Diese Werte stellen dabei sehr wahrscheinlich nur die bisherigen Maxima einer fortlaufenden Entwicklung dar. Der 5. Sachstandsbericht des Weltklimarates (IPCC) lässt für die noch folgenden Jahre dieses Jahrhunderts eine weitere deutliche Klimaerwärmung erwarten.

Der Klimawandel stellt nahezu für jeden von uns eine bedeutende Herausforderung dar. Sei es zum Beispiel durch vermehrt auftretende Tage mit starker Wärmebelastung oder durch eine eventuell steigende Häufigkeit von extremen Witterungsereignissen wie längere Dürreperioden oder auf der anderen Seite lokal auftretende Starkniederschläge. Für Mecklenburg-Vorpommern hat aufgrund seiner Lage an der Ostseeküste einerseits der erwartete Anstieg des Meeresspiegels eine große Bedeutung. Andererseits ist Mecklenburg-Vorpommern als Agrarland von den wahrscheinlichen Änderungen im Wasserhaushalt, die durch steigende Temperaturen und veränderte Niederschlagsverhältnisse hervorgerufen werden, betroffen. Obwohl die Anpassung an den Klimawandel eine langfristige Aufgabe darstellt, ist in Anbetracht der Risiken, die mit einem weiteren Temperaturanstieg einhergehen, aber unverzügliches Handeln notwendig.

Der internationale Rahmen für den Umgang mit dem Klimawandel wurde auf der Weltklimakonferenz COP21 in Paris vereinbart. Eine Voraussetzung für die Umsetzung der dort definierten Ziele ist ein detailliertes Verständnis des aktuellen Standes der Klimaentwicklung sowie der aktuell möglichen Prognosen für die Zukunft.

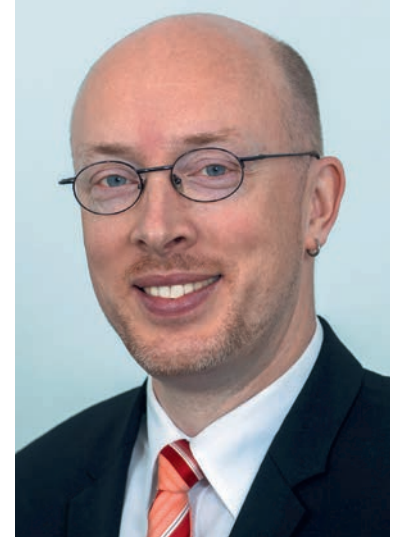
Der **Klimareport Mecklenburg-Vorpommern** stellt eine wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Anpassung von Entwicklungsstrategien an den Klimawandel dar.



Dr. Paul Becker

Vizepräsident des Deutschen Wetterdienstes

# Grußwort von Christian Pegel



*Liebe Leserinnen und Leser,*

*Mecklenburg-Vorpommern lockt als Land zum Leben – nicht zuletzt mit einer beeindruckenden Naturlandschaft, die urige Wälder, wildromantische Küstenabschnitte, ruhige Seen und eine artenreiche, heimische Flora und Fauna bietet. Doch auch diese ist bedroht: Der Klimawandel stellt eine Gefährdung für sämtliche Ökosysteme und damit auch für unsere Lebensgrundlage dar.*

*Vor allem bei persönlicher Betroffenheit, die regional noch sehr unterschiedlich ist, rückt er ins Bewusstsein. Nachrichten über Stürme, Überflutungen, Hitzewellen und Dürren häufen sich auch in Deutschland und speziell in Mecklenburg-Vorpommern. Dem versuchen wir zu begegnen, indem wir uns seit vielen Jahren für den Klimaschutz engagieren. Vor allem mit der Nutzung erneuerbarer Energien haben wir bereits einen erheblichen Beitrag zur Minderung der Treibhausgasemissionen leisten können. Dennoch müssen wir uns darüber im Klaren sein, dass es mit Blick auf den Klimawandel nicht bei einem Schulterklopfen bleiben kann – und selbst ein „Weiter so“ genügt nicht.*

*Dies unterstreicht der vorliegende Bericht des Deutschen Wetterdienstes. Er macht deutlich, dass wir unsere Anstrengungen zum Klimaschutz dringend verstärken und uns den bereits bestehenden wie den neu aufkommenden Herausforderungen, die der Klimawandel mit sich bringt, stellen müssen. Dafür ist das grundlegende Verständnis der Ursachen, Folgen und Handlungserfordernisse, die aus dem Wandel der klimatischen Verhältnisse resultieren, vonnöten. Der Klimareport für Mecklenburg-Vorpommern gibt einen fundierten Überblick zu den Auswirkungen des Klimawandels in unserem Bundesland und stellt damit eine wesentliche Wissensgrundlage für die Anpassung an mögliche Folgen dar.*

*Als Fazit bleibt: Wir müssen unsere Anstrengungen beim Klimaschutz weiter verstärken und uns auf die Folgen des Klimawandels vorbereiten, um unserer Verantwortung gegenüber nachfolgenden Generationen gerecht zu werden. Hier müssen in erster Linie Politik und Wirtschaft aktiv werden. Aber auch jeder Einzelne, Sie genauso wie ich, kann und muss im alltäglichen Leben seinen Beitrag dazu leisten.*

Herzlichst

Ihr

Christian Pegel  
Minister für Energie, Infrastruktur und Digitalisierung  
Mecklenburg-Vorpommern



## *Immer in Veränderung: Wetter und Klima*

*Das Wetter mit all seinen Erscheinungen prägt unser Leben. Es beeinflusst unsere tägliche Auswahl der Kleidung, aber auch die für Wirtschaft und Gesellschaft notwendige Infrastruktur. Mit der durch den Menschen verursachten Erhöhung der Treibhausgaskonzentrationen und den Änderungen der Landnutzung ändern sich unser Wetter und Klima. Die folgenden Seiten geben einen Überblick über die klimatischen Verhältnisse in der Vergangenheit und über zukünftige Entwicklungen in Mecklenburg-Vorpommern.*



### **Vom kurzfristigen Wechsel zur langfristigen Änderung: Wetter und Klima im Wandel**

Deutschland gehört zur warm-gemäßigten Klimazone der mittleren Breiten, im Übergangsbereich zwischen dem maritimen Klima Westeuropas und dem kontinentalen Klima in Osteuropa. Das Klima Mitteleuropas wird geprägt durch den Einfluss feuchter, gemäßigt temperierter atlantischer Luftmassen und trockener, im Sommer heißer, im Winter kalter kontinentaler Luft. Die großräumige Zirkulation bestimmt, welche Luftmasse dominiert. Dementsprechend können die Jahreszeiten in einzelnen Jahren sehr unterschiedlich ausfallen. Daraus resultiert die Variabilität des Klimas in Mecklenburg-Vorpommern. Den dominierenden Einfluss stellt die Nähe zum Meer da; die hohe Wärmekapazität des Wassers sorgt für relativ milde Winter und mäßig warme Sommer.

Der Deutsche Wetterdienst beobachtet an vielen Orten das Wetter, teilweise seit mehr als 100 Jahren. Registriert werden Parameter wie Temperatur, Niederschlag, Sonnenschein und vieles mehr. Die Beobachtungswerte variieren von Tag zu Tag und von Jahr zu Jahr. Neben diesen Variationen können durch die Aufzeichnungen der Messsysteme des Deutschen Wetterdienstes auch langfristige Änderungen erkannt werden. So ist es in Mecklenburg-Vorpommern seit 1881 etwa 1,3 °C\* wärmer geworden. Gleichzeitig nahm die Anzahl der kalten und sehr kalten Tage ab und die der warmen und sehr warmen Tage zu.

\* Temperaturdifferenzen werden in Kelvin (K) angegeben. 1 K entspricht 1 °C. Zugunsten der besseren Lesbarkeit verzichten wir in dieser Broschüre auf die Angaben in Kelvin und nutzen °C

Die Menge des Niederschlags hat seit 1882 zugenommen. Dieses gilt insbesondere für den Winter. In der Jahressumme sind es bis 2017 fast neun Prozent mehr als noch vor 136 Jahren. Die Anzahl der Tage mit mindestens 10 Liter Niederschlag je Quadratmeter stieg seit 1951 bis heute nur leicht um einen Tag an.

Erfasst wird des Weiteren die Höhe des Meeresspiegels. Auch hier ist eine Änderung zu beobachten. Der Meeresspiegel ist in den letzten 100 Jahren um etwa 15 cm an der deutschen Ostseeküste gestiegen.

### Hat der Mensch einen Einfluss auf das Klima?

Mit dem Ausstoß von Treibhausgasen und der großflächigen Änderung der Landnutzung greift der Mensch in das natürliche Klimasystem der Erde ein. Ein Schwerpunktthema der weltweiten Forschung ist daher die Analyse der Folgen dieser Eingriffe.

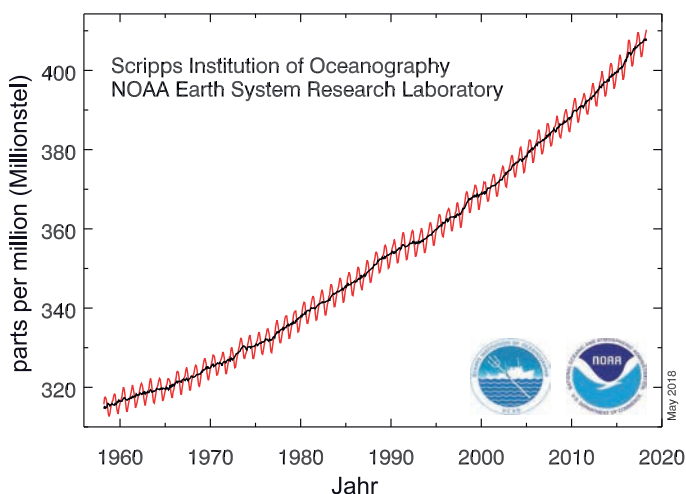
Mit Hilfe von Klimamodellen haben die Wissenschaftler die Auswirkungen auf das globale und regionale Klima auf der Basis von Szenarien untersucht. Für Mecklenburg-Vorpommern wird je nach gewähltem Szenario eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um fast 1 °C bis hin zu 5 °C in den nächsten 100 Jahren projiziert. Eine Änderung von nur 1 °C ist laut den Klimamodellen nur bei deutlicher Reduktion der Emission von Treibhausgasen möglich. Bei weiterem Wirtschaftswachstum und weiterhin hohen Treibhausgasemissionen ist eine Änderung von fast 3 bis 5 °C zu erwarten. Damit einhergehend nimmt die



Anzahl der kalten und sehr kalten Tage noch weiter ab, während die Zahl der warmen und sehr warmen Tage deutlich zunimmt.

Verbunden mit der Temperaturzunahme werden sehr wahrscheinlich die jährlichen Niederschlagsmengen weiter zunehmen. Die Anzahl der Tage mit mindestens 10 Liter Niederschlag je Quadratmeter wird sich nach den Ergebnissen der Klimaprojektionen erhöhen.

Ein Anstieg der Lufttemperatur geht mit einer Erhöhung der Meerwassertemperatur einher. Dadurch dehnt sich das Wasser aus und in der Folge steigt der Meeresspiegel. Dem aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand nach wird sich der Meeresspiegelanstieg durch verstärkte Schmelzprozesse an den Gletschern deutlich beschleunigen.



◀ Mittlere Konzentration des atmosphärischen CO<sub>2</sub>, gemessen am Mauna Loa Observatorium (Hawaii). Die Daten bilden die weltweit längste Reihe direkter Kohlendioxidmessungen. Dargestellt sind die Monatswerte (rote Kurve) sowie Jahresmittel (schwarze Kurve). Die Schwankungen innerhalb eines Jahres sind durch die unterschiedlichen Wachstumsperioden der Vegetation bedingt. (Quelle: NOAA)

# Klima, Klimavariabilität und Extreme

*Wetter, Witterung, Klima: Unter diesen drei Begriffen versteht die Meteorologie und Klimatologie Vorgänge, die in der Atmosphäre in verschiedenen langen Zeiträumen ablaufen. Das Wetter beschreibt den kurzfristigen Zustand der Atmosphäre, die Witterung eine Phase von Wochen bis mehreren Monaten und das Klima die Zeitspanne von Jahrzehnten bis hin zu geologischen Zeitaltern.*

## Was ist Klima?

Die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) definiert „Klima“ wissenschaftlich präzise als „Synthese des Wetters über einen Zeitraum, der lang genug ist, um dessen statistische Eigenschaften bestimmen zu können“. „Klima“, vom altgriechischen Wort klíma für „ich neige“ stammend, spielt auf die Konstellation der Erde im Sonnensystem an, auf die Neigung der Erdachse, den variierenden Abstand unseres Planeten zur Sonne und den damit zusammenhängenden

markanten Schwankungen der meteorologischen Bedingungen. Das Klima war in der Vergangenheit nie konstant. Aus der Erdgeschichte sind Eiszeiten und Warmzeiten bekannt.

Das Klima ist auch immer auf einen Ort bezogen. Das Klima von Arkona ist beispielsweise ein anderes als das von Schwerin. Um das Klima einer Region zu beschreiben, werden entsprechend den Vorgaben der WMO Zeiträume von mindestens 30 Jahren analysiert.





▲ Dünenmessfeld des Deutschen Wetterdienstes in Rostock-Warnemünde.

### Klimavariabilität

Das Klima ist als Summe von Wetter und Witterung etwas Variables. Es ist nicht ausreichend, das Klima alleinig mit einem Mittelwert zu beschreiben. Schon auf der Tagesskala beobachten wir eine hohe Variabilität des Wetters. Diese Variabilität zeigt sich auch bei der Witterung. Gleiches gilt für längere Zeitskalen. So sind im Winter die Temperaturen im Mittel geringer als im Sommer. Aber auch einzelne Jahreszeiten unterscheiden sich. Es gibt milde oder kalte Winter und trockene oder feuchte Sommer.

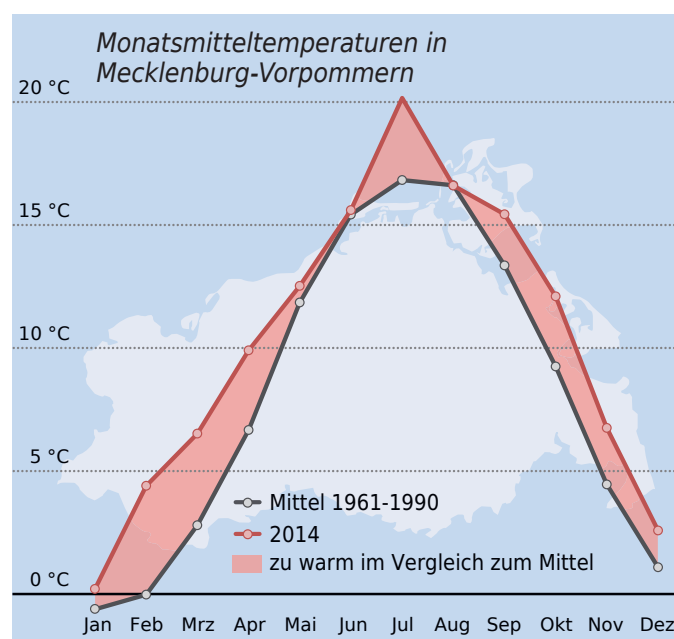
Die beschriebene Variabilität zeigt sich nicht nur bei der Temperatur. Sie gilt für alle meteorologischen Elemente (z. B. Niederschlag und Sonnenscheindauer). Auch ein sich durch den Klimawandel erwärmendes Klima weist diese Variabilität auf: Es wird nicht jedes Jahr etwas wärmer sein als das vorhergehende. Einzelne Jahre können wärmer, aber auch kälter sein als der mittlere Verlauf.

### Klimatrend

Von einem Klimatrend sprechen wir, wenn innerhalb einiger Jahrzehnte verstärkt eine Veränderung, z. B. zu häufigeren positiven Temperaturabweichungen, festzustellen ist oder vermehrt bisher beobachtete Schwankungsbreiten betragsmäßig zunehmend überschritten werden. Die Änderungsrichtung kann durchaus kurzzeitig unterbrochen oder abgemildert sein, entscheidend ist, dass die zu beobachtende Änderungsrichtung über einen langen Zeitraum anhält. Solche langfristigen Änderungen können natürliche Ursachen haben, wie z. B. Veränderungen der Erdbahnparameter oder der Sonnenaktivität. Aber auch der Mensch greift mit seinen Aktivitäten in das Klimasystem ein.

### Extremereignisse

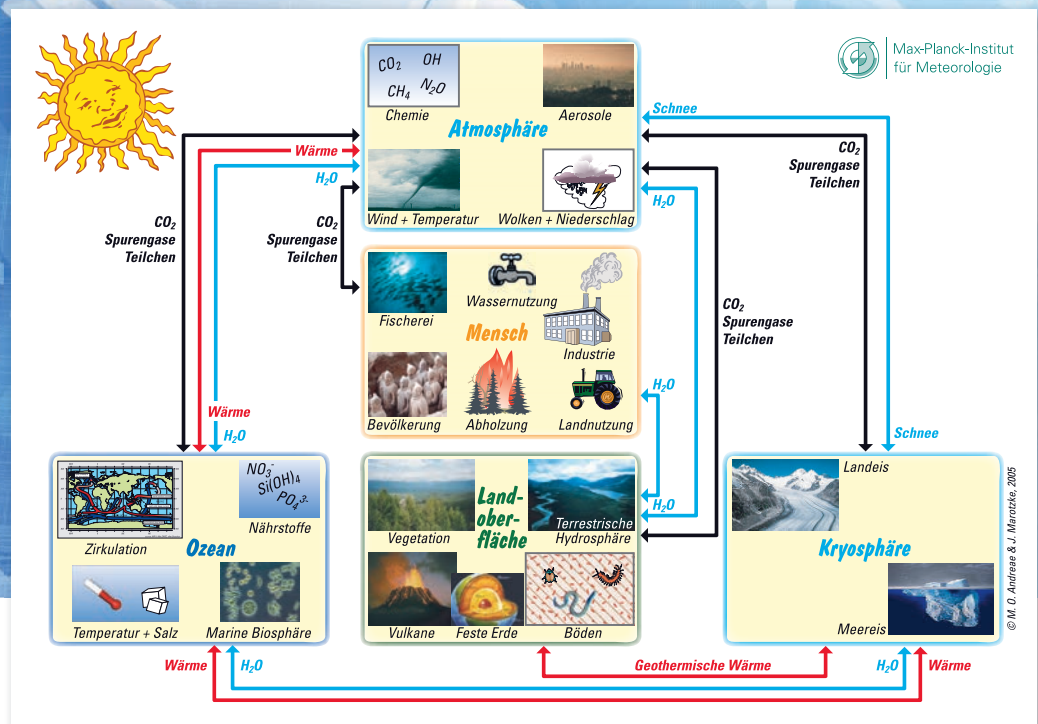
Extremereignisse sind sehr seltene Ereignisse, die stark von den mittleren Bedingungen abweichen.



▲ In Mecklenburg-Vorpommern war 2014 das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Bis auf den August wiesen alle Monate zum Teil deutlich höhere Mitteltemperaturen auf als während der international gültigen Referenzperiode 1961-1990.

Ein Ereignis kann aus vielfältigen Gründen zu einem Extremereignis werden. Es kann ein auf einen Tag bezogenes Ereignis sein, wie eine Orkanböe, ein längerfristiges Ereignis, wie eine langanhaltende Trockenheit, oder ein für den Zeitpunkt im Jahr sehr untypisches Ereignis. So ist beispielsweise eine Temperatur von 20 °C an einem Julitag nicht ungewöhnlich. 20 °C am Neujahrstag wären außergewöhnlich und somit ein Extremereignis.

Extreme gehören zum Wetter und Klima. So wie sie zum Klima der Vergangenheit gehört haben, so werden sie auch zum Klima der Zukunft gehören. Die Analyse der Intensität und der Häufigkeit des Auftretens solcher extremer Wetterereignisse ist ein wesentlicher Schwerpunkt in der aktuellen Klimaforschung.



▲ In einem Klimamodell werden die wesentlichen Prozesse und Wechselwirkungen in der Natur mit Nährungsformeln beschrieben. Einige der Wechselwirkungen sind hier dargestellt. (Quelle: Max-Planck-Institut für Meteorologie)

## Klimamodelle

Die beobachteten Klimaschwankungen und -trends der Vergangenheit einfach in die Zukunft zu extrapolieren ist im Hinblick auf den Klimawandel nicht sinnvoll. Daher werden Klimamodelle – als computergestützte Werkzeuge zur vereinfachten Beschreibung von in der Natur ablaufenden Erscheinungen – für die Abschätzung der zukünftigen Klimaentwicklungen genutzt.

### Die Welt als Gitter

In einem Klimamodell wird eine Vielzahl an (Teil-) Modellen zu einem großen Modell zusammengefasst. Die Teilmodelle sind in der Lage, alle wesentlichen Prozesse der Atmosphäre, Hydrosphäre, Kryosphäre und Biosphäre unseres Planeten Erde zu beschreiben. Eine Eins-zu-eins-Umsetzung aller in der Realität ablaufenden Prozesse in Klimamodellen ist jedoch nicht möglich. Zum einen sind nicht alle Prozesse in der Natur hinreichend bekannt. Zum anderen ist dies durch extrem hohen Aufwand an Computerrechenzeit bislang nicht umsetzbar.

Für die Modellierung werden die Atmosphäre und die Ozeane der Erde mit einem dreidimensionalen

Gitternetz überzogen. Die Auflösung (Gitterpunkt-abstand) globaler Klimamodelle ist sehr grob, damit sie innerhalb einer akzeptablen Rechenzeit über viele Jahre gerechnet werden können. Obwohl diese Modelle die grundlegende großräumige Variabilität des Klimas ausreichend beschreiben, reicht die Auflösung nicht aus, um Unterschiede in den Ausprägungen des Klimawandels einer bestimmten Region der Erde (z. B. Deutschland) detailliert darzustellen. Hierfür werden regionale Klimamodelle eingesetzt, deren Gitterpunkte ein erheblich engmaschigeres Netz bilden als diejenigen der globalen Klimamodelle. Die regionalen Modelle werden an den seitlichen Rändern von den globalen Modellen gesteuert.

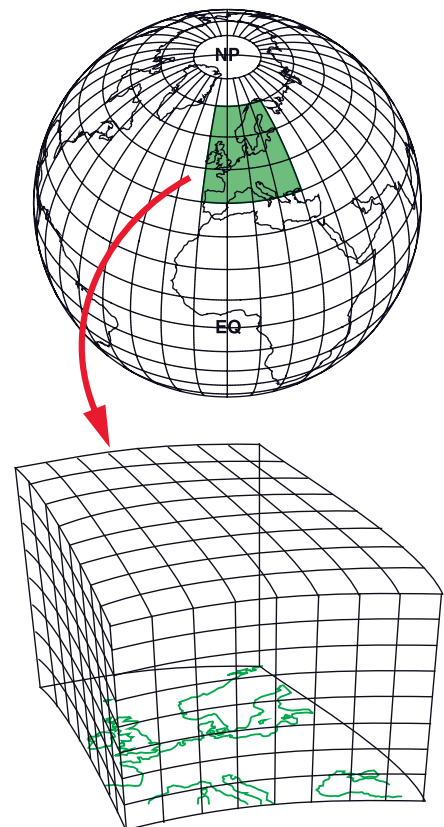
Für Deutschland liegen aktuell Simulationen mit einer räumlichen Gitterweite von 50 und 12,5 km vor. Das bedeutet zum Beispiel, dass die simulierte Temperatur nur alle 12,5 km einen anderen Wert annehmen kann.

Eine belastbare Aussage ist für eine einzelne Gitterzelle nicht möglich. Es müssen immer mehrere Gitterzellen zusammengefasst werden. Üblicherweise wird dafür eine Matrix von drei mal drei Gitterzellen genutzt. Bei einer Modellauflösung von beispielsweise 12,5 km sind nur Aussagen für eine Region von 37,5 km x 37,5 km möglich.

### Viele Modelle, viele Ergebnisse

Weltweit werden von einer Vielzahl von Forschungsgruppen Klimamodelle mehr oder weniger unabhängig voneinander entwickelt. Einzelne Modellkomponenten werden dadurch unterschiedlich beschrieben, was wiederum zu unterschiedlichen Ergebnissen führen kann. Ursache hierfür sind die für die Entwicklung eines Modells notwendigen vereinfachten Grundannahmen gegenüber den in der Natur ablaufenden Prozessen.

Die vorhandene Bandbreite des Ensembles (=Gruppe von Klimaprojektionen) ist ein wichtiger Hinweis auf die Güte des Verständnisses der in der Natur ablaufenden Prozesse. Je größer die Bandbreite ist, desto vorsichtiger sollten Aussagen zum Beispiel über beschriebene Änderungssignale formuliert werden.



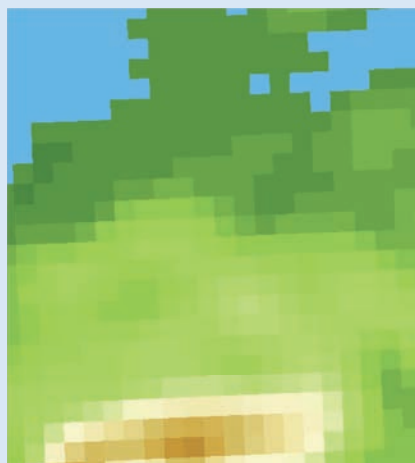
Max-Planck-Institut  
für Meteorologie

▲ Beispielhafte Darstellung von Modellgitterzellen. Sie unterteilen die Atmosphäre nicht nur in der Horizontalen, sondern bilden auch in der Vertikalen eine Reihe von Schichten. (Quelle: Max-Planck-Institut für Meteorologie)

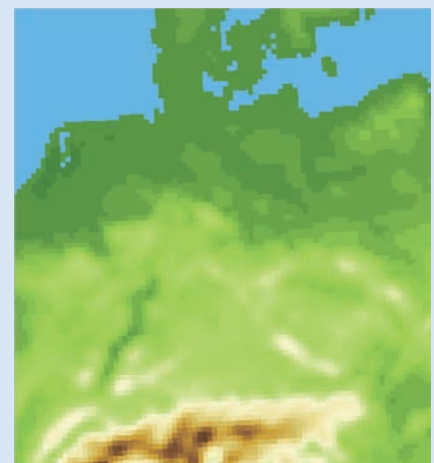
Je engmaschiger, desto genauer - hier am Beispiel des Höhenreliefs von Deutschland in unterschiedlichen Modellgitterauflösungen. Die Auswirkungen der Beschreibung einer Region auf Basis eines wesentlich dichteren Gitternetzes sind deutlich erkennbar. ▼



Globales Klimamodell (sehr grob)  
1,875° (ca. 200 km)



Regionales Klimamodell (grob)  
0,44° (ca. 50 km)



Regionales Klimamodell (fein)  
0,11° (ca. 12,5 km)



# Klimawandel und Klimaprojektionen

*Der Begriff Klimawandel beschreibt eine Änderung der vorhandenen klimatischen Verhältnisse an einem Ort oder auf der gesamten Erde. Hinsichtlich des Parameters Temperatur kann diese Änderung grundsätzlich eine Erwärmung oder eine Abkühlung sein. Der viel diskutierte Klimawandel wird nicht durch natürliche Einflüsse (Erdbahnparameter oder Variationen der Solarstrahlung) hervorgerufen. Die Aktivitäten des Menschen haben einen signifikanten Einfluss auf das globale und regionale Klima.*

## Klimafaktor Mensch

Der Mensch wirkt auf vielfältige Weise auf das Klima ein. Wesentlich sind zwei Bereiche:

1. Durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen entstehen unter anderem große Mengen an Kohlendioxid, das direkt in die Atmosphäre entweicht.
2. Durch Abholzung, Aufforstung und Versiegelung verändert der Mensch die Landnutzung auf der regionalen und globalen Skala.

Nur unter der gemeinsamen Berücksichtigung der natürlichen Einflüsse sowie derjenigen, die auf den Menschen zurückzuführen sind, können die beobachteten Änderungen des globalen Klimas erklärt werden.

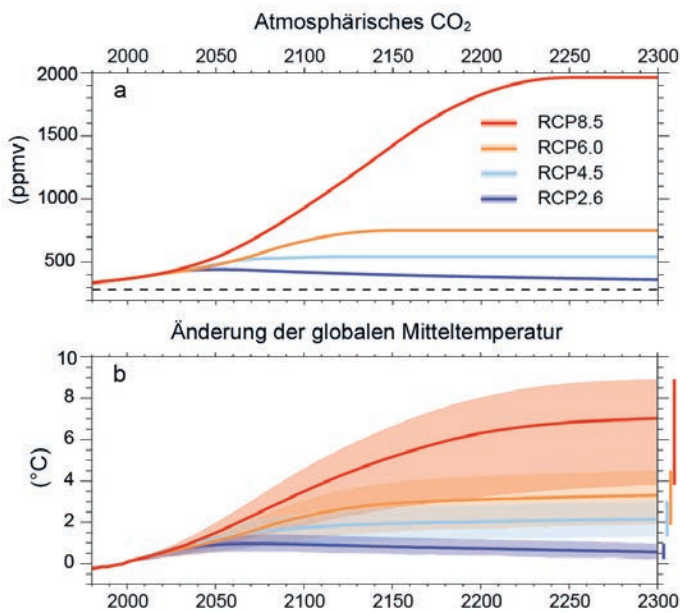
Es ist nicht möglich, den Einfluss des Menschen auf das Klima der nächsten Jahre und Jahrzehnte genau zu beschreiben. Möglich sind aber Annahmen über den wahrscheinlichen Verlauf der Einflussnahme. Diese Annahmen werden in der Wissenschaft Szenarien genannt. In den letzten Jahren wurde eine Vielzahl denkbarer Szenarien entwickelt, die einen mehr oder minder starken Einfluss des Menschen auf das Klima beschreiben. In Vorbereitung auf den 5. Sachstandsbericht des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) wurden vier repräsentative Szenarien oder „Konzentrationspfade“ (engl. *Representative Concentration Pathways* - RCPs) ausgewählt. Hierbei handelt es sich um Szenarien, die den Verlauf von Treibhausgaskonzentrationen und den Einfluss von Aerosolen (kleinen Partikeln in der Atmosphäre wie z. B. Rußflocken) gemeinsam als Strahlungsantrieb beschreiben. Der Begriff Strahlungsantrieb ist vereinfacht als „zusätzliche/erhöhte“ Energiezufuhr für die Erde zu bezeichnen.

Die Szenarien werden RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 und RCP8.5 genannt. Hierbei steht die jeweilige Zahl (z. B. 8.5) für die „zusätzliche“ der Erde zur Verfügung stehende Energie von  $8,5 \text{ W/m}^2$  im Jahr 2100 gegenüber der solaren Einstrahlung in den Jahren 1861–1880. Dieser Zeitraum repräsentiert den Zustand des Klimas, bevor der Mensch wesentlichen Einfluss auf die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre genommen hat (im Weiteren vorindustrielles Niveau genannt). Die Entwicklung sozio-ökonomischer Faktoren, z. B. der Bevölkerung, der Energienutzung oder die Emissionen von Treibhausgasen können indirekt den RCPs zugeordnet werden.

## Wie entwickelt sich unsere Emissions-Zukunft?

In diesem Report werden Ergebnisse von Simulationsrechnungen auf der Basis eines **Klimaschutz-Szenarios** (RCP2.6) und des **Weiter-wie-bisher-Szenarios** (RCP8.5) gezeigt.





▲ Entwicklung des atmosphärischen Kohlendioxids und der globalen Mitteltemperatur bis zum Jahr 2300 für die verschiedenen Emissions-Szenarien. (Quelle: [http://www.climatechange2013.org/images/figures/WGI\\_AR5\\_Fig12-42.jpg](http://www.climatechange2013.org/images/figures/WGI_AR5_Fig12-42.jpg), verändert)

Das **Klimaschutz-Szenario (RCP2.6)** basiert auf Annahmen, die der 2-Grad-Obergrenze entsprechen. Ziel ist eine Welt, in der im Jahr 2100 die globale Erwärmung nicht mehr als 2 °C im Vergleich zum Jahr 1860 beträgt. Dafür wird ein Szenarien-Verlauf angenommen, der mit einer sehr starken und sehr schnellen Reduktion der Emission von Treibhausgasen gegenüber dem heutigen Zustand verbunden ist. Der Höchstwert des Strahlungsantriebes (3,0 W/m<sup>2</sup>) wird vor dem Jahr 2050 erreicht. Von da an sinkt er kontinuierlich auf den Wert 2,6 W/m<sup>2</sup> im Jahr 2100. Hierzu ist ein Wandel hin zu einer Welt notwendig, deren Energieversorgung nicht mehr auf der Verbrennung von fossilen Kohlenstoffvorräten basiert. Noch vor dem Jahr 2080 dürfen keine wesentlichen Emissionen von Treibhausgasen mehr vorhanden sein (Null-Emission).

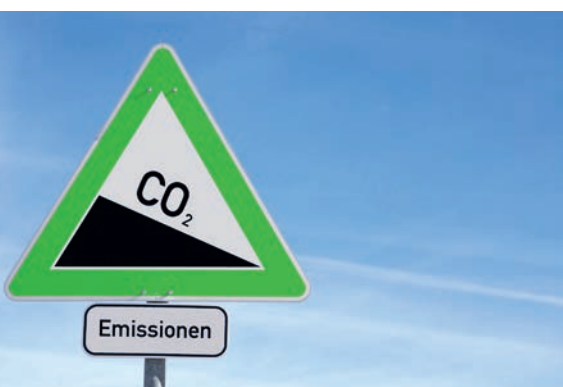
Das **Weiter-wie-bisher-Szenario (RCP8.5)** beschreibt eine Welt, in der die Energieversorgung im Wesentlichen auf der Verbrennung fossiler Kohlenstoffvorräte beruht. Der Ausstoß von Treibhausgasen wird sich gegenüber heute mit einem stetigen Anstieg des Strahlungsantriebes bis hin zum Jahr 2100 erhöhen.

Zu Vergleichszwecken wird im Folgenden ein weiteres Szenario erwähnt, das **SRES-Szenario A1B**. Es beschreibt eine Welt mit starkem ökonomischen Wachstum und einer Bevölkerungszunahme bis zur Mitte des Jahrhunderts und einem Rückgang danach. Auf diesem Szenario beruhen die Klimaprojektionen des 4. Sachstandesberichts des IPCC. Ein Großteil des in den letzten Jahren kommunizierten möglichen kommenden Klimawandels basiert auf diesem Szenario.

### Was wäre wenn? - Klimaprojektionen

Wird ein globales Klimamodell dazu genutzt, den möglichen Klimawandel auf der Basis eines Szenarios zu berechnen, so erfolgt das im Rahmen einer Klimaprojektion. Eine Klimaprojektion darf nicht mit einer Vorhersage verwechselt werden. Sie ist eine „was wäre wenn“-Rechnung auf der Basis des gewählten Szenarios. Die Klimaprojektionen für die verschiedenen Szenarien helfen, die zu erwartenden Klimaveränderungen in eine Bandbreite einzuordnen. Zum Beispiel, welches sind die minimal zu erwartenden Änderungen, welches die maximalen? Letztendlich werden die realen Veränderungen wahrscheinlich innerhalb dieser Bandbreite liegen.

Für diesen Bericht werden Ergebnisse von etwa 50 Klimaprojektionen verwendet, die den Zeitraum 1971 bis 2100 umfassen. Um den Unterschied zwischen dem heutigen und einem zukünftigen Zustand zu berechnen, werden jeweils zwei 30-Jahres-Zeiträume genutzt. Für jeden Zeitraum wird ein mittlerer Zustand berechnet. Als Bezugszeitraum für das beobachtete Klima dienen die Jahre 1971 bis 2000 aus den Modellen. Für die Zukunft werden zwei Zeiträume analysiert, sie werden im Weiteren kurzfristiger und langfristiger Planungshorizont genannt. Der kurzfristige Planungshorizont beschreibt den mittleren Zustand der Jahre 2021 bis 2050. Die Jahre 2071 bis 2100 werden als Grundlage für den langfristigen Planungshorizont genutzt. Die zukünftigen Änderungen werden als ein mittlerer Wert und als Bandbreite angegeben. Beschrieben wird die Bandbreite über den geringsten und höchsten Änderungswert aus den vorhandenen Datensätzen.



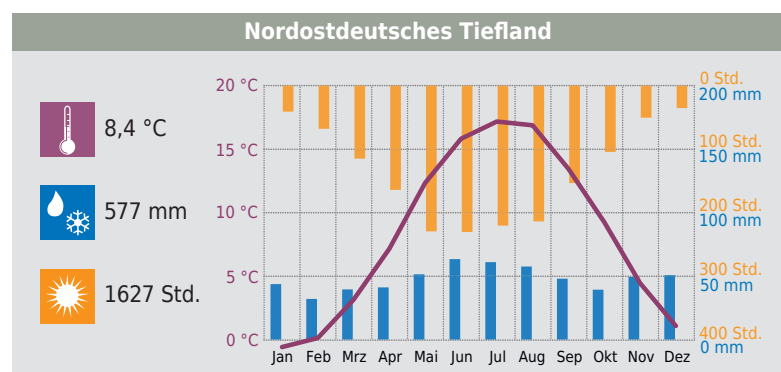
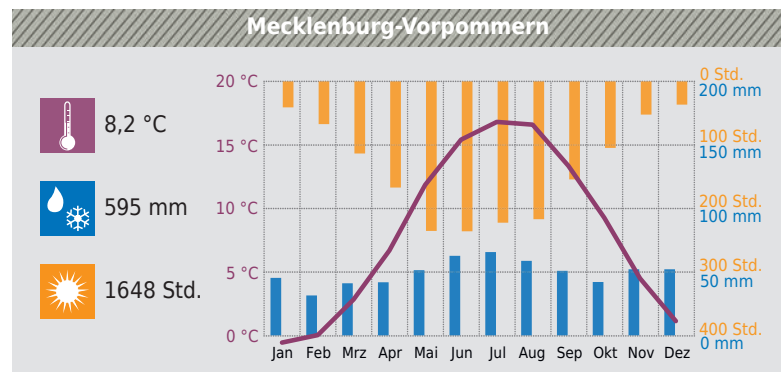


## Das Klima in Mecklenburg-Vorpommern heute und morgen

Im geografischen Gebiet der Bundesrepublik finden wir unterschiedliche Klimaverhältnisse vor. Diese werden einerseits bestimmt durch den Übergang vom maritimen zum kontinentalen Einfluss und andererseits durch die naturräumlichen Strukturen, die im Wesentlichen durch das Relief geprägt sind. Der nord-östliche Teil Deutschlands bis in das Gebiet des Harz stellt eine Klimaregion dar, die von der Meeresnähe und der niedrigen Geländehöhe geprägt ist.

Die Ergebnisse der Klimaprojektionen für Deutschland wurden für zwölf klimatisch unterschiedliche Modellregionen bestimmt, eine davon ist das „Nordostdeutsche Tiefland“. Mecklenburg-Vorpommern ist Teil dieser Region.

Die Klimaverhältnisse in einer Region lassen sich durch Gebietsmittelwerte charakterisieren, d. h. die Klimaparameter mehrerer Orte innerhalb dieses



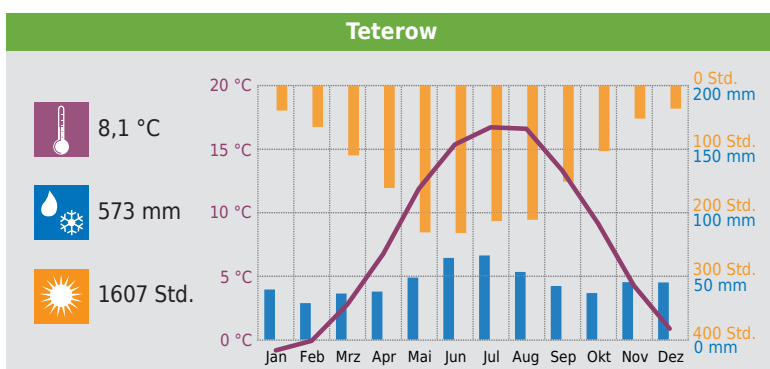
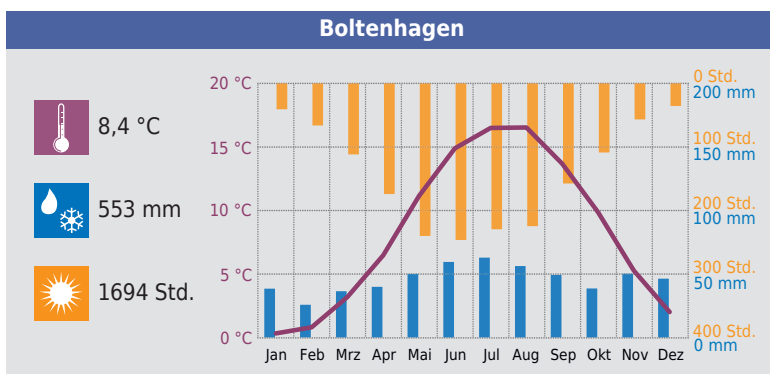


Gebietes werden flächig interpoliert. Die Klimadiagramme zeigen die Mittelwerte von Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer der international gültigen Referenzperiode 1961–1990. Die Unterschiede in den Gebietsmitteln dieser Parameter zwischen der Modellregion „Nordostdeutsches Tiefland“ und Mecklenburg-Vorpommern sind nur gering, so dass auch die Ergebnisse der Klimaprojektionen übertragbar sind.

Allerdings kann das Klima einzelner Orte vom Gebietsmittel abweichen. Dies zeigen die Klimadiagramme der Orte Boltenhagen und Teterow. Während Boltenhagen im Nordwesten des Landes aufgrund sei-

ner Lage direkt an der Ostseeküste milde Winter und kühle Sommer aufweist, macht sich an der im Landesinneren gelegenen Station Teterow der kontinentalere Einfluss unter anderem durch niedrigere Winter- und leicht höhere Sommertemperaturen bemerkbar. Außerdem führt die ostseenahe Lage in Boltenhagen besonders im Herbst zu etwas höheren Niederschlägen als an der Binnenstation in Teterow.

Auf den nachfolgenden Seiten werden die Veränderungen des Klimas in Mecklenburg-Vorpommern in der Vergangenheit und mögliche zukünftige Entwicklungen für die Modellregion „Nordostdeutsches Tiefland“ aufgezeigt.



#### Gebiet/Ort

- Jahresmitteltemperatur
- Jährliche Niederschlagssumme
- Jährliche Sonnenscheindauer

#### Diagramme

- Monatsmitteltemperatur
- Monatliche Niederschlagssumme
- Monatliche Sonnenscheindauer



# Temperatur

## Temperatur

Die Jahresdurchschnittstemperatur in Mecklenburg-Vorpommern beträgt für die Referenzperiode 1961–1990 8,2 °C. Höhere Durchschnittstemperaturen sind entlang der westlichen Ostseeküste und im westlichen Binnenland anzutreffen, kühlere Bedingungen finden sich dagegen im Osten des Landes.

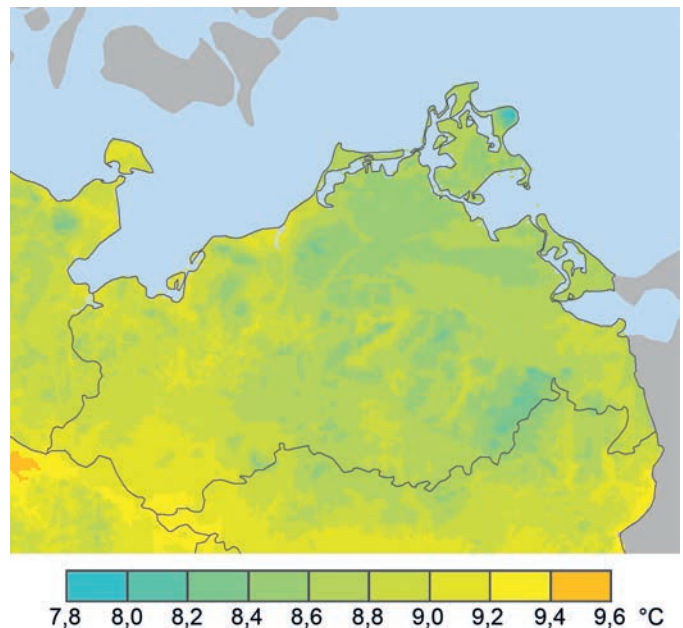
### Veränderungen der Lufttemperatur seit 1881

In Mecklenburg-Vorpommern ist das Jahresmittel der Temperatur seit 1881 bis heute um 1,3 °C gestiegen. Der vieljährige Mittelwert im aktuellen 30-Jahreszeitraum 1981–2010 beträgt 8,8 °C und liegt damit über dem Wert von 8,2 °C der Referenzperiode 1961–1990.

Vom Ende des 19. Jahrhunderts bis 1910 blieb die Temperatur im Wesentlichen konstant. Im Zeitraum 1910 bis 1950 und insbesondere im Zeitraum seit Mitte der 1980er-Jahre war ein verstärkter Anstieg der Temperatur zu beobachten, während sie dazwischen weitestgehend auf demselben Niveau verharrte. 2014 war mit einem Jahresmittel der Lufttemperatur von 10,2 °C das bisher wärmste Jahr in Mecklenburg-Vorpommern.

Kenntage wie Sommer- oder Frosttage vermitteln Temperaturverhältnisse anschaulicher. Daher wird die Entwicklung dieser beiden Kenntage seit 1951 an dieser Stelle näher betrachtet.

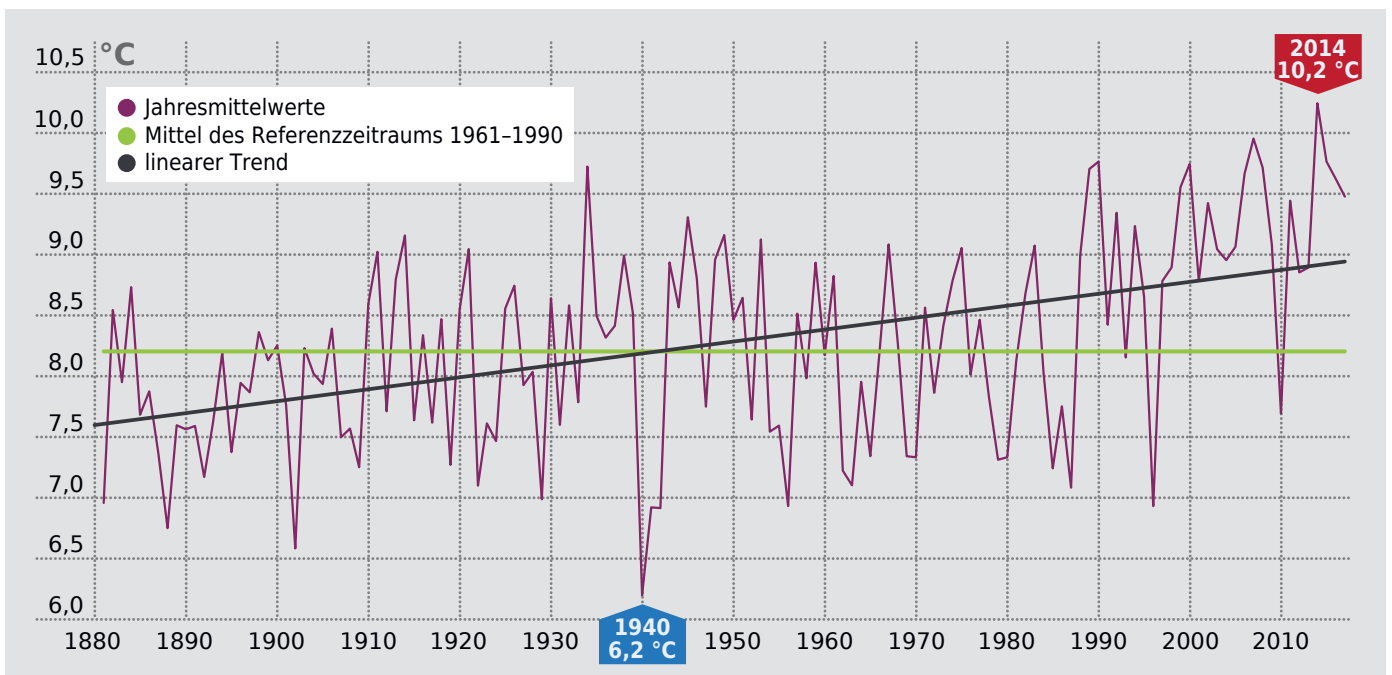
Ein Sommertag liegt dann vor, wenn die höchste Temperatur des Tages 25 °C erreicht bzw. überschreitet. Die Anzahl der Sommertage als 30-jähriges Gebietsmittel stieg in Mecklenburg-Vorpommern von 20 Tagen in der Referenzperiode 1961–1990 auf 26 im Zeitraum 1981–2010, also um 6 Tage. Deutschlandweit liegen die Vergleichswerte bei 27,3 bzw. 34,8 Tagen. Das entspricht einem Anstieg von 7,5 Tagen. Die geringere Anzahl in Mecklenburg-Vorpommern ist der nördlichen Lage geschuldet. Der lineare Trend der Sommertage 1951 bis heute zeigt für das Gebiet Mecklenburg-Vorpommerns ein Plus von rund 15 zusätzlichen Tagen auf. Die höchste Anzahl wurde 2006 mit 44 Tagen registriert.



▲ Jahresmitteltemperatur in Mecklenburg-Vorpommern im Zeitraum 1981–2010 als Flächendarstellung der Rasterwerte (1 km x 1 km).

### Die zwölf wärmsten Jahre in Mecklenburg-Vorpommern

2014	10,2 °C
2007	10,0 °C
2015	9,8 °C
1990	9,8 °C
2000	9,7 °C
1934	9,7 °C
2008	9,7 °C
1989	9,7 °C
2006	9,7 °C
2016	9,6 °C
1999	9,5 °C
2017	9,5 °C

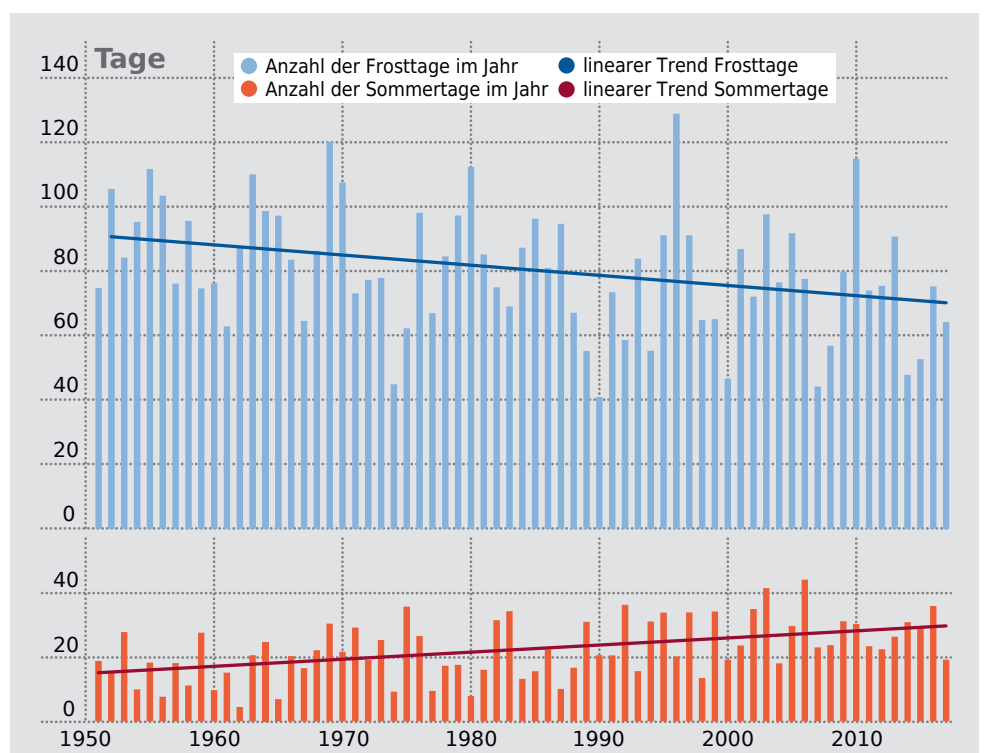


▲ Es ist wärmer geworden in Mecklenburg-Vorpommern: Jahresmittel der Temperatur (Gebietsmittelwerte) von 1881-2017.

Die ausgleichend auf die Temperaturen wirkende Meeresnähe zeigt sich auch in der geringeren Anzahl von Frosttagen im nordöstlichsten Bundesland im Vergleich zu Deutschland. Ein Tag wird zu einem Frosttag, wenn die tägliche Tiefsttemperatur 0 °C unterschreitet. So weist Mecklenburg-Vorpommern für die Referenzperiode 1961-1990 im Mittel 82 Frost-

tage im Jahr auf, Deutschland dagegen 91. Die Anzahl der Frosttage sinkt im Bundesland im Zeitraum 1981-2010 mit 5 Tagen nur geringfügig schwächer als mit 6 Tagen deutschlandweit. Im Zeitraum 1951 bis heute ist im Trend eine Abnahme von 20 Frosttagen für Mecklenburg-Vorpommern festzustellen.

Die Zahl der Sommertage nimmt ► in Mecklenburg-Vorpommern zu, Frosttage werden seltener. Die Darstellung zeigt die Jahreswerte von 1951-2017 sowie den entsprechenden linearen Trend.



### Regionale Unterschiede

Das Klima im Norden Deutschlands ist stark vom Meer, besonders dem Atlantik, geprägt. Dabei ändern sich die Temperaturverhältnisse mit zunehmender Entfernung vom Atlantik von Westen nach Osten. Je weiter man nach Osten kommt, umso kontinentaler wird das Klima, d.h. der Meereseinfluss wird geringer.

Ein maritim geprägtes Klima zeichnet sich, im Vergleich zum kontinental geprägten Klima, durch deutlich geringere Temperaturschwankungen, sowohl im Jahres- als auch im Tagesverlauf aus. Ursache ist die größere Wärmespeicherfähigkeit des Meeres gegenüber den Landflächen. Die Landoberfläche wird durch die Sonnenstrahlung relativ schnell erwärmt, gibt jedoch einen großen Teil der aufgenommenen Energie schnell wieder an die Atmosphäre ab.

Die Erwärmung des Wassers geht dagegen deutlich langsamer vor sich. Das Wasser wird durch Wind und Wellen durchmischt, wodurch die an der Oberfläche erwärmten Wasserteilchen nach unten transportiert und von unten durch kühlere ersetzt werden, die sich dann erwärmen können. Dadurch werden relativ dicke Wasserschichten erwärmt. Während im Sommer die Wärme nur bis etwa 8 m Tiefe in den Boden eindringt, kann sie in tiefen Binnenseen bis etwa 100 m und in Meeren in warmen Zonen bis 300 m gelangen. Die so im Sommer gespeicherte Wärme wird im Winter dann allmählich wieder abgegeben. Deshalb sind die Temperaturen an Orten, die in Meeresnähe liegen, ausgeglichener. Nicht nur der Atlantik, sondern auch die Ostsee weist diesen ausgleichenden Einfluss auf das Temperaturverhalten auf.

### Die Wirkung von Land und Meer in Zahlen gefasst

Der Einfluss von Landflächen auf das Klima kann durch den sogenannten Kontinentalitätsindex beschrieben werden. Der Kontinentalitätsindex nach Hogewind berücksichtigt die Mittelwerte der Lufttemperatur des wärmsten und kältesten Monats sowie die geographische Breite.

Ausgewählte Stationen in Mecklenburg-Vorpommern weisen nach diesem Berechnungsschema einen Kontinentalitätsindex zwischen 29,7 und 33,9 auf. Bei Werten zwischen 25 und 50, die in Mecklenburg-Vorpommern vorliegen, spricht man von einem überwiegend maritim geprägten Klima. Allerdings zeigt sich eine leichte Zunahme der Kontinentalität sowohl in der West-Ost- als auch, bedingt durch die Ostsee, in der Nord-Süd-Richtung. So erreicht Boltenhagen einen Wert von 29,7, während im ostseeferner Boizenburg der Kontinentalitätsindex auf 32,1 angestiegen ist. Weiter östlich in Waren ist sogar eine Zunahme auf fast 34 erfolgt. An der noch weiter östlich gelegenen



### Kontinentalitätsindex nach Hogewind für Stationen in Mecklenburg-Vorpommern

	1961-1990	1981-2010
Arkona	29,9	29,7
Boizenburg	32,1	32,3
Boltenhagen	29,7	29,5
Marnitz	33,0	32,4
Putbus	31,0	30,8
Schwerin	32,1	32,3
Waren	33,9	33,7
Ueckermünde	33,6	33,0





Station Putbus wird ein Kontinentalitätsindex von 31 erreicht, der zwischen dem Wert von Waren und Boltenhagen liegt, was wiederum auf die Nähe der Ostsee zurückzuführen ist. Die am östlichsten gelegene Station Ueckermünde erreicht trotz ihrer Lage am Oderhaff einen Index von 33,6 und zeigt bereits einen etwas höheren kontinentalen Einfluss als die westlicheren Stationen.

Ein Vergleich der beiden Bezugsperioden zeigt keine gravierenden Änderungen der Kontinentalitätsindizes, da sich die Differenz zwischen Sommer- und Wintertemperaturen in den beiden Zeiträumen kaum geändert hat.

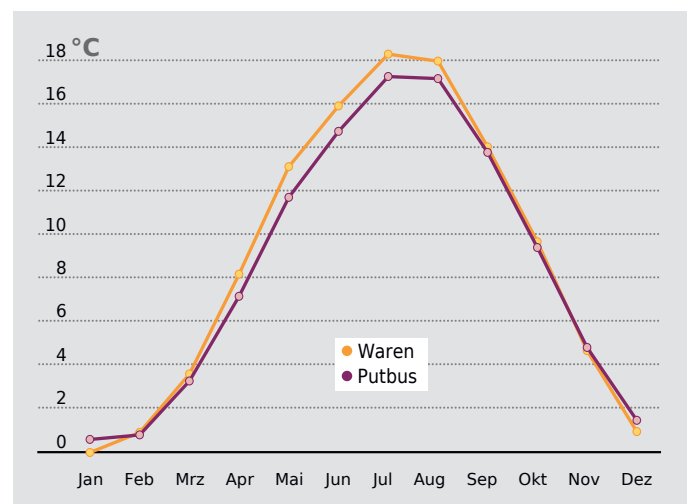
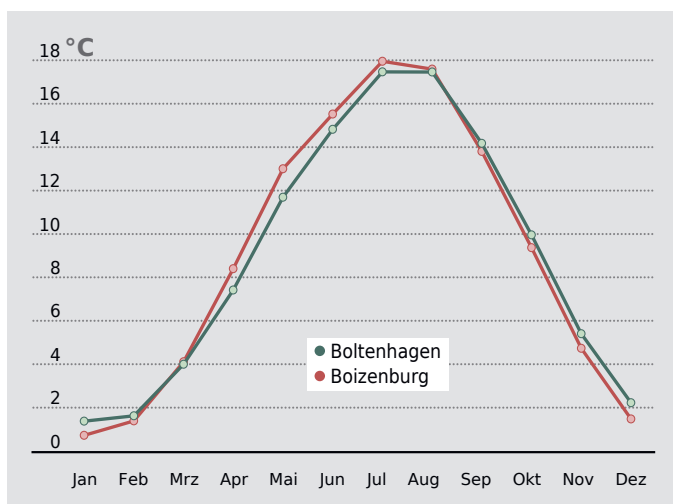
Die Jahresmitteltemperaturen von Boltenhagen und Boizenburg waren im Referenzzeitraum 1961-1990 mit 8,4 °C identisch und lagen über der Gebietsmitteltemperatur von Mecklenburg-Vorpommern. Allerdings unterschieden sich die Jahrgänge der Temperatur. In Boltenhagen fielen die Sommertemperaturen nach einer verzögert einsetzenden Erwärmung im Frühjahr leicht gedämpft aus, während Herbst und Winter merklich milder waren.

Im Vergleich dazu lagen die Jahresmitteltemperaturen an den östlicheren Stationen Waren und Ueckermünde

mit 8,1 bzw. 8,2 °C und Putbus mit 7,9 °C etwas niedriger. Während sich in Putbus im Sommer die Nähe der Ostsee mit gedämpften Temperaturen bemerkbar machte, stieg die Temperatur in Waren deutlicher an als in den westlichen Regionen. Im Winter traten sowohl in Putbus als auch in Waren tiefere Temperaturen als an den westlicheren Stationen Boltenhagen und Boizenburg auf. Ueckermünde weist einen ähnlichen Temperaturverlauf wie Waren auf, nur in den Monaten Dezember und Januar sinken die Mitteltemperaturen weniger tief.

Im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990 sind die Jahresmitteltemperaturen an den fünf Stationen gestiegen.

Jahresmitteltemperatur		
	1961-1990	1981-2010
Boizenburg	8,4 °C	9,0 °C
Boltenhagen	8,4 °C	9,0 °C
Putbus	7,9 °C	8,5 °C
Waren	8,1 °C	8,9 °C
Ueckermünde	8,2 °C	8,9 °C
Gebietsmittel	8,2 °C	8,8 °C

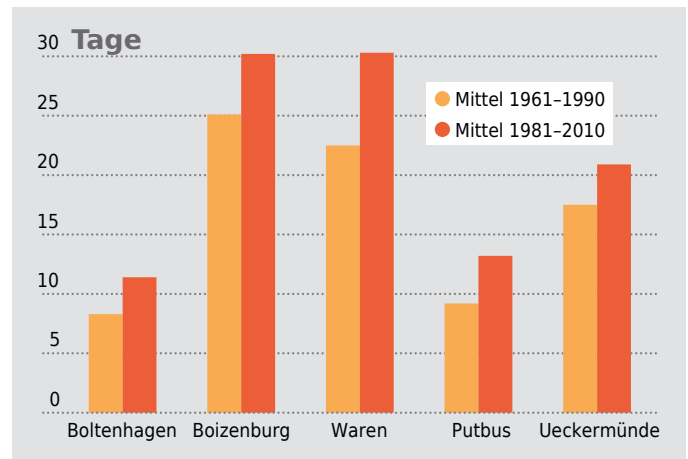


▲ Maritim oder kontinental geprägt: Jahrgänge der Lufttemperatur (Mittelwerte 1981-2010).

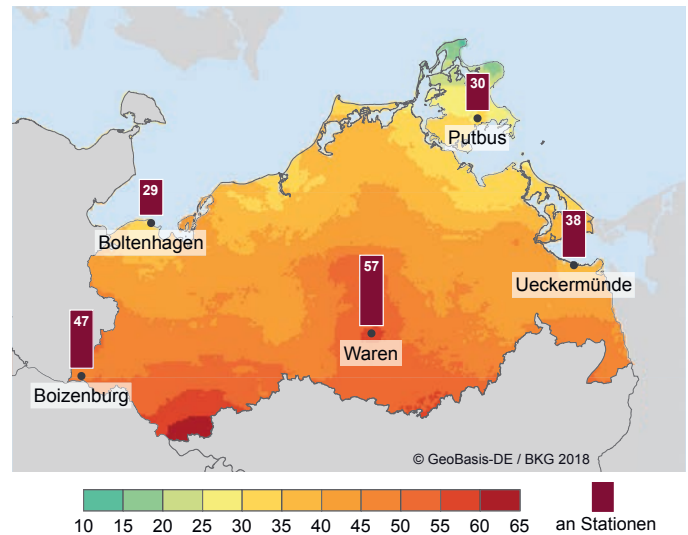
### Regionalität auch bei den Kerntagen

Auch bei Betrachtung der Sommer- und Frosttage zeigt sich der Einfluss der zunehmenden Kontinentalität, wobei bezüglich der Sommertage die Nähe zur Ostsee eine deutlich größere Rolle spielt als der Atlantik. So war an den Küstenstationen Boltenhagen und Putbus im Referenzzeitraum 1961–1990 nur an 8 bzw. 9 Tagen im Jahr mit einer Lufttemperatur von mindestens 25 °C zu rechnen. Diese Zahl liegt deutlich unter dem Gebietsmittelwert von Mecklenburg-Vorpommern. Dagegen traten an den Stationen des Binnenlandes Boizenburg und Waren mit 25 bzw. 23 Sommertagen im Jahr etwas häufiger Sommertage als im gesamten Mecklenburg-Vorpommern auf. Auch die östliche Station Ueckermünde zeigte trotz ihrer Lage am Oderhaff noch 18 Sommertage jährlich. Der Trend der Sommertage für die Einzelstationen deckt sich mit dem Trend für das Gebietsmittel. So stieg die Zahl der Sommertage im Zeitraum 1981–2010 an den Küstenstationen auf 11 (Boltenhagen) bzw. 13 (Putbus) und an den binnenwärts gelegenen Stationen Boizenburg und Waren auf 30. Auch die Station Ueckermünde weist einen leichten Anstieg auf 21 Sommertage im Jahr auf.

2006 wurde der bisher höchste Wert an Sommertagen im Gebietsmittel für Mecklenburg-Vorpommern ermittelt. Die regionale Verteilung dieses Jahres zeigt ein Maximum im Südwesten und Süden des Landes, während die geringste Anzahl im Nordosten auftrat. Generell gab es an der Küste weniger Sommertage als im Binnenland.

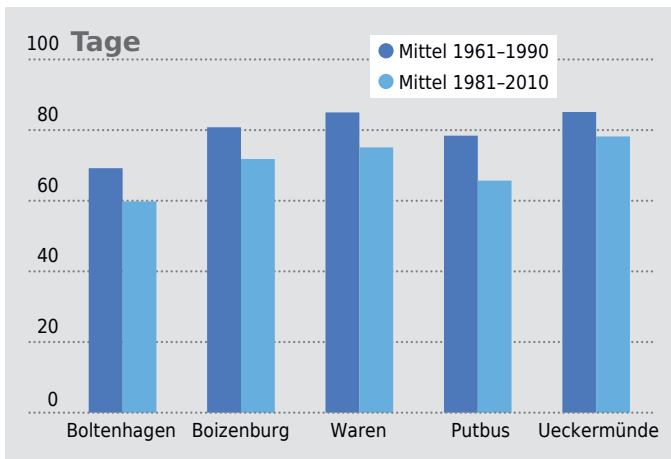


▲ Zahl der Sommertage (Tageshöchsttemperatur  $\geq 25$  °C): Mittelwerte 1961–1990 und 1981–2010 an verschiedenen Stationen.



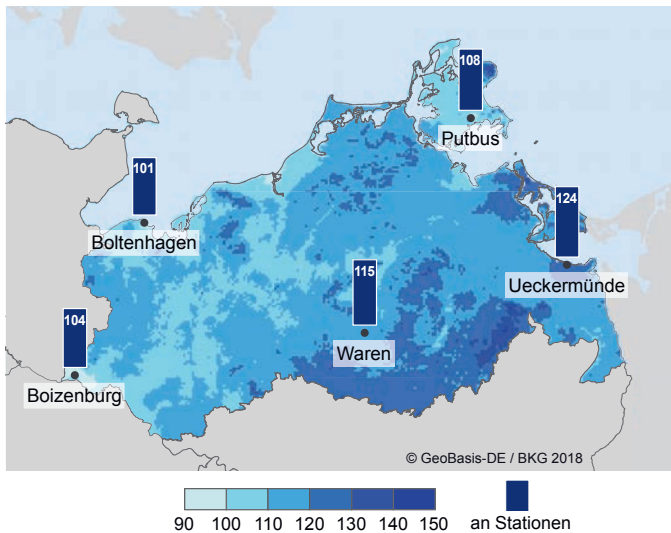
▲ Zahl der Sommertage in Mecklenburg-Vorpommern im Jahr 2006 als Flächendarstellung der Rasterwerte (1 km x 1 km) sowie an verschiedenen Stationen.





▲ Zahl der Frosttage (Tagesniedrigsttemperatur < 0 °C): Mittelwerte 1961-1990 und 1981-2010 an verschiedenen Stationen.

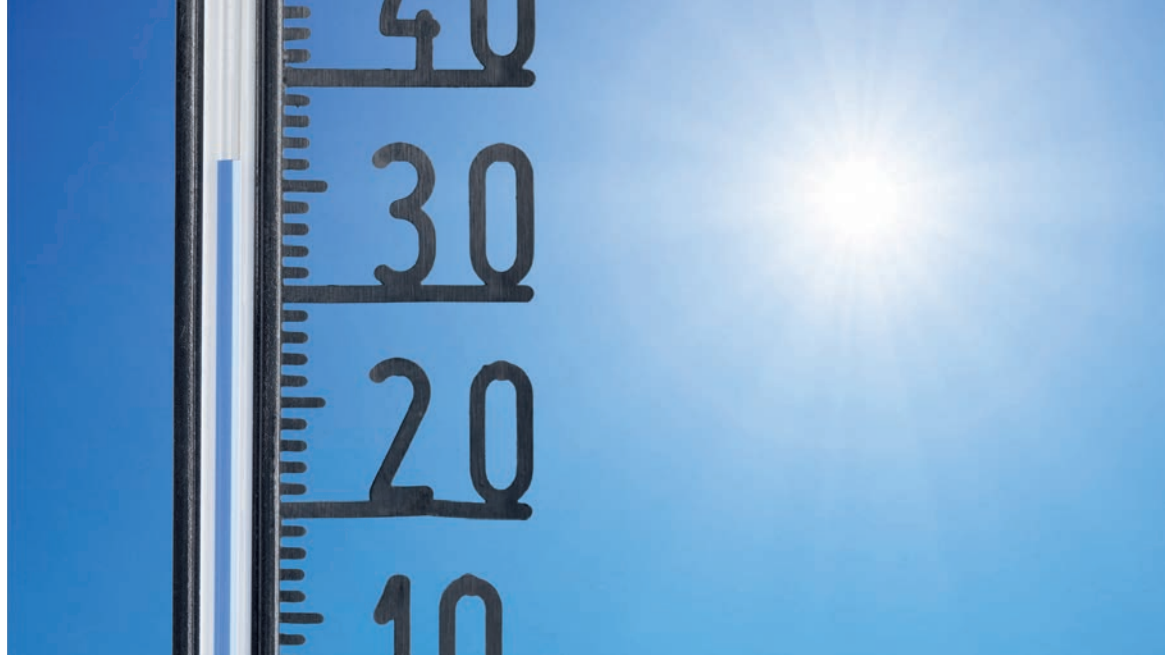
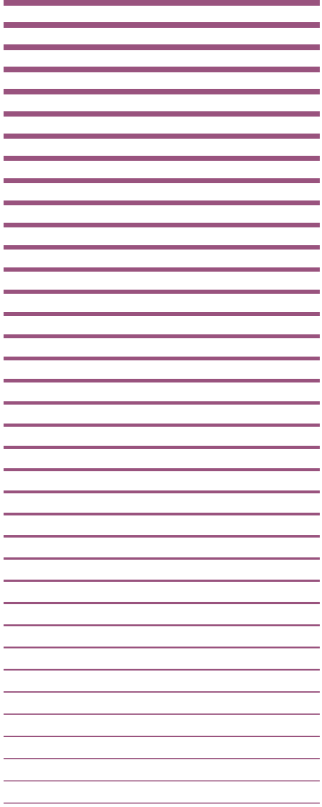
Während an der westlichen Binnenstation Boizenburg im Zeitraum 1961-1990 81 Frosttage im Jahr beobachtet wurden, waren es an der Küstenstation Boltenhagen nur 69 Tage. Dagegen fiel diese Zahl an den östlicheren Stationen Putbus bzw. Waren mit 78 bzw. 85 Tagen im Jahr höher aus. Somit macht sich auch hier der dämpfende Einfluss der Ostsee auf die Temperaturextreme mit einer merklich geringeren Anzahl an Frosttagen bemerkbar. In Ueckermünde hat die östlichere Lage im Winter einen stärkeren Einfluss als die Nähe zum Oderhaff. An dieser Station wurden mit durchschnittlich 85 Frosttagen im Jahr ebenso viele registriert wie an der Station Waren. Im Gegensatz zu den Sommertagen nahm die Zahl der Tage mit Frost im Zeitraum 1981-2010 ab. So treten in Boltenhagen nur noch 60, in Putbus 66, in Boizenburg 72, in Waren 75 und in Ueckermünde 78 Frosttage auf. Diesen Trend weisen auch die Gebietsmittelwerte auf.



▲ Zahl der Frosttage in Mecklenburg-Vorpommern im Jahr 2010 als Flächendarstellung der Rasterwerte (1 km x 1 km) sowie an verschiedenen Stationen.

Deutliche Unterschiede zu den langjährigen Mittelwerten zeigten die sehr kalten Wintermonate des Winters 2009/2010. In diesem Winter wurde das Wetter im Nordosten Deutschlands ab Mitte Dezember 2009 fast durchgängig von sehr kalten, arktischen Luftmassen bestimmt. Dadurch fielen bis Mitte März fast durchgängig die Temperaturen unter den Gefrierpunkt. Da auch der Dezember 2010 sehr kalt wurde, lag die Zahl der Frosttage in Mecklenburg/Vorpommern im Jahr 2010 deutlich über dem langjährigen Mittelwert. Die größte Anzahl von Frosttagen trat im Süden und Südosten des Landes auf.





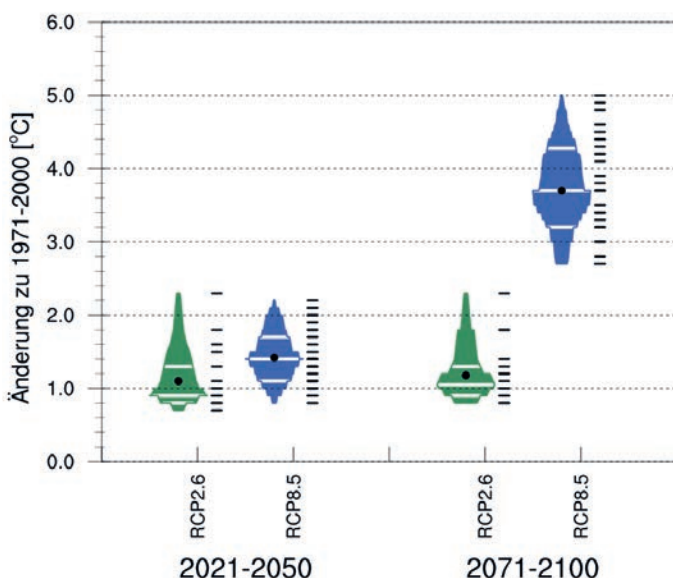
## Zukunft

Ein weiterer Anstieg der Temperatur in Mecklenburg-Vorpommern ist zu erwarten (*sehr hohe Übereinstimmung* \*). Für den kurzfristigen Planungshorizont (2021–2050) beträgt dieser Anstieg etwa 1,1 bis 1,4 °C. Der Unterschied zwischen den durch die beiden unterschiedlichen Klimaprojektionen (**Klimaschutz-Szenario** und **Weiter-wie-Bisher-Szenario**) projizierten Änderungen ist gering. Die Bandbreite der Ergebnisse liegt zwischen 0,7 und 2,3 °C.

Die Temperaturentwicklung für den langfristigen Planungshorizont (2071–2100) wird stark vom gewählten Szenario bestimmt. Basierend auf dem **Klimaschutz-Szenario** ist eine Erhöhung um 1,2 °C zu erwarten (*mittlere Übereinstimmung*) bei einer Bandbreite von 0,8 bis 2,3 °C.

Erreicht wird die Stabilisierung auf dem Niveau des kurzfristigen Planungshorizontes durch die sehr starke Reduktion der Treibhausgasemissionen innerhalb der Szenariendefinition. Die Änderung im Vergleich zum vorindustriellen Zustand beträgt 2,5 °C. Regionale Unterschiede sind kaum vorhanden. Unter den Bedingungen des **Weiter-wie-bisher-Szenarios** beträgt die Erwärmung etwa 3,7 °C (*mittlere Übereinstimmung*). Die Bandbreite der Ergebnisse liegt zwischen 2,7 und 5,0 °C.

Die vorliegenden Ergebnisse des **Weiter-wie-bisher-Szenarios** entsprechen in etwa den Ergebnissen der vorhandenen Klimaprojektionen auf der Basis des SRES-Szenarios A1B.



◀ Darstellung der Bandbreite der vorhandenen Klimaprojektionen für die Jahresmitteltemperatur von Mecklenburg-Vorpommern. Dargestellt sind die vorliegenden Änderungssignale für den kurzfristigen (2021–2050) und langfristigen (2071–2100) Planungshorizont, jeweils als Änderungssignal zum Bezugszeitraum 1971–2000. Es werden je Planungshorizont die Ergebnisse für das Klimaschutz-Szenario (RCP2.6, grün) denen des Weiter-wie-bisher-Szenarios (RCP8.5, blau) gegenübergestellt. Die dargestellten Körper symbolisieren den Bereich zwischen dem kleinsten und größten Änderungssignal innerhalb des betrachteten Szenarios. Die Breite des Körpers signalisiert die Wahrscheinlichkeit des Eintretens (je breiter, umso höher die Wahrscheinlichkeit). Zusätzlich eingetragen sind der Mittelwert (schwarzer Punkt) und die Perzentile (25, 50 und 75 %) als weiße Linien. Neben den Körpern werden als schwarze Striche die Einzelergebnisse der Modelle gezeigt.

\* Leitlinien des IPCC zur Kommunikation von Ergebnissen der Klimamodellierung; siehe Begriffskompass Klima

## Jahreszeitliche Mittelwerte der Temperatur und erwartete Änderungen



	1961-1990	1971-2000	2021-2050 (RCP2.6)	2021-2050 (RCP8.5)	2071-2100 (RCP2.6)	2071-2100 (RCP8.5)
Frühjahr	7,1 °C	7,5 °C	+1,0 °C	+1,3 °C	+1,1 °C	+3,2 °C
Sommer	16,3 °C	16,5 °C	+1,1 °C	+1,4 °C	+1,2 °C	+3,7 °C
Herbst	9,0 °C	8,9 °C	+1,2 °C	+1,5 °C	+1,2 °C	+3,9 °C
Winter	0,2 °C	0,9 °C	+1,1 °C	+1,5 °C	+1,2 °C	+4,1 °C
Jahr	8,2 °C	8,5 °C	+1,1 °C	+1,4 °C	+1,2 °C	+3,7 °C

▲ Mittelwerte der Lufttemperatur pro Jahr und Jahreszeit, jeweils für Referenzzeitraum und Bezugszeitraum (Spalte 1 und 2). Die Spalten 3 bis 6 zeigen die Ergebnisse der Projektionsrechnungen. Hier sind nicht absolute Temperaturen, sondern die Abweichungen zum Bezugszeitraum 1971-2000 angegeben.

### Jahreszeitliche Unterschiede

Die Erwärmung ist in den Herbst- und Wintermonaten stärker ausgeprägt als in den Frühjahrs- und Sommermonaten. Dabei zeigt sich für den langfristigen Planungshorizont eine starke Abhängigkeit vom gewählten Szenario. Während das **Klimaschutz-Szenario** bei der Zunahme im Größenbereich des kurzfristigen Planungshorizontes verbleibt, ist unter den Bedingungen des **Weiter-wie-bisher-Szenarios** eine deutlich stärkere Temperaturerhöhung zu erwarten.

Mit der Temperaturzunahme geht eine markante Zunahme der Temperaturextreme einher. Mit tiefen Temperaturen verbundene Extreme nehmen stark ab und mit Wärme verbundene Extreme nehmen stark zu (*sehr hohe Übereinstimmung*). Dadurch steigt die Wahrscheinlichkeit von Hitzewellen.

## KURZ NOTIERT

### Beobachtung

- Ungebrochener Trend der Erwärmung in Mecklenburg-Vorpommern
- Anstieg der Jahresmitteltemperatur um 1,3 °C seit 1881
- Änderung der Extreme: mehr Sommertage, weniger Frosttage

### Kurzfristiger Planungshorizont

- Landesweit Erwärmung um im Mittel 1,1 bis 1,4 °C

### Langfristiger Planungshorizont

- Beim Klimaschutz-Szenario Erwärmung um im Mittel 1,1 °C
- Beim Weiter-wie-bisher-Szenario Erwärmung um im Mittel 3,7 °C





## Niederschlag

# Niederschlag

Die Niederschlagsverteilung in Mecklenburg-Vorpommern wird bestimmt durch den Wechsel atlantischer und kontinental geprägter Luftmassen. Im äußersten Südosten, im Kreis Vorpommern-Greifswald, sind die niedrigsten Jahresniederschlagshöhen zu beobachten, ein Maximum des Niederschlags findet sich in Westmecklenburg.

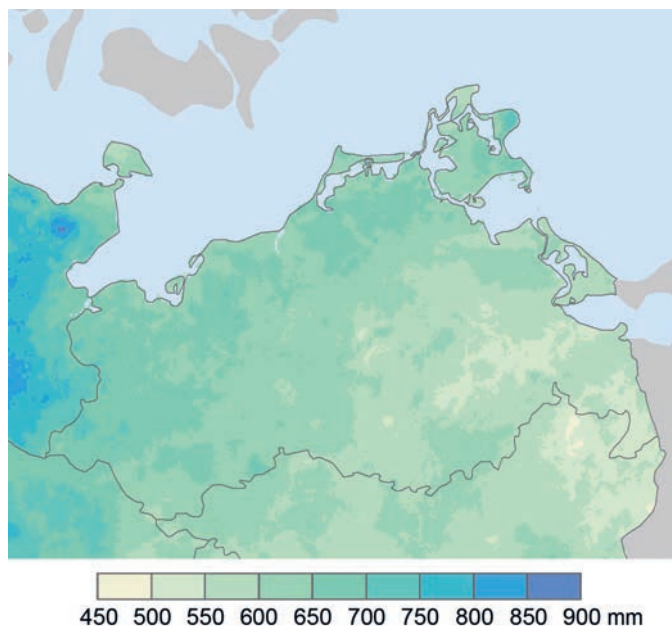
### Veränderungen in der Niederschlagshöhe seit 1882

Der Niederschlag ist eine in Raum und Zeit sehr veränderliche Größe. Das Gebietsmittel der Jahressummen des Niederschlags für Mecklenburg-Vorpommern zeigt seit 1882 einen ansteigenden Trend, jedoch auch eine große Veränderlichkeit von Jahr zu Jahr. Das höchste Gebietsmittel wurde 2007 mit 815 mm (entspricht Liter/m<sup>2</sup>) ermittelt, während im Jahr 1959 mit 428 mm der niedrigste Wert auftrat. Das 30-jährige Mittel 1961-1990 beträgt 595 mm, im Zeitraum 1981-2010 liegt es höher mit einem Mittelwert von 619 mm.

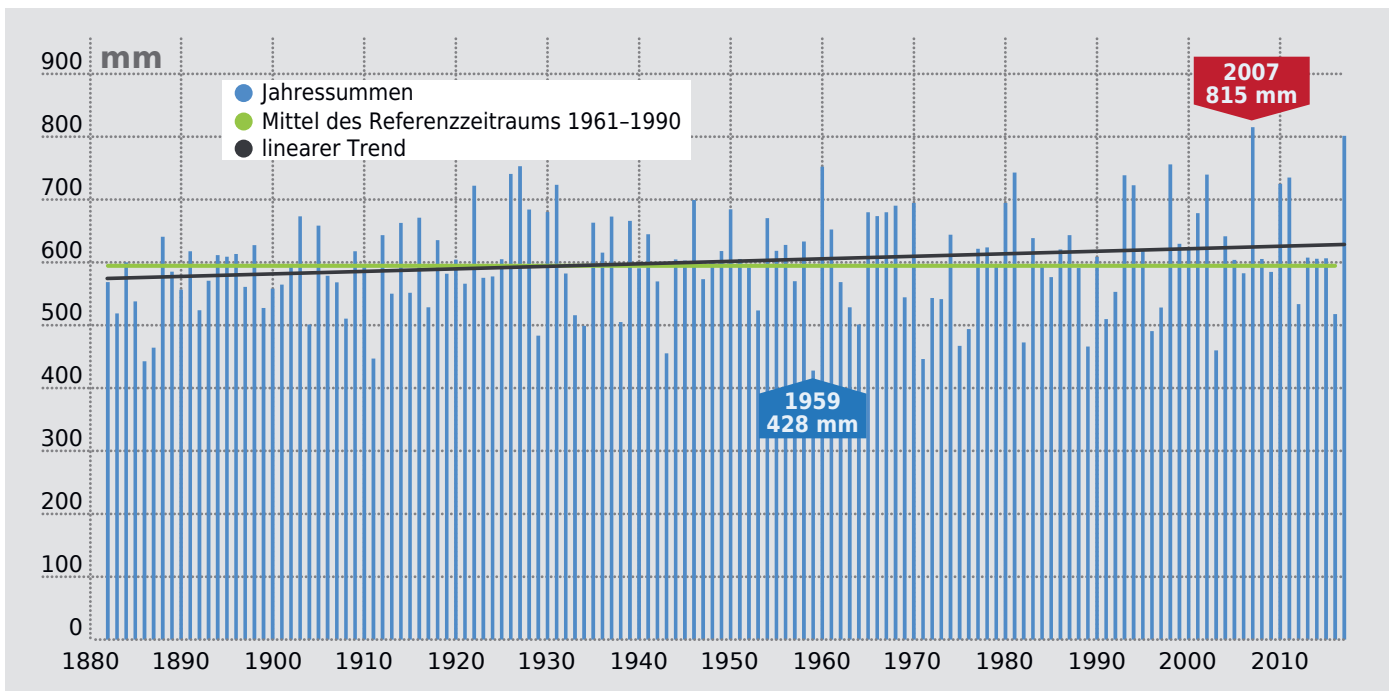
Im Trend gibt es für das nordöstlichste Bundesland im Zeitraum 1882 bis heute einen Zuwachs in der Jahressumme von fast 55 mm. Auf die Jahreszeiten bezogen trägt hauptsächlich der Winter zu dieser Zunahme bei, im Einzelnen etwa +30 mm im Winter, +9 mm im Herbst, +8 mm im Sommer und +6 mm im Frühjahr.

Die Niederschlagsmenge von Tag zu Tag zeigt sich sehr variabel zwischen den beiden Extremen des Zuwenig und des Zuviels. Große Niederschlagsmengen können durch den Kenntag mit einer Menge von mindestens 10 mm Niederschlag beschrieben werden. Im Mittel gab es zwischen 1951 und 2017 in Mecklenburg-Vorpommern an 14 Tagen pro Jahr eine Niederschlagsmenge von mindestens 10 mm. Die Anzahl weist große jährliche Schwankungen auf: ein Minimum von 8 Tagen trat 1971 und 1982 auf, die größte Anzahl mit 20 Tagen wurde 1960, 2002, 2007, 2010 und 2011 verzeichnet. Der lineare Trend weist eine Zunahme von einem Tag für den Zeitraum seit 1951 auf.

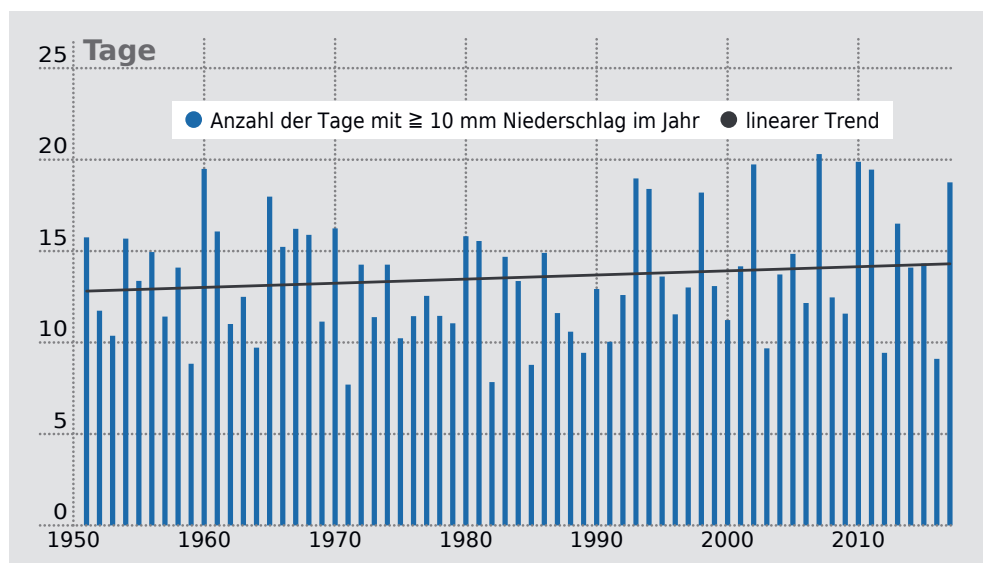
Starkniederschläge, insbesondere in Form von kurzzeitigen sommerlichen Schauern und Gewittern, weisen nur recht kleinräumig Intensitätsmaxima auf. Die Auswertungen des Niederschlagsradars, dessen Messungen seit 2001 zur Verfügung stehen, werden zukünftig zu einer deutlichen Informationsverbesserung führen.



▲ Jährliche Niederschlagshöhe in Mecklenburg-Vorpommern im Zeitraum 1981-2010 als Flächendarstellung der Rasterwerte (1 km x 1 km).



▲ Es ist nasser geworden in Mecklenburg-Vorpommern: Zeitreihe der Jahresniederschlagshöhen (Gebietsmittelwerte) von 1882 bis 2017.



▲ Anzahl der Tage mit mindestens 10 mm Niederschlag (Gebietsmittelwerte) von 1951 bis 2017.



Zu wenig Niederschlag stellt in unterschiedlicher Weise ein Problem für Land- und Wasserwirtschaft sowie die Schiffbarkeit der Flüsse dar. Für diesen Bericht wurde ein Drei-Monats-Zeitraum als trocken definiert, wenn die Gebiets-Niederschlagsmenge weniger als 45 % des Wertes aus dem Referenzzeitraum 1961-1990 betrug. Für alle Jahreszeiten liegt die Zahl dieser Ereignisse zwischen einem und drei in den ausgewerteten 136 Jahren. Das trockenste Frühjahr war 1974 mit 42 % der Durchschnittsmenge. Besonders trockene Sommermonate wurden 1976 verzeichnet mit 45 %. Der Herbst war 1907 mit 32 % noch trockener als 1908 und 1920 mit 41 %. Im Winter 1946/47 fielen nur 31 % der langjährigen Menge.

## Regionale Unterschiede

Die räumliche Verteilung der Niederschlagsmenge in Mecklenburg-Vorpommern ist von der Zufuhr atlantischer Luftmassen geprägt. Die häufigen westlichen bis südwestlichen Windströmungen bringen feuchte Luftmassen vom Atlantik heran. Wie auch bei der Temperatur ändern sich die Niederschlagsverhältnisse mit zunehmender Entfernung vom Atlantik von West nach Ost. Je weiter man nach Osten kommt, umso geringer wird der Meereseinfluss: die Niederschläge nehmen ab und das Klima wird stärker kontinental geprägt.

Die regionalen Unterschiede lassen sich anhand von Stationsmessungen verdeutlichen. So lag im Zeitraum 1981–2010 die jährliche Niederschlagsmenge an der westlichen Binnenlandstation Boizenburg mit 660 mm über dem Gebietsmittelwert von Mecklenburg-Vorpommern. In Ueckermünde dagegen wurden nur 540 mm Niederschlag registriert. Dieser Wert liegt um fast 80 mm unter dem Mittelwert für Mecklenburg-Vorpommern. Bei einem Vergleich der beiden Ostseeküstenstationen zeigt sich die Zunahme der Kontinentalität nach Osten in der Abnahme des Niederschlags von 592 mm in Boltenhagen zu 546 mm in Arkona.

Im Vergleich zur Referenzperiode 1961–1990 stieg das Gebietsmittel etwas an. Dieser Anstieg lässt sich auch an den Messwerten der Stationen Boltenhagen und Arkona ablesen. Anders ist es bei den binnenwärts gelegenen Stationen: Sowohl Boizenburg im Westen als auch Ueckermünde im Osten zeigen wenig Änderung im Vergleich zur Referenzperiode. Die regionalen Unterschiede mit geringeren Niederschlagsmengen im Osten im Vergleich zum Westen sind in beiden Zeiträumen gleich geblieben.

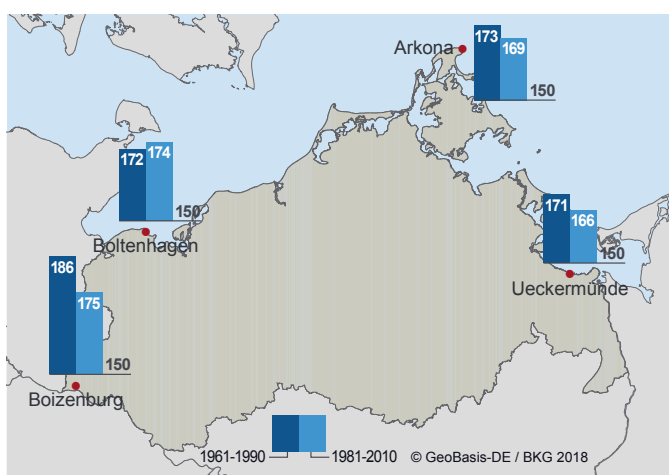
### Jahressummen des Niederschlags

	1961-1990	1981-2010
Boltenhagen	552 mm	592 mm
Arkona	521 mm	546 mm
Boizenburg	663 mm	660 mm
Ueckermünde	548 mm	540 mm
Gebietsmittel	595 mm	619 mm

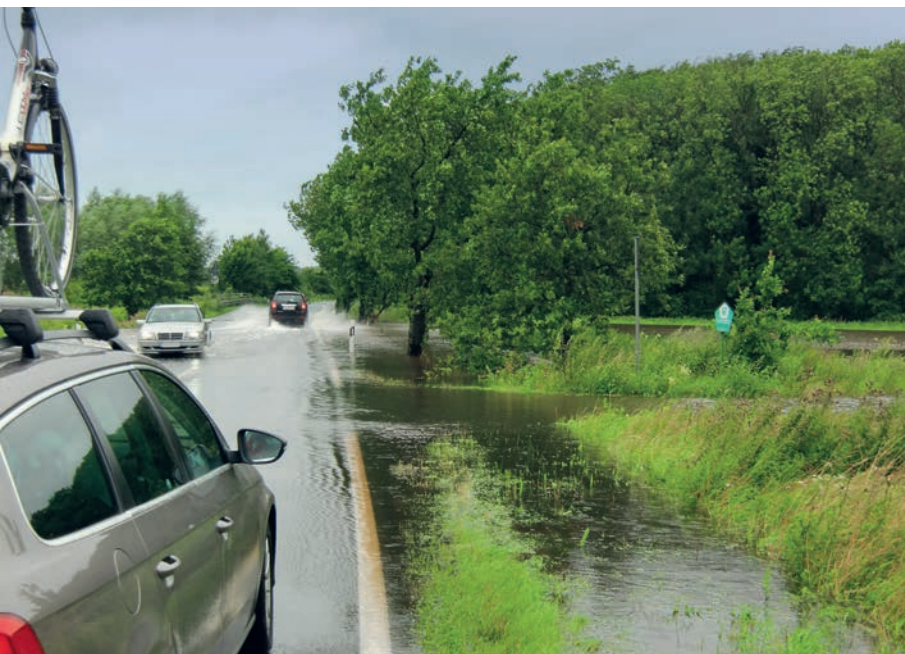
## Wie häufig gibt es Niederschlag?

Die Untersuchung der Anzahl von Tagen mit Niederschlag von mindestens 0,1 mm zeigt den Einfluss der zunehmenden Kontinentalität. So wurde an der westlichen Station Boizenburg im Referenzzeitraum 1961–1990 an etwa 186 Tagen im Jahr solch ein Niederschlagstag registriert, während es an der östlichen Station Ueckermünde nur an 171 Tagen der Fall war. Ähnlich ist die Anzahl an den beiden Ostseeküstenstationen Boltenhagen und Arkona mit 172 bzw. 173 Tagen. Im Zeitraum 1981–2010 nahm die Anzahl der Tage mit Niederschlag an den beiden Binnenlandstationen ab. An der Küste zeigte sich eine leichte Abnahme im Osten in Arkona, während in Boltenhagen eine sehr geringe Zunahme zu registrieren war.

Ergiebiger Niederschlag von mindestens 10 mm wurde in der Referenzperiode 1961–1990 in Boizenburg an etwa 15 Tagen, im Osten in Ueckermünde jedoch nur an etwa 12 Tagen im Jahr gemessen. Nur an 11 Tagen im Jahr wurden an den beiden Küstenstationen Niederschläge von wenigstens 10 mm registriert. Die Zahl der Tage mit ergiebigen Niederschlägen änderte sich im Zeitraum 1981–2010 an den einzelnen Stationen kaum.



▲ Zahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 0,1 mm an verschiedenen Stationen in den Zeiträumen 1961–1990 und 1981–2010. Zur besseren Sichtbarkeit der Unterschiede liegt die Grundlinie der Säulen bei 150 Tagen.

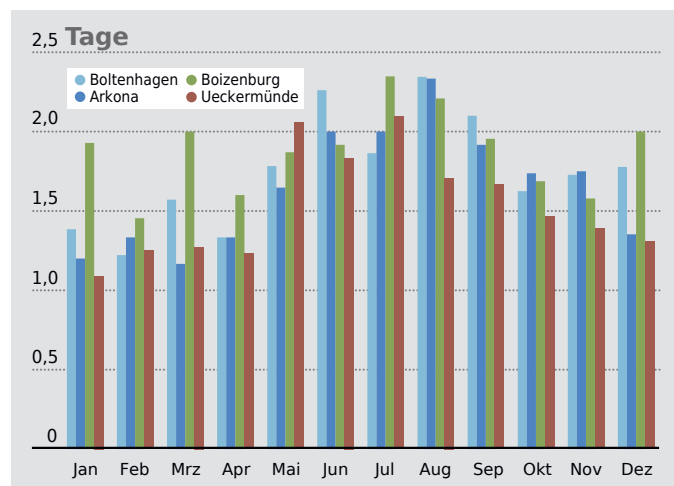


◀ Über die Ufer getreten:  
Der Peezer Bach nahe Rostock.

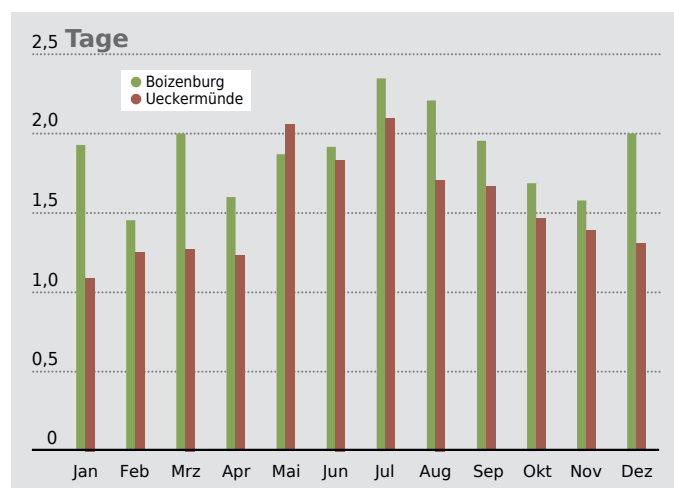
### Mehr Starkregentage im Sommer

Der Jahresgang ergiebiger Niederschläge ist an den Küstenstationen deutlicher ausgeprägt als im Binnenland. Besonders im späten Winter und Frühjahr, wenn die Ostsee noch relativ kalt ist, treten an der Küste seltener kräftige Niederschläge auf als im Binnenland. Dagegen nimmt die Häufigkeit stärkerer Niederschläge, die im Sommer meist an starke Schauer und Gewitter gekoppelt sind, an den Küstenstationen mit der zunehmenden Erwärmung der Ostsee im fortschreitenden Jahr zu. Im Verlaufe des Sommers und im Herbst liegt die Zahl der Tage mit mindestens 10 mm Niederschlag an der Küste dann oftmals über der an den Binnenstationen.

Im Vergleich zeigt die westlich gelegene Binnenlandstation Boizenburg in fast allen Monaten mehr Tage mit ergiebigen Niederschlägen als Ueckermünde im Osten. Besonders deutlich sind diese Unterschiede im Winter und zeitigen Frühjahr, wenn Tiefdruckgebiete ausgedehnte Niederschlagsgebiete vom Atlantik nach Mecklenburg-Vorpommern führen. Der Westen des Landes wird häufiger getroffen, auf dem Weg nach Osten schwächt sich der Tiefdruckeinfluss ab. In den Sommermonaten bringen meist Schauer und Gewitter kräftige Regengüsse, dann sind die Unterschiede zwischen den westlichen und östlichen Gebieten verringert.



▲ Zahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 10 mm an verschiedenen Stationen im Zeitraum 1981-2010.



▲ Zahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 10 mm im Westen und Osten Mecklenburg-Vorpommerns im Zeitraum 1981-2010.

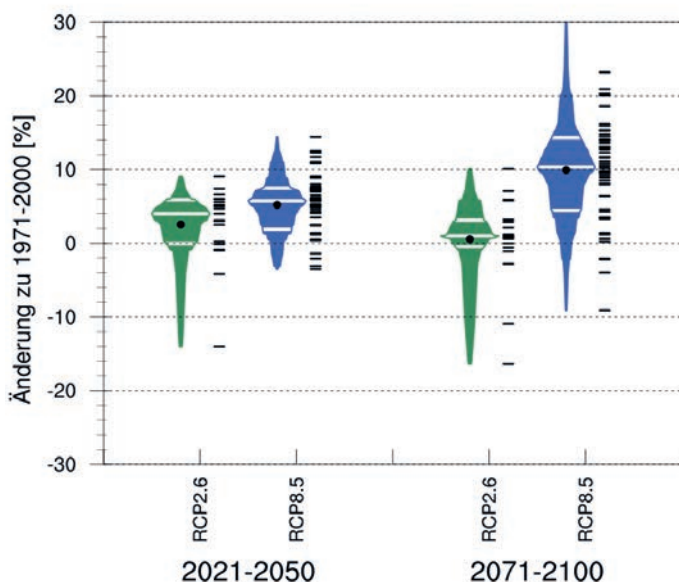


## Zukunft

Eine deutliche Änderung der mittleren Jahressumme des Niederschlags im kurzfristigen Planungshorizont (2021-2050) ist für Mecklenburg-Vorpommern nicht zu erwarten (*hohe Übereinstimmung*). Berechnet wird eine Zunahme des mittleren Jahresniederschlags von 3 bis 5 % (*mittlere Übereinstimmung*). Der Unterschied zwischen den Szenarien ist gering. Die Bandbreite der Ergebnisse liegt zwischen -14 % und +14 % Änderung. Grundsätzlich muss angemerkt werden, dass eine modellierte Änderung unterhalb von 10 % nicht von der natürlichen Klimavariabilität unterschieden werden kann. Diese Schwelle gilt auch für alle nachfolgenden Werte.

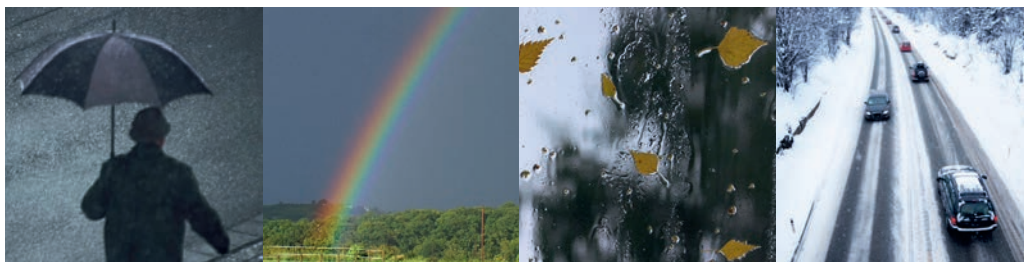
Für den langfristigen Planungshorizont (2071-2100) ist im **Weiter-wie-bisher-Szenario** für Mecklenburg-Vorpommern mit einer Zunahme des Jahresniederschlags um etwa +10 % zu rechnen (*mittlere Übereinstimmung*). Die Bandbreite ist hier sehr groß und reicht von einer Abnahme um 9 % bis zu einer Zunahme um 30 %. Im **Klimaschutz-Szenario** ist dagegen kaum mit einer Änderung des mittleren Jahresniederschlags zu rechnen, bei einer Bandbreite von -16 % bis +10 %.

Bezüglich der Änderung der Anzahl der Tage mit Niederschlag von mindestens 10 mm pro Tag ist sowohl für den kurzfristigen Planungshorizont als auch für den langfristigen Planungshorizont mit einer Zunahme zu rechnen. Ein weniger ausgeprägter Anstieg



◀ Darstellung der Bandbreite der vorhandenen Klimaprojektionen für die Jahresniederschlagssumme von Mecklenburg-Vorpommern. Dargestellt sind die vorliegenden Änderungssignale für den kurzfristigen (2021-2050) und langfristigen (2071-2100) Planungshorizont, jeweils als Änderungssignal zum Bezugszeitraum 1971-2000. Es werden je Planungshorizont die Ergebnisse für das Klimaschutz-Szenario (RCP2.6, grün) denen des Weiter-wie-bisher-Szenarios (RCP8.5, blau) gegenübergestellt. Die dargestellten Körper symbolisieren den Bereich zwischen dem kleinsten und größten Änderungssignal innerhalb des betrachteten Szenarios. Die Breite des Körpers signalisiert die Wahrscheinlichkeit des Eintretens (je breiter, umso höher die Wahrscheinlichkeit). Zusätzlich eingetragen sind der Mittelwert (schwarzer Punkt) und die Perzentile (25, 50 und 75 %) als weiße Linien. Neben den Körpern werden als schwarze Striche die Einzelergebnisse der Modelle gezeigt.

## Jahreszeitliche Mittelwerte der Niederschlagshöhe und erwartete Änderungen



	1961-1990	1971-2000	2021-2050 (RCP2.6)	2021-2050 (RCP8.5)	2071-2100 (RCP2.6)	2071-2100 (RCP8.5)
Frühjahr	134 mm	130 mm	+6 %	+9 %	+2 %	+15 %
Sommer	187 mm	185 mm	-3 %	+1 %	-2 %	-3 %
Herbst	145 mm	142 mm	+3 %	+3 %	±0 %	+9 %
Winter	128 mm	136 mm	+7 %	+9 %	+5 %	+22 %
Jahr	595 mm	593 mm	+3 %	+5 %	+1 %	+10 %

▲ Mittelwerte der Niederschlagshöhe pro Jahr und Jahreszeit, jeweils für Referenzzeitraum und Bezugszeitraum (Spalte 1 und 2). Die Spalten 3 bis 6 zeigen die Ergebnisse der Projektionsrechnungen. Hier sind jeweils die prozentualen Abweichungen zum Bezugszeitraum 1971-2000 angegeben.

wird für die Tage mit Niederschlag von 20 mm und mehr projiziert. Jedoch ist bei Starkniederschlägen die Spannweite innerhalb des Ensembles teilweise sehr groß, so dass die Resultate nur wenig belastbar sind.

### Jahreszeitliche Unterschiede

Für den kurzfristigen Planungshorizont 2021-2050 werden unter Verwendung aller RCP-Szenarien für den Winter Zunahmen der Niederschlagsmenge um +7 bis +9 % berechnet (*mittlere Übereinstimmung*). Für den Sommer ist eine Richtungsangabe nicht möglich. Die Spannweite der Ergebnisse liegt im Bereich von geringen Zunahmen bis hin zu einem leichten Rückgang. In den Übergangsjahreszeiten zeigen sich für diesen Planungshorizont Zunahmen der mittleren Niederschlagssumme von bis zu +3 % (Herbst) bzw. bis zu +9 % (Frühjahr) (*mittlere Übereinstimmung*).

Im Frühjahr kann die Änderung für den langfristigen Planungshorizont (2071-2100) +2 bis +15 % und im Herbst 0 bis +9 % betragen (*mittlere Übereinstimmung*), wohingegen die Änderung im Winter bis zu +22 % betragen kann (*mittlere Übereinstimmung*). Für den Sommer werden in diesem Planungshorizont im Mittel über alle Szenarien Abnahmen der Niederschlagshöhe von -2 % bis -3 % berechnet. Allerdings liegt die Spannweite im **Weiter-wie-bisher-Szenario** zwischen einer Zunahme um +56 % (*geringe Übereinstimmung*) und einer Abnahme um -45 % (*geringe Übereinstimmung*). Das **Klimaschutz-Szenario** weist

demgegenüber eine Spannweite zwischen einer Zunahme von +13 % (*geringe Übereinstimmung*) und einer Abnahme von -43 % (*geringe Übereinstimmung*) auf.

## KURZ NOTIERT

### Beobachtung

- Zunahme der Jahresniederschlagshöhe um fast 9 % seit 1882
- Niederschlagsanstieg in allen Jahreszeiten, besonders im Winter; im Frühjahr geringste Zunahme
- Kaum Anstieg der Häufigkeit von Starkregenereignissen seit 1951

### Kurzfristiger Planungshorizont

- Keine deutliche Änderung der mittleren Jahressumme des Niederschlags (um +4 %)

### Langfristiger Planungshorizont

- Im Weiter-wie-bisher-Szenario ist mit einer Zunahme des Jahresniederschlags um +10 % zu rechnen

Für beide Planungshorizonte werden jeweils für Winter und Frühjahr Zunahmen und für Sommer und Herbst sowohl Abnahmen als auch Zunahmen der Niederschlagsmenge simuliert.



# Sonnenschein

## Sonnenschein

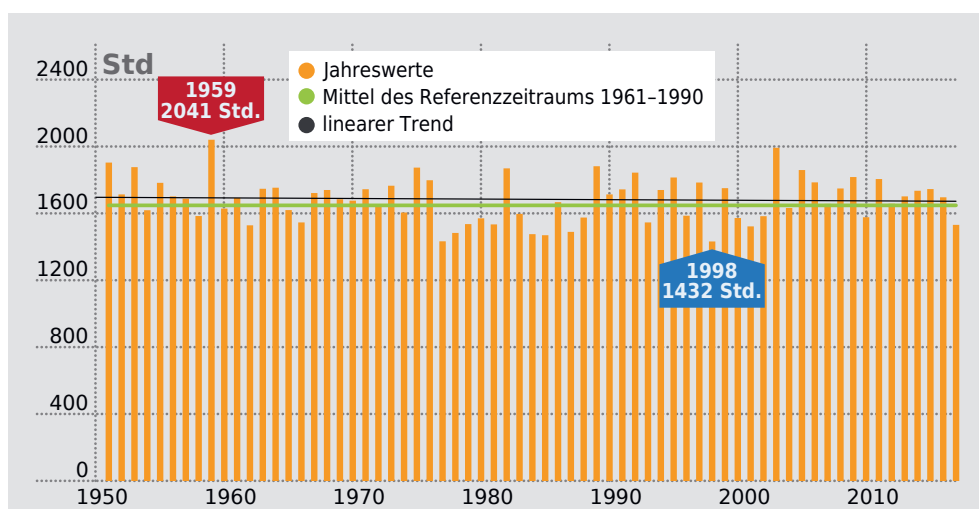
*In Mecklenburg-Vorpommern scheint die Sonne im Mittel 1676 Stunden im Jahr, bezogen auf den Zeitraum 1981–2010. Besonders viel Sonnenschein wird auf Usedom, Rügen sowie im Binnenland des östlichen Vorpommerns registriert, recht sonnig ist es aber auch an der weiteren Ostseeküste. Am wenigsten Sonne gibt es im südwestlichen Binnenland von Mecklenburg-Vorpommern.*

### Vergangenheit und Gegenwart

Die Zeitreihe der Jahressummen der Sonnenscheindauer in Mecklenburg-Vorpommern seit 1951 lässt sich in vier Zeitabschnitte einteilen: Von 1951 bis 1976 eine Phase häufig höherer Jahreswerte, dann anschließend bis etwa 1988 vermehrt geringere Jahressummen. Der bis etwa 1997 folgenden Phase häufigerer sonnenscheinreicher Jahre schloss sich ein kurzer Zeitraum mit meist geringerer Sonnenscheindauer an. Ab 2003 stellte sich dann erneut vielfach ein überdurchschnittliches Sonnenangebot ein. Zwischen etwa 1950 und 1980 gab es weltweit eine Phase zurückgehender Sonneneinstrahlung, die u.a. einer verstärkten Luftverschmutzung zugeschrieben wird. Verbunden mit den Erfolgen der Maßnahmen zur Reinhaltung der Luft nahm danach die den Boden erreichende Sonneneinstrahlung wieder zu.

Die bisherigen jährlichen Gebietsmittel der Sonnenscheindauer in Mecklenburg-Vorpommern variierten zwischen 1432 Stunden (1998) und 2041 Stunden (1959). In dieser Zeitreihe gibt es kein weiteres Jahr, in dem nochmals 2000 Stunden Sonne überschritten wurden. Auch das „Hitzejahr“ 2003 blieb mit 1993 Stunden noch darunter.

Der vieljährige Mittelwert 1981–2010 des Flächenmittels für die Sonnenscheindauer beträgt 1676 Stunden. Das entspricht einer täglichen durchschnittlichen Sonnenscheindauer von 276 Minuten und liegt damit 5 Minuten höher als der entsprechende Wert für 1961–1990. Bei einer jahreszeitlichen Betrachtung der durchschnittlichen täglichen Sonnenscheindauer zeigt vor allem das Frühjahr eine Zunahme (+15 Minuten), Herbst (+4 Minuten) und Winter (+10 Minuten) kaum, während die Sommermonate eine leichte Abnahme (–6 Minuten) aufweisen.



◀ Jahressummen der Sonnenscheindauer (Gebietsmittelmittelwerte) in Mecklenburg-Vorpommern von 1951 bis 2017.

### Regionale Unterschiede

Mit zunehmender Entfernung vom Atlantik von West nach Ost bzw. von der Ostsee von Nord nach Süd ändern sich die Sonnenscheinverhältnisse. Je weiter man nach Osten kommt, umso kontinentaler wird das Klima, d.h. der Einfluss des Atlantiks wird geringer, das Feuchteangebot nimmt ab und die Sonnenscheindauer nimmt zu. In unmittelbarer Ostseenähe wirkt sich der Küsteneffekt aus, der an der See zu mehr Sonne als im Hinterland führt. Beim Übergang von der Ostsee auf das Land erfahren die über der Ostsee deutlich stärkeren auflandigen Winde eine Abbrem-

sung. Über den Landoberflächen, die im Vergleich mit der Meeresoberfläche durch Erhebungen, Bepflanzung oder Besiedelung rauer sind, bilden sich Aufwinde, die landeinwärts verschoben zu einer vermehrten Wolkenbildung beitragen und somit eine Verringerung der Sonnenscheindauer verursachen. Besonders im Frühjahr und Sommer ist die Luft über der Ostsee kühler als über Land. Quellwolken, die sich durch Erwärmung der bodennahen Luft bilden, entstehen über Land rascher als über See, was eine höhere Sonnenscheindauer in diesen Jahreszeiten in Küstennähe zur Folge hat.



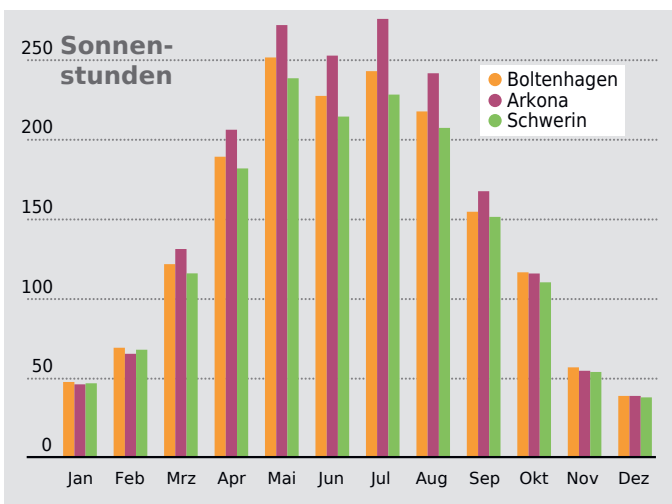


	Jahressumme Sonnenscheindauer		Zahl der Tage mit $\geq 10$ Stunden Sonne	
	1961-1990	1981-2010	1961-1990	1981-2010
Boltenhagen	1693 Std.	1735 Std.	56	59
Arkona	1798 Std.	1869 Std.	69	74
Schwerin	1596 Std.	1655 Std.	49	54

### Tage mit viel Sonnenschein

Die Anzahl der sonnenscheinreichen Tage verringert sich mit zunehmender Entfernung von den großen Meeresflächen. So wurden an der Binnenlandstation Schwerin im Zeitraum 1981-2010 im Mittel an 54 Tagen im Jahr mindestens 10 Stunden Sonnenschein registriert, während an der Ostsee in Boltenhagen an 59 und in Arkona sogar an 74 Tagen mindestens 10 Stunden die Sonne schien.

Die Sonne schien im Zeitraum 1981-2010 länger als in der Referenzperiode 1961-1990 und die Zahl der sonnenreichen Tage stieg an. Die regionalen Unterschiede zwischen Küste und Binnenland änderten sich nicht.



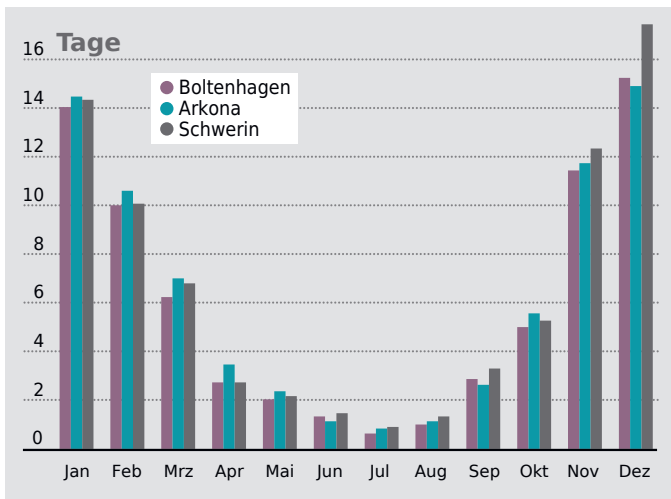
▲ Monatssummen der Sonnenscheindauer an verschiedenen Stationen im Zeitraum 1981-2010.

Eine Betrachtung der Summen der Sonnenscheindauer einzelner Messstationen verdeutlicht die beschriebenen Effekte. Während an der Küstenstation Boltenhagen im Zeitraum 1981-2010 die jährliche Summe der Sonnenscheindauer 1735 Sonnenstunden betrug und um 59 Stunden über dem Gebietsmittelwert von Mecklenburg-Vorpommern lag, wurden an der Station Schwerin nur 1655 Sonnenstunden registriert, was um 21 Stunden unter dem Mittelwert für Mecklenburg-Vorpommern liegt. Der Vergleich der beiden Ostseeküstenstationen Boltenhagen und Arkona zeigt das Fortschreiten der Kontinentalität nach Osten. So wurden im Zeitraum 1981-2010 in Arkona 134 Sonnenstunden mehr registriert als in Boltenhagen. Generell weisen die Stationen in Meeresnähe mehr Sonnenstunden auf als die Stationen im zugehörigen Hinterland der Ostseeküste.

Die regionalen Unterschiede zeigen sich kaum in den Monaten Oktober bis Februar, aber deutlich von Mai bis August.



▲ Messgeräte des Deutschen Wetterdienstes für die Strahlung.



▲ Zahl der Tage ohne Sonnenschein an verschiedenen Stationen im Zeitraum 1981-2010.

### Im Winter dominieren die Wolken

Tage ohne Sonnenschein weisen einen deutlichen Jahresgang auf. Von November bis Februar sind durchschnittlich mindestens ein Drittel der Tage im Monat sonnenscheinlos. Im Sommer sinkt die Zahl unter zwei.

Die regionalen Unterschiede bei Betrachtung der Zahl der Tage ohne Sonnenschein sind nur gering. So schien im Zeitraum 1981-2010 in Arkona an 76 Tagen und in Boltenhagen bzw. Schwerin an 73 bzw. 78 Tagen im Jahr die Sonne nicht. Die höhere Zahl der Tage ohne Sonnenschein in Schwerin in den Monaten November und Dezember resultiert aus dem häufigeren Auftreten von Nebel im Binnenland in dieser Jahreszeit. Im Vergleich mit der Referenzperiode 1961-1990 hat die Zahl der Tage ohne Sonnenschein landesweit abgenommen.

### Zukunft

Die Sonnenscheindauer wird in den Klimamodellen nicht direkt berechnet, sondern indirekt aus der kurzwelligeren Strahlung abgeleitet. Die Strahlung ist, verbunden mit den Bewölkungsverhältnissen, eine der großen Herausforderungen der Klimamodellierung. Die Bandbreite der modellierten Werte ist daher zwischen den Modellen sehr hoch. Dieses führt dazu, dass die Ergebnisse weniger aussagekräftig sind als beispielsweise die Ergebnisse der Temperaturänderungen.

Weder für den kurzfristigen noch für den langfristigen Planungshorizont können derzeit belastbare Aussagen für die zu erwartenden Änderungen gegeben werden.

## KURZ NOTIERT

### Beobachtung

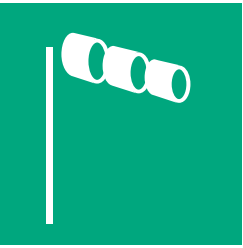
- Durchschnittlich 276 Minuten Sonnenschein pro Tag im Zeitraum 1981-2010
- Wenig Änderung der Sonnenscheindauer in Mecklenburg-Vorpommern seit 1951
- Große Variabilität von Jahr zu Jahr

### Kurzfristiger Planungshorizont

- Änderungen wahrscheinlich nur gering

### Langfristiger Planungshorizont

- Veränderung nicht ablesbar



# Wind

Die Verteilung der Windgeschwindigkeit in Mecklenburg-Vorpommern wird vom Abstand zu den Küsten geprägt: die höchsten Werte sind dabei an der Ostsee anzutreffen, gefolgt von den küstennahen Gebieten. Die niedrigsten Windgeschwindigkeiten werden in den südlichen Landesteilen verzeichnet.

## Windverhältnisse in der Vergangenheit und Gegenwart

Standardmäßig wird der Wind in 10 m Höhe über Grund gemessen, um den Einfluss des Untergrundes möglichst gering zu halten. Trotzdem reagiert der gemessene Wind, insbesondere die Windgeschwindigkeit empfindlich auf Veränderungen im Umfeld der Messstation (z. B. wachsende Bäume) oder auf Änderungen des Messortes. Fast alle Windzeitreihen weisen Inhomogenitäten auf. Die zur Verfügung stehenden Zeitreihen umfassen nur einige Jahrzehnte.



▲ Jahresmittel des geostrophischen Windes. Dargestellt ist der Zeitraum 1880 bis 2017.



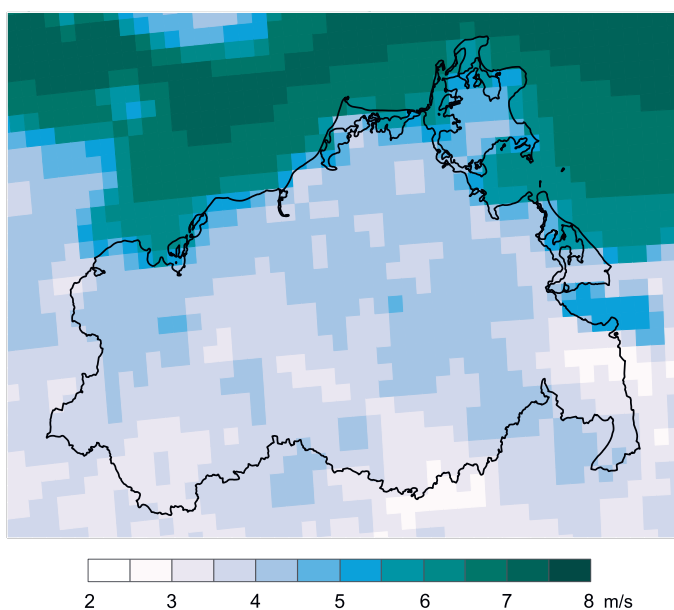
Eine Möglichkeit, trotzdem Aussagen über die Entwicklung der Windgeschwindigkeit zu machen, ist die Betrachtung des geostrophischen Windes. Dieser beruht auf Luftdruckdifferenzen und ist eng mit dem „wahren“ Wind gekoppelt. Die Messung des Luftdrucks ist bereits seit dem Ende des 18. Jahrhunderts mit hoher Qualität möglich. Betrachtet man den geostrophischen Wind, zeigen sich Abschnitte mit Längen von 10 Jahren bis wenigen Jahrzehnten mit höherer oder niedrigerer Windgeschwindigkeit (sogenannte multidekadische Schwankung). Für die gesamte Zeitreihe ist ein schwacher, abfallender Trend zu sehen. Deutlich erkennbar ist die windreiche Zeit der 1990er-Jahre, die sich aber unauffällig in die Maxima der Gesamtreihe einfügen.

### Sturmtage

Sturmtage sind Tage mit Spitzenwindgeschwindigkeiten von mindestens 8 Bft (entsprechend 62 km/h). Arkona auf Rügen mit seiner exponierten Lage weist im Zeitraum 1981–2010 114 Sturmtage auf, die Küstenstationen in Boltenhagen und Warnemünde 56 bzw. 52 Tage. Deutlich weniger verzeichnen die Stationen Marnitz und Waren im Süden des Landes mit 19 bzw. 17 Tagen.

### Zukunft

Die Berechnungen der Klimaprojektionen deuten darauf hin, dass sich die Windverhältnisse in der Zukunft wenig ändern bzw. eine Änderung aus den Modellen nicht ablesbar ist.



▲ Jahresmittel der Windgeschwindigkeit (10 m über Grund) in Mecklenburg-Vorpommern im Zeitraum 1995 bis 2014 als Flächen-darstellung der Rasterwerte (6 km x 6 km). Basis sind Reanalyse-daten des Wettervorhersagemodells COSMO.

## KURZ NOTIERT

### Beobachtung

- Große regionale Unterschiede zwischen windreicher Küste und windschwächeren Orten im Süden Mecklenburg-Vorpommerns
- Kein deutlicher Trend in den Windverhältnissen seit 1880

### Kurzfristiger Planungshorizont

- Wahrscheinlich keine Veränderung

### Langfristiger Planungshorizont

- Veränderung nicht ablesbar



# Phänologie

Die Witterungs- und Klimaverhältnisse beeinflussen Wachstum und Entwicklung von Pflanzen. Die Wissenschaft, die sich damit beschäftigt, ist die Phänologie (griech.: „Lehre von den Erscheinungen“). Daten pflanzenphänologischer Beobachtungen zählen zu den wertvollsten Anzeigern von Veränderungen in den Umweltbedingungen und werden weltweit seit Jahrhunderten erhoben.

## Der Kreislauf der Natur als Klimaindikator

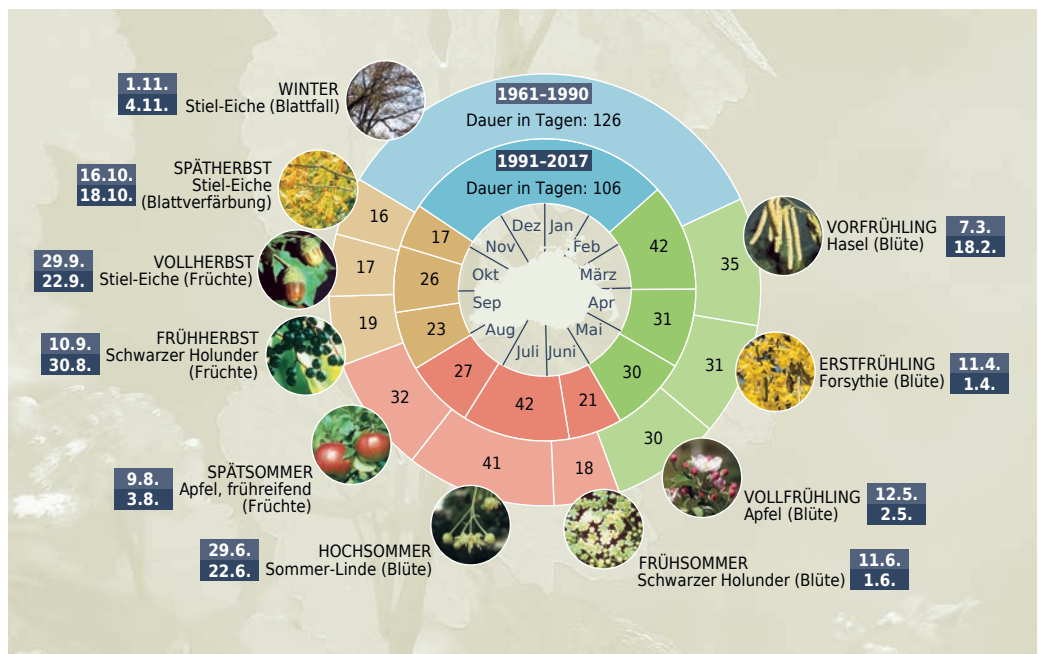
Die Phänologie beschreibt im Jahresverlauf periodisch wiederkehrende Erscheinungen in der Natur: das Aufblühen einer Pflanze, Fruchtreife, den Brutbeginn von Vögeln und so weiter. Gerade Pflanzen eignen sich gut als sensibler Bioindikator für Klima- und Umweltveränderungen, da ihre Entwicklung direkt von sich verändernden Umweltbedingungen beeinflusst wird. Die Pflanzen der gemäßigten Breiten sind in ihrer Vegetationsrhythmik - Wachstumsperiode im Frühling und Sommer und Ruheperiode im Winter - an den jahreszeitlichen Wechsel ihrer Umweltbedingungen angepasst.

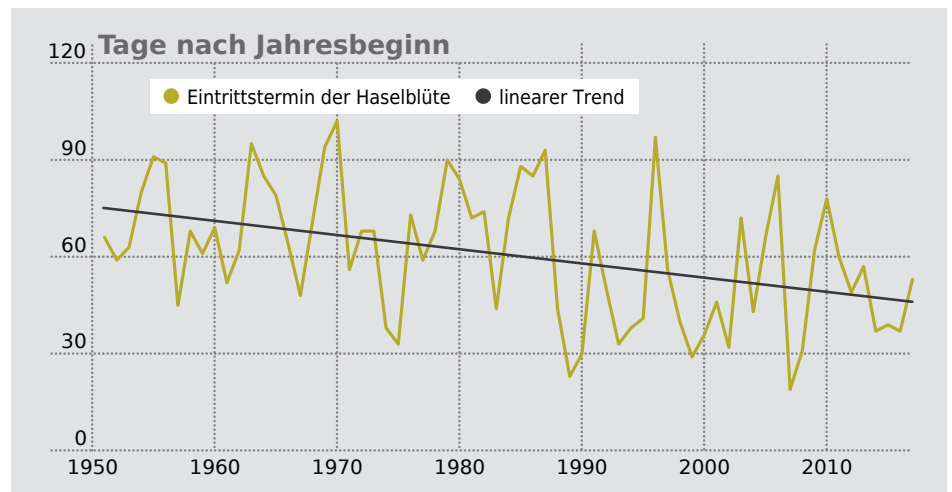
Die Natur Mecklenburg-Vorpommerns zeigt bereits Auswirkungen auf die sich verändernden klimatischen Bedingungen. So verändern sich beispielsweise die Eintrittszeiten der phänologischen Jahreszeiten.

## Phänologische Jahreszeiten

Der Phänologische Kalender unterteilt sich in zehn physiologisch-biologisch begründete Jahreszeiten. Jeder phänologischen Jahreszeit werden bestimmte Zeigerpflanzen mit entsprechenden Entwicklungsphasen zugeordnet. So beginnt das phänologische Jahr mit dem **Vorfrühling**, dessen Beginn von der Blüte der Gemeinen Hasel (*Corylus avellana*) eingeleitet wird. In den Jahren 1991-2017 waren die Eintrittszeiten des Vorfrühlings 17 Tage früher als in der Referenzperiode 1961-1990. Der Vorfrühling endet mit dem Beginn der Forsythienblüte (*Forsythia x intermedia*), die den **Erstfrühling** einläutet. Hier kann eine Verfrühung der Eintrittszeit von 10 Tagen beobachtet werden. Dem Erstfrühling folgt der **Vollfrühling**, welcher durch das Erblühen der ersten Apfelbäume (*Malus*) beginnt. Hier tritt die Blüte in den Jahren 1991-2017 um 10 Tage früher ein als in der Vergleichsperiode.

Die verschiedenen Entwicklungsphasen der Pflanzen sind phänologischen Jahreszeiten zugeordnet. Die „Phänologische Uhr“ zeigt diese Jahreszeiten und ihre sogenannten Leitphasen (Mittelwert für Mecklenburg-Vorpommern). Beim Vergleich der Zeiträume 1961-1990 und 1991-2017 wird die Verschiebung der phänologischen Jahreszeiten deutlich.





▲ Eintrittstermine 1951-2017 der Leitphase der phänologischen Jahreszeit Vorfrühling, die den Beginn des phänologischen Jahres markiert und sich an der Blüte der Gemeinen Hasel orientiert. Eintrittstermin der Haselblüte 2017 in Mecklenburg-Vorpommern: 22. Februar.

Mit der Blüte des Schwarzen Holunders (*Sambucus nigra*) setzt der **Frühsommer** ein, dessen Eintrittszeit sich im Untersuchungszeitraum 1991–2017 um 10 Tage nach vorne verschoben hat. Der **Hochsommer**, welcher sich durch erste blühende Sommerlinden (*Tilia platyphyllos*) bemerkbar macht, weist eine Verfrühung von einer Woche auf. Nachdem das Erblühen der Leitpflanzen bisher als Indikator diente, rücken nun erste Früchte in den Fokus der Beobachtung. Die ersten frühreifenden Äpfel können zu Beginn des **Spätsommers** gepflückt werden. Diese phänologische Phase ist mit 6 Tagen nur leicht verfrüht.

Beim Übergang zum **Frühherbst** wird nochmals der Schwarze Holunder als Leitpflanze herangezogen. Seine ersten reifen Früchte zeigen sich im Zeitraum 1991–2017 etwa 11 Tage früher. Der **Vollherbst** beginnt mit den ersten reifen Früchten der Stiel-Eiche (*Quercus robur*) und zeigt mit einer um eine Woche verfrühten Fruchtreife einen nur gering verfrühten Eintrittstermin. Beginnen die Blätter der Stiel-Eiche sich zu verfärben, bricht der **Spätherbst** an. Diese Phase weist eine Verspätung von 2 Tagen auf. Der Grund hierfür ist, dass höhere Temperaturen im Herbst den Chlorophyllabbau im Blatt verlangsamen und damit zu einer späteren Blattverfärbung führen. Wirft die Stiel-Eiche ihre ersten Blätter ab, beginnt der phänologische **Winter**.

Die Eintrittstermine der Frühjahrsphasen zeigen die stärksten Änderungen. Das liegt daran, dass zu Beginn der Vegetationsperiode die stärksten Veränderungen stattfinden. Außerdem werden die Frühjahrsphasen wesentlich durch den Anstieg der Temperatur ausgelöst, während in späteren Phasen weitere Faktoren eine Rolle spielen.

### Regionale und zeitliche Unterschiede

Die oben beschriebenen Entwicklungen beziehen sich auf die mittleren Werte für ganz Mecklenburg-Vorpommern über zwei lange Vergleichszeiträume. Da die phänologischen Jahreszeiten im engen Zusammenhang mit meteorologischen Größen wie der mittleren bodennahen Lufttemperatur und der Wasser- und Lichtverfügbarkeit stehen, können regional und von Jahr zu Jahr zum Teil massive Unterschiede entstehen. Entgegen des landesweiten Trends der deutlich früheren Haselblüte, welche den Eintrittstermin des Vorfrühling bestimmt, weisen so in 2017 große Teile Mecklenburg-Vorpommerns nur geringe Verfrühungen von 2 bis 6 Tagen zum langjährigen Mittel auf. Eigene Beobachtungen können sich also vom landesweiten Trend abheben.

### Allgemeiner Trend

Auch deutschlandweit lassen sich Verschiebungen der phänologischen Jahreszeiten feststellen. Bis auf die Eintrittstermine des phänologischen Spätherbstes und Winters, die keine markanten Veränderungen aufzeigen, rutschen alle phänologischen Jahreszeiten im Jahresverlauf nach vorne und weisen zum Teil auch eine längere Dauer auf.

Der Jahreszyklus der Pflanzen ist dahingehend optimiert, bei einer möglichst langen Wachstumsperiode das Frostrisiko gering zu halten. Ein zeitigerer Anstieg der mittleren Tagestemperaturen im Jahr verlängert zwar die Vegetationsperiode durch verfrühten Austrieb, ist aber auch möglicherweise mit einer erhöhten Spätfrostgefahr verbunden.



## Meeresspiegel

# Meeresspiegel

Beitrag des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie

*Änderungen des mittleren Meeresspiegels in der Ostsee werden durch den Klimawandel und vertikale Landbewegungen verursacht. In der nördlichen Ostsee sinkt der Meeresspiegel relativ zum Land aufgrund der noch stattfindenden nacheiszeitlichen Landhebung. In der südlichen Ostsee und somit auch an der deutschen Ostseeküste dagegen addieren sich die Senkung der Landmassen und der Meeresspiegelanstieg. Für die nahe und ferne Zukunft sagen aktuelle Klimamodelle einen weiteren Anstieg voraus. Dieser wird durch das vermehrte Abschmelzen der Eisschilde in der Antarktis und auf Grönland mit großer Wahrscheinlichkeit sogar eine Beschleunigung erfahren.*

### Der Meeresspiegel – eine schwankende Größe

Der mittlere Meeresspiegel und seine zukünftige Änderung sind für die langfristigen Planungen der Küstenschutzbauwerke von großer Bedeutung. Die Änderung des Meeresspiegels setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen:

- dem sogenannten sterischen Anteil (Änderung des Meeresspiegels aufgrund von Temperatur- oder Salzgehaltsänderungen, die die Dichte beeinflussen),
- den dynamisch bedingten Änderungen aufgrund geänderter Meeresströmungen,
- dem verstärkten Süßwassereintrag in die Weltmeere aufgrund von Gletscherschmelze,
- dem verstärkten Süßwassereintrag durch schmelzende grönländische und/oder antarktische Eisschilde und
- dem Effekt von Landhebungen bzw. Landsenkungen.

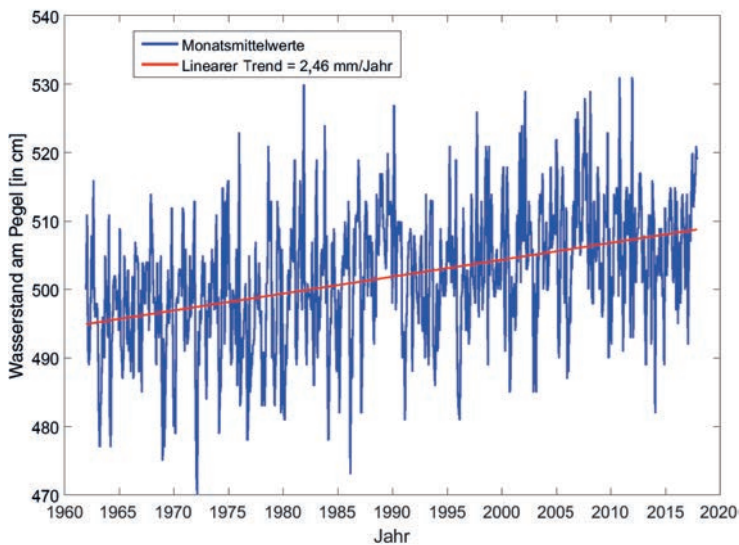
Die durch die Punkte a) bis d) hervorgerufenen Beiträge bewirken die absolute Meeresspiegeländerung. Die an den Pegeln gemessene relative Meeresspiegeländerung beinhaltet auch den Effekt der vertikalen Landbewegung.

Die globalen wie auch regionalen Klimamodelle sind derzeit noch nicht in der Lage, den Süßwassereintrag aufgrund von Gletscher- und Eisschildschmelze hinreichend zu simulieren. Daher müssen Abschätzungen dieser Werte heutzutage noch zu den berechneten sterischen und dynamischen Werten addiert werden.

### Beobachtete Meeresspiegeländerungen Ostsee

Die Ostsee hat eines der dichtesten und langlebigsten Pegelbeobachtungsnetze weltweit und viele Stationen sind seit Ende des 19. Jahrhunderts kontinuierlich in Betrieb. Die Pegelaufzeichnungen beispielsweise in Warnemünde reichen bis 1855 zurück. Zwischen den einzelnen Pegeln der Ostsee gibt es größere, von der geographischen Lage abhängige Unterschiede in der Rate des relativen Meeresspiegelanstiegs. Nacheiszeitliche Landhebungen im Norden und -senkungen im Süden führen zu einem Gefälle von Südost nach Nordwest.

Basierend auf den langen Pegelzeitreihen geben Richter et al. (2012) hundertjährige Trends zwischen  $-8,2$  mm/Jahr für den Norden der Ostsee (Bottnischer Meerbusen) und  $+1,0$ – $2,0$  mm/Jahr für die südliche Ostsee an. Allerdings unterscheiden sich auch die Werte entlang der südlichen Ostseeküste: im Westen liegen sie bei  $+1,5$  mm/Jahr, im Osten bei  $+1,0$  mm/Jahr. Auch zeitlich ist der Trend des Meeresspiegels nicht einheitlich, da Perioden mit starkem Zuwachs und geringem Anstieg vorkommen. Allen Pegeln gemeinsam ist eine große dekadische Variabilität. Über 30 Jahre gleitende Mittel des Meeresspiegelanstiegs für Warnemünde zeigen starke Schwankungen im Meeresspiegeltrend zwischen  $-0,5$  mm/Jahr und  $+2,5$  mm/Jahr (Richter et al., 2012). Durch den Vergleich der 30-jährigen Mittel lässt sich die aktuelle Rate des Meeresspiegelanstiegs mit vergangenen Zeiträumen vergleichen. Die hohen Raten



◀ Monatsmittelwerte Pegel Warnemünde seit 1962.  
(Quelle: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie,  
Pegelbetreiber: Wasser- und Schifffahrtsamt Stralsund)

des relativen Meeresspiegelanstiegs, die in dieser Analyse für den Beginn des 21. Jahrhunderts auftauchen, sind demnach nicht beispielsweise in der langen Messzeitreihe: zu Beginn des 20. Jahrhunderts und in den 1950er-Jahren gab es ähnliche Raten.

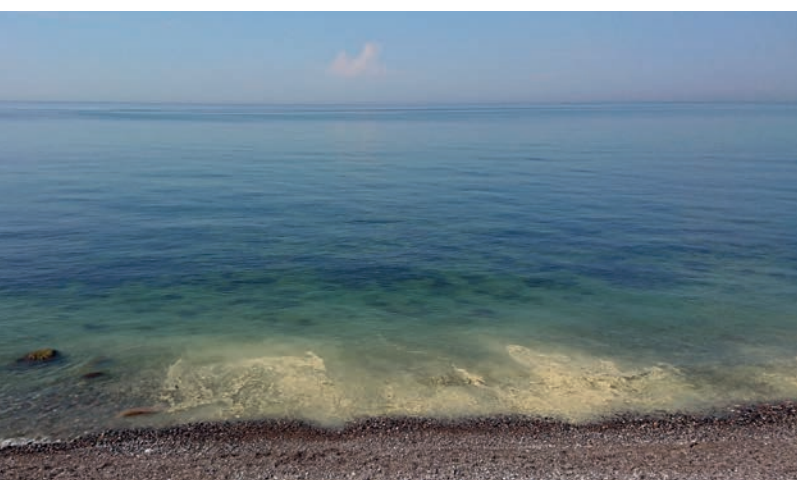
### Zukünftige Änderungen des Meeresspiegels

Basierend auf den Erkenntnissen des 4. Sachstandsberichts des Weltklimarates IPCC (Meehl et al., 2007) sind im zweiten Assessment-Bericht über den Klimawandel im Ostseebecken (BACC2, 2015) regionalisierte Aussagen für die Ostseeküsten über den bis zum Ende des 21. Jahrhunderts zu erwartenden Meeresspiegelanstieg zusammengefasst. Die betrachteten Projektionen basieren zum einen auf einer moderaten Erderwärmung (A1B-Szenario, s. Seite 11), die zu einem globalen Meeresspiegelanstieg von 70 cm mit einer Bandbreite von  $\pm 30$  cm führen würde. Ein alternatives Extremszenario mit höherer Erderwärmung resultiert in einem Meeresspiegelanstieg von 110 cm. In den Regionalisierungen für die Ostsee wird ein Meeresspiegelanstieg erreicht, der 80% des globalen mittleren Anstiegs entspricht. Dies führt in der südlichen Ostsee zu Werten von ca. +50 cm. Im Extremszenario erhöhen sich diese Werte um weitere 50 cm.

Die größte Unsicherheit bei diesen Projektionen liegt in der Verlustrate des antarktischen Eisschildes. Im 5. Sachstandsbericht des IPCC von 2013 werden für verschiedene Treibhausgasszenarien aktualisierte Aussagen zum globalen Meeresspiegel bis Ende des 21. Jahrhunderts gemacht. Für das **Klimaschutz-Szenario** ergibt sich im globalen Mittel ein Anstieg von 26–55 cm und für das **Weiter-wie-bisher-Szenario** ein Bereich von 52–98 cm. Auch dieser Bericht weist auf die Unsicherheiten der möglichen Beiträge der Eisschilde von Grönland und der Antarktis hin. Diese sind besonders groß, da die physikalischen Prozesse, die das Abschmelzen der Eisschilde beschleunigen, zum Zeitpunkt des Berichts entweder noch unbekannt oder noch nicht mathematisch beschrieben waren. Mittlerweile haben sich die Kenntnisse darüber deutlich verbessert.

Des Weiteren wird mithilfe von ozeanographischen Beobachtungen und bathymetrischen Vermessungen an den Rändern der Eisschilde zunehmend festgestellt, dass erwärmtes Ozeanwasser die Eisschelfe auch von unten zerstört, wodurch der Kontakt zwischen Gletschern und dem unterlagernden Festgestein mehr und mehr schwindet. Dadurch können die Gletscher erheblich schneller ins Meer strömen als bisher vermutet wurde. In der Konsequenz wird dieser Prozess den Meeresspiegelanstieg derart beschleunigen, dass Werte erreicht werden, die weit größer sind als im letzten IPCC Bericht angenommen. Gegenwärtig tendieren die Angaben über den weiteren Anstieg beim **Weiter-wie-bisher-Szenario** für die deutschen Küsten bis hin zu Werten von deutlich über einem Meter Meeresspiegelanstieg bis zum Ende des 21. Jahrhunderts. Allerdings ist weiterhin noch nicht die sich abzeichnende Möglichkeit eines Kollabierens der beiden großen Eisschilde (Antarktis und Grönland) einbezogen.

Als gesichert gilt, dass die große Wärmespeicherkapazität der Ozeane den Meeresspiegel, ungeachtet des weiteren Verlaufs der Erderwärmung, weit über das 21. Jahrhundert hinaus ansteigen lassen wird.





## Extremereignisse

*Jeder erinnert sich daran. Ein verheerender Orkan, extreme Hitze oder eine katastrophale Sturmflut. Extremereignisse verursachen oft menschliches Leid und richten große Zerstörungen an. Wie hat sich die Häufigkeit von Extremen in der Vergangenheit entwickelt und welche Veränderungen sind in Zukunft zu erwarten?*

### Extrem = selten

Extremereignisse sind sehr selten auftretende Ereignisse. Sie sind gekennzeichnet durch stark vom üblichen Zustand abweichende Verhältnisse. Es gab sie in der Vergangenheit und es wird sie auch in der Zukunft geben. Bekannte Beispiele aus der entfernten Vergangenheit sind die Sturmflut an der Ostseeküste am 12./13. November 1872, bei der 15000 Menschen obdachlos wurden, oder 1816, das Jahr ohne Sommer nach dem Ausbruch des Vulkans Tambora.

Auch in der nahen Vergangenheit haben wir Extremereignisse beobachten können. Das sind beispielsweise die Hochwasser in den Jahren 2002 und 2013 an der Elbe, beide ausgelöst durch sehr hohe Niederschlagsmengen, die Sturmfluten 1995 und 2017 an der Ostseeküste, die lange andauernde Hitze im Juli 1994 oder die Stürme Anatol (1999) und Christian (2013).

Damit steht berechtigterweise eine Frage im Raum: *Was kommt mit dem Klimawandel noch alles?* Da Extreme definitionsgemäß sehr seltene Ereignisse sind, sind statistische Analysen weniger belastbar. Häufig wird ein Wiederkehrzeitraum von einmal in 100 Jahren betrachtet (das Jahrhundertereignis). Die vorhandenen Messreihen sind kaum länger. Somit ist die statistische Erfassung eines Ereignisses auf dieser Skala nicht einfach.

### Temperatur

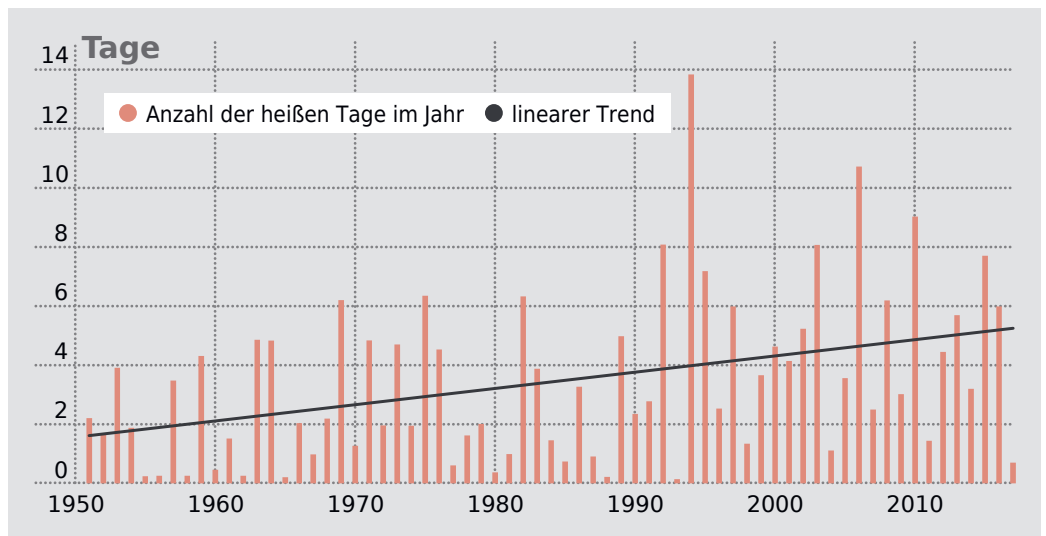
Die mittlere Temperatur hat in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen. In der Folge sind mehr Tage mit sehr hohen Temperaturen und auch Hitzeperioden aufgetreten. Beispiel dafür sind die im Lande verzeichneten Temperaturrekorde: im August 1992 wurden an der Station Karlshagen 39,3 °C und an der Station Teterow 38,7 °C gemessen.

### Sommerliche Hitze

Um extreme Temperaturereignisse klimatologisch einordnen zu können, dient die Anzahl der heißen Tage (Höchsttemperatur mindestens 30 °C) als Anhaltspunkt. Sie ist seit dem Referenzzeitraum 1961-1990 von 2,6 pro Jahr auf 4,3 Tage pro Jahr im Zeitraum 1981-2010 angestiegen. Das Maximum in Mecklenburg-Vorpommern wurde 1994 mit über 13 Tagen verzeichnet, mit Abstand gefolgt von Jahren mit 8 bis 10 heißen Tagen, nämlich 1992, 2003, 2006, 2010 und 2015.

Als Anzeiger für belastende Wärmeereignisse, die hauptsächlich im Sommer auftreten, kann auch die Zahl der Tropennächte dienen. Von einer Tropennacht spricht man, wenn das nächtliche Temperaturminimum nicht unter 20 °C absinkt. Tropennächte sind in der Regel keine Einzelereignisse, sondern werden von Sommertagen oder heißen Tagen begleitet. Eine dann fehlende nächtliche Abkühlung erschwert die Regene-

Anzahl der heißen Tage ▶  
(Tageshöchsttemperatur  
≥ 30 °C, Gebietsmittel-  
werte) von 1951 bis 2017.



ration der Menschen und ist deshalb besonders belastend. In Mecklenburg-Vorpommern ist die Zahl der Tropennächte von 0,8 Tagen pro Jahrzehnt im Zeitraum 1961-1990 auf 2,2 Tage pro Jahrzehnt im Zeitraum 1981-2010 angestiegen.

Landesweit zeigen sich markante regionale Unterschiede in der Häufigkeit des Auftretens von Tropennächten. So werden an der Ostseeküste und ganz allgemein in der Nähe großer Wasserflächen deutlich mehr warme Nächte verzeichnet als im Binnenland. Wasserflächen kühlen nachts kaum ab und wirken dadurch wie eine Warmwasserheizung auf die nähere Umgebung. Im Zeitraum 1981-2010 wiesen die Stationen Arkona, Warnemünde und Ueckermünde 10, 9 bzw. 8 Tropennächte pro Jahrzehnt auf. Aber auch die an der Müritz gelegene Station Waren zeigte noch 7 Tropennächte pro Jahrzehnt. Teterow und Boizenburg kamen dagegen nur auf 2 bzw. 3 Tropennächte innerhalb von 10 Jahren.

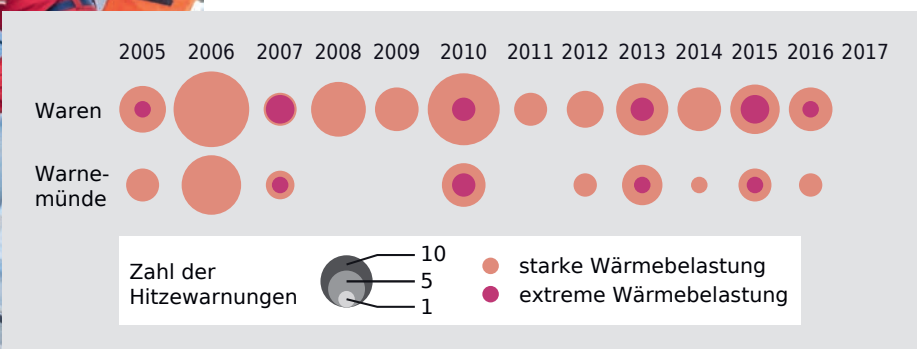
### Hitzewarnsystem des DWD

Mehrtägige Hitzeperioden können erhebliche negative Folgen für die Gesundheit haben. Bei Wetterlagen, die hohe Temperaturen, hohe Luftfeuchte, geringe Windgeschwindigkeit, intensive Sonneneinstrahlung und geringe nächtliche Abkühlung aufweisen, steigt das Risiko hitzebedingter Erkrankungen. Um die Auswirkungen möglichst gering zu halten, führte der Deutsche Wetterdienst im Jahr 2005 ein Hitzewarnsystem ein.

Hitzewarnsysteme verwenden die aktuellen Wettervorhersagen, um Episoden mit hoher Wärmebelastung vorherzusagen. Gewarnt wird in zwei Stufen anhand einer berechneten gefühlten Temperatur: Liegt sie für den Landkreis an zwei Tagen in Folge über 32 °C und bleibt die Nacht dazwischen warm, wird vor starker Wärmebelastung gewarnt. Werden 38 °C überschritten, gibt der DWD eine Warnung vor extremer Hitzebelastung heraus.



Zahl der vom DWD ausgegebenen Hitze-  
warnungen im Zeitraum 2005 bis 2017 für  
einige Orte in Mecklenburg-Vorpommern.  
▼ Keine Warnungen gab es im Jahr 2017.



In den Jahren 2006 und 2010 wurden in Mecklenburg-Vorpommern die meisten Warnungen vor Wärmebelastung ausgesprochen, wobei das Binnenland deutlich häufiger betroffen war. Während im Binnenland in diesen beiden Jahren an etwa 21 bzw. 19 Tagen vor Hitze gewarnt wurde, war das an der Küste nur an etwa 13 bzw. 7 Tagen der Fall. Ein Trend ist in der Anzahl der Hitzewarnungen in dem kurzen Zeitraum nicht erkennbar.

Aufgrund der vorhandenen und weiter fortschreitenden Erwärmung ist es sehr wahrscheinlich, dass solche hohe Temperaturen und noch höhere Extrema öfter auftreten werden. Sie werden oft mit lang andauernden Hitzeperioden verbunden sein. Hierfür geben die Ergebnisse der regionalen Klimaprojektionen klare Indizien. Eine belastbare Abschätzung, welche Spitzentemperatur zukünftig auftreten kann, gibt es noch nicht.

### Winterliche Kälte

Es stellt sich die Frage, ob es zukünftig keine kalten Winter mehr geben wird. Kalte Winter in Norddeutschland werden hervorgerufen durch längere Witterungsperioden, die durch arktische oder eurasische Kaltluftzufuhr geprägt sind. Wie sich die Wahrscheinlichkeit

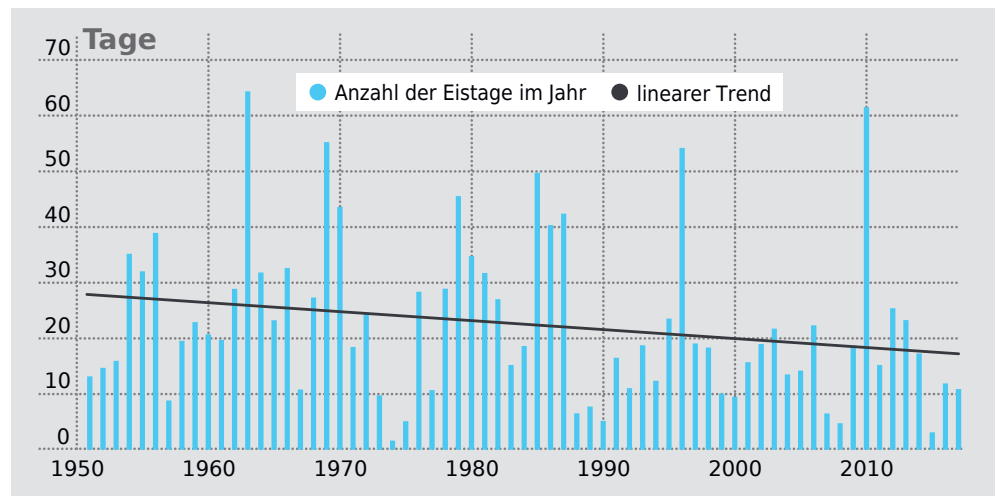
für derartige Witterungssituationen vor dem Hintergrund einer häufiger eisfreien Barentssee entwickeln wird, ist Gegenstand aktueller Forschung. Grundsätzlich schwächt sich aber die Intensität solcher Witterungsereignisse durch die globale Erwärmung ab.

Die Winter in Mecklenburg-Vorpommern zeigen jedes Jahr ein anderes Gesicht. Zur Einordnung der Strenge eines Winters kann der Kenntag ‚Eistag‘ herangezogen werden. An einem Eistag steigt das Maximum der Lufttemperatur nicht über Null Grad. Gab es im Zeitraum 1961–1990 noch 26 Eistage pro Jahr, so waren es im Zeitraum 1981–2010 nur 21 jährlich. Dabei zeigen sich allerdings beträchtliche Schwankungen von Jahr zu Jahr. In den kalten Wintermonaten 1963 und 2010 wurden über 60 Eistage gezählt. Dagegen gab es 1974 und 2015 nur zwei- bzw. dreimal ganztägigen Frost.

Auch bezüglich der Eistage zeigen sich deutliche regionale Unterschiede in Mecklenburg-Vorpommern. Die im Binnenland gelegenen Stationen Boizenburg und Waren wiesen im Zeitraum 1961–1990 jährlich 26 bzw. 30 Eistage auf. Demgegenüber gab es im gleichen Zeitraum an der Ostseeküste in Arkona und Boltenhagen nur 21 bzw. 22 Eistage. Kalte Winter treten somit in Küstennähe merklich seltener auf als im Binnenland.



Anzahl der Eistage (Tageshöchsttemperatur < 0 °C, ▼ Gebietsmittelwerte) von 1951 bis 2017.





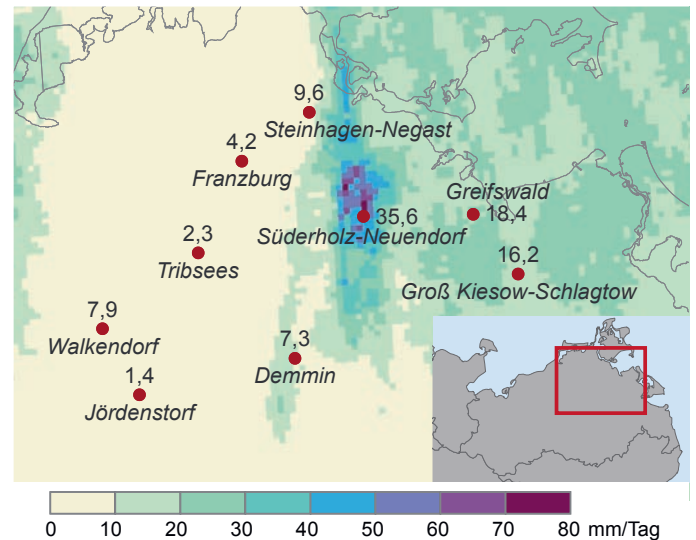
◀ Hochwasser an der Jemnitzschleuse bei Heiligendamm im Januar 2011.

## Niederschlag

Der Juli 2011 war in Mecklenburg-Vorpommern außerordentlich niederschlagsreich: das Gebietsmittel betrug 223 mm und damit mehr als das Dreifache der üblichen Menge. Das war die höchste monatliche Niederschlagsmenge seit Beginn der Messungen. In einigen Regionen kam es zu Überschwemmungen und in der Folge zu immensen Schäden. Allein am 22. Juli 2011 fielen in Rostock-Warnemünde 111,4 mm Niederschlag. Damit es so viel regnet, müssen mehrere meteorologische Ursachen aufeinander treffen. Lokal müssen starke Hebungsprozesse auftreten, die zu einem Ausfallen der in der Luft enthaltenen Feuchtigkeit führen. Dabei gilt: je höher die Temperatur der Luftmasse, desto mehr Wasser kann enthalten sein. Die großräumige Wettersituation muss anhaltend für eine stetige Zufuhr weiterer warmer und feuchter Luftmassen sorgen.

Es gibt einen hohen Forschungsbedarf in der Thematik Starkniederschläge, denn die Anforderungen an quantitative Angaben zu großen bis außergewöhnlich extremen Niederschlagsmengen für praxisrelevante Zielsetzungen sind hoch. Die für unterschiedliche Anwendungen relevanten Starkniederschlagsereignisse können sowohl lokale Niederschläge kurzer Dauer und hoher Intensität als auch mehrere Stunden oder Tage anhaltende und ausgedehnte Niederschläge mit beträchtlichen Gesamtniederschlagsmengen sein. So wird für die Siedlungsentwässerung unter anderem als wichtige Bezugsgröße die Auftretenshäufigkeit von Niederschlägen mit einer Andauer von 15 Minuten genutzt. Für das Risikomanagement von Fluss-Hochwassern sind Niederschläge mit einer Dauerstufe von 12 Stunden und mehr relevant. Der diagnostizierte Forschungs- und Entwicklungsbedarf zum Risikomanagement in der Lücke zwischen der Siedlungsentwässerung einerseits und dem Umgang mit Fluss-Hochwassern andererseits muss weiter abgebaut werden.

Für viele Orte liegen lange, tageswertbasierte Niederschlagszeitreihen vor, für die bereits vielfältige Extremwert- und Trenduntersuchungen durchgeführt wurden. Zahlreiche offene Fragen gibt es hingegen im Zusammenhang mit starken, lokal begrenzten Kurz-



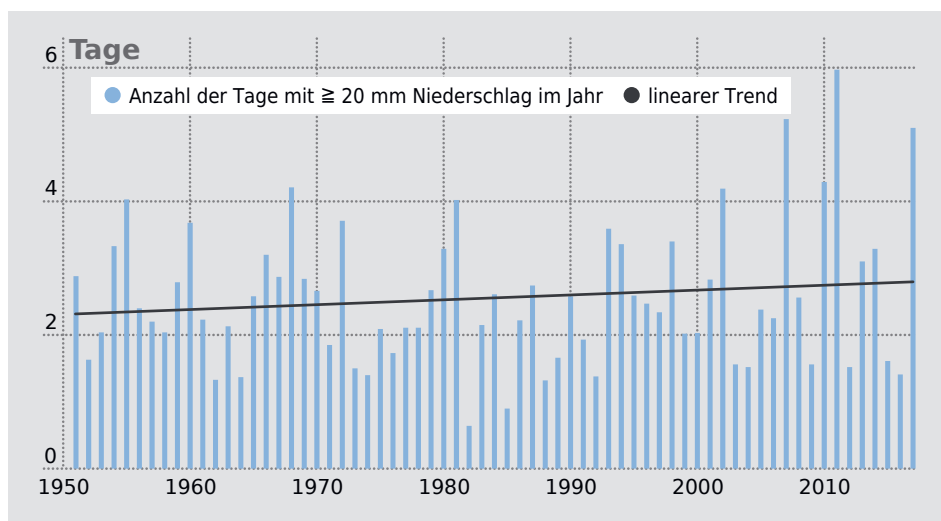
▲ Starkregenereignis am 6.6.2017: Beim raschen Durchzug einer Kaltfront, die die vorhandene subtropische Luftmasse durch kühlere Meeresluft ersetzte, entwickelten sich Schauer und Gewitter, die räumlich eng begrenzt zu hohen Niederschlagsmengen führten. Die Bodenmessstationen liefern exakte Angaben zu den lokal gefallenen Regenmengen, Radarbilder zeigen die flächendeckende Verteilung des Niederschlags. Im Verfahren RADOLAN werden beide Informationen kombiniert.

Punkte: Automatische Niederschlagsstation, Tagessumme des Niederschlags in mm; farbiges Raster: Tagessumme des Niederschlags in mm aus RADOLAN. Größe der Rasterzellen 1 km x 1 km.

zeitniederschlägen. Daher hat der Deutsche Wetterdienst jüngst die hoch aufgelösten Niederschlagsdaten näher untersucht. Es finden sich allenfalls regional begrenzte Gebiete, in denen die heftigen Schauerniederschläge tendenziell zugenommen haben.

Seit 2001 ist es möglich, den Niederschlag durch Fernerkundungsmethoden wie dem Wetterradarverbund des Deutschen Wetterdienstes flächendeckend zu erfassen – und damit verbunden auch die lokalen und kurzzeitigen hohen Intensitäten des Niederschlags. Der Zeitraum von 17 Jahren, für den diese Daten vorliegen, ist aber klimatologisch gesehen noch sehr kurz. Die Analyse der Nutzbarkeit der Daten steht noch am Anfang.

Bis 2000 stellten die Messdaten der Bodenmessstationen die einzige, bekanntermaßen unzureichende Informationsquelle dar, um Starkregenereignisse zu erfassen. Zu einer Abschätzung der Entwicklung der Starkniederschläge kann der Kenntag mit einer Tagessumme des Niederschlags von mindestens 20 mm herangezogen werden. Die größte Anzahl derartiger Starkregenereignisse trat im Gebietsmittel im Jahr 2011 mit 6 Tagen auf; ausgewertet wurde der Zeitraum 1951 bis 2017. Bisher ist in jedem Jahr mindestens ein Tag mit Starkregen aufgetreten. Der lineare Trend seit 1951 bis heute ist kaum aussagefähig.



Anzahl der Tage mit mindestens  $\geq 20$  mm Niederschlag (Gebietsmittelwerte) von 1951 bis 2017.

In der Referenzperiode 1961–1990 wurden landesweit durchschnittlich 2,3 Tage beobachtet, dieser Wert erhöhte sich nur um 0,2 Tage in der Periode 1981–2010. Generell ist bei diesen geringen Änderungsraten Vorsicht bei der Interpretation geboten.

Für die aktuelle Daseinsvorsorge bieten die Starkregenwarnungen des DWD eine wichtige Informationsquelle: Sie unterteilen sich in Warnungen vor markantem Wetter und Unwetterwarnungen und berücksichtigen sowohl die kurzzeitig intensiven Regenfälle als auch länger andauernde Regenereignisse.

#### Warnkriterien des Deutschen Wetterdienstes für Niederschlag mit hohen Intensitäten

Andauer	Wetterwarnung	Unwetterwarnung
1 Stunde	15 bis 25 Liter/m <sup>2</sup>	>25 Liter/m <sup>2</sup>
6 Stunden	20 bis 35 Liter/m <sup>2</sup>	>35 Liter/m <sup>2</sup>
12 Stunden	25 bis 40 Liter/m <sup>2</sup>	>40 Liter/m <sup>2</sup>
24 Stunden	30 bis 50 Liter/m <sup>2</sup>	>50 Liter/m <sup>2</sup>
48 Stunden	40 bis 60 Liter/m <sup>2</sup>	>60 Liter/m <sup>2</sup>
72 Stunden	60 bis 90 Liter/m <sup>2</sup>	>90 Liter/m <sup>2</sup>

Der Klimawandel führt durch die Erhöhung der Lufttemperatur zu einer Erhöhung des Potenzials für extreme Niederschlagsereignisse. Dieser Prozess wird noch dadurch verstärkt, dass der Zusammenhang zwischen Temperatur und Wassergehalt nicht linear, sondern exponentiell verläuft. Die aktuelle Generation regionaler Klimamodelle zeigt eine Tendenz weiterer Zunahmen von Niederschlagsextremen an, ist aber aufgrund einer für diese Prozesse zu groben Auflösung nicht in der Lage, detaillierte lokale Angaben zu liefern.

#### Hagel

Hagelereignisse sind lokale und seltene Ereignisse, welche hohe Schäden an der Infrastruktur und Verluste in der Landwirtschaft verursachen können. Durch die meist geringe Ausdehnung der Hagelereignisse konnten in der Vergangenheit nicht alle Ereignisse erfasst werden. Um diese Informationslücke zu schließen, werden die seit 2001 vorliegenden Radardaten genutzt. Die Ergebnisse zeigen eine höhere Anzahl von Hagelereignissen je Jahr im Süden als im Norden. Auf Basis der vorhandenen Beobachtungsdaten ist es nicht möglich, Entwicklungstendenzen für die Änderung der Anzahl an Hagelereignissen zu bestimmen. Alternativ ist die Nutzung von Daten, die indirekt auf Hagelfall schließen lassen, möglich. Dies sind Konvektionsparameter, die das Potential für die Gewitter- und Hagelbildung beschreiben. Statistische Analysen der hagelrelevanten Konvektionsparameter zeigen für die vergangenen 20 bis 30 Jahre eine leichte Zunahme des Potentials.

Die räumliche Auflösung der aktuell genutzten regionalen Klimamodelle ist nicht ausreichend, um Hagel



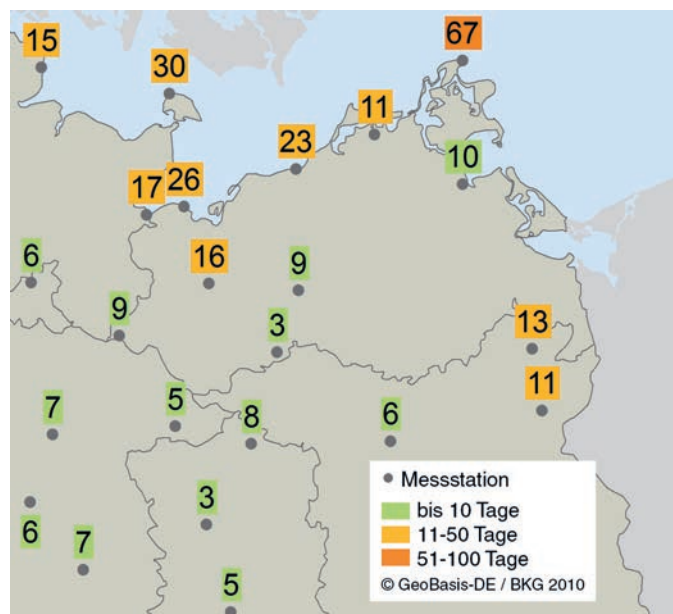
direkt zu modellieren. Hagel wird nur grob über Parametrisierungen abgeschätzt. Somit sind keine Aussagen zu zukünftigen Tendenzen möglich. Analysen des Konvektionspotentials zeigen für den kurzfristigen Planungshorizont keine einheitliche Tendenz auf.

## Wind

Markante Sturmereignisse wie „Christian“ oder „Xaver“ im Jahr 2013 beleben regelmäßig die Diskussion über mögliche Änderungen der Häufigkeit von Stürmen oder generell über Langzeittrends der Windgeschwindigkeit. Die Antwort darauf ist schwierig. Fast alle Windzeitreihen weisen Inhomogenitäten auf. Des Weiteren sind die zur Verfügung stehenden Zeitreihen meist nur einige Jahrzehnte lang. Damit sind sie zu kurz, um Langzeittrends über zum Beispiel 100 Jahre bestimmen zu können. Die besonders interessierenden Stürme oder Orkane sind seltene Ereignisse und damit nur mit möglichst langen Zeitreihen statistisch zu bewerten.

Um darzustellen, wie stark die Regionen in Mecklenburg-Vorpommern durch hohe Windgeschwindigkeiten gefährdet sind, wurden die Messungen an den Stationen des Windmessnetzes des DWD ausgewertet. Verwendet wurden die täglichen Windspitzen (höchster 3-Sekunden-Mittelwert des Tages) des Zeitraums 1981–2010.

Die Karte der Häufigkeit der Spitzenböen der Stärke 11 und 12 Bft (Beaufort) zeigt die durchschnittliche Anzahl an Tagen für einen Zeitraum von 10 Jahren, in dem Windspitzen ab 103 km/h (Bft 11 und 12) aufgetreten sind. Gibt es z.B. in 10 Jahren Windspitzen ab 11 Bft an durchschnittlich 21 Tagen, so ist – statistisch gesehen – jedes Jahr mit 2 Ereignissen zu rechnen.



▲ Häufigkeit von Spitzenböen der Stärke 11 und 12 Bft (Tage in 10 Jahren) im Zeitraum 1981 bis 2010.

In Mecklenburg-Vorpommern ist der Norden des Landes stärker gefährdet als der Süden. Am häufigsten werden die höchsten Windspitzen direkt an der Ostseeküste verzeichnet. Aus den Ergebnissen der Klimamodellprojektionen ist bei den Stürmen für die Zukunft keine deutliche Änderung erkennbar.

## Tornados

Tornados sind kurzlebige und räumlich stark begrenzte, rotierende Luftmassen unter einer konvektiven Wolke mit Bodenkontakt. Je nach Stärke können sie sehr hohe Schäden verursachen. Aktuell werden mehr Tornados entdeckt als früher. Schwächere Tornados, die nur geringere Schäden verursachen, bleiben in vielen Fällen auch heute noch unentdeckt. In Mecklenburg-Vorpommern wurden im Zeitraum 2000 bis 2017 im Mittel 2 Tornados pro Jahr über Land beobachtet und 4 Tornados über See (Wasserhosen). Stärkere Tornados mit großer Zerstörungskraft sind in Mecklenburg-Vorpommern selten. Ob die Zahl der Tornados zugenommen hat, ist aufgrund der Dunkelziffern in der Vergangenheit nicht nachweisbar.

Auf Basis der vorliegenden regionalen Klimaprojektionen ist nicht abzuleiten, dass Tornados zukünftig häufiger auftreten werden. Aufgrund des zukünftig höheren Energiepotenzials könnte es in der Verteilung der Stärke von Tornados zu einer Erhöhung des Anteils starker Ereignisse kommen und damit zu einem erhöhten Risiko sehr zerstörerischer Tornados.





## Aktuelle Forschungsthemen zum System Klima

*Klimaveränderungen basieren auf komplexen Zusammenhängen. Sie erstrecken sich über lange Zeiträume und können regional unterschiedlich ausgeprägt sein. Der Klimawandel ist daher mit der üblichen Wahrnehmung für einen Menschen schwer erfassbar. Die nationale und internationale Forschungsgemeinschaft sieht die Erforschung des Klimasystems und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Gesellschaft als ein zentrales Thema.*

Mit der Erkenntnis, dass die vermehrte Verbrennung fossiler Kohlenstoffvorräte die Zusammensetzung der Erdatmosphäre verändern wird, wurde der Grundstein der modernen Klimaforschung gelegt. In den letzten Jahren konnte der Zusammenhang zwischen der beobachteten Erwärmung der Erdatmosphäre und den Aktivitäten der Menschheit klar belegt werden. Dies verstärkt die Notwendigkeit zur weiteren Erforschung des Klimasystems. Dazu hat die Forschungsgemeinschaft für die nächsten Jahre drei wesentliche Ziele formuliert:

1. Eine Vertiefung des Systemverständnisses der komplexen Zusammenhänge im Klimasystem
2. Die Bewertung und der Umgang mit den durch den Klimawandel verursachten Risiken und Chancen
3. Die Rolle der Klimaforschung in der Gesellschaft

### **Vertiefung des Systemverständnisses zum Klimageschehen**

Die Funktionsweise des Klimasystems der Erde ist prinzipiell verstanden. Seine Komplexität erfordert jedoch zukünftig noch enorme Forschungsanstrengungen, um bei noch unvollständig verstandenen Detailspekten weiterhin Fortschritte im Verständnis zu erzielen. Diese Aspekte betreffen sowohl Verständnislücken bei einzelnen Prozessen als auch Wechselwirkungen zwischen Klimasystemkomponenten.

In Zusammenarbeit vieler Klimawissenschaftler auf nationaler wie auch auf internationaler Ebene wurden in den letzten Jahren viele Themengebiete systematisch analysiert und vorhandene Lücken identifiziert.

Auf Basis dieser Analysen wurden sechs Themengebiete herausgearbeitet, die von besonderem Interesse sind:

1. Bestimmung und Reduzierung von Unsicherheiten in Klimavorhersagen und Klimaprojektionen
2. Verlängerung der Wettervorhersage und Verbindung zur subsaisonalen Klimavorhersage
3. Abrupte Klimaänderungen
4. Wasserkreislauf in einer wärmeren Welt
5. Luftqualität und Klimawandel
6. Treibhausgas-Kreisläufe im Klimasystem

Zur Aufarbeitung dieser Themenfelder sind neben Forschungsinitiativen auch dauerhafte Aktivitäten notwendig. So können in Forschungsinitiativen beispielsweise die Basis für langfristige Strategien im Bereich des Ausbaus regionaler und globaler Beobachtungssysteme gelegt und vielerlei Hypothesen durch Modelle überprüft werden. Daneben muss die langfristige und systematische Erfassung der relevanten Prozesse sichergestellt werden. Hierfür ist eine zuverlässige Überwachung der anthropogenen Veränderungen und der natürlichen Variabilität notwendig.

### **Bewertung und Umgang mit Risiken und Chancen**

Der zeitliche und räumliche Versatz zwischen den Ursachen und den Folgen des Klimawandels führt zu einer besonderen Herausforderung aller Akteure. So ist die Frage nach Nutzen und Schaden durch den Klimawandel nicht durch einzelne Akteure in der Wissenschaft zu beantworten. Diese Frage und die daraus zu entwickelnden Handlungsoptionen müssen

auf regionaler und globaler Ebene als Gemeinschaftsaufgabe vieler Wissenschaftsbereiche interdisziplinär bearbeitet werden.

Die regionalen Wirkungen des Klimawandels treffen weltweit auf unterschiedlich geprägte wirtschaftliche, soziale und kulturelle Gegebenheiten. Der Umgang mit Risiken unterscheidet sich durch die verschiedenen kulturellen Hintergründe und Möglichkeiten teilweise deutlich. Die Forschung muss die jeweiligen Herangehensweisen analysieren und regional spezifische Handlungsoptionen entwickeln.

### **Erforschung des Zusammenspiels Klimawandel und Gesellschaft**

Eine wichtige Frage der Zukunft ist die zukünftige Position des Wissenschaftlers und der Forschungs-

institutionen in der Gesellschaft. Dabei steht die Frage nach deren Aufgabe und den damit verbundenen Grenzen im Vordergrund. Welche Aufgaben hat ein Klimaforscher? Hört seine Verantwortlichkeit bei der Wissenschaft auf und inwieweit darf oder sollte er sich in die Politik einmischen? Ein Beispiel dafür ist das IPCC-Mandat, das sich als „... politikrelevant, aber nicht Politik vorschreibend ...“ positioniert.

Eine große und dauerhafte Herausforderung einer jeden Wissenschaftsrichtung ist die regelmäßige Analyse der Wissensgenerierung. Auf welchen Annahmen basieren die aktuellen Erkenntnisse? Wo besteht Konsens und wo Dissens? Aber auch die Fragen, ob die vorhandenen institutionellen Strukturen der Klimaforschung sinnvoll und ob einzelne Themenfelder ausreichend miteinander vernetzt sind, sind von Bedeutung.



Klimavorhersagen geben eine Prognose darüber ab, mit welcher Wahrscheinlichkeit die kommenden Monate bis Jahre wärmer/kälter oder auch trockener/feuchter als im langzeitlichen Mittel werden. Dem zugrunde liegen Vorhersagen für die kommenden Monate (Stichwort: Jahreszeitenvorhersagen) und Jahre (Stichwort: Dekadenvorhersagen). Die Kombination mit Vorhersagen aus der Vergangenheit erlaubt eine umfassende statistische Bewertung der Prognosen und die Ableitung von Trendergebnissen auf Basis einer Klimatologie. Damit unterscheidet sich die Klimavorhersage grundlegend von der Wettervorhersage, welche Aussagen über detailliertes Wettergeschehen der nächsten Stunden bis Tage trifft.

Bei einer Vorhersage über einen Zeitraum von mehreren Monaten bis zu 10 Jahren sind zudem alle Bestandteile des Klimasystems zu berücksichtigen: nicht nur die untere Schicht der Atmosphäre (die Troposphäre, bis circa 9-16 km Höhe), sondern auch höhere Luftschichten, der Boden sowie der Ozean und das Meereis. Für die Klimavorhersage wird ein mit all diesen Komponenten gekoppeltes Klimamodell genutzt.

Für eine robuste statistische Abschätzung der Qualität und Verlässlichkeit der Vorhersagen werden eine Vielzahl an historischen und aktuellen Vorhersagen gerechnet, die zu jedem Prognosestart mit leicht variierenden Bedingungen gestartet werden. Die so entstehende Lösungsvielfalt, auch Ensemble genannt, dient zugleich dazu, die Unsicherheiten, die durch die Nichtlinearität des Klimasystems bedingt sind, zu bewerten.

Jahreszeitenvorhersagen werden jeden Monat vom German Climate Forecast System (GCFS) neu berechnet. Durch den Deutschen Wetterdienst werden diese Vorhersagen monatlich analysiert und auf der Webseite [www.dwd.de/jahreszeitenvorhersage](http://www.dwd.de/jahreszeitenvorhersage) publiziert. Mit den Ergebnissen sind beispielsweise El Niño-Vorhersagen möglich. Dekadenvorhersagen sind aktuell noch Forschungsgegenstand. Eine Operationalisierung ist für 2019/2020 geplant.

# Begriffskompass Klima

## Bezugszeitraum/Bezugsperiode

Angaben über eine Änderung der zukünftigen mittleren klimatischen Verhältnisse werden immer in Relation zu einer Bezugsperiode getätigt. Im dem hier vorliegenden Bericht werden Aussagen zu möglichen zukünftigen Änderungen auf den Zeitraum der Jahre 1971 bis 2000 bezogen. Die Aussagen beschreiben immer die mittleren Verhältnisse über eine Zeitspanne von 30 Jahren.

## Gebietsmittelwerte

Die Wetterstationen sind sehr unregelmäßig verteilt über Deutschland. Um Aussagen nicht nur für einzelne Stationen, sondern für größere Bereiche machen zu können, werden die Messwerte mit Hilfe mathematischer Methoden auf ein 1 km x 1 km-Raster interpoliert. Aus den Rasterdaten werden die Gebietsmittelwerte für einzelne Bundesländer bzw. für ganz Deutschland berechnet.

## Kenntage

Ein Kenntag ist ein Tag, an dem ein definierter Schwellenwert eines klimatischen Parameters erreicht beziehungsweise über- oder unterschritten wird (z. B. Sommertag als Tag mit Temperaturmaximum  $\geq 25$  °C) oder ein Tag, an dem ein definiertes meteorologisches Phänomen auftrat (z. B. Gewittertag als Tag, an dem ein Gewitter auftrat).

## Klimaprojektion

Eine Klimaprojektion ist die Beschreibung eines möglichen und plausiblen künftigen Zustandes des Klimasystems nebst der zeitlichen Entwicklungslinie, die dorthin führt. Klimaprojektionen werden üblicherweise mit einem Klimamodell auf der Basis eines Szenarios erstellt.

## Klimavorhersage

Vorhersagen leiten aus dem vergangenen und aktuellen Zustand der Atmosphäre Aussagen über dessen zukünftigen Zustand ab. Traditionell beinhaltet eine Vorhersage die Wetterentwicklung der nächsten ein bis zehn Tage. Ein aktueller Forschungsgegenstand ist die Abschätzung der Entwicklung über diesen Zeithorizont hinaus für Zeitskalen von mehreren Monaten bis einer Dekade.

## Perzentil

Perzentile oder auch Quantile sind Prozentangaben. Sie gliedern die Anzahl der untersuchten Modellergebnisse in Maßklassen, womit sich ein bestimmter Prozentanteil dieser Ergebnisse umschließen lässt.

Der Bereich zwischen dem 15. und 85. Perzentil umschließt beispielsweise 70 % der Modellergebnisse. Der Wert, den ein Perzentil annimmt, z.B. 85. Perzentil = 9,4 °C, bedeutet, dass 85 % der Ergebnisse unterhalb dieses Wertes liegen und nur 15 % darüber.

## Planungshorizonte

In diesem Bericht wird zwischen einem kurzfristigen und langfristigen Planungshorizont unterschieden. Der kurzfristige Planungshorizont beschreibt das Zeitfenster der Jahre 2021 bis 2050, der langfristige das Zeitfenster der Jahre 2071 bis 2100. Auf diese Zeiträume bezogene Aussagen erfolgen immer in Relation zur Bezugsperiode 1971 bis 2000.

## Referenzzeitraum/Referenzperiode

Angaben über eine Änderung der beobachteten mittleren klimatischen Verhältnisse werden immer in Relation zu einem Referenzzeitraum getätigt. In diesem Klimareport werden Aussagen über die Vergangenheit auf den Zeitraum der Jahre 1961 bis 1990 bezogen. Dieser Zeitraum entspricht der WMO-Referenzperiode für die langfristige Klimaüberwachung. Die Aussagen beschreiben immer die mittleren Verhältnisse über eine Zeitspanne von 30 Jahren.

## RCP

Repräsentative Konzentrationspfade (*Representative Concentration Pathways* - RCPs) beschreiben Szenarien, die eine zeitliche Entwicklung der Emissionen und Konzentrationen der Treibhausgase, Aerosole und chemisch aktiven Gasen, aber auch der Landnutzung beschreiben. Details sind im Abschnitt *Klimawandel und Klimaprojektionen* beschrieben.

## Spannbreite

Für die Analyse der zukünftigen klimatischen Entwicklungen wird eine Gruppe von Klimaprojektionen (Ensemble) genutzt. Mit der Spannbreite wird der Bereich zwischen dem Modellergebnis mit der geringsten und größten Änderung beschrieben.

## Szenarien

Ein Szenario ist eine Beschreibung einer möglichen Zukunft auf Grund von Annahmen. Eine Möglichkeit ist der Aufbau einer in sich schlüssigen Kette von Annahmen bezüglich der politischen, wirtschaftlichen und ökologischen Bedingungen in der Zukunft und daraus abgeleiteten Veränderungen der Treibhausgasemissionen.



### Begriffsbestimmung in der Klimamodellierung

Für die Analyse von Ergebnissen der Klimamodellierung ist es notwendig, in den Texten zum Klimawandel eine einheitliche und fest definierte Sprache zu nutzen. Sie soll helfen

- das Vertrauen in die Stichhaltigkeit der Erkenntnisse, basierend auf der Art, der Menge, der Qualität, der Konsistenz der Belege und dem Grad der Übereinstimmung, aufzubauen.
- ein auf der Basis quantitativer Analysen berechnetes Maß der Unschärfe der Erkenntnisse bereitzustellen.

Multi-Modell-Ensembles sind ihrer Natur nach „Ensembles of Opportunity“, das heißt, sie sind eine Ansammlung zur Verfügung stehender Klimaprojektionen, die bestimmte Mindestanforderungen erfüllen, wie beispielsweise für eine gewisse Region in einer gewissen Auslösung über einen gewissen Zeitraum vorzuliegen. Weiterhin weisen viele Klimamodelle

Begriff	Übereinstimmung
<i>sehr hohe Übereinstimmung</i>	In mindestens 9 von 10 Fällen
<i>hohe Übereinstimmung</i>	In etwa 8 von 10 Fällen
<i>mittlere Übereinstimmung</i>	In etwa 5 von 10 Fällen
<i>geringe Übereinstimmung</i>	In etwa 2 von 10 Fällen

mehr oder weniger starke Ähnlichkeiten auf. Die Kombination dieser beiden wichtigen Eigenschaften von Multi-Modell-Ensembles, willkürliche Zusammensetzung des Ensembles und nichtzufällige Ähnlichkeiten zwischen den Modellen, bewirkt, dass sich die Datenwolke der Klimaänderungssignale, die aus einem solchen Ensemble generiert wird, nicht wie eine unabhängige, identisch verteilte Zufallsstichprobe verhält und zudem erhebliche Redundanzen aufweist. In der Folge ist es nur möglich, den Grad der Übereinstimmung der genutzten Modellläufe zu beschreiben.

Der Grad der Übereinstimmung ist kursiv gesetzt, z. B. *sehr hohe Übereinstimmung*.



# Impressum

Die Erstellung des Klimareports Mecklenburg-Vorpommern erfolgte in enger Zusammenarbeit zwischen dem Deutschen Wetterdienst und dem Ministerium für Energie, Infrastruktur und Digitalisierung Mecklenburg-Vorpommern.

## Autoren

Dr. Michael Borsche, Andreas Friedrich, Karsten Friedrich, Dr. Kristina Fröhlich, Dr. Barbara Früh, Kirsten Heinrich, Dr. Frank Kreienkamp, Saskia Pietzsch, Dr. Monika Rauthe, Wolfgang Riecke, Dr. Birger Tinz, Dr. Andreas Walter, Sabrina Wehring, Elmar Weigl

## Beitrag zum Meeresspiegel

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie  
Bernhard-Nocht-Str. 78  
20359 Hamburg  
www.bsh.de  
Dr. Birgit Klein (Birgit.Klein@bsh.de)

## Redaktion

Kirsten Heinrich

## Online-Ausgabe

Dieses Heft liegt als digitales Dokument auf unserer Internetseite [www.dwd.de/klimareport-mv](http://www.dwd.de/klimareport-mv).

Die Online-Ausgabe unterliegt der Lizenz



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de>

## Zitierhinweis

DWD (2018): Klimareport Mecklenburg-Vorpommern; Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, Deutschland, 52 Seiten.

ISBN 978-3-88148-512-8 (Print)

ISBN 978-3-88148-513-5 (Online)

## Gestaltung und Satz

Elke Roßkamp (Deutscher Wetterdienst)

## Druck

Druckerei des BMVI  
Robert-Schumann-Platz 1  
53175 Bonn

## Bildnachweis

DWD: 2, 7, 12l, 12r, 18, 19, 30, 34, 37  
Ministerium für Energie, Infrastruktur und Digitalisierung Mecklenburg-Vorpommern: 3  
Lars Tiepolt: Ur, 16, 41  
Markus Woelck: Ul, Um  
Laura Heinrich: 13r, 17  
biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH - Dr. Dr. Dietmar Mehl: 25  
Creative Collection: 6m, 13l, 14/15, 21o, 27l, 35o  
Panthermedia.net: 1o (Laurent Renault), 1m (Hans Eder), 1u/29 (Tilo Grellmann), 4 (Dario Sabljak), 6l (Clemens Humeniuk), 6r (Wolfgang Filser), 10u (Orlando Rosu), 11 (Hendrik Fuchs), 21ur (Daniel Loretto), 23o (Stefan Ataman), 26 (Michael Reicke), 27ml (Oliver C. Bellido), 27mr (Gabi Faltenbacher), 27r (Tyler Olson), 35u (isoga), 38 (Bernd Leitner), 39 (william87), 40 (Carmen Steiner), 42 (D. Mattwich), 43l (JCB Prod), 43r (Oemer Tigrel), 44 (James Steidl), 47o (Rilo Naumann), 47u (Jörg Röse-Oberreich)  
MEV-Verlag: 21ul  
Fotolia.com: 5 (Gina Sanders), 8 (AndreasG), 10o (Paul Paladin), 20 (gradt), 23u, 31 (Mykola Velychko), 32/33

(l: links; m: mitte; o: oben; r: rechts, u: unten;

U: Umschlag)





**Deutscher Wetterdienst**

Abt. Klima- und Umweltberatung  
Regionales Klimabüro Hamburg  
Bernhard-Nocht-Str. 76  
20359 Hamburg  
Tel: +49 (0) 69 / 8062 - 6022  
Fax: +49 (0) 69 / 8062 - 6033  
E-Mail: klima.hamburg@dwd.de

Über [www.dwd.de](http://www.dwd.de) gelangen Sie  
auch zu unseren Auftritten in:



**Mecklenburg  
Vorpommern**



**Ministerium für Energie,  
Infrastruktur und Digitalisierung**

**Ministerium für Energie, Infrastruktur und  
Digitalisierung Mecklenburg-Vorpommern**

Schloßstraße 6-8  
19053 Schwerin

E-Mail: [poststelle@em.mv-regierung.de](mailto:poststelle@em.mv-regierung.de)  
<https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/em/>

