



# Vorwort



Der Klimawandel ist Realität. Er beeinflusst unsere Lebensgrundlagen und die Entwicklungschancen künftiger Generationen. Es gilt, Antworten zu finden: Wie sorgen wir dafür, dass die negativen Auswirkungen des Klimawandels für Mensch und Natur soweit wie möglich verhindert werden können? Wie schaffen wir es, einen modernen Lebensstil mit der Begrenztheit natürlicher Ressourcen zu versöhnen?

Damit stehen wir vor zwei großen Aufgaben. Zum einen müssen wir unsere Treibhausgasemissionen zügig und deutlich reduzieren. Denn wir können den Klimawandel zwar nicht mehr ungeschehen machen. Wohl aber können wir ihn durch entschlossenes Umsteuern verlangsamen – und damit die Folgen des Klimawandels deutlich mildern.

Gleichzeitig gilt es, sich auf den bereits eingetretenen Klimawandel einzustellen. Nach den gegenwärtigen wissenschaftlichen Erkenntnissen müssen wir davon ausgehen, dass die Klimaveränderungen auch bei uns in Niedersachsen in Zukunft immer deutlicher zu spüren sind. Dabei werden die Folgen dieser Veränderungen auf den Lebensalltag, auf Umwelt, Wirtschaft und Arbeiten in unserem Land sehr unterschiedlich sein. Patentrezepte zum Klimawandel gibt es nicht. Den speziellen Folgen des Klimawandels muss aber mit entsprechenden speziellen Maßnahmen begegnet werden.

Der Klimawandel geht uns alle an. Mit diesem Strukturpapier möchte die Landesregierung daher eine breite Diskussion über den Klimawandel und seine Auswirkungen in Niedersachsen anregen. Denn eine umfassende gesellschaftliche Beteiligung ist Voraussetzung dafür, unser Land angemessen auf die Folgen des Klimawandels vorbereiten und sich hieraus auch ergebende Chancen nutzen zu können.

*Hans-Heinrich Sander*

Hans-Heinrich Sander  
Niedersächsischer Minister für  
Umwelt und Klimaschutz

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Der Klimawandel als neue Herausforderung für Staat und Gesellschaft	3
Wie wird sich unser Klima verändern? Regionale Klimaszenarien für Niedersachsen	5
Bisherige Klimaentwicklung	6
Mögliche künftige Klimaänderungen in Niedersachsen (Klimasignale)	7
Szenarien für einzelne Regionen und Landschaftstypen in Niedersachsen	8
Welche Folgen sind zu erwarten, was ist zu tun?	
Auswirkungen des Klimawandels und Maßnahmenoptionen	10
Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz	11
Küstenschutz	12
Bodenschutz	12
Naturschutz und Biodiversität	13
Landwirtschaft, Garten- und Obstbau	13
Forstwirtschaft	15
Fischerei	15
Gesundheit	16
Tourismus	17
Wie geht es weiter?	
Zur Weiterentwicklung und Umsetzung der niedersächsischen Anpassungsstrategie	18



## Der Klimawandel als neue Herausforderung für Staat und Gesellschaft

Das Klima ändert sich. Und mit dem Klima verändern sich die Lebensbedingungen für Mensch und Natur. Es kann als unbestritten gelten, dass der beobachtete Klimawandel wesentlich von unserer Zivilisation verursacht ist: Die Verbrennung fossiler Energieträger, Waldrodungen, Ackerbau und Viehzucht erhöhen die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre und beeinflussen damit das Klimageschehen.

Die Europäische Union hat daher im Frühjahr 2007 neue Ziele zur Verringerung der Treibhausgase beschlossen. Eine wirksame Eindämmung des Klimawandels wird jedoch nur mit einer über Europa hinausgehenden, weltweit funktionierenden Klimaschutzpolitik gelingen können. Zudem reagiert das Klimasystem sehr träge und mit großen Verzögerungen. Deshalb müssen wir damit rechnen, dass der Klimawandel noch viele Jahre anhält und sich wahrscheinlich weiter verstärkt. Entsprechend mehrnen sich die wissenschaftlichen Hinweise, dass die Klimaänderungen auch für Niedersachsen in absehbarer Zeit immer deutlicher spürbar werden.

Verantwortungsvolle Klimaschutzpolitik umfasst also zwei Aufgaben: Zum einen gilt es, noch größere Anstrengungen zur weltweiten Vermeidung von Treibhausgasen zu unternehmen. Die heute führende Rolle des Landes bei den erneuerbaren Energien ist nur ein Beispiel für den aktiven Klimaschutz in Niedersachsen. Zum anderen müssen wir uns auch in Niedersachsen auf den Klimawandel und die damit verbundenen Folgen rechtzeitig vorbereiten. Hierfür sind im Kern drei Schritte erforderlich.

► Als ersten Schritt werden wir im Hinblick auf Art und Ausmaß des zu erwartenden Klimawandels in Niedersachsen eine systematische und umfassende Abschätzung vornehmen, die Antworten auf Fragen wie folgende liefert: Wie werden sich die Temperaturen in Niedersachsen ändern? Wie wirkt sich der Klimawandel auf die Verteilungen und Intensitäten von Niederschlägen aus? Und wie hoch steigt der Meeresspiegel der Nordsee?

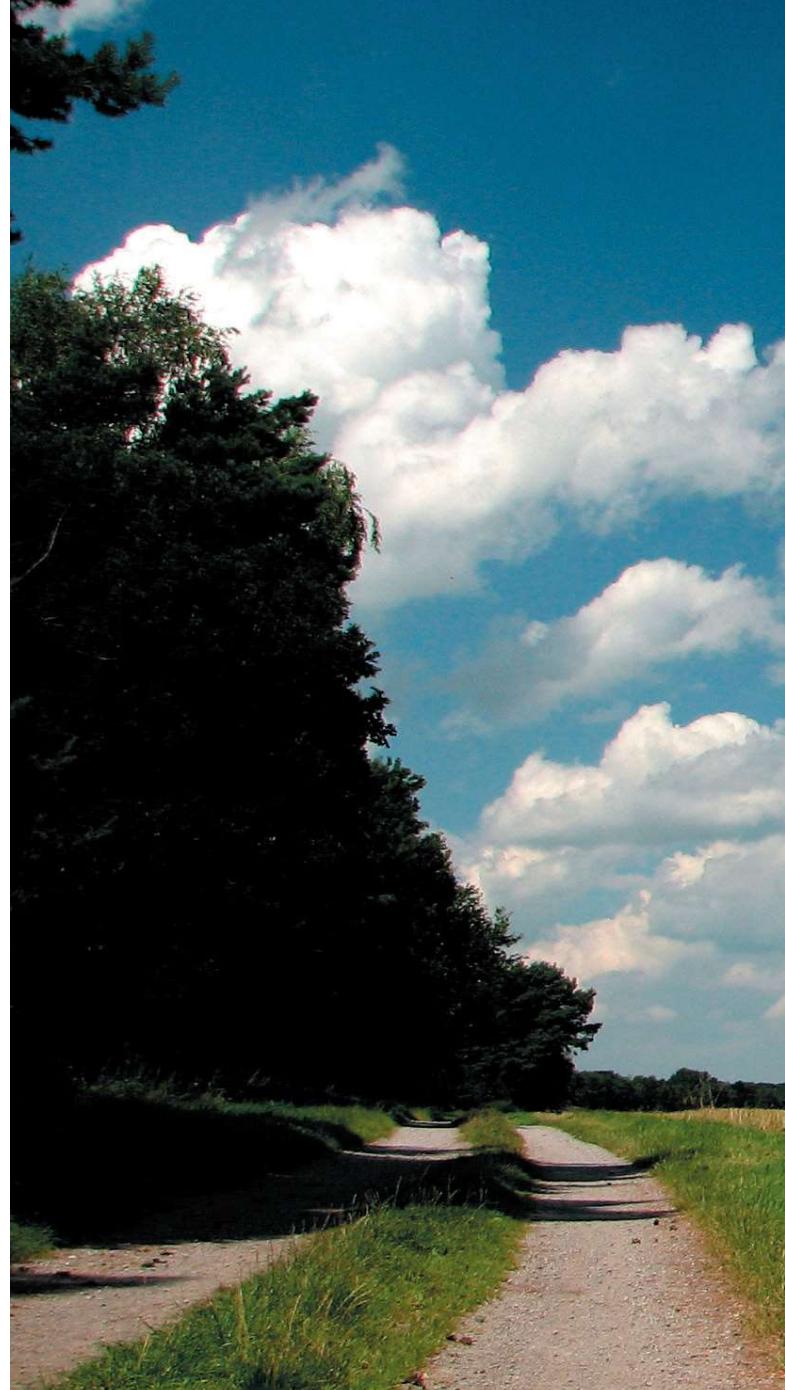
Zu berücksichtigen ist dabei, dass Niedersachsen in seinen Regionen und Landschaften vielfältig ist wie kein anderes Land in Deutschland. So werden zum Beispiel die Klimaveränderungen an der Küste deutlich anders ausfallen als etwa im kontinental geprägten Südostniedersachsen. Der erste Schritt soll daher dazu dienen, hinreichend regionalisierte Klimaszenarien für Niedersachsen zu formulieren.

► Aufbauend auf den regionalen Klimaszenarien soll in einem zweiten Schritt ermittelt werden, wie sich der Klimawandel auf das alltägliche Leben, auf Umwelt, Wirtschaft und Arbeiten in Niedersachsen auswirken wird: Was zum Beispiel bedeuten die Klimaänderungen für unsere Gesundheit? Wie reagieren unsere Ökosysteme auf veränderte klimatische Bedingungen? Oder auf welche Folgen haben sich Land- und Forstwirtschaft einzustellen? Aus dieser sektoralen Folgenanalyse sind Maßnahmen abzuleiten, um die nachteiligen Auswirkungen des Klimawandels abmildern oder sogar neutralisieren zu können.

- ▶ In einem dritten Schritt schließlich werden die einzelnen Maßnahmen konkretisiert und umgesetzt. Dabei darf Klimaanpassung jedoch nicht als Aufgabe ausschließlich für Staat und Verwaltungen aufgefasst werden. Eine angemessene Vorbereitung des Landes auf den Klimawandel und seine Folgen ist vielmehr auf die Mitarbeit aller gesellschaftlichen Kräfte in Niedersachsen angewiesen.

Entsprechend dieser Grundstruktur ist eine Anpassungsstrategie an den Klimawandel für Niedersachsen zu entwickeln. Allerdings ist die skizzierte Dreiteilung nicht als strenge methodische Abfolge zu sehen. Vielmehr handelt es sich um überlappende und ineinander greifende Arbeitsschritte, die zueinander in enger Austauschbeziehung stehen. Denn der Klimawandel ist ein noch vergleichsweise unerforschtes Thema mit großen Unsicherheiten der Szenarien und Prognosen. Die Gestaltung der Anpassungsstrategie wird somit offen und flexibel erfolgen, um neues Wissen, ergänzende Ergebnisse oder zusätzliche Erfordernisse aufzunehmen und die Strategie gegebenenfalls ausweiten oder korrigieren zu können.

Mit dem folgenden Überblick der vorhandenen Erkenntnisse und Maßnahmen zu Klimaveränderungen und ihren Konsequenzen für Niedersachsen möchte die Landesregierung eine möglichst breite Diskussion über die weitere Ausgestaltung der niedersächsischen Anpassungsstrategie anregen.





## Wie wird sich unser Klima verändern? Regionale Klimaszenarien für Niedersachsen

Niedersachsen ist ein Land mit klimatisch sehr unterschiedlich geprägten Regionen. Entlang der langen Küstenlinie ist der Einfluss von Meer und Wind dominant. Nach Osten und ins Landesinnere ist das Klima zunehmend kontinental getönt. Die Hochlagen von Solling und Harz sind zudem viel stärker montan und hochmontan geprägt, als es der reinen Höhenlage im Vergleich zu anderen deutschen Mittelgebirgen entspricht.

Im Gegensatz zu Wetter und zu Witterung, bei denen das atmosphärische Geschehen auf Tage, Wochen oder Monate bezogen wird, spricht man von Klima, wenn die Gesamtheit der atmosphärischen Zustände über einen Zeitraum von mindestens 30 Jahren betrachtet wird. Bei den regionalen Klimaaussagen interessieren nicht einzelne Wetterereignisse, sondern die längerfristigen Entwicklungen der Mittelwerte von Klimavariablen wie zum Beispiel Lufttemperatur oder Niederschlag. Üblicherweise erfolgt dies zurückblickend, indem die regionalen Witterungsdaten der vergangenen Dekaden mit statistischen Methoden analysiert und dargestellt werden.

Die Einflussfaktoren auf das Klima (z. B. Konzentrationen der Treibhausgase in der Atmosphäre) haben sich in der letzten Zeit auch durch Eingriffe des Menschen verändert. Daher können die bestehenden Zeitreihen der meteorologischen Variablen und statistischen Zusammenhänge zwischen Klimafaktoren und Wetterereignissen nicht einfach fortgeschrieben werden. Erst mit Hilfe physikalisch basierter Modelle ist es möglich, unterschiedliche Szenarien künftiger Klimaentwicklung unter Zugrundelegung sowohl natürlicher Antriebe, als auch menschlicher Eingriffe zu simulieren.

Trotzdem bleibt festzuhalten, dass die derzeitigen Prognosen der zukünftigen Entwicklungen des Klimas noch mit erheblichen Unsicherheiten behaftet sind.

## Bisherige Klimaentwicklung

Die Analyse des rezenten Klimas und bereits nachweisbarer Trends für Niedersachsen basiert überwiegend auf den langjährigen Messwerten der Klima- und Niederschlagsmessstationen des Deutschen Wetterdienstes. Diese Daten wurden und werden zusätzlich von unterschiedlichen Institutionen ausgewertet, zum Beispiel von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe zusammen mit dem niedersächsischen Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie. Weitere Analysen und Zahlen stammen von den BMBF-Verbundprojekten „Klimawandel und Obstbau in Deutschland“ und dem niedersächsischen Projekt „Anpassungsstrategien für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung – Decision Support System Wald und Klimawandel“.

Die Lufttemperatur hat einen maßgeblichen Einfluss auf die terrestrischen und aquatischen Ökosysteme und beeinflusst in Kombination mit anderen Klimafaktoren (Bio-Klima) das Verhalten, die Gesundheit und das Wohlbefinden der Menschen. Die Jahresmitteltemperatur in Niedersachsen lag im Zeitraum von ca. 1950-2000 mit 8.7°C um 0.4°C höher als der Mittelwert für ganz Deutschland. In Niedersachsen war über diesen Zeitraum ein Anstieg von insgesamt etwa 1.4°C zu verzeichnen. Dabei wiesen Winter und Frühjahr überproportional starke Anstiege auf. Auffällig ist die Häufung überdurchschnittlich warmer Jahre seit Ende der 1980er Jahre. Durch den Einfluss maritimer Luftmassen ist im Bereich des niedersächsischen Flachlandes die räumliche Differenzierung bei der Verteilung der Lufttemperatur relativ gering, während im Bergland und im Harz starke Höhenabhängige Unterschiede auftreten (Abb. 1).

Bei den Temperaturen hat sich nicht nur der Mittelwert verändert, sondern auch die saisonale Verteilung, die wesentlich für die Steuerung von Wachstumsvorgängen ist. Der letzte Spätfrost trat in Niedersachsen in der Periode 1961-1991 durchschnittlich am 22. April und der erste Frühfrost am 30. Oktober auf. Damit liegt die frostfreie Zeit mit 191 Tagen über der Gesamtdeutschlands (184 Tage). Früh- und Spätfröste sind stark von der Topographie abhängig. Pro 100 m Höhenunterschied verkürzt sich die frostfreie Zeit um 4 Tage. Seit 1961 hat sich die frostfreie Zeit im Mittel um 9.9 Tage verlängert.

Auch die mittlere thermische Vegetationsperiode, die dauerhafte Überschreitung der Tagesmitteltemperatur von 5°C, liegt in Niedersachsen mit einem Wert von 311 Tagen etwas über dem Bundesdurchschnitt (305 Tage). Durch rezente Klimaerwärmung

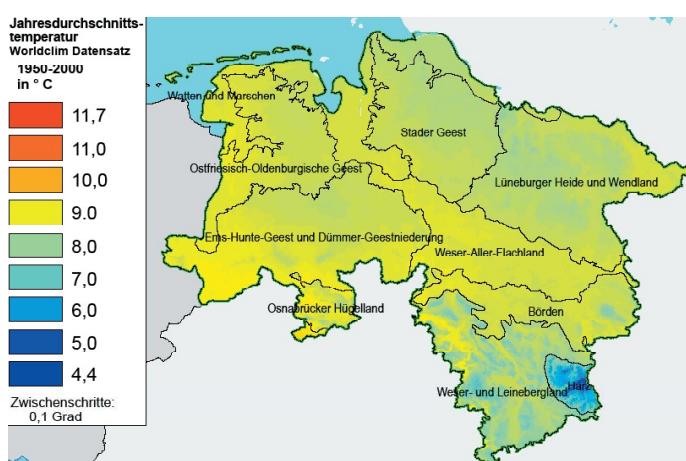


Abb. 1: Jahresschnittstemperatur der letzten Dekaden in Niedersachsen<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Die Karten stammen aus dem niedersächsischen Klimazwei Projekt DSS-WuK, Kartengrundlage für das gegenwärtige Klima ist der frei verfügbare WorldClim-Datensatz V 1.4, [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org), Kartengrundlage für zukünftige Klimatrends sind die CLM-Daten (Cera, SGA)

ergab sich seit 1961 eine Verlängerung der thermischen Vegetationsperiode um 21 Tage.

Von der Höhe, Verteilung und Intensität der Niederschläge hängt es ab, ob beispielsweise genug Wasser für Pflanzenwachstum zur Verfügung steht, ob Dürren oder Überschwemmungen und Hochwasser herrschen. Mit 736 mm liegt die langjährige mittlere jährliche Niederschlagshöhe in Niedersachsen um 43 mm unter der Deutschlands. Deutlich ist eine Abnahme der Niederschlagshöhen vom Westen zu den östlichen Landesteilen erkennbar, dies spiegelt den abnehmenden maritimen Einfluss wider (Abb. 2).

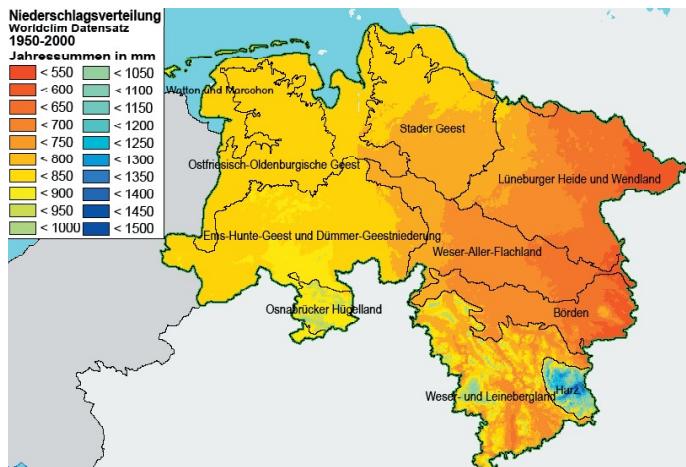


Abb. 2: Rezente durchschnittliche Jahresniederschlagssummen (Daten: WorldClim)

Im kontinental geprägten Klima des Wendlandes und im östlichen Teil der Börde liegt der mittlere Niederschlag unter 600 mm, wodurch bereits heute in trockenen Sommern keine optimale Wasserversorgung für Pflanzenbestände gewährleistet ist und auch die Grundwasserspenden minimal sind. Das Osnabrücker Hügelland, Teile des Weser-Leine-Berglands und der Harz sind dagegen durch höhere jährliche Niederschläge gekennzeichnet (mehr als 800 mm). Für den Herbst und Winter waren in den letzten Jahren leichte Anstiege der Niederschläge zu verzeichnen, die regional unterschiedlich ausgeprägt ausfielen (Abb. 3).

Wie die Niederschläge weisen auch die Windgeschwindigkeiten deutliche Gradienten auf. So nimmt die mittlere Windgeschwindigkeit von der Nordseeküste nach Osten und ins Landesinnere um den Faktor 2-3 ab. In den Mittelgebirgen steigen die Windgeschwindigkeiten mit zunehmender Höhe an, was sich besonders in den Kammlagen des Berglandes und im Harz bemerkbar macht.

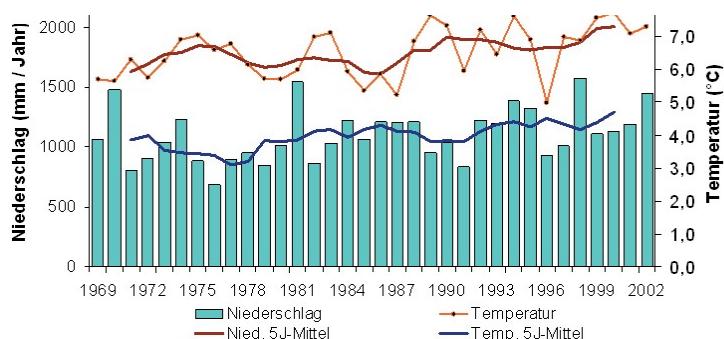


Abb. 3: Verlauf der Jahresschnittstemperaturen und der Niederschlagssummen auf der B1-Untersuchungsfläche im Solling von 1969-2002

## Mögliche künftige Klimaänderungen in Niedersachsen (Klimasignale)

Als Grundlage für die Abschätzung künftiger Klimaentwicklungen werden von der Wissenschaft Klimamodelle erstellt. Hiermit werden unter anderem auf Grundlage von wirtschaftlichen Entwicklungen und Bevölkerungswachstum sogenannte „Klimaszenarien“ berechnet.

Bei der Interpretation der Ergebnisse von Klimamodellen muss grundsätzlich berücksichtigt werden, dass es sich um Modellrechnungen handelt, welche ein oder mehrere mögliche zukünftige Szenarien darstellen, dabei aber keine Gewissheit geben, dass sich das Klima wirklich so entwickeln wird.

Um die möglichen Klimaänderungen Niedersachsens im Laufe des 21. Jahrhunderts zu beschreiben, wurde das vom Weltklimarat (IPCC) vorgestellte Emissionsszenario SRES-Szenario A1B (gemäß 4. Sachstandsbericht) verwendet. In diesem Szenario wird eine Welt mit rascher wirtschaftlicher Entwicklung beschrieben. Die Weltbevölkerung würde danach bis 2050 weiter ansteigen und dann langsam abnehmen. Gleichzeitig wird der Einsatz von effizienten Technologien vorausgesetzt.

Nach diesem Szenario würde die CO<sub>2</sub>-Konzentration von heute 380 ppm auf 710 ppm im Jahr 2100 ansteigen. Betrachtet man die globale Entwicklung der letzten Dekaden, so erscheint dieses Szenario plausibel. Andere Szenarien oder Modelle würden etwas geänderte klimatische Veränderungen prognostizieren. Gerade bei den Temperaturen gehen jedoch alle Trends in die gleiche Richtung.

Die nachfolgend gezeigten Trends der Klimaprojektionen basieren überwiegend auf dem Regional-Modell CLM, das vom Max-Planck-Institut für Meteorologie unter Mitwirkung des Deutschen Klimarechenzentrums in Hamburg entwickelt wurde.

Nach diesen Modellrechnungen wäre in Niedersachsen ein Anstieg der gegenwärtigen Jahresmitteltemperatur um ca. 3 °C bis zum Jahr 2100 zu erwarten. Dies wird besonders in der letzten Periode (2071-2100) sichtbar (Abb. 4). Etwas weniger betroffen von dem Temperaturanstieg wären die Regionen der Lüneburger Heide, des Weser-Leine-Berglandes und des Harzes. Der Temperaturanstieg wäre nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt.

Am stärksten wäre der Anstieg im Winter und Herbst (3 bis 4 °C) während der Anstieg im Frühling mit 1.8 °C relativ moderat wäre.

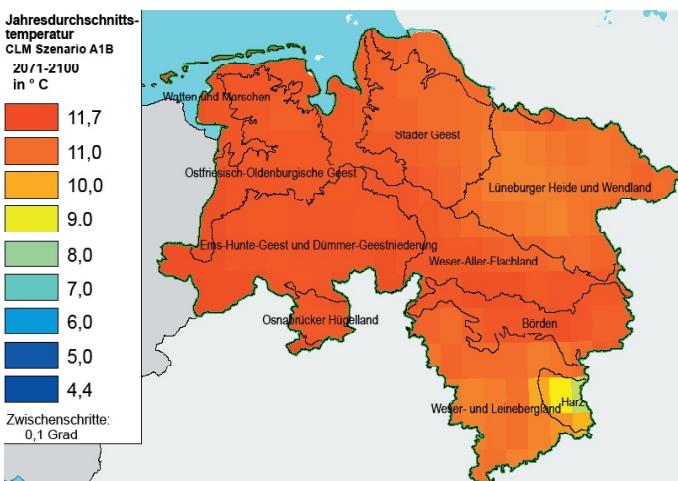


Abb. 4: Jahresdurchschnittstemperaturen für die Klimaperiode 2071-2100 im CLM-Szenario A1B.

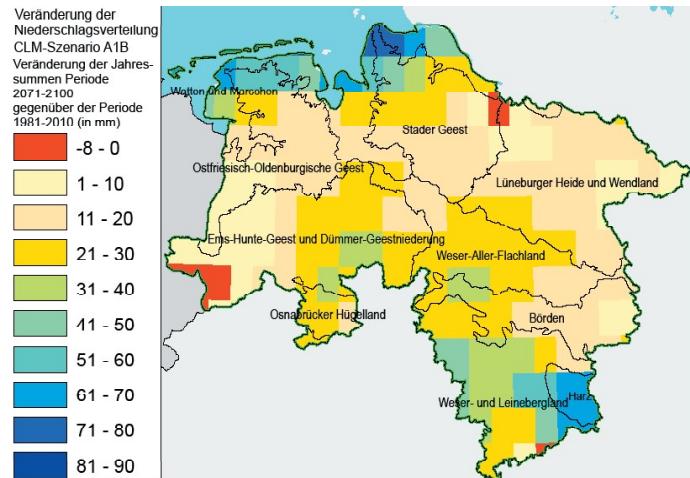


Abb. 5: Veränderung der jährlichen Niederschlagsverteilung für die Klimaperiode 2071-2100 im CLM-Szenario A1B gegenüber dem Kontrollzeitraum 1981-1990.

Die mittlere jährliche Niederschlagssumme in Niedersachsen und die räumliche Verteilung der Niederschlagshöhen würden sich nicht besonders stark verändern (Abb. 5). Lediglich im Küstenbereich, im Bergland und im Harz ist mit Anstiegen zwischen 5-10 % zu rechnen. Viel wichtiger aber sind die Veränderungen der saisonalen Verteilung des Niederschlags. Während im Sommer und der Vegetationszeit ausgeprägte Rückgänge zu verzeichnen sind (Abb. 6), würde es im Winter zu erhöhten Niederschlägen kommen, so dass die jährlichen Niederschlagssummen trotz zunehmender sommerlicher Trockenheit steigen könnten. Mit der Zunahme der winterlichen Niederschläge würde sich auch das Hochwasser- und Überschwemmungsrisiko erhöhen.

Die oben genannten Unterschiede im Anstieg der mittleren saisonalen Lufttemperatur zeigen sich auch in einer Verlängerung der frostfreien Zeit. Sie würde sich bis zum Ende des Jahrhunderts um weitere 50-55 Tage verlängern, was sowohl aus einem Rückgang der Spätfröste (21 Tage früher) als auch aus späterem Auftreten der Frühfröste (32 Tage) resultiert. Auch würde sich die mittlere Dauer der thermischen Vegetationsperiode um weitere 70-80 Tage erhöhen. Die Änderung im Küstenbereich und im westlichen und mittleren Teil Niedersachsens könnte sogar 80-90 Tage betragen.

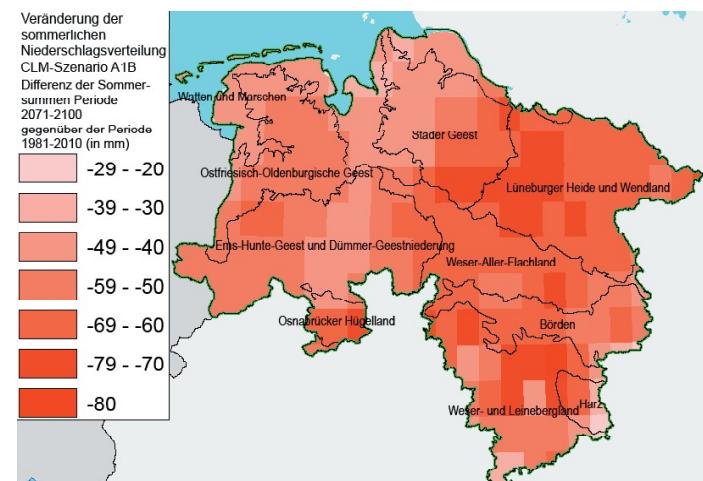


Abb. 6: Veränderung der sommerlichen Niederschlagsverteilung für die Klimaperiode 2071-2100 im CLM-Szenario A1B gegenüber dem Kontrollzeitraum 1981-1990.

Bisher herrscht noch große wissenschaftliche Unsicherheit darüber, wie sich der Klimawandel auf die Windgeschwindigkeiten und auf die Häufigkeit von Stürmen in Europa auswirken wird. Eine Zunahme der Anzahl der Winterstürme und von Tagen mit extrem hohen Windgeschwindigkeiten sowie höheren maximalen Windgeschwindigkeiten erscheinen jedoch wahrscheinlich.

Das IPCC geht in seinem neusten Bericht von einem Anstieg des Meeresspiegels von 18-59 cm bis 2100 aus. Da bei diesen Berechnungen das beschleunigte Abschmelzen des Grönlandeises und der Westantarktis nicht enthalten ist, muss eventuell mit deutlich höheren Anstiegen gerechnet werden. Auch kann erwartet werden, dass der mittlere Anstieg durch das häufigere Auftreten extremer Sturmereignisse und der damit einhergehenden Sturmfluten übertroffen werden könnte.

Extremwetterereignisse zeichnen sich durch eine kurzzeitige, aber sehr starke Abweichung der Werte von den klimatischen Mittelwerten in einer Region aus. Für Niedersachsen sind dies beispielsweise Hitzewellen, Trockenperioden, Starkniederschläge und Stürme. Im Vergleich zu den schlechenden Veränderungen verursachen sie häufig größere Schäden und können gravierende Folgen für den Menschen und die Umwelt haben. Da es sich um Ereignisse handelt, die von Kombinationen globaler und lokaler Faktoren verursacht werden, ist eine Abschätzung der zukünftigen Entwicklung noch sehr unsicher.

Die zukünftig erhöhten mittleren Sommertemperaturen in Verbindung mit reduzierten Niederschlägen lassen das häufigere Auftreten von Hitzewellen und Dürren wahrscheinlich erscheinen. Die regionale Verbreitung und die Eintrittswahrscheinlichkeiten bedürfen für Niedersachsen noch weiterer Untersuchungen.

Mit zunehmender Erwärmung kann die Luft mehr Wasserdampf aufnehmen. Insbesondere in den Mittelgebirgen könnte dies vermehrt zu Starkniederschlägen und den damit verbundenen Phänomenen wie Erosion und Hochwasser führen. Zudem kann künftig mit einem Anstieg der Anzahl der Tage mit hohen Windgeschwindigkeiten um 50 % gerechnet werden und bei der Anzahl von Sturmfluten sogar von 50-100 %.



## Szenarien für einzelne Regionen und Landschaftstypen in Niedersachsen

In der Klima-Periode 1961-1990 betrug die Schneedeckung mit mindestens 30 mm Wasseräquivalent in Niedersachsen 10-30 Tage, im Harz mehr als 40 Tage. Aufgrund steigender Temperaturen, die zu einer Minderung des Schneefallanteils am Gesamt-niederschlag und zu einem schnelleren Abschmelzen führen, wird sich bundesweit bis zum Ende des 21. Jahrhunderts diese Periode um 20-40 Tage verkürzen. Im Flachland kann daher die mittlere Zahl der Schneetage auf Null sinken. Ein verändertes Abschmelzverhalten kann zusätzlich das Hochwasserrisiko erhöhen.

Die mittlere Länge von Trockenperioden mit Niederschlägen unter 0.1 mm pro Tag liegt in Niedersachsen bisher bei 10 Tagen. Die Klimaprojektionen zeigen, dass sich die Dauer nur unwesentlich verlängern wird. Aufgrund der deutlich erhöhten Verdunstung werden Trockenperioden in den niederschlagsarmen Regionen im Osten des Landes den Wasserstress der Pflanzen merklich erhöhen und den Landschaftswasserhaushalt verändern.

Die Zahl der nassen Tage mit Niederschlägen von mehr als 25 mm liegt in der Periode 1961-1990 in Niedersachsen bei 5-10, im Harz jedoch deutlich höher. Im Küstenbereich, im Bereich der westlichen Geestgebiete, im Osnabrücker Hügelland, im Weser-Leine-Bergland und im Harz kommt es zu leichten Anstiegen um 2-3 Tage im Jahr. Davon sind überwiegend die Wintermonate betroffen.

An der Nordseeküste wird die Erwärmung mit im Mittel 2.5°C etwas schwächer ausfallen. Im Sommer könnten bis zu 25 % weniger Niederschläge fallen.

Phänologische Daten haben gezeigt, dass sich der Blühbeginn des Apfels im Alten Land bereits in den letzten Jahren um 17-20 Tage vorverlegt hat. Dieser Trend wird sich weiter fortsetzen, so dass insgesamt mit deutlich verlängerten Vegetationszeiten zu rechnen ist.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die sich in den vergangenen 50 Jahren bereits abzeichnenden Trends des Klimawandels fortsetzen und zum Teil auch noch deutlich verstärken werden. Die Änderungen werden in starkem Maße von der Topographie beeinflusst, aber in Niedersachsen besonders auch von der Entfernung zum Meer. Allgemein ist zu erwarten, dass die Veränderungen im Winter stärker ausfallen werden als im Sommer. Regionen, die wahrscheinlich die stärkste Dynamik des Klimageschehens aufweisen könnten, sind die Küstenregion, die östlichen Bereiche des Landes wie die Lüneburger Heide und das Wendland, das Aller-Flachland und die Bördne sowie das Bergland und der Harz.

Neben den schlechenden Veränderungen wie dem allgemeinen Temperaturanstieg sind es besonders Extremwetterereignisse wie Hitzewellen, Trockenperioden, Stürme und Starkregen, deren Eintrittswahrscheinlichkeiten aufgrund der anthropogenen Klimaänderungen steigen könnten.

Für die Entwicklung von spezifischen Anpassungsstrategien an den zu erwartenden Wandel ist es ein dringendes Erfordernis, die meteorologischen und klimatologischen Daten auf Landesebene einer intensiven weiteren Analyse zu unterwerfen und sie gleichzeitig der Allgemeinheit zugänglich zu machen. Darüber hinaus bedarf es der Verbesserung und Weiterentwicklung von regionalen Klimamodellen mit hoher räumlicher Auflösung. Bisher stellen die vorliegenden Daten aus den Modellen CLM-, REMO-, WETREG und Star eine vorläufige Basis dar.

Mit den bisherigen Klimaprognosen ist noch ein erhebliches Maß an Unsicherheiten verbunden. Dies darf allerdings kein Grund dafür sein, länger mit regionalen Risikoanalysen und der Entwicklung von Anpassungsstrategien und Maßnahmen zu warten. Vielmehr ist der Prozess so zu gestalten, dass ständig eine neue flexible Anpassung erfolgen kann.

Für die Absicherung von klimatischen Trends und die daraus resultierende Veränderung von Ökosystemen ist ein umfangreiches Monitoring unverzichtbar. Diese Daten können zusätzlich dafür eingesetzt werden, vorhandene oder noch zu entwickelnde Modelle und Methoden zu evaluieren.



## Welche Folgen sind zu erwarten, was ist zu tun? Auswirkungen des Klimawandels und Maßnahmenoptionen

Die Klimaforschung bietet zunehmend räumlich recht gut differenzierte Aussagen zum möglichen künftigen Klima in Niedersachsen. Daraus ergibt sich die Frage, wie sich die zu erwarten den Klimaänderungen auf die verschiedenen Wirtschafts-, Sozial- und Umweltsysteme auswirken. Dazu wird eine Aufschlüsselung der Folgen für die voraussichtlich besonders berührten Sektoren und Lebensbereiche vorgenommen, wie sie sich nach dem gegenwärtigen Erkenntnisstand darstellen. Zudem werden erste Maßnahmen und Optionen skizziert. Dabei stehen zunächst die Handlungsfelder Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz, Küstenschutz, Bodenschutz, Naturschutz und Biodiversität, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei, Gesundheit und Tourismus im Mittelpunkt.

Damit soll nicht ausgeschlossen werden, dass sich der Klimawandel auch in anderen Sektoren bemerkbar machen könnte. So scheint es beispielsweise denkbar, dass sich die prognostizierte Zunahme von Extremwetterereignissen kritisch auf Infrastrukturen wie Energie- und Wasserversorgung, Transport und Verkehr oder die Häfen auswirken könnte und somit Schlussfolgerungen auch für diese Sektoren gezogen werden müssten. Doch sind diese Effekte im Einzelnen noch zu wenig untersucht, um be lastbare Aussagen treffen zu können. Deshalb konzentriert sich die Darstellung auf solche Sektoren, für die bereits konkretere Einschätzungen möglich sind.

## Wasserwirtschaft und Hochwasserschutz

Die Wasserwirtschaft ist von den Folgen des Klimawandels auf vielfache Weise betroffen: Höhere Temperaturen, veränderte Niederschlagsverhältnisse und steigende Extremwetterereignisse beeinflussen den Wasserhaushalt und das Hochwasserrisiko und stellen die Wasserwirtschaft in Niedersachsen vor neue Herausforderungen.

► Das Klima ist ein wesentlicher Faktor für die Bildung des Grundwassers. Die erwartete Veränderung der Stärke und Verteilung von Niederschlägen wird daher naturgemäß die Grundwasserneubildung beeinflussen. Im Allgemeinen verfügt Niedersachsen über einen großen Grundwasservorrat. Bisher gibt es daher nur in wenigen Regionen Probleme mit dem verfügbaren Dargebot.

Grundwasserneubildung ist überwiegend auf den Winter beschränkt; und die Prognosen zum Klimawandel sagen für den Winter allgemein eher höhere Niederschläge vorher. Vor allem in Regionen mit gut durchlässigen Böden könnte dies trotz geringerer Niederschläge im Sommer und einer erhöhten potentiellen Verdunstung zu einem Anstieg des Dargebotes führen.

Dagegen wird das Grundwasserdargebot in Regionen mit schlecht durchlässigen Böden und Böden mit geringer Speicherkapazität wahrscheinlich zurückgehen. Dies kann vor allem in heißen Sommern, in denen sich der Wasserbedarf der Vegetation zum Teil deutlich erhöht, zu Versorgungsproblemen führen. Denn insbesondere bei Böden mit geringerer Speicherkapazität und damit auch Produktivität ist eine Intensivierung der landwirtschaftlichen Beregnung mit Erhöhung der Anzahl der Beregnungsgaben und einer Ausweitung der Beregnungsflächen zu erwarten.

Insgesamt müssen wir also nicht davon ausgehen, dass die Grundwasserneubildung durch den Klimawandel überall in Niedersachsen sinken wird. In einigen Regionen des Landes ist jedoch mit einer mancherorts erheblichen Zunahme von Grundwasserschwankungen zu rechnen. Um diese Auswirkungen noch genauer einschätzen zu können, hat die Landesregierung ein Projekt in Auftrag gegeben, in dem der Einfluss der Klimaänderungen auf die regionale Grundwasserneubildung untersucht wird. Schwerpunkt ist hierbei die Ermittlung der Grundwasserneubildung in ihrer räumlichen und zeitlichen Variabilität sowie ökologisch wichtiger Wasserhaushaltsgrößen. Mit ersten Ergebnissen ist Ende 2009 zu rechnen; das Projekt wird im Jahr 2011 abgeschlossen.

► Auch bei den Oberflächengewässern wird sich der Klimawandel bemerkbar machen. Häufigere niederschlagsarme Sommermonate verstärken die Gefahr von Niedrigwasser, gleichzeitig verursachen zunehmende Zeiten direkter Sonneninstrahlung und ansteigende Lufttemperaturen einen vermehrten natürlichen Wärmeeintrag in die Gewässer. Eine geringe Wasserführung im Sommer führt grundsätzlich zu einer Erhöhung der Konzentrationen aller Wasserinhaltsstoffe und beeinträchtigt damit die Gewässergüte. Und die Erwärmung der Gewässer führt zu einer Abnahme biologisch essentieller gelöster Gase wie Sauerstoff. In der Konsequenz können Beeinträchtigungen der Wasserqualität sowie der Möglichkeiten zur Wasserentnahme und Einleitungen für Kraftwerke, Brauchwasser, Bewässerungswasser, Kläranlagen und Fischteiche stehen. Es kann daher erforderlich werden, Wärmeeinleitungen in Gewässer im Hinblick auf die Temperatur und Aufwärmspanne zu begrenzen.

► Besondere Bedeutung hat der Klimawandel zudem für den Hochwasserschutz. Wir müssen davon ausgehen, dass sowohl die länger andauernden und intensiveren Winterniederschläge als auch die häufigeren Sommerniederschläge mit extrem hohen Intensitäten neue Anforderungen an den Hochwasserschutz in Niedersachsen stellen. Insbesondere die zunehmenden Starkregenereignisse können vermehrt Hochwassersituationen verursachen. So ist nicht auszuschließen, dass vor allem stark versiegelte besiedelte Flächen, die heute noch sicher sind, künftig von Hochwasser überschwemmt werden.

Schon jetzt führen kurzzeitige, intensive Starkregenereignisse zu Problemen bei der Ortsentwässerung. Deshalb wird in Niedersachsen die mit dem Klimawandel einhergehende Zunahme der Häufigkeit, Dauer und Intensität von Niederschlägen beim Bau von Neuanlagen der Ortsentwässerung berücksichtigt. Für bestehende Anlagen gilt es, auf kommunaler Ebene Anpassungsstrategien zu entwickeln, um künftig häufigeren Überstauungen der Ortsentwässerungsanlagen zu begegnen. Beispielsweise kann mit Auflagen in der örtlichen Satzung das Risikopotential in bestimmten Gebieten reduziert werden. Andere Mittel sind die Entkoppelung versiegelter Flächen vom Entwässerungssystem, der Ausbau der dezentralen Versickerung oder eine Kanalnetzsteuerung.

Nicht zuletzt ist die Ausweisung von Überschwemmungsgebieten eine wesentliche Maßnahme zur Flächenvorsorge bei extremen Hochwasserereignissen. Diese Ausweisung wird weiter intensiv vorangetrieben, um überschwemmungsgefährdete Flächen möglichst weitgehend von Nutzungen freizuhalten. Zudem wird die Forschung über Klimawandel und Hochwasserereignisse ausgeweitet. Die Landesregierung hat eine Untersuchung in Auftrag gegeben, inwieweit die Auswirkungen des Klimawandels bei der Bemessung von Hochwasserschutzanlagen oder bei der Hochwasservorhersage noch stärker als bisher berücksichtigt werden müssen. Sie soll Hinweise für einen Hochwasserschutz im Zeichen des Klimawandels geben, der das Notwendige mit dem tatsächlich Machbaren verbindet. Erste Ergebnisse werden Mitte 2009 vorliegen. Weiterhin werden im Rahmen des Verbundprojektes „Klimaforschung - Szenarien für die Anpassung“ (KLIFF) die regionalen und lokalen Folgen des Klimawandels auf die Wasserressourcen (Wasserverfügbarkeit, Hochwasserrisiko, Gewässerbelastung sowie Küstenschutz) untersucht. Nach einer Analyse des Ist-Zustandes sowie bisherigen Änderungen sollen Methoden entwickelt werden, die eine Prognose über die Auswirkungen zukünftiger Klimaänderungen erlauben und mit denen Anpassungsstrategien entwickelt werden können.



## Küstenschutz

Eine mehr als 600 Kilometer lange Deichlinie schützt die niedersächsische Küste und damit 1,2 Millionen Menschen vor Sturmfluten. Hinzu kommen die Ostfriesischen Inseln, die mit ihren sandigen Küsten den Kräften des Meeres besonders exponiert ausgesetzt sind und ständigen morphologischen Veränderungen durch Stürme und Gezeiten unterliegen. Der Küstenschutz hat deshalb eine herausragende Bedeutung in Niedersachsen.

Die aktuellen Erkenntnisse der Klimaforschung verdeutlichen, dass der Klimawandel sehr wahrscheinlich große Veränderungen und Schäden für die Meeressumwelt und die Küsten verursachen kann mit beträchtlichen Folgen für Mensch und Natur.

Auch wenn die Höhe des Meeresspiegelanstiegs in den Klimaprojektionen noch mit größeren Unsicherheiten behaftet ist, zeichnet sich dort bis zum Ende des 21. Jahrhunderts im globalen Mittel ein Anstieg von 18 cm bis 59 cm ab (s. Kapitel: „Mögliche künftige Klimaänderungen in Niedersachsen“). Durch stärkere Stürme und verzögertes oder ausbleibendes Mitwachsen der Watten sind zusätzliche Belastungen auf Inseln, Küste und vor allem Küstenschutzwerke zu erwarten.

Küstenschutz für Niedersachsen wird damit zu einer großen gesellschaftlichen und ökonomischen Herausforderung der Zukunft. Als erste Konsequenz hat die Landesregierung im Sinne eines vorbeugenden Küstenschutzes für die Bemessung der Sollhöhen von Küstenschutzanlagen ein Vorsorgemaß für den Meeresspiegelanstieg von 50 cm eingeführt. Massive Küstenbauwerke werden so ausgelegt, dass sie später bei Bedarf erhöht werden können.

Für die künftige Vorsorgeplanung ist zu prüfen, ob und unter welchen veränderten Randbedingungen der seit Jahrhunderten trotz Rückschlägen mit Erfolg praktizierte linienhafte Küstenschutz beibehalten und ergänzt werden kann (zum Beispiel durch Aktivierung einer zweiten Deichlinie). Vorrang hat dabei stets Leib und Leben der Küstenbewohner gefolgt vom Erhalt der Lebensgrundlagen. Im Rahmen des KLIFF-Verbundes zur Klimafolgenforschung im Projekt A-KÜST werden für Szenarien zukünftig zu erwartender Belastungen neben den traditionellen Küstenschutzstrategien Alternativformen auf ihre Eignung untersucht.

Ganz wesentlich sind neben diesen Planungen weitere Untersuchungen zur klimabedingten Veränderung der Tidewasserstände, der Sturmfluten und der Morphologie des Küstenraums. Die Landesregierung arbeitet auf diesen Gebieten intensiv mit Forschungseinrichtungen und Verwaltungen auf nationaler und internationaler Ebene zusammen.



## Bodenschutz

Die niedersächsischen Böden zeichnen sich durch eine sehr große Vielfalt aus. Ihr Spektrum reicht von den wasserbeeinflussten Böden der Marschen und Moore bis zu den sehr trockenen Böden der Sander und Kalkgesteine. Dies bedeutet, dass sich die räumlichen Muster des Klimawandels sehr unterschiedlich auf die Böden auswirken werden, wodurch es als Sekundäreffekt Veränderungen in der Struktur und Funktion der Böden geben kann. Zwar ist es unbestritten, dass das Klima den Boden und damit auch die bodenbildenden Faktoren deutlich beeinflusst. Aufgrund der Komplexität der im Boden ablaufenden Prozesse sind jedoch bislang nur allgemein qualitative Aussagen möglich.

So kann die erwartete Zunahme von Niederschlagsereignissen und -intensitäten vor allem im Winterhalbjahr zu steigendem Bodenabtrag durch Wassererosion führen. Neben solchen Bodenschädigungen kann es auch zu erhöhten Einträgen von Schadstoffen in Gewässer kommen. Gefährdet sind in Niedersachsen vor allem die Gebiete mit Löss- oder Sandlössdecken in geneigten Lagen und die schluffig-lehmigen Verwitterungsböden des Berg- und Hügellandes.

Durch erhöhte Niederschlagsmengen auf der einen und eine Abnahme der Frosttage auf der anderen Seite ist zudem eine erhöhte Verdichtungsgefährdung der Böden zu erwarten. Eine Verschlämmlung der Bodenoberfläche begünstigt den Oberflächenabfluss, der wiederum zu Verstärkung der Hochwasserereignisse führen kann. Gefährdet sind in Niedersachsen wiederum vor allem die Gebiete mit Löss- oder Sandlössdecken in geneigten Lagen und die schluffig-lehmigen Verwitterungsböden des Berg- und Hügellandes.

Böden stellen den drittgrößten Kohlenstoffvorrat der Erde dar, wovon etwa 15-30 Prozent auf Moore entfallen. Inzwischen gibt es deutliche Hinweise, dass durch die erwarteten höheren Temperaturen der Humusgehalt der Böden langfristig abnimmt. Insbesondere unter wassergeprägten (hydromorphen) Böden ist es möglich, dass durch die höheren Temperaturen und die stärkere Verdunstung mittelfristig die Grundwasserstände sinken. Dies hätte zur Folge, dass der Anteil an organisch gebundenem Kohlenstoff in den Böden sinkt. Gleiche Effekte werden durch Grünlandumbruch erzielt. In Niedersachsen wären davon insbesondere die Moore, aber auch Marschen, Gleye und Auenböden betroffen.



Der Überblick zeigt, dass die Änderung der klimatischen Rahmenbedingungen mittel- bis langfristig Auswirkungen auf sämtliche Funktionen der niedersächsischen Böden haben kann: Filter- und Pufferfunktion, Regulationsfunktion, Lebensraumfunktion und Wasserspeicherfunktion. Als besonders wichtig und vor dringlich zu bearbeiten sind dabei die Handlungsfelder Erosion, Verdichtung und Humusgehalte. Hier kommt es zunächst darauf an, für die jeweiligen regionalen Betroffenheiten auch belastbare quantitative Aussagen abzuleiten. Dazu sollten Landesboden- daten mit den aktuellen Ergebnissen der regionalen Klimafor- schung verknüpft werden.

## Naturschutz und Biodiversität

Die zu erwartenden Veränderungen der klimatischen Bedin- gungen - wie vor allem steigende Temperatur, verminderter Wasserhaushalt und die Zunahme von Extremwetterereignissen – werden sich spürbar auf Umwelt und Biodiversität auswirken. Klimaveränderungen haben maßgebliche Auswirkungen auf die Standortbedingungen wild lebender Tier- und Pflanzenarten. Dies wird zum Beispiel zu Veränderungen im Jahresrhythmus sowie zu Änderungen in Verhalten, Fortpflanzung, Vitalität, Kon- kurrenzfähigkeit und Nahrungsbeziehungen von Arten führen.

Daraus können Konsequenzen für die geografische Verbrei- tung von Arten und Lebensräumen (Ausbreitung von Wärme toleranten Arten wie Blauracke und Orlotan, Rückgang Kälte toleranter Arten, beispielsweise Auerhuhn oder Verdrängung durch invasiv wirkende einwandernde Arten) sowie für die Artenzusammensetzung und die Struktur von Ökosystemen resultieren.

Insbesondere für solche Arten erhöht sich das Gefährdungs- potential, die sehr spezifische Lebensraumansprüche haben und denen nur ein kleines potentielles Verbreitungsgebiet zur Verfü- gung steht oder die sich neue Lebensräume wegen schlechter Ausbreitungsmöglichkeiten nicht oder nur schwer erschließen können (wie zum Beispiel Birkhuhn und Goldregenpfeifer). An- passungsfähige Arten wie Schafstelze oder Rotkehlchen hingegen können vom Klimawandel gegebenenfalls auch profitieren.

Auswirkungen auf die Verbreitungsgebiete von Arten, auf die Artenzusammensetzung und die Struktur von Ökosystemen sind also möglich, wobei die Prognosen über deren Umfang unterschiedlich ausfallen. Als besonders anfällig werden Feucht- gebiete, Wald- und Gewässerökosysteme sowie Biotoptypen der Hochlagen und der Küstenregionen eingestuft.

Der Naturschutz leistet schon heute einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Sicherung der Leistungsfähigkeit des Natur- haushaltes und zum Erhalt der Pflanzen- und Tierwelt und ihrer Lebensräume. Die hierfür über viele Jahre hinweg entwickelten Strategien, Instrumente und Maßnahmen sind auch geeignet, auf Auswirkungen des Klimawandels angemessen zu reagieren. Hierzu zählt insbesondere die ökologische Flexibilität und damit das natürliche Anpassungspotenzial von Arten und Lebensräu- men zu unterstützen – zum Beispiel, um temperaturbedingte Ausweich- und Wanderbewegungen gewährleisten zu können. Aber auch eine Erhöhung der ökologischen Stabilität trägt dazu bei, die Folgen des Klimawandels für Tiere und Pflanzen abzu- federn, denn in intakten Lebensräumen können Arten leichter überleben als in Lebensräumen mit hohen Vorbelastungen. Nicht zuletzt können Maßnahmen des Naturschutzes wie die Wieder- vernässung und die damit verbundene Bindung von Kohlenstoff oder der Schutz natürlicher Überschwemmungsgebiete als Beiträge zum Klimaschutz und zur Bewältigung der Folgen des Klimawandels angesehen werden.

Im Hinblick auf mögliche Auswirkungen des Klimawandels kommt es deshalb darauf an, an dem breiten Maßnahmespek- trum des Naturschutzes festzuhalten und das Schutzinstrumen- tarium weiter zielgerichtet zu optimieren. Das betrifft im We- sentlichen die Erhaltung und Entwicklung sowie die weitere Vernetzung von Lebensräumen und Lebensstätten - vor allem im Rahmen der Umsetzung des europäischen Schutzgebietssystems Natura 2000 –, die Optimierung von Lebensraumfunktionen, die Erhöhung der Strukturvielfalt in nicht geschützten Landschafts- teilen sowie den Erhalt und die Entwicklung von Feuchtgebieten, Fließgewässern und naturnahen Wäldern.

Die naturschutzfachlichen Erfassungsprogramme zum Beispiel zur Bestandsentwicklung, zur Verbreitung und auch zu neu ein- wandernden Arten werden fortgeschrieben und verfeinert, um künftig auch mögliche klimabedingte Veränderungen identifi- zieren und bewerten zu können. Die Monitoringprogramme sind eine wichtige Grundlage und Voraussetzung, um landesweite Schutzkonzepte für Arten und Lebensräume erstellen und konkrete, zielgerichtete und effektive Schutzmaßnahmen für Pflan- zen, Tiere und Lebensräume in der Fläche umsetzen zu können.

## Landwirtschaft, Garten- und Obstbau

Die Landwirtschaft in Niedersachsen wird durch die Änderun- gen der Klimaparameter wie Temperatur im Jahresverlauf und -durchschnitt, Niederschlagshöhe und –verteilung, Sonnen- scheindauer und die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre maßgeblich beeinflusst. Voraussichtlich werden sich die meisten dieser Klimaänderungen eher negativ auf die Produktionsbedin- gungen auswirken. Wegen erhöhter Klimavariabilität ist zudem eine abnehmende Ertragssicherheit in ganz Niedersachsen wahrscheinlich.

Eine besondere Belastung geht von den schwer vorherseh- baren und unkalkulierbaren Wetterextremen aus, zum Beispiel Spätfröste, Sturm, Hagel und Hitze. In allen Modellrechnungen wird eine Zunahme der Extremwetterlagen prognostiziert. Er- schwerend kommt hinzu, dass die Möglichkeiten der Anpassung an Wetterextreme sehr begrenzt sind. Darüber hinaus haben die niedersächsischen Betriebe auch mit einer indirekten Folge des Klimawandels zu rechnen. Denn es ist davon auszugehen, dass weltweit die landwirtschaftlichen Produktionsrisiken steigen und damit Preisschwankungen (Volatilitäten) bei Agrarproduk- ten zunehmen. Zur Abfederung dieser Risikozunahmen wird es letztlich auf den Ausbau eines breit angelegten landwirtschaft- lichen Risikomanagements ankommen. Das bedeutet vor allem Diversifizierung der Einkommen, Ausbau der Liquiditätsreserven und Nutzung von Versicherungslösungen.



Allerdings lassen sich auch positive Auswirkungen des Klimawandels nennen: Höhere Temperaturen im Winter und weniger Kälterückfälle im Frühjahr begünstigen ein frühes Wachstum der Pflanzen. Wärme liebende Arten wie zum Beispiel Mais könnten mehr Ertrag einbringen. Auch im Obstbau ergeben sich Chancen durch längere Wachstumsperioden bzw. veränderte Reifezeiten, verbesserte Qualitäten und die Anbaumöglichkeit neuer Sorten.

Für eine nähere Betrachtung der Folgen des Klimawandels für die niedersächsische Landwirtschaft ist nach Standort und Betriebsorganisation zu differenzieren. So wird der Klimawandel im Westen Niedersachsens mit einem eher atlantisch geprägten Klima andere Auswirkungen haben als im Osten des Landes mit einem eher kontinental geprägten Klima. Dabei ist im Osten wahrscheinlich mit geringeren Niederschlägen während der Vegetationszeit zu rechnen und, sofern diese nicht ausgeglichen werden können, auch mit niedrigeren Erträgen. Eine wichtige Rolle spielen auch die unterschiedlichen Bodenqualitäten, da diese die Auswirkungen des Klimawandels, insbesondere Niederschlagsextreme, sehr unterschiedlich verkraften können.

Der Anpassungsbedarf bei den landwirtschaftlichen Betrieben ist deshalb sehr verschieden, Musterlösungen gibt es nicht. Entsprechend vielfältig ist auch die Palette der Anpassungsoptionen, die für die Landwirtschaftsbetriebe grundsätzlich in Betracht kommen:

► An Bedeutung gewinnt die Weiterentwicklung des pflanzenbaulichen Risikomanagements, beispielsweise durch Anpassung der Fruchtfolgen, Entwicklung neuer Düngungsstrategien, Ausbau des Zwischenfruchtanbaus sowie Sortenwahl. Zur verbesserten Verwertung der zugeführten Düngemittel sind die Düngungszeitpunkte in Abhängigkeit der Nährstoffverfügbarkeit und Ausbringungstechniken zu überprüfen.

Es ist davon auszugehen, dass sich der Pflanzenschutz in Landwirtschaft und Gartenbau auf ein verändertes Auftreten von Schädlingen einstellen muss, weil ein Temperaturanstieg die Lebensbedingungen für Schadenerreger beeinflusst. So werden vor allem in den nördlichen Anbaugebieten Niedersachsens neue Schädlinge erwartet, wie zum Beispiel der Maiszünsler.

► In vielen Teilen der Landwirtschaft und des Gartenbaus - hier insbesondere im Gemüse- und Zierpflanzenanbau - ist heute schon eine gezielte Bewässerung erforderlich. Angesichts der prognostizierten Niederschlagsausfälle während der Vegetationszeit vor allem im östlichen Teil Niedersachsens wird effizientes Wassermanagement noch größere Bedeutung bekommen. Hierzu zählen in erster Linie die Anpassung und Umstellung der Fruchtfolgen, die gezielte Stabilisierung der Humusgehalte sowie der Einsatz wasser sparender Beregnungs- und Bewässerungstechniken wie Tröpfchenbewässerung oder der Einsatz geschlossener Bewässerungssysteme.

► Die Pflanzenzüchtung muss sich an die veränderten Klimabedingungen anpassen bzw. neu ausrichten. Die neuen Anforderungen an Sorten werden sich künftig auch in den Eigenschaften Trockenheits- und Stresstoleranz sowie Nährstoffaneignungsvermögen widerspiegeln. Darüber hinaus ist nicht auszuschließen, dass künftig ein erweitertes Artenspektrum zum Beispiel bei den C 4-Pflanzen (Hirse) zum Anbau gelangt. Zu berücksichtigen sind außerdem die steigenden CO<sub>2</sub>-Gehalte in der Atmosphäre. Sie haben erheblichen Einfluss auf Inhaltsstoffe. So nehmen Eiweißgehalte im Weizen ab, Zuckergehalte im Obst steigen – es verändern sich also die Qualitäten der Nahrungs- und Futtermittel.



► Die Zunahme von Starkregenereignissen einerseits und Trockenphasen andererseits erhöht die Anforderungen an die Bodenbearbeitung zur Verbesserung der Wassereffizienz. Es gilt, den Anteil unproduktiver Verdunstung zu verringern und gleichzeitig die Infiltrationseigenschaften sowie das Wasserhaltevermögen des Bodens zu verbessern. Hierzu müssen wassersparende, erosionsmindernde und energieeffiziente Bodenbearbeitungsverfahren weiter entwickelt werden. In Abhängigkeit der Standortvoraussetzungen und der Fruchfolge sind konservierende Bodenbearbeitungsverfahren vorzuziehen.

► In der Freiland- bzw. der naturnahen Tierhaltung wird die züchterische Entwicklung standortangepasster Rassen im Fokus stehen. Denn hier wirken sich klimatische Veränderungen direkt auf das Wohlbefinden, die Gesundheit und die Leistung der Tiere aus. Dabei wird die Kreuzungszucht einen deutlich höheren Stellenwert als bisher einnehmen. Aber auch züchterische Elemente wie Stärkung von Resistenzen gegen neuartige Parasiten oder Krankheiten rücken stärker ins Blickfeld.

► Zu rechnen ist mit dem Auftreten neuartiger, insbesondere durch Vektoren (Wirtstiere) übertragener Tierseuchen. In der Tierhaltung müssen daher Bekämpfungsstrategien und Vorsorgemaßnahmen auf die Zunahme vektorbedingter Tierseuchen abgestimmt werden. Dazu gehört die Entwicklung von zugelassenen Impfstoffen und wirksamen Behandlungsmitteln. Forschungsbedarf besteht hinsichtlich landschafts- und betriebsspezifischen Brutstätten der Vektoren zur Erarbeitung von Empfehlungen zur Vermeidung oder Verringerung der Vektorbelastung in unmittelbarer Nähe von Nutztieren. Hierzu hat Niedersachsen einen Forschungsauftrag an die Universität Oldenburg vergeben.

Die Auflistung verdeutlicht, dass über die erforderlichen und geeigneten Anpassungsmaßnahmen letztlich nur der einzelne Landwirtschaftsbetrieb in der jeweiligen Region entscheiden kann. Die Rolle der Landesregierung muss daher vorrangig darin bestehen, den Betrieben möglichst genaue Informationen zur Klimaentwicklung und den daraus resultierenden Folgen zur Verfügung zu stellen. Dann werden die Betriebe die notwendigen Anpassungsschritte aus eigenem Antrieb umsetzen.

## Forstwirtschaft

Aus Sicht der Forstwirtschaft sind in Niedersachsen insbesondere folgende Merkmale des Klimawandels von Bedeutung: Anstieg der Temperatur (wärmere Sommer, deutlichwärmere Winter, verlängerte Vegetationszeiten), veränderte Niederschlagsverteilung (trockenere Sommer, feuchtere Winter), häufigere Witterungsexreme (Dürren, Starkregen, Stürme) sowie Änderungen des chemischen Klimas ( $\text{CO}_2$ -Anstieg, Stickstoff-Eutrophierung, Ozonbelastung).

Die Folgen des Klimawandels für unsere Wälder sind damit beträchtlich. Das Artenspektrum des Waldes kann sich durch Verschiebung der Konkurrenzverhältnisse und der Verbreitungsgrenzen verändern. Die Anpassungsfähigkeit unserer Waldbäume auf den Klimawandel ist unterschiedlich stark ausgeprägt. Sie hängt entscheidend davon ab, wie flexibel Bäume und Waldbestände auf eine wahrscheinliche Verschlechterung der klimatischen Wasserbilanz reagieren können. So müssen einige heute in Niedersachsen recht weit verbreitete Baumarten unter dem Gesichtspunkt des Klimawandels als eher labil eingestuft werden. Dies gilt vor allem für die Fichte; aber standortabhängig zum Teil auch für Buche und andere Baumarten. Im Ergebnis wird Forstwirtschaft in Niedersachsen deutlich riskanter. Vor allem nehmen die witterungsbedingten Risiken zu. Die vermehrt zu erwartenden Trockenstressbedingungen können die Vitalität und die Produktivität der Wälder massiv beeinträchtigen. Auch Absterbeerscheinungen sind möglich. Zum Trockenstress trägt auch die bereits erkennbare Verlängerung der Vegetationszeit bei. Der ebenfalls festzustellende frühere Beginn der Vegetationsperiode erhöht das Spätfrostrisiko.

Neben den Witterungsrisiken hat sich die Forstwirtschaft in Niedersachsen auch auf die Zunahme biotischer Risiken einzustellen, wie das Auftreten neuer Schaderreger und die erhöhte Anfälligkeit der Bäume gegenüber Schaderregern. Feuchtwarme Winter begünstigen Pilzerkrankungen der Bäume, warm- bzw. heiß-trockene Sommer die Entwicklung von Schadinsekten. Und schließlich verschärfen sich auch die ökonomischen Risiken. Größere Schwankungen am Holzmarkt sowohl im Hinblick auf die Masse als auch den Wert des Holzes werden sich spürbar auf die Ertragssituation der Forstbetriebe auswirken.

Abgesicherte umfassende Anpassungsstrategien für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung unter sich wandelnden Klimabedingungen gibt es derzeit noch nicht. Die Langfristigkeit der forstlichen Produktion erfordert die Entwicklung mittel- und langfristiger Perspektiven ohne unnötige Einengung der notwendigen Flexibilität.



Gleichwohl sind bereits einige Maßnahmen zu erkennen, die für eine Anpassung an den Klimawandel geeignet erscheinen. Durch die Begründung bzw. Entwicklung von Mischbeständen können die Risiken verteilt und die Elastizität der Bestände erhöht werden, um Störungen auszugleichen. Auf schlecht oder mäßig wasserversorgten Standorten sollten trockenheitsresistenteren Herkünfte und Baumarten mit einer höheren Trockenheitstoleranz wie Eiche, Hainbuche, (Sommer-)Linde, sowie Eschen- und Ahornarten angebaut werden. In angemessenem Umfang sollten dabei auch nicht heimische Baumarten berücksichtigt werden, für die bereits heute gute Anbauerfahrungen vorliegen, wie zum Beispiel Douglasie oder Roteiche. Ebenso müssen Pflege- und Nutzungskonzepte auf der Basis wissenschaftlicher Entscheidungsgrundlagen überprüft und angepasst werden.

Für Niedersachsen werden derzeit Untersuchungen durchgeführt, um mit Hilfe regionalisierter Klimadaten einen Maßnahmenkatalog für die hiesige Forstwirtschaft zu entwickeln. Auf Grundlage dieser Untersuchungen werden Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die niedersächsischen Forstbetriebe zu erarbeiten sein.



## Fischerei

Die Einflüsse des Klimawandels auf die Fischvorkommen müssen vor dem Hintergrund der natürlichen Schwankungen und der anderen anthropogenen Einflüsse - Fischerei, Habitatverluste und Verschmutzungen - beurteilt werden. Da aber die zukünftige Entwicklung bei den meisten Faktoren sehr komplex und auch deren Zusammenwirken nur unzureichend bekannt ist, sind insgesamt Prognosen über die zukünftige Entwicklung von Fischbeständen extrem schwierig und ungenau.

Im Nordostatlantik beobachtet man gegenwärtig bei mehreren Arten, unter anderem beim Kabeljau und der Scholle, eine Nordverschiebung der Bestandsschwerpunkte, die im Zusammenhang mit der Erwärmung des Meerwassers gesehen wird. Beispielsweise nehmen die Bestände des Kabeljaus im südlichen Verbreitungsgebiet ab (so in der südlichen Nordsee) und an der nördlichen Grenze des Verbreitungsgebietes zu (etwa im Nordpolarmeer). Auch die zurückgehenden Miesmuschelbestände in der Nordsee werden als eine Folge der wärmeren Winter gesehen. Ob der Klimawandel Auswirkungen auf die Nordseekrabbenbestände hat, lässt sich derzeit nicht abschätzen.

Andererseits kann der Klimawandel durchaus auch eine Chance für die Fischerei darstellen. So wandern in den letzten Jahren vermehrt südliche Arten wie die Rote Streifenbarbe in die Nordsee ein und andere, wie Roter Knurrhahn und Kaisergranat, zeigen Bestandsanstiege. Allerdings ist noch nicht einschätzbar, ob hieraus eine ökonomische Kompensation für die zurückgehenden Kabeljaufänge resultiert.

Mittel- und langfristig muss sich die Fischerei sehr wahrscheinlich auf ein geändertes Artenspektrum und größere Bestandschwankungen einstellen - was aber in gewissem Umfang schon immer der Fall war. Die Fischereiforschung hat das Problem, dass ihre Bestandsprognosen durch den Faktor Klimawandel noch schwieriger werden und mit noch größeren Unsicherheiten behaftet sind.

Insgesamt wird sich die Fischereiwirtschaft durch den Klimawandel noch stärker und häufiger als bislang auf Veränderungen in den Fangobjekten und Fangmengen einstellen müssen. Voraussetzung dafür ist eine flexibel einsetzbare Flotte, die für alle Arten der Fischerei geeignet ist. Außerdem ist die Fischereipolitik stärker als bisher auf verlässliche und kurzfristig verfügbare Informationen angewiesen, um ein erfolgreiches Bestandsmanagement und damit eine nachhaltige Fischerei zu ermöglichen. Die Fischereiforschung muss daher intensiviert werden und sich verstärkt den Anpassungserfordernissen der Fischerei zuwenden.

## Gesundheit

Als wichtigste direkte Auswirkung des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit wird derzeit die Belastung durch Hitze angesehen. Längere Hitzeperioden ohne ausreichende nächtliche Abkühlung sind ein starker gesundheitlicher Stressfaktor vor allem für ältere Menschen, der im Extremfall lebensbedrohlich sein kann. Deutliches Beispiel hierfür ist der Hitzesommer 2003. Seinerzeit am stärksten betroffen waren Menschen über 70 Jahre und besonders anfällige oder krankheitsbelastete Bevölkerungsgruppen, die sich nicht ausreichend schützen konnten.

Niedersachsen befindet sich, wie auch andere Teile Deutschlands, in einem raschen demographischen Wandel, der unter anderem eine starke Erhöhung pflegebedürftiger Personen nach sich zieht. Im Jahr 2005 waren 228.000 Personen in Niedersachsen pflegebedürftig. Bezogen auf dieses Basisjahr ist hier nach Angaben der statistischen Ämter des Bundes und der Länder bis 2010 mit einer Zunahme um ca. 10 Prozent, bis 2015 um ca. 20 % und bis 2020 um ca. 30 % zu rechnen.

Um die Information von Pflegeeinrichtungen mit Blick auf die Temperaturfolgen des Klimawandels zu verbessern, hat die Landesregierung im Jahr 2006 mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) eine Vereinbarung zur Übermittlung von Hitzemeldungen getroffen. 2008 wurde das Informationsangebot, das sich zunächst ausschließlich an den kommunalen öffentlichen Gesundheitsdienst und Pflegeaufsichten richtete, auf alle interessierten Pflegeeinrichtungen erweitert. Einrichtungen, die sich im DWD-Hitzewarnsystem anmelden, erhalten bei Überschreitung einer vom DWD definierten Schwellentemperatur nun eine E-Mail-Benachrichtigung. Die Benachrichtigung wird so lange fortgesetzt, wie die Schwellentemperatur überschritten wird.

Darüber hinaus werden von den Landesgesundheitsbehörden für bestimmte Zielgruppen Informationsblätter unter den Überschriften „Was tun bei Sommerhitze“ und „Gut vorbereitet auf hochsommerliche Temperaturen“ im Internet bereitgestellt. Da Hitzeperioden häufig auch zu einem Anstieg der Ozonwerte führen, werden zudem die Werte für das bodennahe Ozon und der UV-Index in Niedersachsen kontinuierlich ermittelt und ebenfalls im Internet veröffentlicht.



Als eine weitere wichtige Folge des Klimawandels für die Gesundheit ist die verstärkte Ausbreitung von Infektionskrankheiten zu befürchten. Denn viele Infektionskrankheiten werden direkt oder indirekt vom Klima beeinflusst und mit zunehmender Erwärmung steigt das Risiko ihrer Ausbreitung. Dies gilt insbesondere für vektorgebundene Erkrankungen - also solche Erkrankungen, die nicht direkt von Mensch zu Mensch, sondern über Wirtstiere (Vektoren) verbreitet werden, da diese Tiere empfindlich auf Umwelteinflüsse reagieren. Beispiele sind übertragbare Krankheiten durch Zecken wie Lyme-Borreliose und Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME), durch Mücken wie Malaria, Dengue-Fieber, West-Nil-Fieber und Chikungunya-Fieber oder durch Nagetiere wie das Hanta-Fieber.

Das Niedersächsische Landesgesundheitsamt hält daher für Verdachts- und Krankheitsfälle molekularbiologische und parasitologische Nachweismethoden für folgende Erreger vor: West-Nil-Virus, Dengue-Virus, Hanta-Virus, FSME, Borrelien, Anaplasma und Ehrlichia canis, Q-Fieber und Malaria. Hinsichtlich der Diagnostik für Chikungunya-Erkrankungen kooperiert das Landesgesundheitsamt mit der Virologischen Abteilung der Uni Göttingen und dem Bernard-Nocht-Institut für Tropenmedizin in Hamburg. Zudem führten die Landesgesundheitsbehörden in Zusammenarbeit mit den Niedersächsischen Landesforsten eine Seroprävalenzstudie in Bezug auf das FSME-Virus durch. Es sollte überprüft werden, ob autochthone, also in der Region erworbene FSME-Virusinfektionen bei Forstbediensteten aufgetreten waren, um daraus ein Risiko für die Allgemeinbevölkerung abzuschätzen. Der erste Durchlauf des FSME-Screenings in dieser Personengruppe 2006-2007 hat indes gezeigt, dass es derzeit keine Hinweise auf ein FSME-Risikogebiet in Niedersachsen gibt.

## Tourismus

Steigende Temperaturen und weniger Sommerniederschläge können den Tourismus in Niedersachsen durchaus begünstigen. Die Menschen sind dann eher bereit ihren Urlaub in heimischen Feriengebieten zu verbringen und die Sommersaison könnte sich verlängern. Die prognostizierten wärmeren Wintertemperaturen dürften sich hingegen nachteilig auf die Schneesicherheit und damit auf die Wintersportmöglichkeiten in den Mittelgebirgen auswirken.

Mit dem Klimawandel sind auch häufigere Starkniederschläge und ansteigende Wassertemperaturen zu erwarten. Dies kann zu einer höheren bakteriellen Belastung der Badegewässer und damit zu einer gesundheitlichen Gefährdung der Badenden führen. So wurden beispielsweise im Sommer 2006 bei Badegästen an der Ostsee Wundinfektionen durch das Bakterium *Vibrio vulnificus* (Cholera-Bakterien) diagnostiziert, dessen Auftreten mit der hohen Wassertemperatur von über 20° C in Verbindung gebracht wurde. Das Landesgesundheitsamt informiert daher auf seiner Internetplattform über die Qualität der niedersächsischen Badegewässer und stellt auch spezifische Informationen - wie zum Beispiel zu *Vibrio vulnificus* – so schnell wie möglich zur Verfügung.

Niedersachsen ist zusammen mit Schleswig-Holstein und Baden-Württemberg, den Universitäten Lüneburg (Tourismuswirtschaft) und Freiburg (Klimatologie und Meteorologie) in das Projekt „Kuntikum“ eingebunden. Dieses interdisziplinäre Forschungsprojekt läuft über drei Jahre und hat zum Ziel, Anpassungsstrategien für den Klimawandel in den Mittelgebirgen und im Küstenraum zu entwickeln. Hierbei geht es beispielsweise um Marketing, Produktentwicklung oder Infrastrukturausbau. Bereits Ende 2008 werden erste konkrete Handlungsoptionen für Kurorte, Heilbäder und Tourismuszentren vorliegen.





## Wie geht es weiter? Zur Weiterentwicklung und Umsetzung der niedersächsischen Anpassungsstrategie

Die Ausführungen zeigen: Für einige Sektoren und Handlungsfelder sind bereits konkretere Aussagen über die Folgen des Klimawandels in Niedersachsen möglich. Oftmals sind bereits Anpassungsmaßnahmen zu erkennen oder sogar teilweise schon eingeleitet. Unübersehbar ist allerdings der erhebliche Forschungsbedarf, der sowohl in Bezug auf die regionalen Klimaveränderungen als auch die daraus resultierenden Konsequenzen besteht. Daher fördert die Landesregierung verschiedene Forschungsvorhaben.

Ziel des Rahmenprogramms „Klimafolgenforschung - Szenarien für die Klimaanpassung (KLIFF)“, das im Januar 2009 seine Arbeit aufnehmen wird, ist die Erweiterung der Wissensgrundlage über Auswirkungen des Klimawandels auf regionaler und lokaler Ebene. Im Vordergrund stehen Prozesse und Anpassungsstrategien in der Kurz- und Mittelfrist (bis 2030). Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Waldlandschaft (inkl. Naturschutz und Tourismus) sowie Flussgebiete und Küsten bilden thematische Säulen, die durch die Querschnittsthemen Regionale Klimaprojektionen und Räumliche Planung verbunden werden.

Es wird darauf ankommen, mit Hilfe vertiefender Forschung die hier vorgestellte Grundstruktur der Niedersächsischen Anpassungsstrategie zu verfeinern. Im Mittelpunkt wird dabei die Konkretisierung und Umsetzung wirkungsvoller Maßnahmen insbesondere unter Festlegung von Zeitplanung und Ressourceneinsatz stehen. Dies gilt natürlich auch im Hinblick auf etwaige Chancen, die sich für Niedersachsen durch den Klimawandel ergeben und die es rechtzeitig zu erkennen und zu nutzen gilt. Beim Tourismus zeichnet sich bereits eine gewisse Standortaufwertung ab. Aber auch andere Branchen und Wirtschaftszweige des Landes werden unter Umständen von den Klimaänderungen profitieren können.

Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel können auf Flächen neue, auch konkurrierende Nutzungsansprüche zur Folge haben. Zur Minimierung oder Lösung der daraus resultierenden Konflikte bedarf es der frühzeitigen, integrativen raumordnerischen Koordinierung und räumlichen Steuerung von Nutzungen bzw. zukunftsfähiger räumlicher Entwicklungskonzepte.



Bei der weiteren Ausarbeitung der Niedersächsischen Anpassungsstrategie sind insbesondere die folgenden drei Randbedingungen zu beachten:

- ▶ Die Klimaanpassung ist eine Aufgabe, zu der alle etwas beitragen müssen. Diese gemeinsame Verantwortung von Landesregierung und Gesellschaft für die Bewältigung des Klimawandels erfordert eine kooperative Entwicklung der Niedersächsischen Anpassungsstrategie. Aus diesem Grund hat die Landesregierung im Sommer 2008 die Einrichtung einer Regierungskommission Klimaschutz beschlossen. Sie wird auf wissenschaftlicher Grundlage Empfehlungen erarbeiten, wie Niedersachsen auf die zu erwartenden Veränderungen durch den Klimawandel vorbereitet werden kann. Die Regierungskommission wird sich im Herbst 2008 konstituieren.
- ▶ Der Klimawandel kennt keine Grenzen. Daher ist die Niedersächsische Anpassungsstrategie auf die Aktivitäten anderer staatlicher Ebenen abzustimmen. Für Niedersachsen als „Grenzland der Mitte“ mit seinen vielen Nachbarländern ist die Zusammenarbeit auf Länderebene besonders wichtig. Dabei erweist es sich als hilfreich, dass Niedersachsen seit Anfang 2008 den Vorsitz der neu gegründeten Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft „Klima, Energie, Mobilität – Nachhaltigkeit“ der Umweltministerkonferenz ausübt, in der die Ländermaßnahmen zum Klimawandel eine wichtige Rolle spielen. Auch in die Konzipierung der „Deutschen Anpassungsstrategie (DAS)“ auf Bundesebene ist Niedersachsen seit Anfang an eingebunden.

- ▶ Die Anpassungsstrategie soll nicht zuletzt dazu dienen, die jeweiligen Verantwortlichkeiten für Vorrangungen und Maßnahmen zu benennen. Der Landesregierung fällt die Aufgabe zu, die Voraussetzungen für vorsorgende Planungen und angemessene Anpassungsentscheidungen zu verbessern. Dazu zählt beispielsweise die Bereitstellung zuverlässiger Informationen zu regionalen Klimaveränderungen und sektoralen Folgeerscheinungen.

Bei der Umsetzung einzelner Anpassungsschritte stehen Landesregierung und Gesellschaft gemeinsam in der Verantwortung. In diesem Zusammenhang ist auch festzuhalten, dass Wirtschafts-, Sozial- und Umweltsysteme über eine gewisse immanente Anpassungsfähigkeit verfügen, die in vielen Fällen zumindest für eine Abfederung der zu erwartenden negativen Folgen ausreichen dürfte. Die Landesregierung wird immer dann unmittelbar selbst tätig werden, wenn es um Konsequenzen von großer Tragweite für das Gemeinwohl geht.

Um das Handlungsfeld der Landesregierung im Kontext der Anpassungsstrategie entsprechend definieren zu können, muss eine objektive Bewertung der Auswirkungen des Klimawandels vorgenommen werden. Ausgereifte Verfahren und Kriterien gibt es hierzu bislang jedoch kaum. Insofern wird es eine wichtige Aufgabe im Zuge der weiteren Strategieentwicklung sein, Ansätze für eine methodisch abgesicherte Bewertung von Klimafolgen zu formulieren.

Insgesamt gilt es somit, unter Berücksichtigung dieser Bedingungen in den nächsten Jahren eine umfassende Niedersächsische Anpassungsstrategie zu entwickeln, die einerseits die erforderlichen Festlegungen in Hinblick auf Maßnahmen, Ressourcen und Zeit vornimmt und andererseits für neue Fakten, Einschätzungen und Anforderungen geöffnet bleibt.

Aus der Anpassungsstrategie folgt freilich nicht, die Anstrengungen zur Vermeidung von Treibhausgasen zurückfahren zu können. Im Gegenteil: Je weniger und später reduziert wird, desto schwieriger und teurer wird die Klimaanpassung. Auch wenn es sich hierbei aus Sicht eines einzelnen Landes um einen sehr langfristigen und mittelbaren Zusammenhang handelt – er macht klar, wie untrennbar Klimaschutz und Klimaanpassung miteinander verbunden sind.

Fotonachweis  
Umschlag:  
Fotolia