

## Beispiel Küstenschutz

→ Alle Klimaszenarien weisen darauf hin, dass der Meeresspiegel auch künftig weiter ansteigt.

Bis 2030 ist der aktuelle Küstenschutz an der Nordsee noch ungefähr so wirksam wie heute, denn bis dahin werden Sturmfluten voraussichtlich „nur“ 10 bis 30 cm höher auflaufen als heute.

### Nordseesturmfluten

	Änderungen bisher (1907–2006)	Mögliche Änderungen bis 2030	Mögliche Änderungen bis 2100
<b>→ Wesentliche Faktoren, die Sturmflutwasserstände langfristig ändern können</b>			
Globaler mittlerer Meeresspiegelanstieg	ca. 2 dm	ca. 1 bis 2 dm	ca. 2 bis 8 dm
Meteorologisch bedingter Anteil des Sturmflutwasserstandes	keine	ca. 0 bis 1 dm	ca. 1 bis 3 dm
Regionaler und lokaler Meeresspiegelanstieg	ca. 2 dm	bisher unbekannt	bisher unbekannt
Wellenauflauf	keine	bisher unbekannt	bisher unbekannt
Gezeitenregime	regional sehr unterschiedlich	bisher unbekannt	bisher unbekannt
Topographie	regional sehr unterschiedlich	bisher unbekannt	bisher unbekannt

Bis Ende des 21. Jahrhunderts erwartet der IPCC einen Meeresspiegelanstieg von etwa zwei bis acht Dezimetern. In der Nordsee können zusätzlich stärker werdende Stürme Sturmflutwasserstände erhöhen. Bis Ende des Jahrhunderts können Sturmfluten dann insgesamt drei bis elf Dezimeter höher auflaufen als heute. Bis dahin müssten Küstenschutzmaßnahmen angepasst werden. Für diese Planung wurde in der Vergangenheit häufig eine „konkrete Zahl“, d. h. eine Vorhersage, gefordert, wie sich der Meeresspiegel in Zukunft ändern wird, damit die Höhe der Deiche entsprechend angepasst werden könne. Inzwischen wird untersucht, inwieweit eine Deicherhöhung bei den vorhandenen Szenarien Erfolg haben würde. Überwiegen die Risiken, muss die bisherige Strategie angepasst werden. Die Prüfung basiert jeweils auf den neuesten Daten zum Meeresspiegelanstieg. Es werden flexible Ansätze erarbeitet, die sich je nach zukünftiger Entwicklung leichter an veränderte Bedingungen anpassen lassen.

WEITERE INFORMATIONEN IN DER BROSCHÜRE „NORDSEESTURMFLUTEN IM KLIMAWANDEL“ DES NORDEUTSCHEN KÜSTEN- UND KLIMABÜROS



#### Herausgeber:

Norddeutsches Küsten- und 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  
 insa.meinke@hzg.de

#### Verantwortlich:

Dr. Insa Meinke  
 Leiterin des Norddeutschen Küsten- und Klimabüros

Dr. Ralf Weiße

Leiter der Abteilung Küstenklima

#### Gestaltung:

Michael Fritz Kommunikationsdesign, Hamburg

Stand: Juni 2017

Gefördert durch:

**HELMHOLTZ**  
 SPITZENFORSCHUNG FÜR  
 GROSSE HERAUSFORDERUNGEN

# Regionale Klimaszenarien in der Praxis

Beispiel Norddeutschland



Norddeutsches  
**Küsten- und  
 Klimabüro**

**Helmholtz-Zentrum  
 Geesthacht**  
 Zentrum für Material- und Küstenforschung

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 Treibhausgas 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.

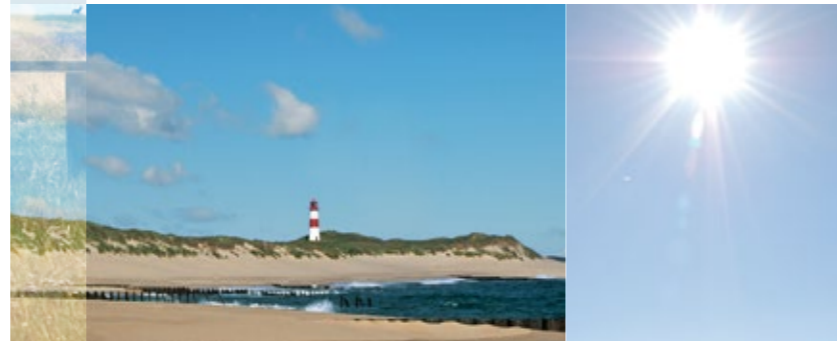
Klimaszenarien beantworten demnach die Frage: Welche Klimaänderung wäre zu erwarten, wenn Treibhausgasemissionen künftig entweder stark oder moderat ansteigen, oder wenn es gelingt, sie zu vermindern? Alle Emissionsszenarien sind aus heutiger Sicht plausibel, in sich stimmig und möglich. Sie hängen von 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 eines Ensembles unterschiedlicher Szenarien auszuwerten.

### Mögliche künftige Klimaänderungen in Norddeutschland

→ Für den Norddeutschen Klimaatlas ([www.norddeutscher-klimaatlas.de](http://www.norddeutscher-klimaatlas.de)) wurden die Ergebnisse von über 120 regionalen Klimaszenarien analysiert. Die regionalen Szenarien beruhen wiederum auf einer Vielzahl von globalen Klimaszenarien basierend auf verschiedenen Treibhausgasszenarien. Alle Klimarechnungen gingen gleichwertig in die Auswertungen ein. Die resultierenden Klimaänderungen werden in Form von Spannbreiten dargestellt.

### Mögliche Änderungen in Norddeutschland bis Mitte des 21. Jahrhunderts (2036–2065) im Vergleich zu heute (1961–1990)

Klimaelemente und abgeleitete Größen	Jahresdurchschnitt	Sommer	Winter
<b>→ Temperatur</b>			
Durchschnittliche Temperatur	+1 bis +3 °C	+0,7 bis +3,6 °C	+1,1 bis +3,5 °C
Heiße Tage (Tage, an denen die Maximumtemperatur mindestens einmal am Tag über 30 °C steigt)	0 bis +17 Tage	0 bis +14 Tage	keine Änderung
Tropische Nächte (Tage, an denen die Minimumtemperatur nicht unter 20 °C sinkt)	0 bis +18 Nächte	0 bis +17 Nächte	keine Änderung
Frosttage (Tage, an denen die Minimumtemperatur unter 0 °C sinkt)	-13 bis -44 Tage	keine Änderung	-7 bis -25 Tage
<b>→ Niederschlag</b>			
Niederschlagsmenge (absolute Niederschlagssumme: Regen und Schnee)	-4 bis +20 %	-26 bis +31 %	-2 bis +26 %
Regentage (Tage mit mehr als 1 mm Niederschlag)	-11 bis +13 Tage	-6 bis +4 Tage	-3 bis +7 Tage
<b>→ Wind</b>			
Mittlere Windgeschwindigkeit	-3 bis +4 %	-6 bis +5 %	-5 bis +7 %
Sturmintensität (maximaler Betrag des Windvektors in 10 Meter Höhe)	-2 bis +5 %	-7 bis +5 %	-4 bis +11 %
Sturmtage (Tage, an denen die maximale Windgeschwindigkeit 62 km/h, Beaufort-Skala 8 = stürmischer Wind, überschreitet)	-7 bis +13 Tage	-4 bis +2 Tage	-4 bis +7 Tage



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 Spannbreite 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 in Norddeutschland der Fall. Bis Ende des Jahrhunderts liegt der minimale Wert der möglichen Änderungen bei +3% und der maximale Wert bei +42%. Sie stellen weder Ausreißer dar, noch hat einer der Werte eine höhere Eintrittswahrscheinlichkeit als ein anderer Wert innerhalb der Spannbreite. Vielmehr deuten diese Werte auf ein robustes Signal einer Niederschlagszunahme im Winter hin. Alle Niederschlagszunahmen innerhalb der Spannbreite von +3 bis +42% sind gleich plausibel, möglich und bei der Planung von Anpassungsstrategien zu berücksichtigen.

### Mögliche Änderungen in Norddeutschland bis Ende des 21. Jahrhunderts (2071–2100) im Vergleich zu heute (1961–1990)

Klimaelemente und abgeleitete Größen	Jahresdurchschnitt	Sommer	Winter
<b>→ Temperatur</b>			
Durchschnittliche Temperatur	+1 bis +5,1 °C	+0,7 bis +6 °C	+1 bis +5 °C
Heiße Tage (Tage, an denen die Maximumtemperatur mindestens einmal am Tag über 30 °C steigt)	0 bis +30 Tage	0 bis +23 Tage	keine Änderung
Tropische Nächte (Tage, an denen die Minimumtemperatur nicht unter 20 °C sinkt)	0 bis +39 Nächte	0 bis +31 Nächte	keine Änderung
Frosttage (Tage, an denen die Minimumtemperatur unter 0 °C sinkt)	-14 bis -60 Tage	keine Änderung	-6 bis -36 Tage
<b>→ Niederschlag</b>			
Niederschlagsmenge (absolute Niederschlagssumme: Regen und Schnee)	-7 bis +31 %	-46 bis +56 %	+3 bis +42 %
Regentage (Tage mit mehr als 1 mm Niederschlag)	-19 bis +18 Tage	-18 bis +8 Tage	-3 bis +12 Tage
<b>→ Wind</b>			
Mittlere Windgeschwindigkeit	-4 bis +7 %	-10 bis +6 %	-8 bis +14 %
Sturmintensität (maximaler Betrag des Windvektors in 10 Meter Höhe)	-4 bis +4 %	-8 bis +4 %	-8 bis +10 %
Sturmtage (Tage, an denen die maximale Windgeschwindigkeit 62 km/h, Beaufort-Skala 8 = stürmischer Wind, überschreitet)	-8 bis +14 Tage	-4 bis +2 Tage	-4 bis +10 Tage

Die Erwärmung scheint sich in Norddeutschland auch künftig weiter fortzusetzen. Bis Mitte des 21. Jahrhunderts wird die Lufttemperatur in Norddeutschland im Jahresmittel voraussichtlich um 1 bis 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 in Norddeutschland im Mittel sogar etwa 1 bis 5,1 °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 in Norddeutschland bis 26% 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 3 bis 42% zunehmen.

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

### Planen mit Szenarien und Monitoring

→ Obwohl Klimaszenarien keine konkrete Zahl für Klimaänderungen liefern, zeichnen sich Entwicklungskorridore ab. Diese beschreiben, was sich zukünftig wie stark ändern kann und wann dies plausibel ist. Entscheidungsträger können auf Basis dieser Entwicklungskorridore Handlungsoptionen für Wirtschaft, Politik und Privathaushalte bestimmen und bewerten. Diese dienen als Basis für Anpassungsstrategien an den Klimawandel.

Liefere die einzelnen Szenarien Klimaänderungen mit unterschiedlichen Vorzeichen, sollten für jedes Szenario Chancen und Risiken gegenübergestellt und Maßnahmen für die einzelnen Szenarien entwickelt werden. Dabei sollten Strategien entwickelt werden, die in möglichst vielen Szenarien zum Erfolg führen. In diesen Fällen kommt dem Monitoring bisheriger Klimaänderungen eine wichtige Funktion zu. Das Norddeutsche Küsten- und Klimabüro des Helmholtz-Zentrums Geesthacht hat zusam-

men mit dem Regionalen Klimabüro Hamburg des Deutschen Wetterdienstes ein Klimamonitorsystem für Norddeutschland entwickelt, das unter [www.norddeutscher-klimamonitor.de](http://www.norddeutscher-klimamonitor.de) öffentlich verfügbar ist. Sofern bisherige Entwicklungen konsistent mit einzelnen Klimaszenarien für die Zukunft sind, sollte die gegenwärtige Strategie hinsichtlich dieser Entwicklung überprüft bzw. überarbeitet werden. Zeigen die bisherigen Entwicklungen größere Änderungen als die künftigen Entwicklungskorridore der Klimaszenarien, müssen auch natürliche Klimaschwankungen verstärkt in den Anpassungsmaßnahmen berücksichtigt werden.

