

Regionale Klimaszenarien in der Praxis

Beispiel Metropolregion Hamburg



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 in der Metropolregion Hamburg

→ Im Norddeutschen Klimaatlas (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
→ Temperatur			
Durchschnittliche Temperatur	1 bis 2,1 °C	1,1 bis 1,8 °C	1,1 bis 2,9 °C
Sommertage (Tage, an denen die Maximumtemperatur mindestens einmal am Tag über 25 °C steigt)	2,4 bis 9,2 Tage	2,3 bis 6,6 Tage	keine Änderung
Tropische Nächte (Tage, an denen die Minimumtemperatur nicht unter 20 °C sinkt)	0,2 bis 1,8 Nächte	0,2 bis 1,6 Nächte	keine Änderung
Frosttage (Tage, an denen die Minimumtemperatur unter 0 °C sinkt)	-13,7 bis -38 Tage	keine Änderung	-10,4 bis -25,8 Tage
→ Niederschlag			
Niederschlagsmenge (absolute Niederschlagssumme: Regen und Schnee)	1 bis 7 %	-9 bis 4 %	0 bis 10 %
Regentage (Tage mit mehr als 1 mm Niederschlag)	-2,1 bis 2,1 Tage	-0,1 bis -4,8 Tage	-0,3 bis 3,6 Tage
→ Wind			
Mittlere Windgeschwindigkeit	0 bis 2 %	-1 bis 1 %	-2 bis 4 %
Sturmintensität (maximaler Betrag des Windvektors in 10 Meter Höhe)	0 bis 2 %	-1 bis 1 %	-2 bis 4 %
Sturmtage (Tage, an denen die maximale Windgeschwindigkeit 62 km/h, Beaufort-Skala 8 = stürmischer Wind, überschreitet)	-0,7 bis 2,8 Tage	-0,6 bis 0,2 Tage	-0,7 bis 1,2 Tage
→ Bewölkung			
Sonnenscheindauer (stündlicher Wert, beim dem die direkte einfallende kurzwellige Sonnenstrahlung 120 W/m ² übersteigt)	-2 bis -5 %	-5 bis 5 %	-1 bis -17 %



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 in der Metropolregion Hamburg der Fall. Bis Ende des Jahrhunderts liegt der minimale Wert der möglichen Änderungen bei +10% und der maximale Wert bei +41%. 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 +10% bis +41% sind gleich plausibel, möglich und bei der Planung von Anpassungsstrategien zu berücksichtigen.

Klimaelemente und abgeleitete Größen	Jahresdurchschnitt	Sommer	Winter
→ Temperatur			
Durchschnittliche Temperatur	2 bis 4,7 °C	1,8 bis 5,1 °C	1,8 bis 4,6 °C
Sommertage (Tage, an denen die Maximumtemperatur mindestens einmal am Tag über 25 °C steigt)	7,1 bis 41,7 Tage	5,5 bis 32,9 Tage	keine Änderung
Tropische Nächte (Tage, an denen die Minimumtemperatur nicht unter 20 °C sinkt)	1,2 bis 18,4 Nächte	1,1 bis 15,9 Nächte	keine Änderung
Frosttage (Tage, an denen die Minimumtemperatur unter 0 °C sinkt)	-15,8 bis -47,6 Tage	keine Änderung	-10,5 bis -31,6 Tage
→ Niederschlag			
Niederschlagsmenge (absolute Niederschlagssumme: Regen und Schnee)	0 bis 9%	-7 bis -41%	10 bis 41%
Regentage (Tage mit mehr als 1 mm Niederschlag)	-15 bis 2,8 Tage	-3,2 bis -20 Tage	2 bis 8,5 Tage
→ Wind			
Mittlere Windgeschwindigkeit	1 bis 4%	-11 bis 1%	0 bis 15%
Sturmintensität (maximaler Betrag des Windvektors in 10 Meter Höhe)	0 bis 3%	-8 bis 1%	0 bis 13%
Sturmtage (Tage, an denen die maximale Windgeschwindigkeit 62 km/h, Beaufort-Skala 8 = stürmischer Wind, überschreitet)	1,6 bis 3,7 Tage	-0,6 bis 0,4 Tage	0,7 bis 2,8 Tage
→ Bewölkung			
Sonnenscheindauer (stündlicher Wert, beim dem die direkte einfallende kurzweilige Sonnenstrahlung 120 W/m ² übersteigt)	-4 bis -7%	-5 bis 7%	-12 bis -29%

Die Erwärmung scheint sich in der Metropolregion Hamburg auch künftig weiter fortzusetzen. Bis Mitte des 21. Jahrhunderts wird die Lufttemperatur in der Metropolregion Hamburg im Jahresmittel voraussichtlich um 1 bis 2,1 °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 der Metropolregion Hamburg

im Mittel sogar etwa 2 bis 4,7 °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 der Metropolregion Hamburg 0 bis 10% 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 10 bis 41% zunehmen.

WEITERE INFORMATIONEN UNTER 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.

Liefern 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.

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

→ Wesentliche Faktoren, die Sturmflutwasserstände langfristig ändern können

	Änderungen bisher (1907–2006)	Mögliche Änderungen bis 2030	Mögliche Änderungen bis 2100
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 sechs Dezimetern. Außerdem können sich die Schmelzprozesse in den großen Eisschilden Grönlands und der Antarktis so verstärken, dass sie den globalen Meeresspiegel zusätzlich ansteigen lassen. Insgesamt ist dann bis zum Jahr 2100 ein Meeresspiegelanstieg von weltweit durchschnittlich zwei bis acht Dezimeter plausibel. 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 Ansätzen erarbeitet, die sich je nach zukünftiger Entwicklung leichter an veränderte Bedingungen anpassen lassen.

WEITERE INFORMATIONEN IN DER BROSCHÜRE „NORDSEESTURMFLUTEN IM KLIMAWANDEL“ DES NORDDEUTSCHEN KLIMABÜROS



**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
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: