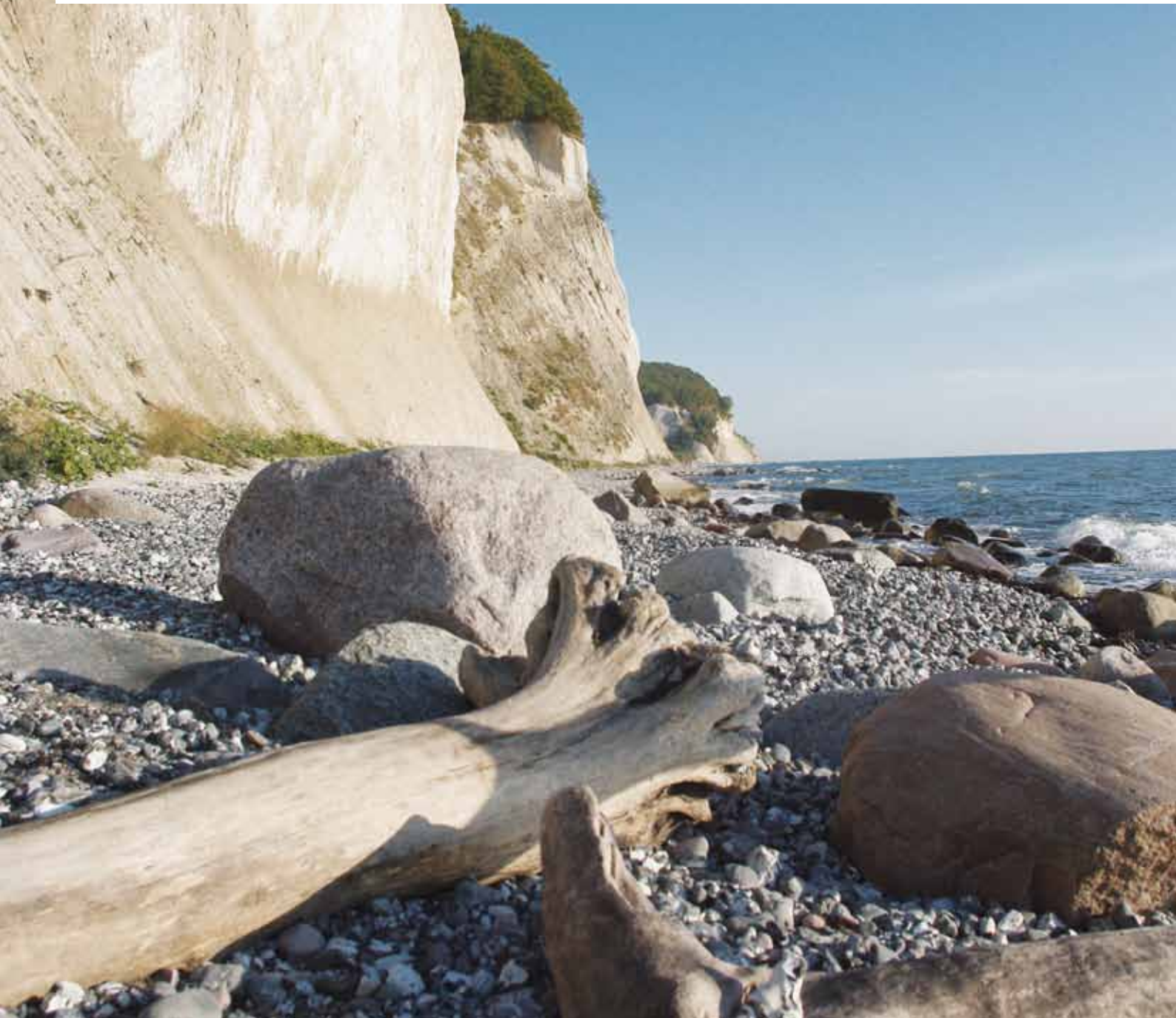


# Regionale Klimaszenarien in der Praxis

Beispiel deutsche Ostseeküste



**Der Klimawandel findet statt und Szenarien zeigen, dass er sich künftig verstärken kann.** // Weltweite Messungen lassen erkennen, dass sich die Erde im letzten Jahrhundert etwa um 0,8 °C erwärmt hat. Auch in Norddeutschland hat diese Erwärmung stattgefunden.

Die zukünftige Entwicklung unserer Gesellschaft lässt sich nicht vorhersagen. Deshalb ist auch ungewiss, wie viel Treibhausgase wir künftig emittieren werden. Informationen über den möglichen zukünftigen anthropogenen Klimawandel können wir nur ableiten, indem wir Szenarien einsetzen. Weil sich der Klimawandel regional unterschiedlich ausprägt, bilden regionale Klimaszenarien die Basis für Anpassungsstrategien an den Klimawandel. Doch sind Szenarien anders zu deuten als Vorhersagen:

## Was wäre, wenn...? – Szenarien für das Klima

→ Anders als bei Vorhersagen geht es bei Szenarien nicht um Eintrittswahrscheinlichkeiten, sondern um Zusammenhänge, die eine Entwicklung beeinflussen.

Szenarien beantworten Fragen der Art: Was wäre, wenn...? Wir verwenden Szenarien oft für Planungen im täglichen Leben:

- **Was wäre, wenn die Baufirma während der Bauphase insolvent wird?**
- **Was wäre, wenn es zur Grillparty regnet?**
- **Was wäre, wenn wir im Urlaub krank werden?**

Szenarien sind plausibel, aber nicht unbedingt wahrscheinlich. Durch Szenarien werden Entwicklungen planbar. Klimaszenarien zeigen, wie der Mensch das Wettergeschehen einer Region langfristig beeinflussen kann. Basis der Klimaszenarien sind Emissionsszenarien. Dabei handelt es sich um angenommene Entwicklungen der zukünftigen Treibhausgasemissionen. Diese können künftig – je nach sozioökonomischem Wandel – einen eher moderaten oder eher starken Anstieg, auf längere Sicht sogar eine Verminderung, erfahren.

Klimaszenarien beantworten demnach die Frage: Welche Klimaänderung wäre zu erwarten, wenn Treibhausgasemissionen künftig entweder stark oder moderat ansteigen, oder wenn es gelingt, sie zu vermindern? Alle Emissionsszenarien sind aus heutiger Sicht plausibel, in sich stimmig und möglich. Sie hängen von komplexen gesellschaftlichen Entwicklungen ab, die nicht mit Wahrscheinlichkeiten versehen werden können. Deshalb können auch den Klimaszenarien keine Wahrscheinlichkeiten zugewiesen werden. Der Weltklimarat IPCC empfiehlt daher, Klimaszenarien nicht einzeln, sondern im Kontext unterschiedlicher Szenarien (Ensembles) auszuwerten. Von den 40 Emissionsszenarien hat der IPCC sechs „Markerszenarien“ identifiziert (IPCC 2000). Sie tragen die Kurzbezeichnungen A1FI, A1B, A1T, A2, B2 und B1. Es wird angenommen, dass dies die kleinste Menge von Szenarien ist, durch die das Spektrum möglicher Entwicklungen der zukünftigen Gesellschaft beschrieben werden kann.

### Mögliche künftige Klimaänderungen an der deutschen Ostseeküste

→ Im Norddeutschen Klimaatlas ([www.norddeutscher-klimaatlas.de](http://www.norddeutscher-klimaatlas.de)) werden die IPCC-Markerszenarien soweit wie möglich eingesetzt: Derzeit liegen den Auswertungen zwölf regionale Klimarechnungen zu Grunde. Diese wurden mit den regionalen Klimamodellen REMO, COSMO-CLM und RCAO von verschiedenen Forschungseinrichtungen durchgeführt. Die regionalen Klimaszenarien basieren auf den Emissionsszenarien A2, B2 sowie B1 und A1B. Für die Emissionsszenarien A1FI und A1T liegen bisher keine Regionalisierungen vor. Alle Klimarechnungen gehen gleichwertig in die Auswertungen ein. Die Klimaänderungen werden in Form von Spannbreiten dargestellt.

Klimaelemente und abgeleitete Größen	Jahresdurchschnitt	Sommer	Winter
<b>→ Temperatur</b>			
Durchschnittliche Temperatur	1,1 bis 2,3 °C	1,1 bis 1,8 °C	1,2 bis 3 °C
Sommertage (Tage, an denen die Maximumtemperatur mindestens einmal am Tag über 25 °C steigt)	2,3 bis 9,3 Tage	2,2 bis 6,8 Tage	keine Änderung
Tropische Nächte (Tage, an denen die Minimumtemperatur nicht unter 20 °C sinkt)	0,1 bis 2,2 Nächte	0,1 bis 2 Nächte	keine Änderung
Frosttage (Tage, an denen die Minimumtemperatur unter 0 °C sinkt)	-16,1 bis -40 Tage	keine Änderung	-11,5 bis -27,5 Tage
<b>→ Niederschlag</b>			
Niederschlagsmenge (absolute Niederschlagssumme: Regen und Schnee)	1 bis 6 %	-8 bis 2 %	0 bis 9 %
Regentage (Tage mit mehr als 1 mm Niederschlag)	-2,7 bis 3,1 Tage	-0,1 bis -3,9 Tage	-0,5 bis 2,7 Tage
<b>→ Wind</b>			
Mittlere Windgeschwindigkeit	0 bis 2 %	-1 bis 2 %	-1 bis 4 %
Sturmintensität (maximaler Betrag des Windvektors in 10 Meter Höhe)	0 bis 2 %	-1 bis 2 %	-1 bis 4 %
Sturmtage (Tage, an denen die maximale Windgeschwindigkeit 62 km/h, Beaufort-Skala 8 = stürmischer Wind, überschreitet)	-0,1 bis 3,5 Tage	-0,6 bis 0,3 Tage	-0,4 bis 1,2 Tage
<b>→ Bewölkung</b>			
Sonnenscheindauer (stündlicher Wert, beim dem die direkte einfallende kurzweilige Sonnenstrahlung 120 W/m <sup>2</sup> übersteigt)	-4 %	-5 bis 3 %	0 bis -15 %



Wärmer scheint es künftig auf jeden Fall zu werden. Selbst wenn wir seit dem Jahr 2000 keine Treibhausgase mehr emittiert hätten, müssten wir bis Ende des Jahrhunderts weltweit mit einer Erwärmung von etwa 0,6 °C rechnen.

## Bewertung der Szenarien

→ Regionale Klimamodelle unterliegen einer Qualitätskontrolle. Diese liegt in der Verantwortung der Einrichtung, die öffentlich nutzbare Klimarechnungen durchführt.

Für einzelne Klimaszenarien können jedoch keine Qualitätsbewertungen zur „Richtigkeit“ durchgeführt werden. Laut IPCC beschreibt kein Szenario eine erwartete zukünftige „zentrale Tendenz“. Deshalb sollte weder ein Ensemblemittel noch ein bestimmtes Szenario auf diese Weise interpretiert oder als „wahrscheinlichste Zukunft“ angenommen werden. Liefert ein Szenario deutlich größere oder kleinere Klimaänderungen als andere, sind dies keine statistischen „Ausreißer“. Minimale und maximale Werte des Szenarien-Ensembles beschreiben die mögliche Spannweite zukünftiger Entwicklungen. Weisen alle Szenarien des Ensembles Änderungen mit gleichen Vorzeichen auf, deutet dies auf ein

robustes Signal einer Klimaänderung hin. Dies ist beispielsweise bei der Änderung des Winterniederschlages an der deutschen Ostseeküste der Fall. Bis Ende des Jahrhunderts liegt der minimale Wert der möglichen Änderungen bei +11% und der maximale Wert bei +38%. Sie stellen weder Ausreißer dar, noch hat einer der Werte eine höhere Eintrittswahrscheinlichkeit als ein anderer Wert innerhalb der Spannweite. Vielmehr deuten diese Werte auf ein robustes Signal einer Niederschlagszunahme im Winter hin. Alle Niederschlagszunahmen innerhalb der Spannweite von +11% bis +38% sind gleich plausibel, möglich und bei der Planung von Anpassungsstrategien zu berücksichtigen.



Klimaelemente und abgeleitete Größen	Jahresdurchschnitt	Sommer	Winter
<b>→ Temperatur</b>			
Durchschnittliche Temperatur	2,1 bis 4,8 °C	1,9 bis 5,1 °C	1,9 bis 4,8 °C
Sommertage (Tage, an denen die Maximumtemperatur mindestens einmal am Tag über 25 °C steigt)	7,4 bis 38,3 Tage	5,7 bis 30,3 Tage	keine Änderung
Tropische Nächte (Tage, an denen die Minimumtemperatur nicht unter 20 °C sinkt)	1,2 bis 23 Nächte	1,2 bis 19,1 Nächte	keine Änderung
Frosttage (Tage, an denen die Minimumtemperatur unter 0 °C sinkt)	-17,9 bis -50,1 Tage	keine Änderung	-12,3 bis -33,2 Tage
<b>→ Niederschlag</b>			
Niederschlagsmenge (absolute Niederschlagssumme: Regen und Schnee)	0 bis 8 %	-6 bis -38 %	11 bis 38 %
Regentage (Tage mit mehr als 1 mm Niederschlag)	-12,1 bis 3,3 Tage	-2,3 bis -17,2 Tage	1,5 bis 8,1 Tage
<b>→ Wind</b>			
Mittlere Windgeschwindigkeit	1 bis 4 %	-10 bis 2 %	0 bis 15 %
Sturmintensität (maximaler Betrag des Windvektors in 10 Meter Höhe)	0 bis 4 %	-8 bis 2 %	0 bis 14 %
Sturmtage (Tage, an denen die maximale Windgeschwindigkeit 62 km/h, Beaufort-Skala 8 = stürmischer Wind, überschreitet)	2,2 bis 4,6 Tage	-0,3 bis 0,6 Tage	0,5 bis 3 Tage
<b>→ Bewölkung</b>			
Sonnenscheindauer (stündlicher Wert, beim dem die direkte einfallende kurzweilige Sonnenstrahlung 120 W/m <sup>2</sup> übersteigt)	-5 bis -7 %	-5 bis 6 %	-12 bis -27 %

Die Erwärmung scheint sich an der deutschen Ostseeküste auch künftig weiter fortzusetzen. Bis Mitte des 21. Jahrhunderts wird die Lufttemperatur an der deutschen Ostseeküste im Jahresmittel voraussichtlich um 1,1 bis 2,3 °C ansteigen. Verglichen mit der Erwärmung von 0,8 °C innerhalb der letzten 100 Jahre ist also bereits in den nächsten Jahrzehnten mit einer deutlich beschleunigten Erwärmung zu rechnen. Bis Ende des 21. Jahrhunderts kann es an der deutschen

Ostseeküste im Mittel sogar etwa 2,1 bis 4,8 °C wärmer werden. Ein weiteres deutliches Signal in den regionalen Klimaszenarien ist die starke Niederschlagszunahme in den Wintermonaten. Bereits bis Mitte des Jahrhunderts kann es im Winter an der deutschen Ostseeküste 0 bis 9% mehr regnen. Dieser Trend scheint sich bis zum Ende des Jahrhunderts weiter zu verstärken. Bis 2100 kann der Winterniederschlag im Vergleich zu heute (1961–1990) dann etwa 11 bis 38% zunehmen.

WEITERE INFORMATIONEN UNTER [WWW.NORDDEUTSCHER-KLIMAAATLAS.DE](http://WWW.NORDDEUTSCHER-KLIMAAATLAS.DE)

## Planen mit Szenarien

→ Obwohl Klimaszenarien keine konkrete Zahl für Klimaänderungen liefern, zeichnen sich Entwicklungskorridore ab. Diese beschreiben nicht nur, was sich zukünftig wie stark ändern kann, sondern auch wann dies plausibel ist.

Beispielsweise ist die Entwicklung des Sommerniederschlages bis Mitte des Jahrhunderts bisher nicht eindeutig, weil einige Szenarien eine Zunahme, andere eine Abnahme zeigen. Ende des Jahrhunderts müssen wir jedoch damit rechnen, dass es im Sommer deutlich weniger regnet.

Aus den Entwicklungskorridoren können Entscheidungsträger Handlungsoptionen für Wirtschaft, Politik und Privathaushalte bestimmen und bewerten. Diese dienen als Basis für Anpassungsstrategien an den Klimawandel. Außerdem kann die gegenwärtige Strategie überprüft und ggf. überarbeitet werden.

Liefen die einzelnen Szenarien Klimaänderungen mit unterschiedlichen Vorzeichen, sollten für jedes einzelne Szenario Chancen und Risiken gegenübergestellt und Maßnahmen für die einzelnen Szenarios entwickelt werden. Dabei sollten Strategien entwickelt werden, die in möglichst vielen Szenarien zum Erfolg führen.



## Beispiel Küstenschutz

→ Alle Klimaszenarien weisen darauf hin, dass der Meeresspiegel auch künftig weiter ansteigt. Im letzten Jahrhundert ist der Meeresspiegel im weltweiten Durchschnitt etwa ein bis zwei Dezimeter angestiegen. Diese Anstiegsrate findet sich auch in langjährigen Pegelmessungen an der deutschen Ostseeküste wieder. In den letzten Jahrzehnten ist der globale Meeresspiegel durchschnittlich bereits stärker angestiegen als zu Beginn des letzten Jahrhunderts. Würde man die derzeitige Anstiegsrate auf 100 Jahre linear fortschreiben, läge der Meeresspiegelanstieg bei etwa drei Dezimeter. Anders als im globalen Durchschnitt konnte an der deutschen Ostseeküste bisher jedoch kein beschleunigter Anstieg aus den Messdaten abgeleitet werden.

Der UN Klimarat IPCC erwartet bis Ende des 21. Jahrhunderts einen Meeresspiegelanstieg von etwa zwei bis sechs Dezimeter. Das bedeutet, dass sich die durchschnittliche bisherige Anstiegsrate des letzten Jahrhunderts (zwei Dezimeter) im nächsten Jahrhundert verdreifachen kann, mindestens aber gleich bleibt. Bis 2030 könnte der Meeresspiegel im weltweiten Durchschnitt verglichen zu heute etwa ein bis zwei Dezimeter ansteigen. Außerdem können sich Prozesse in den großen Eisschilden Grönlands und der Antarktis so verstärken, dass sie den globalen Meeresspiegel zusätzlich ansteigen lassen. Insgesamt ist dann laut

IPCC ein weltweiter Meeresspiegelanstieg von zwei bis acht Dezimeter bis zum Ende des 21. Jahrhunderts plausibel. Für die deutsche Ostsee gibt es noch keine abschließenden Szenarien zum regionalen Meeresspiegelanstieg, aber es ist davon auszugehen, dass der Meeresspiegel hier auch künftig ähnlich stark ansteigen wird, wie im globalen Mittel. Deshalb müssen Küstenschutzmaßnahmen an der deutschen Ostseeküste bis Ende des 21. Jahrhunderts angepasst werden. Für diese Planung wurde in der Vergangenheit häufig eine „konkrete Zahl“ gefordert, d.h. eine Vorhersage gefordert, wie sich der Meeresspiegel in Zukunft ändern wird, damit der Küstenschutz entsprechend angepasst werden kann. Inzwischen werden flexible Ansätze erarbeitet, die sich je nach zukünftiger Entwicklung leichter an veränderte Bedingungen anpassen lassen.



**Herausgeber:**

Norddeutsches Klimabüro  
Institut für Küstenforschung  
Helmholtz-Zentrum Geesthacht  
Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH  
Max-Planck-Straße 1  
21502 Geesthacht  
Telefon: 04152 87-1868  
Telefax: 04152 87-41868  
[www.norddeutsches-klimabuero.de](http://www.norddeutsches-klimabuero.de)  
[insa.meinke@hzg.de](mailto:insa.meinke@hzg.de)

**Verantwortlich:**

Dr. Insa Meinke  
Leiterin des Norddeutschen Klimabüros

Dr. Ralf Weiße  
Leiter der Abteilung Küstenklima

Prof. Dr. Hans von Storch  
Leiter des Instituts für Küstenforschung

**Gestaltung:**

Michael Fritz Kommunikationsdesign, Hamburg

Stand: September 2011

Gefördert durch: