

Niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels 2021



Niedersachsen

VORWORT DES MINISTERS

Liebe Leserin, lieber Leser,

der Klimawandel ist in Niedersachsen längst Realität. Konkret zeigt sich das etwa daran, dass die durchschnittlichen Temperaturen bei uns seit dem Jahr 1881 um 1,7° C angestiegen sind. Auch die Niederschläge haben sich verändert, was ebenfalls durch Daten belegt ist. Und auch in Zukunft wird sich das Klima weiter verändern: So werden beispielsweise Extremwetterereignisse wie Hitzewellen oder Starkregen mit hoher Wahrscheinlichkeit häufiger auftreten. Darum müssen wir uns schon jetzt auf die zu erwartenden Klimaveränderungen einstellen und unser Handeln in vielen Bereichen entsprechend anpassen. Klar ist: Niedersachsen stellt sich den Herausforderungen der notwendigen Klimaanpassung.



Das in diesem Jahr eingerichtete Niedersächsische Kompetenzzentrum Klimawandel, kurz NIKO, berät und informiert, wenn es um den Klimawandel und seine Auswirkungen geht. Mit dieser neuen zentralen Stelle bündeln wir im Land das Fachwissen, das wir brauchen, um mögliche Folgen des Klimawandels zu verstehen und angemessen reagieren zu können. Mit der vorliegenden „Niedersächsischen Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ wird der Handlungsbedarf für Klimaanpassungsmaßnahmen in vielen zentralen Bereichen aufgezeigt. Diese Maßnahmen werden die Resilienz unserer Gesellschaft für den Klimawandel steigern. Wir wollen in Niedersachsen Klimaschutzland Nr. 1 sein. Wir wollen unseren Beitrag leisten und Vorbild sein für andere Länder, um die globale Klimakatastrophe zu verhindern. Denn ohne ambitionierten Klimaschutz und vorrausschauende Klimafolgenanpassung entreißen wir heutigen und zukünftigen Generationen die Lebensgrundlage einer intakten und gesunden Umwelt.

Diese Verantwortung für künftige Generationen hat der niedersächsische Landtag erkannt und den Schutz des Klimas als Staatsziel in Artikel 6 c der Niedersächsischen Verfassung verankert. Dies umfasst ausdrücklich die Pflicht, die Folgen des Klimawandels zu mindern.

Olaf Lies
Umweltminister

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT DES MINISTERS	3
EINLEITUNG	6
KLIMAENTWICKLUNG	10
2.1 Das Klima in Niedersachsen von der Vergangenheit bis zur Gegenwart	12
2.2 Klimamodellierung	14
2.3 Projektionen des zukünftigen Klimas für Niedersachsen.....	18
2.4 Zusammenfassung	23
2.5 Klimawirkung und Handlungsbedarf	24
2.6 Literaturverzeichnis	27
HANDLUNGSFELDER	28
3.1 Bodenschutz.....	33
3.2 Wasserwirtschaft.....	57
3.3 Küstenschutz	81
3.4 Fischerei	93
3.5 Landwirtschaft, Garten- und Obstbau	103
3.6 Wald und Forstwirtschaft	125
3.7 Biodiversität und Naturschutz.....	137
3.8 Gesundheitswesen	149
3.9 Bauwesen	163
3.10 Energiewirtschaft.....	171
3.11 Industrie und Gewerbe	175

3.12 Verkehrswege- und netze	179
3.13 Tourismus	185
3.14 Katastrophenschutz	191
3.15 Räumliche Planung	197
3.16 Wissenschaft und Forschung.....	213
3.17 Bildung und Qualifizierung.....	219

MASSNAHMENPROGRAMM ZUR ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL.....226

4.1 Maßnahmenprogramm zur Klimaanpassung	228
4.2 Maßnahmenoptionen zur Klimaanpassung	236

KOMMUNIKATION, BERATUNG UND INFORMA- TIONSBEREITSTELLUNG.....238

ZUSAMMENFASSUNG244

1.

EINLEITUNG





1. EINLEITUNG



Die Niedersächsische Landesregierung hat 2008 die Regierungskommission Klimaschutz mit dem Auftrag berufen, umfassende Empfehlungen für eine Niedersächsische Anpassungsstrategie zu erarbeiten. Im Jahr 2012 hat das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz nach einem umfassenden Beteiligungsprozess innerhalb der Regierungskommission Klimaschutz die „Empfehlung für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ mit rund 580 Maßnahmenoptionen aus 19 Handlungsfeldern vorgelegt.

Aufbauend auf den Empfehlungen der Regierungskommission Klimaschutz hat das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz 2013 eine Klimapolitische Umsetzungsstrategie herausgebracht. In dieser Umsetzungsstrategie definiert die Landesregierung ihren Zeitplan zur Realisierung der Kommissionsempfehlungen. Dabei werden grundsätzlich alle von der Kommission benannten Maßnahmenoptionen zur Klimafolgenanpassung erfasst und zeitlich eingeordnet. Zudem werden die Ressortzuständigkeiten für die Maßnahmenoptionen darin bestimmt.

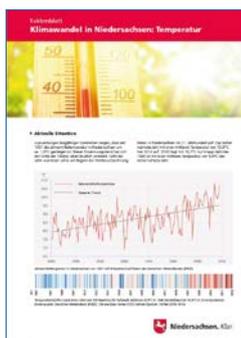


Auf Basis der Umsetzungsstrategie legt der 2013 konstituierte interministerielle Arbeitskreis „Niedersächsische Klimapolitik“ 2015 einen „Umsetzungsbericht zu den Empfehlungen der Regierungskommission Klimaschutz“ vor. Dabei gibt der Bericht zunächst einen kurzen Überblick zum Umsetzungsstand der Anpassungsmaßnahmen und stellt im Weiteren die Maßnahmen heraus, die klimapolitische Schwerpunkte des Landes kennzeichnen. Von den insgesamt rund 580 Anpassungsmaßnahmen fallen rund 380 in die Landeszuständigkeit. Mehr als 120 davon befinden sich 2015 in der Umsetzung oder sind bereits umgesetzt.

Im Jahr 2018 gab das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MU) gemeinsam mit dem Deutschen Wetterdienst den ersten „Klimareport Niedersachsen“ heraus. Dieser gibt einen Überblick über die Klimaentwicklung in Niedersachsen und stellt eine wichtige Wissensgrundlage für Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel in Niedersachsen dar. Dabei wird zum einen die vergangene Entwicklung des Klimas anhand der Wetteraufzeichnungen seit 1881 betrachtet und zum anderen mit Hilfe von Klimamodellen in die Zukunft geblickt.



Aufbauend auf den Erkenntnissen des Klimareports ist 2019 die Klimawirkungsstudie Niedersachsen veröffentlicht worden. Diese wurde im Auftrag des MU vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) und dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) gemeinsam erstellt. Das Dokument entstand innerhalb des Klimakompetenznetzwerks Niedersachsen. Es beschreibt die Auswirkungen des Klimawandels auf die Themenfelder Grundwasser, Oberflächengewässer und Boden.



Um die wesentlichen Erkenntnisse der Klimawirkungsstudie noch einmal herauszustellen hat das Klimakompetenznetzwerk Niedersachsen (bestehend aus MU, NLWKN und LBEG) 2019 Faktenblätter herausgebracht. Darin werden auf jeweils zwei Seiten die Ergebnisse für die Themen Temperatur, Niederschlag, Sturzflutpotenzial, Grundwasserneubildung, Hochwasserabfluss, Mittelwasserabfluss, Niedrigwasserabfluss, Zusatzwasserbedarf, Erosion durch Wasser und Verlagerungsrisiko für nicht sorbierbare Stoffe kurz und prägnant zusammengefasst.

Im Dezember 2020 ist vom Niedersächsischen Landtag das Niedersächsische Klimagesetz (NKlimaG) verabschiedet worden, welches neben dem Klimaschutz auch Regelungen zur Klimafolgenanpassung vorsieht. Unter anderem fordert das Niedersächsische Klimagesetz (NKlimaG) die Entwicklung einer Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels, welche anschließend alle fünf Jahre fortgeschrieben wird.

Die vorliegende Anpassungsstrategie baut auf der „Empfehlung für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ aus dem Jahr 2012 auf. Diese Empfehlung ist von der Regierungskommission Klimaschutz erarbeitet worden. Die Regierungskommission Klimaschutz war ein umfangreicher und aufwändiger Beteiligungsprozess unter Mitarbeit einer Vielzahl niedersächsischer Stakeholder. Das macht die Kommissionsempfehlungen zu einer sehr wertvollen Arbeitsgrundlage. Eine Arbeitsgruppe aus den Ressorts, der Staatskanzlei, sowie der AG der Kommunalen Spitzenverbände (KSV) hat den Beschluss des Lenkungsausschusses umgesetzt. Unterstützt wurde diese Arbeitsgruppe durch das Klimakompetenznetzwerk, sowie den nachgeordneten Bereich.

Mit diesem Dokument legt die Landesregierung 2021 erstmalig eine Niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels vor. Diese wird von nun an alle fünf Jahre fortgeschrieben.

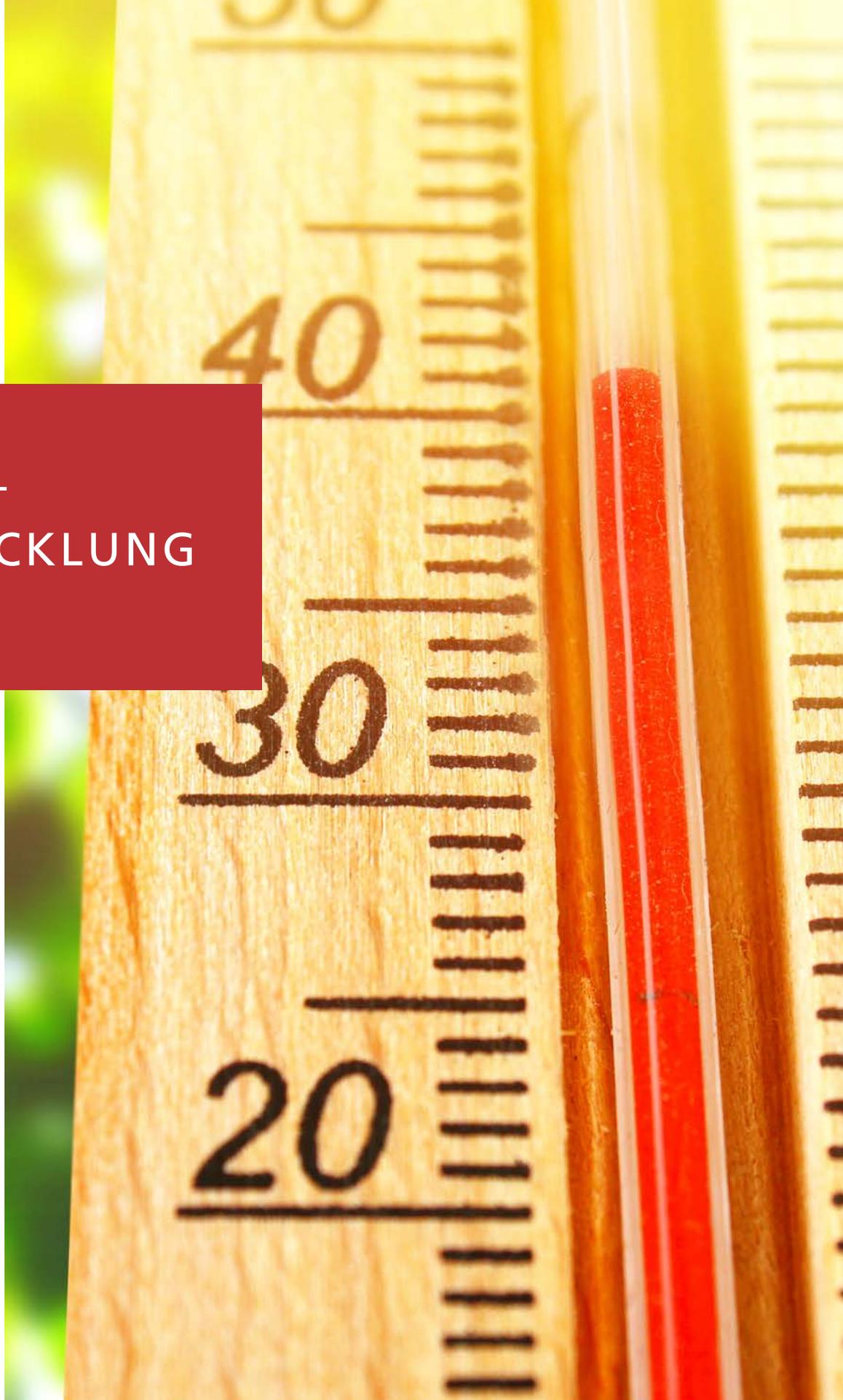
Diese Anpassungsstrategie ist eine Landesstrategie, die ressortübergreifend den Anpassungsbedarf an die Auswirkungen des Klimawandels für Niedersachsen darstellt. In siebzehn Handlungsfeldern stellt die Strategie dar, inwiefern der Klimawandel Auswirkungen auf Niedersachsen haben wird und welche Anpassungsmaßnahmen notwendig sind. Die siebzehn Handlungsfelder sind:

- » Bodenschutz
- » Wasserwirtschaft
- » Küstenschutz
- » Fischerei
- » Landwirtschaft, Garten- und Obstbau
- » Wald und Forstwirtschaft
- » Biodiversität und Naturschutz
- » Gesundheitswesen
- » Bauwesen
- » Energiewirtschaft
- » Industrie und Gewerbe
- » Verkehrswege und -netze
- » Tourismus
- » Katastrophenschutz
- » Räumliche Planung
- » Wissenschaft und Forschung
- » Bildung und Qualifizierung

Viele der Handlungsfelder haben thematische Überschneidungen zu anderen Handlungsfeldern. Daher ist enger Austausch zwischen den Bereichen notwendig. Gleichzeitig ist ein regelmäßiger Austausch von wissenschaftlichen Erkenntnissen der Klimaforschung und dem praktischen Wissen für eine wirksame Klimaanpassung in Niedersachsen erforderlich.

2.

KLIMA-
ENTWICKLUNG





2. KLIMAENTWICKLUNG

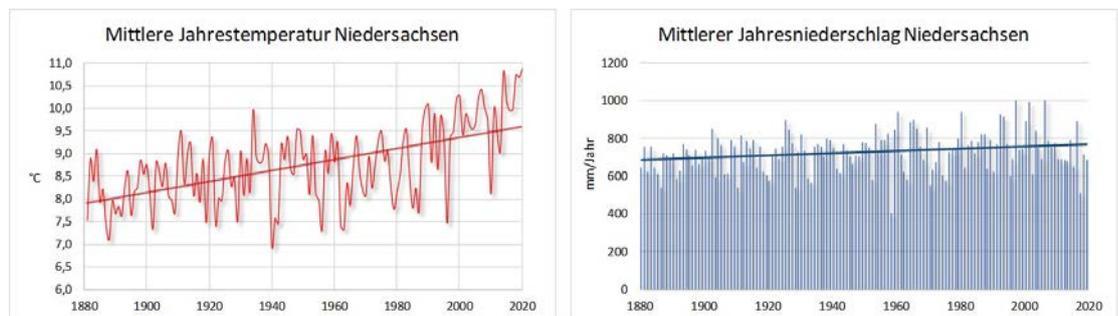
Das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) definiert das Klima als das durchschnittliche Wetter, welches in einem längeren Zeitraum vorherrscht. Daher werden Aussagen über das Klima der Vergangenheit und der Gegenwart vor allem anhand von Wetterbeobachtungsdaten getroffen. Aussagen über das Klima der Zukunft können durch numerische Klimamodelle getroffen werden, welche mittels mathematischer Gleichungen die relevanten klimawirksamen Prozesse für die Zukunft simulieren. Sie stützen sich dabei auf Szenarien (RCP), welche Annahmen über die atmosphärische Treibhausgaskonzentration der Zukunft beinhalten und mögliche sozioökonomischen Entwicklungen (SSP) repräsentieren. Um die Bandbreiten der möglichen Klimaentwicklungen zusammenzufassen, werden Multi-Modell-Ensembles verwendet, in denen die Ergebnisse verschiedener Klimamodelle oder Modellketten miteinander kombiniert werden.

In diesem Kapitel ist das Wissen über das Klima der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft in Niedersachsen in kurzer und prägnanter Form zusammengefasst. Es soll die Möglichkeit geben, sich einen fundierten Überblick über den aktuellen Wissensstand zum Klimawandel in Niedersachsen zu verschaffen. Der Fokus liegt sowohl auf der Vermittlung der Methoden der Klimaforschung als auch auf der Darstellung der aktuellsten Ergebnisse für Niedersachsen.

2.1 Das Klima in Niedersachsen von der Vergangenheit bis zur Gegenwart

Das Klima der Erde ist nicht statisch. Es unterliegt fortwährender Veränderung durch natürliche und anthropogene Einflüsse. Die in den letzten Jahrzehnten zu beobachtenden Veränderungen des Klimas sind maßgeblich auf die durch den Menschen verursachten Treibhausgasemissionen zurückzuführen (Hayhoe et al. 2017). Diese Emissionen von Kohlenstoffdioxid (CO_2), Methan (CH_4) und anderen Treibhausgasen bewirken im Zusammenspiel mit der Sonneneinstrahlung eine Erwärmung der Erdatmosphäre, welche zu gravierenden ökologischen Veränderungen auf der Erde führt, die bereits heute sichtbar sind (IPCC 2014). Auch die Niederschlagsmenge ist von einer veränderten Temperatur abhängig, da wärmere Luft mehr Wasser aufnehmen kann.

In Niedersachsen ist es seit Beginn der Wetteraufzeichnung wärmer und feuchter geworden. Seit dem Jahr 1881 bis heute (2020) ist die Jahresmitteltemperatur um $+1,7\text{ °C}$ gestiegen. Die Jahresniederschlagssumme verzeichnet einen geringen Anstieg um $+83\text{ mm}$, wobei dieser sich besonders im Winter vollzieht (siehe Abbildung 2.1). Diese Trends sind statistisch signifikant. Damit ist bereits heute eine Änderung des Klimas in Niedersachsen sichtbar, die wissenschaftlich belegt auf die menschengemachten Treibhausgasemissionen zurückzuführen ist.



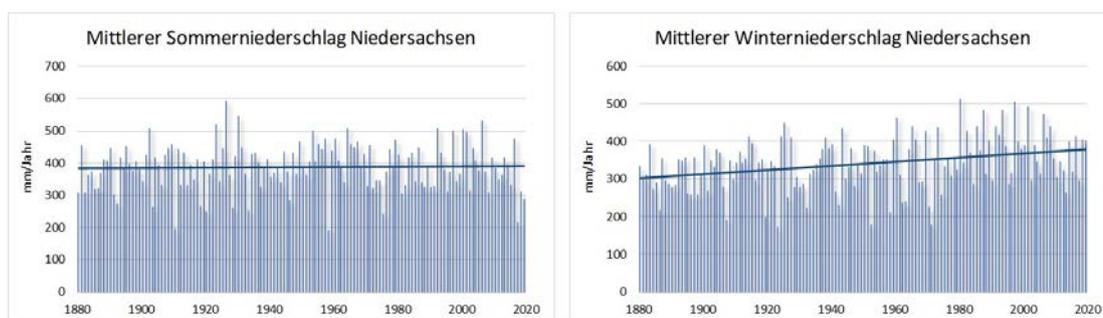


Abbildung 2.1: Links: Historische Entwicklung der Jahresmitteltemperatur und der mittleren Jahresniederschlagsmenge von 1881 – 2020. Oben: Historische Entwicklung der mittleren Niederschlagsmengen im Sommerhalbjahr (April – September) und im Winterhalbjahr (Oktober – März) von 1881 – 2020. (Quelle: DWD Climate Data Center 2021)

Mit einer Jahresmitteltemperatur von 10,4 °C war 2020 das zweitwärmste Jahr in Deutschland seit dem Beginn systematischer Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881, mit geringem Abstand zu dem bisher wärmsten Jahr 2018 (10,5 °C) und knapp vor 2019 und 2014 (jeweils 10,3 °C). Im zurückliegenden Jahrzehnt trat eine Häufung solcher sehr warmen Jahre auf. Mit dem Jahr 2020 liegen nun neun der zehn wärmsten Jahre in Deutschland im 21. Jh. Gleichzeitig trat 2020 in Deutschland das dritte Jahr in Folge eine ausgeprägte Frühjahrstrockenheit auf (DWD 2020a).

Die letzten Jahre gaben somit bereits einen Eindruck, wie eine Zunahme der Jahresmitteltemperatur sich in Zukunft äußern könnte. Eine anschauliche Verdeutlichung der Temperaturveränderungen in Niedersachsen stellen die Häufigkeiten von Sommer- und Hitzetagen bzw. Frost- und Eistagen im Jahresverlauf dar. Die Auswertung der Wetterbeobachtungsdaten ergibt für die Zeit von 1951 – 2020 eine Zunahme von Sommertagen (Tageshöchsttemperatur ≥ 25 °C) um 20 Tage/Jahr und von heißen Tagen (Tageshöchsttemperatur ≥ 30 °C) um 7,5 Tage/Jahr. Im selben Zeitraum nimmt die Anzahl von Frosttagen (Tagesniedrigsttemperatur < 0 °C) um 27 Tage/Jahr und die von Eistagen (Tageshöchsttemperatur < 0 °C) um 11 Tage/Jahr ab (siehe Abbildung 2.2).

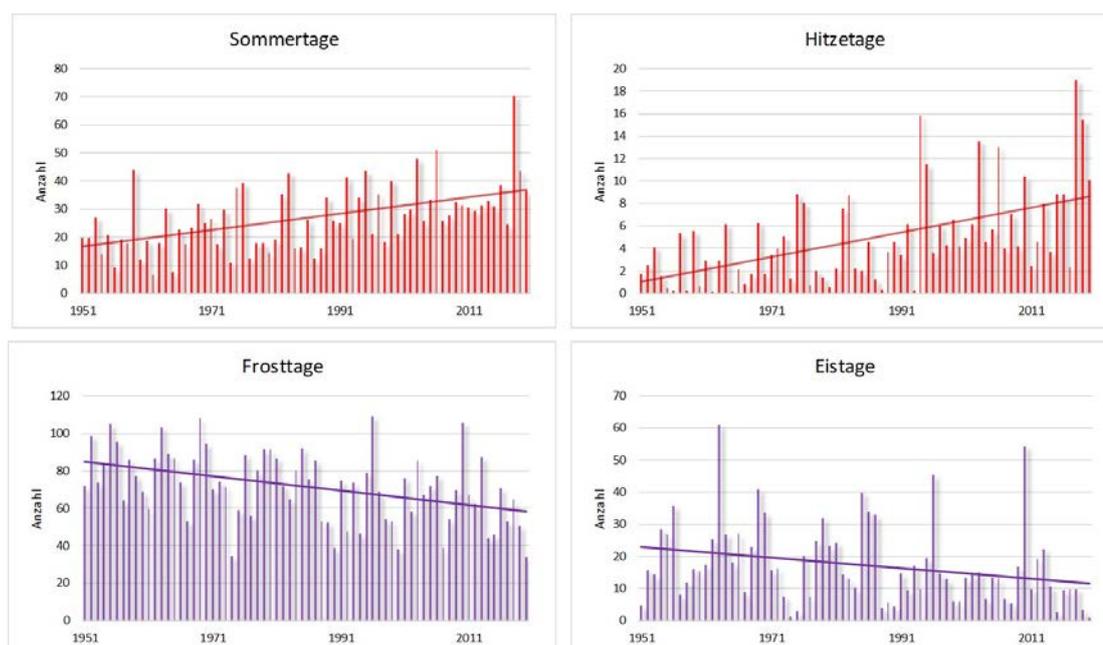


Abbildung 2.2: Historische Entwicklung der Häufigkeit von Sommertagen, Hitzetagen, Frosttagen und Eistagen pro Jahr von 1951 – 2020. (Quelle: DWD Climate Data Center 2021)

Für extreme Niederschlagsereignisse lassen sich aus den Beobachtungsdaten keine eindeutigen Entwicklungstrends ableiten. Grund hierfür ist unter anderem, dass solche Extreme häufig regional sehr begrenzt auftreten und durch punktuelle Messungen an Niederschlagsstationen in der Regel kaum erfasst werden. Eine flächendeckende Erfassung in Form von Niederschlagsradardaten steht erst seit 2001 zur Verfügung (DWD 2018), weshalb langfristige Trendaussagen hiermit noch nicht möglich sind.

Für den klimatischen Referenzzeitraum 1971 – 2000, bei dem angenommen wird, dass dieser Zeitraum relativ gering vom menschengemachten Klimawandel beeinflusst ist, liegt die Jahresmitteltemperatur von Niedersachsen bei 9,0 °C mit einer Jahresniederschlagsmenge von 745 mm (DWD Climate Data Center 2020). Innerhalb Niedersachsens weichen die Jahresmittelwerte von Temperatur und Niederschlag je nach Region mehr oder weniger deutlich vom Gebietsmittelwert ab. Im Westen, Nordwesten und in der Mitte des Landes sind etwas höhere Jahresmitteltemperaturen zu verzeichnen als im Nordosten und im Süden Niedersachsens, was zum einen durch den maritimen Einfluss bedingt ist und zum anderen durch das Relief, welches vor allem im Harz und im Berg- und Hügelland das Klima beeinflusst. Die mittlere Jahresniederschlagsmenge fällt im Norden und Westen höher aus als im Osten Niedersachsens. Im Süden ergeben sich im Harz und im Berg- und Hügelland Niederschlagsmengen weit über dem Jahresmittelwert, und in den Höhenlagen sind auch die Temperaturen niedriger als im übrigen Niedersachsen (siehe Abbildung 2.4 und 2.6).

Auch die jahreszeitlichen Temperaturmittelwerte zeigen räumliche Muster. Im Sommerhalbjahr sind die Mittelwerte der Temperatur in ganz Niedersachsen sehr einheitlich und weichen vom Gebietsmittelwert nur geringfügig ab. Die mittlere Temperatur im Winterhalbjahr ist im Westen Niedersachsens etwas höher als im Osten. Das Sommerhalbjahr ist die niederschlagsreichste Jahreszeit, und die mittlere Niederschlagsmenge nimmt hier von Nordwest nach Südost ab. Im Winter lässt sich besonders der Osten Niedersachsens als niederschlagsärmere Region identifizieren. Sowohl im Sommer- als auch im Winterhalbjahr unterscheidet sich das Klima im Harz reliefbedingt wesentlich von dem der Tieflagen des restlichen Bundeslandes. Die Temperaturen liegen hier generell unter und die Niederschlagswerte generell über dem Landesdurchschnitt (siehe Abbildung 2.4 und 2.6).

2.2 Klimamodellierung

2.2.1 Klimaszenarien

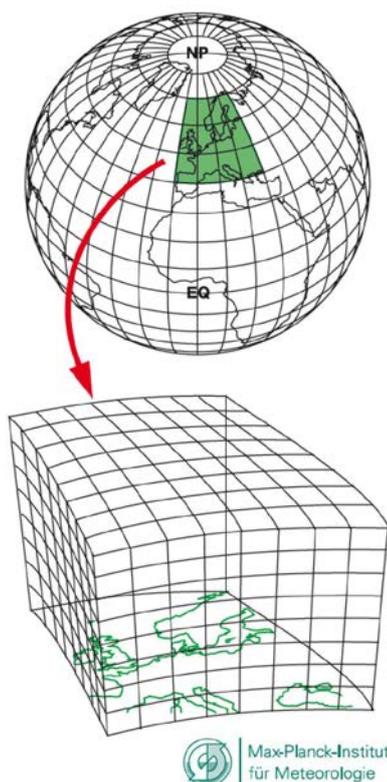
Die zentrale Frage in der Klimaforschung ist, wie sich das Klima unter dem Einfluss der menschlichen Treibhausgasemissionen in der Zukunft konkret entwickeln wird. Um diese Frage mit Hilfe von Klimamodellen zu untersuchen, ist es notwendig, Annahmen über die zukünftige Entwicklung der Treibhausgasemissionen zu treffen, da diese von zukünftigen sozialen, ökonomischen und politischen Entwicklungen abhängen, welche sich nicht vorhersagen lassen. Daher werden in der Klimaforschung sogenannte Klimaszenarien verwendet, die verschiedene mögliche Entwicklungen der Treibhausgasemissionen beziehungsweise der Treibhausgaskonzentration der Atmosphäre beschreiben und mittels Klimamodellen die resultierenden klimatischen Veränderungen darstellen. Sie schafft damit die Wissensgrundlage für die Entwicklung von Anpassungsstrategien.

In der Vergangenheit wurden hierfür die vom IPCC entwickelten sogenannte SRES-Szenarien (Special Report on Emissions Scenarios; Nakicenovic et al. 2000) genutzt. Diese Szenarien fanden 2001 und 2007 im 3. und 4. Sachstandsbericht des IPCC Verwendung. Die SRES-Szenarien basierten auf sozioökonomischen Faktoren wie Bevölkerungswachstum, Energienutzung, Landnutzungsänderungen usw. aus denen die zukünftigen Treibhausgasemissionen abgeleitet wurden.

Daraus wurde wiederum die Entwicklung der atmosphärischen Treibhausgaskonzentration und die damit verbundene Klimaänderung abgeleitet. Die neuen, im jüngsten Sachstandsbericht Nr. 5 (2014) eingeführten RCP-Szenarien (Representative Concentration Pathways; Moss et al. 2010) beruhen hingegen allein auf Annahmen über die zukünftige Entwicklung der Treibhausgaskonzentration. Aus dieser berechnen die Klimamodelle die Klimaänderung. Sogenannte Integrated Assessment Modelle berechnen unter Berücksichtigung sozioökonomischer Faktoren, die Emissionen, die notwendig wären, um die entsprechenden Treibhausgaskonzentration hervorzurufen, die sogenannten SSP-Szenarien (Hayhoe et al. 2017). Die verschiedenen Annahmen zur atmosphärischen Treibhausgaskonzentration der Zukunft repräsentieren also mögliche sozioökonomische Entwicklungen. Szenarien, die diese Entwicklungen beschreiben, orientieren sich ihrerseits an den Treibhausgaskonzentrationen, die in den RCP-Szenarien vorgegeben werden (Hayhoe et al. 2017).

Es gibt vier RCP-Szenarien: RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 und RCP8.5. Sie sind nach dem Strahlungsantrieb, d.h. der zusätzlichen solaren Energiezufuhr (in Watt pro m^2) durch den Treibhauseffekt, benannt, welcher bis zum Jahr 2100 gegenüber dem vorindustriellen Niveau (1860 – 1890) erreicht wird. In diesem Bericht werden die Ergebnisse des RCP8.5-Szenarios betrachtet. Dieses sogenannte „Weiter-wie-bisher“-Szenario repräsentiert eine Zukunft, in der sich das wirtschaftliche Wachstum vorwiegend auf fossile Energieträger (vor allem Kohle) zur Energieerzeugung stützt und eine Erwärmung über $+4\text{ °C}$ im Vergleich zur vorindustriellen Zeit erzeugen würde. Stellenweise wird dieses Szenario im vorliegenden Bericht mit Ergebnissen des sogenannten „Klimaschutz“-Szenarios RCP2.6 verglichen. Dieses Szenario repräsentiert eine Zukunft, in der erhebliche Anstrengungen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen und -konzentrationen auf globaler Ebene umgesetzt werden. Dadurch würde die globale Erwärmung am Ende des 21. Jahrhunderts weniger als $+2\text{ °C}$ im Vergleich zur vorindustriellen Phase betragen (DWD 2018), was eine Grundvoraussetzung zur Einhaltung der Ziele des Pariser Klimaabkommens von 2015 ist.

2.2.2 Globale und regionale Klimamodelle



Aussagen über das weltweite Klima der Zukunft werden durch globale Klimamodelle auf Basis der in Kapitel 2.2.1 beschriebenen Szenarien getroffen. Sie basieren auf physikalischen Gleichungen zur Impuls-, Energie- und Masseerhaltung. In den Modellen wird die Atmosphäre durch Gitterpunkte eines dreidimensionalen Rasters dargestellt, das die Erde umspannt. Für jeden Gitterpunkt werden die zugrundeliegenden Gleichungen in bestimmten Zeitabständen gelöst und die berechneten Ergebnisse der einzelnen Klimagrößen wie z. B. Temperatur, Niederschlag und Windgeschwindigkeit, für jeden Zeitschritt des Modells archiviert. Die so gewonnenen Zeitreihen von simulierten Klimadaten ergeben die Beschreibung des möglichen zukünftigen Klimas auf Basis des betrachteten Szenarios. Aktuelle Klimamodelle beschreiben neben der Atmosphäre auch klimarelevante Prozesse der Ozeane, der Hydrosphäre, der Biosphäre und der Kryosphäre und deren Wechselwirkungen mit der Atmosphäre. Die von Klimamodellen berechneten, möglichen Entwicklungen des Klimas in der Zukunft werden auch als Klimaprojektionen bezeichnet (DWD 2019).

Abbildung 2.3: Schematische Darstellung der Gitterzellen eines Klimamodells. (Urheber: Max-Planck-Institut für Meteorologie, entnommen aus (DWD 2018))

Da die räumliche Auflösung von globalen Klimamodellen, von derzeit ca. 100 – 200 km, nicht ausreicht, um die Auswirkungen des Klimawandels in einer Region der Erde, wie bspw. Niedersachsen, detailliert zu beschreiben, werden zu diesem Zweck regionale Klimamodelle verwendet. Diese werden mit den Ergebnissen der globalen Modelle angetrieben und erzeugen Daten mit einer wesentlich höheren räumlichen Auflösung von ca. 5 – 15 km (DWD 2017) für eine entsprechend kleinere Region. So können regional differenzierte Aussagen über die zu erwartenden Klimaänderungen getroffen werden.

2.2.3 Klimamodellensembles

Weltweit existiert eine große Zahl an Klimaforschungsprojekten, welche eine Vielzahl an Klimamodellen hervorgebracht haben. Das CMIP (Coupled Model Intercomparison Project), ein Projekt des globalen Klimaforschungsprogramms WCRP (World Climate Research Programme), koordiniert die Erzeugung von Klimaprojektionen international (DWD 2019).

Das Klimasystem ist ein hochkomplexes System, das sehr sensitiv auf kleinste Veränderungen reagiert. Daher können Unterschiede in den Anfangs- und Randbedingungen der Modelle zu erheblichen Unterschieden in den Endergebnissen führen. So erzeugt bereits ein einziges Modell mit veränderten Anfangs- bzw. Randbedingungen eine gewisse Ergebnisbandbreite (DWD 2017). Um die Bandbreite der Ergebnisse mehrerer Läufe ein und desselben Modells mit unterschiedlichen Anfangs- bzw. Randbedingungen zu berücksichtigen, werden sog. Modellensembles erstellt. Das bedeutet, dass die Ergebnisse der einzelnen Modellläufe zusammengefasst und ihre Bandbreite dargestellt werden. Das Gleiche geschieht für die Zusammenfassung der Ergebnisse von mehreren Modellensembles, also unterschiedlichen Kombinationen von Global- und Regionalmodellen, zu sog. Multi-Modellensembles. Dies ermöglicht die Zusammenführung der Ergebnisse von unterschiedlichen Klimamodellen sowie ihrer einzelnen Läufe (DWD 2017, DWD 2019). Die Vielzahl der möglichen zukünftigen Entwicklungen des Klimas wird dadurch aufgezeigt. Dieser Bericht konzentriert sich im Wesentlichen auf die Mittelwerte der Ensemble-Bandbreiten, da diese die grundsätzliche Entwicklungstendenz aufzeigen. Gleichwohl sollten mögliche Anpassungsmaßnahmen auch stets die Bandbreite aller Modellergebnisse mitberücksichtigen.

2.2.4 Datengrundlage

Um Aussagen über das beobachtete und projizierte (zukünftige) Klima zu treffen, wird üblicherweise der mittlere Zustand der Atmosphäre über einen hinreichend langen Zeitraum von 30 Jahren, an einem Ort oder in einem Gebiet, ausgewertet (DWD 2019). Auf dieser Basis können beobachtete Veränderungen der Atmosphäre von Schwankungen um mittlere klimatische Zustände unterschieden und als Klimaänderungen erkannt werden.

Für die Darstellung der historischen Entwicklung und des gegenwärtigen Zustandes des Klimas in Niedersachsen bilden langjährige Wetterbeobachtungsdaten des DWD die Datengrundlage in diesem Bericht. Die Klimamodellergebnisse für den Gegenwartszeitraum wurden mit Beobachtungsdaten verglichen, um systematische Abweichungen, sog. Bias, in den Modelldaten zu erfassen und die Modelldaten um diese Abweichungen soweit möglich zu korrigieren. Für die Beschreibung der Veränderungen des Klimas in der Zukunft, welche alleine auf Basis der Klimamodellmodelldaten ermittelt werden, werden dann die Ergebnisse der Klimamodelle einem definierten Referenzzeitraum gegenübergestellt (siehe Tabelle 2.1).

Der aktuelle Standardreferenzzeitraum in der Klimaforschung ist laut Empfehlung der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) 1961 – 1990. Für diesen Bericht wurde jedoch der ebenfalls häufig verwendete und gegenwartsnähere Zeitraum von 1971 – 2000 gewählt, da u.a. einige der verwendeten Klimamodelle keine Daten vor 1970 bereitstellen. Dieser Referenzzeitraum wird näherungsweise als das Klima der Gegenwart betrachtet. Zur Beschreibung der nahen Zukunft wurde in diesem Bericht der Zeitraum 2021 – 2050 und für die ferne Zukunft der Zeitraum 2071 – 2100 gewählt.

Die für diesen Bericht genutzten Klimaprojektionen basieren auf dem in der Klimawirkungsstudie Niedersachsen (MU Niedersachsen 2019) verwendeten repräsentativen Multi-Modellensemble für Niedersachsen. Dieses zeigt die Entwicklung unter dem „Weiter-wie-bisher“-Szenario RCP8.5. Die Modelldaten stellen eine Kombination verschiedener globaler und regionaler Klimamodelle dar. Sie entstammen den Projekten EURO-CORDEX (Jacob, D. et al. 2014) und ReKliEs-De (ReKliEs-De 2018) und wurden in einer Kooperation des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) und dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) zusammengestellt.

Stellenweise finden Ergebnisse von Modellrechnungen des „Klimaschutz“-Szenarios RCP2.6 Erwähnung, welche dem Klimareport Niedersachsen (DWD 2018) entnommen wurden.

	Zeitraum	Klima-szenario	Datengrundlage
Historische Entwicklung	1881 – 2019 1951 – 2018		DWD Beobachtungsdaten
Referenzzeitraum	1971 – 2000		DWD Beobachtungsdaten
Nahe Zukunft	2021 – 2050	RCP8.5 RCP2.6	Klimamodelldaten (MU Niedersachsen 2019) Klimamodelldaten (DWD 2018)
Ferne Zukunft	2071 – 2100	RCP8.5 RCP2.6	Klimamodelldaten (MU Niedersachsen 2019) Klimamodelldaten (DWD 2018)

Tabelle 2.1: Die in diesem Bericht verwendeten Betrachtungszeiträume zur Darstellung der Klimaentwicklung und die verwendeten Klimaszenarien und Datengrundlagen.

2.3 Projektionen des zukünftigen Klimas für Niedersachsen

2.3.1 Temperatur

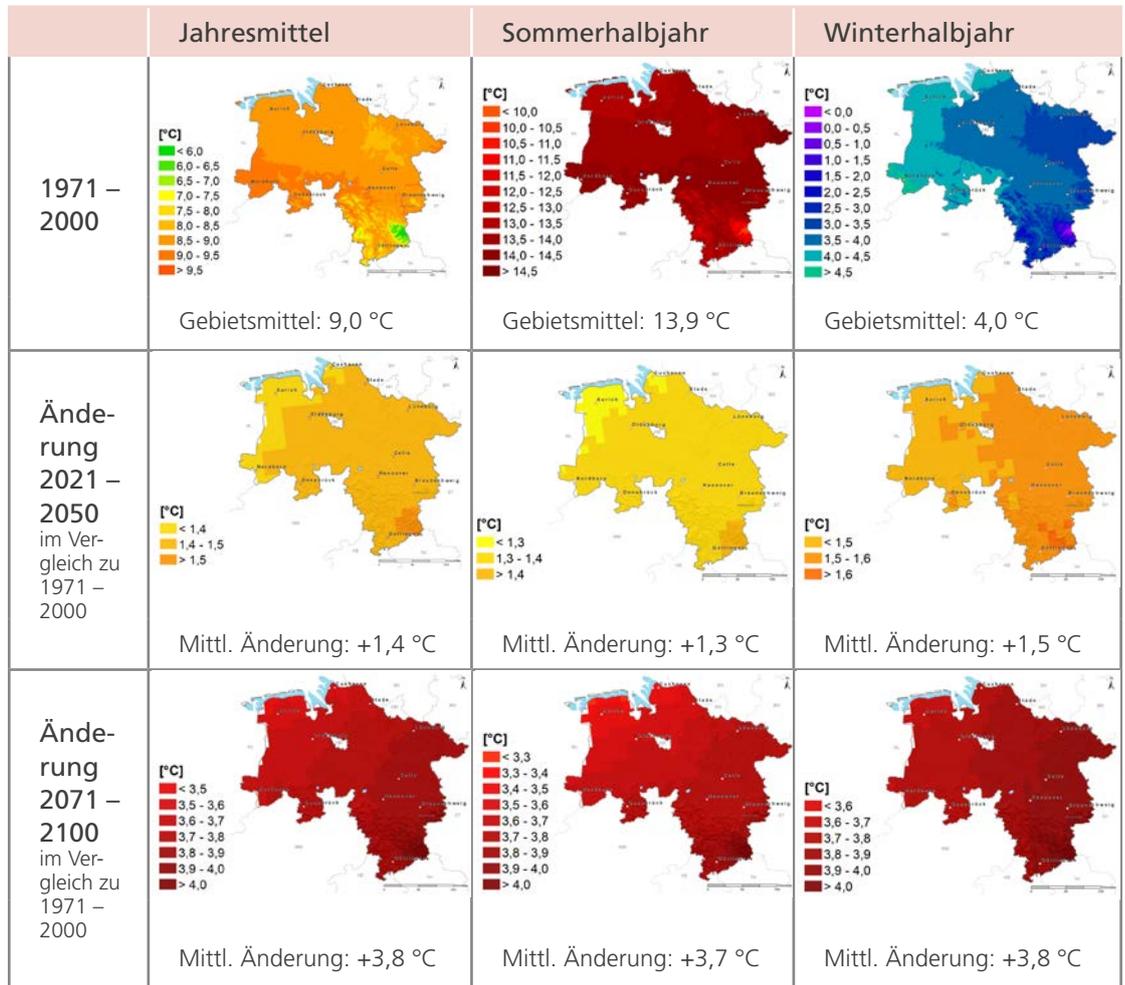


Abbildung 2.4: Jahresmitteltemperatur in Niedersachsen sowie die mittlere Temperatur für Sommer- (April – September) und Winterhalbjahr (Oktober – März) für den Referenzzeitraum 1971 – 2000. Zudem sind die projizierten mittleren Änderungen der Temperatur in der nahen Zukunft 2021 – 2050 und der fernen Zukunft 2071 – 2100 gegenüber dem Referenzzeitraum dargestellt. Die Ergebnisse der Klimaprojektionen basieren auf dem „Weiter-wie-bisher“-Szenario RCP8.5 (Quelle: NLWKN/LBEG 2020; weitere Karten unter: <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=1GckDU1Z>).

Die Ergebnisse der Klimaprojektionen in Abbildung 2.4 lassen einen deutlichen projizierten Temperaturanstieg in Niedersachsen im Laufe des 21. Jahrhunderts erkennen. Die Temperatur wird dabei voraussichtlich im Osten und im Süden Niedersachsens geringfügig stärker ansteigen als im Westen und Norden. Die räumlichen Gradienten innerhalb Niedersachsens sollten in diesem Zusammenhang allerdings lediglich als Entwicklungstendenzen interpretiert werden, da die Genauigkeit der Klimamodelle eine solch differenzierte Betrachtung nur bedingt zulässt. Die mittlere projizierte Änderung der Jahresmitteltemperatur, bezogen auf den Referenzzeitraum 1971 – 2000, beträgt für ganz Niedersachsen für die nahe Zukunft +1,4 °C und für die ferne Zukunft +3,8 °C. Die Ergebnisse zeigen damit, dass eine Fortsetzung und Beschleunigung des historischen Trends der Temperaturerhöhung anzunehmen ist, sollten keine konsequenten Maßnahmen zur raschen Reduktion der Treibhausgasemissionen auf globaler Ebene umgesetzt werden.

Des Weiteren ist davon auszugehen, dass sich in Zukunft auch die Wahrscheinlichkeit von Temperaturextremen in Niedersachsen verschieben werden. Die Häufigkeit von Frost- und Eistagen

wird zurückgehen, genauso wie das Auftreten von Kälteperioden. Dagegen nimmt die Wahrscheinlichkeit von Sommer- und Hitzetagen sowie von Hitzewellen zu (DWD 2018).

Im Vergleich dazu sind die projizierten Temperaturänderungen bei der Verwendung des „Klimaschutz“-Szenarios RCP2.6 wesentlich geringer (siehe Tabelle 2.2). Nach diesem Szenario ist für die nahe Zukunft eine Änderung der Jahresmitteltemperatur um im Mittel +0,9 °C und für die ferne Zukunft um im Mittel +1,0 °C zu erwarten.

	1971 – 2000	2021 – 2050 (RCP2.6)	2021 – 2050 (RCP8.5)	2071 – 2100 (RCP2.6)	2071 – 2100 (RCP8.5)
Jahr	9,0 °C	+0,9 °C	+1,4 °C	+1,0 °C	+3,8 °C

Tabelle 2.2: Vergleich der projizierten Änderungen der Jahresmitteltemperatur unter dem RCP2.6- und dem RCP 8.5-Szenario. (Quelle: DWD 2018, NLWKN/LBEG)

Wie bereits in Kapitel 2.2.3 beschrieben wurde, ergibt sich aus einem Ensemble von Klimamodellen auch stets eine Bandbreite an Ergebnissen für die Zukunft. Dieser Effekt wird am Beispiel der projizierten Veränderungen der Temperaturen Abbildung 2.5 verdeutlicht. Hier ist zum einen der Verlauf der Jahresmitteltemperatur (beobachtete Temperatur der Vergangenheit) dargestellt sowie dessen gleitender 30-jähriger Mittelwert. Zum anderen ist die Bandbreite der projizierten Änderungen der Jahresmitteltemperatur aus den Ergebnissen der verwendeten Klimamodelle, auch als gleitender 30-jähriger Mittelwert, abgebildet. Sie ergibt sich aus den verschiedenen projizierten Jahresmitteltemperaturen der einzelnen Klimamodelle des für diesen Bericht verwendeten Multi-Modellensembles. Dementsprechend wird deutlich, dass bspw. bei einer mittleren Zunahme der Temperatur von +3,8 °C in der fernen Zukunft des RCP8.5-Szenarios (vgl. Abbildung 2.5 und Tabelle 2.2) die Jahresmitteltemperaturen in Niedersachsen zum Ende des 21. Jahrhunderts, aufgrund der nur bedingt berechenbaren Klimavariabilität, zwischen etwa 11,5 °C und knapp 14 °C liegen können.

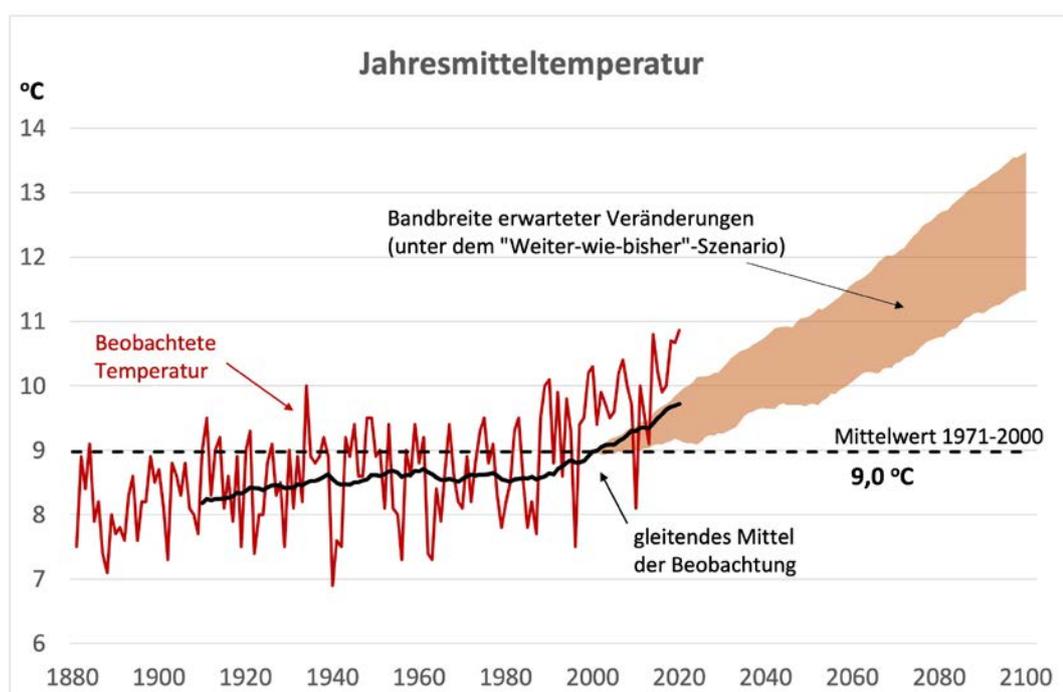


Abbildung 2.5: Verlauf der Jahresmitteltemperatur von 1881 – 2020 sowie dessen gleitender 30-jähriger Mittelwert. Anschließend: Bandbreite der Änderung der Jahresmitteltemperatur von 1971 – 2100 aus den Ergebnissen der verwendeten Klimamodelle unter dem RCP8.5-Szenario (ebenfalls als gleitender 30-jähriger Mittelwert dargestellt).

2.3.2 Niederschlag

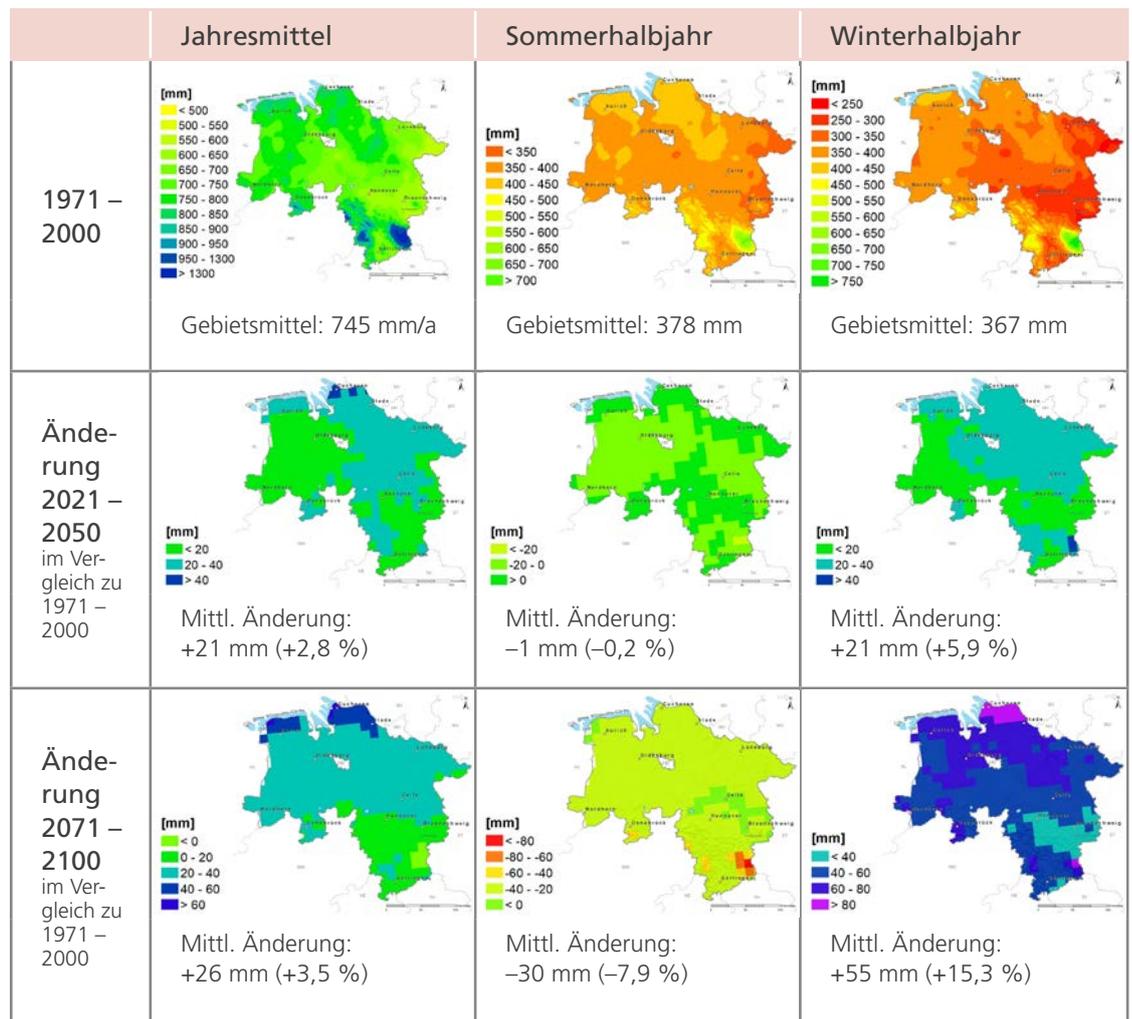


Abbildung 2.6: Mittlere Jahresniederschlagsmenge in Niedersachsen sowie mittlere Niederschlagssumme für Sommer (April-September) und Winterhalbjahr (Oktober-März) für den Referenzzeitraum 1971 – 2000. Zudem sind die projizierten mittleren Änderungen der Niederschlagsmengen in der nahen Zukunft 2021 – 2050 und der fernen Zukunft 2071 – 2100 gegenüber dem Referenzzeitraum dargestellt. Die Ergebnisse der Klimaprojektionen basieren auf dem „Weiterwie-bisher“-Szenario RCP8.5 des IPCC (Quelle: NLWKN/LBEG 2020; weitere Karten unter: <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=1pjl8MW9>).

Die Ergebnisse der Klimaprojektionen in der Abbildung 2.6 lassen eine geringe Erhöhung der mittleren Jahresniederschlagsmenge im Laufe des 21. Jahrhunderts erkennen. Die modellierten Änderungen liegen allerdings unterhalb von 10 %. Damit sind sie nicht von einer natürlichen Klimavariabilität zu unterscheiden (DWD 2018). Sie zeigen jedoch, dass eine Fortsetzung des historischen Trends, einer sukzessiven Zunahme der Jahresniederschlagsmenge, anzunehmen ist.

Ein deutlicheres Änderungssignal zeigen die Modellrechnungen hingegen bei der innerjährlichen Verschiebung der Niederschlagsmenge. Demnach wird zukünftig mehr Niederschlag im Winter fallen als bisher. Im Sommer kann die Niederschlagsmenge geringfügig abnehmen, wobei auch hier das Änderungssignal kleiner als 10 % ist und somit innerhalb der Größenordnung natürlicher Klimavariabilität liegt. Über die Entwicklung der Häufigkeit von Starkniederschlägen in Niedersachsen lassen sich aus den Projektionen keine belastbaren Aussagen ableiten. Zum einen, da die Bandbreite der Ergebnisse innerhalb des Ensembles sehr groß ist und sich kein eindeutiger Trend erkennen lässt (DWD 2018) und zum anderen, da die strukturelle Methodik der Klimamodelle eine Auswertung für Extremereignissen nur bedingt ermöglicht. Dennoch wird aus den Beobachtungen der jüngeren Vergangenheit eine Zunahme an Starkregenereignissen bedingt

durch den menschengemachten Klimawandel angenommen.

Auch beim „Klimaschutz“-Szenario RCP2.6 ergibt sich für die Niederschlagsentwicklung keine eindeutige Tendenz. Im Gegensatz zum RCP8.5-Szenario nimmt die Niederschlagsmenge hier zunächst etwas deutlicher zu, zum Ende des Jahrhunderts schwächt sich dies wieder etwas ab. Die Tabelle 2.3 vergleicht die projizierten Änderungen der mittleren Jahresniederschlagsmenge unter dem RCP2.6- und dem RCP-8.5 Szenario.

	1971 – 2000	2021 – 2050 (RCP2.6)	2021 – 2050 (RCP8.5)	2071 – 2100 (RCP2.6)	2071 – 2100 (RCP8.5)
Jahr	745 mm	+4 %	+2,8 %	+1 %	+3,5 %

Tabelle 2.3: Vergleich der projizierten Änderungen des mittleren Jahresniederschlags unter dem RCP2.6- und dem RCP-8.5 Szenario. (Quelle: DWD 2018, NLWKN/LBEG)

Auch die Projektionen der Niederschlagsmenge weisen auf Basis des verwendeten Modell-Ensembles Bandbreiten auf. Diese zeigen je nach Klimamodell eine leichte Zu- bzw. Abnahme der jährlichen Niederschlagsmengen an. Durch die unterschiedliche Entwicklungsrichtung der, in Abbildung 2.7 dargestellten, einzelnen Klimaprojektionen wird die Unsicherheit in den Aussagen zusätzlich deutlich.

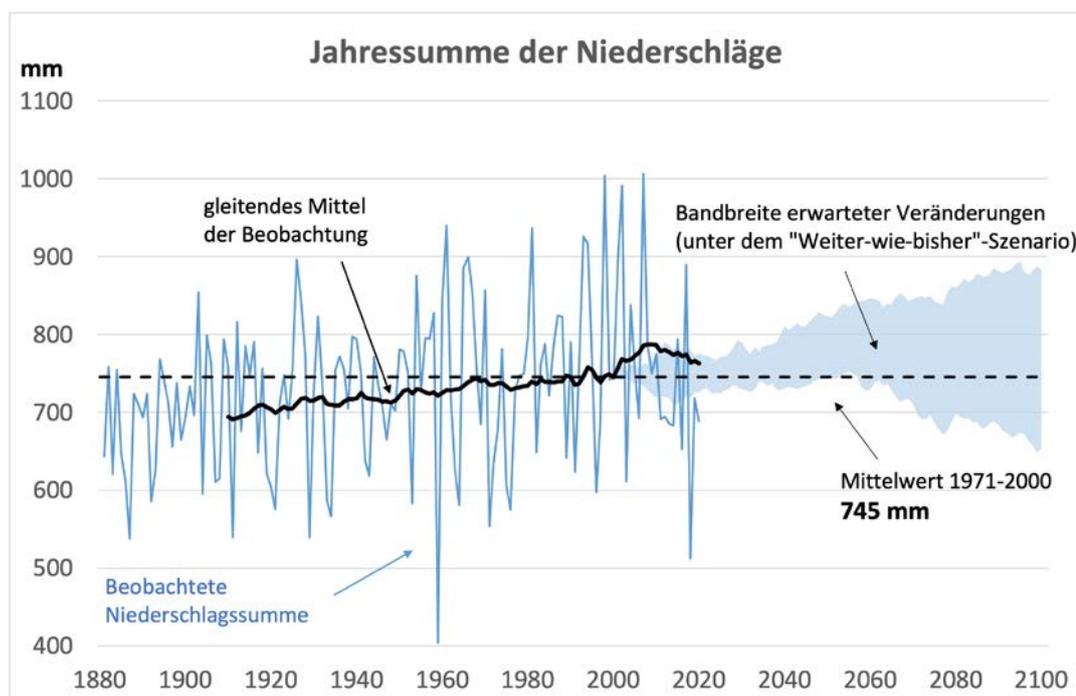


Abbildung 2.7: Verlauf der Jahresniederschlagssumme von 1881 – 2020 sowie dessen gleitender 30-jähriger Mittelwert. Anschließend: Bandbreite der Änderung der Jahresniederschlagssumme von 1971 – 2100 aus den Ergebnissen der verwendeten Klimamodelle unter dem RCP8.5- Szenario (ebenfalls als gleitender 30-jähriger Mittelwert dargestellt).

2.3.3 Weitere Klimagrößen

Wind

Die Windverhältnisse variieren innerhalb Niedersachsens mit dem Abstand zur Küste. In den küstennahen Regionen werden hohe Windgeschwindigkeiten verzeichnet, während die wind-

schwächeren Regionen das südliche und östliche Niedersachsen bilden. Die mittlere Jahreswindgeschwindigkeit ist eine sehr variable Größe, und seit 1880 ist kein deutlicher Trend in den Windverhältnissen in Niedersachsen erkennbar. Auch die Klimamodellergebnisse lassen für die Zukunft keine Veränderungen des Winddargebots erwarten (DWD 2018).

Sonnenschein

Die Sonnenscheindauer ist eine Größe, die von Jahr zu Jahr großen Schwankungen unterliegt. Der vieljährige Mittelwert (1981 – 2010) in Niedersachsen beträgt 1528 Stunden, mit den geringsten Werten im Harz und der Lüneburger Heide. Die langjährige Entwicklung seit der Mitte des 20. Jahrhunderts zeigt einen geringfügig ansteigenden Trend der jährlichen Sonnenscheindauer. Allerdings wird dieser hauptsächlich auf erfolgreiche Maßnahmen zur Luftreinhaltung zurückgeführt und kann nicht als Auswirkung des Klimawandels interpretiert werden. Die Sonnenscheindauer wird in den Klimamodellen indirekt aus Strahlung und Bewölkung abgeleitet. Damit sind die Ergebnisse weniger aussagekräftig als bspw. für Temperatur und Niederschlag. Derzeit können keine belastbaren Aussagen zu zukünftigen Änderungen gemacht werden (DWD 2018).

Verdunstung

Die mittlere jährliche potenzielle Verdunstung (FAO-Gras-Referenzverdunstung) in Niedersachsen liegt bei 561 mm/Jahr (1971 – 2000), wobei sie auf Grund zunehmender Kontinentalität von Nordwesten nach Südwesten hin zunimmt. Da die Verdunstung eng an die Temperaturverhältnisse gekoppelt ist, sind die Werte im Harz am geringsten. Laut Klimamodellrechnungen ist in der nahen Zukunft eine Zunahme von im Mittel ca. 7 % möglich. Für die ferne Zukunft des RCP8.5-Szenarios ist ein Anstieg von ca. 19 % zu erwarten. Dies ist die direkte Folge des für die Zukunft projizierten Temperaturanstiegs (DWD 2018).

Klimatische Wasserbilanz

Als Differenz von Niederschlag und Verdunstung ist die klimatische Wasserbilanz in erster Näherung ein gutes Maß für die regionale Wasserverfügbarkeit. In Niedersachsen nimmt die klimatische Wasserbilanz in der Richtung zunehmender Kontinentalität von Norden nach Osten hin ab. Im Bereich des Harzes steigt sie aufgrund der dort vergleichsweise hohen Niederschlagssummen wieder an. Das Jahresmittel (1971 – 2000) liegt in Niedersachsen bei 185 mm/Jahr wobei das Sommerhalbjahr allein betrachtet ein Wasserbilanzdefizit von -69 mm/Halbjahr aufweist. Die Klimamodellrechnungen lassen erwarten, dass der Jahresüberschuss in der nahen Zukunft etwas abnehmen wird und sich das Defizit im Sommer verstärkt. Für die ferne Zukunft ist mit einer Abnahme des bisherigen Jahresmittels um ca. zwei Drittel zu rechnen während sich das Sommerdefizit verdoppelt (DWD 2018).

Phänologie

Die Phänologie beschreibt wiederkehrende Erscheinungen in der Natur, wie bspw. Entwicklungsphasen von Pflanzen, die eng an die vorherrschenden Umwelt- und Klimabedingungen geknüpft sind. Bereits heute lassen sich die Auswirkungen von Klimaveränderungen in Niedersachsen in der Natur ablesen. So verschieben sich im Mittel (Vergleich 1961 – 1990 zu 1991 – 2017), mit Ausnahme des phänologischen Spätherbstes und Winters, alle phänologischen Jahreszeiten im Jahresverlauf nach vorne. Die Verknüpfung phänologischer Modelle mit Klimaprojektionen lässt im gesamtdeutschen Trend eine weitere Verfrühung der phänologischen Jahreszeiten erwarten, wobei von den stärksten Veränderungen im Frühling auszugehen ist. Dadurch käme es zu einer (weiteren) Verlängerung der Vegetationsperiode bei gleichzeitig erhöhter Spätfrostgefahr (DWD 2018, DWD 2020b).

2.3.4 Extremereignisse

Extremereignisse sind Ereignisse, die in Intensität und/oder Dauer deutlich vom üblichen Wettergeschehen abweichen, statistisch sehr selten auftreten und meist mit einer extremen Wirkung auf Mensch und Natur einhergehen (DWD 2018). Beispiele für Extremereignisse sind die Elbhochwasser 2002 und 2013 und das Hochwasser und Überschwemmungen in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen 2021 als Folge von sehr hohen Niederschlagsmengen, die extrem heißen und trockenen Sommer 2003 und 2018 oder das Orkantief Christian im Jahr 2013.

Aussagen über das Auftreten zukünftiger Extremereignisse sind aus mehreren Gründen sehr schwierig. Der Wiederkehrzeitraum von Extremereignissen ist häufig sehr lang, d.h. sie treten in vergleichbarer Intensität nur in großen zeitlichen Abständen auf. Ein Beispiel ist die Betrachtung eines 100-jährlichen Ereignisses, das im statistischen Mittel einmal alle 100 Jahre auftritt. Da die vorhandenen Messreihen nur wenig länger als 100 Jahre sind und dadurch meist eine zu geringe Anzahl an Einzelereignissen enthalten, ist eine statistische Erfassung und Bewertung nicht einfach und es lassen sich nur wenig belastbare Aussagen zur zukünftigen Entwicklung treffen (DWD 2018). Hinzu kommt, dass durch die zu niedrige räumliche Auflösung der regionalen Klimamodelle eine Aussage zu lokal begrenzten Extremereignissen nicht möglich ist.

Wie bereits in Kapitel 2.1 gezeigt, haben in den vergangenen Jahren sowohl die mittlere Temperatur, als auch die Tage mit extrem hohen Temperaturen sowie Hitzeperioden zugenommen. Zuletzt zeigte sich dies durch zwei starke Hitzewellen im Sommer 2019 (DWD 2020b). Durch den fortschreitenden Klimawandel und die einhergehende Temperaturerhöhung, wie in Kapitel 2.3.1 veranschaulicht, steigt auch die Wahrscheinlichkeit von extrem hohen Temperaturen bzw. der Anzahl an Hitzetagen und Tropennächten (nächtliche Tiefsttemperatur ≥ 20 °C) sowie von lang andauernden Hitzewellen in der Zukunft. Die Häufigkeit von Frost- und Eistagen wird hingegen weiter zurückgehen, genauso wie das Auftreten von Kälteperioden (DWD 2018).

Durch die Zunahme der Temperatur steigt auch das Potenzial für extreme Niederschlagsereignisse, da diese Größen physikalisch direkt miteinander in Verbindung stehen. Die Lufttemperatur und der Wassergehalt der Atmosphäre sind exponentiell miteinander verknüpft, weshalb wärmere Luft wesentlich mehr Wasser aufnehmen kann als kältere. Dieser Zusammenhang führt zu einer Erhöhung der maximal möglichen Niederschlagsmengen bei steigenden Temperaturen (DWD 2018). Über die Entwicklung der Häufigkeit und Verteilung sowie der Art von extremen Niederschlägen, wie z.B. Starkniederschlägen oder Hagel, können jedoch aufgrund der strukturellen Methodik, der zu geringen räumlichen wie zeitlichen Auflösung der Klimaprojektionen keine detaillierten lokalen Angaben gemacht werden (DWD 2018).

Eine zukünftige Veränderung von Extremereignissen mit hohen Windgeschwindigkeiten lässt sich aus den Klimaprojektionen ebenfalls nicht ableiten (vergleiche Kapitel 2.3.3) (DWD 2018).

2.4 Zusammenfassung

Dieser Bericht verwendet zur Beschreibung des Klimas der Vergangenheit bis heute Wetterbeobachtungsdaten, aus denen langfristige Trends der Klimaentwicklung abgeleitet werden. Das Klima der Zukunft wird mit Hilfe von globalen und regionalen Klimamodellen auf Basis von Treibhausgasszenarien simuliert. Dabei liegt der Fokus auf dem „Weiter-wie-bisher“-Szenario RCP8.5. Basierend auf den Wetterbeobachtungsdaten des DWD ist bereits eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur in Niedersachsen seit 1881 bis heute (2020) um +1,7 °C festzustellen. Damit einhergehend hat sich die Häufigkeit von Sommer- und Hitzetagen erhöht, während sich die von Frost- und Eistagen verringert hat. Weiterhin zeigen die Beobachtungsdaten einen Anstieg der mittleren Jahresniederschlagssumme von +86 mm im gleichen Zeitraum.

Die Ergebnisse der Klimaprojektionen zeigen, unter dem „Weiter-wie-bisher“-Szenario RCP8.5, eine weitere deutliche Erhöhung der Jahresmitteltemperatur im Laufe des 21. Jahrhunderts, wobei die Temperaturzunahme im Winterhalbjahr etwas stärker ausgeprägt ist als im Sommerhalbjahr. Die Häufigkeit von Temperaturextremen verschiebt sich, es gibt weniger Kälteereignisse und mehr Hitzeereignisse. Für den Niederschlag lassen sich in Bezug auf die Jahresniederschlagssumme und die Häufigkeit von Extremereignissen keine eindeutigen Trends ableiten. Allerdings wird eine innerjährliche Verschiebung der Niederschlagsmenge erwartet, in der die Menge des Sommerniederschlags geringfügig abnehmen während im Gegenzug die Menge im Winter zunimmt.

Tabelle 2.4 fasst die wichtigsten Aussagen des Kapitels noch einmal zusammen.

Kli-	Zeitraum	Kernaussagen
Temperatur	1881 – 2020	Anstieg der Jahresmitteltemperatur um +1,7 °C
	1951 – 2020	Anstieg der Anzahl von Sommer- und Hitzetagen
		Abnahme der Anzahl von Frost- und Eistagen
	Referenzzeitraum 1971 – 2000	Jahresmitteltemperatur 9,0 °C
	Nahe Zukunft 2021 – 2050	Mittlere Änderung der Jahresmitteltemperatur um +1,4 °C
Ferne Zukunft 2071 – 2100	Mittlere Änderung der Jahresmitteltemperatur um +3,8 °C	
Niederschlag	1881 – 2020	Geringfügiger Anstieg der Jahresniederschlagssumme um +83 mm (Sommerhalbjahr gleichbleibend, Winterhalbjahr leicht zunehmend)
	Referenzzeitraum 1971 – 2000	Jahresniederschlagssumme 745 mm
	Nahe Zukunft 2021 – 2050	Mittlere Änderung der Jahresniederschlagssumme um rund +3 % (Sommerhalbjahr gleichbleibend, Winterhalbjahr leicht zunehmend)
	Ferne Zukunft 2071 – 2100	Mittlere Änderung der Jahresniederschlagssumme um rund +4 % (Sommerhalbjahr leicht abnehmend, Winterhalbjahr leicht zunehmend)

Tabelle 2.4: Kernaussagen zur Klimaentwicklung in Niedersachsen.

2.5 Klimawirkung und Handlungsbedarf

Das Kapitel 2 beschreibt den aktuellen Wissensstand zur Klimaentwicklung in Niedersachsen. Es belegt eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um +1,7 °C seit Beginn der Wetteraufzeichnung und eine mögliche zukünftige Änderung der Jahresmitteltemperatur um +3,8 °C. Doch dies sind zunächst nur abstrakte Zahlen. Welche Schlüsse lassen sich aus den gezeigten Ergebnissen ableiten und welche Bedeutung ist den hier präsentierten Zahlen im Hinblick auf die möglichen Klimafolgen für Niedersachsen beizumessen?

Der IPCC zeigte in seinem Sonderbericht zu 1,5 °C Erderwärmung von 2018, dass die Risiken für Menschen, Wirtschafts- und Ökosysteme bereits bei einer globalen Temperaturerhöhung

von 1,5 °C zum Teil erheblich sein werden und in vielen Fällen höher ausfallen als noch im 5. Sachstandsbericht (2013) angenommen wurde. Beispiele hierfür sind der Meeresspiegelanstieg in Küstenregionen, die Schmelzprozesse in der Arktis, sowie die Zerstörung einzigartiger und bedrohter (Öko-)Systeme. Zu letzteren zählen u.a. Warmwasserkorallen, für die das Risiko bereits bei diesem Änderungswert als sehr hoch eingestuft wird (UBA 2019).

Die hier gezeigten Ergebnisse belegen, dass sich die klimatischen Bedingungen in Niedersachsen während der letzten Jahrzehnte bereits jenseits der natürlichen Variabilität verändert haben. Sollten die globalen Emissionen von Treibhausgasen in den nächsten Jahrzehnten weiter so voranschreiten wie bisher, werden sich die Verhältnisse in einem Maße ändern, wie wir es bisher noch nicht beobachtet haben. Obgleich die projizierten mittleren Änderungen gering erscheinen mögen, muss regional mit erheblichen Auswirkungen gerechnet werden. Vor allem extreme Ereignisse wie Trockenzeiten und Hitzewellen, aber auch Starkniederschläge werden an Intensität, Häufigkeit und Dauer zunehmen. Dies wird Konsequenzen für alle Handlungsfelder haben, die in diesem Bericht aufgeführt sind. Bestehende Strategien, Managementpläne und Vorsorgeinstrumente reichen häufig nicht mehr aus, um die Gesellschaft auf die zukünftig möglichen Entwicklungen vorzubereiten und ihre Resilienz gegenüber dem Klimawandel entsprechend zu verbessern.

Zudem lässt der aktuelle Stand der Anstrengungen zur Eindämmung des Klimawandels absehen, dass wir uns im Hinblick auf die vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen in einem Bereich bewegen, welcher eine globale Temperaturerhöhung von weit mehr als 1,5 °C bis Ende des 21. Jahrhunderts zur Folge haben wird. Die Abbildung 2.8 stellt den aktuellen Stand der weltweiten Anstrengungen zur Minderung der Treibhausgasemissionen dar. Selbst bei einer vollständigen Umsetzung der angekündigten Minderungsbeiträge der Vertragsstaaten der Pariser Klimakonferenz von 2015 (hier in blau dargestellt und mit „Pledges“ beschriftet) würde die globale Mitteltemperatur bis 2100 um 2,5 bis 2,8 °C ansteigen (gegenüber vorindustriellem Niveau). Auch der IPCC warnt, dass die derzeit angekündigten Anstrengungen nicht ausreichen um den globalen Temperaturanstieg auf 1,5 °C zu begrenzen (UBA 2019).

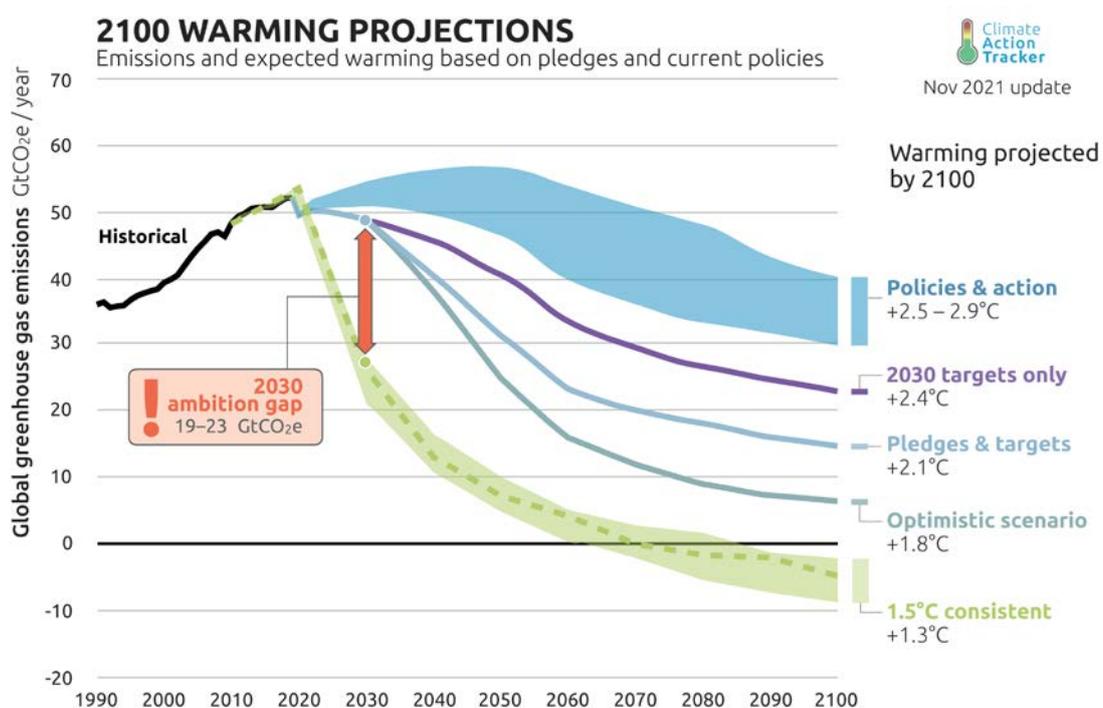


Abbildung 2.8: Aktueller und erwarteter Stand der Minderung der globalen Treibhausgasemissionen (Climate Action Tracker 2021).

Bei Betrachtung des in dem vorliegenden Kapitel zusammengefassten Kenntnisstands zum Klimawandel in Niedersachsen im globalen Kontext, wird klar, dass die Gesellschaft auch in Niedersachsen darauf vorbereitet sein muss, von den Folgen des Klimawandels betroffen zu sein. Sei es z. B. im Kontext von

- » zunehmender Überschwemmungsgefahren an der Küste und im Binnenland
- » zunehmendem Trockenstress in natürlichen Ökosystemen sowie in der Land- und Forstwirtschaft
- » zunehmender Waldbrandgefahr
- » zunehmendem Hitzestress in Ballungsräumen und damit einhergehender Belastung der Gesundheit
- » klimaangepasster Gebäudeplanung
- » ausreichender Bereitstellung von Trinkwasser, Brauch- und Kühlwasser, sowie Beregnungswasser für die Landwirtschaft
- » zunehmender Bodenerosion durch Starkregen oder extreme Trockenheit
- » invasiven Arten und dem Erhalt der Biodiversität
- » Belastung der Gewässerökologie durch hohe Wassertemperaturen und hohe Sauerstoffgehalte
- » abnehmender Schneesicherheit in Wintersportgebieten
- » usw.

Die vorliegende Anpassungsstrategie für Niedersachsen an die Folgen des Klimawandels erhält somit eine wichtige Bedeutung, um die Zukunftsfähigkeit Niedersachsens vor der Herausforderung sich ändernder klimatischer Verhältnisse zu gewährleisten.

2.6 Literaturverzeichnis

CLIMATE ACTION TRACKER (2019): <https://climateactiontracker.org>, (28.07.2020).

DWD (2017): promet Meteorologische Fortbildung - Regionale Klimamodellierung I – Grundlagen. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, Deutschland.

DWD (2018): Klimareport Niedersachsen; Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, Deutschland.

DWD (2019): Klimavorhersagen und Klimaprojektionen. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, Deutschland.

DWD (2020a): Rückblick auf die Temperatur in Deutschland im Jahr 2020: Eines der wärmsten Jahre in Deutschland und Ende des bisher wärmsten Jahrzehnts. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, Deutschland.

DWD (2020b): Nationaler Klimareport. 4. Korrigierte Auflage, Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, Deutschland.

DWD Climate Data Center (2021): Jährliche Gebietsmittel, Version v19.3, abgerufen am 24.06.2021.

IPCC (2014): Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Hauptautoren, R.K. Pachauri und L.A. Meyer (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016.

HAYHOE, K. ET AL. (2017): Climate models, scenarios, and projections. In: Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I [Wuebbles et al.], U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA.

JACOB, D. ET. AL. (2014): EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. In: Regional Environmental Change, Volume 14, 563-578. DOI: 10.1007/s10113-013-0499-2.

MOSS, R., EDMONDS, J., HIBBARD, K. ET AL. (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. Nature 463, 747–756 (2010), doi:10.1038/nature08823

MU NIEDERSACHSEN (2019): Klimawirkungsstudie Niedersachsen. Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz, Hannover, Deutschland.

NAKICENOVIC, N. ET. AL. (2000): Special Report on Emissions Scenarios. A special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge

ReKliEs-De (2018): ReKliEs-De – Regionale Klimaprojektionen Ensemble für Deutschland. <http://reklies.hlnug.de/startseite>, (11.05.2018).

UBA (2019): Neue Erkenntnisse aus dem IPCC-Sonderbericht über 1,5 °C globale Erwärmung - Dokumentation des UBA-Webinars vom 26. Oktober 2018, Climate Change 05/2019, Umweltbundesamt, Dessau, Deutschland.

3.

HANDLUNGS-
FELDER







HANLUNGSFELDER IN DER ÜBERSICHT



3.1 Bodenschutz



3.10 Energiewirtschaft



3.2 Wasserwirtschaft



3.11 Industrie und Gewerbe



3.3 Küstenschutz



3.12 Verkehrswege und -netze



3.4 Fischerei



3.13 Tourismus



**3.5 Landwirtschaft,
Garten- und Obstbau**



3.14 Katastrophenschutz



**3.6 Wald- und
Forstwirtschaft**



3.15 Räumliche Planung



**3.7 Biodiversität
und Naturschutz**



**3.16 Wissenschaft und
Forschung**



3.8 Gesundheitswesen



**3.17 Bildung und
Qualifizierung**



3.9 Bauwesen



3.1 BODENSCHUTZ





3.1 Bodenschutz

Der Boden ist eine endliche, weil kaum erneuerbare Ressource. Zudem stellen Böden in ihrer Gesamtheit hoch komplexe Ökosysteme dar. Diese Ökosysteme erbringen eine Vielzahl von Leistungen, die für Menschen einen direkten oder indirekten wirtschaftlichen, materiellen, gesundheitlichen oder psychischen Nutzen haben. Im Falle der Böden zählen hierzu beispielsweise die Bereitstellung von Nahrungsmitteln oder nachwachsenden Rohstoffen, die Filterung von Grundwasser sowie der Freizeit- und Erholungswert der Natur. All dies sind Leistungen, die durch das Ökosystem „Boden“ erbracht werden. In Deutschland werden Ökosystemleistungen gesetzlich über Bodenfunktionen beschrieben und sind als solche durch das Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundesbodenschutzgesetz - BBodSchG) geschützt. Die im BBodSchG benannten Funktionen umfassen die natürlichen Bodenfunktionen, die Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte sowie die zahlreichen Nutzungsfunktionen. Aufgrund ihrer vielfältigen Schnittstellen mit den anderen Sphären des Erdökosystems sind intakte Böden ein grundlegender Bestandteil des Naturhaushaltes und spielen eine wesentliche Rolle für seine Funktions- und Leistungsfähigkeit.

In diesem Kapitel werden die Folgen des Klimawandels für die Böden aufgezeigt (3.1.1), ohne aber die zum Teil äußerst klimarelevanten Effekte von Bodenveränderungen unberücksichtigt zu lassen. Einerseits haben der Zustand und die Prozesse des Bodens erhebliche Auswirkungen auf das Klima. Andererseits sind Bodeneigenschaften und Bodenfunktionen unmittelbar von künftigen Klimaänderungen betroffen. Das Klima beeinflusst die im Boden ablaufenden Stoffumsetzungs- und Verlagerungsprozesse und die natürlichen Bodenfunktionen. Die erwarteten Klimaänderungen wirken sich auf den Wasserhaushalt, den Stofftransport, Bodenorganismen und damit auch auf den Stoffumsatz in Böden aus. Böden spielen also eine zentrale Rolle im Klimageschehen und weisen somit auch eine Vielzahl an Anknüpfungspunkten zu den Handlungsfeldern der Anpassungsstrategie auf (s. Abbildung 3.1.1).

Basierend auf diesen Ausführungen werden Handlungsziele (3.1.2) und auf diese Ziele ausgerichtete Maßnahmen (3.1.3) zur Anpassung an den Klimawandel abgeleitet.

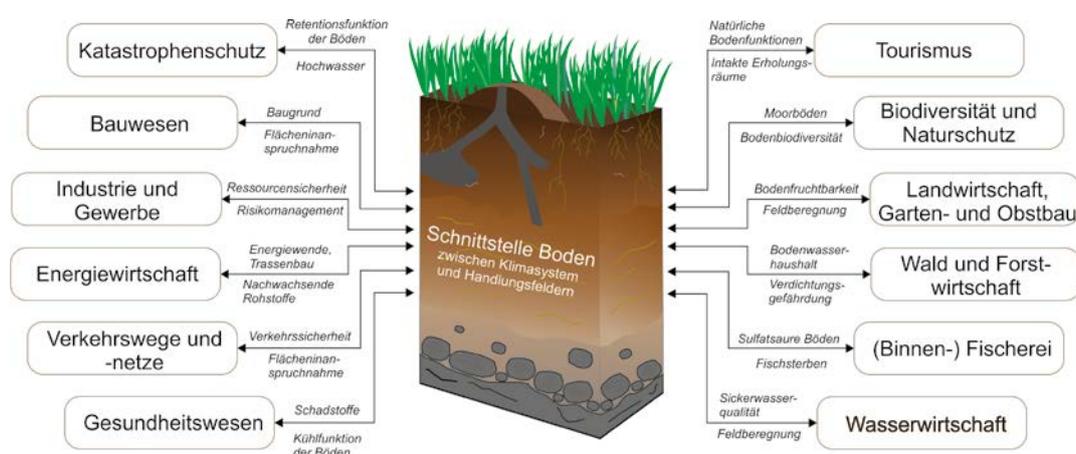


Abbildung 3.1.1: Beispielhafte Verbindungen des Schutzguts Boden zu den Handlungsfeldern im Kontext des Klimawandels.



3.1.1 Auswirkungen des Klimawandels

Die Beschreibung der zu erwartenden klimawandelbedingten Veränderungen des Bodens stellt das Fundament für die weiteren Ausführungen zum Boden im Rahmen der Anpassungsstrategie dar. Hierzu werden nach einem Überblick zu den natürlichen Bodenfunktionen besonders bedeutsame Aspekte genauer erläutert.

Natürliche Bodenfunktionen

Die natürlichen Bodenfunktionen sind die Lebensraum-, Regulations- sowie Filter- und Pufferfunktion des Bodens. Es ist zu erwarten, dass sich der Klimawandel in Zukunft, über die bereits heute bestehenden Auswirkungen hinaus, auf die Funktionserfüllung der Böden auswirken wird (Engel et al. 2020). Insbesondere werden davon die natürlichen Bodenfunktionen betroffen sein, die von besonderer Bedeutung für den Naturhaushalt sind und auch die Grundlage für Nutzungsfunktionen (z.B. land- und forstwirtschaftliche Nutzung) bilden. Die natürlichen Bodenfunktionen und deren Funktionserfüllungsgrad werden durch die Eigenschaften des Bodens beeinflusst, wie beispielsweise seine Textur und seinen Tonmineralgehalt, seinen Humusgehalt oder seinen pH-Wert. Die mit dem Klimawandel einhergehenden Niederschlags- und Temperaturänderungen werden sich je nach Standortbedingungen regional oder lokal differenziert auf die Bodeneigenschaften, die im Boden ablaufenden Prozesse und damit auf die Bodenfunktionen auswirken, da sie in vielfältiger Wechselwirkung mit dem Wasser- und Stofftransport, den Stoffumwandlungs- und Speicherprozessen und der biologischen Aktivität stehen.

INFO

Exkurs: Aktionsprogramm zum Schutz der Böden

Auf gutem Grund

- » Erstmals werden mit dem Aktionsprogramm die Belange des Bodenschutzes in Niedersachsen umfassend gebündelt und in einem Konzept zusammengefasst.
- » Übergeordnete Ziele: den Vollzug des Bodenschutzes insbesondere im Hinblick auf Vorsorge orientiertes Handeln zu stärken und die öffentliche Wahrnehmung für das Schutzgut „Boden“ weiter zu verbessern.

Bedeutung für die Anpassung an den Klimawandel

- » Hierbei wird ein besonderer Fokus auf eine nachhaltige Entwicklung und auf notwendige Klimafolgen-Anpassungsstrategien gelegt.
- » Das Programm steht in enger Beziehung zur Niedersächsischen Naturschutzstrategie (2017), zur Niedersächsischen Nachhaltigkeitsstrategie (2017) sowie zur Klimapolitischen Umsetzungsstrategie Niedersachsens (2013).

Link zum Aktionsprogramm:

www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/boden





Die Veränderung der natürlichen Bodenfunktionen hat auch Auswirkungen auf die Nutzung der Böden und anderer Umweltgüter durch den Menschen. Über die Beeinflussung des Bodenwasserhaushaltes sind z.B. auch Auswirkungen auf die Nutzungsfunktionen (v.a. Standort für die Land- und Forstwirtschaft) oder des Grundwasserdargebots zu erwarten. Diese Zusammenhänge und Schnittstellen zu den Handlungsfeldern der Anpassungsstrategie werden im Folgenden aufgezeigt, um die Grundlage für umsichtige Anpassungsmaßnahmen zu legen. Da Böden von land- und forstwirtschaftlichen Nutzungen geprägt werden oder Standorte für Naturschutz, Bebauung etc. sind, werden detaillierte Maßnahmen u.a. auch in den jeweiligen sektoralen Handlungsfeldern (z. B. Kap. 3.5, Kap. 3.6, 3.7, 3.9) beschrieben. Auf diese wird in den Schnittstellen-Tabellen verwiesen.

Schnittstellen der natürlichen Bodenfunktionen mit anderen Handlungsfeldern			
Thema	Handlungsfeld	Wirkzusammenhang	Textverweis
Bestandteil des Naturhaushaltes	Alle Handlungsfelder Besonders: Biodiversität und Naturschutz, Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, Forstwirtschaft	Als Folge zu erwartender Klimaveränderungen können Böden in ihren wichtigen Funktionen im Naturhaushalt negativ beeinträchtigt werden und diese ggf. nur noch eingeschränkt erfüllen. Die Empfindlichkeit von Ökosystemen gegenüber Klimaveränderungen kann dadurch zusätzlich verstärkt werden.	Kapitel 3.2, 3.5, 3.6, 3.7
Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen	Alle Handlungsfelder Besonders: Biodiversität und Naturschutz, Wasserwirtschaft, Fischerei, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Gesundheitswesen, Industrie und Gewerbe	Böden bilden die Lebensgrundlage für Menschen, Tiere und Pflanzen an Land. Die zu erwartenden Einschränkungen ihrer natürlichen Funktionen durch klimatische Veränderungen hätten weitreichende ökologische, soziale und wirtschaftliche Folgen.	Kapitel 3.2, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.11

Tabelle 3.1.1: Schnittstellen der natürlichen Bodenfunktionen mit anderen Handlungsfeldern

Bodenwasserhaushalt

Durch die klimawandelbedingte saisonale Verlagerung der Niederschlagsmenge (Zunahme im Winter, Rückgang im Sommer) bei gleichzeitigem Temperaturanstieg wird durch die resultierende höhere Verdunstung eine abnehmende klimatische Wasserbilanz in der Hauptvegetationsperiode erwartet (DWD 2018 und s. Kap. 2.3.2). Damit geht eine stärkere Ausnutzung der Bodenwasservorräte im Sommer einher. Darüber hinaus wird erwartet, dass die Niederschläge häufiger in Form von Starkregenereignissen auftreten, die aufgrund der beschränkten Aufnahmekapazität des Bodens weniger zur Auffüllung des Bodenwasserhaushalts beitragen können.

Zudem wird eine Zunahme der Häufigkeit von Trockenperioden und deren Dauer erwartet. Als Folge steigen die Gefahr von Trockenstress für die Vegetation (auch für Wälder) und die Gefahr von Ertragseinbußen für die Land- und Forstwirtschaft. Insgesamt ist mit einer Zunahme des Ertragsrisikos zu rechnen (Engel et al. 2020). Infolgedessen wird von einer Zunahme des landwirtschaftlichen Beregnungsbedarfs – sowohl mengenmäßig als auch flächenmäßig – ausgegangen (vgl. Kap. 2.3.2).

Als Folge des Klimawandels ist eine verstärkte Beanspruchung der Grundwasservorräte mit zunehmenden Nutzungskonflikten (höhere Verdunstungsleistung der Vegetation auf Flächen mit



Grundwasseranschluss, längere Vegetationsperiode mit möglichem Zweitanbau, verstärkter Beregnungswasserbedarf in der Landwirtschaft, erhöhter Wasserbedarf der Bevölkerung, mögliche Beeinträchtigung grundwasserabhängiger Landökosysteme) zu erwarten.

Für die Winterhalbjahre sind gegenläufige Verhältnisse möglich. Durch die projizierte Zunahme der Niederschlagsmenge im Winter kann es in diesem Zeitraum zu einer Erhöhung der Sickerwasserrate und der Grundwasserneubildung kommen. Durch eine Zunahme von lang andauernden Niederschlagsereignissen mit großen Regenmengen und insbesondere von Starkregenereignissen ist ein verstärkter Oberflächenabfluss im Winter möglich.

Eine Verlängerung der Vegetationsperiode, höhere Temperatursummen und gleichzeitig eine höhere CO₂-Konzentration in der Atmosphäre ermöglichen bei ausreichender Wasserversorgung aber auch höhere Biomasserträge und andere Fruchtfolgen. Ein Zweitanbau kann in bisher ungünstigen Lagen möglich werden, allerdings nur, wenn auch hier eine gute und ausreichende Wasserversorgung gewährleistet ist, was im Zuge des Klimawandels zunehmend zur Herausforderung werden kann (s. Kap. 2.3).

Schnittstellen des Bodenwasserhaushalts mit anderen Handlungsfeldern			
Thema	Handlungsfeld	Wirkzusammenhang	Textverweis
Feldberegnung	Wasserwirtschaft Landwirtschaft Naturschutz	Zu erwartende geringere Niederschlagsmengen im Sommer lassen den Wasserbedarf zur Feld- und Gartenberegnung ansteigen.	Kap. 3.2, 3.5, 3.7
Dürre	Landwirtschaft Forstwirtschaft	Auf Standorten ohne Beregnungsmöglichkeit können häufiger auftretende ausgedehnte Trockenphasen in der Vegetationsperiode eine Wasserunterversorgung von Feldfrüchten und Bäumen zur Folge haben.	Kap. 3.5, 3.6
Kühlfunktion in Städten	Gesundheitswesen	Städte und Ballungsräume heizen sich stärker auf als das Umland. Länger anhaltende Hitzebelastungen sind eine Gesundheitsbelastung für die dort lebende Bevölkerung. Der Erhalt und die Schaffung von Grünflächen wirkt dem Erhitzen von Städten und Ballungsräumen durch die kühlende Funktion der Böden entgegen.	Kap. 3.8
Oberflächenabfluss und Infiltrationsvermögen	Wasserwirtschaft	Höhere Niederschlagsmengen und eine Zunahme der Starkregenereignisse im Winter können einen höheren Oberflächenabfluss bewirken.	Kap. 3.2
	Landwirtschaft	Höhere Niederschlagsmengen im Winter führen zu einer längeren Phase der Wassersättigung der Böden. Verstärkter Oberflächenabfluss sowie eine erhöhte Verschlammungs- und Verdichtungsneigung der Böden sind die Folgen.	Kap. 3.5



Schnittstellen des Bodenwasserhaushalts mit anderen Handlungsfeldern			
Thema	Handlungsfeld	Wirkzusammenhang	Textverweis
Oberflächenabfluss und Infiltrationsvermögen	Forstwirtschaft	Ungeachtet der höheren Niederschlagsmengen im Winterhalbjahr ist nicht davon auszugehen, dass die Böden zu Beginn der Vegetationsperiode wassergesättigt sind. Intakter Wald leistet aufgrund des hohen Infiltrations- und Speichervermögens einen wichtigen Beitrag zum Landschaftswasserhaushalt. Der Walderhalt und der Stabilisierung der Wälder im Sinne einer Klimaanpassung sind daher von großer Bedeutung.	Kap. 3.6
	Katastrophenschutz	Schadverdichtung, Verschlämmung, Bebauung und Versiegelung führen zu einem geringeren Infiltrations- und Speichervermögen der Böden bzw. zu dessen Verlust. Dies erhöht das Risiko für Hochwasser und Überflutungen infolge von starken Regenfällen. Da zu erwarten ist, dass Starkregenereignisse in Zukunft zunehmen werden, wird die Minimierung dieser Faktoren an Bedeutung zunehmen.	Kap. 3.14
	Bauwesen	Durch die Bebauung und Versiegelung von Bodenflächen geht deren Funktion im Wasserkreislauf verloren, Wasser kann nicht mehr infiltrieren und wird nicht im Boden gespeichert. Es erhöht sich der Oberflächenabfluss und das Wasser gelangt schneller in die Vorfluter. Das Risiko für Hochwasser und Überflutungen steigt.	Kap. 3.9

Tabelle 3.1.3: Schnittstellen des Stoffhaushalts mit anderen Handlungsfeldern

Stoffhaushalt

Die projizierte Zunahme der Sommertrockenheit mit einer zunehmenden Austrocknung der Böden, insbesondere der Oberböden in der Hauptvegetationsperiode, kann zu einer Änderung der Nährstoffdynamik führen. Da der Transport von Düngemitteln zur Pflanzenwurzel und die Aufnahme von Nährstoffen durch die Pflanzen an das Vorhandensein von Wasser gekoppelt sind, werden die Nährstoffverfügbarkeit und die Düngewirkung (ohne zusätzliche Beregnung) eingeschränkt. Zusammen mit dem erwarteten zunehmenden Trockenstress steigt das Risiko von Mindererträgen mit schlechter Nährstoffausnutzung.

Als Folge können höhere Nährstoffüberhänge im Herbst auftreten. Durch die gleichzeitig zu erwartenden höheren Sickerwasserraten im Winter (also im Zeitraum ohne Nährstoffaufnahme)



steigt das Auswaschungsrisiko, insbesondere für Nährsalze, wie zum Beispiel Nitrat, ins Grundwasser. Zusätzlich kann durch die höheren Wintertemperaturen die Mineralisation organischer Substanz im Boden zunehmen. Als Folge kann sich die Auswaschungsproblematik verstärken.

Schnittstellen des Stoffhaushalts mit anderen Handlungsfeldern			
Thema	Handlungsfeld	Wirkzusammenhang	Textverweis
Nährstoffverfügbarkeit	Landwirtschaft Forstwirtschaft Biodiversität und Naturschutz	Da Nährstofftransport und -aufnahme im Boden wasserbasiert sind, würden zu erwartende Trockenperioden im Sommer eine geringere Nährstoffverfügbarkeit während der Vegetationsperiode bedeuten.	Kap. 3.5, 3.6, 3.7
Nährstoffauswaschung und Bodenerosion	Landwirtschaft Forstwirtschaft Biodiversität und Naturschutz Wasserwirtschaft Fischerei	Nährstoffverluste durch Auswaschung oder Bodenerosion können sich durch höhere Nährstoffüberhänge im Herbst, Mineralisation organischer Substanz bei milden Wintertemperaturen, regenreiche Winter und vermehrte Starkregenereignisse erhöhen. Dies kann zu Mindererträgen in Land- und Forstwirtschaft führen. Stoffeinträge in Oberflächengewässer und Grundwasser können die Gewässergüte negativ beeinflussen.	Kap. 3.2, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7
Versauerungsschübe bei sulfat-sauren Böden in sehr trockenen Jahren	Landwirtschaft Fischerei Naturschutz	In den Küstenregionen Niedersachsens kommen potenziell sulfat-saure Böden vor. Diese weisen in wassergesättigten Bereichen des Bodens hohe, geogen bedingte Gehalte an Eisensulfiden auf (v. a. Pyrit). Durch tiefes Austrocknen der Böden in sehr trockenen Perioden kommen die Eisensulfide in Kontakt mit Sauerstoff aus der Luft. Durch die Oxidation können erhebliche Mengen an Sulfat und Säure freigesetzt werden. Werden diese Stoffe durch Niederschläge in Oberflächengewässer eingetragen, kann dies, durch in dem sauren Milieu freigesetztes Aluminium und/oder Sauerstoffzehrung, zu Fischsterben führen.	Kap. 3.4, 3.5, 3.7

Tabelle 3.1.3: Schnittstellen des Stoffhaushalts mit anderen Handlungsfeldern

Kohlenstoffhaushalt

Die Humusspeicherung im Boden wird maßgeblich vom Klima beeinflusst. Gleichzeitig spielen Böden selbst eine essenzielle Rolle im Klimageschehen. Sie sind ein wichtiger Bestandteil im globalen Kohlenstoffzyklus und dessen Regulierung. Global gesehen speichern allein schon die Böden außerhalb von Permafrost- und Feuchtgebieten die bis zu vierfache Kohlenstoffmenge der Atmosphäre (Ciais et al. 2013). Böden stellen den drittgrößten Kohlenstoffvorrat der Erde dar (berechnet aus Denman et al. 2007), wovon etwa 15 % bis 30 % auf Moore entfallen. Niedersächsische Moore enthalten auf weniger als 10 % der Landesfläche mehr als 50 % der Bodenkohlenstoffvorräte des Landes. Durch die zu erwartenden höheren Temperaturen und die erwartete zunehmende Sommertrockenheit können vor allem hydromorphe Böden (Moore, Marschen, Gleye) in den Sommermonaten stärker entwässern, so dass die durch Wasserüberschuss konser-



vierte organische Substanz dem oxidativen Abbau ausgesetzt wird. Langfristig sind Humusabbau und die Freisetzung von Treibhausgasen die Folge. Gleiche Effekte werden dadurch bewirkt, dass sich aufgrund der projizierten Sommertrockenheit mehr Grünlandstandorte für eine Acker- nutzung eignen und umgebrochen werden könnten. Derzeit wirken allerdings die Regeln der EU-Agrarpolitik und auf Landesebene einem verstärkten Grünlandumbruch entgegen.

Gleichzeitig ist der Humusgehalt nicht nur im Hinblick auf die Kohlenstoffspeicherung relevant. Die organische Substanz im Boden ist auch außerhalb von Gebieten mit hydromorphen Böden von grundlegender Bedeutung. Ihr Gehalt im Boden beeinflusst maßgeblich die Bodenfruchtbarkeit, das Wasserspeichervermögen und die biologische Vielfalt. Ein Rückgang der organischen Substanz hat somit nicht nur Auswirkungen auf den globalen Kohlenstoffkreislauf, sondern auch auf Nährstoff- und Wasserkreisläufe.

Mildere Wintertemperaturen und eine ausreichende Bodenfeuchte können die Mineralisierungsprozesse der organischen Substanz beschleunigen. Dem gegenüber kann allerdings eine konservierende Wirkung durch Wasserübersättigung stehen und – in nicht hydromorphen Böden – eine verringerte Mineralisation in trockenen Sommermonaten. Auch für den Kohlenstoffhaushalt gilt daher, dass die Auswirkungen der erwarteten Klimaänderungen standort- und auch nutzungsabhängig sind und somit eine differenzierte Betrachtung notwendig ist. In einem Humusmanagement sind die Aspekte der Bodenfruchtbarkeit, des Boden- und Klimaschutzes aber auch des Grundwasserschutzes zu berücksichtigen (Don et al. 2018, Wiesmeyer et al. 2020).

INFO

Exkurs niedersächsische Moorlandschaften

Programm Niedersächsische Moorlandschaften

- » Zum Schutz und der Entwicklung von Moorlandschaften
- » Erhalt naturnaher Moore und Entwicklung regenerierbarer Moore
- » Verringerung von Torfzehrung und -sackung auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Moorböden
- » Verringerung von Treibhausgasemissionen

Bedeutung für den Klimaschutz

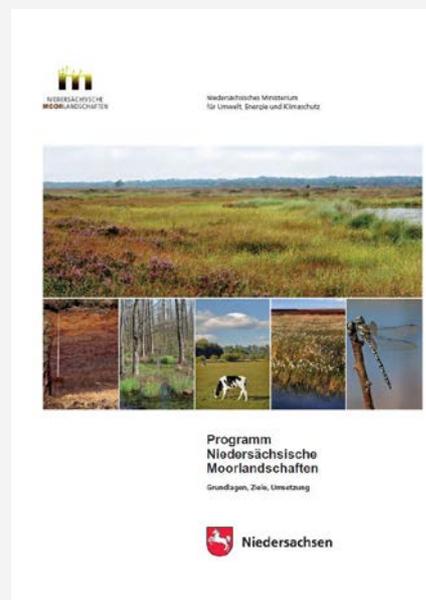
- » Moore speichern klimarelevante Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen.
- » Entwässerte und degradierte Moore sind Treibhausgasquellen.

Niedersachsen ist Moorland

- » In Niedersachsen liegen 70 % aller Hochmoore und fast 20 % aller Niedermoore Deutschlands.
- » Hoch- und Niedermoore: 8 % der niedersächsischen Landesfläche
- » 70 % der niedersächsischen Moore werden landwirtschaftlich genutzt.

Link zum Aktionsprogramm:

https://www.umwelt.niedersachsen.de/download/88926/Niedersaechsische_Moorlandschaften_Juli_2014_.pdf





Schnittstellen des Kohlenstoffhaushalts mit anderen Handlungsfeldern			
Thema	Handlungsfeld	Wirkzusammenhang	Textverweis
Wasserspeichervermögen	Wasserwirtschaft Landwirtschaft Forstwirtschaft	Der Humusgehalt von Böden hat Einfluss auf dessen Wasserspeichervermögen und auch auf die Infiltration. Erhaltung und Aufbau von Humus sind somit Maßnahmen, die den Bewässerungsbedarf der Landwirtschaft im Sommer verringern können.	Kap. 3.2, 3.5, 3.6
Standortseigenschaften	Biodiversität und Naturschutz	Der Humusgehalt von Böden hat starken Einfluss auf viele Bodenfunktionen. Verändert er sich in Folge von Klimaänderungen, können sich auch die Standortbedingungen für die Lebewesen ändern. Bereits gefährdete Lebensräume können schrumpfen.	Kap. 3.7
	Landwirtschaft	Mildere Winter können zu verstärkter Mineralisation führen. Damit würden sich die Bodeneigenschaften und auch die landwirtschaftlichen Nutzungseigenschaften verändern.	Kap. 3.5
Kohlenstoffspeicherung	Biodiversität und Naturschutz	Böden sind von großer Bedeutung für die Regulierung des globalen Kohlenstoffkreislaufs. Niedersächsische Moore enthalten auf weniger als 10 % der Landesfläche mehr als 50 % der Bodenkohlenstoffvorräte des Landes.	Kap. 3.7

Tabelle 3.1.4: Schnittstellen des Kohlenstoffhaushalts mit anderen Handlungsfeldern

Biodiversität

Der Boden ist Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen. Bodentiere und Mikroorganismen, beispielsweise Bakterien und Pilze, spielen eine maßgebliche Rolle für den Abbau und die Mineralisation der organischen Substanz, die Durchmischung und Stabilisierung organischer und mineralischer Partikel und damit für den Humusaufbau und die Bodenaggregation, die Bindung atmosphärischen Stickstoffs sowie für Verwitterungsprozesse und die Bodenbildung. Sie beeinflussen zahlreiche Stoffflüsse im Boden und spielen eine maßgebliche Rolle bei der Nährstoffbereitstellung für die Pflanzen. Auch der Abbau organischer Schadstoffe erfolgt durch Bodenorganismen. Sie leisten damit einen wichtigen Beitrag zum Bodenaufbau und zur Standortqualität. Veränderungen der Biodiversität im Boden können daher weitreichende Konsequenzen haben.

Klimaveränderungen, welche die Bodentemperatur und -feuchte beeinflussen, können zu einer Veränderung der Bodenbiodiversität führen, mit Folgen für die Bodenfunktionen. Auch die Veränderung der CO₂-Konzentration in der Luft kann die Aktivität von Bodenorganismen beeinflussen. Aufgrund der unterschiedlichen Einflüsse und Ansprüche der Arten kann allerdings bislang keine eindeutige Aussage über die Auswirkungen auf Bodenorganismen getroffen werden. Es besteht noch erheblicher Forschungsbedarf zu den Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die Biodiversität und zu den ökologischen Folgen einer Veränderung der Bodenflora und -fauna (LABO 2010, Hüttl et al. 2014, Schickhoff & Eschenbach, 2018).



Schnittstellen der Bodenbiodiversität mit anderen Handlungsfeldern			
Thema	Handlungsfeld	Wirkzusammenhang	Textverweis
Standort-eigenschaften	Biodiversität und Naturschutz Landwirtschaft Forstwirtschaft	Die Artenzusammensetzung der im Boden lebenden Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen ist u. a. vom Klima abhängig. Klimatische Veränderungen wirken sich auf die biotischen Bodenprozesse aus, welche wiederum Einfluss auf die Bodeneigenschaften haben und somit die landwirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeiten und den Lebensraum in seiner Gesamtheit verändern können.	Kap. 3.5, 3.6, 3.7
Prozessgeschehen im Boden	Biodiversität und Naturschutz Landwirtschaft Forstwirtschaft	Auch im größeren Maßstab spielen die Bodenorganismen eine wichtige Rolle. Sie beeinflussen zahlreiche Stoffflüsse im Boden und spielen eine maßgebliche Rolle bei der Nährstoffbereitstellung für die Pflanzen. Auch der Abbau organischer Schadstoffe erfolgt durch Bodenorganismen.	Kap. 3.5, 3.6, 3.7

Tabelle 3.1.5: Schnittstellen der Bodenbiodiversität mit anderen Handlungsfeldern

Erosion

Unter den aktuellen klimatischen Bedingungen sind ca. 10 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen Niedersachsens stark oder sehr stark durch Wassererosion und rund 23% stark oder sehr stark durch Winderosion gefährdet (MU Niedersachsen 2020). Es ist davon auszugehen, dass der Klimawandel diese Gefährdung verstärken wird.

Durch die projizierte Zunahme der Winterniederschläge sowie der Zunahme von lang andauernden Niederschlagsereignissen mit großen Regenmengen (v. a. im Winter) und insbesondere der Zunahme von Starkregenereignissen ist ein verstärkter Oberflächenabfluss im Winter zu erwarten. Bedingt durch eine eher einsetzende Wassersättigung der Böden kann dieser zudem auch früher im Winterhalbjahr entstehen. Hierdurch steigt das Risiko von Wassererosion.

Zudem wird aufgrund des Klimawandels von einer Zunahme der erosiven Niederschläge ausgegangen (Ehlhaus et al. 2019). Vor allem für die Sommermonate wird erwartet, dass die in ihrer Menge zwar abnehmenden Niederschläge verstärkt als Starkregenereignisse eintreten (DWD 2018). Dies hat, vor dem Hintergrund zunehmender Bodentrockenheit, ebenfalls einen verstärkten Oberflächenabfluss zur Folge, da das Wasser nicht in die luftgefüllten Poren infiltrieren kann. Ebenfalls negativ auf die Erosionsanfälligkeit der Böden wirken sich weitere mögliche, durch den Klimawandel ausgelöste Bodenveränderungen aus. Durch möglichen Humusabbau und weniger Frost- und Eistage verschlechtert sich die Bodenstruktur und die Gefügestabilität verringert sich – die Verschlammungsneigung und damit die Erodierbarkeit der Bodenoberfläche nehmen zu. Eine in Folge des Klimawandels zunehmende Verdunstung bei gleichzeitig projizierter Abnahme der Niederschläge im Sommerhalbjahr würde zu einem schnelleren Austrocknen der Oberböden führen. Dies hätte eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber Winderosion zur Folge. Betroffen sind weite Teile der norddeutschen Tiefebene Niedersachsens, mit Ausnahme der Marschen und Auen. Besonders gefährdet sind die sandigen Geestböden oder ackerbaulich genutzte Moorstandorte.



Insgesamt ist mit einer Zunahme von Bodenerosionsereignissen sowie einer Zunahme der durch Bodenerosion gefährdeten Flächen zu rechnen. Folgen für die Ökosysteme ergeben sich sowohl auf den betroffenen Flächen (im „On-Site“-Bereich) – sie verlieren vor allem humoses und nährstoffreiches Oberbodenmaterial mit Folgen für die Bodenfruchtbarkeit, Wasserspeicherfähigkeit und Gefügestabilität; außerdem verringert sich die Gründigkeit der Standorte – als auch außerhalb (im „Off-Site“-Bereich) durch Nährstoffeinträge/Eutrophierung in benachbarte Ökosysteme und/oder Oberflächengewässer. Auch für den Menschen können, insbesondere durch Winderosion an Straßen, Risiken entstehen (Röder et al. 2015).

Schnittstellen der Bodenerosion mit anderen Handlungsfeldern			
Thema	Handlungsfeld	Wirkzusammenhang	Textverweis
Nährstoffaustrag	Landwirtschaft Wasserwirtschaft Fischerei Biodiversität und Naturschutz	Für die Landwirtschaft bedeutet Erosion den Verlust von humosem und nährstoffreichem Oberbodenmaterial. Gleichzeitig sind die ausgetragenen Nährstoffe unerwünschte Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer, welche die Gewässerqualität beeinträchtigen.	Kap. 3.2, 3.4, 3.5, 3.7
Sedimentverlagerung	Wasserwirtschaft Verkehrswege und -netze	Durch Erosion verlagertes Material lagert sich als Sediment in Oberflächengewässern ab und kann auf Verkehrswegen verstärkt zu Schäden und Behinderungen führen.	Kap. 3.2, 3.12
Technischer Hochwasserschutz	Katastrophenschutz Wasserwirtschaft	Zunehmende Wassererosion durch Starkniederschläge kann auch zu verstärkten Aus- und Unterspülungen an bautechnischer Infrastruktur führen und Schäden verursachen.	Kap. 3.2, 3.14

Tabelle 3.1.6: Schnittstellen der Bodenerosion mit anderen Handlungsfeldern

Verdichtung

Schadverdichtungen können auftreten, wenn die Tragfähigkeit landwirtschaftlich genutzter Böden bei der Bearbeitung bzw. Befahrung überschritten wird. Die Tragfähigkeit eines Bodens hängt von der Stabilität des Bodengefüges ab. Diese Stabilität wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst, welche einer Veränderung durch den Klimawandel unterworfen sein können. Durch erhöhte Niederschlagsmengen im Winter können zu Beginn der Frühjahrsbodenbearbeitung höhere Bodenwassergehalte auftreten, welche die Stabilität des Bodengefüges herabsetzen. Gleichzeitig wirkt sich eine Abnahme der Frosttage negativ auf die Gefügestabilität aus, da ein wiederholtes Auftauen und Wiedergefrieren zur Aggregatbildung beiträgt. Auch durch einen möglichen Humusabbau kann die Gefügestabilität vermindert und die Verdichtungsgefahr erhöht werden.

Folgen einer Schadverdichtung sind eine Verringerung des Wasseraufnahmevermögens und der Durchwurzelbarkeit. Die Verschlammungsneigung wird zudem erhöht, was sowohl zu Staunässe als auch zu einer Erhöhung des Erosionsrisikos beiträgt.

Schnittstellen der Bodenverdichtung mit anderen Handlungsfeldern			
Thema	Handlungsfeld	Wirkzusammenhang	Textverweis
Wasserhaushalt und Empfindlichkeit	Landwirtschaft Forstwirtschaft	Eine Verringerung des Wasseraufnahmevermögens (geringere Infiltration) verstärkt die Problematik von Sommertrockenheit, ebenso wie sie das Erosionsrisiko und die Verschlammungsneigung verschärft und die Bildung von Staunässe verstärkt.	Kap. 3.5, 3.6
Oberflächenabfluss	Wasserwirtschaft, Verkehrswege und -netze	Eine Verringerung des Wasseraufnahmevermögens führt zu erhöhtem Oberflächenabfluss. Dieser bringt Sedimentverlagerung und Stoffeinträge in Oberflächengewässer mit sich. Ebenso kann verlagertes Material auf Verkehrswegen verstärkt zu Schäden und Behinderungen führen.	Kap. 3.2, 3.12

Tabelle 3.1.7: Schnittstellen der Bodenverdichtung mit anderen Handlungsfeldern

3.1.2 Handlungsziele

Um den genannten Risiken des Klimawandels für die Böden und Bodenfunktionen zu begegnen, ergeben sich folgende Handlungsziele:

Schutz der Böden und Bodenfunktionen

Funktionsfähige und gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels widerstandsfähige Böden bilden eine zentrale Grundlage für eine erfolgreiche Klimafolgenanpassung. Um auf diese Grundlage aufbauen zu können, ergeben sich folgende Teilziele:

- a. Die Böden und Bodenfunktionen sind zu schützen und die Widerstandsfähigkeit der Böden gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels zu erhöhen. Schutzwürdige Böden (Bug et al. 2019), wie z.B. Böden mit einer hohen natürlichen Fruchtbarkeit, sind bei Planungs- und Genehmigungsverfahren ausdrücklich mit in die Bewertung einzubeziehen. Zudem müssen auch die Empfindlichkeiten der Böden gegenüber Klimaänderungen erfasst und bewertet werden.
- b. Klimaänderungen können sich direkt auf die in § 2 des Bundesbodenschutzgesetzes beschriebenen Bodenfunktionen auswirken (Engel et al. 2020). Aus möglichen negativen Beeinträchtigungen resultiert gemäß der Vorsorgepflicht (§7 BBodSchG) für den vorsorgenden Bodenschutz die Notwendigkeit, die Böden, die im besonderen Maße zum Klimaschutz beitragen, zu schützen, zu erhalten und ggf. wiederherzustellen (vgl. Willand et al. 2014). Zudem wird die Bedeutung einiger Boden(teil)funktionen im Laufe des Klimawandels voraussichtlich zunehmen. Aus diesem Grund sollte auch der Schutz dieser Funktionen im Rahmen der Anpassung an den Klimawandel in die Bodenfunktionsbewertung integriert werden. Insbesondere organische Böden müssen geschützt und hohe Gehalte von organischem Kohlenstoff in Böden erhalten werden. Der besondere Schutz der organischen Böden begründet sich damit, dass diese sowohl in der Klimafolgenanpassung als auch im Klimaschutz eine Schlüsselrolle spielen. Wichtige Bausteine sind hierzu die Realisierung eines niedersächsischen Moorinformations-



systems zur Zusammenführung, Darstellung und Bereitstellung verfügbarer Informationen zum Themenkomplex Moore sowie auch die möglichst detaillierte Kartierung der kohlenstoffreichen Böden.

Auch bei mineralischen Böden hat der Humusgehalt Einfluss auf die Bodenfunktionen und die Empfindlichkeit gegenüber Erosion und Schadverdichtung. In der Regel haben Böden mit höheren Humusgehalten ein stabileres Gefüge, können mehr Wasser und Nährstoffe halten, und ihre biologische Aktivität ist höher als bei Böden mit geringeren Humusgehalten. Diese positiven Eigenschaften sind zu erhalten und – wo sinnvoll und möglich – zu verbessern.

- c. Reduzierung von Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung: Für das Jahr 2050 wird durch die EU sowie durch den Klimaschutzplan der Bundesregierung eine Netto-Null Flächeninanspruchnahme (Flächenkreislaufwirtschaft) als Ziel ausgegeben (BMU 2019). Dies ist Bestandteil des Ziels, Klimaneutralität und Ressourceneffizienz zu erreichen. Um dies zu gewährleisten, muss die Flächeninanspruchnahme in Niedersachsen deutlich reduziert werden. Das in der Nds. Nachhaltigkeitsstrategie (2017) aufgeführte Ziel von einer Reduzierung auf maximal 4 Hektar pro Tag bis 2030 kann hierbei als Zwischenziel dienen. Der „Niedersächsische Weg“ (MU Niedersachsen 2020) legt den Fokus auf die Neuversiegelung (nicht zu verwechseln mit Flächenverbrauch bzw. Flächeninanspruchnahme, Basedow et al. 2017), welche bis 2050 ebenfalls auf Netto-Null, bis 2030 auf unter 3 Hektar pro Tag reduziert werden soll. Grundsätzlich ist die Bodenversiegelung in den Siedlungs- und Verkehrsflächen möglichst gering zu halten, um die Erfüllung von Bodenfunktionen in diesen Bereichen in möglichst hohem Grad zu erhalten und z.B. über die Kühlfunktion der Böden aktive Klimaanpassung in Kommunen zu ermöglichen.

Regionalspezifische Anpassung

Sowohl die Ausprägungen der Klimaveränderungen als auch die Auswirkungen auf die Bodenfunktionen werden regional und lokal differenziert in Erscheinung treten. Deshalb ist die Entwicklung regionalspezifischer Anpassungsmöglichkeiten für die verschiedenen Handlungsfelder im Bodenschutz notwendig.

Erst die Kenntnis der regionalen Betroffenheit ermöglicht eine räumlich differenzierte und zielgerichtete Entwicklung von Anpassungsstrategien. Klimafolgenanpassung kann durch differenzierte Betrachtung sehr viel effizienter und damit auch wirkungsvoller umgesetzt werden.

Voraussetzung hierfür ist die Verknüpfung von Bodendaten mit den aktuellen Ergebnissen der regionalen Klimaforschung. Auf dieser Basis können regionale und standortbezogene Anpassungsstrategien erarbeitet werden. Die Daten und Methoden des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®) und die Daten der Boden-Dauerbeobachtung sind dafür wichtige Grundlagen.

- a. Maßnahmen des Bodenschutzes sind möglichst zielgerichtet und angepasst für die betreffende Region zu planen und umzusetzen.
- b. Um die Auswirkungen des Klimawandels auf Böden aus aktuellen Klimamodelldaten ermitteln und entsprechende Anpassungsstrategien und -maßnahmen für Böden entwickeln zu können, bedarf es zudem der Nutzung eines dem aktuellen Forschungsstand entsprechenden Klimaprojektionsensembles. Darüber hinaus sollen die Ergebnisse von Klimawirkungsanalysen in Bezug auf niedersächsische Böden und deren Funktionen bei der Weiterentwicklung des Informationssystems NIBIS® berücksichtigt werden.
- c. Hierzu ist auch die Schaffung von Informationsgrundlagen notwendig. Eine zentrale Rolle nehmen hierbei die Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) ein, welche Aufschluss über die Auswirkungen des Klimawandels auf die Böden und die Vegetation geben können (Höper & Meesenburg 2012).



3.1.3 Maßnahmen

Die in Kapitel 3.1.1 aufgeführten Entwicklungen zeigen auf, dass sich durch den Klimawandel vor allem bereits bestehende Herausforderungen des Bodenschutzes, wie z.B. Bodenerosion, verstärken werden. Die Anpassung an den Klimawandel erfordert deshalb zum einen das aktive Angehen von bestehenden Herausforderungen des Bodenschutzes (Möckel 2016). Auch deshalb hat die Landesregierung am 09.06.2020 ein Aktionsprogramm zum Schutz der Böden in Niedersachsen vorgelegt, welches die Aktivitäten zum Schutz der Böden bündeln soll. Zum anderen müssen Wirkungsanalysen durchgeführt und klimawandelspezifische Maßnahmen ergriffen werden. Aus diesem Grund wird in dem Aktionsprogramm ein besonderer Fokus auf notwendige Klimafolgen-Anpassungsstrategien gelegt.

Handlungsfeldübergreifende Maßnahmen

Identifizierung besonders betroffener Gebiete

- » Zunächst müssen die vom Klimawandel besonders betroffenen Gebiete nach Art der Auswirkung und nach Empfindlichkeit der betroffenen Böden und Bodenfunktionen identifiziert und bewertet werden (s. Abb. 3.1.1). Essenziell ist hierbei die disziplinübergreifende Bearbeitung von Klimawirkungsstudien und deren laufende Aktualisierung. Die bis 2019 durch das Klimakompetenznetzwerk erarbeitete Klimawirkungsstudie (MU Niedersachsen) leistete hier eine breite Grundlage, die es zukünftig zu aktualisieren und zu vertiefen gilt.
- » Weiterhin bedarf es der Verknüpfung von Bodendaten mit anderen Fachdaten. Zwischen Klima auf der einen Seite sowie Boden und anderen Umweltkompartimenten auf der anderen Seite bestehen komplexe Wechselwirkungen. So findet zwischen Böden und Atmosphäre der Austausch klimarelevanter Gase (CO_2 , N_2O und CH_4) statt und klimatisch bedingte Änderungen im System Boden haben auch Auswirkungen auf die natürliche Bodenfruchtbarkeit, auf den Wasserkreislauf, auf die biologische Vielfalt und somit auf die Standorteigenschaften für natürliche sowie land- und forstwirtschaftliche Vegetation.
- » Voraussetzung für die Identifizierung und Bewertung der durch den Klimawandel besonders betroffenen Bereiche ist die Erhebung und Bereitstellung belastbarer Daten zu den Klimafolgen sowie die Verknüpfung von Bodendaten mit den aktuellen Ergebnissen der regionalen Klimaforschung. Auf dieser Basis können regionale und standortbezogene Anpassungsstrategien erarbeitet werden. Darüber hinaus sind verstärkte Aktivitäten notwendig, um die Qualität und die Verfügbarkeit der Daten (z. B. Niederschlagsdaten zur Modellierung der Erosionsgefährdung) zu verbessern. Deshalb ist die Fortschreibung und Anpassung an den zusätzlichen Bedarf der Datengrundlagen zu Klima und Boden sowie die Implementierung weiterer geeigneter Auswertungsmethoden im Niedersächsischen Bodeninformationssystem (NIBIS®) erforderlich.

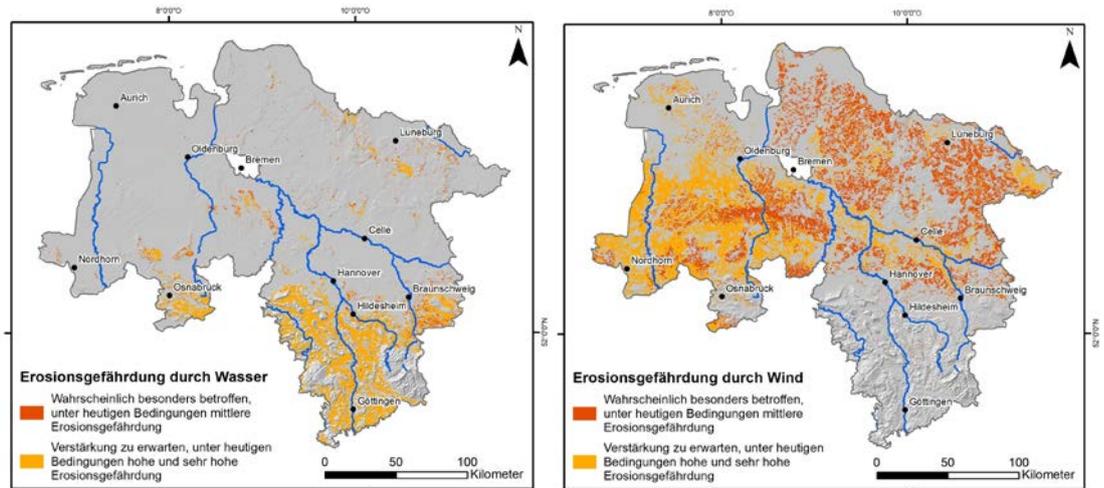


Abbildung. 3.1.1: Regionale Schwerpunkte der klimawandelbedingten Zunahme der potenziellen Erosionsgefährdung durch Wasser und Wind. Aus: ENGEL et al. 2020.

INFO

Exkurs Klimawirkungsstudie

Klimakompetenznetzwerk bündelt Expertisen

- » Das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MU), das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) sowie der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) bilden zusammen mit weiteren Akteuren das Klimakompetenznetzwerk.
- » Ziel: Auswirkungen des Klimawandels in Niedersachsen für ausgewählte Handlungsfelder zu identifizieren.
- » In der 2019 abgeschlossenen Klimawirkungsstudie wurden bearbeitet: Die Handlungsfelder Wasserwirtschaft und Boden.

Klimawirkungs- und Vulnerabilitätsanalysen

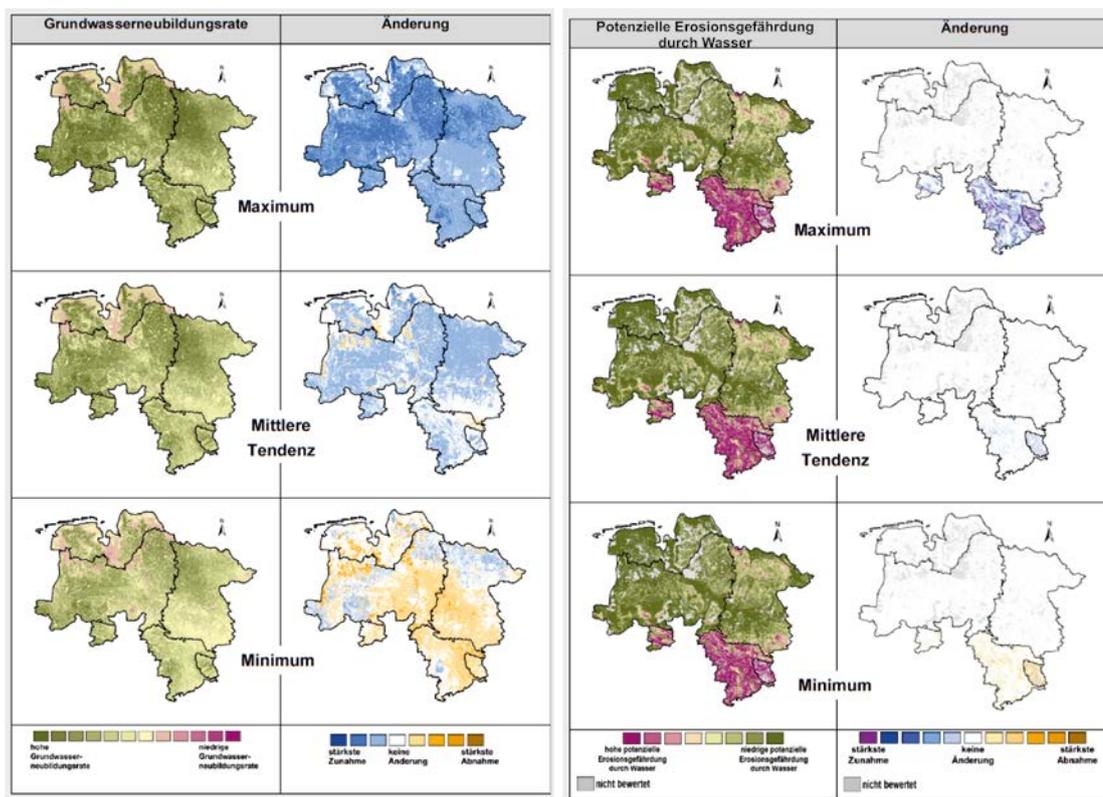
- » Die Klimawirkungsstudie stellt einen ersten Schritt in der wissenschaftlich fundierten Anpassung dar. Dabei wird die Klimaentwicklung und deren Auswirkung auf Systeme mittels klimasensitiven Wirkmodellen untersucht.
- » In nachfolgenden Schritten ist die Anpassungskapazität eines Systems zu bewerten: Die Kapazität bezeichnet die Möglichkeiten sich durch zusätzliche Maßnahmen in der Zukunft an den Klimawandel anzupassen.
- » Im Anschluss folgt die Vulnerabilitätsbewertung: Basierend auf den anderen Schritten wird aufgezeigt, wo Systeme besonders vom Klimawandel betroffen sein können und besondere Unterstützung bei der Anpassung notwendig ist.

Link zur Klimawirkungsstudie:

<https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/klima/klimawirkungsstudie-niedersachsen--176873.html>

Leitfaden des Umweltbundesamtes:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/uba_2017_leitfaden_klimawirkungs_und_vulnerabilitatsanalysen.pdf
www.umwelt.niedersachsen.de/boeden-und-bodenschutz-88803.html



Entwicklung regionaler Anpassungsstrategien

- » Der Boden stellt eine wichtige Schnittstelle im Landschaftshaushalt dar. Auf dieser Grundlage können Verflechtungen mit anderen Fachbereichen dargestellt und wirkungsvolle Anpassungsmöglichkeiten abgeleitet werden.
- » Die vielfältigen Schnittstellen des Bodens führen auch zu unterschiedlichsten Nutzungsansprüchen und Interessen, sodass die Einbeziehung unterschiedlicher Stakeholder bei der Anpassung an den Klimawandel von Bedeutung ist.
- » Zielgerichtete Anpassungsprojekte sollten den Aufbau von regionaler Anpassungskompetenz, welche nach Ablauf der Projektzeit zu eigenständiger Weiterführung verhilft, fördern.



Exkurs Anpassungsprojekte

Die Umsetzung von Klimaanpassung in die Praxis ist von zentraler Bedeutung. Aktuell wird dies auch durch lokale oder regionale Projekte umgesetzt, in denen wichtige Erkenntnisse über die Herausforderungen bei der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen gesammelt werden.

„Netzwerke Wasser“ Projekte [Verbundprojekt LWK / LBEG mit regionalen Stakeholdern]

- » Steigender Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft führt regional zu Interessenkonflikten zwischen Land- und Wasserwirtschaft sowie Naturschutz.
- » Aufbau von kollaborativen Handlungsplattformen in den Regionen. Austausch von Argumenten und Informationen.
- » Schaffung von hochauflösenden Datengrundlagen durch Boden und Klimadaten.
- » Förderung der regionalen Anpassung an steigende Wasserbedarfe und Nutzungskonkurrenzen.

LBEG: https://www.lbeg.niedersachsen.de/startseite/boden_grundwasser/klimawandel/netzwerke_wasser_20/netzwerke-wasser-20-173749.html

LWK: <https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/6/nav/203/article/33867.html>



Eindrücke aus den Projekten, bei denen die Kommunikation mit den Akteuren vor Ort sehr bedeutsam ist.

Modellprojekt zur Umsetzung einer klimaschutzorientierten Landwirtschaft im Gnarrenburger Moor [Verbundprojekt LBEG / LWK mit regionalen Stakeholdern]

- » Schaffung von Beratungsgrundlagen und Bewirtschaftungsformen für eine zukunftsfähige, torf- und klimaschonende Landwirtschaft auf Moorstandorten.
- » Optimierung des Wasserstandes, als wichtigste Steuergröße der Treibhausgasemissionen aus Moorstandorten.
- » Praxistauglichkeit von Wassermanagementoptionen (z. B. Grabenanstau, Unterflurbewässerung) zur Optimierung des Wasserstandes wird mit Landwirten untersucht.
- » Erkenntnisse bilden unter anderem die Grundlage für die Verständigung auf Leitlinien sowie für die Umsetzung von Maßnahmen einer klimaschonenden Moorbewirtschaftung in der Modellregion.

LBEG: https://www.lbeg.niedersachsen.de/boden_grundwasser/moore/projekte/gnarrenburger_moor/modellprojekt-zur-umsetzung-einer-klimaschutzorientierten-landwirtschaft-im-gnarrenburger-moor-162147.html

LWK: <https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/6/nav/198/article/29689.html>



Überprüfung von Fachrechten und Leitlinien

- » Zur Klimafolgenanpassung sind bisher keine spezifischen bodenschutzrechtlichen Instrumente vorhanden. Die Bodenfunktionsbewertung fokussiert bislang primär auf die durch das BBodSchG klar benannten Funktionen. Allerdings haben Böden durch ihre zentrale Rolle in Stoffkreisläufen auch für das Klima eine große Bedeutung, die im BBodSchG nicht konkret verankert ist (Sperling et al. 2019). Diese als „Klimafunktion“ (Willand et al. 2014) zusammengefasste Rolle basiert insbesondere auf der Funktion von Böden als Kohlenstoffspeicher und der Kühlungsfunktion. Ein mittelbarer Schutz der Klimafunktion über die Bewertung von anderen Bodenfunktionen, auch wenn diese Funktionen zur Bewältigung von Auswirkungen des Klimawandels relevant sind (wie z.B. die Rolle im Nährstoff- und Wasserkreislauf), wird als nicht hinreichend gesehen, um Verbesserungen im Schutz dieser Klimafunktion zu erreichen (Willand et al. 2014). Es sollte geprüft werden, ob die Einführung einer „Klimaschutzfunktion“ der Böden in die Bodenschutzgesetze sinnvoll ist. Dadurch könnten die Belange des Klimaschutzes in Planungs- und Genehmigungsverfahren besser berücksichtigt werden (Engel & Stadtmann 2020). Erforderlich ist also die Überprüfung und ggf. Ergänzung von Fachrechten und Leitlinien mit bodenschutzrechtlichem Bezug in Hinblick auf den Klimawandel (z. B. BBodSchG, ROG, BNatSchG u.a.) (Reese et al. 2016).
- » Verankerung der Bedeutung des Bodens als Wasserspeicher im Sinne des Hochwasserschutzes und als Kohlenstoffspeicher für den Klimaschutz im BBodSchG.
- » Ergänzung von § 8 Niedersächsisches Bodenschutzgesetz (NBodSchG) zur Weiterentwicklung der Methoden im NIBIS® zur Berücksichtigung der Auswirkungen des Klimawandels und der Bewertung von Anpassungsmaßnahmen.

Spezifische Maßnahmen und Förderprogramme nach Themenfeldern

Aufgrund der landschaftlichen Vielfalt werden sowohl die Klimaänderungen als auch deren Auswirkungen auf die Böden regional und lokal differenziert in Erscheinung treten. Dies erfordert eine standortspezifische Betroffenheitsanalyse der Böden. Erst auf dieser Basis lassen sich effiziente Anpassungsstrategien entwickeln, um mittel- bis langfristig klimabedingte Schäden an Böden zu minimieren oder abzuwenden. Die Rolle des Bodens als Querschnittsmedium mit Verbindung zu unterschiedlichsten Landnutzungen wurde zu Beginn des Kapitels bereits verdeutlicht. Gefordert sind deshalb kooperative Lösungsstrategien, die Zielkonflikte minimieren und Synergieeffekte mit anderen Fachrichtungen nutzen. Bei der Auswahl der Maßnahmen ist darauf zu achten, dass sie den Anstrengungen zum Klimaschutz nicht entgegenwirken.

Die Verbindung zu den Handlungsfeldern wird jeweils bei der Maßnahme durch Großbuchstaben vermerkt (LW = Landwirtschaft/Gartenbau/Obstbau, FOR = Forstwirtschaft, WW = Wasserwirtschaft, NAT = Naturschutz, BAU = Bauwirtschaft, IND = Industrie und Gewerbe, PLA = Raumplanung). Um besonderen Forschungsbedarf [FE] hervorzuheben, wird dieser ebenfalls vermerkt.

Natürliche Bodenfunktionen

- » Maßnahmen des vorsorgenden Bodenschutzes (wie z. B. Vermeidung von Verdichtung und Versiegelung, Erosionsschutz, Entsiegelung, ...). Umsetzung des Aktionsprogramms zum Schutz der Böden. [Übergreifende Maßnahme]
- » Laufende Identifizierung und Konkretisierung des Bedarfs an erforderlichen Boden(Flächen-) Daten und -informationen (Art und Qualität). [Übergreifende Maßnahme]
- » Ermittlung und Sicherung (insbesondere durch Freihaltung von Überbauung oder Entsiegelung) von Räumen mit besonderen Anforderungen des Boden- und Gewässerschutzes wie wasser- und winderosionsempfindliche Bereiche, verdichtungsempfindliche Böden, organische Böden in Ackernutzung, Gebiete mit hoher Grundwasserneubildungsrate. [LW, WW, NAT, BAU, PLA]



- » Förderung der Bewertung von Bodenfunktionen hinsichtlich Senkenfunktion (Kohlenstoffspeicherfunktion), Ausgleichsfunktion für Klimafolgenbewältigung (Kühlfunktion, Teilnahme am Wasserkreislauf). Durch den Erhalt oder die Wiederherstellung von Böden mit besonderer Erfüllung der Kohlenstoffspeicherfunktion und der Kühlfunktion können Kommunen einen Beitrag zum Klimaschutz leisten und sich gleichzeitig an die Folgen des Klimawandels anpassen (Engel & Stadtmann 2020). [BAU, PLA] Auch in der Landschaftsrahmenplanung gewinnt die Klimaschutzfunktion von Böden an Bedeutung. [NAT, FOR]
- » Förderung der Bewertung von Empfindlichkeiten der Böden, um Regionen mit potenziell hohem Funktionsverlust zu identifizieren (Engel et al. 2020). [Übergreifende Maßnahme]
- » Verstärkte Ausrichtung der Agrarumweltmaßnahmen (AUM) auf bodenbezogene Klimaschutz- und -anpassungsmaßnahmen. [LW]
- » Konkretisierung, Weiterentwicklung und Umsetzung der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung im Sinne einer Klimafolgenanpassung. [LW]
- » Weiterentwicklung und Abstimmung der Dauerbeobachtungsprogramme im Hinblick auf die Erfordernisse eines auf den Klimawandel bezogenen Bodenmonitorings (z. B. stärkere Berücksichtigung saisonaler Schwankungen, modellbasierte Abschätzung des Klimawandeleffekts, Fortsetzung langfristiger Messreihen, Verknüpfung der Daten und Weiterentwicklung der Datenauswertung; vgl. Fleck et al. 2012). [Übergreifende Maßnahme]
- » Maßnahmen zur Förderung des Bodenbewusstseins in der Bevölkerung. [Übergreifende Maßnahme]
- » Konsequente Umsetzung der Innenentwicklung vor Beanspruchung von Flächen im Außenbereich zur Siedlungs- und Verkehrsentwicklung. Vorrangige Beplanung und Entwicklung von Flächenreserven im Innenbereich von Siedlungen. [BAU, PLA]

Bodenwasserhaushalt

- » Gezielte und standortabhängige Beregnung und Beregnungssteuerung, Einsatz wassersparender Beregnungstechniken. [LW, WW]
- » Anpassung der Wasserrechte für Feldberegnung unter Berücksichtigung regionaler Wasserverfügbarkeiten. [WW]
- » Weiterentwicklung von Beratungsinstrumenten, insbesondere BOWAB zur möglichst detaillierten Darstellung des jeweils aktuellen Zustands des Bodenwasserhaushaltes. Zudem Entwicklung von Bewertungsmethodik für Retentionsfähigkeit der Böden (Rolle im Landschaftswasserhaushalt). [LW]
- » Förderung der Versickerung durch Maßnahmen zur Verbesserung der Bodenstruktur (z. B. Humusmanagement, reduzierte Bodenbearbeitung). [LW]
- » Förderung von kommunalen Bodenfunktionsbewertungen zur Identifizierung und Freihaltung von Böden mit einem wesentlichen Beitrag zur Klimafolgenbewältigung in Städten (Kühlfunktion, Teilnahme am Wasserkreislauf). [BAU, PLA]
- » Verringerung von Flächenverbrauch und Versiegelung sowie Förderung von Entsiegelung zur Sicherung und Wiederherstellung des Wasserspeichervermögens. [BAU, PLA]
- » Anpassung der landwirtschaftlichen Produktionsrichtung unter Beachtung des sich verändernden Wasserhaushalts der Böden. [LW]
- » Verdeutlichung der Rolle des Bodens als Retentionsfaktor im Landschaftswasserhaushalt. [WW, BAU, LW, FOR]
- » Handlungs- und Förderprogramme zum verbesserten Schutz und Erhalt von Dauergrünlandflächen als Wasserspeicher. [LW, NAT]
- » Regeneration bzw. Erhalt des natürlichen Wasserhaushalts (z. B. Moore, Auen). Das Verfahren



der kontrollierten Dränung sollte zur Steuerung des Dränwasserabflusses und der Grundwasserneubildung auf gedränten Standorten zur Praxisreife weiter entwickelt werden. [LW, NAT]

Stoffhaushalt

- » Anpassung der Düngestrategie mit zeitlicher Abstimmung zu Bewässerungsmaßnahmen [LW]
- » Anpassung der Pflanzenschutzstrategie, z. B. durch Umsetzung der im „Niedersächsischen Weg“ formulierten Schritte zur Reduzierung von Pflanzenschutzmitteln. [LW]

Kohlenstoffhaushalt

Ein entscheidender Beitrag zur Stärkung der Resilienz der Böden besteht darin, einer Abnahme der Humusgehalte entgegen zu wirken und damit zum einen die Funktionen des Bodens im Wasserhaushalt sowie als Lebensraum für das Bodenleben so weit wie möglich zu erhalten, wiederherzustellen oder nachhaltig zu verbessern und zum anderen die Kohlenstoffsinkenfunktion zu erhalten.

Aufgrund der vielen positiven Eigenschaften von Humus und seiner Kohlenstoffspeicherfunktion greifen Anpassungs- und Treibhausgasminderungsmaßnahmen oft ineinander. Eine scharfe Trennung dieser beiden Maßnahmentypen im Bereich Bodenschutz ist daher nicht immer möglich.

- » Humusmanagement unter Berücksichtigung von Bodenfruchtbarkeit, Boden- und Klimaschutz sowie Grundwasserschutz. [LW]
- » Moorrenaturierung/-regeneration. [NAT, LW, FOR]
- » Stabilisierung und Umbau bestehender Wälder und Wiederaufforstung geschädigter Wälder mit dem Ziel der Klimaanpassung und Resilienzsteigerung zum Erhalt der Kohlenstoffsinkenfunktion des Waldbodens. [FOR]
- » Vermeidung der Entwässerung hydromorpher Böden und Anhebung von Wasserständen auf Moorböden, moorschonende Bewirtschaftung. [LW]
- » Förderung von humusschonender Bodenbearbeitung. [LW]
- » Entwicklung von Torfersatzstoffen mit dem Ziel, eine Reduktion des Torfeinsatzes zu erreichen (vgl. Empfehlung für eine Niedersächsische Klimaschutzstrategie). [IND, LW]
- » Verzicht auf Grünlandumbruch. [LW, NAT]
- » Überprüfung von Fördermaßnahmen bei ackerbaulicher Nutzung auf Moorstandorten. [LW]
- » Reduzierung des Flächenverbrauchs. Schutz von Böden, insbesondere solchen mit sehr hohem C-Speichervermögen bzw. hohem C-Vorrat vor Überbauung im Rahmen von Planungs- und Genehmigungsverfahren. [BAU, PLA]

Biodiversität

- » Humusschonende und Verdichtung vermeidende Bodenbearbeitungsformen. [LW]
- » Programme für den Erhalt und die Entwicklung einer standorttypischen Bodenbiodiversität als Voraussetzung für eine vielfältige Tier- und Pflanzendiversität in genutzten Ökosystemen (wie insbesondere Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwirtschaft) sowie naturbelassenen Ökosystemen, z. B. durch Umsetzung des im „Niedersächsischen Weg“ formulierten Punktes 10. [FE, LW, FOR, NAT]
- » Entwicklung von in der Praxis handhabbaren und finanzierbaren Indikatoren der Bodenbiodiversität. Diese soll es erlauben, den aktuellen Zustand der Böden hinreichend genau zu beschreiben, um in Zukunft Veränderungen erkennen zu können. [FE]



Erosion

- » Weiterentwicklung/Umsetzung eines geeigneten Bewertungs- und Beratungskonzeptes zur bodenschonenden und erosionsmindernden Bewirtschaftung im Rahmen der GAP. [LW]
- » Berücksichtigung von Heckenpflanzungen bei der Neuplanung von Autobahnen. [BAU]
- » Streichung der Ausnahmeregelungen für die Reihenkulturen Mais und Zuckerrüben in der Niedersächsischen Erosionsschutzverordnung. [LW]
- » Weiterentwicklung praxisnaher Erosionsprojektionsmodelle zur Beurteilung des potenziellen Erosionsrisikos und der Effektivität von Maßnahmen gegen Erosion mit Blick auf den Klimawandel. [FE]
- » Erosionsmonitoring (auch zur Umsetzung der Ziele der EU-WRRL zu Verringerung diffuser Stoffeinträge aus der Landwirtschaft). [FE, LW]
- » Anpassung des Erosionskatasters (CC) an den Klimawandel [LW]
- » Neuausrichtung von Förder- und Beratungsprogrammen auf bodenbezogene Klimaanpassungsmaßnahmen. [Übergreifende Maßnahme]

Verdichtung

- » Berücksichtigung der Bodenfeuchte bei der Wahl des richtigen Bearbeitungszeitpunktes. Weiterentwicklung von BOWAB als Beratungsinstrument zu dessen Ermittlung.
- » Erhöhung der Aggregatstabilität durch humuserhaltende Bewirtschaftungsverfahren. [LW]
- » Konservierende Bodenbearbeitung (an dafür geeigneten Standorten). [LW]

3.1.4 Literaturverzeichnis

BASEDOW, H.-W., BOLZE, I., GUNREBEN, M., JACOB, P., SBRESNY, J., SCHRAGE, T., STEININGER, A. & WEICHELBAUM, J. (2017): Flächenverbrauch und Bodenversiegelung in Niedersachsen. – GeoBerichte 14. Hannover: LBEG.

BUG, J., ENGEL, N., GEHRT, E. & KRÜGER, K. (2019): Schutzwürdige Böden in Niedersachsen. Arbeitshilfe zur Berücksichtigung des Schutzgutes Boden in Planungs- und Genehmigungsverfahren. – GeoBerichte 8, 4. überarb. Aufl. Hannover: LBEG.

BUG, J., HEUMANN, S., MÜLLER, U. & WALDECK, A. (2020): Auswertungsmethoden im Bodenschutz - Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®). – GeoBerichte 19: Hannover (LBEG).

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2009): Dem Klimawandel begegnen. Die deutsche Anpassungsstrategie. Berlin.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT (2019): Klimaschutzplan 2050. Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. 2. Auflage. CIAIS P., SABINE C., BALA G., BOPP L., BROKVIN V., CANADELL J., CHHABRA A., DEFRIES R., GALLOWAY J. & HEIMANN M. (2013): Carbon and other biogeochemical cycles. Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pp. 465-570. Cambridge University Press. DENMAN, K. L., BRASSEUR, G., CHIDTHAISONG, A., CIAIS, P., COX, P. M., DICKINSON, R. E., HAUGLUSTAINE, D., HEINZE, C., HOLLAND, E., JACOB, D., LOHMANN, U., RAMACHANDRAN, S., DA SILVA DIAS, P. L., WOFYSY, S. C. & ZHANG, X. (2007): Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., Miller, H. L. (eds.): Climate Change 2007: The Physical Science Ba-



sis. – Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment, Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge (University Press).

DEUTSCHER BUNDESTAG (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Drucksache 16/11595, 16. Wahlperiode. Berlin.

Deutscher Wetterdienst (DWD) (2018): Klimareport Niedersachsen. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, Deutschland, 52 Seiten.

Don, A., Flessa, H., Marx, K., Poeplau, C., Tiemeyer, B. & Osterburg, B. (2018): Die 4-Promille-Initiative „Böden für Ernährungssicherung und Klima“ – Wissenschaftliche Bewertung und Diskussion möglicher Beiträge in Deutschland. – Thünen Working Paper 112.

Ehlhaus, D., Winterrath, T., Auerswald, K. & Fischer, F. (2019): Klimawandel und Bodenerosion. Neue Erkenntnisse zur Regenerosivität und Konsequenzen für die Abschätzung der Erosionsgefährdung. – Bodenschutz 4/2019, 136-142.

ENGEL, N., MÜLLER, U., STADTMANN, R., HARDERS, D. & HÖPER, H. (2020): Auswirkungen des Klimawandels auf Böden in Niedersachsen. 2. Auflage. https://www.lbeg.niedersachsen.de/boeden_grundwasser/klimawandel/auswirkungen_auf_boeden/auswirkungen-des-klimawandels-auf-boeden-in-niedersachsen-89957.html

ENGEL, N. & STADTMANN, R. (2020): Bodenfunktionsbewertung auf regionaler und kommunaler Ebene – Ein niedersächsischer Leitfaden für die Berücksichtigung der Belange des vorsorgenden Bodenschutzes in der räumlichen Planung. – GeoBerichte 26. Hannover: LBEG.

FLECK, S., MEESENBURG, H., WAGNER, M., AHREND, B., HASSENTEUFEL, M., HÖPER, H. & SCHÄFER, W. (2012): Klimafolgenmonitoring. In: HÖPER, H. & MEESENBURG, H. (Hrsg.) (2012): Tagungsband 20 Jahre Bodendauerbeobachtung in Niedersachsen. – GeoBerichte 23. Hannover: LBEG.

HEIDT, L./ U. MÜLLER (2012): Veränderung der Beregnungsbedürftigkeit in Niedersachsen als Folge des Klimawandels.- WasserWirtschaft 1-2/2012.80-84.

HÖPER, H. (2007): Freisetzung klimarelevanter Gase aus deutschen Mooren. TELMA 37, 85-116. In: DGMT Falblatt „Was haben Moore mit dem Klima zu tun?“.

HÖPER, H. & MEESENBURG, H. (Hrsg.) (2012): Tagungsband 20 Jahre Bodendauerbeobachtung in Niedersachsen. – GeoBerichte 23. Hannover: LBEG.

HÜTTL, R.F., RUSSELL, D.J., STICHT, CH., SCHRADER, ST., WEIGEL, H.-J., BENS, O., LORENZ, K., SCHNEIDER, B. & SCHNEIDER, B.U. (2014): Auswirkungen auf Bodenökosysteme. In: MOSBRUGGER, V., BRASSEUR, V., SCHALLER, M. & STRIBRNY, B. (Hrsg.): Klimawandel und Biodiversität. Folgen für Deutschland. Darmstadt: WBG

IPCC (2014): Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Hauptautoren, R.K. Pachauri und L.A. Meyer (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/IPCC-AR5_SYR_barrierefrei.pdf

IPCC (2018): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: 1,5 °C globale Erwärmung. Ein IPCC Sonderbericht über die Folgen einer globalen Erwärmung um 1,5 °C gegenüber vorindustriellem Niveau und die damit verbundenen globalen Treibhausgasemissionspfade im Zusammenhang mit einer Stärkung der weltweiten Reaktion auf die Bedrohung durch den Klimawandel, nachhaltiger Entwicklung und Anstrengungen zur Beseitigung von Armut. Deutsche



Übersetzung auf Basis der Version vom 8.10.2018 und unter Berücksichtigung von Korrekturmeldungen des IPCC bis zum 14.11.2018. Deutsche IPCC Koordinierungsstelle, ProClim, Österreichisches Umweltbundesamt, Bonn/Bern/Wien, November 2018.

LABO – BUND-LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (2010): LABO Positionspaper Klimawandel. Betroffenheit und Handlungsempfehlungen des Bodenschutzes.

MÖCKEL, S. (2016): SCHUTZ DER BÖDEN. IN: REESE, M., MÖCKEL, S., BOVET, J., KÖCK, W. (2016): RECHTLICHER HANDLUNGSBEDARF FÜR DIE ANPASSUNG AN DIE FOLGEN DES KLIMAWANDELS -ANALYSE, WEITER- UND NEUENTWICKLUNG RECHTLICHER INSTRUMENTE. – CLIMATE CHANGE 07/2016. DESSAU-ROBLAU, UBA.

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT UND KLIMASCHUTZ (2008): Klimawandel - Herausforderung für Staat und Gesellschaft. Hannover.

NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (2011): Umweltbericht 2010. Online unter: www.umwelt.niedersachsen.de/portal/index.php?navigation_id=25828&_psmand=10.

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE KLIMASCHUTZ (MU NIEDERSACHSEN) (Hrsg.) (2013): Klimapolitische Umsetzungsstrategie Niedersachsen. Hannover.

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, BAUEN UND KLIMASCHUTZ (MU NIEDERSACHSEN) (Hrsg.) (2017): Nachhaltigkeitsstrategie für Niedersachsen. Hannover.

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, BAUEN UND KLIMASCHUTZ (MU NIEDERSACHSEN) (Hrsg.) (2019): Klimawirkungsstudie Niedersachsen. Wissenschaftlicher Hintergrundbericht. Hannover.

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, BAUEN UND KLIMASCHUTZ (MU NIEDERSACHSEN) (Hrsg.) (2020): Auf gutem Grund – Ein Aktionsprogramm zum Schutz der Böden in Niedersachsen.

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, BAUEN UND KLIMASCHUTZ (MU NIEDERSACHSEN) (Hrsg.) (2020): Der Niedersächsische Weg – Maßnahmenpaket für den Natur-, Arten und Gewässerschutz. Vereinbarung zwischen MU NIEDERSACHSEN, NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (ML NIEDERSACHSEN), NABU LANDESVERBAND NIEDERSACHSEN E.V., BUND LANDESVERBAND NIEDERSACHSEN E.V., LANDVOLK NIEDERSACHSEN – LANDESBAUERNVERBAND E.V. & LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN vom 19.05.2020.

REESE, M., MÖCKEL, S., BOVET, J., KÖCK, W. (2016): RECHTLICHER HANDLUNGSBEDARF FÜR DIE ANPASSUNG AN DIE FOLGEN DES KLIMAWANDELS - ANALYSE, WEITER- UND NEUENTWICKLUNG RECHTLICHER INSTRUMENTE. – CLIMATE CHANGE 07/2016. DESSAU-ROBLAU, UBA. AUFLAGE.

RÖDER, C., MADENA, K., SEVERIN, K. & SCHÄFER, W. (2015): Verkehrsgefährdung durch Winderosionsereignisse – Methodik zur Ausweisung von Risikoschwerpunkten und Handlungsempfehlungen zur Risikominimierung. – Geofakten 30. Hannover: LBEG.

SCHICKHOFF, U. & ESCHENBACH, A. (2018): Terrestrische und semiterrestrische Ökosysteme. In: STORCH, H.V., MEINKE, I. & CLAUßEN, M. (Hrsg.): Hamburger Klimabericht. Wissen über Klima, Klimawandel und Auswirkungen in Hamburg und Norddeutschland. Springer Spektrum. Open. SPERLING, C., VALENTIN, I. & KASTLER, M. (2019): Die Karte der Bodenkühlleistung in der Stadt Düsseldorf. – Bodenschutz 2/2019, 57-65.



WIESMEYER, M., MAYER, S., PAUL, C., HELMING, K., DON, A., FRANKO, U., STEFFENS, M. & KÖGEL-KNABNER, I. (2020): CO₂-Zertifikate für die Festlegung atmosphärischen Kohlenstoffs in Böden: Methoden, Maßnahmen und Grenzen. – BonaRes Series 2020/1.

WILLAND, A., BUCHSTEINER, D., HÖKE, S., KAUFMANN-BOLL, C. (2014): Erarbeitung fachlicher, rechtlicher und organisatorischer Grundlagen zur Anpassung an den Klimawandel aus Sicht des Bodenschutzes. Teilvorhaben 1: Erarbeitung der fachlichen und rechtlichen Grundlagen zur Integration von Klimaschutzaspekten ins Bodenschutzrecht. Umweltbundesamt (Hrsg.) Texte 57/2014.

3.2 WASSERWIRTSCHAFT





3.2 Wasserwirtschaft

Die Wasserwirtschaft in Niedersachsen wird wesentlich von aktuellen meteorologischen und langfristigen klimatischen Faktoren geprägt. Temperatur, Niederschlagsstärke oder die Dauer von Regen- und Trockenperioden bestimmen zusammen mit weiteren Eigenschaften der Einzugsgebiete und der Gewässer die ökonomischen und ökologischen Entwicklungsmöglichkeiten einer Region und setzen vielfach der Nutzung enge Grenzen.



Abbildung 3.2.1: Sandsäcke zum Hochwasserschutz (Quelle: Adobe Stock)

Um frühzeitig durch den Klimawandel verursachte Änderungen erkennen und quantifizieren zu können und erforderliche Anpassungsstrategien vorzusehen, ist es wichtig, wasserwirtschaftliche Einflussgrößen wie die Häufigkeiten und Intensitäten von Niederschlag, Hochwasser- und Niedrigwasserabfluss oder die Grundwasserneubildung hinsichtlich entsprechender Veränderungen zu untersuchen.

Unverzichtbar für ein gutes Verständnis über Zusammenhänge zwischen Klimaentwicklungen und wasserwirtschaftlichen Handlungsfeldern sind deshalb zuverlässige Grundlagendaten. Exemplarisch genannt wird hier das Projekt KliBiW.



INFO

Projekt KLiBiW (Globaler Klimawandel – Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland)

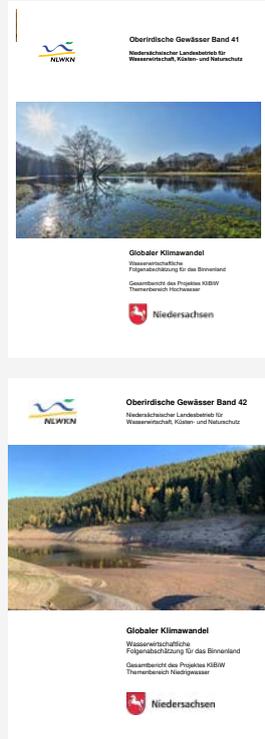
Die Klimafolgenmodellierung ist wichtig, um Aussagen über die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft treffen zu können. Mit Klimaprojektionen als klimatischen Antrieb werden die zukünftigen Abflussverhältnisse mit Hilfe von Wasserhaushaltsmodellen simuliert.

Im Projekt KLiBiW werden vergangene und zukünftige Klimaentwicklungen sowie deren Folgen auf wasserwirtschaftliche Verhältnisse in Niedersachsen untersucht. Die Erkenntnisse zu Untersuchungen speziell auf Hochwasser- und Niedrigwassersituationen können z. B. Anwendung finden bei der Umsetzung der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie, Aufgaben des Gewässerkundlichen Landesdienstes oder Fragen zur Mengenbewirtschaftung.

Leitung und weitere Informationen:

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN)

https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/klimawandel/projekt_klibiw/das-projekt-klibiw-104191.html



In der Wasserwirtschaft gilt das Vorsorgeprinzip. Danach müssen Belastungen und Schäden für die Umwelt und die menschliche Gesundheit im Voraus vermieden oder weitestgehend verringert werden. Es dient damit einer Risiko- und Gefahrenvorsorge, und auf diese Weise der Daseinsvorsorge.

Diesen vorsorgenden Blick muss man auch hinsichtlich der Nutzung von Wasser haben. Es zeigt sich, dass es künftig über das Jahr gesehen genügend Wasser geben wird. Jedoch wird sich die Verteilung zeitlich und räumlich verschieben, sodass es neben Starkregen- und Hochwasserereignissen auch trockene Zeiten geben wird, in denen das Wasserdargebot ohne menschliche Steuerung nicht ausreicht, um die bisherigen und künftigen Nutzungen von Wasser zu ermöglichen. Die Wasserwirtschaft erfährt damit eine Bedeutung und Wahrnehmung, die ein wenig in Vergessenheit geraten war. Denn Wasserwirtschaft bedeutet auch Wassermengenbewirtschaftung: Die Bedarfe an der Nutzung des Gutes Wasser sollen nachhaltig erfüllt werden, damit auch künftige Generationen Gestaltungsmöglichkeiten haben. Hierfür ist ein umfassender Prozess erforderlich, der zum einen das gesamte zu erwartende Wasserdargebot erfasst, also Grundwasser, Oberflächengewässer, Niederschlag und Verdunstung. Zum anderen sind die Bedarfe zu formulieren, wie sie in den verschiedenen wasserabhängigen Sektoren zu erwarten sind. Hier sind neben der Trinkwassernutzung im engeren Sinne insbesondere auch die Natur, die landwirtschaftliche Nutzung, die gewerbliche und die industrielle Nutzung, die Bauplanung oder der Tourismus zu betrachten. Der Vergleich von Dargebot und Bedarf auf lokaler und regionaler Ebene ergibt, wann es einen Überschuss und wann eine Unterversorgung gibt. Aus dieser Bilanz können verschiedenste Lösungen entwickelt werden, z. B. wassersparende Produktionen, Anhebung des Grundwasserstands, Entwicklung anderer Wasserrückhaltesysteme oder Nutzung von Brauchwasser. Viele Ansätze gibt es bereits unter anderem Vorzeichen. So wird bei der moorschonenden Bewirtschaftung und Wiedervernässung von Mooren in der Regel die CO₂-Einsparung und der naturschutzfachliche Wert betont, sie vergrößert aber auch den Wasserspeicher. Renatu-



rierungen von Gewässern dienen der Natur. Saubere und naturnahe Gewässer sind aber auch widerstandsfähiger gegen Klimawandel und sichern damit die Lebensgrundlage Wasser mit den gewünschten Nutzungen.

Um die Nutzungskonflikte einschließlich des Aspekts der Gefahrenabwehr zu bewältigen, müssen alle Verantwortlichen einen Beitrag leisten. Der Staat muss einen Rahmen geben und die notwendigen Basisdaten bereitstellen, die verschiedenen Nutzerinnen und Nutzer müssen ihre Bedarfe auf den Tisch legen. Wichtig ist, das Wissen und die Vorstellung der Möglichkeiten auf allen Verantwortungsebenen auszutauschen und letztlich konkrete Maßnahmen zu entwickeln, die Niedersachsen „klimafit“ für die Zukunft machen. Die Lösungen werden nur über viele Jahre umzusetzen sein. Dies ist sinnvoll, um hinsichtlich des Klimawandels Kurskorrekturen vornehmen zu können und weil einige Bereiche gewachsen sind und erst nach und nach verändert werden können wie z. B. Maßnahmen innerhalb von vorhandenen Siedlungsstrukturen. Auch die Finanzierung einer solchen Generationenaufgabe muss fair verteilt und leistbar sein.

Neben der Menge ist auch die Gewässergüte in den Blick zu nehmen. Die europäische Wasser-Rahmenrichtlinie fordert einen guten Gewässerzustand, der über Maßnahmenprogramme und Bewirtschaftungspläne umgesetzt werden soll. Dabei ist Maßnahmentypen der Vorzug zu geben, bei denen absehbar ist, dass sie auch unter einem breiten Spektrum von Klimafolgen robust und effizient den Anforderungen entsprechen. Dies gilt insbesondere für investive Maßnahmen mit einer langen Bestandsdauer. Dazu wurde zwischen allen Bundesländern ein Maßnahmenkatalog erarbeitet. In diesem Katalog sind Maßnahmentypen aufgeführt, die der Klimaanpassung dienen bzw. den klimawandelbedingten nachteiligen Wirkungen entgegenwirken können.

Weitere Informationen zum Thema „Klimawandel und Wasserwirtschaft“ sind beifolgenden niedersächsischen Institutionen erhältlich:

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz

Der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) ist der landesweite Ansprechpartner für die Wasserwirtschaft.

<https://www.nlwkn.niedersachsen.de>

Kommunale Umwelt-Aktion

Die Kommunale Umwelt-Aktion (UAN) hilft den Kommunen, kommunalen Verbänden und kommunalen Unternehmen bei der Lösung örtlicher Umwelt- und Nachhaltigkeitsaufgaben.

<https://www.uan.de>

Wasserverbandstag

Interessenverband der niedersächsischen Wasser- und Bodenverbände

<https://www.wasserverbandstag.de>

Der Niedersächsische Städte und Gemeindebund (NSGB)

Der kommunale Spitzenverband der kreisangehörigen Städte, Gemeinden und Samtgemeinden in Niedersachsen.

<https://www.nsgb.de>



3.2.1 Hochwasserschutz

Auswirkungen des Klimawandels

Hochwasser sind Abflussereignisse, bei denen eine ungewöhnlich hohe Abflussmenge in einem Gewässer abfließt und die statistisch gesehen selten auftreten. Sie werden durch extreme klimatische Bedingungen hervorgerufen, wie z. B. langanhaltende, flächenhafte Dauerregen oder kurzzeitige, lokal begrenzte Starkregen. Dauerregen können auch an größeren Flussläufen zu Hochwasser führen. Starkregen bewirken dies eher lokal begrenzt an kleineren Fließgewässern, entsprechende Ereignisse werden dann häufig auch als Sturzflut bezeichnet. Starkregen können zudem auch Überschwemmungen direkt in der Fläche hervorrufen, noch bevor das abfließende Wasser ein Gerinnebett erreicht, wenn die Niederschlagsintensität die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens deutlich übersteigt.

INFO

Exkurs: Starkregen

Aussagen zur Entwicklung von Starkregen sind aktuell noch mit großen Unsicherheiten behaftet. Solche Ereignisse treten häufig lokal sehr begrenzt auf und werden von punktuell vorliegenden Niederschlagsstationen mit Messreihen über viele Jahrzehnte räumlich nur unvollständig beschrieben. Die flächenhafte Erfassung solcher Extreme mittels Niederschlagsradar erfolgt dagegen erst seit knapp 20 Jahren, so dass verlässliche Trendaussagen auch hier kaum möglich erscheinen. Insgesamt weisen die vorliegenden Beobachtungsdaten bisher auf eine tendenziell geringfügige Zunahme dieser Ereignisse hin. Dies ist darin begründet, dass mit zunehmender Lufttemperatur (seit Beginn der Aufzeichnungen 1881 um etwa +1,7 °C) die Atmosphäre mehr Wasserdampf aufnehmen kann. Da aktuelle Klimaszenarien eine weitere Erhöhung der Lufttemperaturen projizieren, steigt somit auch das Potenzial für extreme Niederschlagsereignisse in der Zukunft (DWD 2018), mit entsprechenden möglichen Konsequenzen für das Auftreten von Sturzfluten.

Dies gilt besonders für verdichtete bzw. versiegelte Flächen, z. B. in Siedlungsbereichen. Hier ist oftmals auch die Kanalisation mit der Abführung der Wassermengen überlastet (vgl. 3.2.4).

Trendanalysen von historischen Klima- und Abflussdaten belegen, dass der Klimawandel bereits das Hochwassergeschehen in niedersächsischen Gewässern beeinflusst. So haben seit Mitte des 20. Jahrhunderts die (extremen) Niederschläge vor allem während der Herbst- und Wintermonate zugenommen. Dies führte seit Mitte der 1980er Jahre zu einer fast landesweiten Zunahme der Hochwasserscheitelabflüsse sowie der Häufigkeit von großen Abflussereignissen im Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober). Im Winterhalbjahr (November bis April) verschärften sich die Hochwasserhältnisse im gleichen Zeitraum im nördlichen Niedersachsen. Im Süden kam es dagegen zu einer Entspannung der Hochwassersituation, u. a. aufgrund von weniger Rücklagen in Form von Schnee in den Mittelgebirgslagen bzw. damit verbundener Schneeschmelze aufgrund steigender Temperaturen (NLWKN 2017; NLWKN 2018).



Abbildung 3.2.2: Ihme-Terrassen; Ihme-Hochwasser 06.06.2013, Quelle: M. Hormann

Die zukünftige mögliche Entwicklung der Hochwasserverhältnisse in Niedersachsen hängt wesentlich von der zukünftigen Entwicklung der Treibhausgase in der Atmosphäre ab. Im Zuge des Forschungsprojektes KliBiW (Globaler Klimawandel – Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland) wurde u. a. das „Weiter-wie-bisher“-Szenario (RCP8.5) betrachtet. Demnach käme es bis zum Ende des 21. Jahrhunderts zu einer weiteren Zunahme der (extremen) Niederschläge vor allem im Frühjahr, aber auch im Winter und Herbst. Daraus ergäben sich Zunahmen der Hochwasserscheitelabflüsse in der Größenordnung von wenigstens 20 % an vielen Pegeln in Niedersachsen, vor allem im Sommerhalbjahr (s. Abbildung 3.2.3). Auch die Häufigkeit von Hochwasserereignissen würde unter dem genannten Szenario zunehmen (MU 2019).

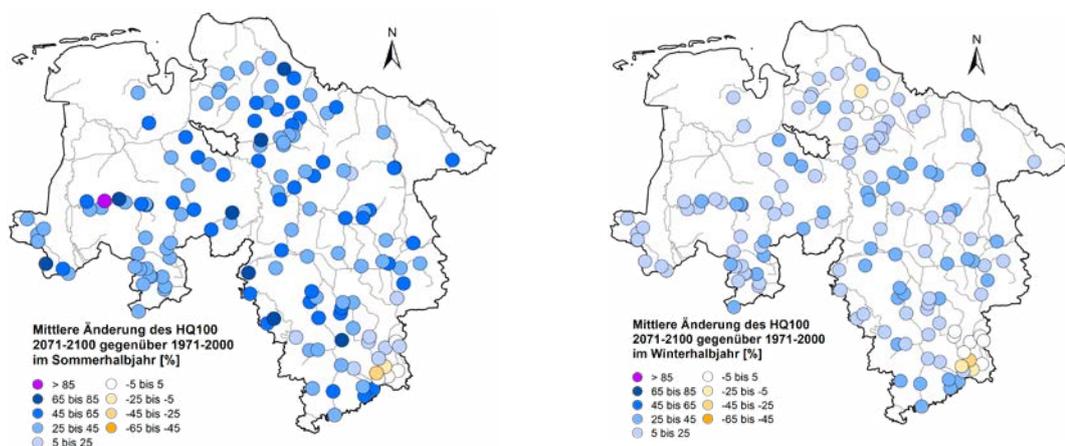


Abbildung 3.2.3: Mittlere Änderung des 100-jährlichen Hochwasserabflusses (HQ100) unter dem „Weiter-wie-bisher“-Szenario (RCP8.5) in der fernen Zukunft (2071-2100) gegenüber dem Referenzzeitraum (1971 – 2000); links: Sommerhalbjahr (Mai – Okt), rechts: Winterhalbjahr (Nov – Apr).



Hochwasserereignisse wirken sich überdies oft negativ auf die Wasserqualität aus, etwa durch Umlagerung kontaminierter Sedimente oder die Überflutung von Industrie- und Kläranlagen und privaten Heizöltanks.



Abbildung 3.2.4: Sommerhochwasser 2017 an der Innerste bei Heersum, Quelle: A. Böhmert

Handlungsziele

Sobald Bemessungsgrößen, etwa zum regionalen Abfluss, unter Berücksichtigung des Klimawandels vorliegen, werden die gesamten bekannten Instrumentarien des Hochwasserrisikomanagements genutzt. Dazu gehören

- » die Förderung des natürlichen Rückhalts – zum Beispiel durch vorhandene oder ehemalige natürliche Überschwemmungsgebiete und die ortsnahe Versickerung von Regenwasser,
- » die Hochwasservorsorge und
- » der technische Hochwasserschutz mit Deichen, Rückhaltebecken und anderen wasserbaulichen Maßnahmen.

Dabei stehen nichtbauliche Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements im Vordergrund. Neue Baumaßnahmen im Hochwasserschutz sollten – unter Beachtung des Grundsatzes der Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit – vorausschauend geplant werden und bei Bedarf anpassbar sein. Mit dem jetzigen Wissensstand ist es beispielsweise nicht angebracht, alle Hochwasserdeiche zu erhöhen. Vielmehr sollten Möglichkeiten einer späteren Erhöhung bei Bedarf vorgesehen werden, etwa durch das Freihalten eines Streifens am Deich. Eine vorsorgende Sicherung geeigneter Flächen ist hierfür von großer Bedeutung. Schutzgebiete auf vorhandenen Deichen sind zu vermeiden. Die für den Hochwasserschutz erforderlichen Flächen für die Entnahme deichbaufähigen Bodens sind vorausschauend raumordnerisch zu sichern.



Mitteleinsatz

Die bedarfsgerechte Förderung von Hochwasserschutzmaßnahmen ist weiterhin eine prioritäre Aufgabe, die mindestens auf dem Niveau des derzeitigen Mitteleinsatzes durch Prioritätensetzung in der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ fortgesetzt werden sollte. Die jährlichen Haushaltsansätze aus der Gemeinschaftsaufgabe sind dabei neu an den Bedarf anzupassen. Den geringen zur Verfügung stehenden Haushaltsmitteln steht ein unverändert hoher Bedarf an finanziellen Mitteln, gerade auch bei den kommunalen Körperschaften, zur Realisierung von Hochwasserschutzprojekten entgegen, der sich durch einen neuen Lastfall durch Klimaänderung voraussichtlich noch weiter erhöht. Vorhaben zum Hochwasserschutz im Binnenland werden aktuell aus Mitteln der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“, aus ELER-Mitteln sowie reinen Landesmitteln finanziert. Weiterhin werden derzeit ausschließlich an der Elbe Mittel aus dem nationalen Hochwasserschutzprogramm (GAK-Sonderrahmenplan) für Maßnahmen des präventiven Hochwasserschutzes verwendet. Die Vielzahl an Fördermöglichkeiten und -programmen im Hochwasserschutz bedingt einen immensen Bearbeitungsaufwand und wäre für eine zusammenführende Vereinfachung geeignet.

Maßnahmen

Als Maßnahmen für den Hochwasserschutz werden empfohlen:

1. Hochwasserflächenmanagement
 - » Flächenvorsorge (Überschwemmungsgebiete)
 - » Natürlicher Wasserrückhalt
2. Baulicher Hochwasserschutz
 - » Linienhafter Hochwasserschutz (z. B. Deiche, Dämme)
 - » Hochwasserrückhalt (z. B. Talsperren, Polder, Rückhaltebecken)
3. Hochwasservorsorge
 - » Bauvorsorge (z. B. Hochwasserschutzmauer, häuslicher Hochwasserschutz)
 - » Risikovorsorge (Versicherung)
 - » Informationsvorsorge (z. B. Wetterbericht, Hochwasservorhersage)
 - » Verhaltensvorsorge (z. B. Ratgeber für Notfallvorsorge)
 - » Vorhaltung und Vorbereitung der Gefahrenabwehr und des Katastrophenschutzes (z. B. Notfallvorsorge)
4. Hochwassernachsorge
 - » Erfassung
 - » Auswertung
 - » Strategische Ausrichtung



INFO

Exkurs: Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie

Im Rahmen der Umsetzung der Europäischen Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie werden bis Ende 2021 die Hochwasserrisikomanagementpläne fortgeschrieben. In Niedersachsen liegt die Zuständigkeit für die Fortschreibung dieser Pläne beim Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN). Die abzusehenden Folgen des Klimawandels werden bei der Überprüfung der Hochwasserrisikomanagementpläne berücksichtigt. Grundsätzlich sind alle Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements dazu geeignet, einen Beitrag zur Anpassung an den Klimawandel zu leisten und bestehende und neue Risiken zu verringern.

Weitere Informationen

Weitere Informationen zum Thema „Hochwasser und Klimawandel“ sind bei folgenden Institutionen erhältlich:

Hochwasserpartnerschaften in Niedersachsen

Hochwasserpartnerschaften sind Zusammenschlüsse von im Wesentlichen kommunalen Partnern und im Hochwasserschutz zuständigen Verbänden, die eine solidarische Zusammenarbeit innerhalb der Hochwasserpartnerschaft vereinbaren.

Leitung: UAN

<https://www.uan.de/themen/hochwasser.html>

Kommunale InfoBörse Hochwasservorsorge (hib)

Die hib ist eine allgemeine Informations- und Ansprechstelle in Fragen der Hochwasservorsorge, des kommunalen Hochwasserrisikomanagements und Starkregenrisikomanagements für Städte und Gemeinden in Niedersachsen.

Leitung: UAN

<https://www.uan.de/projekte/hib-kommunale-infoboerse-hochwasservorsorge.html>

Hochwasserkompetenzzentrum

Für eine gemeinsame Bewältigung der notwendigen Kraftanstrengungen wurde in Verden das Hochwasserkompetenzzentrum (HWK) des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) ins Leben gerufen. Die Einrichtung soll die Hilfestellungen des Landes im vorbeugenden Hochwasserschutz effektiv bündeln.

Leitung: NLWKN

<https://www.nlwkn.niedersachsen.de/hwk/hochwasserkompetenzzentrum-hwk-188478.html>

Hochwasserzentralen

Länderübergreifendes Hochwasserportal, aktuelle Hochwasserwarnungen bundesweit

Leitung: Eine gemeinsame Initiative der deutschen Bundesländer

<https://www.hochwasserzentralen.de/>



Hochwassermeldedienste in Niedersachsen

Internetauftritt der Binnenpegel des NLWKN

Leitung: NLWKN

https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/hochwasser_kustenschutz/hochwasserschutz/hochwasserinformation_und_vorhersage/meldedienste_des_nlwkn/hochwassermeldedienste-im-nlwkn-122000.html

3.2.2 Niedrigwassermanagement und Gewässerökologie

Auswirkungen des Klimawandels

Insbesondere in der Mitte Niedersachsens ist bereits während der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts eine Zunahme der Dauer von Trockenperioden im Sommer zu verzeichnen gewesen. Für die Zukunft geht die Klimaforschung u.a. von wärmeren und trockeneren Sommern aus. Untersuchungen für Ostdeutschland haben ergeben, dass bis Mitte des Jahrhunderts die Abflüsse um 10 - 20 % und bis Ende des Jahrhunderts bis zu 30 % abnehmen können. Die Dauer der Niedrigwasserabflüsse nimmt hingegen zu. Je nach Grundwasserverhältnissen muss es aber auch bei wärmeren und trockeneren Sommern nicht zwingend zu geringeren mittleren Monatsabflüssen kommen, wenn sich die Niederschlagsmenge ganzjährig nicht verändert (LAWA 2010a).

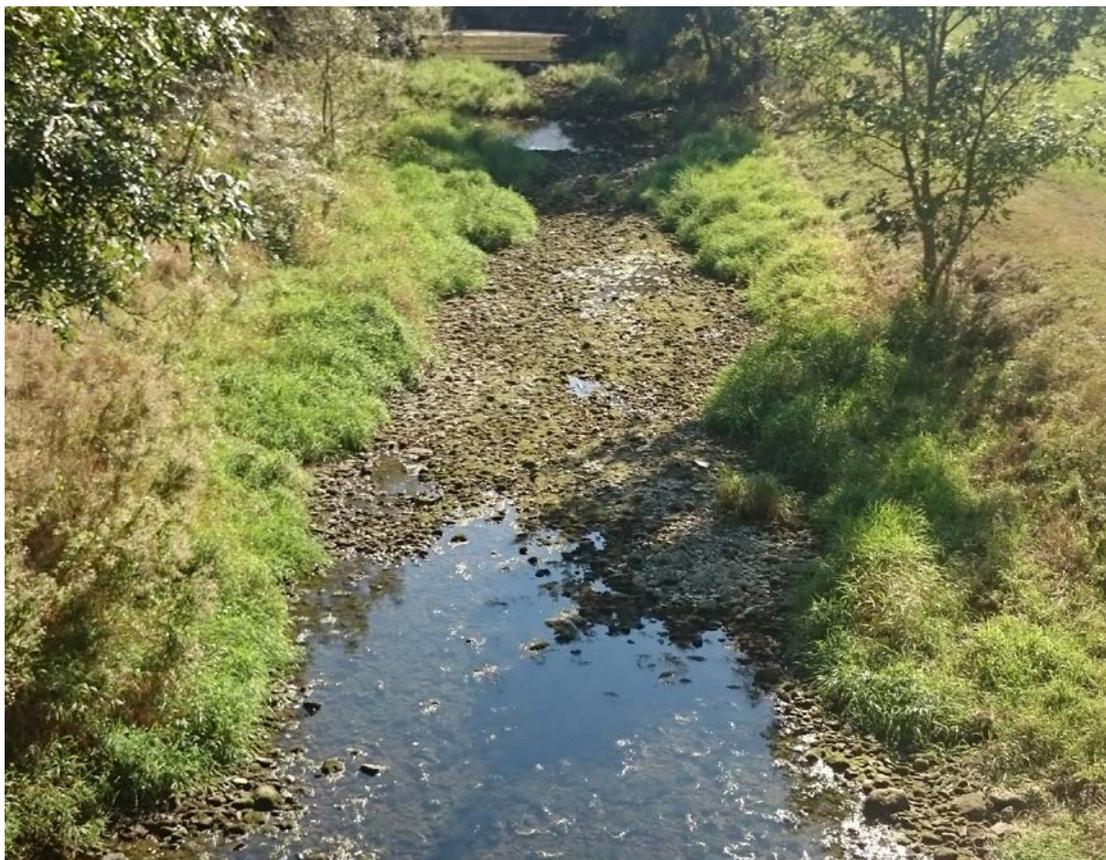


Abbildung 3.2.5: Mittellauf der Emmer im Herbst 2016, Quelle: J. Wöhler

Niedrigwasser- und Hitzeperioden führen auch zu Problemen bei der Wasserqualität. Niedrige Wasserstände sowie längere Sonneneinstrahlung und steigende Lufttemperaturen erhöhen den natürlichen Wärmeeintrag in die Gewässer und bewirken, dass der Gehalt biologisch lebenswicht-



tig gelöster Gase wie Sauerstoff im Wasser sinkt. Für die Tiere und Pflanzen bedeutet dies zusätzlichen Stress, denn sie leiden bereits unter der hohen Wassertemperatur und dem verringerten Wasservolumen.

Die mögliche Zunahme extremer Wind- und Niederschlagsereignisse verstärkt zudem die Gefahr von Erosion, was dazu führen kann, dass Dünge- und Pflanzenschutzmittel und Schadstoffe aus anderen Quellen in Grund- und Oberflächengewässer gelangen. Geringe Sauerstoffgehalte und höhere Wassertemperaturen während Niedrigwasserperioden begünstigen außerdem Rücklösungen aus Sedimenten und können so einen unerwünschten Stoffeintrag ins Gewässer nach sich ziehen. Darüber hinaus steigt infolge des verschlechterten Verdünnungsverhältnisses die Belastung der Gewässer durch diffuse Einträge, aber auch durch punktuelle Einleitungen, beispielsweise aus Kläranlagen.

Ein zunehmendes Auftreten von Trockenperioden in den Sommermonaten führt zu einem verstärkten Austrocknen von Feuchtgebieten und Mooren, was sich wiederum negativ auf deren Fähigkeit auswirkt, Starkregenereignisse abzuf puffern. Ein erhöhtes Auftreten von Niedrigwasserperioden kann zu stärkeren Einschränkungen von Nutzungen, etwa bei Entnahme und Einleitung von Kühl- und Brauchwasser für Industrieanlagen und Kraftwerke, Feldberegnung und Kläranlagen führen.

Handlungsziele

Die Vorsorge gegenüber Niedrigwasserereignissen und der zielgerichtete Umgang damit ist weiter zu entwickeln. Durch den einsetzenden Klimawandel ist mit häufigeren und längeren Niedrigwasserperioden der Binnengewässer zu rechnen. Damit gehen gravierende ökologische und ökonomische Folgen einher, bestehende Nutzungskonflikte werden sich verschärfen. Diese müssen im Vorfeld aufgegriffen und durch Festlegung von klaren Prioritäten minimiert werden. Als mögliches Verfahren sei hier das Festlegen von Schwellenwerten genannt, ab denen bestimmte Nutzungen einzuschränken sind. Darüber hinaus sind Konzepte und Planwerke aufzustellen und bei Bedarf wasserrechtliche Bescheide anzupassen. Die Priorisierung von Nutzungen sollte flussgebietsbezogen erfolgen, da insbesondere die naturräumlichen Gegebenheiten und die Erfahrungen vergangener Niedrigwassersituationen mit zu berücksichtigen sind.

Eine Niedrigwasservorhersage, welche beispielsweise an ein Hochwasservorhersagesystem angekoppelt ist, bildet ein wesentliches Element für ein gezieltes Niedrigwassermanagement und sollte ausgebaut werden. Die Verzahnung von Hochwasser- und Niedrigwassermanagement sollte künftig vermehrt etabliert und genutzt werden. Die Förderung natürlichen Wasserrückhalts und dezentraler Niederschlagsversickerung hat positive Auswirkungen auch auf die quantitative Grundwasser- und Hochwasserbewirtschaftung.

Zur Anpassung an Klimaänderungen ist zunächst ein Ansatz zu bevorzugen, die Planung und Umsetzung solcher Maßnahmen und Handlungsoptionen zu realisieren, die unabhängig von der Klimaentwicklung in jedem Fall nützlich sind (No-Regret-Maßnahmen). Die Hitze- und Trockenperioden der vergangenen Jahre haben gezeigt, dass Maßnahmen wie Verbesserung der Gewässermorphologie, Erhöhung des Wasserrückhalts in der Fläche oder Reduzierung der Wärmebelastung positive Wirkungen auf die Lebensbedingungen zahlreicher Organismen haben und damit die Resilienz der Ökosysteme steigern.

Maßnahmen

Maßnahmen im Bereich Niedrigwasser und Gewässerökologie können wie folgt klassifiziert werden:

- » Niedrigwasservorsorge



- » Flächenvorsorge
- » Bauvorsorge, Bauleitplanung, Bauplanung
- » Abflussbeeinflussung
- » Fließgewässergüte
- » Verhaltensvorsorge
- » Niedrigwasservorhersage
- » Niedrigwassermanagement
- » Niedrigwasserführung
- » Administrative Maßnahmen
- » Nutzungsbezogene Maßnahmen
- » Exemplarisch werden hier folgende Maßnahmen genannt:
- » Obligatorische Berücksichtigung von Niedrigwasserverhältnissen bzw. -maßnahmen bei allen baulichen Veränderungen an Fließgewässern
- » Verstärkte Durchführung von Vorhaben zur Retentionsverbesserung mit integrierter Betrachtung der Auswirkungen auf verbesserten Hochwasserschutz respektive vermehrter Grundwasseranreicherung
- » Gezielte Ermittlung von Gewässern mit überdimensionierten Profilen und konkretem Handlungsbedarf bzgl. Niedrigwasser
- » Förderung der Umgestaltung derartiger Gewässer durch geeignete bauliche Umgestaltung (Bermen, Profilgestaltung, Bühnen o. ä.)
- » Anpassung der Gewässerunterhaltung durch vermehrte Durchführung einer Stromstrich- bzw. -Mittellinnenmahd.

3.2.3 Grundwasserschutz

Auswirkungen des Klimawandels

Grundwasserneubildung

Grundwasser ist eine erneuerbare Ressource, so dass derzeit 86 % des Trinkwassers in Niedersachsen nachhaltig aus dem Grundwasser gewonnen werden können. Dabei beeinflusst das Klima ganz wesentlich die Bildung des Grundwassers. Für die Grundwasserneubildung sind Niederschlagshöhe, deren jahreszeitliche Verteilung und Intensität sowie die temperaturabhängige Verdunstung von Wasser durch Pflanzen, Tiere und die Bodenoberfläche (Evapotranspiration) entscheidend (LBEG 2019).

Aus der Höhe der Grundwasserneubildung ergibt sich langfristig das Grundwasserdargebot, das für eine nachhaltige Nutzung zur Verfügung steht. Im Allgemeinen verfügt Niedersachsen über einen großen Grundwasservorrat. Bisher gibt es nur in wenigen Regionen Herausforderungen mit dem verfügbaren Dargebot.

Mit fortschreitendem Klimawandel und den einhergehenden, in Kapitel 2 beschriebenen, klimatischen Veränderungen, ist auch mit einer Veränderung der Grundwasserneubildungsrate in Niedersachsen zu rechnen. Die Grundwasserneubildung, also die Menge an infiltriertem Niederschlagswasser, das durch den Boden (Sickerraum) in das Grundwasser gelangt, findet überwiegend im Winter statt. Die projizierte saisonale Verschiebung der höchsten Niederschlagsmengen vom Sommer in den Winter kann durch einen Anstieg der Grundwasseroberfläche zu Vernäs-



sungen sowie zu Schäden an Gebäuden und zu verstärkter Erosion führen. Besonders betroffen können Regionen mit gut durchlässigen Böden und einem geringen Flurabstand sein. Hier sind Abschwemmungen und Überflutungen zu befürchten.

Durch geringere Niederschlagsmengen in den Sommermonaten und der, durch den Temperaturanstieg bedingten, erhöhten potenziellen Verdunstung kann das Grundwasserdargebot insbesondere in Regionen mit feinkörnigen Böden und an grundwassernahen Standorten mit einem hohen kapillaren Aufstieg zurückgehen (LBEG 2012). Dies führt vor allem in länger anhaltenden Trocken- und Hitzeperioden, wenn der Bedarf an Grundwasser durch den Menschen und die Vegetation am höchsten ist, zu Versorgungsproblemen und Schäden in der Natur und Ertrags-einbußen in Land- und Forstwirtschaft. In der Landwirtschaft wird voraussichtlich ein erhöhter Beregnungsbedarf das Grundwasserdargebot belasten, insbesondere bei Böden mit geringerer Wasserspeicherkapazität (LBEG 2009). Da das Grundwasser in direkter Verbindung mit den Vorflutern steht, kann auch der Mindestabfluss in Bächen und Flüssen durch eine niedrigere Grundwasserneubildung negativ beeinflusst werden bis hin zum Trockenfallen von Gewässerabschnitten (Fürstenberg et al. in LBEG 2011). Die Verringerung des Mindestabflusses hätte direkte Auswirkungen auf die Kühlwassernutzung der Energiewirtschaft und die Ökologie kleiner Fließgewässer.

Wie hoch die Grundwasserneubildung lokal ausfällt, hängt neben klimatischen Faktoren, auch von den hydrogeologischen Eigenschaften des Untergrundes, der Landnutzung (Bewuchs, Versiegelungsgrad), dem Relief der Landoberfläche sowie dem Grundwasserflurabstand ab (LBEG 2019). In Niedersachsen zeigt sich daher eine differenzierte Verteilung der Grundwasserneubildung und damit auch des Grundwasserdargebotes. Eine langjährige und flächendifferenzierte Ausweisung der mittleren Grundwasserneubildungsraten erfolgt in Niedersachsen anhand des Wasserhaushaltmodells mGROWA, die entsprechenden Daten werden regelmäßig unter www.nibis.lbeg.de/cardomap3 veröffentlicht. Im Rahmen der Klimawirkungsstudie 2019 (MU 2019) wurden damit die Auswirkungen des projizierten Klimawandels auf die Grundwasserneubildungsrate untersucht.

Die Ergebnisse zeigen, unter Annahme des „Weiter-wie-bisher“-Szenario RCP8.5 (siehe Kapitel 2), in der Mittleren Tendenz zukünftig für einige Teile Niedersachsens eine Abnahme der Grundwasserneubildungsrate bzw. eine Verstärkung der jahreszeitlich bedingten Grundwasserzehrungsgebiete im Sommerhalbjahr (Abb. 3.2.6). Die sandigen Geestflächen und weite Teile des östlichen Flachlandes sowie Teile des Berg- und Hügellandes sind weniger betroffen. Das Winterhalbjahr weist eine fast flächendeckende Zunahme der Grundwasserneubildungsrate auf (Abb. 3.2.7). Eine Ausnahme bilden dabei einige küstennahe Niederungen und die Marschen. Bei Betrachtung des Gesamtjahres ist für Niedersachsen in keinem der beiden untersuchten Zeiträume ein eindeutiger Trend zu erkennen. Für die nahe Zukunft (2021 – 2050) werden im Mittel nur geringe Änderungen simuliert. Dennoch ist durch eine fortschreitende innerjährliche Verschiebung der Grundwasserneubildungsrate und damit auch des Grundwasserdargebots, zu erwarten, dass zukünftig verstärkt negative indirekte Wirkungen auf z. B. grundwasserabhängige Landökosysteme, Trinkwasserverfügbarkeit und Landwirtschaft sowie Schäden an Gebäuden auftreten können.

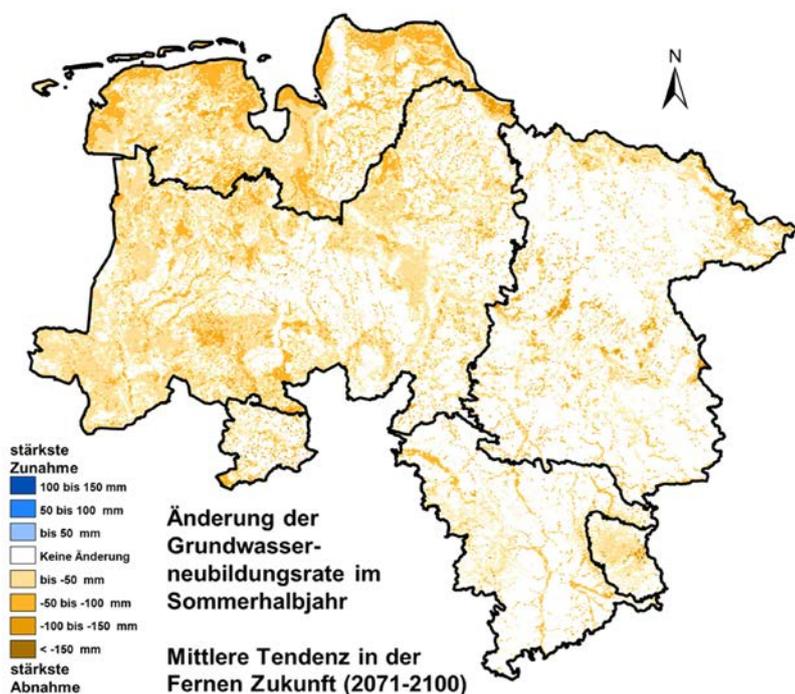


Abbildung 3.2.6: Mittlere Tendenz der Änderung der 30-jährlichen mittleren Grundwasserneubildungsrate im Sommerhalbjahr (Mai – Oktober) in der fernen Zukunft (2071 – 2100) gegenüber dem Referenzzeitraum (1971 – 2000) basierend auf dem in der Klimawirkungsstudie Niedersachsen (MU Niedersachsen 2019) verwendeten repräsentativen Multi-Modell-Ensemble für Niedersachsen, das die Entwicklung unter dem „Weiter-wie-bisher“-Szenario RCP8.5 zeigt.

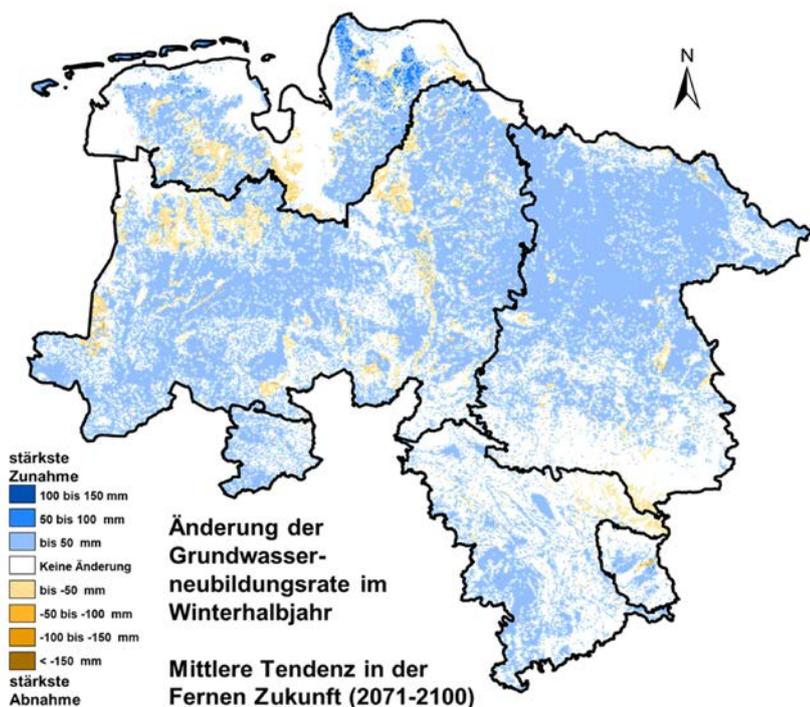


Abbildung 3.2.7: Mittlere Tendenz der Änderung der 30-jährlichen mittleren Grundwasserneubildungsrate im Winterhalbjahr (November – April) in der fernen Zukunft (2071 – 2100) gegenüber dem Referenzzeitraum (1971 – 2000) basierend auf dem in der Klimawirkungsstudie Niedersachsen (MU Niedersachsen 2019) verwendeten repräsentativen Multi-Modell-Ensemble für Niedersachsen, das die Entwicklung unter dem „Weiter-wie-bisher“-Szenario RCP8.5 zeigt.



Grundwasserstand

Die Dynamik von Witterung und Klima führt als bestimmender Faktor der Grundwasserneubildung zu einer Veränderung der Grundwasserstände, auch unter Klimawandelbedingungen. Diese schlägt sich in kurzfristigen, saisonalen und längerfristigen Schwankungen des Grundwasserstands-niveaus nieder. Im niedersächsischen Küstengebiet werden die Grundwasserstände zusätzlich durch die tidebedingt wechselnde Höhe des Meeresspiegels und durch Maßnahmen der künstlichen Entwässerung (Schöpfwerke, Siele) deutlich beeinflusst.

Die beschriebenen möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf das Grundwasserangebot bzw. auf die Grundwasserneubildung stehen somit in direkter Verbindung mit den Grundwasserständen. Die Grundwasserstände folgen zeitversetzt den Niederschlägen, hohe Werte werden im Allgemeinen im April/Mai und die niedrigsten im Oktober/November gemessen. Der Grundwasserstand in einer Messstelle wird durch die unterirdischen Zu- und Abflüsse im Grundwasserleitersystem sowie den hydrogeologischen Gegebenheiten bestimmt.

Durch die zu erwartende Niederschlagsverschiebung und die erhöhte Verdunstung, können die natürlichen saisonalen Grundwasserstandsschwankungen verstärkt werden. Das Ausmaß von negativen Auswirkungen hängt von der Intensität zukünftiger Trocken- und Feuchtperioden ab und kann in Abhängigkeit der hydrogeologischen Situation regional sehr unterschiedlich sein. Das Grundwasser hat eine zentrale Bedeutung für den Landschaftswasserhaushalt, die öffentliche Wasserversorgung, die Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen und die Wasserführung in Oberflächengewässern. Länger anhaltende Trockenperioden können bei grundwasserabhängigen Landökosystemen (z. B. Bruchwälder, Feuchtwiesen, Moore), zum permanenten oder zumindest periodischen Trockenfallen der Gebiete und damit zum Rückgang der angepassten einheimischen Arten und zur Einwanderung von fremden Arten führen. Absinkende Grundwasserstände führen zu einem verringerten hydraulischen Gefälle zu den Vorflutern. Dadurch nimmt der Grundwasserzustrom in die Oberflächengewässer (Basisabfluss) ab. In der Folge kann je nach Wasserführung eine Schädigung der Gewässerökosysteme eintreten. In der Wald- und Forstwirtschaft kann es in Folge von Grundwasserabsenkungen, durch eine zu geringe Grundwasserneubildung, zu weitläufigen Waldschäden kommen. Als Folge von Geländesetzungen durch neue Grundwassertiefststände, können Schäden an Gebäuden, Straßen und Wegen entstehen. Durch höhere Bedarfe in Trocken- und Hitzeperioden sowie eine Abnahme der Wasserverfügbarkeit aus Grundwasser aufgrund sinkender Grundwasserstände bzw. einer sinkenden Grundwasseroberfläche, können bestehende Nutzungskonflikte zwischen der Trinkwasserversorgung sowie der Brauch- und Nutzwasserversorgung (u. a. Feldberegnung) verstärkt werden und neue Konflikte entstehen. Auf der anderen Seite kann es durch einen Anstieg der Grundwasseroberfläche verstärkt zu Vernässungen von Ackerflächen und zu grundwasserbedingten Schäden an Gebäuden kommen. Mit fortschreitendem Klimawandel sind Trockenjahre wie 2018 und 2019 häufiger zu erwarten. Sie sind der vorläufige Höhepunkt einer bereits seit Anfang der 2000er Jahre anhaltenden Phase mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen und tiefen bzw. abnehmenden Grundwasserständen. Dabei zeigen die Grundwasserstände in vielen Landesmessstellen Niedersachsens für die Jahre 2018 und 2019 Rekordwerte für Grundwassertiefststände (NLWKN 2020). Die ungünstigsten Grundwasserstandsentwicklungen und höchsten Absenkungsbeträge waren in den Geest- und Börderegionen Niedersachsens zu beobachten, die geringsten Absenkungen fanden in den Niederungsregionen insbesondere Westniedersachsens sowie den Marschgebieten statt.

Die Abbildung 3.2.8 illustriert am Beispiel der jährlichen Niedrigwasserstände die langjährige Grundwasserstandsentwicklung in Niedersachsen, die von deutlichen Feucht- und Trockenphasen geprägt ist. Die Hoch- und Tiefstandsphasen des Grundwasserstandes werden ebenso deutlich, wie deren unterschiedliche regionale Gewichtung. Im Gegensatz zu vorhergehenden Trockenjahren sind die Auswirkungen der Trockenheit in 2018 und 2019 nunmehr landesweit erkennbar. Die Beobachtungen geben einen ersten Eindruck von den zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwasserstände in Niedersachsen. Daher ist eine nachhaltige und vorausschauende Grundwasserbewirtschaftung im fortschreitendem Klimawandel umso wichtiger. Dies ist insbesondere deshalb von Bedeutung, da der Klimawandel den Nutzungsdruck auf

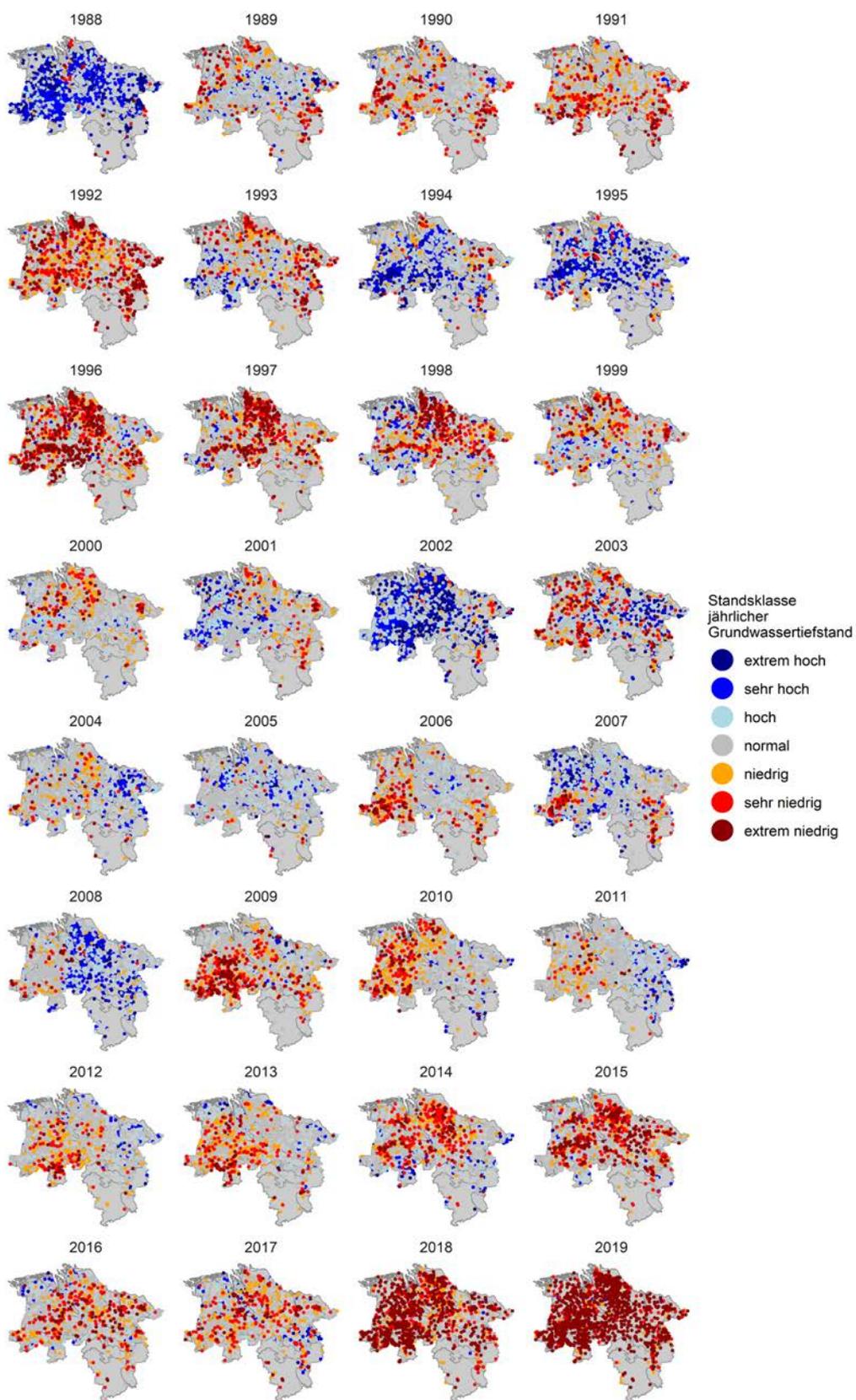


Abbildung 3.2.8: Entwicklung der Grundwassertiefstände ab 1988. Klassifizierte Darstellung der Grundwassertiefstände. Bezugsgröße ist für jede Messstelle der jährliche Grundwassertiefstand im Vergleich zur Quantilverteilung der jährlichen Tiefstände im Zeitraum 1988 – 2017 (nach NLWKN 2020).



Grundwasserqualität

Da die Temperatur des oberflächennahen Grundwassers unmittelbar von der mittleren Lufttemperatur abhängt, führt die Erwärmung der Atmosphäre zwangsläufig auch zu höheren Grundwassertemperaturen. Dadurch verändern sich die chemischen, physikalischen und biologischen Prozesse im Grundwasser wie Stofftransport und -umsatz aber auch die Lebensbedingungen z. B. für Keime. In diesen Veränderungen steckt ein großes Potenzial für einen negativen Einfluss auf die Grundwasserqualität, so dass Auswirkungen auf die Nutzbarkeit des Grundwassers für Mensch und Natur zu erwarten sind.

Die gilt zum Beispiel für das Verhalten von Nährstoffen im Boden. Dabei ist zu erwarten, dass sich in Trockenperioden mehr Stickstoff im Boden anreichert, da Pflanzen u.a. aufgrund eines eingeschränkten Wachstums weniger Nitrat aufnehmen können und Nährstoffüberschüsse durch erhöhte Winterniederschläge verstärkt ins Grundwasser verlagert werden können.

Im Bereich der Küstengewässer ist regional aufgrund zu erwartender höherer Meereswasserstände und zurückgehender Grundwasserneubildung mit einer fortschreitenden Versalzung des Grundwassers zu rechnen. Wie aktuelle Forschungsprojekte zeigen, kann die Grundwasserversalzung dabei zusätzlich durch Wasserhaltungsmaßnahmen vor allem in den Marschen beeinflusst werden, die durch den fortschreitenden Klimawandel intensiviert werden müssen (González et al. 2021).

Sollte das Grundwasser unter die derzeit bekannten Niedrigwasserstände sinken, könnte sich durch die Anreicherung von geogenen und anthropogenen Stoffen die Qualität des Grundwassers verschlechtern. Die Tierarten in der bislang wenig erforschten Grundwasserfauna (Stygofauna) sind damit ebenfalls veränderten Lebensbedingungen ausgesetzt.

Handlungsziele

Im Zuge des bereits eingetretenen Klimawandels wird es ein maßgebliches Ziel sein, ein ausreichendes Grundwasserdargebot aufrechtzuerhalten und somit die Grundwasserneubildung zu fördern. Es muss damit gerechnet werden, dass die Grundwasseroberfläche in den Sommermonaten stärker als bisher absinkt und es neben ökologischen Auswirkungen vor allem in längeren Trockenphasen zu Engpässen bei der Nutzung von Grundwasser und somit zu einer Verschärfung der zum Teil schon bestehenden Nutzungskonflikte kommt, etwa zwischen Wasserversorgung, Land-, Forstwirtschaft und Naturschutz.

Um die vorhandenen Grundwasserpotenziale auch in Zukunft nutzen zu können, muss der Fokus neben dem Monitoring sensibler Bereiche insbesondere auf der Priorisierung von Entnahmen und Nutzungen liegen. Da auch die künstliche Grundwasseranreicherung durch die unterirdische Speicherung z.B. von Oberflächenwasser zur Stabilisierung des Grundwasserhaushalts beitragen kann, sind entsprechende Potenziale zu identifizieren.

Auch wegen der möglicherweise höheren stofflichen Belastung des Grundwassers wird es notwendig sein, verstärkt Kriterien zur nachhaltigen Grundwasserbewirtschaftung zu beachten, um die Chancen zur Entwicklung einer angepassten Landbewirtschaftung zu verbessern.

Maßnahmen

Durch die Klimawirkungsstudie wurden besonders vulnerable Gebiete Niedersachsens identifiziert, für welche regionale Konzepte zur Klimafolgenanpassung entwickelt werden müssen. Dies erfolgt derzeit exemplarisch im Rahmen eines EU-Projektes für die Elbe-Weser-Region (González et al. 2021). Vergleichbare Untersuchungen müssen auch in anderen Gebieten Niedersachsens erfolgen, um die Grundlagen für erfolgreiche Klimaanpassungsmaßnahmen zu schaffen und



diese umzusetzen. Dabei ist sicherzustellen, dass durch Maßnahmen z. B. zur künstlichen Grundwasseranreicherung keine negativen Effekte auf die Qualität des Grundwassers oder andere Schutzgüter verursacht werden.

Das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz koordiniert und finanziert die Erarbeitung des Wasserversorgungskonzeptes Niedersachsen. Damit sollen Handlungsbedarfe frühzeitig erkannt und Handlungsoptionen ermittelt werden, um die Versorgung mit Grundwasser in Niedersachsen dauerhaft sicherzustellen. Dies soll auf Grundlage einer landesweiten, vorausschauenden und nachhaltigen Informations- und Planungsgrundlage erfolgen. Das Konzept sieht zunächst eine Bilanzierung des derzeitigen Standes (Ist-Zustand: 2015) und der mittel- und langfristigen Perspektive (Prognosezustände: 2030, 2050 und 2100) der Wasserversorgung vor. Dafür findet eine Zusammenstellung und Bewertung landesweiter Daten statt, um Veränderungen des Nutzungsdruckes auf das Grundwasser frühzeitig erkennen zu können. Auf Grundlage dieser fachlichen Basis können im Anschluss regionsbezogene Bewertungen vorgenommen sowie Maßnahmen abgeleitet werden. Durch den partizipativen Ansatz werden die relevanten Wassernutzenden und deren Interessensvertretungen in die Erarbeitung des Konzeptes einbezogen. Die Ergebnisse sollen transparent und nachvollziehbar dargestellt werden. Aufgrund der Komplexität der Themenfelder und sich ändernden Prognosen wird zudem ein besonderes Augenmerk auf die Fortschreibungsfähigkeit des Konzeptes gelegt. Das übergeordnete Ziel des Wasserversorgungskonzeptes Niedersachsen liegt in der langfristigen Sicherstellung der niedersächsischen Wasserversorgung, insbesondere der öffentlichen Trinkwasserversorgung, als ein maßgeblicher Baustein der Daseinsvorsorge.

Weitere Informationen

Weitere Informationen zum Thema Grundwasser und Klimawandel sind bei folgenden Institutionen erhältlich:

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG)

Das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) ist der landesweite Ansprechpartner für hydrogeologische Grundlagen und Teil des Niedersächsischen Kompetenzzentrum Klimawandel (NIKO).

<https://www.lbeg.niedersachsen.de>

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz

Der Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) ist der landesweite Ansprechpartner für die Wasserwirtschaft.

<https://www.nlwkn.niedersachsen.de>

3.2.4 Siedlungswasserwirtschaft

Siedlungsentwässerung

Auswirkungen des Klimawandels

Im Bereich der Siedlungsentwässerung können folgende Änderungen des Klimas von Bedeutung sein:

- » Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Starkregenereignissen (vgl. Kapitel 3.2.1 Hochwasserschutz)



- » Zunahme der Niederschlagssummen im Winterhalbjahr
- » Zunahme der Häufigkeit und Dauer sommerlicher Trockenwetterperioden
- » Zunahme der mittleren Jahrestemperatur

Eine Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Starkregenereignissen wird eine stärkere hydraulische Belastung der Kanalnetze und der Anlagen zur Regenwasserbehandlung und -rückhaltung bewirken. Überstau- und Überflutungsereignisse werden in bestehenden Kanalnetzen zunehmen. Neben bereits bekannten leistungsschwachen Teilen des Kanalnetzes werden sich neue Schwachpunkte einstellen. Der für die Bürgerinnen und Bürger gewohnte Entwässerungskomfort kann zumindest in Teilbereichen der Kanalnetze abnehmen. Der bislang nicht durchgängig geübten Praxis, geordnete Überflutungswege für das auf die Oberfläche austretende Wasser nachzuweisen, wird erhebliche Bedeutung zukommen.

Bei der Ableitung von Abwässern wird nach Misch- und Trennsystem unterschieden. In der Mischwasserkanalisation fließen Schmutz- und Regenwasser gemeinsam ab, im Trennsystem werden häusliches Schmutzwasser und gesammeltes Niederschlagswasser in getrennten Kanälen abgeleitet. Die Ableitung von häuslichen Abwässern erfolgt in Niedersachsen überwiegend im Trennsystem.

Um bei Starkregenereignissen die Funktionsfähigkeit der öffentlichen Abwasseranlagen erhalten zu können, erfolgen im Mischsystem Abschlüge in die Gewässer. Bei zunehmenden Niederschlägen würden häufigere Entlastungen aus dem Mischsystem auch eine höhere Frachtbelastung der Gewässer nach sich ziehen. Durch die veränderten Regenereignisse können die Abflussmengen im Trennsystem zunehmen und bei Ableitung ins Gewässer zu einer höheren hydraulischen Gewässerbelastung („hydraulischer Stress“) führen. Kleinere, siedlungsgeprägte Fließgewässer mit Einleitungen aus Kanalisationen können bei lokalen Starkregen sehr schnelle Sturzfluten mit nennenswerten Schadenssummen entwickeln. Eine Zunahme dieser Ereignisse ist wahrscheinlich. Weiterhin können Starkregenereignisse auch fernab von Flüssen zu Überschwemmungen führen. Die in kurzer Zeit anfallenden großen Regenmengen können nicht sofort vollständig von der Kanalisation aufgenommen werden, stattdessen sammelt sich das Regenwasser oberflächlich und fließt zu den Geländetiefpunkten, wo es zu Schäden an Gebäuden und Infrastruktur führen kann. Eine Zunahme der Niederschlagssummen im Winter, ggf. auch im Frühjahr und Herbst kann auch zu einer höheren hydraulischen Belastung der Kläranlagen führen. Die Abbauleistung der biologischen Stufe kann infolge geringerer Konzentrationen und niedrigerer Abwassertemperaturen reduziert werden. Eine Zunahme sommerlicher Trockenwetterperioden wird zu abnehmenden Niedrigwasserabflüssen und höheren Gewässertemperaturen führen. Dies kann die Belastbarkeit der Fließgewässer als Vorfluter für Anlagen der Siedlungsentwässerung verringern und Einleitungsbeschränkungen infolge immissionsbedingter Anforderungen nach sich ziehen. Weiterhin können lange Trockenwetterperioden dazu führen, dass im Bereich von Mischwasserkanalisationen durch Ablagerungen vermehrt Geruchsbelästigungen auftreten, wenn das häusliche Abwasser ohne ausreichend Regenwasser nicht schnell genug abfließen kann.

Handlungsziele

Der Klimawandel hat Auswirkungen auf die Siedlungsentwässerung und Abwasserbeseitigung. Infolge des veränderten Niederschlagsverhaltens ist die Leistungsfähigkeit der vorhandenen Kanalnetze und Anlagen zur Regenwasserbehandlung und -rückhaltung, soweit erforderlich, durch validierte Berechnungsmodelle zu bewerten. Eine generelle Neudimensionierung von Entwässerungsanlagen infolge des Klimawandels ist nach derzeitigem Kenntnisstand nicht begründbar. Die Belange der Entwässerungsplanung müssen künftig früher und konkreter durch Randbedingungen und Vorgaben in die Bebauungsplanung einfließen. Ziel ist eine vorausschauende Regenwasserbewirtschaftung und eine Absicherung des Überflutungsschutzes in den Kommunen. Die Regenwasserbewirtschaftung schließt auch das Ziel der Schonung der Grundwasserressource ein. Mögliche Maßnahmen im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft können beispielsweise eine



Anpassung des Kläranlagenbetriebs an eine veränderte Abwasserzusammensetzung zur Vermeidung von Korrosion und Geruchsproblemen, eine neue Kanalnetzbewirtschaftung, um die Leistungsfähigkeit der vorhandenen Kanalisation und Speicherbauwerke optimal zu nutzen sowie der Bau von dezentralen und zentralen Retentionsmaßnahmen zum Rückhalt von Regenabflüssen sein. Das Land sollte frühzeitig die Kommunen bei diesen zukünftigen Aufgaben durch Informationen, Initialprojekte und zum Beispiel auch aus Mitteln vorhandener Förderprogramme unterstützen. Die Anliegen des Überflutungsschutzes müssen in enger Zusammenarbeit von Stadtplanung, Freiraumgestaltung und Siedlungswasserwirtschaft gelöst werden, um das Schadenspotenzial durch häufigere Überflutungen zu minimieren. Aufklärung und Beratung von Bürgerinnen und Bürgern in betroffenen Bereichen im Rahmen der kommunalen Hochwasservorsorge sind zu unterstützen.

Klimaprojektionen für Niedersachsen gehen bis zum Ende des Jahrhunderts von einer Zunahme der Starkregenereignisse aus, und somit gewinnt dieses Thema in Zeiten des Klimawandels zunehmend an Bedeutung für Städte und Gemeinden. Ein kommunales Starkregenrisikomanagement hat das Ziel, sich der Gefahr und des Schadenspotenzials durch ein Starkregenereignis bewusst zu machen. Um Starkregenereignisse besser bewältigen zu können, sind durch Städte und Gemeinde vorsorgende Maßnahmen zu treffen, um mögliche Schäden zu reduzieren. Mit finanzieller Unterstützung des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz hat die Kommunale Umwelt AktioN e. V. Anfang des Jahres 2020 das Pilotprojekt „Kommunale Starkregenvorsorge in Niedersachsen“ beginnen können (<https://www.uan.de/projekte/starkregen.html>).



Abbildung 3.2.9: Starkregen (Quelle: Adobe Stock)



Maßnahmen

Ausgewählte mögliche Maßnahmen sind:

- » Verbindliche Festlegung von Maßnahmen und Flächen (Größe und Lage) zur Regenwasserbewirtschaftung und zum Überflutungsschutz bereits in Aufstellungsverfahren von F- und B-Plänen
- » Retentionsmaßnahmen zum Rückhalt von Regenabflüssen (zentral, dezentral und im Gewässer)
- » Maßnahmen zum Objektschutz
- » Aufklärung und Beratung von Bürgerinnen und Bürgern in betroffenen Bereichen
- » Untersuchung der Störanfälligkeit abwassertechnischer Anlagen und ggfls. bauliche und betriebliche Maßnahmen zur Vermeidung/Minderung des Sicherheitsrisikos
- » Hydraulische Überprüfung der Kanalsysteme
- » Bedarfsgerechte Kanalnetzreinigung
- » Entwicklung von Strategien und Pilotprojekten zur Nutzung von gereinigtem Abwasser zur betriebsinternen Kreislaufführung und zur Brauchwassernutzung

Öffentliche Trinkwasserversorgung

Auswirkungen des Klimawandels

Die öffentliche Wasserversorgung ist eine Aufgabe der Daseinsvorsorge. In Niedersachsen sind rund 99,5 % der Bürgerinnen und Bürger an eine zentrale Wasserversorgung angeschlossen. Die Trinkwasserversorgung in Niedersachsen und damit die Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung wird von 257 Wasserversorgungsunternehmen (WVU) wahrgenommen. Davon verfügen 221 Unternehmen über eine eigene Wassergewinnung.

Zum Zwecke der öffentlichen Wasserversorgung wurden in Niedersachsen gemäß der letzten Erhebung des Landesamtes für Statistik Niedersachsen im Jahr 2016 rund 576,5 Millionen Kubikmeter Wasser gefördert. Das Wasser wurde zu rund 86 % aus dem Grundwasser gefördert, während rund 12 % aus den Harztalsperren abgeleitet wurden. Die übrigen 2 % entfielen auf Fluss- und Quellwasser sowie Uferfiltrat (Landesamt für Statistik Niedersachsen 2016). Das in Niedersachsen geförderte Grundwasser ist allgemein von hoher Qualität und entspricht in der Regel ohne weitere Aufbereitung den strengen Anforderungen der Trinkwasserverordnung. Damit das auch so bleibt, hat der Schutz der Trinkwasserressourcen eine hohe Priorität.

Bei abnehmenden Niederschlagsmengen im Sommer und steigenden Temperaturen steigt der Wasserbedarf in den Sommermonaten stark an, wie auch die beiden Trockenjahre 2018 und 2019 bereits deutlich gemacht haben. Warme und trockene Perioden lassen den Wasserbedarf der Bevölkerung zum Privatgebrauch, aber auch den Wasserbedarf von Gewerbebetrieben (z.B. zur Kühlung) oder von tierhaltenden Betrieben, die an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen sind, ansteigen. Es ist daher künftig im öffentlichen Versorgungsnetz mit zunehmenden Verbrauchsspitzen zu rechnen. Das stellt die technische Infrastruktur vor neue Herausforderungen. Nicht nur das Verteilnetz, auch die Fördermenge einzelner Brunnen in Spitzenzeiten und die Speicherung von Trinkwasser könnten an Kapazitätsgrenzen stoßen.

Da die Temperatur des oberflächennahen Grundwassers unmittelbar von der mittleren Lufttemperatur abhängt, führt die Erwärmung der Atmosphäre zwangsläufig auch zu höheren Grundwassertemperaturen. Dadurch verändern sich die chemischen, physikalischen und biologischen Prozesse im Grundwasser wie Stofftransport und -umsatz aber auch die Lebensbedingungen



z. B. für Keime. In diesen Veränderungen steckt ein großes Potenzial für einen negativen Einfluss auf die Grundwasserqualität, so dass Auswirkungen auf die Nutzbarkeit des Grundwassers für Mensch (und Natur) zu erwarten sind. Auch die Erwärmung von Oberflächen- bzw. Talsperrenwasser kann sich auf die Rohwasserqualität auswirken. Daraus könnten höhere Aufwendungen für die Wasseraufbereitung resultieren.

Handlungsziele

Die Trinkwasserversorgungsunternehmen werden als Folge des Klimawandels im Rahmen ihrer Aufgabe, die Trinkwasserversorgung hinsichtlich Qualität, und Menge und Spitzenlast sicherzustellen, bei Bedarf betriebliche und bauliche Maßnahmen umsetzen müssen, wie zum Beispiel die Erweiterung der Aufbereitungstechnik, den Ausbau von Verbundsystemen oder die Erhöhung des Speichervolumens. Zur Dämpfung von Spitzenverbräuchen in Trockenperioden ist die Speicherung und Nutzung von Regenwasser auf kommunaler Ebene stärker zu etablieren als bisher. Wo möglich, sollte Regenwasser zur Auffüllung des Grundwasserspeichers schadlos versickert werden, sofern eine direkte Nutzung nicht in Frage kommt.

Der Mittelbedarf der Wasserversorgungsunternehmen für Maßnahmen zum vorbeugenden Grundwasserschutz könnte sich bei Qualitätsbeeinträchtigungen des Rohwassers erhöhen. Das Land hat die Trinkwasserversorgungsunternehmen bei dieser Aufgabe weiterhin zu unterstützen. Mittel aus der Wasserentnahmegebühr für den vorbeugenden Grundwasserschutz in Trinkwassergewinnungsgebieten sollten mindestens im bisherigen Umfang bereitgestellt werden. Steigende Wasserbedarfe für die unterschiedlichen Nutzungszwecke (öffentliche Wasserversorgung, Landwirtschaft und Industrie) verschärfen die Konkurrenz um die verfügbare Grundwasserressource. Die Trinkwasserversorgung hat gegenüber Konkurrenznutzungen, insbesondere im Bereich der Wassergewinnung, weiterhin wasserrechtlichen Vorrang. Das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz koordiniert und finanziert die Erarbeitung des Wasserversorgungskonzeptes Niedersachsen (vgl. Kapitel 3.2.3). Damit sollen Handlungsbedarfe unter Beachtung künftiger Entwicklungen bei verfügbarer Ressource einerseits und Wassernutzungen andererseits frühzeitig erkannt und Handlungsoptionen ermittelt werden, um die Versorgung mit Grundwasser in Niedersachsen dauerhaft sicherzustellen. Das übergeordnete Ziel des Wasserversorgungskonzeptes Niedersachsen liegt in der langfristigen Sicherstellung der niedersächsischen Wasserversorgung, insbesondere der öffentlichen Trinkwasserversorgung, als ein maßgeblicher Baustein der Daseinsvorsorge.

Maßnahmen

Ausgewählte mögliche Maßnahmen sind:

- » Betriebliche und bauliche Maßnahmen der Wasserversorgungsunternehmen
- » Nutzung von Regenwasser, z. B. für Gartenbewässerung
- » Versickerung von Niederschlagswasser zur Grundwasseranreicherung
- » Förderung des vorbeugenden Grundwasserschutzes zur Qualitätssicherung
- » Niedersächsisches Wasserversorgungskonzept
- » regionale Versorgungskonzepte



3.2.5 Literaturverzeichnis

Klimawandel und Wasserwirtschaft übergreifend

LAWA (2017): Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft – Bestandsaufnahme, Handlungsoptionen und strategische Handlungsfelder 2017 (Kurztitel: LAWA Klimawandel-Bericht 2017). Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).

NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ (NLWKN): Klimawandel kompakt; abrufbar unter: <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/klimawandelkompakt>

NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ (NLWKN): Wasserrahmenrichtlinie; abrufbar unter: https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/eg_wasserrahmenrichtlinie/eg-wasserrahmenrichtlinie-38770.html

LANDESAMT FÜR STATISTIK IN NIEDERSACHSEN (2016): Statistische Berichte Niedersachsen Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 2016 – Q I 1 -3j, abrufbar unter: Statistische Berichte Niedersachsen Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 2016 - Q I 1 -3j.

Grundwasser

GONZÁLEZ, E., DEUS, N., ELBRACHT, J., RAHMAN, A. & WIEDERHOLD, H. (2021): Current and future state of the Groundwater salinization in the northern Elbe-Weser region. – Grundwasser: 16 S.; Berlin.

FÜRSTENBERG, K., MATHEJA, A. & MEINKEN, M. (2011): Wasserwirtschaftliche Anpassungsstrategien im Grundwasserkörper Fuhse-Wietze vor dem Hintergrund des Klimawandels. – In: LBEG [Hrsg.]: GeoBericht, 18: 138-158; Hannover.

LBEG [Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie] (2009): Auswirkungen des Klimawandels auf die potenzielle Beregnungsbedürftigkeit Nordost-Niedersachsens. – GeoBericht, 13: 109 S.; Hannover.

LBEG [Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie] (2012): Klimawandel und Bodenwasserhaushalt. – GeoBericht, 20: 107 S.; Hannover.

LBEG [Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie] (2019): Grundwasserneubildung von Niedersachsen und Bremen. Berechnungen mit dem Wasserhaushaltsmodell mGROWA18. – GeoBerichte, 36: 54 S.; Hannover.

NLWKN [Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz] (2020): Grundwasserbericht Niedersachsen - Sonderausgabe zur Grundwasserstandssituation in den Trockenjahren 2018 und 2019. – Grundwasser, 41; Cloppenburg.

MU [Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz] (2019): Klimawirkungsstudie Niedersachsen – 187 S.; Hannover.

SCHEIHING, K. W. (2019): Klimawandel in Niedersachsen und mögliche Folgen für die Grundwasserbewirtschaftung: ein Review. - Hydrologie und Wasserwirtschaft, 63(2), 85-97.





3.3 KÜSTENSCHUTZ





3.3 Küstenschutz

3.3.1 Hintergrund

Die niedersächsische Küste ist am Festland durch ausgedehnte Niederungsgebiete geprägt. Ems, Weser und Elbe erstrecken sich als große Tideströme samt ihren Nebenflüssen weit in das Hinterland hinein. Für ein ca. 6.500 km² großes Gebiet, in dem ca. 1,1 Mio. Menschen leben, stellen Überflutungen durch Sturmfluten und auch bereits reguläre Tidehochwässer eine stete Gefahr dar (NLWKN 2020). Ca. 60 % des deichgeschützten Gebietes liegt in Niedersachsen heute unterhalb des mittleren Tidehochwassers und in Teilen sogar unterhalb des mittleren Meeresspiegels (Thorenz et. al. 2017). Die Fläche unterhalb Tidehochwasser entspricht rund 1/12 der Fläche Niedersachsens. Der Festlandsküste vorgelagert sind das niedersächsische Wattenmeer und die Ostfriesischen Inseln als sandige Barriereinseln, die durch Sturmfluten und Erosion gefährdet sind (NLWKN 2012).

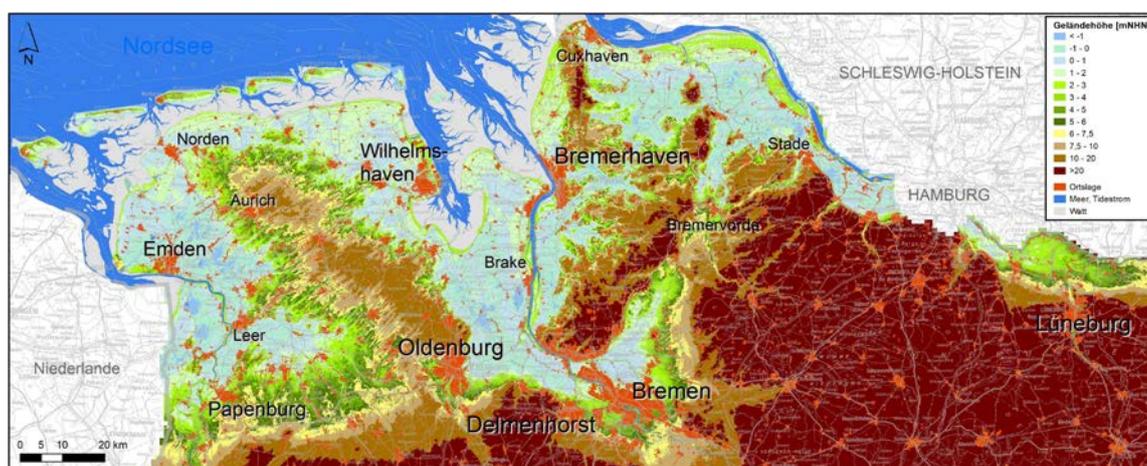


Abbildung 3.3.1: Höhenverhältnisse und Ortslagen im Küstengebiet von Niedersachsen und Bremen (NLWKN 2020)

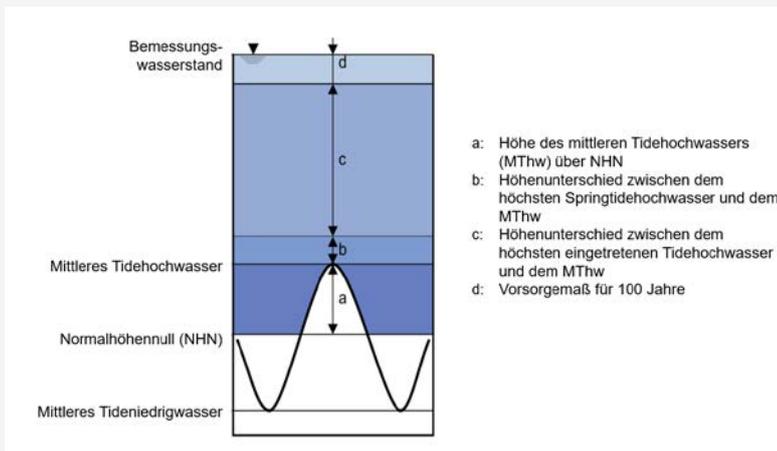
Eine Überflutung in Folge von Sturmfluten gefährdet Leib und Leben und hat erhebliche ökonomische und soziokulturelle Beeinträchtigungen bis hin zum Verlust der Lebens- und Wirtschaftsgrundlage der Menschen zur Folge. In den geschützten Gebieten am Festland sind Sachwerte von ca. 129 Mrd. € vorhanden (NLWKN 2018). Der Schutz vor dieser Gefahr und die Umsetzung der hierfür notwendigen Maßnahmen besitzen daher eine sehr hohe Priorität. Nur durch einen wirksamen und auf Nachhaltigkeit angelegten Küstenschutz ist es möglich, die Leistungsfähigkeit dieses Siedlungs-, Wirtschafts- und Kulturraumes einschließlich der Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft als existentielle Lebensgrundlage für die Menschen dauerhaft zu gewährleisten.

Im Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen (LROP 2017) und fachgesetzlich im Niedersächsischen Deichgesetz werden der Schutz der Festlandsküste und der Ostfriesischen Inseln vor Sturmfluten und Landverlust als oberste Ziele des Küstenschutzes formuliert. Es werden am Festland große zusammenhängende Gebiete geschützt, so dass bei Versagen der Küstenschutzanlagen im Sturmflutfall ausgedehnte Bereiche durch Überflutung betroffen wären. Ziel ist es, einen entlang der Deichlinie möglichst gleichwertigen Schutz gegen Überflutung langfristig zu gewährleisten (NLWKN 2007). Die Solldeichhöhen werden durch Addition des jeweils ortsspezifisch ermittelten Bemessungswasserstandes und des zugehörigen Bemessungswellenaufbaus bestimmt und regelmäßig überprüft (NDG 2004; NLWKN 2007). Hierdurch ergibt sich ein nach definierten Kriterien festgelegtes Sicherheitsmaß. Dennoch kann nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass auch Wasserstände oberhalb des Bemessungswasserstandes eintreten.



INFO

Exkurs: Ermittlung des Bemessungswasserstandes für Küstenschutzanlagen an der offenen Küste



Deshalb bilden im Rahmen des Risikomanagements im Küstenschutz neben den technischen Maßnahmen Vorsorgemaßnahmen wie Sturmflutwarndienst, Deichverteidigung und Gefahrenabwehr wichtige Elemente. Durch deren Zusammenwirken können die notwendigen Maßnahmen ergriffen und Gefährdungen minimiert werden. Der derzeitige Sicherheitsstandard im Küstenschutz ist der höchste bisher erreichte. An seiner Verbesserung wird ständig weitergearbeitet werden. Die Erhaltung der Sicherheitsstandards stellt somit eine Daueraufgabe dar. Die Küstenschutzstrategie des Landes Niedersachsen wird aufbauend auf dem Niedersächsischen Deichgesetz (NDG 2007) fachlich durch den Generalplan Küstenschutz (NLWKN 2007, NLWKN 2010, NLWKN 2020) konkretisiert.

INFO

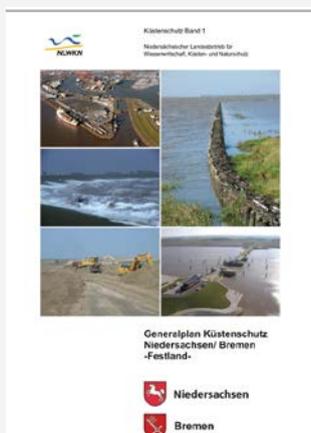
Exkurs: Der Generalplan Küstenschutz

Der Generalplan Küstenschutz definiert wesentliche Inhalte der Niedersächsischen Küstenschutzstrategie. Er stellt eine Bestandsaufnahme des Ist-Zustandes der Deiche, Sperrwerke etc. an der niedersächsischen Küste dar und bietet eine Übersicht über die vorhandenen Handlungsbedarfe in Form von notwendigen Baumaßnahmen. Der Generalplan Küstenschutz besteht aus drei Teilen:

Teil 1: Festland

Teil 2: Ostfriesische Inseln

Teil 3: Schutzdeiche



https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/hochwasser_kustenschutz/kustenschutz/generalplane_fur_insel_und_kustenschutz/generalplan-kuestenschutz-45183.html

In Niedersachsen besteht am Festland eine in sich geschlossene Hauptdeichlinie, die aus See- und Ästuardeichen mit einer Gesamtlänge von 603 km und 19 Sperrwerken als sturmflutkehrenden Hauptelementen gebildet wird. Oberhalb der Sperrwerke setzt sich diese Deichlinie an den tidebeeinflussten Gewässern mit insgesamt 566 km langen Schutzdeichen fort. Auf den Ostfriesischen Inseln bilden 97 km Schutzdünen und 35 km Hauptdeiche Schutzringe um Siedlungsgebiete und sichern den Bestand der Inseln als ein zusätzliches Küstenschutzelement, denn die Ostfriesischen Inseln beeinflussen zudem die Seegangbelastung der Festlandsküste als wellendämpfendes Element positiv.



Abbildung 3.3.2: Deichgeschütztes Gebiet, Haupt- und Schutzdeiche sowie Sperrwerke an der Festlandsküste (NLWKN 2020)

Die dauerhafte Funktionalität der Deiche und Schutzdünen auf den Ostfriesischen Inseln wird durch Zusammenwirken mit weiteren vorgelagerten Schutzelementen wie Deckwerken, Bühnen, dem Deichvorland, den Stränden und Schutzzonen erreicht, welche ein mit dem Deich oder der Düne zusammenwirkendes Küstenschutzsystem bilden.

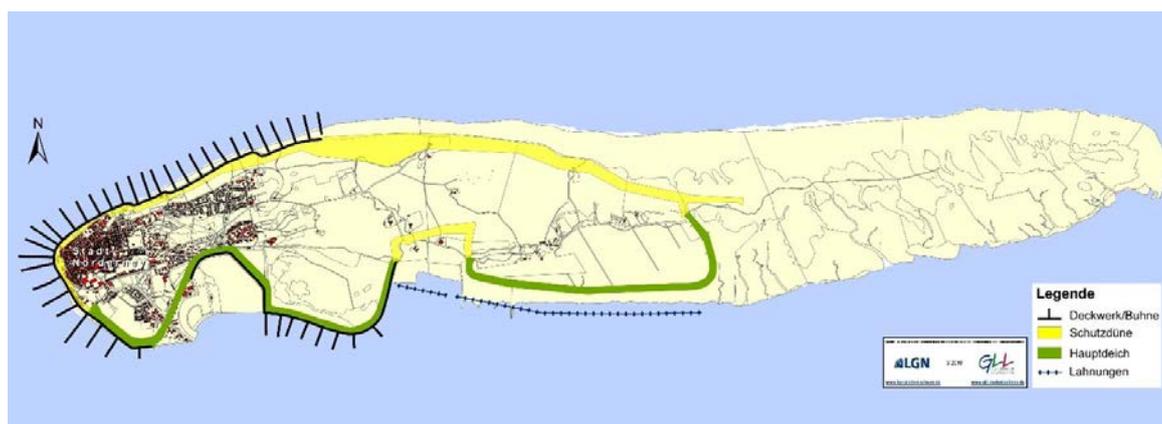


Abbildung 3.3.3: Küstenschutzelemente auf den Ostfriesischen Inseln am Beispiel von Norderney (NLWKN 2010)

Deichvorländer, die auf mehr als 75 % der Hauptdeichstrecken am Festland vorhanden sind, reduzieren als naturnahes Küstenschutzelement die Belastung des Deiches in Sturmfluten. Vorländer ermöglichen den Verzicht auf eine massive Deichfußsicherung und können im Fall des Deichversagens die Überflutungsausbreitung erheblich verringern.



3.3.2 Auswirkungen des Klimawandels

Eine Schlüsselgröße für die Betrachtung von Klimaänderungsfolgen im Bereich des Küstenschutzes stellt der zu erwartende Meeresspiegelanstieg dar. Durch die Unterschiede zwischen den Eingangsszenarien bei globalen Klimamodellierungen ergeben sich gemäß Sonderbericht des Weltklimarates IPCC über den Ozean und die Kryosphäre in einem sich wandelnden Klima deutliche Bandbreiten des zukünftig zu erwartenden Meeresspiegelanstiegs (IPCC 2019).

Für die Szenarien RCP 2.6, 4.5 und 8.5 des SROCC werden Projektionen des zukünftigen mittleren globalen Meeresspiegels (GMSL) für unterschiedliche Betrachtungszeiträume dargestellt. Deren Spannweite beträgt im Vergleich zum Jahr 2000 15 cm bis 110 cm bis zum Ende des Jahrhunderts. Für das RCP 8.5 Szenario, das in Niedersachsen als Grundlage für die zukünftige Küstenschutzstrategie verwendet wird, beträgt die Bandbreite 61 bis 110 cm bei einem Medianwert von 84 cm. Für den für Niedersachsen relevanten Nordseebereich liegt mit dem SROCC eine grobskalige Regionalisierung vor, die derzeit als Grundlage für Strategieentwicklungen im Küstenschutz dient.

Die Wasserstandsaufzeichnungen an der offenen niedersächsischen Nordseeküste lassen bisher keine signifikanten Trendänderungen über längere Zeiträume erkennen. Gleichwohl ist unabhängig vom betrachteten Szenario von einem deutlich verstärkten Meeresspiegelanstieg in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts auszugehen. Im Zuge des mittleren Meeresspiegelanstiegs werden sich parallel auch die Tidedynamik und das damit einhergehende Strömungsregime ändern.

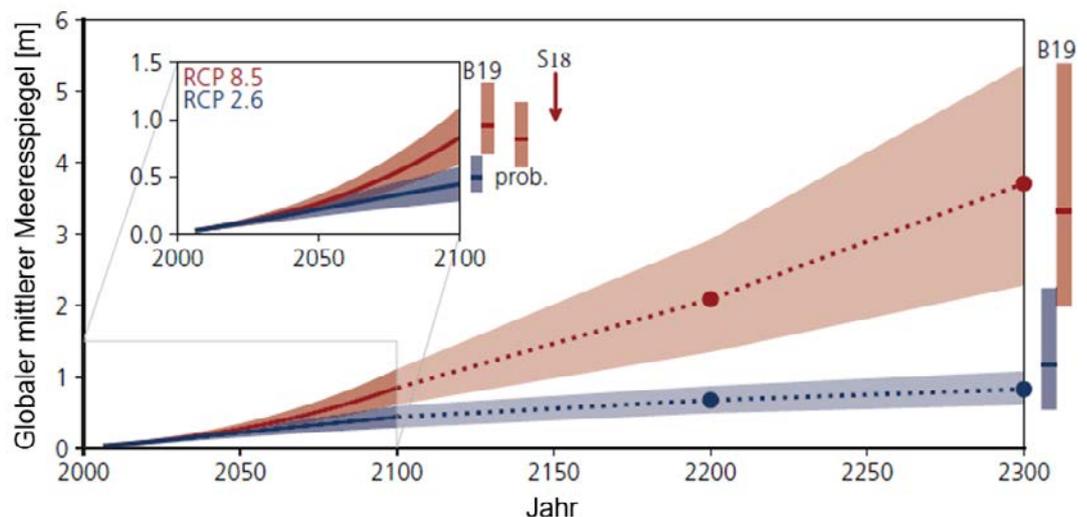


Abbildung 3.3.4: Projektionen des globalen mittleren Meeresspiegelanstiegs bis 2300. Der Ausschnitt zeigt die Bandbreite der Projektionen für RCP2.6 und RCP8.5 bis 2100 (mittleres Vertrauen). Projektionen für längere Zeiträume sind höchst unsicher, aber es wird eine Spanne angegeben (Oppenheimer et al. 2019).

Der IPCC Sonderbericht enthält keine konkreten Aussagen zu potenziellen Veränderungen der Häufigkeit, Richtung und Stärke von Stürmen für den Bereich der Nordsee. Diese können sowohl die Höhe von Sturmflutscheiteln als auch deren Häufigkeit und Verweildauern an den Küstenschutzanlagen an der niedersächsischen Nordseeküste beeinflussen. Aus der jüngeren Forschung zur Regionalisierung von Klimamodellläufen auf Basis der IPCC Untersuchungsberichte ergibt sich derzeit keine eindeutige Tendenz, dass die Häufigkeit und Stärke von Stürmen in der Nordsee aus stauwirksamen Richtungen sowie durch Stürme verursachten Fernwellen bedingt durch den Klimawandel deutlich zunehmen werden (Klein et al. 2018). Es existiert hierzu noch deutlicher Forschungsbedarf.

Die Änderung der hydrodynamischen Größen an den Küsten steht in enger Wechselwirkung mit der morphodynamischen Entwicklung. So könnte sich als ein wesentlicher Effekt das Höhenwachstum der Wattgebiete im Zuge eines durch den Klimawandel verstärkten Meeresspiegelanstieges verlangsamen, wodurch die Fläche der intertidalen Bereiche langfristig abnimmt. Zudem könnte eine Veränderung der großen Wattströme mit Tendenz zu einer Vertiefung eintreten (CPSL 2005, CPSL 2010). An den Deichvorländern, die gleichzeitig als Salzwiesen besonders wertvolle Biotope darstellen und auf mehr als 75 % der niedersächsischen Hauptdeichlinie vorhanden sind, werden die Erosionstendenzen durch die verstärkten hydrodynamischen Belastungen in der Gesamtheit voraussichtlich zunehmen. Zudem stellt auch für die Deichvorländer deren Anpassungsfähigkeit an den Meeresspiegelanstieg durch Höhenwachstum eine wesentliche Rolle dar. Diese Entwicklungen können auch zu einer verstärkten Seegangbelastung der Hauptdeichlinie führen.



Abbildung 3.3.5: Erosion eines Deichvorlandes unter Seegangseinfluss.

An den sandigen Küsten der Ostfriesischen Inseln wird sich auf Grund des Meeresspiegelanstieges der Energieeintrag durch Seegang und Tidedrömungen in die Vorstrände und Strände verstärken. Zudem können sich die Sedimenttransportpfade insbesondere über die Ebbdeltas der Seegatten verändern. Hierdurch werden sich die Erosionsbereiche auf den Inseln voraussichtlich ausdehnen. Als Folge wird eine Gefährdung insbesondere auch der erosionsgefährdeten Schutzdünen als Küstenschutzanlagen sowie eine verstärkte Belastung der stark seegangsbelasteten Schutzbauwerke eintreten (NLWKN 2010).

Bedingt durch den Anstieg des Meeresspiegels und maßgeblicher Tideparameter wie des Tidehoch- und Niedrigwassers sowie ggf. veränderter Verweilzeiten von erhöhten Wasserständen werden sich an den Verschlussbauwerken wie Sperrwerken aber auch den Sielen in der Hauptdeichlinie die Schließzeiten verlängern. Hierdurch können in den Gewässern oberhalb der Verschlussorgane wie den Schutzdeichgebieten längere Stauzeiten und potenziell eine Erhöhung der Binnenwasserstände auftreten. Diese Entwicklungen können durch eine Veränderung der Niederschlagscharakteristik und damit der Abflusscharakteristik in den Gewässern noch verstärkt werden. Der Anteil der Binnenentwässerung über freien Abfluss durch die Verschlussbauwerke wird sich dadurch stetig mindern.



Abbildung 3.3.6: Schutzdeichsystem oberhalb eines Sperrwerks (schematisch) (NLWKN 2020).

Zusammenfassend ist in Folge der hydrologischen und morphologischen Veränderungen mit einer langfristig andauernden Erhöhung der Belastung der Küstenschutzanlagen an der niedersächsischen Festlandsküste und auf den Ostfriesischen Inseln durch den Meeresspiegelanstieg und tiefenabhängig stärkeren Seegang zu rechnen. Deren Ausmaß ist wegen der unterschiedlichen Klimawandelszenarien und der Komplexität der nichtlinearen Wirkzusammenhänge und wissenschaftlichen Forschungsbedarfe mit deutlichen Bandbreiten versehen.

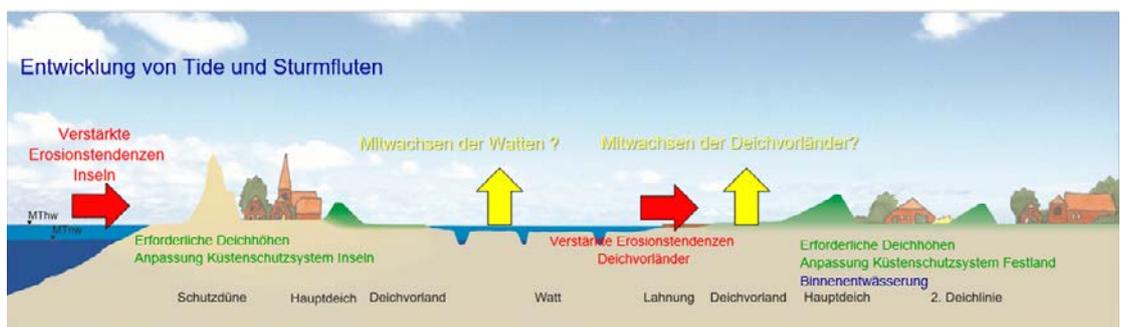


Abbildung 3.3.7: Küstenschutzsystem und Einwirkungen des Klimawandels (NLWKN).

3.3.3 Handlungsziele

Die dauerhafte Sicherstellung des Überflutungs- und Erosionsschutzes an der Festlandsküste und auf den Ostfriesischen Inseln stellt bereits seit langem eine existentiell wichtige Aufgabe des Küstenschutzes als Teil der Daseinsvorsorge dar. Deshalb werden die Umsetzung und Weiterentwicklung von Strategien und Maßnahmen im Insel- und Küstenschutz mit einer langfristigen Perspektive für zu erwartende künftige Entwicklungen getroffen. Dementsprechend ist auf Basis des jeweils verfügbaren Kenntnisstandes auch den Folgen des Klimawandels in der Niedersäch-

sischen Küstenschutzstrategie über den Generalplan Küstenschutz Rechnung getragen worden. Die hydrologischen und morphologischen Auswirkungen des Klimawandels erfordern langfristig eine verstärkte Anpassung der Küstenschutzanlagen. Im Kontext der Folgen des Klimawandels für den Küstenschutz sind für den Bereich des Küsteningenieurwesens eine Vielzahl von Forschungsfragen vorhanden. Hier spielt insbesondere die anwendungsorientierte Forschung eine wesentliche Rolle.

Dabei besteht der Grundsatz, dass zukunftsfähiger Küstenschutz auch immer nachhaltig gestaltet wird. Die langfristige Gewährleistung der Daseinsvorsorge und Bewahrung der natürlichen Lebensgrundlagen zum Wohl zukünftiger Generationen sind vor dem Hintergrund der Herausforderungen durch den Klimawandel eine gemeinsame Aufgabe von Staat und Gesellschaft und liegen auch in besonderer Verantwortung der für den Küstenschutz tätigen Organisationen.

Aus diesen Rahmenbedingungen leiten sich folgende Handlungsziele ab:

- » Sicherung und Entwicklung des Küstenraums als Lebensgrundlage der Menschen durch nachhaltige Planungen und Maßnahmen
- » Langfristige Gewährleistung des Sicherheitsstandards für den Küstenschutz
- » Erhalt des Küstenschutzsystems am Festland und auf den Inseln
- » Erhalt der derzeitigen Deichlinie und deren Anpassung an veränderte zukünftige hydromorphologische Rahmenbedingungen.
- » Berücksichtigung von zukünftigen Entwicklungen durch resiliente und nachhaltige Strategien, Konzepte und Maßnahmen
- » Bauen mit der Natur
- » Freihaltung von Planungsräumen für Küstenschutzmaßnahmen



Abbildung 3.3.8: Bauen mit der Natur: Sicherung einer Schutzdüne auf Langeoog durch eine Strandaufspülung (NLWKN).



3.3.4 Maßnahmen

Konzeptionell

- » Umsetzung und regelmäßige Fortschreibung des Generalplans Küstenschutz als zentrale fachliche Grundlage der niedersächsischen Küstenschutzstrategie (auch Hochwasserrisikomanagement im Küstenschutz und Klimaanpassung)
- » Regelmäßige Überprüfung der Belastung der Küstenschutzsysteme im Hinblick auf ihre Funktionalität und die erforderlichen Ausbauhöhen
- » Anpassung des Küstenschutzsystems und Berücksichtigung von Wechselwirkungen
- » Erhöhung und Verstärkung von Hauptdeichen vorwiegend binnendeichs und weit überwiegend auf der vorhandenen Linie unter Berücksichtigung lokaler Ausnahmen
- » Erhalt und Entwicklung natürlicher und naturnaher Küstenschutzelemente wie Dünen und Salzwiesen und deren Ökosystemleistung als wesentliche Bestandteile des Küstenschutzsystems
- » Gewässersystemspezifische Betrachtungen des Schutzdeichsystems und Nutzung von Potenzialen für Schaffung von Retentionsräumen in Kombination mit technischem Hochwasserschutz
- » Monitoring und Bewertung relevanter Größen für den Küstenschutz (Wasserstand, Seegang, Morphologie)
- » Gewährleistung eines funktionsfähigen Sturmflutwarn- und Hochwassermelddienstes als Teil des Hochwasserrisikomanagements
- » Gewährleistung der Funktionsfähigkeit bestehender Küstenschutzanlagen durch zielgerichtete Unterhaltung und regelmäßige Überprüfung mittels Deichscharren und Anlagenprüfungen als Teil des Hochwasserrisikomanagements
- » Langfristige Absicherung der Finanzierung über Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes (GAK) und Anpassung an den Klimawandel – Langfristige Weiterführung und Erhöhung der Küstenschutzmittel – laufende Initiative der Küstenländer

Bauwerksspezifisch

- » Berücksichtigung eines auf den Klimawandel bezogenen Vorsorgemaßes von einem Meter für sturmflutkehrende Küstenschutzanlagen
- » Nacherhöhbare von Hauptdeichen um einen weiteren Meter durch im Regelfall auf der Binnenseite des Deiches angeordnete breitere Bermen
- » Anpassungsfähigkeit für massive sturmflutkehrende Küstenschutzbauwerke in der Hauptdeichlinie von bis zu einem weiteren Meter in Gründung und Tragwerksplanung unter Berücksichtigung der Funktionalität und Lebensdauer
- » Konstruktion von Deichen mit Sandkern, erosionsfester Kleidecke und widerstandsfähiger Grasnarbe als bevorzugte Bauweise, welche vergleichsweise leicht an veränderte Rahmenbedingungen angepasst werden kann
- » Erhalt und ggf. Gewinnung von Deichvorlandflächen als ökosystembasiertes Küstenschutzelement und deren integriertes Management
- » Wo möglich Nutzung des „Bauen mit der Natur“ Konzeptes zum Schutz sandiger Küsten gegen Erosion

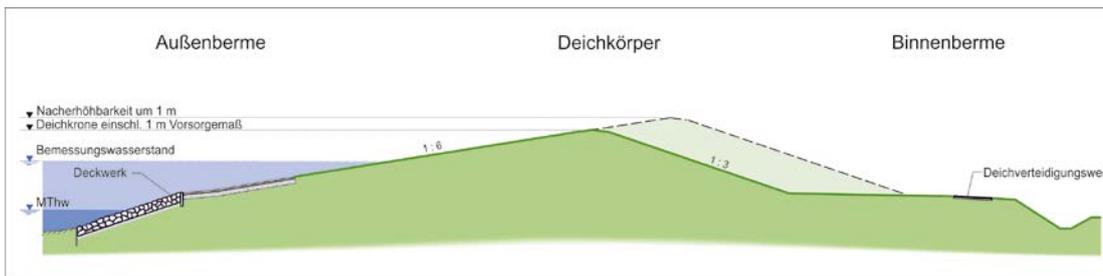


Abbildung 3.3.9: Niedersächsischer Klimadeich hier als Schardeich mit Nacherhöhbarkkeit binnen um einen weiteren Meter (NLWKN).

Raumbezogen

- » Langfristige Freihaltung von Planungsräumen für den Küstenschutz
- » Flächensicherung auf der Binnenseite des Deiches in der Deichschutzzone sowie im Einzelfall im Deichvorland für zukünftige Deichbaumaßnahmen insbesondere auch in Siedlungsbereichen
- » Freihaltung gewidmeter Schutzdünen zur Gewährleistung von an morphologische Entwicklungen angepassten Küstenschutzmaßnahmen
- » Flächensicherung für die Weiterentwicklung und Klimaanpassung von Schutzdeichsystemen
- » Raumordnerische Sicherung der für den Küstenschutz erforderlichen Flächen für die Klei- und Sandgewinnung
- » Integration der Küstenschutzstrategie in die Raumordnung und Bauleitplanung

Forschung und Kooperation

- » Schließung wissenschaftlicher Kenntnisdefizite durch zielgerichtete adäquate Forschungsförderung im Rahmen des Kuratoriums für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI) zur Gewährleistung einer kohärenten fachlichen Vorgehensweise zur Anpassung an den Klimawandel in den Küstenländern und beim Bund basierend auf einem Konsens unter Experten
- » Abstimmung zwischen den Küstenländern zu Anpassungsstrategien über den LAWA-AH einschließlich Einbindung in die Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel
- » Internationale Kooperation der Fachverwaltungen im Küstenschutz an der Nordseeküste als Grundlage für eine nachhaltige Entwicklung

Übergreifend

- » Stärkung des Bewusstseins für die Notwendigkeit zukünftiger Küstenschutzmaßnahmen durch zielgerichtete Information der Bevölkerung
- » Langfristiger Kompetenzerhalt und angepasste Personalressourcen der Küstenschutzverwaltung, um die Planung und Umsetzung des zukünftigen Küstenschutzes als Aufgabe der Daseinsvorsorge in erfolgreicher Kooperation zwischen Land Niedersachsen, Deichverbänden und weiteren Stakeholdern sicher zu stellen und transparent zu gestalten.



3.3.5 Literaturverzeichnis

CPSL (2005): Coastal Protection and Sea Level Rise - Solutions for sustainable coastal protection in the Wadden Sea region. Wadden Sea Ecosystem No. 21. Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Working Group on Coastal Protection and Sea Level Rise (CPSL), Wilhelmshaven, Germany.

CPSL (2010): CPSL Third Report. The role of spatial planning and sediment in coastal risk management. Wadden Sea Ecosystem No. 28. Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Working Group on Coastal Protection and Sea Level Rise (CPSL), Wilhelmshaven, Germany.

IPCC (2019): Technical Summary [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.

KLEIN, B., R. SEIFFERT, U. GRÄWE, H. KLEIN, P. LOEWE, J. MÖLLER, S. MÜLLER-NAVARRA, J. HOLFORT, C. SCHLAMKOW (2018): Deutsche Bucht mit Tideelbe und Lübecker Bucht. In: Von Storch, H., I. Meinke M. Claußen [Hrsg.]: Hamburger Klimabericht – Wissen über Klima, Klimawandel und Auswirkungen in Hamburg und Norddeutschland. Springer Spektrum. Berlin. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55379-4>.

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2017): Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen 2017.
 NDG (2004): Niedersächsisches Deichgesetz in der Fassung vom 23. Februar 2004 (Nds. GVBl. Nr. 83/2004, S. 83) zuletzt geändert durch Artikel 10 des Gesetzes vom 13.10.2011 (Nds. GVBl. S. 353)

NLWKN [Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz] (2007): Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen Festland. Norden/Ostfriesland.

NLWKN [Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz] (2010): Generalplan Küstenschutz Niedersachsen Ostfriesische Inseln. Norden/Ostfriesland.

NLWKN [Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz] (2020): Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen Schutzdeiche. Norden/Ostfriesland.

NLWKN [Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz] (2018): Jahresbericht 2017/2018. S. 48. Norden/Ostfriesland.

OPPENHEIMER, M., B.C. GLAVOVIC, J. HINKEL, R. VAN DE WAL, A.K. MAGNAN, A. ABD-ELGAWAD, R. CAI, M. CIFUENTES-JARA, R.M. DECONTO, T. GHOSH, J. HAY, F. ISLA, B. MARZEION, B. MEYSSIGNAC, AND Z. SEBESVARI (2019): Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.

THORENZ, F., LAMBRECHT, H.-J., BLUM, H. (2017): Untersuchungen zur Überflutungsausbreitung im Fall von Deichbrüchen. Die Küste, Heft 85, S. 183-221.



3.4 FISCHEREI





3.4 Fischerei

3.4.1 Sektorbeschreibung

Hochsee- und Küstenfischerei

Die niedersächsische Seefischerei hat ihren wirtschaftlichen Schwerpunkt in der Nordsee.¹ Die Fischereiflotte umfasst rund 120 Schiffe, die Nordseegarnelenfischerei hat mit über 110 Kuttern daran den größten Anteil. Fünf Kutter werden in der Muschelfischerei eingesetzt. Der Umsatz der Kleinen Hochsee- und Küstenfischerei betrug 2019 knapp 42,5 Millionen Euro, hinzu kommt der Umsatz eines Betriebes mit drei Fahrzeugen der Großen Hochseefischerei. Auf den niedersächsischen Fischereischiffen arbeiten derzeit rund 350 Menschen, eine weitaus größere Anzahl ist allerdings in der Fischwirtschaft mit Fisch verarbeitenden Gewerbebetrieben, Fischgroßhandel und -einzelhandel sowie Gastronomie tätig. In den strukturschwachen Küstenregionen hat die Fischerei deshalb eine große wirtschaftliche Bedeutung. Die Basis der deutschen Fischwirtschaft bildet jedoch importierte Rohware. 87% (1,9 Millionen Tonnen) der in Deutschland nachgefragten Fische und Fischereierzeugnisse werden durch Importe gedeckt. Der Anteil der deutschen See- und Binnenfischerei inklusive Aquakultur lag 2018 mit rund 0,3 Millionen Tonnen dementsprechend bei 13,5 % (BLE 2018). Die Fischerei ist traditionell in die Wirtschafts- und Lebensweise der Regionen eingebunden, insbesondere profitieren Fischerei und die an der Küste bedeutende Tourismusbranche voneinander.

Die Nordsee unterliegt im Küstenbereich sowie in der ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) einer intensiven Nutzung. Hierzu gehören neben der Fischerei, der Schifffahrt, Pipelines und dem Sand- und Kiesabbau auch Offshore-Windkraftanlagen mit entsprechenden Kabeltrassen. Derzeit sind 24 Offshore- und zwei Nearshore-Windparks in der Nordsee im Betrieb, 15 sind im Bau und vier wurde der Zuschlag zur Errichtung erteilt.² In den Offshorewindparks darf derzeit nicht gefischt werden. Welche Auswirkungen die Offshore-Anlagen auf die Fischfauna haben, ist umstritten.

Binnenfischerei

Die Bezeichnung Binnenfischerei umfasst alle fischereilichen Aktivitäten in natürlichen und künstlichen Gewässern sowie technische Anlagen zur Fischhaltung. In Niedersachsen zählt dieser Wirtschaftszweig rund 50 Erwerbsfischerei- und 112 Aquakulturbetriebe. Der Umsatz betrug in 2018 etwa 20 Millionen Euro, wobei die Aquakultur – insbesondere die Forellen- und Aalproduktion – daran den größten Anteil hat. Die erwerbsmäßige Seen- und Flussfischerei erwirtschaftet in Niedersachsen mit geschätzt 0,4 Millionen Euro nur relativ geringe Erlöse. Knapp ein Drittel der Wasserfläche Niedersachsens wird fischereilich genutzt. Zu berücksichtigen sind auch die knapp 144.488 Mitglieder von Angelvereinen in Niedersachsen und zahlreiche Urlaubsreisende, die an niedersächsischen Flüssen und Seen angeln.

3.4.2 Auswirkungen des Klimawandels

Die Nordsee – ein komplexes Ökosystem

Die Nordsee ist ein flaches Randmeer des Atlantischen Ozeans. Es ist ein offenes System, welches sich nach Nordwesten zwischen den Shetland-Inseln und Norwegen und im Südwesten durch

¹ Die Entwicklung von Anpassungsstrategien beschränkt sich daher auf dieses Seegebiet.

² www.offshore-stiftung.de

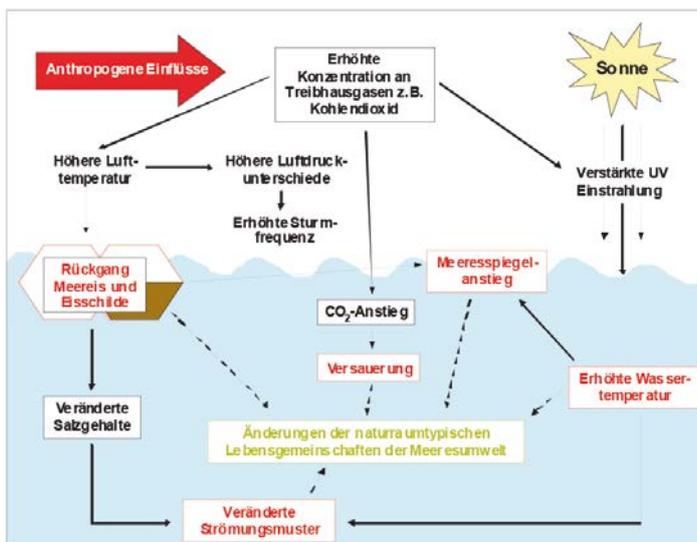


Abbildung 3.4.1: Schematische Darstellung der wichtigsten Wirkungen des Klimawandels auf die Meere (UBA 2009)

den Ärmelkanal dem Nordost-Atlantik öffnet. Die Einflüsse des Klimawandels auf die Fischvorkommen müssen vor dem Hintergrund der natürlichen Schwankungen und der anderen anthropogenen Einflüsse – Fischerei, Habitatverluste, Verschmutzungen und veränderte Meeresnutzungen – beurteilt werden. Da 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.

Aufgrund des Klimawandels sind neben einer Erwärmung auch Änderungen im Strömungssystem, eine Versauerung der Meere und ein Anstieg des Meeresspiegels zu erwarten. Alle Faktoren können sich auf Reproduktion, Wachstum und Sterblichkeit von Fischen, Krebsen und Weichtieren sowie auf das Ökosystem insgesamt auswirken. Zumindest in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone und in den Küstengewässern ist ein Trend zu höheren Temperaturen erkennbar, insbesondere in den Sommermonaten. Sollte sich dieser Trend fortsetzen, wären folgende Szenarien möglich:

» Arealverschiebungen im Meer

Durch die Temperaturveränderung könnten Werte erreicht werden, die außerhalb der ökologischen Präferenz von Arten wie z. B. dem Kabeljau liegen. Hierdurch ergeben sich Veränderungen in der Verteilung der Arten. Beim Kabeljau in der Nordsee haben Auswertungen von Daten, vor allem des International Bottom Trawl Survey (IBTS), gezeigt, dass in der mittleren Verteilung eine Verschiebung nach Norden hin erfolgt ist. Eine Hypothese für die Verschiebung ist die Erwärmung der Nordsee. Ob der Klimawandel Auswirkungen auf die Nordseekrabbenbestände und die Miesmuschelbestände hat, lässt sich derzeit nicht abschätzen.

Der Temperaturanstieg, insbesondere das Fehlen der kalten Eiswinter, ermöglicht Arten die Einwanderung, deren Temperaturpräferenz vorher in südlicheren Meeresgebieten lag. So kommt mittlerweile der frühere Sommergast Wolfsbarsch (*Dicentrarchus labrax*) ganzjährig an der niedersächsischen Küste vor. Durch die verstärkte Einwanderung kann es zu einer Verdrängung der „heimischen“ Arten, aber auch zu einer Koexistenz kommen. Diese Entwicklung lässt sich zum Beispiel an der Verbreitung der Pazifischen Auster im Wattenmeer beobachten.

» Veränderung des Planktons

Bei einer Erwärmung des Meerwassers könnten sich die Artenzusammensetzung innerhalb des Planktons ändern und sich die Phytoplanktonblüten jahreszeitlich nach vorne verlagern. Sofern sich die vom Phytoplankton lebende Fauna dem nicht anpassen kann, kann es zu einem Auseinanderreißen des Nahrungsnetzes kommen und die in der Nahrungskette höher stehenden Organismen werden aus diesem Gebiet entweder auswandern oder aussterben.



» Zunahme von Stürmen

Die Fischerei könnte durch die Zunahme von Starkwindlagen beeinflusst werden. Grabemann und Weisse (2008) diagnostizieren eine Zunahme extremer Seegangshöhen in der Deutschen Bucht um etwa 5 % bis 10 % (15 - 46 cm) zum Ende des 21. Jahrhunderts. In der offenen Nordsee weichen die Details der Ergebnisse der einzelnen Experimente jedoch zum Teil erheblich voneinander ab, so dass die mit den Projektionen verbundenen Unsicherheiten sehr hoch sind. Die Untersuchung ergab außerdem, dass die beschriebene Erhöhung der extremen Seegangshöhen im Wesentlichen durch eine Zunahme in der Anzahl von Extremereignissen verursacht wird, während längere Andauer und höhere Intensität nur eine geringe Rolle spielen.

Binnenfischerei

Bezüglich Art und Ausmaß des zu erwartenden Klimawandels in Niedersachsen wird es zu erheblichen regionalen Unterschieden kommen, da zum Beispiel Klimaveränderungen an der Küste deutlich anders ausfallen werden als etwa im kontinental geprägten Südostniedersachsen (s. Kap. 2). Dies trifft auch auf die damit verbundenen Auswirkungen auf die Aquakultur und die Fluss- und Seenfischerei zu.

Aquakultur

Soweit die Forellenteichwirtschaften maßgeblich von einer ausreichenden Wasserversorgung aus Oberflächengewässern abhängig sind, ist zukünftig mit gesteigerten Betriebskosten durch zusätzlichen oder verlängerten Einsatz von technischen Belüftungseinrichtungen zu rechnen, wenn Sauerstoffmangelsituationen infolge geringen Zulaufs oder hoher Wassertemperaturen ausgeglichen werden müssen. Bauliche Maßnahmen, wie Überdachungen der Produktionsanlagen, können dazu beitragen Temperaturanstiege zu reduzieren und Evaporation zu vermeiden. Gleichzeitig erhöhen sie den Investitionsbedarf. Darüber hinaus wachsen die Fische bei längerfristig über das physiologische Optimum erhöhten Wassertemperaturen langsamer (Minderproduktion). Für die Karpfenteichwirtschaften ist grundsätzlich von verbesserten Produktionsbedingungen auszugehen, da höhere Wassertemperaturen und eine längere Vegetationsperiode das Wachstum der Fische begünstigen. Möglicherweise können aufgrund einer erhöhten Verdunstung von großen Teichflächen und anhaltender Dürre jedoch auch regional auftretende Herausforderungen bezüglich einer ausreichenden Wasserversorgung auftreten, insbesondere wenn die Teichanlagen aus kleinen Zuläufen gespeist werden. Weiterhin können niedrige Wasserstände in Teichen den Prädationsdruck durch fischfressende Tiere (insbesondere Kormoran) erhöhen.

Für die vielfach an Fließgewässern beziehungsweise in deren potenziellen Überschwemmungsgebieten liegenden traditionellen Forellen- und Karpfenteichwirtschaften besteht zukünftig ein erhöhtes Risiko wie die Zerstörung der Infrastruktur oder Abschwemmung des Fischbestandes durch die projizierte Zunahme von Hochwasserereignissen, insbesondere Extremhochwässern. Die Auswirkungen des Klimawandels auf Kreislaufanlagen lassen sich nicht abschätzen. Kreislaufanlagen arbeiten mit einem von natürlichen Gewässern unabhängigen Wasserkreislauf. Auch hier können möglicherweise im Einzelfall erhöhte Produktionskosten durch zusätzliche Belüftung und Kühlung entstehen, insbesondere bei der Produktion von Kaltwasserarten.

Fluss- und Seenfischerei

Für die Fluss- und Seenfischerei in den großen Flussläufen und natürlichen Flachseen besteht ein höheres Risiko von Fischsterben durch hohe Wassertemperaturen und daraus resultierendem Sauerstoffmangel. In den großen Flachseen kann es außerdem während der Niedrigwasserphasen im Hochsommer infolge erhöhter Verdunstung zu weiteren Einschränkungen der Befischbarkeit in Randbereichen und einer beschleunigten Verlandung von Uferbereichen als Aufwuchsge-



biete für Jungfische kommen. Niedrige Wasserstände können hier ebenfalls den Prädationsdruck durch fischfressende Tiere (insbesondere Kormoran) erhöhen und zu Schäden an den Fischbeständen führen.

Angelfischerei

Für die angelfischereiliche Nutzung wirkt sich der Klimawandel insoweit nachteilig aus, als dass sinkende fischereiliche Erträge in Salmonidengewässern, sowie eine Verkürzung von Salmonidenregionen zugunsten von Karpfenfischregionen in den Tieflandgewässern sowie damit einhergehende Wertverluste von Fischereirechten zu erwarten sind. In zahlreichen kleinen angelfischereilich genutzten Stillgewässern ist darüber hinaus aufgrund höherer Wassertemperaturen, teilweise verbunden mit absinkenden Wasserspiegeln zukünftig mit einer Zunahme von sommerlichem Fischsterben zu rechnen. Auch küstennahe Binnengewässer können aufgrund anhaltender Dürren, damit verbundenem absinkenden Wasserspiegel und einströmendem Salzwasser häufiger von Fischsterben betroffen sein.

Fischartenschutz

Vom Klimawandel werden einzelne Fischarten, insbesondere Salmoniden wie die Äsche oder die Bachforelle, vielfach auch ganze Fischbestände oder Artengemeinschaften negativ betroffen sein. In sommerkühlen Fließgewässern können eine niedrige Wasserführung in Verbindung mit hohen Wassertemperaturen bei Salmoniden zu physiologischem Stress, Verschiebung von Wander- und Laichzeiten und Abwanderung von gewässerspezifischen Arten führen. Indirekte Wirkungen ergeben sich aus einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber Krankheiten und Parasiten. In den großen Flachseen kann infolge erhöhter Verdunstung die Fischerei in Randbereichen eingeschränkt sein und es zur beschleunigten Verlandung von Uferbereichen kommen. Schäden an den Fischbeständen aufgrund erhöhter Prädation infolge der Reduzierung der Wasserfläche und Fischansammlungen könnten vermehrt auftreten. Kleinen Gewässern wie Auengewässern droht eine häufigere Austrocknung und Verlandung.

Durch erhöhte Nährstoff- und Schadstoffeinträge infolge einer Zunahme von Starkregenereignissen sind ebenfalls Beeinträchtigungen von Fischbeständen in Fließgewässern zu erwarten. Schadstoffeinträge sind auch als Folge von extremen Hochwasserereignissen möglich, etwa durch Umlagerung kontaminierter Sedimente, häufigere Überlastung von Mischkanalisationen, insbesondere in innerstädtischen Bereichen oder Überflutungen von Industrie- und Kläranlagen sowie privaten Heizöltanks.

3.4.3 Handlungsziele

Verbesserung des Wissensstands

Die Fischereipolitik ist stärker als bisher auf verlässliche und kurzfristig verfügbare Informationen angewiesen, um ein erfolgreiches Bestandsmanagement und damit eine nachhaltige Fischerei zu ermöglichen. Die Fischereiforschung steht vor der Herausforderung, dass ihre Bestandsprognosen durch den Faktor Klimawandel um eine weitere komplexe Komponente erweitert werden. Die Forschung muss daher intensiviert werden und sich verstärkt den Anpassungserfordernissen der Fischerei zuwenden.



Schutz und Pflege von Lebensräumen

Der Schutz des Lebensraums Nordsee ist ein wichtiges Ziel, um die Reproduktionsfähigkeit aller natürlich vorkommenden Arten (Ökosystem) zu erhalten. Damit kann einhergehen, dass die Reproduktionsfähigkeit der kommerziell genutzten Fischpopulationen verbessert und die Pufferfähigkeit gegen mögliche Klimaänderungen erhöht werden. Genetisch vielfältige Populationen und artenreiche Ökosysteme haben ein größeres Potenzial, sich dem Klimawandel anzupassen. Gesunde Bestände mit großer Population können zudem besser auf Populationsverschiebungen und Veränderungen der Ökosystemstrukturen reagieren.

Die EG-Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, die seit dem 15. Juli 2008 europäisches Recht ist, hat zum Ziel, durch einen integrativen Politikansatz eine nachhaltige Nutzung der europäischen Meere zu fördern, die Meeresökosysteme zu schützen und zu erhalten und so einen guten Meereszustand zu erreichen. Die Mitgliedstaaten sind angehalten, für ihre Meeresgewässer nationale Aktionspläne zu entwickeln, um die Umweltziele und das Gesamtziel des guten Meereszustands mit geeigneten Maßnahmenprogrammen zu erreichen.

Mit der Nationalen Strategie zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der Meere (Nationale Meeresstrategie) hat sich die Bundesregierung das Ziel gesetzt, einen guten Zustand der Meeresumwelt in Nord- und Ostsee zu bewahren oder zu erzielen. Das Land Niedersachsen arbeitet zur Umsetzung meeresschutzrelevanter Fragen am Bund-/Länder-Ausschuss Nord- und Ostsee (BLANO) und der Arbeitsgemeinschaft Bund-/Länder-Messprogramm (ARGE BLMP) mit.

Der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) und die Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer untersuchen und überwachen laufend die niedersächsischen Küstengewässer. Das Kontrollprogramm richtet sich nach den Anforderungen der EG-Wasserrahmenrichtlinie, dem Natura 2000 Netzwerk sowie den Anforderungen aus dem Oslo-Paris Abkommen (OSPAR) und der Trilateralen Wattenmeerkooperation.

In den niedersächsischen Oberflächengewässern sollten sich Maßnahmen gegen die zu erwartenden negativen Folgen des Klimawandels insbesondere auf die Erhaltung und Restaurierung von Lebensräumen konzentrieren. Hier ergeben sich Synergien mit dem Naturschutz (s. Kap. 3.7)

3.4.4 Maßnahmen

Verbesserung des Wissensstands

- » Intensivierung der Forschung zum besseren Verständnis der Auswirkungen des Klimawandels auf die Fischerei wie z. B. die Erforschung neuer Fangtechniken in der See- und Binnenfischerei.
- » Ermittlung der Vulnerabilität der Fischbestände auf der Basis der Informationen der Meeresstrategie und Wasserrahmenrichtlinie und der klimabedingten Änderung der Wasserdynamik und -qualität.
- » Untersuchungen des Arteninventars und der aquatisch genetischen Ressourcen mit Hinblick auf Diversität und Anpassungsfähigkeit.
- » Erhöhung der Anpassungsfähigkeit und Resilienz von in der Aquakultur gehaltenen aquatisch genetischen Ressourcen.



Schutz und Pflege von Lebensräumen

Hochsee- und Küstenfischerei

- » Fortführung der Arbeit des Landes Niedersachsen zur Umsetzung meeresschutzrelevanter Fragen im Bund-/Länder-Ausschuss Nord- und Ostsee und der Arbeitsgemeinschaft Bund-/Länder-Messprogramm sowie der Untersuchung und Überwachung der niedersächsischen Küstengewässer durch den Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz und die Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer.

Binnenfischerei

- » Zügige Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung von Hydromorphologie (Gewässerrenaturierung) und Durchgängigkeit im Zusammenhang mit der EG-Wasserrahmenrichtlinie³ und der EG-Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie⁴ durch Wasserwirtschaft- und Naturschutzverwaltung zum Erhalt gewässertypischer Fischbestände und zur Förderung der Wiederbesiedlung.
- » Förderung der Wasserrückhaltung und Grundwasserneubildung (v.a. oberflächennahe Grundwasserleiter) im Einzugsgebiet durch Reaktivierung der Gewässerauen, hydrologische Anbindung von Altgewässern und Wiedervernässung von Mooren zur Vernetzung von Teillebensräumen und Wiederbesiedlungspotenzialen in Flusslandschaften sowie zur Dämpfung der Abflussganglinien (Abfangen von Hochwasserspitzen, Erhöhung des Niedrigwasserabflusses).
- » Im Zusammenhang mit der Förderung der Wasserrückhaltung wären außerdem die Möglichkeiten zu prüfen, inwieweit dort, wo neue Gewässer(landschaften) geschaffen werden diese auch zur Fischproduktion genutzt werden könnten.
- » Um das Aufheizen kleiner Fließgewässer während der Sommermonate zu begrenzen, sollte das natürliche Aufkommen von Ufergehölzen durch abgestimmte Gewässerunterhaltung sowie die Anlage von ausreichend breiten, nicht bewirtschafteten Uferstrandstreifen erhalten und gefördert werden; wo erforderlich und möglich sollten außerdem Neuanpflanzungen zur Gewässerbeschattung vorgenommen werden. Zur Einrichtung ökologischer Flächen wie Uferstrandstreifen sind die Vorgaben der Gemeinsamen Agrarpolitik und der Wasserrahmenrichtlinie zu nutzen bzw. die Schaffung entsprechender rechtlicher Grundlagen dafür zu prüfen.
- » An durch Kühlwassereinleitungen zusätzlich belasteten Fließgewässern sind auf die natürlichen Lebensgemeinschaften abgestimmte Wärmelastpläne aufzustellen oder entsprechend zu modifizieren (s. Kap. 3.2).

Nachhaltige Aquakultur

- » Weiterentwicklung einer nachhaltigen Aquakultur unter Berücksichtigung der Klimaänderung.
- » Verstärkte Kreislaufführung (Mehrfachnutzung) des Haltungswassers in Forellenteichwirtschaften (teilweise in den Teichwirtschaften schon umgesetzt). Bei Grundwassernutzung muss ein Ausgleich zwischen den Interessen aller Nutzenden des Grundwassers und dem Ziel einer nachhaltigen Grundwasserbewirtschaftung herbeigeführt werden (s. Kap. 3.2).

3.4.5 Literaturverzeichnis

AHRENDT, KAI (2010): Bewertungskriterien für Einbauten in See am Beispiel von Windkraftanlagen. Auswirkungen auf die Umwelt. CoastalFutures Arbeitsbericht 27.

BEERMANN, MARINA (2011): Regionale Vulnerabilitätsanalyse der Ernährungswirtschaft im Kontext des Klimawandels. Eine Wertschöpfungskettenbetrachtung der Fischwirtschaft in der Metropolregion Bremen-Oldenburg. 7. Werkstattbericht nordwest 2050. Oldenburg.

³ RICHTLINIE 2000/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. Oktober 2000 (WRRL).

⁴ RICHTLINIE 92/43/EWG DES RATES vom 21. Mai 1992 (FFH-RL).



BLE [Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung] (2018): Der Markt für Fischereierzeugnisse in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2018. Online abrufbar: <https://www.ble.de/Shared-Docs/Downloads/DE/Fischerei/Fischwirtschaft/Jahresbericht2018.html>

BRÄMICK, UWE (o.J.): Jahresbericht zur Deutschen Binnenfischerei. Potsdam-Sacrow.
BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2008): Nationale Strategie für die nachhaltige Nutzung und den Schutz der Meere. Berlin

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2011): Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2011. Bonn.

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2011a): Entwicklungsplan Meer im Rahmen einer integrierten deutschen Meerespolitik. Anhang: Aktionsplan und Übersicht über bestehende und geplante Aktivitäten.

BUNDESREGIERUNG (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen. Berlin.

COLIJN, F./ FANGER, H. -U./ BOERSMA, M./ FRANKE, H. -D./ EHRICH, S./ KRABERG, A./ KRÖNCKE, I./ WILTSHIRE, K. H.(2011): Klimabedingte Änderungen in aquatischen Ökosystemen: Elbe, Wattenmeer und Nordsee, In: H. von Storch/ M. Claussen Hrsg.: Klimabericht für die Metropolregion Hamburg. Berlin u.a., S. 177–194.

DEUTSCHE ENERGIE-AGENTUR (2012): Offshore-wind. Online unter: www.offshore-wind.de, abgerufen am 5.6.2012.

DIETRICH, G. (1975): Allgemeine Meereskunde. Berlin.

DRINKWATER, K./ SCHRUM, C./ BRANDER, K. (2010): Cod and future climate change. ICES Co-operative Research Report No. 305, S. 88.

FISCH-INFORMATIONSZENTRUM E. V. (FIZ) (Hrsg.) (2011): Fischwirtschaft. Daten und Fakten 2011. Hamburg.

GRABEMANN, IRIS/ WEISSE, RALF (2008): Climate change impact on extreme wave conditions in the North Sea: an ensemble study. In: Ocean Dynamics, 58, 199–212.

KETTLE, A. J. (2009): The decline of the European eel: Climate change or anthropogenic impact? – Vortrag vom 26.11.2009 beim IGB-Kolloquium (Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin); Zusammenfassung.

STORCH, H. VON/ CLAUSSEN, M. (Hrsg.) (2011): Klimabericht für die Metropolregion Hamburg. Berlin u.a.

KÜNITZER, A./ BASFORD, D./ CRAEYMEERSCH, J.A./ DEWARUMEZ, J.M./ DÖRJES, J./ DUINEFELD, G.C.A./ ELEFThERIU, A./ HEIP, C./ HERMAN, P./ KINGSTON, P./ NIERMANN, U./ RACHOR, E./ RUMOHRE, H. / DE WILDE, P.A.L. (1992): The benthic fauna of the North Sea: Species distribution and assemblages. ICES J. mar. Sci. 49: S. 127–143.

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN (2012): Bilanz der niedersächsischen Meeresfischerei im 1. Halbjahr 2011. Online unter: www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/1/nav/231/article/17962.html, abgerufen am 5.6.2012.



LAWA (BUND/LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER), Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (Hrsg.) (2010): Strategiepapier „Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft“ Bestandsaufnahmen und Handlungsempfehlungen beschlossen auf der 139. LAWA-VV am 25./26. März 2010 in Dresden. Dresden.

LOZÁN, JOSÉ L. (Hrsg.) (1990): Warnsignale aus der Nordsee. Berlin, Hamburg.

LOZÁN, JOSÉ L. (Hrsg.) (1998): Warnsignal Klima. Berlin, Hamburg.

NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT, DEZERNAT BINNENFISCHEREI – FISCHEREIKUNDLICHER DIENST (2011): Beitrag zur Entwicklung einer Niedersächsischen Anpassungsstrategie an die Folgen des Klimawandels. Unveröffentlicht.

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT, VERBRAUCHERSCHUTZ UND LANDESENTWICKLUNG (2011): Auswirkungen des Klimawandels im jeweiligen Handlungsfeld. Unveröffentlicht.

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT, VERBRAUCHERSCHUTZ UND LANDESENTWICKLUNG (2011a): Ergänzungen zur Broschüre: Die niedersächsische Landwirtschaft in Zahlen 2009 (Stand: Juni 11). Hannover.

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT UND KLIMASCHUTZ (2010): Umweltbericht 2010. Online unter: www.umwelt.niedersachsen.de/umweltbericht_2010/, abgerufen am 5.6.2012.

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT UND KLIMASCHUTZ (Hrsg.) (2008): Der Klimawandel als Herausforderung für Staat und Gesellschaft. Struktur für eine Anpassungsstrategie. Hannover.

STAATLICHES FISCHEREIAMT BREMERHAVEN (o.J.): Die Kleine Hochsee- und Küstenfischerei Niedersachsens und Bremens im Jahr 2010. Jahresbericht des Staatlichen Fischereiamtes Bremerhaven.

UMWELTBUNDESAMT (2009): Klimawandel und marine Ökosysteme. Meeresschutz ist Klimaschutz. Dessau.





3.5 LANDWIRTSCHAFT, GARTEN- UND OBSTBAU





3.5 Landwirtschaft, Garten- und Obstbau

3.5.1 Sektorbeschreibung niedersächsische Landwirtschaft

Niedersachsen gehört zu den am weitesten entwickelten Agrarstandorten Deutschlands und Europas. Seine Landwirtschaft zeichnet sich durch Effizienz, Leistungsstärke und hohe Wirtschaftlichkeit aus - auch im internationalen Maßstab. Viele landwirtschaftliche Produkte aus Niedersachsen finden ihren Absatz nicht nur in Deutschland, sondern auch im europäischen Ausland und auf Märkten anderer Kontinente. Die hohe Produktionsintensität erfordert umfangreiches spezialisiertes Wissen der Landwirtinnen und Landwirte und vorausschauenden, nachhaltigen Umgang mit den natürlichen Ressourcen.

Die Landbewirtschaftung findet in Niedersachsen unter sehr unterschiedlichen Standortbedingungen statt. Daraus ergeben sich regionale Produktionsschwerpunkte mit besonderen Spezialisierungen. Auf den küstennahen Grünlandregionen dominiert die Milchviehhaltung und in den vergleichsweise kleinen Betrieben im westlichen Niedersachsen die tierische Veredelung. In den Ackerbauregionen herrscht je nach Bodenqualität der Anbau von Weizen und Zuckerrüben oder der von Kartoffeln und Mais vor. 2016 wirtschafteten etwa 37.800 landwirtschaftliche Betriebe in Niedersachsen mit einer durchschnittlichen Flächenausstattung von 68,7 ha. Sie erzielten eine Bruttowertschöpfung von fast 3,5 Mrd. € und gaben 130.300 Menschen Arbeit (entspricht 68.900 in Voll-Arbeitskräften). Rund 60 % der Landesfläche werden landwirtschaftlich genutzt, davon 1,9 Mio. ha als Ackerland und 0,7 Mio. ha als Dauergrünland.

Rahmenbedingungen

Die Landwirtschaft hat sich in ihrer Geschichte als außerordentlich anpassungsfähig erwiesen. Der Zwang zur Anpassung hatte dabei ganz unterschiedliche Ursachen wie das Bevölkerungswachstum, Kriege, den technischen Fortschritt, den Wandel der Märkte (mit Schwankungen von Produktpreisen und Produktionsmittelkosten), die Änderungen der politischen Rahmenbedingungen, den Klimawandel und nicht zuletzt den Wandel der gesellschaftlichen Ansprüche (Verzehrgewohnheiten, ethische Ansprüche wie z. B. Tierwohl).

Der Temperaturanstieg mit früherem Vegetationsbeginn und dem damit vermehrten Frostrisiko (s. Kapitel 2), Veränderungen der Blüh- und Reifezeitpunkte und beispielsweise fehlender Synchronisation mit Bestäubern, dem Rückgang der Niederschlagsmenge während der Vegetationszeit im Zusammenhang mit ebenfalls gestiegenen Verdunstungsraten, längerer Sonneneinstrahlung und die erhöhte Wahrscheinlichkeit von Witterungsextremen stellen eine große Herausforderung für die Landwirtschaft dar.

Mit den sich verändernden klimatischen Bedingungen verändert sich der Schädlingsdruck. Weniger Frosttage erlauben es einigen Schädlingen leichter zu überwintern, andere Schädlinge können nach Niedersachsen einwandern und stellen die Landwirtschaft vor neue Herausforderungen. Die Gefahr der Ausbreitung neuer Pflanzen- und Tierkrankheiten nimmt mit ansteigenden Temperaturen zu. Besonders augenfällig waren in den letzten Jahren der Borkenkäferbefall und die Mäuseplage; andere Beispiele sind die Ausbreitung der aus Südostasien stammenden Kirschessigfliege oder der aus Nordamerika eingeschleppte Maiswurzelbohrer.

Hinzu kommt, dass die übrigen Anforderungen an die Landwirtschaft deutlich wachsen werden. Sie sind entscheidend geprägt durch eine wachsende Weltbevölkerung mit steigenden Ansprüchen an die Ernährung und die Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen.

Aufgrund des Umfangs der von der Landwirtschaft bewirtschafteten Fläche hat sie einen maßgeblichen Einfluss auf den ökologischen Zustand der Kulturlandschaft. Ihr kommt schon heute große Verantwortung für die biologische Vielfalt zu. Die Landwirtschaft ist unmittelbar vom



Klimawandel betroffen und muss sich daran anpassen; sie ist aber auch Verursacher und setzt Treibhausgase frei. Gleichzeitig leistet sie einen Beitrag zum Klimaschutz beispielsweise durch die Festlegung von Kohlenstoff bei der Erzeugung von nachwachsenden Rohstoffen oder durch die Vermeidung von Kohlenstofffreisetzung bei energetischer Nutzung des Aufwuchses als Ersatz für fossile Energieträger. In den vergangenen Jahren wurde ein Rückgang der Artenvielfalt wie auch deren Vorkommen in der Fläche beobachtet. Der Natur-, Arten- und Gewässerschutz steht vor großen Herausforderungen. Landwirtschaftliche Anpassungsprozesse müssen daher vor dem Hintergrund wachsender Nachfrage und Ernährungssicherung einerseits sowie dem Schutz der Biodiversität andererseits vorgenommen werden.

Schließlich ist offen, in wie weit auch die Corona-Pandemie den Agrarsektor verändert. Verändertes Konsumverhalten, ansteigende Arbeitslosigkeit und Veränderungen beim Einsatz von Saisonarbeitskräften wirken sich direkt auf diesen Sektor aus.

3.5.2 Auswirkungen des Klimawandels

Direkte Folgen

Aussagen über die zukünftige Entwicklung des Klimas in Niedersachsen, z. B. hinsichtlich der Veränderungen von Temperatur und Niederschlag, können durch Klimamodelle getroffen werden. Eine Beschreibung der Klimamodelle, der aktuellen Ergebnisse der Klimaforschung für Niedersachsen sowie die Einordnung ihrer Belastbarkeit sind in Kapitel 2 dargestellt. Die Ergebnisse der Klimamodelle werden außerdem verwendet, um in Verbindung mit sogenannten Wirkmodellen die aus dem Klimawandel resultierenden Folgen abzuschätzen. Dabei werden klimabhängige Kenngrößen, wie bspw. der Zusatzwasserbedarf, die Gefährdung durch Bodenerosion oder das Verlagerungsrisiko für im Boden nicht sorbierbare Stoffe wie Nitrat unter Verwendung der Klimamodelldaten berechnet. Die Wirkmodelle können so die in der Zukunft zu erwartenden Auswirkungen auf die Landwirtschaft abbilden und damit eine Vorstellung von den Folgen des Klimawandels vermitteln.

Pflanzenproduktion

Wasserverfügbarkeit

Für die landwirtschaftliche Produktion ist insbesondere die Wasserversorgung der Kulturpflanzen von zentraler Bedeutung. Die natürliche Wasserversorgung ist maßgeblich von den Größen Niederschlag und Verdunstung abhängig. Eine Temperaturzunahme im Zuge des Klimawandels geht auch mit einer Zunahme der Verdunstung einher (DWD 2018 und vgl. Kapitel 2), was zu einer Verringerung der verfügbaren Wassermenge führt.

Eine wichtige Kenngröße für die Landwirtschaft ist die klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (KWBv, April bis September). Als Differenz zwischen Niederschlagsmenge und Verdunstung bildet sie die Menge an Wasser ab, welche für das Pflanzenwachstum potenziell zur Verfügung steht. Damit ist die KWBv ein gutes Maß für die regionale Wasserverfügbarkeit. Der Kennwert zeigt innerhalb Niedersachsens Unterschiede. Positive Werte weisen lediglich der Harz und Teile des niedersächsischen Berglands auf. Ganz überwiegend zeigen die Regionen in Niedersachsen in dieser Zeit unterschiedlich stark ausgeprägte Wasserdefizite, die von der Küste ins Landesinnere und von Westen nach Osten aufgrund der Kontinentalität zunehmen. Die Verdunstung ist hier höher als die Niederschlagsmenge. Das landesweite Flächenmittel beträgt für den Zeitraum 1971 – 2000 von April bis September -69 mm. Über das gesamte Jahr hinweg gesehen ist die Bilanz positiv (Flächenmittel Niedersachsen: +185 mm), es fällt also (im langjährigen Mittel) mehr Niederschlag als Wasser verdunstet (DWD 2018).

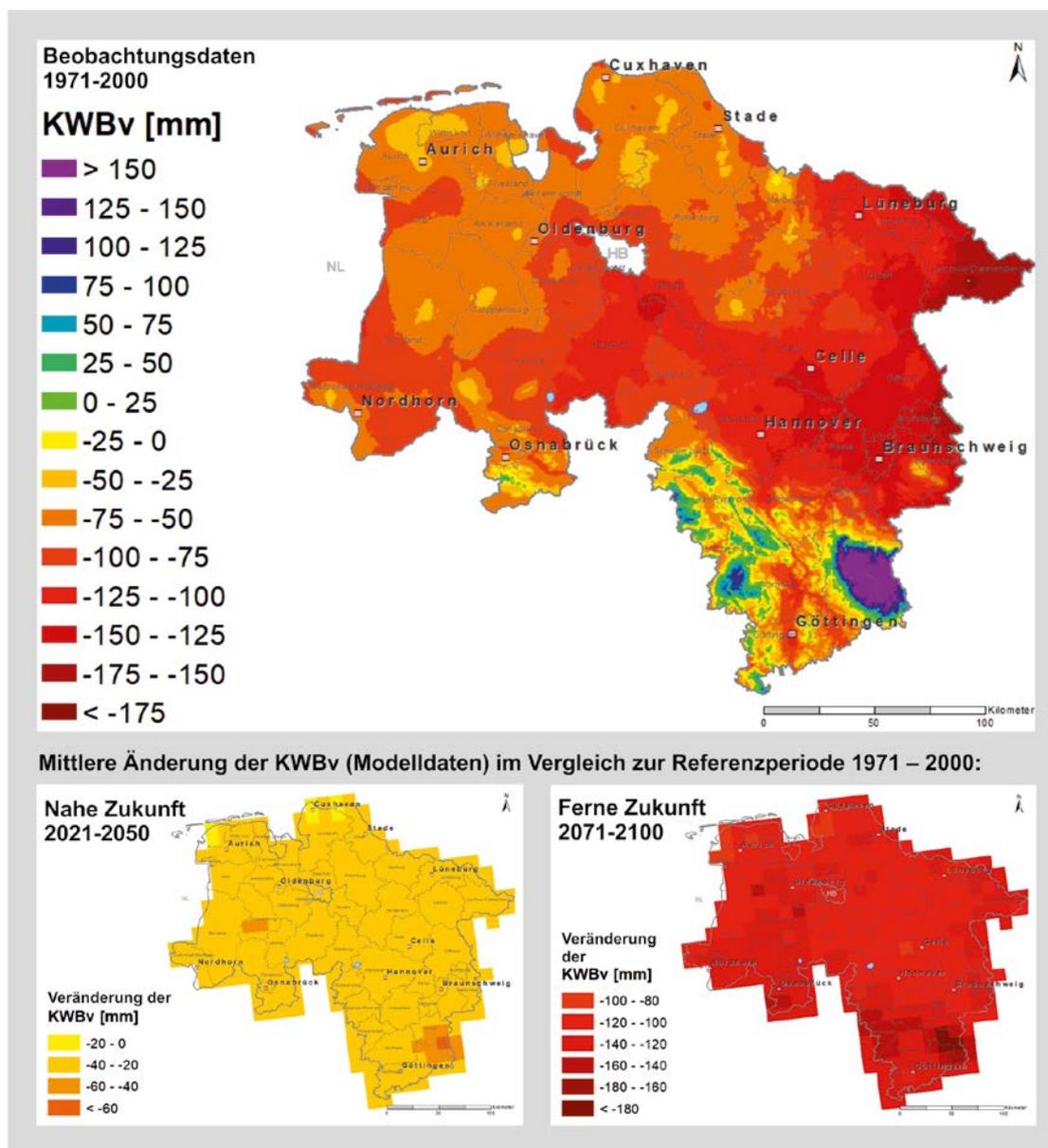


Abbildung 3.5.1: Mittlere klimatische Wasserbilanz (ermittelt aus der Differenz von Niederschlagsmenge und potenzieller Verdunstung) innerhalb der Vegetationsperiode (April bis September) für die Gegenwart (oben) und die projizierte mittlere Änderung in der nahen Zukunft (unten links) und in der fernen Zukunft (unten rechts) (Quelle: DWD, NLWKN/LBEG).

Die im Zuge des Klimawandels projizierte saisonale Verlagerung der Niederschläge vom Sommer in den Winter bei gleichzeitig zunehmender Verdunstung hat eine abnehmende klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode zur Folge. Dies bedeutet für die Landwirtschaft eine Verstärkung des bereits heute im Sommer bestehenden Wasserdefizits. Abbildung 3.5.1 zeigt die KWBv für den Referenzzeitraum 1971 – 2000 sowie für die nahe Zukunft (2021 – 2050) und die ferne Zukunft (2071 – 2100). In Niedersachsen wird eine deutliche Abnahme der KWBv im Laufe des 21. Jahrhunderts erwartet.

Neben den klimatischen Kenngrößen ist die Fähigkeit der Böden, Wasser zu speichern und für die Pflanzen bereit zu stellen, entscheidend für die Wasserversorgung der Kulturpflanzen. Als zentraler Kennwert wird hier die nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe) berechnet, welche den Anteil des im Boden gehaltenen Wassers beschreibt, den die Pflanzen über die Wurzeln aufnehmen können. Die nFKWe hängt maßgeblich von grundlegenden Bodeneigen-



schaften wie der Bodenart und dem Gehalt der organischen Substanz ab. Die Böden Niedersachsens haben daher, abhängig von ihren Eigenschaften, sehr unterschiedliche Wasserspeicherkapazitäten.

Liegt an einem Standort der Grundwasserspiegel nahe genug an der Geländeoberfläche, kann zusätzlich zum Niederschlag Wasser über kapillaren Aufstieg in den Wurzelraum gelangen und somit die Wasserversorgung der Pflanzen verbessern. Die Höhe des kapillaren Aufstiegs hängt vom Abstand von der Grundwasseroberfläche, der Bodenart und weiteren Bodeneigenschaften ab und ist daher räumlich variabel. Unter Einfluss von steigenden Temperaturen und dadurch erhöhter Verdunstung kann der kapillare Aufstieg verstärkt werden, sofern kein Absinken des Grundwasserspiegels erfolgt. Gemeinsam beschreiben die nFKWe und der kapillare Aufstieg das pflanzenverfügbare Bodenwasser, welches in der folgenden Abbildung 3.5.2 dargestellt ist (Bug et al. 2020).

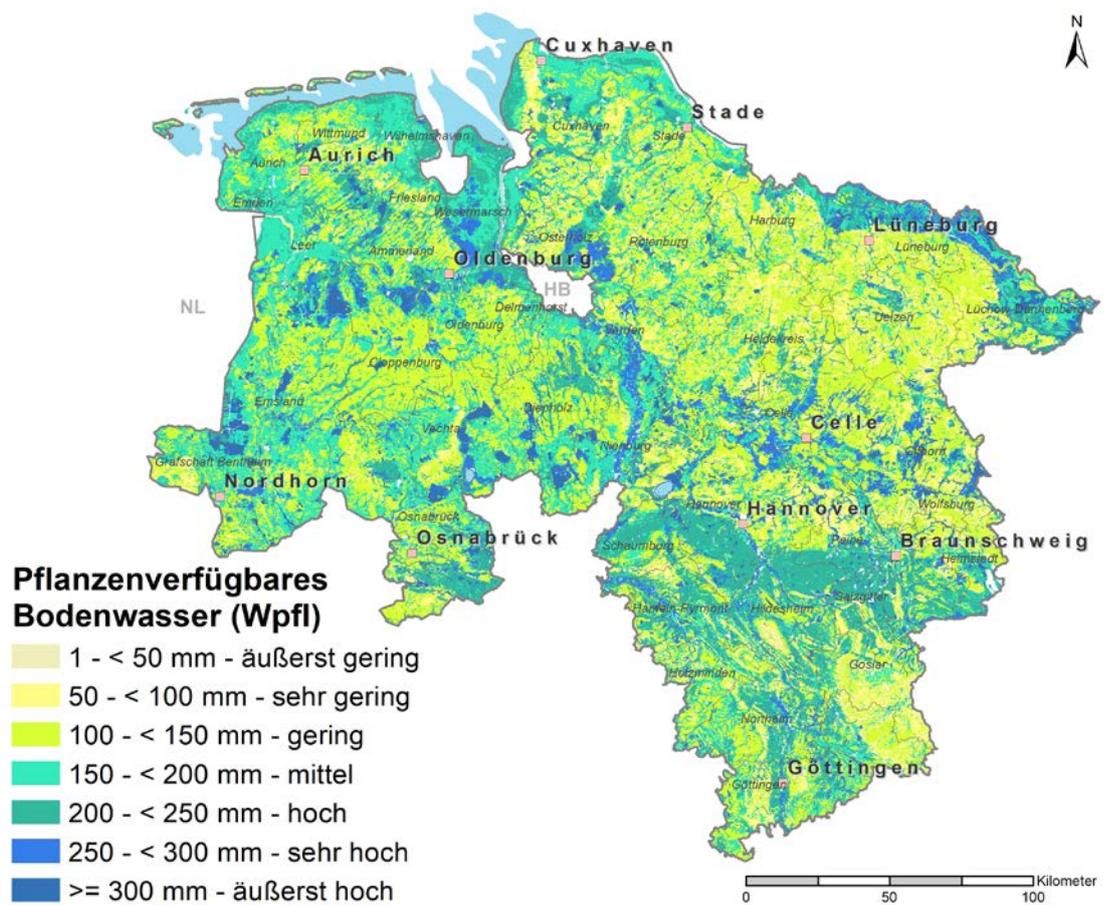


Abbildung 3.5.2: Pflanzenverfügbares Bodenwasser in Niedersachsen. Die Berechnung erfolgte mit der Methodenbank des NIBIS® (vgl. BUG et al. 2020). Die bodenkundliche Datengrundlage ist die Bodenkarte von Niedersachsen 1:50.000 (BK50).

Aus der klimatischen Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (KWBv), dem pflanzenverfügbaren Bodenwasser und dem Wasseranspruch der verschiedenen Feldfrüchte kann die potenzielle Beregnungsbedürftigkeit berechnet werden (MU 2019, Bug et al. 2020). Abschätzungen der zukünftigen Entwicklung der potenziellen Beregnungsbedürftigkeit anhand der Klimamodellrechnungen geben einen Ausblick auf die Wassermenge, die eingesetzt werden muss, um eine optimale Wasserversorgung heute angebaute Feldfrüchte (Getreide und Hackfrüchte) zu gewährleisten (Heidt & Müller 2012). In einigen Regionen Niedersachsens werden die klimatischen Veränderungen Folgen für die Wasserverfügbarkeit der Pflanzen haben.

Die Abbildung 3.5.3 zeigt die potenzielle Beregnungsbedürftigkeit der Ackerflächen Niedersachsens für die Gegenwart und die erwartete Veränderung zur nahen und fernen Zukunft. Im Süden Niedersachsens ist die potenzielle Beregnungsbedürftigkeit gering, da die Lössböden der Börde und des Berglandes sehr hohe Wasserspeicherkapazitäten aufweisen. Südlich von Hannover und Braunschweig liegen die Ackerflächen fast vollständig unterhalb von 60 mm potenzieller Beregnungsbedürftigkeit pro Jahr (mm/a). Der Übergang zwischen den Löss- und Verwitterungsböden im Süden und den eher sandigen Böden der Geest im Norden ist so auf der Karte deutlich erkennbar. Hohe potenzielle Beregnungsbedürftigkeiten herrschen besonders im Nordosten (MU 2019) sowie im Westen Niedersachsens. Die potenzielle Beregnungsbedürftigkeit nimmt zur Küste hin insgesamt wieder ab, da die schluffig-tonigen Böden der Marsch Wasser besser speichern können sowie höhere Niederschlagsmengen und teilweise Grundwasseranschluss vorliegen. Das bundesweit größte zusammenhängende Gebiet beregneter Flächen liegt im Nordosten Niedersachsens. Gleichzeitig bildet das südliche Niedersachsen die mit Abstand größte zusammenhängende Region nicht beregnungsbedürftiger Flächen.

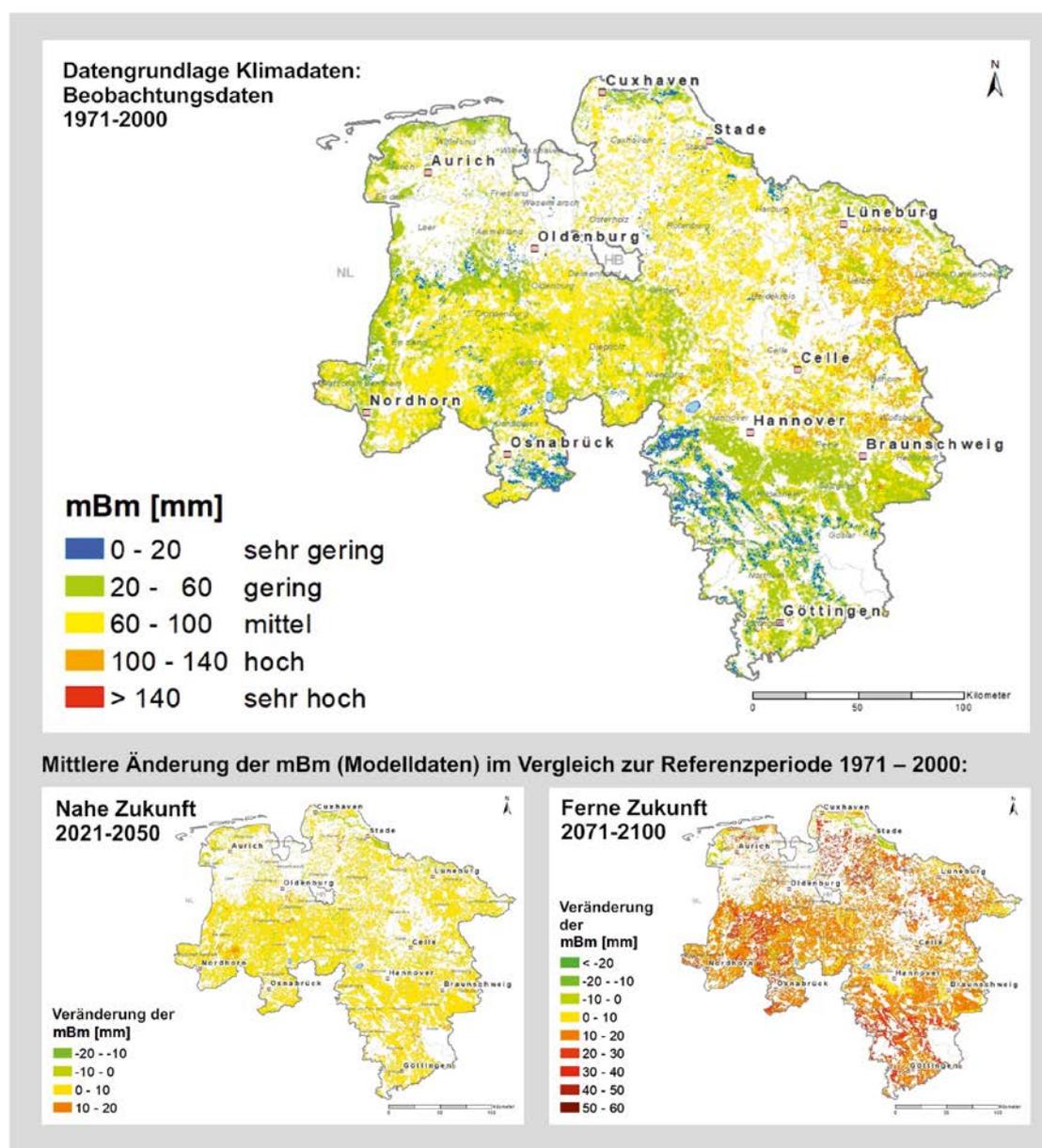


Abbildung 3.5.3: Potenzielle Beregnungsbedürftigkeit Niedersachsens für die Gegenwart (oben) und die projizierte mittlere Änderung in der nahen Zukunft (unten links) und in der fernen Zukunft (unten rechts) (Quelle: DWD, NLWKN/LBEG). Die Berechnung erfolgte mit der Methodenbank des NIBIS® (vgl. BUG et al. 2020). Die bodenkundliche Datengrundlage ist die Bodenkarte von Niedersachsen 1:50.000 (BK50).



Für die nahe Zukunft (2021 – 2050) zeigt der Vergleich zur Referenzperiode einen geringfügigen Anstieg der potenziellen Beregnungsbedürftigkeit in fast allen Landesteilen. Solch geringfügige Änderungssignale sollten allerdings vor dem Hintergrund natürlicher Klimavariabilität lediglich als Entwicklungstendenzen interpretiert werden (vgl. DWD 2018 und Kap. 2). Der Vergleich der Referenzperiode zur fernen Zukunft (2071 – 2100) zeigt deutliche Veränderungen. Den größten Flächenanteil nehmen die Klassen mit >10 bis 20 mm und >20 bis 30 mm Zunahme ein. Demnach steigt auch in Südniedersachsen die potenzielle Beregnungsbedürftigkeit an, allerdings wie beschrieben ausgehend von einem niedrigen Niveau. Im nordöstlichen Bereich Niedersachsens sind moderate Zunahmen zu verzeichnen. Hohe Zunahmen werden für den Westen und den Norden Niedersachsens im Bereich der Geest projiziert.

Mit den projizierten Veränderungen des Wasserbedarfs einhergehend sind zukünftig verstärkte Ansprüche an die Grundwasservorräte zu erwarten. Dabei können regional Konflikte zwischen den Grundwassernutzern, wie den Wasserversorgern und der Landwirtschaft (Trinkwasser, Betriebswasser, Beregnungswasser) und den Zielen des Grundwasser- und Gewässerschutzes, aber auch des Klima- und Naturschutzes entstehen.

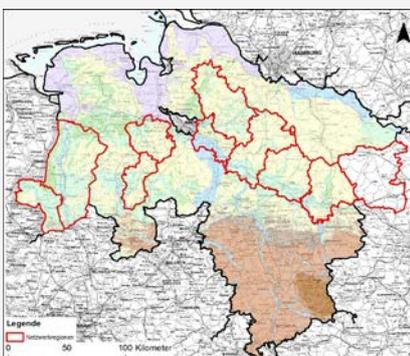
Der Exkurs „Netzwerke Wasser“ zeigt beispielhaft ein Projekt zur Klimafolgenanpassung im Themenkomplex Feldberegnung.

INFO

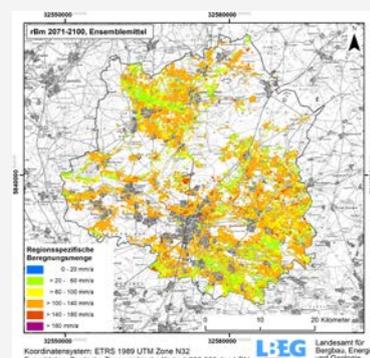
Exkurs „Netzwerke Wasser“ Projekte

„Netzwerke Wasser“ Projekte [Verbundprojekte LWK / LBEG mit regionalen Stakeholdern, Förderung (BMU) im Rahmen der Deutschen Anpassungsstrategie]

- » Steigender Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft führt regional zu Interessenkonflikten zwischen Land- und Wasserwirtschaft sowie Naturschutz.
- » Aufbau von kollaborativen Handlungsplattformen in den Regionen. Austausch von Argumenten und Informationen.
- » Schaffung von hochauflösenden Datengrundlagen durch Boden und Klimadaten.
- » Datenbasierte Abschätzung der Entwicklung der potenziellen Beregnungsbedürftigkeit, Weiterentwicklung der Methoden.
- » Förderung der regionalen Anpassung ansteigende Wasserbedarfe und Nutzungskonkurrenzen.
- » Betrachtung weiterer Indikatoren: z. B. Retentionsfähigkeit der Böden für Wasser.



Eindrücke aus den Projekten: Beteiligte Landkreise, Kommunikation, Wissenstransfer, Datenbereitstellung.



LBEG: https://www.lbeg.niedersachsen.de/startseite/boden_grundwasser/klimawandel/netzwerke_wasser_20/netzwerke-wasser-20-173749.html

LWK: <https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/6/nav/203/article/33867.html>



Wie in Kapitel 2.3 beschrieben, ist durch die projizierte, klimawandelbedingte Verschiebung der Niederschläge innerhalb des Jahres und die Zunahme von Starkregenereignissen mit der Erhöhung der Bodenerosionsgefährdung der Ackerflächen durch Wasser zu rechnen. Mit dieser gehen On- und Off-Site Schäden, wie z. B. der Verlust fruchtbaren Oberbodens oder die Eutrophierung von Gewässern, einher (vgl. Kap. 2.3).

Die zu erwartende Zunahme der Sommertrockenheit verbunden mit einer stärker werdenden Austrocknung der Böden in der Hauptvegetationsperiode würde eine Änderung der Nährstoffdynamik zur Folge haben. Da der Transport von Düngemitteln innerhalb des Bodens und die Nährstoffaufnahme durch Pflanzen an das Vorhandensein von Wasser gekoppelt sind, würden die Nährstoffverfügbarkeit und die Düngewirkung (ohne zusätzliche Beregnung) eingeschränkt. Zusammen mit zunehmendem Trockenstress und nässebedingten Auswinterungen steigt das Risiko von Mindererträgen. Daraus resultierende höhere Nährstoffüberhänge im Herbst erhöhen durch die gleichzeitig zu erwartenden höheren Sickerwasserraten im Winter das Auswaschungsrisiko für nicht sorbierbare Stoffe, insbesondere Nitrat, in das Grundwasser (Verband der Landwirtschaftskammern 2019; Engel et al. 2020).

Wenn die Tragfähigkeit von Böden bei der Bearbeitung bzw. Befahrung überschritten wird, kann es zu Bodenverdichtungen kommen. Gefährdet sind vor allem bindige und schluffreiche Böden bei einer hohen Bodenfeuchtigkeit (vgl. auch Kap. 3.1). Durch erhöhte Niederschlagsmengen im Winter können zu Beginn der Frühjahrsbodenbearbeitung, allerdings auch in anderen Bearbeitungsphasen, vermehrt höhere Bodenwassergehalte auftreten und die Stabilität des Bodengefüges herabsetzen (Engel et al. 2020). So können notwendige Saat- und Erntemaßnahmen sowie die Bodenbearbeitung beeinträchtigt werden. Dies stellt insbesondere dann eine Herausforderung dar, wenn sich gleichzeitig die Vegetationsperiode verlängert und sich damit weiter in die regenreiche Jahreszeit hinein ausdehnt. Eine Abnahme der Frosttage (siehe Kap. 2) wirkt sich negativ auf die Gefügestabilität v.a. tonreicher Böden aus, da ein wiederholtes Auftauen und Gefrieren zur Aggregatbildung beiträgt (Frostgare). Auch durch einen möglichen Humusabbau in Folge des Temperaturanstiegs könnte die Gefügestabilität vermindert und die Verdichtungsgefahr erhöht werden. Folgen einer Schadverdichtung sind eine Verringerung des Wasseraufnahmevermögens und der Durchwurzelbarkeit der Böden. Das Infiltrationsvermögen wird vermindert und die Verschlammungsneigung erhöht, was auf der einen Seite zu Staunässe und auf der anderen Seite zu einer Erhöhung des Erosionsrisikos beiträgt.

Niedersachsen ist durch einen wesentlichen Anteil an grundwassernahen Standorten, besonders in den Flussniederungen und an der Küste, geprägt. Da hier bei entsprechenden Grundwasserständen eine ausreichende Wasserversorgung gewährleistet ist, können sich sommerliche Trockenperioden mit hohen Temperaturen positiv auf das Wachstum von Kulturpflanzen auswirken. Veränderungen des Grundwasserspiegels können diese Situation allerdings ändern und eine Verschlechterung des Wasserangebots für die Vegetation ergeben. Zudem können erhöhte winterliche Niederschläge in einigen Gebieten zu Vernässung bis hin zur Überflutung führen, was Beeinträchtigungen der Bewirtschaftung bedeuten kann.

Der Klimawandel kann also zentrale Kenngrößen des Bodenwasserhaushaltes beeinflussen und somit die Rahmenbedingungen für eine Bewirtschaftung verändern. Die hier dargestellten Auswertungen machen deutlich, dass die klimabedingten Anpassungen der Landwirtschaft besonders hinsichtlich des Wasserhaushalts äußerst vielschichtig sind und daher einer standortspezifischen Analyse bedürfen (vgl. hierzu auch Kap. 3.1).

Temperaturerhöhung

Für die Zukunft zeigen die Ergebnisse der Klimaprojektionen unter dem „Weiter-wie-bisher“-Szenario RCP8.5 eine deutliche Erhöhung der Jahresmitteltemperatur im Laufe des 21. Jahrhunderts, welche im Winter etwas stärker als im Sommer ausgeprägt ist. In Folge der projizierten Temperaturzunahme würde auch die Verdunstung zunehmen. Des Weiteren ist zu erwarten, dass sich



der zu beobachtende Trend bei der Verschiebung der phänologischen Jahreszeiten in Folge des Klimawandels fortsetzt (vgl. Kap. 2). Bereits im 20. Jahrhundert setzte die Vegetationsperiode durch die Zunahme der Wintertemperaturen und die Abnahme von Eis- und Frosttagen immer früher ein. Gleichzeitig, aber weniger ausgeprägt, endet sie später (siehe Kap. 2). Für Kulturen mit einer Keimtemperatur von $>5\text{ °C}$ (z. B. Getreide, Zuckerrüben) wurde eine Verlängerung der Vegetationszeit von ca. 23 Tagen, bei Kulturen mit einer Keimtemperatur von $>12\text{ °C}$ (z. B. Sorghum) eine Verlängerung von ca. 11 Tagen berechnet (Vergleich 1961 – 1990 zu 2021 – 2050) (v. Buttler et al. 2011). Die deutlichste Veränderung für Niedersachsen wurde bisher bei den Eintrittsterminen der Frühjahrsphasen beobachtet. Der Beginn der Apfelblüte hat sich im Vergleich von 1961 – 1990 zu 1990 – 2019 z. B. um 12 Tage in Richtung Jahresbeginn verschoben. Diese klimawandelbedingten Veränderungen der Eintrittstermine der phänologischen Phasen haben u. a. Auswirkungen auf die Verdunstung. Durch die Verlängerung der Vegetationsperiode würde in Folge der Verlängerung der Wachstumsphase auch die Verdunstung durch die Pflanzen (Transpiration) zusätzlich erhöht (Engel et al. 2020). Dadurch würde der Wasserbedarf innerhalb der Vegetationsperiode zunehmen.

Während die Veränderung der Niederschlagsverhältnisse für die landwirtschaftliche Produktion Niedersachsens eher negativ zu beurteilen ist, sollten die Auswirkungen der projizierten Temperaturerhöhung differenziert betrachtet werden. Eine durch den Temperaturanstieg verursachte Verlängerung der Vegetationszeit, höhere Temperatursummen und gleichzeitig eine höhere CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre ermöglichen auch höhere Biomasserträge und andere Fruchtfolgen (v. Buttler et al. 2011). Ein Anbau wärmeliebender Pflanzen (z. B. Sorghum, Soja etc.) oder ein Zweitanbau, d. h. zwei Kulturen in einer Vegetationsperiode, sind allerdings nur möglich, sofern eine ausreichende Wasserversorgung gegeben ist.

Der Temperaturanstieg in Niedersachsen wird tiefgreifende negative Einflüsse haben. So können erhöhte Temperaturen die einzelnen Entwicklungsphasen der Pflanzen verschieben bzw. verkürzen, wodurch mit potenziellen Ernte- und Qualitätsverlusten zu rechnen ist. Dies betrifft beispielsweise die Kornfüllungsphase des Weizens, in der bereits Temperaturen von mehr als 30 °C zu reduziertem Wachstum führen (v. Buttler et al. 2011). Ähnliche Beobachtungen wurden auch für Triticale in CO_2 -Begasungsversuchen in Klimahäusern auf LWK Versuchsflächen in NO Niedersachsen bei extremen Sommertemperaturen ($>30\text{ °C}$) gemacht. Ein verstärkter Humusabbau aufgrund zunehmender Humusmineralisation kann ebenfalls einen negativen Effekt darstellen.

CO_2 -Konzentration

Höhere CO_2 -Konzentrationen und höhere Temperaturen bewirken einen Anstieg der Fotosyntheseleistung. So konnte in Untersuchungen am Thünen-Institut in Braunschweig (FACE-Projekt) gezeigt werden, dass unter optimalen Bedingungen ein Anstieg der CO_2 -Konzentration (von derzeit 387 ppm auf zukünftig 550 ppm (Modellrechnung für Mitte des Jahrhunderts)) bei allen C3-Pflanzen (wie Gerste, Weizen, Zuckerrüben) höhere Erträge zwischen +7% und +15% ergab. Bei der C4-Pflanze Mais wurden unter diesen Bedingungen zwar keine höheren Erträge, aber eine bessere Toleranz gegenüber Trockenheit festgestellt (Thünen-Institut o.J.). Positive Wachstumseffekte bei C4-Pflanzen zeigen sich folglich unter Trockenheit (Manderscheid et al. 2014, Gömann et al. 2017). Auf die Ertragsbildung wirken aber eine Vielzahl von Faktoren, so dass eine Abschätzung der zu erwartenden Mehrerträge bei steigenden CO_2 -Konzentrationen schwierig ist (Kersebaum & Nendel 2014), zumal die Reaktionen auch pflanzen- und sortenspezifisch sind. Eine wichtige Rolle spielt auch hier die Wasserversorgung der Pflanzen. Die Betrachtung des Wasserhaushalts bei steigenden CO_2 -Konzentrationen ergab eine verminderte Transpiration über die Blätter sowie höhere Bodenfeuchten (Manderscheid & Weigel 2013). Da CO_2 über die Stomata in die Blätter gelangt und über sie der Wasserdampf entweicht, gestaltet sich das Verhältnis zwischen CO_2 -Aufnahme und H_2O -Abgabe günstiger; d. h., dass pro Wassereinheit mehr Biomasse gebildet werden kann. Die sich daraus ergebenden Chancen für den Pflanzenbau bedürfen noch der Quantifizierung. In Klimakammer-Freilandversuchen (550 ppm CO_2 -Konzentration plus durchschnittliche Temperaturerhöhung von $2,3\text{ °C}$) wurde eine Zunahme der unter- und



oberirdischen pflanzlichen Biomasse bei optimaler Wasserversorgung beobachtet (Schmelmer & Urban), die sich besonders nach Dünger-Injektion von Ammonium (sogenanntes CULTAN-Verfahren) auswirkte.

Extremwetterlagen

Im Zuge des Klimawandels wird eine Zunahme von Wetterextremen erwartet. Extremwetterlagen können die Ertragsicherheit der Landwirtschaft verringern. Dies betrifft z.B. einen Anstieg der Häufigkeit von Tagen mit extrem hohen Temperaturen und Hitzeperioden (vgl. Kap. 2.3.4). Dürresituationen können durch stabil ausgeprägte Wetterlagen und mangelnde Auffüllung der Bodenwasservorräte durch Niederschlag zukünftig häufiger vorkommen (Engel et al. 2020). Auch das Potenzial für extreme Niederschlagsereignisse nimmt zu. Kälteperioden werden hingegen, wie auch Frost- und Eistage, weniger häufig vorkommen (vgl. Kap.2.3). Aussagen über die zukünftige Entwicklung des räumlichen und zeitlichen Auftretens von Extremereignissen wie Dürren, Überschwemmungen, Hagel, extremen Stürmen oder Spätfrösten sind eine große Herausforderung. Detaillierte lokale Aussagen sind bislang nicht möglich. Für weitere Informationen zur zukünftigen Entwicklung von Wetterextremen siehe Kap. 2.3.4.

In Deutschland ist in den vergangenen zwei Jahrzehnten eine Zunahme von Frühjahrstrockenheit (Monate März, April) beobachtet worden, was neben geringeren Niederschlagsmengen auch auf höhere Temperaturen und eine damit erhöhte Verdunstung zurückzuführen ist (Gömann et al. 2017). Aussagen über die zukünftige Entwicklung von Frühjahrstrockenheit sind aktuell nur eingeschränkt möglich.

Ein vollständiger Schutz vor den Schäden dieser Extremereignisse ist nicht möglich. Durch Anpassungsmaßnahmen (angepasste Bodenbewirtschaftung, effiziente Bewässerung, spezielle Sortenstrategien, Auswahl bzw. Züchtung von toleranteren Sorten z.B. gegenüber Hitze und Wassermangel) kann allerdings eine Risikoverminderung und -streuung erreicht werden, um den wirtschaftlichen Schaden zu mindern (Verband der Landwirtschaftskammern 2019).

Tierproduktion

Zu einer artgerechten Tierhaltung gehören Haltungsbedingungen, die auf die Bedürfnisse der Tiere abgestimmt sind. Dabei ist grundsätzlich zu berücksichtigen, dass Tiere, insbesondere im hohen Leistungsbereich, sehr empfindlich auf Umwelteinflüsse reagieren. Wenn sich also die Klimabedingungen ändern, dann müssen dementsprechend auch die Haltungsbedingungen angepasst werden. Dieses betrifft Rinder und Kühe, Schweine und Geflügel, im Weiteren aber auch andere Nutztiere.

Rinder und Kühe

Rinder und Kühe sind i.d.R. den unmittelbaren Klimabedingungen direkter ausgesetzt, weil sie seltener in geschlossenen Stallhaltungssystemen gehalten werden. Das trifft insbesondere für Weidetiere bzw. Tiere in Kaltställen zu. Dabei sind hochleistende Milchkühe aufgrund der extremen Stoffwechsellistung und der damit einhergehenden Wärmeproduktion besonders betroffen. Ansätze zur Abmilderung bzw. Vermeidung von Hitzestress bei Stallneu- und -umbauten rücken dabei immer mehr in den Fokus, wobei die Luftbewegung, eine Thermoregulation mit Hilfe besonderer Dachkonstruktionen/ Dacheindeckungen und nicht zuletzt auch (Wasser-) Kühlsysteme zunehmend Beachtung finden. Zusätzlich besteht im Bereich des Ackerfutterbaus und der Grünlandbewirtschaftung die gleiche Klimaabhängigkeit wie in der bereits beschriebenen Pflanzenproduktion.



Schweine und Geflügel

Weil die Schweine- und Geflügelhaltung hauptsächlich in geschlossenen Stallhaltungssystemen erfolgt, sind sie vom Klimawandel grundsätzlich weniger betroffen. Dies schließt nicht die Notwendigkeit einer ausreichenden Wasserversorgung der Tiere und die Notwendigkeit der technischen Weiterentwicklung z. B. von Klimaführungssystemen in Stallhaltungssystemen aus. Vor allem hohe Temperaturen stellen an die Klimasteuerung erhebliche Ansprüche, die von vielen gegenwärtig verfügbaren Anlagen noch nicht geleistet werden können. Moderne Stallkonstruktionen beschäftigen sich daher beispielsweise mit der richtigen Ausrichtung und Dämmung der Ställe, mit möglichen Verdunklungssystemen sowie einer effektiven Lüftung und Kühlung. Aber auch die Energieeffizienz rückt immer mehr in den Mittelpunkt der Bemühungen, so dass künftig beispielsweise nicht mehr ganze Räume, sondern lediglich klar abgegrenzte Areale beheizt werden dürften, Baumaterialien überprüft werden und effiziente Energiekonzepte etc. ein immer größeres Augenmerk auf sich ziehen.

Daneben wirkt der Klimawandel indirekt auch auf das Vorkommen und die Verbreitung von Krankheitserregern, die an die neuen Umweltbedingungen angepasst sind oder auch neu in die Region einwandern und die Tiere belasten (Brandt et al. 2011).

Fazit

Für die landwirtschaftliche Produktion ist die Wasserversorgung der Pflanzen von zentraler Bedeutung. Vor diesem Hintergrund kommt der Bewässerung in bestimmten Regionen maßgebliche Bedeutung zu. Dabei spielen nicht nur die Klimabedingungen und Bodenverhältnisse eine Rolle, sondern auch die Grundwassernähe oder -ferne.

Insgesamt wird die potenzielle Bewässerungsbedürftigkeit steigen. Um weiterhin wettbewerbsfähig zu sein und Mindererträgen entgegenzuwirken, sollten neben der Bewässerung auf den Ackerflächen möglichst auch weitere Anpassungsmaßnahmen erfolgen.

Durch die beschriebenen Veränderungen des Klimas erhöht sich das Risiko von Bodenerosion, Bodenkohlenstoffabbau, Nährstoffauswaschung, gasförmigen Nährstoffverlusten und Bodenverdichtung.

Eine Temperaturerhöhung kann zu einem Problem werden, wenn sich die übrigen Produktionsfaktoren, insbesondere Wasser, nicht im produktionstechnisch optimalen Bereich befinden. Dies könnte bei zunehmender Sommertrockenheit besonders auf leichten Standorten Niedersachsens der Fall sein. Zudem erhöht der erwärmungsbedingte immer frühere Vegetationsbeginn das Risiko von Frostschäden.

Höhere CO₂-Konzentrationen und höhere Temperaturen fördern die Fotosynthese. Wie sich diese auf die Pflanzenerträge und den Wasserverbrauch auswirken, bedarf noch der Quantifizierung; hierzu laufen wissenschaftliche Untersuchungen.

Die Tierproduktion ist u. a. über den Futterbau und die Weidewirtschaft direkt an die Wirkmechanismen von Klimaerwärmung, Sommertrockenheit und CO₂-Erhöhung auf Pflanzen gekoppelt. Hitzestress und Neuverteilungen von Krankheitserregern sind zusätzliche Faktoren, auf die sich Betriebe einstellen müssen.

Die ökologische Bewirtschaftung kann in bestimmten Bereichen einen Beitrag bei der Anpassung der Landwirtschaft an Klimaveränderungen leisten. So wird vor allem durch weite Fruchtfolgen und höhere Kleeanteile und damit höhere Humusgehalte sowie ein besseres Bodengefüge eine höhere Wasserspeicherfähigkeit des Bodens erreicht, so dass den Pflanzen in längeren Dürrephasen mehr Wasser zur Verfügung steht als auf konventionell ackerbaulich genutzten Böden.



Indirekte Folgen

Auswirkungen des Klimawandels auf den Weltagrarmarkt

Der Klimawandel beeinflusst das Wirtschaftsgeschehen weltweit und insbesondere auch die Weltagrarmärkte. Weil der Klimawandel regional sehr unterschiedliche Wirkungen entfaltet, verändert er die Wettbewerbsfähigkeit der verschiedenen Weltregionen und Länder. Die Produktions- und Exportbedingungen von Agrarerzeugnissen verbessern oder verschlechtern sich. Durch den Klimawandel wird in vielen Regionen eine Zunahme in der Häufigkeit und Intensität von Extremereignissen erwartet mit sowohl negativen Folgen für die Ernährungssicherheit als auch für terrestrische Ökosysteme und langfristige Schäden wie Landdegradation und Desertifikation (IPCC 2019). Dies hat Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Sektoren, aber auch auf die Versorgungssituation in den Ländern. Es ist denkbar, dass diese indirekten Folgen des Klimawandels von sehr viel größerer Bedeutung für die niedersächsische Landwirtschaft werden können als die direkten Folgen.

Es sind internationale Anstrengungen über das gesamte Ernährungssystem hinweg notwendig, einschließlich der Verringerung von Verlust und Verschwendung von Nahrungsmitteln, um ein nachhaltigeres Landnutzungsmanagement überhaupt zu ermöglichen. Dies verbessert in der Folge die Ernährungssicherheit und verringert die Emissionen. Die Einbeziehung von Umweltkosten und Ökosystemleistungen bei gleichzeitiger Sicherung von Landbesitz und Marktzugang kann die weltweite Armut verringern helfen und die Gesundheit der Weltbevölkerung verbessern (IPCC 2019).

Aktuell verzerrt die Corona-Krise die Preisentwicklung auf dem globalen Markt, in einigen Ländern ist die Kaufkraft eingebrochen, was zu einer Verbilligung der Produkte führt. Mittelfristig werden sich die Märkte allerdings nach dem Start der Impfkampagnen erholen. Aber auch die Auswirkungen der Afrikanischen Schweinegrippe oder die Heuschreckenplage in Teilen Afrikas schwächen die Agrarwirtschaft und erschweren damit die Umstellung auf die Herausforderungen des Klimawandels (OECD/FAO 2020).

3.5.3 Anpassungsfähigkeit und Reaktionszeit der Landwirtschaft

„Die Anpassungsfähigkeit der Landwirtschaft eines Landes hängt von sozioökonomischen Beschränkungen, dem technologischen Potenzial, dem Bildungsstand und den finanziellen Mitteln ab“ (AEA 2007). Mit dieser Anpassungsfähigkeit können die negativen Klimafolgen kompensiert, die positiven Folgen sogar noch ausgebaut werden.

Die landwirtschaftlichen Betriebe haben sich rückblickend zunehmend spezialisiert und rationalisiert mit der Folge, dass sich ihr Einkommen aus wenigen Produkten, teilweise nur noch aus einem einzigen Produkt speist. Ökologisch wirtschaftende Betriebe zeichnen sich allerdings oftmals durch eine Vielseitigkeit aus, etwa die Kombination von Ackerbau und Tierhaltung oder die Integration von Obst- und Gemüsebau.

Die Anpassungsfähigkeit und die Widerstandsfähigkeit gegenüber bestimmten Veränderungen haben bei den stark spezialisierten Betrieben gelitten. Hinzu kommt, dass der hohe Spezialisierungsgrad mit größeren Investitionen gekoppelt ist. Die Reaktionszeiten eines solchen Betriebes, also die Zeit, die er braucht, um sich grundlegend auf neue Rahmenbedingungen einzustellen, haben sich damit verlängert.

Andererseits reagiert heute die Landwirtschaft deutlich reaktionsschneller. Dazu trägt ganz wesentlich die Landtechnik bei. Ein nur kurzes Zeitfenster reicht heute aus, um die erforderlichen Arbeiten wie Bestellung, Pflege oder Ernte zu erledigen. Mit der deutlich genaueren Wettervorhersage lässt sich diese Schnelligkeit noch effektiver umsetzen.



In vielen Teilbereichen kann die Landwirtschaft zeitnah reagieren. Insbesondere bei einjährigen Kulturen hat der Landwirt vielfältige Möglichkeiten, sich kurzfristig anzupassen z. B. durch Änderung der Aussaattermine, Anbau anderer Sorten oder Kulturen, die Anpassung des Dünge- und Pflanzenschutzregimes oder der Bodenbearbeitung, allerdings muss die Pflanzenzüchtung mit den veränderten Kulturbedingungen stets gleichauf liegen. Die längeren Reaktionszeiten findet man naturgemäß bei Dauerkulturen und im Bereich größerer Investitionen, die aufgrund ihrer Verbindlichkeiten und Abschreibungen Reaktionszeiten bis zu 20 Jahren zur Folge haben können (z. B. Großgeräte, Kartoffelanbau mit Aufbereitung, Biogasanlagen, Beregnungsanlagen und Stallbauten). Viele andere Anpassungsprozesse, wie die Entwicklung neuer Techniken, die Umstellung der Düngung, des Pflanzenschutzes, der Fruchtfolgen, der Bodenbearbeitung, vollziehen sich auch heute schon kontinuierlich bzw. lassen sich in kürzeren Zeiträumen vollziehen.

Fazit

Die Landwirtschaft ist grundsätzlich anpassungsfähig. Sie kann in einzelnen Bereichen schnell auf Klimaänderungen reagieren. Je nach Bereich können Anpassungen kurzfristig (bis zu einem Jahr) oder langfristig bis hin zu 25 Jahren erfolgen. Fragen der Hydrologie und im Besonderen der Wasserverfügbarkeit, gewinnen immer mehr an Bedeutung für die Landwirtschaft. Wetterextreme können die Landwirtschaft schädigen und erfordern eine diversifizierte Produktion, um Abhängigkeiten und Risiken zu verteilen. Die Pflanzenzüchtung muss sich zum Beispiel zunehmend auf einen früheren Vegetationsbeginn, Trockenphasen und auf Zweitfruchtanbau einstellen. Im Ökolandbau wird das Risiko betrieblicher Verluste durch die Vielseitigkeit besser verteilt.

3.5.4 Handlungsziele

Aufgabe des Landes ist es, Rahmenbedingungen zu schaffen, die der Landwirtschaft und den ihr vor- und nachgelagerten Bereichen eine effektive Anpassung ermöglichen, so dass sie ihre multifunktionalen Aufgaben auch unter den sich ändernden Bedingungen des Klimas und der Weltagrarmärkte erfüllen können. Dazu gehören primär die Ernährungssicherung mit qualitativ hochwertigen Lebensmitteln, der Anbau nachwachsender Rohstoffe, aber auch die Bewahrung der natürlichen biotischen und abiotischen Ressourcen und Produktionsgrundlagen sowie der Erhalt und die Entwicklung vitaler ländlicher Räume mit einer vielfältigen mittelständischen Struktur. Folgende (Rahmen-)Bedingungen sind für einen effektiven Anpassungsprozess sicherzustellen:

Zuverlässige Datengrundlagen (s. Kap. 2)

- » Es gibt zuverlässige und aktualisierte Datenquellen zu Fragen des Klimawandels bei Fachinstitutionen, die den Landwirtinnen und Landwirten oder anderen Akteurinnen und Akteuren bekannt sind und genutzt werden können. Beratungsstellen unterstützen diesen Prozess.
- » An der Weiterentwicklung, Bereitstellung und Pflege dieser Daten sind diverse Fachverwaltungen und -institutionen beteiligt.
- » Da der Klimawandel ein sektorenübergreifendes und raumspezifisches Problem darstellt, wird die Integration der Datenpools verbessert.

Wissenschaft und Forschung

- » Die vorgelagerten Bereiche der Landwirtschaft, die Wissenschaft und die Forschung schätzen den Klimawandel und mögliche regionale Auswirkungen des Klimawandels unter Berücksichtigung der Standorte ab und entwickeln klimaangepasste Techniken z. B. für Anbau, Be- und Entwässerung, Tierhaltung und Betriebsführung.



- » Der Markt entwickelt die erforderliche Dynamik von der Produktentwicklung bis hin zur Vermarktung, z. B. für klimaangepasste Sorten und Rassen sowie praxisgerechte Lösungen im Bereich der Landtechnik für ein klimaangepasstes Wirtschaften. Das Land schafft dafür im Rahmen seiner Möglichkeiten in Form von gesetzlichen Regelungen und Anreizen die erforderlichen Leitplanken.

Information und Öffentlichkeitsarbeit

- » Die Landwirtinnen und Landwirte sind für Fragen des Klimawandels sensibilisiert. Sie wissen, wo sie sich zuverlässig über den Klimawandel informieren können.
- » Ergebnisse von Projekten zum Thema „Anpassung an den Klimawandel“ sind bekannt und geben Orientierung für politisches Handeln. Sie liefern u. a. Entscheidungsgrundlagen für die Landespolitik und für private Akteure.

Beratung und Qualifizierung

- » Die Landwirtinnen und Landwirte haben die Kompetenz und die Fähigkeiten zur Anpassung. Sie sind gut ausgebildet und qualifiziert. Sie können die Informationen zum Klimawandel und Lösungsansätze bewerten und ggf. für ihren Betrieb nutzen.
- » Die Landwirtinnen und Landwirte sowie die Fachinstitutionen arbeiten stetig an der Weiterentwicklung von Anpassungsmaßnahmen. Bei diesem Entscheidungsprozess werden sie durch kompetente Beratungsinstitutionen unterstützt.

Schutz der Ressourcen und Produktionsgrundlagen

- » Die ordnungsrechtlichen und förderpolitischen Regelungen sind geeignet, unter den Bedingungen des Klimawandels Boden, Luft, Wasser und biologische Vielfalt zu schützen, um Ressourcen und Produktionsgrundlagen zu erhalten, so dass ein umweltverträgliches Wirtschaften gesichert ist und die durch die Landwirtschaft betroffenen Ökosysteme geschützt sind.

Zusammenarbeit mit anderen Handlungsfeldern und Politikebenen

- » Durch die Diskussion zum „Klimawandel“ wird die Vernetzung verschiedener Fachressorts und auch Entscheidungsebenen als notwendig erkannt und entsprechend umgesetzt.
- » In Zusammenarbeit mit den Fachdienststellen LBEG und LWK werden Konzepte erarbeitet, wie der Bodenwasserhaushalt generell verbessert und der Wasserbedarf der Pflanzen (bei gleichem Ertragsniveau) durch entsprechende Sortenentwicklungen und Fruchtfolgeempfehlungen verringert werden kann.
- » Das Land berücksichtigt die unterschiedlichen Anpassungsaktivitäten auf Ebene der Kommunen, der Länder, des Bundes und der EU und vertritt dort die Interessen des Landes.

Strategische Prioritätensetzung

- » Niedersachsen konzentriert seine Aktivitäten auf die Lösung der größten klimabedingten Anpassungsprobleme. Im Bereich der Landwirtschaft bestehen sie insbesondere zu Fragen des Wassermanagements (Wasserrückhalt, Wasserspeicher, Beregnung, Wasserwiederverwendung) und zur Verbesserung des Bodenwasserhaushalts. Dabei nutzt das Land die Ergebnisse bisher durchgeführter Projekte.



3.5.5 Maßnahmen

Bei Klimaanpassungsmaßnahmen entscheidet über deren Wirksamkeit nicht allein der Inhalt, die Finanzierung oder die Zielgruppe, sondern auch der Zeitpunkt der Implementierung. Ist der Zeitpunkt falsch gewählt, verliert sie teilweise oder auch ganz an Wirksamkeit.

Diese einleitenden Ausführungen machen deutlich, dass bei Anpassungsmaßnahmen die Klärung des optimalen Umsetzungszeitpunktes von zentraler Bedeutung ist. Vor diesem Hintergrund haben auch No Regret Anpassungsmaßnahmen ihre besondere Berechtigung.

Bildung und Beratung

Um neue Erkenntnisse schnell in die Fläche zu bringen, bedarf es einer aktiven Bildungs- und Beratungsarbeit (s. Kap. 4). Der Bildungsstand der Landwirtinnen und Landwirte ist in Niedersachsen gut. Dies ist anpassungsrelevant und sollte grundsätzlich beibehalten werden. Zudem gibt es niedersachsenweit ein sehr gut ausgebautes Netz an neutralen Beratungsorganisationen, die bereits zum Thema Anpassung an den Klimawandel Beratungen durchführen. Beratungen zum Klimawandel werden auch über die Beratungsförderung schon bisher besonders unterstützt.

- » Die Kompetenz und Qualifikation der Landwirtinnen und Landwirte sollte verstärkt auf Fragen der Klimaänderung und Anpassung ausgerichtet werden. Sie sollten in der Lage sein, die Informationen zu Klimaänderungen kritisch zu hinterfragen und richtig einzuschätzen. Dies ist Voraussetzung für effiziente Entscheidungen zum richtigen Zeitpunkt. Darauf sind berufliche Ausbildungs-, Qualifizierungsmaßnahmen und entsprechende Beratungsangebote in Zusammenarbeit mit den Bildungsträgern (Kultusministerium, LWK Niedersachsen) und Beratungsorganisationen (u. a. LWK Niedersachsen, Beratungsringe) verstärkt auszurichten.
- » Die Beratung muss befähigt werden, die Landwirtinnen und Landwirte im Sinne einer klimangepassten und -optimierten Betriebsführung zu beraten. Die Erarbeitung entsprechender Grundlagen und die Einführung dieser Grundlagen in die Beratung sollten kontinuierlich erfolgen¹.

Beratungsgrundlagen für Pflanzenbau und Tierproduktion erhalten (Versuchswesen, Datenbestand und Prognosemodelle)

Beratungsgrundlagen werden nicht nur aus der Forschung, sondern vor allem auch aus dem Versuchswesen (z. B. durch Fachbehörden, Erzeugerorganisationen, Zuchtverbände, Industrie, Hochschulen) erarbeitet. Niedersachsen weist europaweit ein sehr gutes und breit aufgestelltes Versuchswesen auf, das in seiner Qualität erhalten werden sollte. Diese Versuchsanlagen sind zwangsläufig dem jeweiligen Klima ausgesetzt und unterliegen damit dem Klimawandel auf einer Vielzahl unterschiedlicher Standorte.

Zudem sollten „länderübergreifende, neutrale Landessortenversuche nach dem Anbaugiebtskonzept und deren Auswertung auf Basis definierter Boden-Klima-Räume“ stattfinden.² Die Berücksichtigung klimarelevanter Fragestellungen kann kontinuierlich und sofort beginnen. Zusammen mit den Bodendauerbeobachtungsflächen des LBEG gibt es in Niedersachsen ein umfangreiches Datenpotenzial, was weiter im Bestand gepflegt und speziell hinsichtlich klimarelevanter Fragestellungen zu pflegen ist.

¹ S. dazu: Klimawandel Unterweser, Leittext „Anpassung an den Klimawandel“ für Auszubildende im Ausbildungsberuf Landwirt / Landwirtin (Projekttable im Anhang).

² Verband der Landwirtschaftskammern: „Klimawandel und Landwirtschaft – Anpassungsstrategien im Bereich Pflanzenbau“, 2010 Fachinformationen.



Konkret werden folgende Vorschläge gemacht:

- » Weiterentwicklung eines klimaangepassten Nährstoffmanagements mit Hilfe von Prognose- und Berechnungsmodellen für die Düngung, Nmin-Untersuchungen, Aufbereitungs- und Ausbringungsverfahren von Gülle- und Gärresten
- » Fortführung und Verbesserung von Prognosemodellen wie z. B. das Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion (ISIP). Dazu gehört der kontinuierliche Ausbau des Monitorings auf den Anbauflächen zur Feststellung von Veränderungen im Artenspektrum.
- » Zur Optimierung der kleinräumigen Frostprognose für den Obstbau sollte ein flächendeckendes Netz moderner Wetterstationen installiert werden, deren Stationen übers Internet in Echtzeit vernetzt werden.
- » Die Verbesserung und die Zugänglichkeit der Daten/des Wissens über Ausmaß, Geschwindigkeit und Unsicherheiten des Klimawandels mit seinen einzelnen für die Landwirtschaft relevanten Klimaparametern in den unterschiedlichen Regionen u.a. auf der Basis von Geoinformationssystemen sind staatliche Aufgaben (s. Kap. 3.2 und Kap. 4). Dem Land stehen hierzu verschiedene Instrumente zur Verfügung, wie z. B. das Versuchswesen der LWK Niedersachsen mit den landesweit erfassten Wetterdaten, dem Testbetriebsnetz, dem Niedersächsischen Bodeninformationssystem (NIBIS) und der Boden-Dauerbeobachtung.
- » Einsatz weniger wasserverbrauchender Feldfrüchte, wassersparende Bewirtschaftung und Beregnung - Versuchswesen und Beratung.
- » Im Sinne eines optimierten Bodenwasserhaushalts sind vorhandene Entwässerungssysteme hinsichtlich ihrer Funktion und Zielsetzung zu überprüfen und ggf. anzupassen, um den Beregnungsbedarf zu minimieren.
- » Anbaudiversifizierung zur Risikoverteilung möglicher Extremwetterlagen.

Effizientes Wassermengenmanagement

Staatliches Engagement orientiert sich an den größten klimabedingten Problemen. Konkret vorgeschlagen werden deshalb Maßnahmen zur Verbesserung der Potenziale zur landwirtschaftlichen Grundwassernutzung in besonders betroffenen Regionen. Die Voraussetzungen für eine nachhaltige Wasser- und Grundwasserbewirtschaftung sind hier zu optimieren. Für dieses Ziel wurden in den Projekten „Klimafolgenanpassung in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen-“ (LBEG 2011), „No Regret – Genug Wasser für die Landwirtschaft“, „Aquareius-dem Wasser kluge Wege ebnen“ wie auch in dem Projekt „Klimzug Nord: Strategische Anpassungsansätze zum Klimawandel in der Metropolregion Hamburg“ Maßnahmen erarbeitet:

- » Die Förderung von Infrastrukturmaßnahmen zum Wassermanagement (z. B. Be- und Entwässerung, Speicherung, Waldumbau etc.) in Zusammenarbeit mit Fachbehörden und Verbänden.
- » Die Förderung der regionsspezifischen Kooperationen zwischen Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Naturschutz, Wasserwirtschaft und Kommune (z. B. mit Hilfe von Kulturlandschaftsverbänden³).
- » Anpassung der Agrarstruktur zur Verbesserung einer nachhaltigen Grundwassernutzung und zur Erhöhung der Beregnungseffizienz in besonders vom Klimawandel betroffenen Regionen. Dabei sollen die agrarstrukturellen Rahmenbedingungen und damit die Kulturlandschaft klimawandelorientiert unter Berücksichtigung aller Ökosystemfunktionen wie auch des Vorrangs der Trinkwasserversorgung weiterentwickelt werden.

³ Während der Projektlaufzeit von KLIMZUG-NORD wurde der Kulturlandschaftsverband Obere Wipperaue gegründet, ein Wasser- und Bodenverband im Sinne des Wasserverbandsgesetzes, mit Sitz in Uelzen. Mit Vertretern aus Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Forschung, Naturschutz und Politik werden in einem Arbeitspaket in KLIMZUG-NORD die für dieses Gebiet erarbeiteten Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel erprobt.



- » Die Anlage von Landschaftsstrukturelementen trägt zum Schutz vor Verdunstung bei (z. B. Agroforstsysteme).
- » Eine Ausweitung der Beregnung sollte insbesondere in Regionen mit konkurrierenden Nutzungen und knappen Reserven einhergehen mit Maßnahmen zur Stützung des Wasserhaushalts. Zielsetzung sollte sein, die vermehrt im Winterhalbjahr ungenutzt abfließenden Niederschläge, ggf. auch Starkniederschläge im Sommer zurückzuhalten und einer späteren Nutzung in der Vegetationsperiode zugänglich zu machen.
- » Nach umfassender Prüfung der Reinigungsleistung der jeweiligen Kläranlage und der örtlichen Prüfung der Notwendigkeit einer Bewässerung könnte gereinigtes Abwasser (Klarwasser) zur pflanzenbedarfsgerechten Beregnung in der Vegetationsperiode genutzt werden.
- » Bei der Wasser- und Grundwasserbewirtschaftung kann auf das Instrument der Wasserentnahmegebühr (WEG), immer unter der Voraussetzung ausreichender Wasserverfügbarkeit, zurückgegriffen werden.

Datengrundlagen und Forschung (s. a. Kap. 4)

Die Unterstützung von Forschungsaktivitäten orientiert sich an den größten klimabedingten Problemen. Konkret werden folgende Maßnahmen zur Umsetzung oder Fortführung vorgeschlagen:

- » Die Datenlage zur Optimierung der Grundwassernutzung ist zu verbessern. LBEG, NLWKN, NW-FVA, LWK Niedersachsen und die Beregnungsverbände können ihren Beitrag dazu liefern.
- » Der Beregnungsbedarf in der Landwirtschaft muss quantifiziert und bewertet werden. Insbesondere die Organisationen der Wassernutzenden (Fachverband Feldberegnung, Dachverbände) sowie die LWK Niedersachsen können hier zurarbeiten. Dazu sollen die tatsächlichen Beregnungsmengen erfasst werden, um den zusätzlichen Bedarf ermitteln zu können. Zu diesem Themenkomplex laufen derzeit Arbeiten der AG Landwirtschaft im Rahmen des Wasserversorgungskonzeptes Niedersachsen.
- » In einer landesweiten Betrachtung der dränierten Flächen ist zu bilanzieren, wo und in welchem Umfang der Bodenwasserhaushalt durch intelligentes Dränmanagement sowie Rückbau oder Ausbau von Entwässerungseinrichtungen verbessert werden kann.
- » Dort, wo aufgrund der Topografie und Flächennutzung eine gezielte Versickerung von Hochwässern möglich erscheint, sollten entsprechende Maßnahmen initiiert werden (z. B.: Pilotprojekt Wulbeck).
- » In Regionen mit gegenwärtiger oder zukünftig größerer Abhängigkeit von Beregnungsmaßnahmen müssen die Potenziale zur Grundwassernutzung projiziert werden. Diese Maßnahme kann von LBEG, NLWKN, NW-FVA und LWK Niedersachsen übernommen werden.
- » Eine Erweiterung, Test und Einführung standortspezifischer Verfahren zur Beregnungssteuerung auf Grundlage von Klima- und Bodendaten zusammen mit der Einrichtung eines landesweiten Informationsdienstes zur vegetationsbegleitenden Bereitstellung aktueller Beregnungsbedarfsdaten. Diese Maßnahme kann von LBEG und LWK Niedersachsen übernommen werden.
- » Die Erprobung und Implementierung neuer wasser- und energiesparender Bewässerungssysteme auf entsprechenden Versuchsfeldern mithilfe der LWK Niedersachsen und Fachfirmen unter Berücksichtigung vorhandener Ergebnisse.
- » Fortführung von Versuchen zur Humusanreicherung mit Biomasse(-produkten) strukturschwacher Böden zur Erhöhung der Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit und C-Sequestration auf Versuchsfeldern der LWK mit Forschungspartnern und von Versuchen zu weiteren Anpassungsoptionen (Sorten- und Düngungsversuche, Bodenbearbeitung) (Zurzeit u. a. in KLIMZUG-NORD laufende Versuchsanstellungen, LWK, LEUPHANA, TU HH).



- » Versuche mit weniger Wasser verbrauchenden Feldfrüchten, sowie zur Quantifizierung des Wasserverbrauchs der Kulturpflanzen bei erhöhter CO₂ Konzentration der Atmosphäre (Zurzeit bspw. Uni Göttingen).
- » Untersuchungen zum Wasserverbrauch von Energiepflanzen und -plantagen (zurzeit bspw. BEST, Uni Göttingen).

Tierproduktion

Die Tierproduktion ist durch Schutz vor Krankheiten durch verbesserte Diagnose, Vorbeugung und Bekämpfung von Tierseuchen abzusichern. Erfordernisse des Tierschutzes sind entsprechend den klimatischen Veränderungen weiterzuentwickeln:

- » Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Verbesserung des Verständnisses der Biologie von neuartigen Erregern, Vektoren und Wirten, die sich durch den Klimawandel in Niedersachsen verbreiten. Akteure sind dabei u. a. Universitäten und Hochschulen sowie Bundesforschungsanstalten.
- » Durch die neuen Krankheitserreger wird es u. U. notwendig, neue Medikamente bzw. alternative Behandlungsmethoden und Therapiemaßnahmen zu entwickeln und einzuführen (Akteure s. o.).
- » Die gute fachliche Praxis beim Lebendtiertransport⁴ ist an die Bedingungen des Klimawandels anzupassen.

Die Tierproduktion muss außerdem in den Bereichen Management, Haltung und Züchtung auf die erwarteten Klimaänderungen reagieren. Dazu müssen Wirkpfade und Empfindlichkeiten bekannt sein.

- » Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Verbesserung des Verständnisses der Zusammenhänge zwischen klimatischen Bedingungen, Leistung und Fitness. Akteure sind dabei Universitäten und Hochschulen sowie Bundesforschungsanstalten.
- » Wissenstransfer in die Beratung und auf die Betriebe. Akteure sind erneut die Hochschulen zusammen mit LWK, Beratungsringen und Verbänden.
- » Überprüfung und Weiterentwicklung von Leistungsstandards und Zuchtzielen unter neuen Klimabedingungen. Akteure sind dabei u. a. Hochschulen und Verbände.

Auf Anpassungsmaßnahmen zu Ackerfutter und Grünlandwirtschaft wird hier nicht speziell eingegangen. Für sie gelten weitgehend die Ausführungen zur Pflanzenproduktion. Außerdem sind spezielle Maßnahmen zur Grünlandbewirtschaftung und -pflege wegen der hohen Kohlenstoffspeicherfunktion des Grünlands den Klimaschutzmaßnahmen zugeordnet worden (vgl. hierzu Nds. Klimaschutzstrategie, 2021, Kapitel 3.7 Landnutzung, Landnutzungsänderung, Forstwirtschaft).

Anpassungscheck gesetzlicher Regelungen

Ermöglichen die rechtlichen Instrumente für die Landwirtschaft wie das Boden-, Naturschutz-, Gewässerschutz-, Düngemittel- und Pflanzenschutzrecht sowie das Tierschutzrecht einen effektiven Anpassungsprozess an den Klimawandel, so dass die Klimarisiken für sie gemindert und die Chancen genutzt werden können? Und sind sie gleichzeitig geeignet, bei einem anpassungsnotwendigen Verhalten der Landwirtschaft die Widerstandskraft der landwirtschaftlichen Ökosysteme zu schützen oder sogar zu stärken und in der Nutztierhaltung Tierschutz und Tierwohl weiterzuentwickeln? Die im Kapitel 3.5.2 beschriebenen direkten Klimafolgen für die Landwirtschaft

⁴ Klimawandel und Landwirtschaft – Positionspapier mit Strategien zur Anpassung und zum Klimaschutz im Bereich Tierhaltung Stand 12.09.2011 (abgestimmter Entwurf).



verändern die Bewirtschaftungsbedingungen für die Landwirtschaft dynamisch und machen weitere Anpassungen notwendig.

- » Ein besonderer Schwerpunkt wird in der Prüfung wasserrechtlicher Grundlagen gesehen, in denen verstärkt wasserwirtschaftliche Planungen und wasserrechtliche Festlegungen sowie Nutzungsrechte für geeignetes Wasser von Oberflächengewässern und Grundwasserleitern berücksichtigt werden. Hierfür stehen dem Land die entsprechenden Institutionen wie NLWKN, LBEG, NW-FVA und LWK Niedersachsen mit ihrem Fachwissen und Ergebnissen aus aktuellen und abgeschlossenen Forschungsvorhaben zur Klimaanpassung zur Verfügung.

Risikomanagement

Die Anforderungen an das landwirtschaftliche Risikomanagement sind schon seit einiger Zeit deutlich gestiegen und werden in Zukunft zu einer ständigen Herausforderung. Zwar tragen landwirtschaftliche Betriebe als Unternehmen zuvorderst selbst die Verantwortung für das einzelbetriebliche Risikomanagement, jedoch nehmen nicht kalkulierbare Risiken aufgrund von Wetterextremen stetig zu. An Bedeutung gewonnen hat die Zunahme der Wahrscheinlichkeit von Hitzeextremen und Trockenperioden für die Pflanzenproduktion. Aber auch Extremwetterereignisse wie Hagel, Starkregen, Sturm und Frost können den Ernteertrag drastisch schmälern. Ertragsausfallversicherungen sind eine Möglichkeit entsprechende Risiken zu minimieren. Insgesamt wird in Deutschland eine Vielzahl von Versicherungstypen wie Ertragsversicherungen oder Indexversicherungen angeboten.

Das Hagelrisiko wird in Deutschland derzeit schon in breitem Maße privatwirtschaftlich über die Hagelversicherung abgedeckt. Dagegen besteht für bestimmte andere Wettergefahren nur begrenzter Versicherungsschutz bzw. ist ökonomisch nicht tragbar. Um einen Anreiz zu schaffen, entsprechende Versicherungsangebote auf den Markt zu bringen sowie eine Gleichbehandlung der Policen für Hagel, Sturm, Spätfrost, Starkregen oder Überschwemmungen zu gewährleisten, wurde rückwirkend zum Januar 2020 der Steuersatz für Dürrepolicen von 19 % auf 0,03% der Versicherungssumme gesenkt.

- » Die Landesregierung prüft derzeit, ob staatlich unterstützte Versicherungslösungen umgesetzt werden können. Ziel wäre es, die Versicherungsdichte zu erweitern, in dem eine Mehrzahl von Landwirtinnen und Landwirten für den Abschluss von Mehrgefahrenversicherungen mobilisiert wird. Gleichzeitig sollen die staatlichen ad-hoc-Hilfen entbehrlich gemacht werden.

3.5.6 Literaturverzeichnis

BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2010): Leitfaden „Coaching in der Landwirtschaft“.

BÖHM, U./ KÜCKEN, M./ AHRENS, W./ BLOCK, A./ HAUFFE, D./ KEULER, K./ ROCKEL, B. & WILL, A. (2006): CLM – The climate version of LM: Brief description and long-term application. Proceedings from the COSMO General Meeting 2005. COSMO Newsletter, 6, S. 225–235.

BRANDT, C./ VON SAMSON-HIMMELSTJERNA/ G., DEMELER, J. (2011): Steigende Gesundheitsrisiken durch parasitäre Infektionserreger bei Rindern. Vet-MedReport 6/35, 2011.

BRÜGEMANN, K./ GERNAND, E./ V. BORSTEL, U./ KÖNIG, S. (2011): Genetic analyses of protein yield in dairy cows by applying random regression models with time-dependent and temperature x humidity-dependent covariates. J. Dairy Sci., 94, 4129–4139.

BRUHN, DOMINIQUE/ LANGE, MAREIKE/ PETERSON, SONJA (2010): Loccumer Protokolle 02/10: Klimawandel und Deutsche Landwirtschaft – Institut für Weltwirtschaft Kiel, S. 10, Evangelische Akademie Loccum.



CHMIELEWSKI, F.-M. (2007): Folgen des Klimawandels für Land- und Forstwirtschaft. In: Endlicher, Wilfried/Gerstengabe, Friedrich-Wilhelm (Hrsg.): Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke. Berlin, S. 75–85.

DWD: https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html (Abruf September 2020)

DWD: Was wir heute übers Klima wissen BASISFAKTEN ZUM KLIMAWANDEL, DIE IN DER WISSENSCHAFT UNUMSTRITTEN SIND (September 2020)

ENGEL, N., MÜLLER, U., STADTMANN, R., HARDERS, D. & HÖPER, H. (2020): Auswirkungen des Klimawandels auf Böden in Niedersachsen. 2. Auflage. https://www.lbeg.niedersachsen.de/boeden_grundwasser/klimawandel/auswirkungen_auf_boeden/auswirkungen-des-klimawandels-auf-boeden-in-niedersachsen-89957.html

EU (EUROPÄISCHE KOMMISSION GENERALDIREKTION LANDWIRTSCHAFT UND LÄNDLICHE ENTWICKLUNG) (2008): Fact Sheet Klimawandel: Die Herausforderungen für die Landwirtschaft. FLECK, S., MEESENBURG, H., WAGNER, M., AHRENDTS, B., HASSENTEUFEL, M., HÖPER, H. & SCHÄFER W. (2012): Klimafolgenmonitoring. In: HÖPER, H. & MEESENBURG, H. (Hrsg.) (2012): Tagungsband 20 Jahre Bodendauerbeobachtung in Niedersachsen. – GeoBerichte 23. Hannover: LBEG.

GÖMANN H., BENDER A., BOLTE A., DIRKSMEYER W., ENGLERT H., FEIL J.-H, FRÜHAUF C., HAUSCHILD M., KRENGEL S., LILIENTHAL H., LÖPMEIER F.-J., MÜLLER, J., MUßHOFF, O., NATKHIN, M., OFFERMANN, F., SEIDEL, P., SCHMIDT, M., SEINTSCH, B., STEIDL, J., STROHM, K. & ZIMMER, Y. (2015) Agrarrelevante Extremwetterlagen und Möglichkeiten von Risikomanagementsystemen. Thünen Report 30.

GÖMANN, H., FRÜHAUF, C., LÜTTGER, A. & WEIGEL, H.-J. (2017): Landwirtschaft. In: BRASSEUR, G., JACOB, D. & SCHLUCK-ZÖLLER, S. (Hrsg.): Klimawandel in Deutschland. Springer Open.

GRETHE, H. (2011): Entwicklung der internationalen Agrarmärkte und Auswirkungen auf die Welternährung, Fachgebiet Agrar- und Ernährungspolitik, Universität Hohenheim, Vortrag auf der 18. Ernährungsfachtagung der Sektion Baden-Württemberg der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e.V.

HEIDT, L./ MÜLLER, U. (2012): Einfluss des Klimawandels auf den regionalen Bodenwasserhaushalt und die potenzielle Beregnungsbedürftigkeit in Niedersachsen. - Geoberichte 20, S. 53-84. IPCC (2014): Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) [Hauptautoren, R.K. Pachauri und L.A. Meyer (Hrsg.)]. IPCC, Genf, Schweiz. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2016. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/IPCC-AR5_SYR_barrierefrei.pdf

IPCC Sonderbericht über Klimawandel und Landsysteme (2019), Hauptaussagen des IPCC Sonderberichts über Klimawandel, Desertifikation, Landdegradierung, nachhaltiges Landmanagement, Ernährungssicherheit und Treibhausgasflüsse in terrestrischen Ökosystemen

ISSELSTEIN, J./ KAYSER, M./ KÜCHENMEISTER, F./ KÜCHENMEISTER, K./ WRAGE, N. (2011): Grünland im Klimawandel. DLG-Mitteilungen 6.

KERSEBAUM, K.C. & NENDEL, C. (2014): Site-specific impacts of climate change on wheat production across regions of Germany using different CO₂ response functions. – European Journal of Agronomy, 52, 22-32.



- KLIMZUG-NORD (2012): Strategische Ansätze zum Klimawandel in der Metropolregion Ham- burg. Online unter: www.klimzug-nord.de, abgerufen am 5.6.2012
- KRAUSE, A. (2008): Der Klimawandel in Niedersachsen - Analyse und Bewertung vorhandener Datensätze. – Berichte des Instituts für Meteorologie und Klimatologie der Leibniz Universität Hannover.
- KRAUSE, A./ GROSS, G. (2011): Klimafolgenmanagement in der Metropolregion Hannover- Braunschweig-Göttingen. In: GROSS, G. ET AL.: Klimafolgenmanagement in der Metropolregion Hannover –Braunschweig – Göttingen. GeoBerichte 18, S. 8–22.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN (2011): Agrarstatistisches Kompendium 2011. Struktur und Entwicklung der niedersächsischen Landwirtschaft in Zahlen und Beiträgen.
- LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE (2011): Klimafolgenmanagement in der Metropolregion Hannover – Braunschweig – Göttingen. GeoBerichte 18.
- LENSEN, CH./ MÜLLER, U. (2011): Einfluss des Klimawandels auf Standortpotenziale von Bio- energiepflanzen in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen. In: GROSS, G. ET AL.: Klimafolgenmanagement in der Metropolregion Hannover – Braunschweig – Göttingen. GeoBe- richte 18, S. 23–39.
- MANDERSCHIED, R. & WEIGEL, H.-J. (2013): Das Braunschweiger FACE-Experiment. – promet, 38 Nr. 1/2, S. 20-31. DWD.
- MANDERSCHIED, R., ERBS, M. / WEIGEL, H.-J. (2014): Interactive effects of free-air CO₂ enrichent and drought stress on maize growth. – European Journal of Agronomy, 52, 11-21.
- NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT UND KLIMASCHUTZ (HRSG.) (2008): Der Klimawandel als Herausforderung für Staat und Gesellschaft. Struktur für eine Anpassungsstrate- gie. Hannover.
- NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT UND KLIMASCHUTZ (2019): Klimawirkungs- studie Niedersachsen.
- NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, BAUEN UND KLIMASCHUTZ (MU NIEDERSACHSEN) (Hrsg.) (2020): Auf gutem Grund – Ein Aktionsprogramm zum Schutz der Böden in Niedersachsen.
- OECD/FAO (2019), OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028, OECD Publishing, Paris, [https:// doi.org/10.1787/agr_outlook-2019-en](https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2019-en).
- OECD/FAO (2020), OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029, OECD Publishing, Paris/FAO, Rome, <https://doi.org/10.1787/1112c23b-en>.
- REGIERUNGSKOMMISSION KLIMASCHUTZ (2012): Empfehlungen für eine niedersächsische Kli- maschutzstrategie, Kap V, Maßnahme 6 „Erhalt von Dauergrünland“.
- SCHMELMER, K./ URBAN, B. (2011): Humusgehalte ackerbaulich genutzter Sandböden im Klima- wandel – Experimente und Modellierung.
- SPEKAT, A./ ENKE, W./ KREIENKAMP, F. (2007): Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von glo- balen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen



Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES-Szenarios B1, A1B und A2. – Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH, 112 S.; Potsdam.

STERN, NICHOLAS (2009): Der Global Deal. München.

STERN, NICHOLAS (2007): The Economics of Climate Change. The Stern Review. Cambridge.

THÜNEN-INSTITUT (o.J.): Das Braunschweiger FACE-Projekt. Online unter: <https://www.thuenen.de/de/bd/projekte/das-braunschweiger-face-projekt/>, abgerufen am 17.08.2020.

THÜNEN-REPORT 65 (2019) „LEISTUNGEN DES ÖKOLOGISCHEN LANDBAUS FÜR UMWELT UND GESELLSCHAFT“.

VERBAND DER LANDWIRTSCHAFTSKAMMERN (2010): Klimawandel und Landwirtschaft – Anpassungsstrategien im Bereich Pflanzenbau.

VERBAND DER LANDWIRTSCHAFTSKAMMERN (2011): Klimawandel und Landwirtschaft – Positionspapier mit Strategien zur Anpassung und zum Klimaschutz im Bereich Tierhaltung, Stand 12.09.2011 (abgestimmter Entwurf).

VERBAND DER LANDWIRTSCHAFTSKAMMERN (2019): Klimawandel und Landwirtschaft – Positionspapier Anpassungsstrategien im Ackerbau. – Fachinformationen.

VON BUTTLAR, CH/ KARPENSTEIN-MACHAN, M./ BAUBÖCK, R. (2011): Potenziale für den Anbau und die Nutzung von Energiepflanzen unter Berücksichtigung des regionalisierten Klimawandels. In: In: GROSS, G. ET AL.: Klimafolgenmanagement in der Metropolregion Hannover – Braunschweig – Göttingen. GeoBerichte 18, S. 40–58.

WEIGEL, HANS-J./ R. MANDERSCHIED/ M. SCHALLER: Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf Ertrag und Qualität von Getreide. Online unter: www.agfdt.de/loads/gt07/weigel.pdf

WRAGE, N./ EBENAU, A./ JARZMIK, A./ STEUDE, K./ PETER, K./ THIES, C./ ISSELSTEIN, J. (2009): Water-use efficiency of grassland differing in diversity. Grassland Science in Europe 14, 281-283.

WRAGE, N./ GAUCKLER, L./ STEEP, E./ KÜCHENMEISTER, F./ KÜCHENMEISTER, K./ ISSELSTEIN, J. (2010): Influence of drought stress and fertilisation on carbon isotopes as indicators of water use of grassland differing in diversity. Grassland Science in Europe 15, 860-862.



3.6 WALD UND FORSTWIRTSCHAFT





3.6 Wald und Forstwirtschaft

3.6.1 Hintergrund

Eckdaten

Niedersachsens Wälder sind kulturgeprägt und weisen eine reiche Standortpalette auf. Es entstanden sehr verschiedene und vielfach artenreiche Waldlandschaften (Waldökosysteme). Sie haben eine große Bedeutung für die Wertschöpfung im ländlichen Raum, Umwelt- und Naturschutz, die Erholung und das Landschaftsbild. Niedersachsen verfügt heute mit rund 1,2 Millionen Hektar absolut gesehen bundesweit über die drittgrößte Waldfläche nach Bayern und Baden-Württemberg. Im relativen Vergleich zählt Niedersachsen nach Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern jedoch zu den waldärmsten Bundesländern. Knapp 30% steht im Eigentum der Anstalt Niedersächsische Landesforsten (NLF). Der übrige Wald befindet sich zum größten Teil im Besitz von weit mehr als 100.000 privaten Waldbesitzenden, der Klosterkammer, Stiftungen, dem Bund und kommunalen Eigentümern. Derzeit wachsen in Niedersachsen jährlich etwa 12 Millionen Kubikmeter Holz nach, von denen rund 8,3 Millionen Kubikmeter geerntet werden.

Leistungen für das Gemeinwohl

Wälder erfüllen umfassende Gemeinwohlleistungen. Die Waldgesetze des Bundes und der Länder sehen die Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion des Waldes als grundsätzlich gleichrangig nebeneinander an. Waldbewirtschaftung sichert Arbeitsplätze im strukturschwachen Raum und liefert Bau- sowie Brennstoffe. Wälder dienen dem Klima-, Boden-, Erosions-, Lärm- und Sichtschutz. Sie sind Trinkwasserlieferant, Sauerstoffproduzent und für die Erhaltung der Biodiversität unersetzlich. Als Stätten der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) sind Wälder ideal und bieten Erholungs- sowie Sportmöglichkeiten. Sie entziehen durch den Aufbau oberirdisch und unterirdisch wachsender Biomasse der Atmosphäre CO_2 . Bei der Zersetzung der Biomasse lagern sich darüber hinaus große Mengen Kohlenstoff im Waldboden an. Mit diesen Leistungen tragen sie wesentlich zum Klimaschutz bei.

Niedersächsische Wuchsregionen

Bedingt durch unterschiedliche naturräumliche und standörtliche Voraussetzungen sowie die Forstgeschichte haben sich Niedersachsens Wälder regional sehr differenziert entwickelt. Vor diesem Hintergrund sind Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel auf Regionen und Standorte zuzuschneiden. Gemeinhin werden drei forstliche Wuchsregionen mit regional geprägten Waldstrukturen abgegrenzt:

- » das Westniedersächsische Tiefland (Waldflächenanteil 15 %),
- » das Ostniedersächsische Tiefland (Waldflächenanteil 41 %),
- » und das Niedersächsische Bergland (Waldflächenanteil 33 %).

Vorbelastungen

Die massive Entwaldung durch intensive Holz- und Streunutzung, die im Mittelalter begann, hat großflächig den Humusabbau, die Auswaschung von Nährstoffen aus dem Oberboden und ihre Verlagerung in tiefere Bodenschichten begünstigt sowie die teilweise Überschichtung mit extrem nährstoffarmem Flugsand verursacht. Wälder aus Wiederaufforstungen der jüngeren Zeit sind forsthistorisch bedingt in ihrer Bestandesstruktur und Baumartenausstattung oft noch unzurei-



chend differenziert. In der jüngeren Vergangenheit, insbesondere nach den beiden Weltkriegen und nach großen Sturm- und Waldbrandkatastrophen wurden Baumarten an Standorten eingebracht, die aus heutiger Sicht weniger geeignet sind. Dies erfolgte oftmals aus wirtschaftlichen Zwängen, aber auch aus Kostengründen, Mangel an geeignetem Saat- und Pflanzgut, aus Unwissen über die standörtlichen Möglichkeiten und die waldbaulichen Risiken oder aus dem Zeitgeist der reinen Ertragssteigerung des frühen 20. Jahrhunderts. Die Folgen sind noch heute zu spüren. Die Widerstandskraft standörtlich nicht angepasster Wälder gegen abiotische und biotische Schäden ist deutlich herabgesetzt. Überhöhte Wildbestände verursachen untragbare Schäl- und Verbißschäden und tragen zu einer Entmischung des Nachwuchses und damit einer Reduktion der Artenvielfalt bei. Industriebedingte Immissionen bewirkten zusätzliche Belastungen des Bodens durch Stickstoff- und Säureinträge. Zwar sind die Säureinträge aufgrund erfolgreicher Maßnahmen zur Luftreinhaltung seit Ende der Achtzigerjahre signifikant zurückgegangen, dennoch ist mehr als die Hälfte aller Waldböden durch Säuremengen erheblich vorbelastet. In Verbindung mit weiterhin zu hohen Stickstoffinträgen - überwiegend aus Industrie, Landwirtschaft und Verkehr - übersteigen sie das Puffervermögen und die kritischen Belastungsgrenzen (critical loads) der meisten Waldböden erheblich. Daher ist die Widerstandskraft (Resilienz) der Waldökosysteme gegen Stressfaktoren des Klimawandels insgesamt gemindert.

3.6.2 Auswirkungen des Klimawandels

Der Klimawandel setzt die niedersächsischen Wälder verstärkten Risiken aus, die langfristige negative Auswirkungen auf alle Funktionen des Waldes haben. Entgegen anderer sektoraler Handlungsfelder und insbesondere der Landwirtschaft, zeichnen sich Wälder durch sehr langsame Anpassungsprozesse mit begrenzten Anpassungsmöglichkeiten aus, weswegen den Maßnahmen eine besondere Bedeutung zukommt.

Allgemeine Wirkungszusammenhänge

Wasserdefizit

Ein maßgeblicher Faktor für das Waldwachstum ist das pflanzenverfügbare Wasser in der Vegetationszeit.

Baumarten haben physiologisch begründet unterschiedliche Ansprüche an die Wasserversorgung und entwickeln teils standortabhängige angepasste Wurzelsysteme zur Wasser- und Nährstoffaufnahme. Dennoch sind in Folge der extremen Trockenjahre 2018, 2019 und 2020 bei nahezu allen Arten Stressreaktionen und Absterbeerscheinungen zu beobachten.

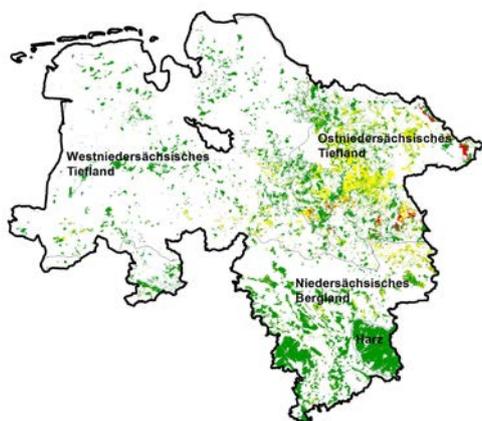
Durch den Klimawandel verändert sich der Standortfaktor Wasser und fordert Wäldern eine große Anpassungsreaktion ab. Wo diese an die Grenzen des für immobile Arten Möglichen stößt, können Beeinträchtigungen bis hin zu einem flächigen Absterben die Folge sein.



Fichte

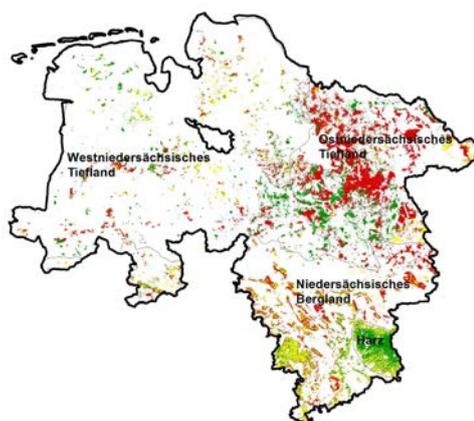
heute (1981 – 2010)

Klimadaten DWD



Zukunft (2041 – 2070)

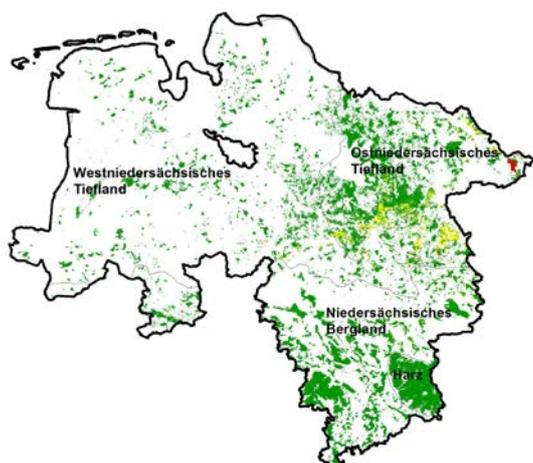
Klimaprojektion RCP8, 5 ECHAM6 STARS
II-Median



Buche

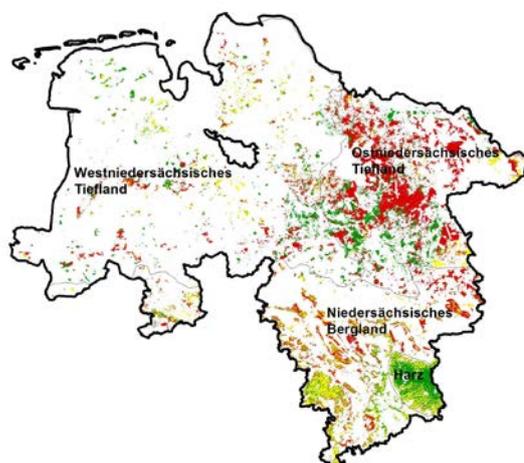
heute (1981 – 2010)

Klimadaten DWD



Zukunft (2041 – 2070)

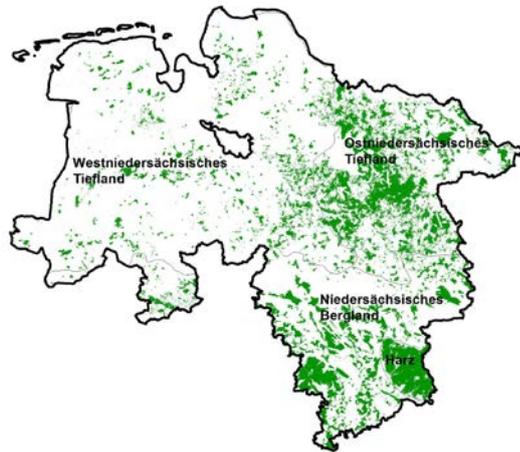
Klimaprojektion RCP8, 5 ECHAM6 STARS
II-Median



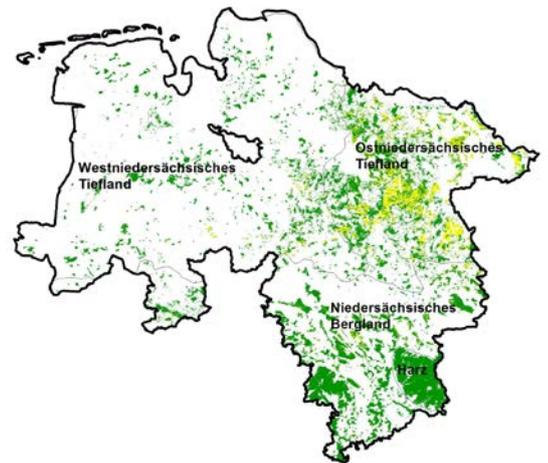


Eiche/Douglasie

heute (1981 – 2010)
Klimadaten DWD

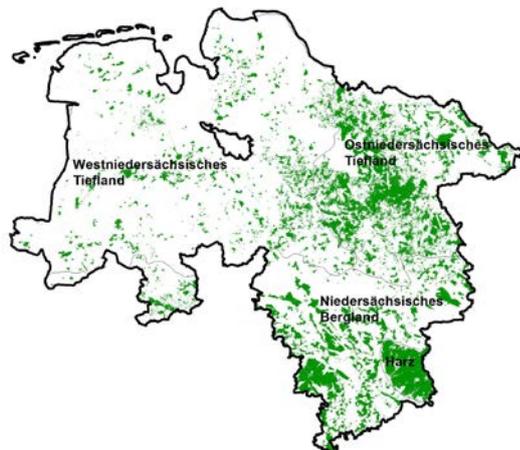


Zukunft (2041 – 2070)
Klimaprojektion RCP8, 5 ECHAM6 STARS
II-Median



Kiefer

heute (1981 – 2010)
Klimadaten DWD



Zukunft (2041 – 2070)
Klimaprojektion RCP8, 5 ECHAM6 STARS
II-Median

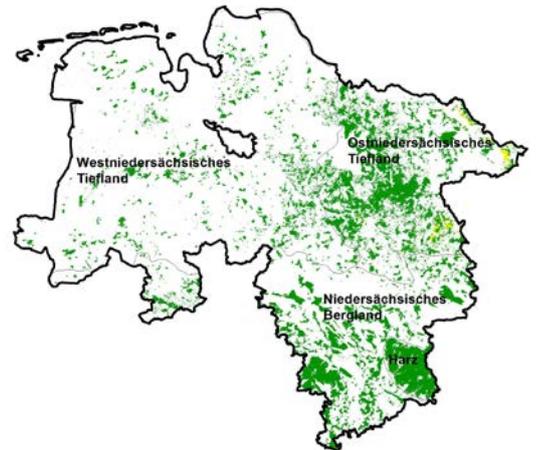


Abbildung 3.6.1: Abschätzung des Anbaurisikos der wichtigsten Waldbaumarten in Niedersachsen auf Grundlage der Standortwasserbilanz; (Quelle: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, 2020).



Verlängerte Vegetationszeiten – Spätfrost

Generell wirken sich längere Vegetationszeiten positiv auf das Wachstum der Bäume aus. Durch den früheren Beginn der Vegetationsperiode erhöht sich jedoch die Spätfrostgefahr, die das Wachstum auch von wirtschaftlich wichtigen Baumarten wie Buche, Eiche und Douglasie einschränken kann.

Extremwetterereignisse

In den vergangenen Jahrzehnten waren Niedersachsens Wälder wiederholt von Extremwetterereignissen (Trockenheit, Hitze, Sturm) betroffen. Schäden an Bäumen haben oft mehrere Ursachen im Zusammenspiel von Witterung sowie Insekten- und Pilzarten. Trockenheit und Sonneneinwirkung mit erhöhten Strahlungs- und Temperaturwerten können komplexe Schädigungen, Vitalitätsschwäche, verfrühten Laubabfall und nachfolgenden Schädlingsbefall verursachen. In Dürre- und Hitzejahren ist durch Trockenstress auch die natürliche Abwehrkraft von Nadelbäumen gegen Schadorganismen wie Borkenkäfer deutlich herabgesetzt. Heiße und trockene Sommer begünstigen Massenvermehrungen wärmeliebender Käfer, blatt- und nadelfressender Schmetterlinge und Blattwespen, die bei ausbleibenden Waldschutzmaßnahmen zu großflächigem Kahlfraß und Bestandesverlusten führen können. Das natürliche Artenspektrum kann sich zugunsten dieser Insekten und fremdländischer Schadorganismen verschieben.

Zu erwartende milde und niederschlagsreiche Winter mit abnehmender Zahl der Frosttage begünstigen Pilzerkrankungen. Bei einer möglichen Zunahme der Sturmhäufigkeit mit hohen Windgeschwindigkeiten und Turbulenzen ist künftig mit weiter steigenden Schäden durch Windwurf und -bruch zu rechnen. Gefährdet sind insbesondere strukturärmere Nadelholzbestände und Laubbäume im belaubten Zustand. In Fichtenbeständen droht in der Folge ein verstärkter Borkenkäferbefall, da Sturmwürfe und -brüche große Mengen bruttauglichen Materials hinterlassen. Unplanmäßiger Schadholzanfall nach Extremereignissen und der Befall von Schadorganismen kann Störungen des Holzmarktes verursachen und Forstbetriebe wirtschaftlich gefährden.

Risikoschwerpunkte in den Wuchsregionen

Westniedersächsisches Tiefland

- » Einträge aus der Landwirtschaft
- » kleine Waldflächen
- » Windbelastung

Ostniedersächsisches Tiefland

- » Standorte mit Wassermangel
- » Risiko von Spätfrostschäden und Massenvermehrungen von Schädlingen
- » Waldbrand-Risikogebiet

Niedersächsisches Bergland

- » Borkenkäferschäden
- » Schäden durch Klimaextreme
- » Stürme



3.6.3 Handlungsziele

Walderhalt und Sicherung aller Waldfunktionen durch aktive Waldentwicklung

Eine Klimaanpassung des Waldes erfordert eine aktive Waldentwicklung im Rahmen der multifunktionalen ordnungsgemäßen Forstwirtschaft. Es ist davon auszugehen, dass Ausmaß und Geschwindigkeit des Klimawandels an vielen Orten die Anpassungsfähigkeit der bisherigen Baumarten erheblich überfordern werden. Die natürliche Anpassungsfähigkeit wird allein nicht ausreichen, um die notwendige Anpassung sicherzustellen und Schäden auch im Interesse des Klimaschutzes abzuwenden.

Um sicherzustellen, dass der Wald gegenwärtig wie zukünftig unter geänderten Klimabedingungen allen Funktionen gerecht werden kann, bedarf es einer gesteuerten Waldentwicklung. Die Nachhaltigkeit der Nutzungsmöglichkeiten, der Erhalt des Waldes als Lebensraum zahlreicher Arten und als Erholungsraum der Menschen bedarf hierbei einer gezielten Steigerung der Resilienz.

Handlungsfeld: Intensivierung der langfristigen Waldentwicklung

Zur Sicherung der Wälder und ihrer nachhaltigen Leistungen ist als vorrangige Anpassungsmaßnahme die Entwicklung von standortgerechten, vielfältigen, stabilen, anpassungsfähigen und ökologisch wertvollen Waldbeständen zu intensivieren. Mischwäldern kommt dabei eine Schlüsselfunktion zu, um Risiken zu senken und zu streuen. Seit mehreren Jahrzehnten strebt der Waldumbau bereits in diese Richtung. Die Bewirtschaftung erfolgt heute in großen Teilen der niedersächsischen Wälder auf ökologischer Grundlage. Grundsätzlich sind strukturreiche Mischwälder stabiler und weisen eine höhere Resilienz auf als Reinbestände mit nur einer Baumart.

Entscheidend für die künftige Entwicklung sind die jeweiligen Standortbedingungen, die von Boden, Wasserhaushalt und Klima, aber eben auch der Klimaveränderung bestimmt werden. Der Anbau standortgerechter Baumarten, die an die jeweiligen Boden- und Klimabedingungen angepasst sind, ist unter besonderer Beachtung heimischer Baumarten maßgeblich für eine Sicherung der Waldfunktionen. Die Anforderungen unserer Waldbaumarten an die Standorte und auch die Anbaugrenzen gelten heute als bekannt und sind wissenschaftlich abgesichert. Aktuelle Erfahrungen und Forschungsergebnisse zeigen, dass in die Anpassungsstrategien Aspekte eines systematischen Risikomanagements stärker integriert werden müssen. Dieses umfasst sowohl die Identifikation, Analyse und Bewertung von Risiken, als auch deren Bewältigung im Schadensfall. Ein weiteres wichtiges Instrument der betrieblichen Risikovorsorge ist die Bildung angemessener finanzieller Rücklagen. Im Forstbetrieb setzt dies voraus, dass in Zeiten hoher Einnahmen aus dem Holzverkauf ein Teil des Gewinns für Krisenzeiten und die Wiederbewaldung von Schadflächen zurückgelegt werden kann.

Die Ergebnisse der Bundeswaldinventur III belegen Erfolge im Hinblick auf eine stärkere vertikale Strukturierung, wachsende Mischwaldanteile und Naturnähe, sowie zunehmende natürliche Waldverjüngung und höhere Holzvorräte.

Besonders in gefährdeten Ausgangslagen (zum Beispiel, wenn die Baumart auf ungeeignetem Standort stockt) sollten Umbaumaßnahmen wie die Pflanzung der neuen Waldgeneration oder ein Baumartenwechsel rechtzeitig erfolgen. Je früher die Waldentwicklung auf ganzer Fläche greift, desto geringer fallen die Risiken des Klimawandels aus.

Im Privatwald bietet das Land Niedersachsen den Waldbesitzern bereits jetzt Fördermöglichkeiten für die Waldentwicklung an, die möglichst ausgebaut und gegebenenfalls noch stärker auf das Ziel der Klimaanpassung und die Leistungsfähigkeit der Wälder im Sinne der MCPFE-Kriterien (Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa) ausgerichtet werden sollten.



Die Klimaanpassung im Landeswald erfolgt nach den Maßgaben des Regierungsprogramms zur „Langfristigen ökologischen Waldentwicklung“ (LÖWE+). Dieses wurde 2017 umfangreich unter Beachtung sich verändernder klimatischer Bedingungen überarbeitet und berücksichtigt neue wissenschaftliche Erkenntnisse.

Handlungsfeld: Absicherung von forstlicher Forschung und Beratung

Die begleitende forstliche Forschung ist langfristig abzusichern und eine klimaangepasste Forstfachberatung aller Waldbesitzenden dauerhaft zu gewährleisten. Allen aktiven Anpassungsmaßnahmen muss eine sorgfältige forstliche Risikoanalyse auf wissenschaftlicher Grundlage vorausgehen, deren Umsetzung praxisorientiert erfolgen muss.

Die Umsetzung der notwendigen Anpassungsmaßnahmen vor Ort erfordert fundierten forstlichen Fachverstand. Aufgrund der besonderen Bedeutung des Waldes und seines hohen und gesetzlichen abgesicherten Stellenwertes ist es nicht zuletzt die Aufgabe des Staates eine klimaangepasste Forstfachberatung zu gewährleisten.

Das waldbaulich-ertragskundliche Versuchswesen ist seit 130 Jahren als staatliche Aufgabe etabliert. Es soll unter dem Aspekt des Klimawandels fortgeführt und weiterentwickelt werden. Dazu sind die in Niedersachsen angesiedelten Forschungseinrichtungen an der Universität Göttingen, an der HAWK Hildesheim-Holzwinden-Göttingen sowie an der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) den Anforderungen gemäß auszustatten. Die NW-FVA ist für Niedersachsen und seine drei weiteren Trägerländer zentrale Forschungs- und Beratungsstätte für alle Waldbesitzarten. Deren Forschungsergebnisse sind über Niedersachsen hinaus auch im bundes- und europaweiten Rahmen wesentliche Grundlage für die Bewertung von Waldökosystemen unter dem Einfluss von Stoffeinträgen und des Klimawandels. Forschung und Beratung der Waldbesitzer auf dem Gebiet des Waldschutzes sowie effiziente Maßnahmen gegen bestandsbedrohende Schädlingsentwicklungen sind zur Existenzsicherung der Forstbetriebe unverzichtbar. Diese Leistungen werden künftig an Stellenwert gewinnen. Zusätzliche Fördermittel für klimawandelspezifische Projekte sollten bereitgestellt werden.

Handlungsfeld: Weiterentwicklung und Sicherung des Waldmonitorings

Im Kontext europäischer und nationaler Erfordernisse ist ein auf Niedersachsen abgestimmtes Waldmonitoring zu verwirklichen, das unter anderem die Folgen des Klimawandels auf den Wald dokumentiert, eine Grundlage für die Weiterentwicklung von Anpassungsstrategien ist, sowie auch deren Umsetzung darlegt.

Das Waldmonitoring soll im Kern die langfristig angelegte Dokumentation des Wald- und Bodenzustandes sowie wesentlicher Kenndaten zum Waldaufbau und zur Biodiversität umfassen. Aufgrund der Komplexität ökosystemarer Zusammenhänge im Wald, ist ein effektives Waldmonitoring die wichtigste Grundlage zur Dokumentation der Folgen des Klimawandels auf Wälder, sowie zur Weiterentwicklung und Bewertung der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen. Die Ergebnisse des Waldmonitorings sollen wesentliche Daten über Änderungen der Umweltbedingungen erbringen. Dazu zählen Informationen zur Nachhaltigkeit der forstlichen Bewirtschaftung, zu Maßnahmen des Waldmanagements und der Bodenschutzkalkung, sowie zur Kohlenstoffspeicherung.

Ein wirksames Risikomanagement setzt voraus, dass Gefährdungen frühzeitig erkannt und in ihrer Entwicklung zutreffend prognostiziert werden. Im Schadensfall ist es zudem erforderlich, das Ausmaß der Schäden möglichst rasch und genau zu quantifizieren, um betriebliche Gegenmaßnahmen bzw. administrative Maßnahmen zur Unterstützung der Waldbesitzer bei der Aufarbeitung und Behebung der Schäden sowie dem Wiederaufbau der Wälder einzuleiten. Angesichts begrenzter finanzieller und personeller Ressourcen ist hierzu das Waldschutzmonitoring auf



der Basis abgesicherter Erkenntnisse und neuer technischer Möglichkeiten weiterzuentwickeln. Zur besseren Zusammenführung der Informationen sollten die bisherigen Waldschutz-Meldesysteme in den Bundesländern harmonisiert und für alle Waldbesitzende und Waldbetreuende kostenfreie Webapplikationen bereitgestellt werden. Mit ihnen lassen sich Schadensmeldungen georeferenziert dokumentieren, regionale Schadensschwerpunkte identifizieren, die Entwicklung wichtiger Schaderreger verfolgen, Schwellenwertüberschreitungen anzeigen und der Einsatz von Pflanzenschutzmaßnahmen gemäß Pflanzenschutzgesetz aufzeichnen.

In den letzten Jahren hat es entscheidende technische Weiterentwicklungen mit entsprechenden Leistungssteigerungen von Fernerkundungssystemen gegeben. Hierzu zählen vollständige digitale Prozessketten für die Auswertung von Bilddaten, höhere Auflösungen bei optischen Satelliten, eine große Vielfalt bei Kamera- und Trägersystemen oder die Schaffung leistungsfähiger Infrastrukturen zur Bereitstellung von Satellitendaten. Dennoch ist beispielsweise die Früherkennung von Borkenkäferbefall an Fichten mit gängigen Multispektralkameras an Drohnen bislang noch nicht effektiv möglich. Hier besteht weiterer Entwicklungsbedarf.

Handlungsfeld: Künftige Anbaueignung der Baumarten

Angesichts der Langfristigkeit forstlicher Entscheidungen muss Aktionismus vermieden werden. Alle Maßnahmen sind sowohl auf heutige Wälder (kurz- bis mittelfristige Maßnahmen) als auch den klimaangepassten Waldumbau (mittel- bis langfristige Maßnahmen) abzustellen. Maßgeblich ist die künftige Anbaueignung der Baumarten. Vermehrungsgut, das besonders gut an die Folgen der Extremwetterereignisse angepasst ist, wird künftig an Bedeutung gewinnen. Aus den beschriebenen Handlungszielen leiten sich Maßnahmen ab, die mit fortschreitendem Erkenntnisgewinn zu verfeinern und in konkrete Empfehlungen für die Forstbetriebe zu fassen sind. Die erforderlichen Umsetzungsinstrumente (u.a. Waldrecht, Forsteinrichtung, Wirtschaftsplanung, Beratung und Förderung) sind bereits vorhanden, müssen jedoch kontinuierlich zielgerichtet angepasst werden.

3.6.4 Maßnahmen

Handlungsfeld: Intensivierung der langfristigen Waldentwicklung

- » Laufende Überprüfung der Anbaueignung von allen potenziellen, heimischen und nichtheimischen, Baumarten im Hinblick auf die sich verändernden Standortbedingungen sowie Ableitung standortspezifischer Empfehlungen zur Waldentwicklung
- » Laufende Überprüfung und Anpassung der waldbaulichen Methoden zur Förderung der Resilienz
- » Verbesserung des Wasserrückhalts mit dem Ziel der Optimierung des pflanzenverfügbaren Wassers vorrangig in Gebieten mit negativer Wasserbilanz und zur Verbesserung des dezentralen Hochwasserschutzes
- » Verzicht auf den Anbau von Baumarten in ihren standörtlichen oder klimatischen Grenzbereichen
- » Schaffung walddverträglicher Schalenwildlichten als wesentliche Grundlage einer vielfältigen, effektiven und erfolgreichen Waldentwicklung
- » Anbau standortgerechter Baumarten bevorzugt in Mischbeständen auf Basis geeigneter Herkünfte und unter besonderer Berücksichtigung des heimischen Baumartenspektrums
- » Auf Standorten mit kritischer Wasserversorgung Bevorzugung trockenheitstoleranter Baumarten und Herkünfte



Handlungsfeld: Absicherung von forstlicher Forschung und Beratung

- » Wahl und Behandlung der Baumarten im Wald auf Basis neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse unter besonderer Berücksichtigung der Anpassungsfähigkeit des heimischen Baumartenspektrums
- » Leichte Verfügbarkeit des Wissens um eine Klimaanpassung des Waldes für alle Waldbesitzenden
- » Forstfachberatung für eine klimaangepasste, aktive Waldentwicklung in den Wäldern aller Waldbesitzarten

Handlungsfeld: Sicherung und Weiterentwicklung des Waldmonitorings

- » Weiterentwicklung der Monitoringsysteme zur Gefährdungsanalyse, zur Früherkennung von Schäden und Schadorganismen (Risikovorhersage) sowie zur Schadenserfassung (waldmeteorologische Dienste, terrestrische Verfahren und Fernerkundungsmethoden)
- » Räumlich explizite Modellierung der Abhängigkeiten zwischen abiotischen und biotischen Stress- und Störungsfaktoren
- » Entwicklung von Entscheidungsunterstützungssystemen zur klimasensitiven Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit abiotischer und biotischer Risiken
- » Risikovorsorge gegenüber Quarantäne-Schadorganismen

3.6.5 Literatur

AG DER BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (2007): Die Douglasie. Perspektiven im Klimawandel.

BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2010): Forstliche Genressourcen in Deutschland. Konzept zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in der Bundesrepublik Deutschland.

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT: Die dritte Bundeswaldinventur – BWI 3 (2014)

DEUTSCHER FORSTWIRTSCHAFTSRAT (2008): „Buchenwälder – vielfältig, einmalig, nachhaltig“. HOFMANN, G. (1997): Mitteleuropäische Wald- und Forstökosystemtypen in Wort und Bild. AFZ – Der Wald Sonderheft

DEUTSCHE UNESCO-KOMMISSION E.V (2012): Bildung für nachhaltige Entwicklung. Weltdekade der Vereinten Nationen 2005–2014.

FOREST EUROPE (2012): Wien 2003. Europäische Wälder – Gemeinsamer Nutzen, geteilte Verantwortung.

JENSSEN, M. (2009): Der klimaplastische Wald im nordostdeutschen Tiefland. Strategie der forstlichen Risikovorsorge angesichts einer unvorhersagbaren Zukunft. Waldkunde-Institut Eberswalde GmbH. Online unter: www.waldkunde-eberswalde.de/BMBF0330562H.pdf

LÜPKE, B. V. (2004): Risikominderung durch Mischwälder und naturnaher Waldbau: ein Spannungsfeld. Forstarchiv 75, S. 43–50.

LÜPKE, B. V. (2009): Überlegungen zu Baumartenwahl und Verjüngungsverfahren bei fortschreitender Klimaänderung in Deutschland. Forstarchiv 80, S. 67–75.



NIEDERSÄCHSISCHE LANDESFORSTEN (2005): Nachhaltige Forstplanung in Niedersachsen. Aus dem Walde – Schriftenreihe Waldentwicklung in Niedersachsen Heft 56.

NIEDERSÄCHSISCHE LANDESFORSTEN (2017): Das LÖWE-Programm. 25 Jahre langfristige ökologische Waldentwicklung.

NIEDERSÄCHSISCHE LANDESFORSTEN, NORDWESTDEUTSCHE FORSTLICHE VERSUCHSANSTALT (2019): Klimaangepasste Baumartenwahl in den Niedersächsischen Landesforsten. Aus dem Walde – Schriftenreihe Waldentwicklung in Niedersachsen Band 61.

NIEDERSÄCHSISCHES GESETZ ÜBER DEN WALD UND DIE LANDSCHAFTSORDNUNG (NWALDLG) V. 21.03.2002.

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2014): "Der Wald in Niedersachsen" - Ergebnisse der Bundeswaldinventur 3

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR DEN LÄNDLICHEN RAUM, ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2004): Langfristige ökologische Waldentwicklung. Richtlinie zur Baumartenwahl. Aus dem Walde – Schriftenreihe Waldentwicklung in Niedersachsen Heft 54.

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1999): Waldprogramm Niedersachsen – Fachgutachten. Schriftenreihe Waldentwicklung in Niedersachsen Heft 3

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2020): Waldzustandsbericht 2020.

ROLOFF, A. UND GRUNDMANN, B. (2008): Bewertung von Waldbaumarten anhand der KlimaArtenMatrix, AFZ – Der Wald, 20, S. 1086–1088.

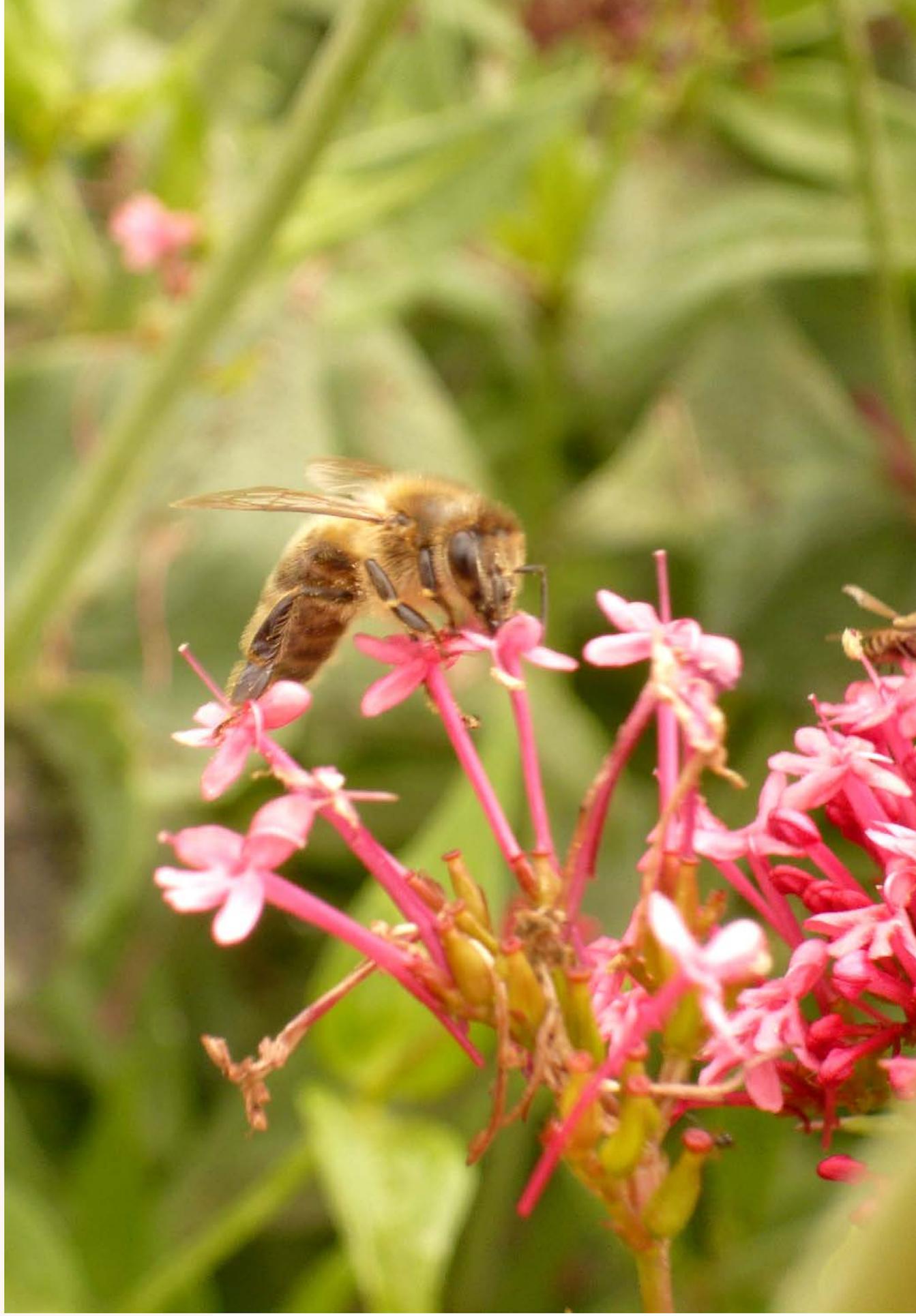
RÜTHER, B. ET AL. (2007): Clusterstudie Forst und Holz Niedersachsen. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt Band 1.

STORCH, S. ET AL. (2009): Wissenstransfer in die Forstwirtschaft zur Anpassung an den Klimawandel. In: Tagungsband „Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft“, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

WÖRDEHOFF, R. ET AL. (2011): Kohlenstoffstudie Forst und Holz“, Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt Band 6.



3.7 BIODIVERSITÄT UND NATURSCHUTZ





3.7 Biodiversität und Naturschutz

3.7.1 Auswirkungen des Klimawandels

Ökosysteme spielen eine wichtige Rolle im globalen Klimageschehen, etwa bei der Bindung und Freisetzung von Treibhausgasen, für den Wasserkreislauf oder die Wind- und Sturmentwicklung. Gleichzeitig ist das Klima ein entscheidender Standortfaktor für Arten und Lebensräume. Die erwarteten Klimaänderungen werden deshalb auch grundlegende Auswirkungen auf die biologische Vielfalt haben. Diese Projektion wird bereits heute durch Erkenntnisse und Hinweise aus zahlreichen Untersuchungen untermauert.

Im Laufe der Erdgeschichte musste sich die belebte Natur immer wieder an veränderte Lebensbedingungen, insbesondere an ein sich wandelndes Klima anpassen. Die Geschwindigkeit der derzeit zu beobachtenden klimatischen Veränderungen unterscheidet jedoch die aktuelle, maßgeblich vom Menschen verursachte Entwicklung von den natürlichen Klimaänderungen vergangener Zeiten und verhindert oder erschwert die Anpassung von Ökosystemen und Organismen.

Änderung der Standortbedingungen

Die projizierten Klimaänderungen (s. Kap. 2) lassen auch für Niedersachsen einen Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur mit milderen Wintern und sommerlichen Trockenperioden, höheren Niederschlägen im Winterhalbjahr und gegebenenfalls einer Zunahme von Extremwetterereignissen (Dürre, Hitzeperioden, Starkregen, Stürme) erwarten. Dies hat vielfältige direkte Auswirkungen auf den Naturhaushalt, zum Beispiel:

- » Verlängerung der Vegetationsperiode bei gleichzeitiger Erhöhung der Spätfrostgefahr
- » Verursachung oder Verstärkung von Wasserdefiziten im Sommer (Grundwasser, Oberflächengewässer)
- » verminderter Oberflächenwasserabfluss z.B. im Sommer hat auch Auswirkungen auf Ästuarlebensräume (z.B. veränderte Sedimentfrachten, Verschiebung des Salinitätsgradienten flussaufwärts)
- » erhöhtes Wasserangebot im Winterhalbjahr
- » erhöhter Oberflächenwasserabfluss, zunehmende Hochwässer, Erosion
- » Veränderung des chemisch-physikalischen Zustands von Gewässern (z.B. Erwärmung, Sauerstoffdefizite, s. Kap. 3.2)
- » Änderung des Lokalklimas
- » Beeinflussung der Bodenfunktionen (s. Kap. 3.1)
- » Beeinträchtigungen und Verlust von ökologischen Wechselbeziehungen und Funktionen sowie von Ökosystemen (Wälder, Moore, Still- und Fließgewässer)

Für die Küstenregion wird zusätzlich davon ausgegangen, dass es auch zu einem erhöhten Meeresspiegelanstieg und verstärkter Erosion kommen wird. Beide Faktoren werden sich über die Ästure weit bis ins Hinterland auswirken. (S. Kap. 3.3).

Reaktionen von Fauna und Flora

Auf diese Veränderungen in den Standortbedingungen der Ökosysteme werden viele Organismen reagieren: Änderungen im Jahresrhythmus, im Verhalten, im Fortpflanzungserfolg, in der



Vitalität, der Konkurrenzfähigkeit und den Nahrungsbeziehungen von Pflanzen und Tieren sind zu erwarten und in einigen Fällen auch schon belegt. Häufig erwähnt werden bereits dokumentierte Veränderungen im Zugverhalten von Vögeln. So ist bei 23 Vogelarten eine deutliche Vorverlegung ihres Frühjahrsdurchzugs auf Helgoland in den letzten 46 Jahren belegt. Die Mönchsgrasmücke zieht zum Beispiel im Mittel fast 17 Tage früher auf Helgoland durch als vor 46 Jahren. Untersuchungen in Nordrhein-Westfalen ergaben, dass Arten, die früher nach Südwesteuropa zogen wie Bachstelze und Kiebitz zunehmend in Nordrhein-Westfalen überwintern, während andererseits immer weniger Individuen von Saatgans und Nebelkrähe in Nordrhein-Westfalen überwintern, sondern in Osteuropa verbleiben. Arktische Brutvögel leiden besonders unter der deutlich stärkeren Erwärmung der Arktis gegenüber gemäßigten Breiten. Bei ihnen wie auch bei anderen Langstreckenziehern kann es zu einer sogenannten Desynchronisation kommen, das heißt einer zeitlichen Entkoppelung von Zugzeiten und dem optimalen Zeitpunkt für die Aufzucht der Jungen, der sich jahreszeitlich immer weiter nach vorne verschiebt. So wird der Rückgang des Trauerschnäpperbestandes in Nordrhein-Westfalen um 25% seit 2003 mit diesem Phänomen in Verbindung gebracht. Die Vögel kompensieren dies teilweise durch eine Verkürzung der Zwischenrast im Wattenmeer auf dem Zug zwischen West-Afrika und Sibirien. Allerdings scheint diese Kompensation nicht ausreichend zu sein, da der Bestand der Art abnimmt. Hier kommt dem Schutz und dem Erhalt des Wattenmeeres eine globale Bedeutung in der Abmilderung der Klimawandelfolgen auf die Biodiversität zu.

Für Siebenschläfer in Hessen wurde nachgewiesen, dass sich das Ende des Winterschlafs in den letzten 30 Jahren um durchschnittlich vier Wochen nach vorne verschoben hat, was zu einer erhöhten Nestprädation bei einigen Singvögeln durch Siebenschläfer führte.

Im Bereich der Flora macht sich insbesondere die Verschiebung der Eintrittszeitpunkte der phänologischen Jahreszeiten bemerkbar. Indem Beginn und Ende einer Jahreszeit einer bestimmten Pflanze zugeordnet werden, gliedert sich das Jahr in zehn Jahreszeiten, beginnend mit dem Vorfrühling, welcher in Mitteleuropa durch die ersten Blüten von Schneeglöckchen, Haselnuss und Schwarz-Erle gekennzeichnet ist. Sobald der Flieder blüht und Kirsche, Pflaume und Birne zu blühen beginnen, ist der Vollfrühling erreicht. Für die phänologischen Jahreszeiten des Frühlings haben sich die entsprechenden Termine seit 1951 im linearen Trend um 28 Tage nach vorne verschoben.

Artenverschiebungen

In Folge veränderter Standortbedingungen und Wechselbeziehungen zwischen den Organismen können sich Änderungen in der geografischen Verbreitung von Arten ergeben: wärmeliebende Arten können sich ausbreiten oder neu einwandern – sofern sie geeignete Lebensräume vorfinden. In Niedersachsen wurden beispielsweise im Kartierzeitraum 1993 bis 2003 eine Reihe von wärmeliebenden Pflanzenarten deutlich häufiger kartiert als im Kartierzeitraum 1982 bis 1992: unter anderem die Echte Walnuss (*Juglans regia*) mit einer starken Zunahme besiedelter TK 25-Quadranten (ohne Anpflanzungen).

Die Einwanderung oder Ausbreitung von Arten kann eine Bereicherung der biologischen Vielfalt darstellen. Beispiel: Die aus dem Mittelmeerraum stammende Feuerlibelle (*Crocothemis erythraea*) hat sich in den letzten etwa 20 Jahren in Deutschland ausgebreitet und kommt inzwischen bis Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern vor. Auf der anderen Seite werden die für Niedersachsen typischen Arten kühl-feuchter Lebensräume zunehmend gefährdet. Dies könnte zum Beispiel die auch in Niedersachsen vom Aussterben bedrohte Alpen-Smaragdlibelle (*Somatochlora alpestris*) betreffen, die nur in den Mooren der Harzhochlagen anzutreffen ist. Klimasensitive Arten dürften besonders gefährdet sein, wenn sie (natürlich oder belastungsbedingt) selten und hoch spezialisiert sind, eine geringe Ausbreitungsfähigkeit und/oder ein kleines Verbreitungsgebiet haben. In letzter Konsequenz können solche Arten aussterben. Das Bundesamt für Naturschutz geht aufgrund von Modellrechnungen von Artenverlusten von 5% bis 30% in den nächsten Jahrzehnten aus, die nur zum Teil durch die Zuwanderung neuer Spezies aus-



geglichen werden dürften. Die Studie über „mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf das Netzwerk Natura 2000 in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen-Wolfsburg“ des Instituts für Umweltplanung der Leibniz-Universität Hannover¹ kommt zu dem Ergebnis, dass in 83 der 184 untersuchten FFH-Gebiete potentiell ungünstig durch den Klimawandel beeinflusste FFH-Arten vorkommen und nur in 26 FFH-Gebieten potentiell begünstigte FFH-Arten. Die sogenannten FFH-Arten, also Arten der Anhänge II und IV der europäischen Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie sind wegen ihrer europäischen Bedeutung für den Naturschutz besonders wichtig, machen aber nur einen verschwindend kleinen Teil des Arteninventars von Schutzgebieten aus. Höhere Jahresdurchschnittstemperaturen eröffnen auch verschiedenen vom Menschen aktiv eingebrachten oder passiv eingeschleppten Arten günstige Lebensbedingungen, die zu einer invasiven Ausbreitung auf Kosten von heimischen Arten und Biotopen führen können. Dazu ist beispielsweise die Pazifische Auster (*Crassostrea pacifica*) zu zählen, die durch die Zucht in Aquakulturen in das Wattenmeer eingeschleppt worden ist und sich aufgrund der gestiegenen Wassertemperaturen weiter ausbreiten konnte. Zum Teil haben invasive Arten auch gesundheitliche Folgen für den Menschen oder verursachen wirtschaftliche Schäden. Die Pollen der Beifuß-Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) sind beispielsweise starke Allergieauslöser (s. Kap.3.8). Durch den weltweiten Handel mit Holz – auch als Verpackungsmaterial – werden nicht-heimische Forst- und Holzschädlinge eingeschleppt.

Veränderung von Lebensräumen

Veränderungen der Standortbedingungen und sich daraus ergebende Artenverschiebungen wirken sich auf die Struktur und Zusammensetzung ganzer Ökosysteme aus. Vor allem solche Lebensräume werden voraussichtlich negativ betroffen sein, die in hohem Maße wasserabhängig sind und/oder ein kühleres Klima benötigen. Hierzu zählen Moore, feuchte oder nasse Wälder, Sümpfe, feuchte Heiden und Feuchtgrünland sowie die Lebensräume der Mittelgebirgshochlagen (z. B. die Berghochmoore und Fichtenwälder in der natürlichen Fichtenwaldstufe im Harz). In Fließ- und Stillgewässerlebensräumen kommt es zu verlängerten Niedrigwasserperioden, zur stärkeren Erwärmung des Wasserkörpers und damit einhergehend geringeren Sauerstoffspeicherkapazitäten sowie höheren Konzentrationen von Schad- und Nährstoffen. Stärkere Hochwässer können zu strukturellen Veränderungen in Fließgewässern und Auen führen. Besonders betroffen sind kleinräumige Sonderstandorte, die allein aufgrund ihrer geringen Größe eine Änderung in den Standortbedingungen nicht abpuffern können. Hierzu zählen z. B. temporäre Tümpel, die durch vermehrte Trockenheit im Frühjahr und Sommer so früh austrocknen könnten, dass die Jungtiere von hier laichenden Amphibien sich nicht mehr vollständig entwickeln können. Gerade in den letzten Jahren waren aber auch größere Feuchtgebiete sowie Still- und Fließgewässer betroffen. Neben den Fließ- und Stillgewässern ergeben sich aber auch für die Meeres- und Küstengewässer Konsequenzen aus den veränderten Standortbedingungen. Insgesamt ist in der Küstenregion durch den Anstieg der Wassertemperaturen eine Veränderung in der Artenzusammensetzung, aber auch in den Dominanzstrukturen zu erwarten. Dies hat wiederum Auswirkungen auf die Ökosystemprozesse. Ganze Fischbestände können durch die Erhöhung der Wassertemperatur betroffen sein (vgl. Kapitel 3.4.2). Aber auch der zu erwartende Meeresspiegelanstieg kann zu negativen Auswirkungen für die Meeres- und Küstengewässer, denn die Vulnerabilität der Küstenhabitats gegenüber dem Klimawandel ist sehr hoch. Das Land Niedersachsen hat mit dem Welterbe Wattenmeer für diesen Bereich eine sehr hohe Verantwortung, weshalb ein Abgleich der Klimawandelfolgenanpassungen diverser Belange mit dem Naturschutz notwendig ist. Dagegen könnten sich Bedingungen für trockenheits- und wärmeliebende Lebensräume, die heute in der Regel in Niedersachsen selten sind, verbessern. Hierzu zählen vor allem trocken-warme Wälder und Gebüsche, trockene Magerrasen und Heiden sowie Felsfluren trocken-warmer Standorte.

¹ <https://www.metropolregion.de/fachbezogene-forschungsergebnisse-naturschutz/>



Vorbelastungen

Es ist davon auszugehen, dass die Widerstandsfähigkeit von Arten und Lebensräumen gegenüber klimatischen Veränderungen aufgrund verschiedener Vorbelastungen eingeschränkt ist: anhaltender Flächenverbrauch, intensive Landnutzungen, Zerschneidung und Verinselung von Lebensräumen, Nährstoffeinträge aus der Luft und Veränderungen des natürlichen Wasserhaushalts sind auch heute noch wirksame Gefährdungsfaktoren, die zu Beeinträchtigungen der Natur führen. Zu diesen bereits seit langem auf die biologische Vielfalt einwirkenden Stressfaktoren kommen nun die Folgen eines Klimawandels hinzu und verschärfen diese bestehende Belastungssituation. Am Beispiel der Moore lässt sich dies anschaulich verdeutlichen: So kann ein heute mäßig entwässertes Moor durchaus noch die charakteristische Moorvegetation und -fauna beherbergen, wenn der sommerliche Wasserstand nicht unter das für ihr Überleben notwendige Niveau fällt. Sollte allerdings in Zukunft der Wasserstand im Moorkörper während der Vegetationsperiode aufgrund zunehmender sommerlicher Trockenheit weiter sinken, so kann die moortypische Vegetation – insbesondere im Zusammenwirken mit hohen Stickstoffeinträgen aus der Luft – verdrängt werden. Auch die an einen hohen Wasserstand und/oder die Moorvegetation gebundene Fauna wird dann verschwinden (z. B. die seltenen hochmoortypischen Libellen). In der heutigen Landschaft bestehende Belastungsfaktoren können darüber hinaus die Anpassungschancen von Arten und Lebensgemeinschaften erschweren. Arealveränderungen werden beispielsweise nicht möglich sein, wenn in künftig klimatisch geeigneten Landschaften nicht die geeigneten Lebensräume vorhanden sind und eine fehlende Vernetzung von Biotopen Wanderbewegungen stark einschränkt. Dies gilt gleichermaßen für sich ausbreitende wie für zurückweichende Arten.

Verlust von Ökosystemleistungen

Die direkten und indirekten Auswirkungen einer Klimaänderung auf die Natur haben nicht nur Folgen für die heimische biologische Vielfalt; sie können – insbesondere in Wechselwirkung mit bereits bestehenden Beeinträchtigungen – auch dazu führen, dass für den Menschen wichtige Ökosystemdienstleistungen wie die Treibhausgassenkenfunktion von Mooren, bewirtschafteten Wäldern, und Küstenfeuchtgebieten (z.B. Salzwiesen) der Erosionsschutz, das Wasserdargebot und die Wasserrückhaltung oder die Selbstreinigungskraft der Gewässer nicht mehr im bisherigen Umfang gewährleistet sein werden. So verhindern Moore mit einem intakten Wasserhaushalt eine CO₂-Freisetzung und stellen langfristig eine wichtige CO₂-Senke dar. Zunehmende sommerliche Trockenheit in Verbindung mit künstlicher Entwässerung führt jedoch zur Freisetzung von Treibhausgasen. Eine Aue mit naturnahen Fließgewässerstrukturen und Vegetationsverhältnissen leistet einen Beitrag zum Hochwasserschutz. Naturfern gestaltete, geradlinig verlaufende Bäche und Flüsse ohne ausreichende Retentionsräume verstärken dagegen Hochwasserereignisse, die durch die projizierte Zunahme von Starkregenfällen möglicherweise künftig häufiger auftreten werden.

3.7.2 Handlungsziele

Um den Zielen des Naturschutzes auch zukünftig gerecht werden zu können, sind Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels einzubeziehen. Eine vielfältige Natur und ein intakter Naturhaushalt sind die Voraussetzung für eine Anpassung der Ökosysteme an den Klimawandel. Naturschutz ist eine staatliche Aufgabe. Weitere wichtige Akteure neben der öffentlichen Hand sind auch die Umweltverbände, die Landnutzer und die Wissenschaft.



Verbesserung des Wissenstands

Zum Thema „Klimawandel und Biologische Vielfalt“ gibt es inzwischen eine ganze Reihe von Studien und Untersuchungen – unter anderem initiiert durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN). Die meisten der Arbeiten beschäftigen sich schwerpunktmäßig mit der Entwicklung von Modellen und Projektionen zu einer künftigen Entwicklung der biologischen Vielfalt unter dem Einfluss des Klimawandels.

Klimaveränderungen und damit auch deren Auswirkungen auf Arten und Lebensräume werden regional unterschiedlich ausgeprägt sein. Deshalb sind vor allem die Ergebnisse regionaler Klimaforschung für eine realistische Einschätzung der möglichen Auswirkungen eines Klimawandels auf die Biodiversität von Bedeutung. Grundsätzlich ist klar, dass die Resilienz der Ökosysteme mit dem Grad ihrer Naturnähe steigt. Dreh- und Angelpunkt ist im terrestrischen und semiaquatischen Bereich, sowie an den Küsten im Übergangsbereich zwischen Land und Meer der Wasserhaushalt, der sich in der Vergangenheit, insbesondere im Tiefland, im Sinne einer nutzungsbedingten Entwässerung zunehmend naturfern entwickelt hat. In diesem Zusammenhang sind zukunftsfähige Konzepte in Kooperation zwischen Wasserwirtschaft und Naturschutz in Zusammenarbeit mit der Wissenschaft zu entwickeln.

Handlungs- und Entscheidungsgrundlage sollte ein aufzubauendes und fachübergreifend ausgerichtetes Umweltmonitoring sein. Als Referenz für die Anpassungsfähigkeit natürlicher Systeme können die niedersächsischen Großschutzgebiete eine wichtige Rolle spielen.

No-Regret-Strategie

Maßnahmen des Naturschutzes dienen in der Regel auch der Anpassung an den Klimawandel, wenn so die Resilienz von Lebensräumen und Ökosystemen, der Erhalt der Biodiversität, die Verbesserung des Landschaftswasserhaushalts und der Rückhalt von THG-Emissionen aus genutzten Ökosystemen gefördert wird. Natürliche Systeme können kurzfristig allerdings nur im Rahmen ihrer natürlichen Kapazität (z.B. Genpool) reagieren. Weitere Limitierungen können in anthropogen gesetzten räumlichen, stofflichen und zeitlichen Grenzen bestehen.

Beispiele im Sinne des No-Regret-Ansatzes sind Maßnahmen der Gewässer- und Auenentwicklung, der Moorentwicklung und der klimaangepassten Waldentwicklung sowie der Nutzung des „building-with-nature“-Konzepts zur Beibehaltung der natürlichen Dynamik im Wattenmeer. Auch die Durchführung von landschaftspflegerischen Maßnahmen im Offenland sowie aller Artenhilfsmaßnahmen sind neben den Zielen der Landschaftspflege bzw. des speziellen Artenschutzes auch als Maßnahmen zur Stärkung ökologischer Wechselbeziehungen und ökosystemarer Leistungen zu verstehen, die der Steigerung der Anpassungsfähigkeit an klimatische Veränderungen dienen. Naturschutzmaßnahmen entsprechen daher in der Regel dem No-Regret-Ansatz und sollten im Zuge von Klima-Anpassungsmaßnahmen besonders berücksichtigt werden.

Informations- und Öffentlichkeitsarbeit

In der Öffentlichkeit wurde das Thema „Klimawandel und Biodiversität“ bisher eher auf einer globalen Ebene wahrgenommen (zum Beispiel die Gefährdung des Lebensraums der Eisbären). Aufgrund der Dürren, Waldschäden, Moorbränden, fallende Grundwasserstände mit gleichzeitig steigendem Beregnungsbedarf und zunehmenden Hochwasserereignissen im letzten Jahrzehnt in Deutschland und auch in Niedersachsen nimmt diese Problematik einen immer breiteren Raum in der öffentlichen Wahrnehmung ein. Die Informations- und Öffentlichkeitsarbeit des Naturschutzes sollte deshalb in Bezug auf diese Thematik verstärkt werden, um die breite Öffentlichkeit noch deutlicher dafür zu sensibilisieren und Verständnis für die Belange des Naturschutzes bei der Klimafolgenanpassung zu gewinnen. Darüber hinaus ist auch der Wissenstransfer von Forschungsergebnissen zu den Akteuren im Naturschutz zu verbessern bzw. zu gewährleisten,



damit Klimaanpassungsmaßnahmen im Naturschutz rechtzeitig und auf einer fundierten fachlichen Basis erfolgen können (s. Kap. 4).

Zusammenarbeit mit anderen Handlungsfeldern

Im Hinblick auf mögliche Folgen des Klimawandels und auch auf Klimaschutz gibt es mit verschiedenen anderen Handlungsfeldern eine gemeinsame Schnittmenge der Betroffenheiten, Ziele und Handlungsoptionen. Hier ist es zwingend erforderlich von vornherein gemeinsame Wege zu suchen und abgestimmte Handlungskonzepte zu erarbeiten, um gegenläufige Entwicklungen zu vermeiden, Aktivitäten zu bündeln und erforderliche Maßnahmen möglichst einvernehmlich voranzubringen. Als Beispiel seien hier Handlungskonzepte zur Optimierung des Landschaftswasserhaushalts genannt, denn der Landschaftswasserhaushalt ist ein zentraler Baustein für diverse Ziele und Maßnahmen in verschiedenen Handlungsbereichen (u.a. Wasserversorgung, Landwirtschaft, Biodiversität / Naturschutz, Bodenschutz).

Daneben können verschiedene Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen Beeinträchtigungen für den Naturhaushalt mit sich bringen (s. Kap. 3.7.1). Um diese so gering wie möglich zu halten, müssen auch bei deren Umsetzung Naturschutzaspekte berücksichtigt werden. Dies erfolgt bei allen landschaftswirksamen Maßnahmen insbesondere im Rahmen der Bestimmungen des Gesetzes über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetzes – BNatSchG) und des Niedersächsischen Ausführungsgesetzes zum Bundesnaturschutzgesetz sowie des jeweiligen Fachrechts. Zur Minimierung von Beeinträchtigungen empfiehlt es sich jedoch, darüber hinaus, in den jeweiligen Handlungsfeldern möglichst frühzeitig ökologische Belange mit zu betrachten, etwa bei der Durchführung fachspezifischer Forschung und bei der Entwicklung von Konzepten.

3.7.3 Aufgabenfelder, Bausteine und Maßnahmen

Aufgabenfeld: Verbesserung des Wissensstands

- » Die niedersächsischen Untersuchungen sollten mit den Ergebnissen der auf Bundesebene und in anderen Bundesländern laufenden Forschungen rückgekoppelt werden. Eine Zusammenarbeit im Rahmen bundesweiter bzw. länderübergreifender Untersuchungen und Monitoringprogramme ist anzustreben bzw. fortzuführen.
- » Einbeziehung der Ergebnisse regionaler Klimaforschung bei der Analyse und Projektion der Auswirkungen auf die heimische biologische Vielfalt und bei der Entwicklung von künftigen Strategien und Planungen des Naturschutzes.
- » Zusammenarbeit mit anderen Fachverwaltungen mit Relevanz für den Naturhaushalt (z. B. Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Bodenschutz, Stadtentwicklung) sowie mit wissenschaftlichen Einrichtungen bei der Situationsanalyse, Projektion und der Entwicklung von Anpassungsstrategien für Wälder, Moore, Küste, genutzte Offenlandbereiche und Gewässer sowie für urbane Bereiche.
- » Projektbezogene Zusammenarbeit und fachlicher Austausch zwischen Forschungseinrichtungen (z.B. NW-FVA) und Naturschutzakteuren, insbesondere mit der Niedersächsischen Fachbehörde für Naturschutz im NLWKN, bei Forschungsthemen mit Relevanz für die Naturschutzpraxis.
- » Im Sinne ihrer Zielsetzung als Modellregionen für nachhaltige Entwicklung und aufbauend auf bereits vorliegenden Ergebnissen führen die niedersächsischen Biosphärenreservate ihre Projekt- und Forschungsarbeit zum Thema Klimafolgenanpassung fort. Auch den anderen Großschutzgebieten kommt als besonders geeignete „Experimentier- und Lernlabore“ eine Rolle bei der Verbesserung des Wissensstandes zu.



- » Nutzung und Weiterentwicklung der vorhandenen Erfassungs- und Monitoringprogramme in Niedersachsen hin zu einem fachübergreifenden Umweltmonitoring zur Identifizierung und Dokumentation klimabedingter Veränderungen bei Arten und Lebensräumen als Handlungs- und Entscheidungsgrundlage. Das Nds. Landschaftsprogramm liefert dafür erste Ansätze.
- » Erstellung einer Klimasensitivitätsanalyse für Arten und Lebensräume, die für Niedersachsen von besonderer Bedeutung sind (z. B. selten und/oder gefährdet, Natura 2000-relevant, besondere Verantwortlichkeit Niedersachsens), um daraus abzuleiten, für welche Arten und Lebensräume künftig ein besonderer Handlungsbedarf im Hinblick auf den Klimawandel bestehen wird.
- » Überprüfung und Weiterentwicklung bestehender Vorgehensweisen sowie Erprobung neuer Methoden bei klimawandelbedingt auftretenden Kalamitäten (z. B. Eichenprozessionsspinner, Mäuse)

Naturschutzfachliche Strategien, Konzepte, Planungen und Programme

- » Besondere Gewichtung der naturschutzrelevanten Aspekte des Klimawandels in der Landschaftsplanung, z.B. hinsichtlich Maßnahmen für den Landschaftswasserhaushalt und den Biotopverbund (Landschaftsprogramm, Landschaftsrahmenplan, Landschaftsplan, Grünordnungsplan) unter Berücksichtigung der naturräumlichen, regionalklimatischen Zusammenhänge (s. Kap. 3.15).
- » Berücksichtigung klimabedingter Erfordernisse bei der Neuausrichtung von Naturschutzprogrammen und Förderrichtlinien (insbesondere für Moore und Fließgewässer einschließlich Auen).
- » Adaptive (d. h. in Abhängigkeit von Erkenntnisgewinn) Anpassung von Leitbildern, Managementzielen und Maßnahmen in Pflege- und Entwicklungsplänen und Arten- und Biotop-schutzkonzepten.
- » Anpassung von Formulierungen zu Schutzzweck, Ge- und Verboten in Schutzgebietsverordnungen, sofern sich Entwicklungen im Naturhaushalt soweit manifestiert haben, dass hierzu ein Erfordernis besteht.
- » Berücksichtigung von Schutzgebieten als zentralem Instrument des Naturschutzes auch bei der Sicherung bzw. Gestaltung von Anpassungsprozessen sowie der Erhaltung von Anpassungsoptionen.
- » Umsetzung des Aktionsprogramms Niedersächsische Gewässerlandschaften, insbesondere im Hinblick auf Maßnahmen, die auch der Klimaanpassung dienen.
- » Aktionsprogramm Niedersächsische Stadtlandschaften: Aktualisierung des fachlichen Entwurfs und Veröffentlichung des Aktionsprogramms

Maßnahmen für Arten und Lebensräume

Eine zentrale Rolle bei der Anpassung von Ökosystemen an den Klimawandel spielen die Schutzgebiete. Daneben zielen die Maßnahmen für Arten und Lebensräume jedoch auch auf die Landschaft außerhalb von Schutzgebieten.

- » Zügige Umsetzung eines funktionsfähigen, landesweiten und länderübergreifenden Biotopverbundes in einer Dimension, die das langfristige Überleben der hier heimischen Arten und Lebensräume ermöglicht, und ausgestattet mit den erforderlichen Biotopen vernetzenden Landschaftsstrukturen, um eine geografische Anpassung von Organismen infolge klimatischer Verschiebungen zu ermöglichen, insbesondere durch:
 - » ein repräsentatives Schutzgebietsnetz,
 - » Trittsteinbiotope und Strukturvielfalt in der gesamten Landschaft,
 - » Minimierung des Zerschneidungseffekts für Lebensräume,



- » Minimierung des Verbrauchs insbesondere naturschutzfachlich wertvoller Flächen,
 - » Wiederherstellung von Auen und der Durchgängigkeit von Fließgewässern,
 - » naturnahe Bewirtschaftung von Nutzflächen im Biotopverbund.
- » Optimierung der Lebensräume klimasensitiver und/oder gefährdeter Arten, um diese widerstands- und anpassungsfähiger zu machen, insbesondere durch:
- » Vorhalten und aktive Bereitstellung ausreichend großer Flächen mit Lebensraum-
schutzfunktion zur Stabilisierung von Populationen und Lebensgemeinschaften.
 - » Minderung bestehender Beeinträchtigungen und Intensivierung von Entwicklungs-
maßnahmen zur Förderung einer größeren Naturnähe von Ökosystemen (z. B. Wald-
umbau zu klimaangepassten Mischwäldern, Erhaltung und Entwicklung wichtiger
Lebensraumstrukturen, Anpassung der Küstenbereiche (z.B. durch Salzwiesenrenatu-
rierung). Der Regeneration des Landschaftswasserhaushalts durch Wasserrückhalt und
höhere (Grund-)Wasserstände sowie der Vernässung von Feuchtgebieten kommt dabei
eine zentrale Rolle zu.
 - » Das Zulassen der natürlichen Dynamik von Ökosystemen ermöglicht deren Selbstor-
ganisation bei sich ändernden Umweltbedingungen und gibt den Ökosystemen Raum
für Resilienz und/oder Anpassung; gleichzeitig können aus diesen unbeeinflusst ablau-
fenden Entwicklungen wertvolle Informationen für Naturschutzhandeln und Landnut-
zungsstrategien (z. B. in der Forstwirtschaft) unter sich ändernden Klimabedingungen
gewonnen werden.
- » Veröffentlichung der landesweiten Biotopverbundplanung als Bestandteil des Niedersächsi-
schen Landschaftsprogramms
 - » Integration der landesweiten Biotopverbundplanung in das Landes-Raumordnungsprogramm,
in dem bereits unbestrittene Kerngebiete des Biotopverbunds raumordnerisch festgelegt sind.
 - » Konzeption einer Fördermaßnahme zur Erhaltung und Entwicklung des Biotopverbunds im
Rahmen der Richtlinie NAL
 - » Im Rahmen der Richtlinie Landschaftswerte wird der Schwerpunkt zukünftig auf den Ausbau
blau-grüner Infrastrukturen in besiedelten Bereichen gesetzt. Die Förderung zielt neben der
Verbesserung der Biologischen Vielfalt auch auf die Milderung der Folgen des Klimawandels
durch die Nutzung von Ökosystemleistungen.
 - » Weiterführung des kooperativen Auenmanagements an der unteren Mittelelbe im Biosphären-
reservat Nds. Elbtalaue.
 - » Förderung von Projekten zur Auenrenaturierung über das Förderprogramm Auen im Rahmen
des Bundesprogramms Blaues Band Deutschland: "Allervielfalt Verden", "EmsLand-Auenent-
wicklung an der Ems zwischen Salzbergen und Dörpen", "Blaues Band Oerweser", "Blaues
Band Auenlandschaft Untere Wümme" und weitere Projekte
 - » Umgang bzw. Bekämpfung von klimawandelbedingt auftretenden Invasiven Arten

Informations- und Öffentlichkeitsarbeit

- » Darstellung der grundlegenden Bedeutung von Ökosystemen als Lebensgrundlage des Men-
schen im Rahmen des Klimaschutzes und der Klimafolgenanpassung.
- » Information über zu erwartende und bereits eingetretene Auswirkungen auf die biologische
Vielfalt (auch in Wechselbeziehung mit anderen Wirkungsfaktoren wie Landnutzung, direkte
und indirekte Einbringung von Arten durch den Menschen etc.).
- » Darstellung der Möglichkeiten des Naturschutzes zur Unterstützung von Klimaschutz- und



- anpassungsmaßnahmen (z.B. Wasserrückhaltung, Erosionsschutz, Erhaltung von Treibhausgasen) in anderen Handlungsfeldern (z.B. Land- und Forstwirtschaft, Städtebau, etc.).
- » Aufklärung über die Belange des Naturschutzes bei der Umsetzung von landschaftsbezogenen Klimaanpassungsmaßnahmen in anderen Handlungsfeldern.

Adressaten sind zum einen die interessierte Allgemeinheit und zum anderen die Akteure im Naturschutz. Um vor allem für Letztere einen optimalen Wissenstransfer zu gewährleisten, ist ein ausreichender fachlicher Austausch zwischen Forschungseinrichtungen und Bildungs- und Informationseinrichtungen zu gewährleisten.

3.7.4 Literaturverzeichnis

ALFRED TÖPFER AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.) (2000): Klimaveränderungen und Naturschutz NNA Ber. (13) H 2 Schneverdingen.

BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (BfN, Hrsg.) (2006): Biologische Vielfalt und Klimawandel – Gefahren, Chancen, Handlungsoptionen - BfN-Skripten 148. Bonn Bad Godesberg.

BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.) (2007): Natura 2000 und Klimaänderungen. Tagungsband. Naturschutz und Biologische Vielfalt H. 46. Bonn Bad Godesberg.

BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.) (2010): Auswirkungen des rezenten Klimawandels auf die Fauna in Deutschland. Bonn – Bad Godesberg.

BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.) (2010): Biologische Vielfalt und Klimawandel - BfN-Skripten 274. Bonn Bad Godesberg.

BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.) (2011): Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Flora und Vegetation in Deutschland. BfN-Skripten 304, Bonn Bad Godesberg.

BUNDESREGIERUNG (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Berlin.

DISTER, EMIL UND ALFONS HENRICHFREISE (2009): Veränderungen des Wasserhaushalts und Konsequenzen für den Naturschutz. In: Natur und Landschaft (84) H. 1 S. 26 – 31. Stuttgart.

DRÖSCHMEISTER, RAINER UND ULRICH SUKOPP (2009): Monitoring der Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Deutschland. In: Natur und Landschaft (84) H 1 S. 13 – 17. Stuttgart.

FREIBAUER, ANNETTE ET AL. (2009): Das Potential von Wäldern und Mooren für den Klimaschutz in Deutschland und auf globaler Ebene. In: Natur und Landschaft (84) H 1 S. 20 – 25. Stuttgart.

KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2009): Weißbuch. Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen. Brüssel.

LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NORDRHEIN-WESTFALEN (LANUV) (2010): Klima und Klimawandel in NRW. Daten und Hintergründe. LANUV-Fachbericht 27.

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2017): Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen 2017 [LROP (2017): Anlage 1 zur Verordnung über das Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen in der Fassung vom 26. September 2017. (Nds. GVBl. Nr. 20/2017, S. 378)].

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT UND KLIMASCHUTZ (2008): Klimawandel - Herausforderung für Staat und Gesellschaft. Hannover.



MINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg.) (2010): Natur im Wandel. Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Nordrhein-Westfalen. Erftstadt.

MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg.) (2020): VORSORGE DURCH ANPASSUNG – KLIMAWANDEL IN NORDRHEIN-WESTFALEN

RAKHIMBERDIEV, E., DUIJNS, S., KARAGICHEVA, J., CAMPHUYSEN, C. J., DEKINGA, A., DEKKER, R., GAVRILOV, A., TEN HORN, J., JUKEMA, J., SAVELIEV, A., SOLOVIEV, M., TIBBITTS, T. L., VAN GILS, J. A., PIERSMA, T., VAN LOON, A., WIJKER, A., KEIJL, G., LEVERING, H., JAN VISSER, ... VRS CASTRICUM. (2018). Fuelling conditions at staging sites can mitigate Arctic warming effects in a migratory bird. *Nature Communications*, 9(1), 4263.

REISE, K., BUSCHBAUM, C., BÜTTGER, H., RICK, J., & WEGNER, K. M. (2017). INVASION TRAJECTORY OF PACIFIC OYSTERS IN THE NORTHERN WADDEN SEA. *MARINE BIOLOGY*, 164(4), 68. [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S00227-017-3104-2](https://doi.org/10.1007/s00227-017-3104-2)

SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (2008): UMWELTGUTACHTEN 2008. UMWELTSCHUTZ IM ZEICHEN DES KLIMAWANDELS. BERLIN.

UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.) (2005): Klimawandel in Deutschland. Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme. Dessau.

WEISS, C., REICH, M. & RODE, M. (2011): Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf Arten und Biotope der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen-Wolfsburg und Konsequenzen für den Naturschutz. Schlussbericht zum BMBF-Vorhaben, Hannover.





3.8 GESUNDHEITSWESEN





3.8 Gesundheitswesen

3.8.1 Auswirkungen des Klimawandels

Gesundheit wird in vielfältiger Weise direkt und indirekt von meteorologischen Faktoren geprägt und beeinflusst. Die erwarteten starken und anhaltenden Veränderungen in den Sommermonaten mit längeren Hitzeperioden und höheren mittleren Temperaturen werden zu intensiveren körperlichen Anpassungsbelastungen für die Allgemeinbevölkerung, aber insbesondere für empfindliche Gruppen wie alte Menschen und pflegebedürftige Personen führen. Auch im Arbeitsschutz sind häufiger auftretende Hitzetage und Extremwetter zu berücksichtigen. Die klimatischen Veränderungen treffen auf demographische Veränderungsprozesse; das Durchschnittsalter der niedersächsischen Bevölkerung steigt und damit wächst die Zahl gesundheitlich anfälliger Personen.

Die Ansiedlung und Verbreitung neuer Pflanzen mit hohem allergenem Potenzial wie Ambrosia sowie neuer tierischer Krankheitsüberträger (Vektoren, hier vor allem Stechmücken), und mit ihnen assoziierter, gesundheitlich relevanter Viren wird über die Veränderung der ökologischen Lebensbedingungen voraussichtlich befördert. Die Veränderung der ökologischen Lebensbedingungen wird vermutlich auch eine Ausbreitung bereits bekannter vektorgebundener Erkrankungen wie eine Übertragung der Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME) durch Zecken nach sich ziehen.

Hitzebedingte Morbidität und Mortalität

Die Zunahme länger anhaltender Hitzeperioden führt zu einer Zunahme der Hitzebelastung. Hierdurch sind bei entsprechend vorbelasteten Personen vermehrte hitzebedingte Gesundheitsschäden (Dehydration, Hitzeschlag etc.), Klinikaufenthalte und Todesfälle zu befürchten.

Eine erhöhte Sterblichkeit im Zuge solcher Hitzewellen ließ sich auch bereits für Deutschland beobachten. Dies belegen Daten, die vom Robert Koch-Institut ermittelt wurden. Während dieser Hitzewellen starben vor allem in den oberen Altersgruppen signifikant mehr Menschen als gewöhnlich im selben Zeitraum.

Städte und Ballungsräume heizen sich durch intensive Bebauung und fehlende Grünflächen deutlich stärker auf als das Umland und bilden sogenannte Hitzeinseln. Anwohner in verdichteten städtischen Siedlungsgebieten sind einer erhöhten Hitzebelastung ausgesetzt. Die zunehmende Verdichtung und Versiegelung der Städte und ihre Ausdehnung in der Fläche verstärken die Hitzebelastung zusätzlich.

Mehr Hitzetage im Sommer könnten über eine verstärkte Sonneneinstrahlung und eine höhere UV-Belastung das Hautkrebsrisiko erhöhen. Insbesondere beim weißen Hautkrebs lässt sich bereits eine Zunahme beobachten. Häufigere sommerliche Hochdruckwetterlagen begünstigen zudem die Bildung von bodennahem Ozon, ein Reizgas, das in höheren Konzentrationen weitgehend unabhängig von der körperlichen Aktivität zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen wie Reizerscheinungen der Augen (Tränenreiz), Atemwegsbeschwerden (Husten) und Kopfschmerzen führen kann.

Infektionskrankheiten

Jährlich erfolgt auch in Deutschland durch den Reiseverkehr die Einschleppung viraler Infektionskrankheiten, ausgelöst z. B. durch Sindbis-, Chikungunya-, West-Nil- oder Dengue-Viren, deren Übertragung durch verschiedene Vektoren, wie z. B. Stechmücken erfolgt. Die ausgelösten Erkrankungen können unterschiedliche, zum Teil schwerwiegende Symptome auslösen. Bei einigen



Viren (z. B. West-Nil oder Sindbis) liegt auch ein bekanntes tierpathogenes Potenzial vor. Auf der Grundlage neuerer Untersuchungen besteht die Vermutung, dass die erwarteten Klimaveränderungen die Ansiedlung neuer Vektoren (wie Mücken- und Zeckenarten) als auch die Verbreitungsfähigkeit neuer Viruserkrankungen in Deutschland begünstigen (Ausbreitung von FSME-Viren nach Niedersachsen).

Auftreten neuer Viren: In einer Studie wurde in Süddeutschland das erstmals in Ägypten nachgewiesene Sindbis-Virus in mehreren heimischen Stechmückenarten nachgewiesen – darunter auch in Arten, deren Vektorkompetenz (Übertragungsfähigkeit für Viren) zuvor nicht bekannt war. Autochthone Infektionen in der Bevölkerung mit dem Chikungunya-Virus wurden in den letzten Jahren unter anderem für Italien sowie Frankreich gemeldet. Somit ist davon auszugehen, dass der Erreger andauernd gehäuft in diesen Ländern auftritt (endemisch). Ausbrüche von West-Nil-Fieber traten auch in einer Vielzahl europäischer Staaten auf (z. B. Italien, Griechenland), darunter in Woronesch in Süd-Russland, wo das Klima in den Sommermonaten dem in Norddeutschland ähnlich ist. Nicht unerwartet wurden 2019 die ersten Fälle von West-Nil-Virus-Infektionen in Deutschland festgestellt. Hierbei gelten auch einheimische *Culex*-Mücken als Überträger des Virus auf Mensch und Tier.

2019 wurde in Niedersachsen das erste Risikogebiet für FSME vom Robert Koch-Institut ausgewiesen, auch hier handelt es sich um ein in Niedersachsen vormals nicht etabliertes Virus, dessen Ausbreitungstendenz in den letzten Jahren bundesweit in Richtung Norddeutschland wies. Die Konsequenzen (z. B. Impfempfehlung, Information der Bürger) waren insofern für Niedersachsen neu.

Auftreten neuer Vektoren: Für die Schweiz, Italien, Niederlande und seit teilweise mehr als 10 Jahren in Deutschland ist die stabile Etablierung neuer Mückenarten wie die Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*) und die Asiatische Buschmücke (*Aedes japonicus*) bereits nachgewiesen.



Abbildung 3.8.1.: Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*). Quelle: adobeStock.

Nachweise zu weiteren Vektoren einer anderen Gruppe beziehen sich auf neue Zeckenarten. Hier ist das Beispiel der tropischen Hyalomma-Zecke relevant. Diese Zecken können verschiedene

Erreger (z. B. Krim-Kongo-Fieber) auf den Menschen übertragen. In den letzten drei Jahren gab es vermehrt Nachweise dieser Zecken, auch in Niedersachsen. Inwieweit diese Zeckenart nicht mehr nur durch den Vogelflug eingeschleppt wird, sondern sich schon etabliert hat, ist aufgrund fehlender Daten nicht bekannt. Im Rahmen von Untersuchungen an Zecken in Niedersachsen konnte gezeigt werden, dass auch in dieser Vektorgruppe eine Ausbreitungstendenz besteht. Während es für Dermacentorzecken (Auwald- und Reliktzecke) früher nur ganz vereinzelt Funde gab, werden diese zahlreicher. In welchem Maße sich Vektoren in Niedersachsen etablieren ist bisher nicht zuverlässig vorhersagbar.

Es wurde vereinzelt festgestellt, dass auch einheimische Stechmücken als Vektoren für neue Virusarten auftreten können. Diese Erreger können nach Einschleppung in einheimische Tierpopulationen dann auf einheimische Stechmücken übergehen und damit auch zu einer Gesundheitsgefahr für den Menschen werden. Dies zeigte sich konkret im Jahr 2019: Erstmals wurden lokale Infektionen bei Menschen mit West-Nil-Virus in östlichen Bundesländern festgestellt. Es ist davon auszugehen, dass die Viren von einheimischen Culex-Mücken – zumindest in einigen Fällen – autochthon übertragen wurden.



Abbildung 3.8.2: Einheimische Culex-Mücke. Quelle: adobeStock.

Zudem verändern auch einheimische Stechmückenarten ihre Verbreitungsgebiete, möglicherweise teilweise aufgrund des Klimawandels. Bei höheren Temperaturen können Stoffwechselprozesse schneller ablaufen und die Aktivitätszeiten beginnen früher und enden später im Jahr. In Teilen ist auch eine höhere Populationsdichte zu beobachten. Gleiches gilt auch für Mikroorganismen in den Vektoren. Daraus folgt, dass neue Übertragungszyklen nun erst möglich werden oder vorhandene schneller ablaufen (Beispiel West-Nil-Virus).

Aufgrund dieser Erkenntnisse muss mit einer weiteren Einschleppung und gegebenenfalls längerfristigen Etablierung neuer Mücken- und Zeckenarten sowie neuer Viren in Norddeutschland gerechnet werden. Die Ausdehnung der Verbreitungsgebiete von neuen Vektoren ist schon jetzt teilweise aus zurückliegenden Studien erkennbar. Daten, die eine genaue Zustandsbeschreibung des aktuellen Vektoren- oder Virenstatus erlauben würden, fehlen ebenso wie Daten über den möglichen Vektoreintrag über relevante Pfade, wie der Einzugsbereich von Vogelzugrouten oder Transportwege (Flughäfen und Seehäfen, Schienen und Autobahnnetz). Der Schwerpunkt der klimaabhängigen Infektionserkrankungen liegt bei von Tier zu Mensch übertragenen Erkrankungen (Zoonosen), insbesondere vektorassoziierten Erkrankungen.



Abbildung 3.8.3: Zecke. Quelle: adobestock.

Auf diesen Gebieten bestehen nach Expertenmeinung deutliche Forschungsmängel und somit Wissensdefizite. Forschungsprojekte existieren mit unterschiedlichen, sich nur begrenzt ergänzenden Ansätzen etwa vom Robert Koch-Institut oder vom Bernhard Nocht-Institut in Hamburg. Durch Untersuchungsprojekte über das aktuelle Auftreten von Vektoren und viralen Krankheitserregern sollen aktuelle Informationen für Niedersachsen ermittelt werden, die unter Berücksichtigung der Klimaprojektionen auch Aussagen auf zu erwartende vektorgebundene Erkrankungen ermöglichen sollen.

Ansteigende Temperaturen wirken sich auch auf die Genusstauglichkeit von Lebensmitteln aus. Infektionen durch Salmonellen, *Campylobacter* und andere Erreger aus verdorbenen Lebensmitteln zählen bereits jetzt zu den häufigsten Infektionskrankheiten. Bei fortschreitender Erwärmung ist zu befürchten, dass die Zahl solcher Magen-Darm-Erkrankungen ansteigt.

Luftallergene

Durch den Klimawandel verlängert sich die Pollenflugsaison, so dass es zu höheren Pollenkonzentrationen kommt. Infolgedessen verlängern sich das jahreszeitlich bedingte Auftreten und die Dauer allergischer Erkrankungen. Damit erhöht sich die Zahl der Allergiker und auch der Leidenszeitraum der Allergiker wird verlängert. Als besonders stark allergieauslösend sind Pflanzen der Gattung *Ambrosia* einzustufen. Die Betroffenen leiden unter Fließschnupfen, Bindehautentzündungen und Asthma. Es ist davon auszugehen, dass Menschen, die schon unter Allergien leiden, zusätzlich auf *Ambrosia* reagieren werden. Durch Berührung der Pflanze kann es auch zu Hautreaktionen kommen. Kreuzallergien zu Melonen und Bananen sind bekannt.

Die Beifußblättrige Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) ist eine einjährige Pflanze. Sie wird in Deutschland 0,20 bis 1,80 Meter hoch und überwintert in Form von Samen, die bis zu ca. 40 Jahren keimfähig sind. Die Pflanze blüht von Mitte Juli bis November. Die Ambrosiasamen werden in Deutschland überwiegend durch verunreinigtes Wintervogelfutter eingeschleppt und beim Anbau von Sonnenblumen, die mit Ambrosiasamen verunreinigt sind, verbreitet. Die weitere Verbreitung der Samen erfolgt in Deutschland zum Beispiel durch Umlagerung von Erdreich bei Bauvorhaben. Ein beständiges Vorkommen von *Ambrosia* wird in Bayern, Baden-Württemberg, Südhessen, Brandenburg und Berlin beschrieben.



Abbildung 3.8.4: Beifußblättrige Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*). Quelle: adobeStock.

Auch die Ausbreitung des wärmeliebenden Eichenprozessionsspinners (*EPS - Thaumetopoea processionea L.*) wird mit dem sich wandelnden Klima in Verbindung gebracht. Der EPS ist in Mitteleuropa beheimatet und lebt auf Eichen sowohl in der freien Landschaft als auch in besiedelten Bereichen. Auch in Niedersachsen sind große Landesteile, vor allem die östlichen und südwestlichen, betroffen. Seit Anfang der 1990er-Jahre weitet sich das Befallsgebiet aus (LWK 2021). Ein natürlicher Zusammenbruch der Population ist derzeit nicht abzusehen. In Waldgebieten wird der EPS als einer von mehreren Pflanzenschädlingen bekämpft, im urbanen Bereich stellt der EPS eine Gesundheitsgefahr dar. Die Brennhaare der Raupen enthalten das Eiweißgift Thaumetopoein, das beim Menschen bei Kontakt unangenehme Reaktionen wie Hautirritationen mit starkem Juckreiz (sog. Raupendermatitis), Augenreizungen und Atembeschwerden hervorrufen kann.

Weitere klimabedingte Gesundheitsgefährdungen

Bei Extremereignissen wie Starkniederschlägen, Hochwasser oder Stürmen werden auch Menschen verletzt, mit zum Teil tödlichem Ausgang. Akute Katastrophen können sich auch psychisch auswirken.

Bei Überschwemmungen oder Starkregen können durch die Überflutung von Abwasseranlagen Krankheitserreger freigesetzt werden. Durch sommerliches Niedrigwasser, d.h. fehlende Verdünnung im Wasserkörper, erhöht sich die bakterielle Kontamination von Gewässern (s. Kap. 3.2). Höhere Wassertemperaturen können in Binnenseen in Kombination mit einem erhöhten Nährstoffeintrag z. B. durch die Landwirtschaft zu vermehrten Blaualgenblüten (Cyanobakterien) führen. Da bestimmte Blaualgen Giftstoffe produzieren, sinkt die Qualität betroffener Gewässer insbesondere für die Nutzung als Badegewässer deutlich. Der Kontakt mit dem verunreinigten Wasser kann zu Haut-, Magen- und Darmirritationen sowie Leber- und anderen schweren Gesundheitsschäden führen.



Bei Wassertemperaturen über 20 Grad Celsius kann sich die Konzentration des Bakteriums *Vibrio vulnificus* in Meer- und Brackwasser deutlich erhöhen. Erkrankungen durch Vibrionen sind in Deutschland zwar selten, zeichnen sich jedoch durch einen sehr ernsthaften Verlauf in Form von schweren Wundinfektionen und Blutvergiftungen aus. Besonders gefährdet sind Menschen mit chronischen Vorerkrankungen und offenen Wunden.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Volkswirtschaften, die Verfügbarkeit von Lebensmitteln und Wasser sowie der Anstieg der Meeresspiegel können die Bevölkerungsbewegungen weltweit verstärken. Eine verstärkte Migration durch den Klimawandel könnte langfristig auch den Gesundheitssystemen in Deutschland und Niedersachsen eine höhere Leistungsfähigkeit abverlangen.

Chancen für die menschliche Gesundheit

Nicht alle Klimaveränderungen wirken sich auf die menschliche Gesundheit negativ aus. In Niedersachsen könnten mildere Winter mit weniger kältebedingten Todesfällen einhergehen. Die winterlich bedingten Einschränkungen des Innenraumklimas (niedrige Luftfeuchte, niedrige Luftwechselrate) können bei einer kürzeren Heizperiode verringert werden. Im Freien Beschäftigte werden im Winter unter geringeren kältebedingten Belastungen leiden. Im Winter verbessern höhere Temperaturen die Bedingungen für gesundheitsfördernde Aktivitäten im Freien. Zudem könnte die Gefahr der (Verkehrs-)unfälle durch Schnee- und Eisglätte und damit die Verletzungs- und Tötungsgefahr abnehmen.

Zudem sinken die gesundheitlichen Belastungen durch Kältestress. Der Zusammenhang zwischen Wärmebelastung und Mortalität ist allerdings direkter als der Effekt von Kältestress auf die Mortalität, da sich Menschen im Winter häufiger in Innenräumen aufhalten, deren thermisches Milieu stärker von den Außenbedingungen abgekoppelt ist als im Sommer. Zusätzlich spielen Infektionskrankheiten wie Grippewellen für die Wintermortalität eine nicht unwesentliche Rolle.

3.8.2 Handlungsziele

Die genannten Veränderungsprozesse werden in den Gesundheitsdiskussionen auf allen Ebenen aufgegriffen und bedürfen neuer Antworten. Für die Gesundheit gilt das Vorsorgeprinzip. Danach müssen Belastungen und Schäden für die menschliche Gesundheit im Voraus vermieden oder weitestgehend verringert werden. Durch geeignete Präventionsmaßnahmen lassen sich negative gesundheitliche Auswirkungen des Klimawandels zumindest reduzieren, wenn nicht sogar verhindern. Um der Bevölkerung ein eigenverantwortliches Handeln zur Verminderung und Vermeidung von klimabedingten Gesundheitsrisiken zu ermöglichen, sind Warnsysteme und Informations- und Öffentlichkeitsarbeit bedeutend.

Gesamtvernetzung und Öffentlichkeitsarbeit

Um Maßnahmen gegen die Auswirkungen des Klimawandels im Hinblick auf nicht übertragbare Krankheiten, insbesondere bei vulnerablen Gruppen in der Bevölkerung (z. B. Kleinkinder und betagte Menschen oder Menschen, die von mehreren Krankheiten gleichzeitig betroffen sind [Multimorbide]), zu ergreifen, muss eine Vielzahl von zusätzlichen Einflussfaktoren berücksichtigt werden, etwa veränderte Lebens-, Wohn- und Umweltbedingungen, Veränderungen des Gesundheitsverhaltens und der medizinischen Versorgung. Die Deutsche Anpassungsstrategie sieht vor, eine zuverlässige Datengrundlage zu schaffen, um ein gesundheitspolitisches Transferkonzept zu entwickeln, das unter anderem evidenzbasierte Empfehlungen zu den nötigen Anpassungsstrategien ausspricht. Die Informations- und Öffentlichkeitsarbeit sollte dabei sowohl das Fachpublikum, die Gesamtbevölkerung allgemein wie auch deren besonders vulnerablen Gruppen gezielt ansprechen.



Zusammenarbeit mit anderen Handlungsfeldern

Hier zeigt sich ein enger Zusammenhang zwischen Gesundheitsvorsorge und baulichen Planungen: Geeignete Architektur sowie Stadt- und Landschaftsplanung können dazu beitragen, eine klimatisch bedingte verstärkte Aufheizung der Städte und damit Hitzestress zu lindern. Gerade in Ballungszentren sollte die Frischluftzufuhr über unverbaute Frischluftkorridore gewährleistet sein. Dies kann durch die Anlage unverbaubarer Frischluftschneisen, Erhöhung des Albedo-Effekts und extensiver Grünanlagen als „Kälteinseln“ erfolgen. Kommunale Planungsträger sollten dem Trend einer weiteren Versiegelung von Freiflächen durch Siedlungs- und Verkehrsflächen in der Bauleitplanung entgegenwirken (s. Kap. 3.9 und 3.15).

Darüber hinaus sollten private und öffentliche Bauherren insbesondere in Gemeinschaftseinrichtungen (wie Krankenhäusern, Pflege- und Seniorenheimen) für ausreichende Isolation (Wärmedämmung), Beschattung und (passive) Kühlungsmöglichkeiten sorgen.

Gesundheitsgefährdungen durch andere Extremereignisse (wie Sturm oder Hochwasser) werden laut der Deutschen Anpassungsstrategie insbesondere durch Vorsorgemaßnahmen im Bauwesen, bei der kommunalen Infrastruktur, ein Risiko- und Krisenmanagement von Infrastrukturbetreibern, durch Notfallpläne, angepassten Hochwasser- und Küstenschutz sowie durch angemessenes Verhalten der Bevölkerung zu reduzieren sein.

Umweltgerechtigkeit

Auch der Aspekt der „Umweltgerechtigkeit“ spielt im Zusammenhang von Klimawandel, Hitze und Gesundheit eine wichtige Rolle. Das Themenfeld Umweltgerechtigkeit führt die Themen Umwelt, Gesundheit und soziale Lage zusammen und schließt an den Public-Health-Diskurs zu gesundheitlicher Ungleichheit an.

Untersuchungen zeigen, dass in Deutschland der sozioökonomische/soziale Status eng mit der Gesundheit verknüpft ist und Umweltbelastungen sozial ungleich verteilt sind. Der soziale Status ist mit vielen Risikofaktoren für hitzebedingte Gesundheitsprobleme assoziiert. Sozial benachteiligte Stadtbezirke sind Lärm-, Luftschadstoffbelastungen und einer stärkeren Wärmeentwicklung oftmals stärker ausgesetzt. Die Exposition gegenüber Luftschadstoffen begünstigt zum Beispiel die Entwicklung respiratorischer oder kardiovaskulärer Erkrankungen, die wiederum die Vulnerabilität gegenüber Hitze erhöhen. Zugleich haben Menschen mit geringem Sozialstatus einen verringerten Zugang zu Grün- und Freiflächen, was mit geringeren Abkühlungsmöglichkeiten gleichzusetzen ist. Des Weiteren stehen Menschen mit geringerem Sozialstatus weniger finanzielle Möglichkeiten zur Verringerung der Hitzeexposition zur Verfügung.

Maßnahmen des Klimaschutzes und zur Verbesserung des Stadtklimas sind zugleich Maßnahmen zur Verringerung von gesundheitsrelevanten Umweltbelastungen.

3.8.3 Maßnahmen

DWD-Hitzewarnmodell

Um Wärmebelastungen frühzeitig zu erkennen und eindeutig zu definieren, damit gesundheitliche Folgen von Hitzestress verringert werden können, hat der Deutsche Wetterdienst (DWD) ein Hitzewarnsystem entwickelt. Dieses System fasst gemessene Temperaturen, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und die Dauer von Hitzeereignissen in einer gemeinsamen Messgröße, der „empfundenen Temperatur“ zusammen, die wie alle Wettervorhersagen Bedingungen im Freien beschreibt. Die Bedingungen im Freien unterscheiden sich allerdings von Innenraumsituationen: Wind kühlt Innenräume seltener und schwächer als Flächen im Freien, außerdem sinken in ge-



schlossenen Räumen die Temperaturen in der Nacht weniger stark. Eine Temperaturabsenkung in der Nacht ist für die nächtliche Erholung besonders wichtig. Bedingt durch den Klimawandel treten auch in Niedersachsen immer häufiger Tropennächte (Nächte in denen die Temperatur nicht unter 20 °C sinkt) auf. Ein neu entwickeltes Innenraummodul für das Hitzewarnsystem des DWD wurde vom DWD 2011 weiterentwickelt und in die Routine überführt. Das DWD-Hitzewarnmodell wird in Niedersachsen von zahlreichen Pflegeeinrichtungen als Informationsquelle benutzt. Die Verbesserung des Modells hat somit unmittelbar Einfluss auf die Qualität von hitzebedingten Anpassungsmaßnahmen in der Pflege.

Überwachung der Sommer-Mortalität

Für die Politik und den Gesundheitssektor ist das Wissen um eine erhöhte Sterblichkeit von entscheidender Bedeutung, um Entscheidungen vorbereiten, Maßnahmen planen und vor allem die Bevölkerung adäquat informieren zu können. Die Assoziation einer erhöhten Sterblichkeit mit Hitzephasen ist durch Studien belegt. Allerdings können für Niedersachsen solche Phasen mit einer erhöhten Mortalität bisher immer nur verspätet im Folgejahr festgestellt werden, da derzeit noch keine zeitnahe Mortalitätssurveillance existiert. Durch die zum 01.11.2021 in Kraft tretende neue Regelung in § 13 Abs. 6 Infektionsschutzgesetz besteht künftig eine rechtliche Grundlage für eine bundesweite zeitnahe Mortalitätssurveillance. Die Landesämter werden dazu verpflichtet, nach der Eintragung in das Sterberegister den Tod, die Todeserklärung oder die gerichtliche Feststellung der Todeszeit einer im Inland verstorbenen Person zu übermitteln. Dadurch kann zukünftig frühzeitig erkannt werden, ob im Falle einer Epidemie, während einer Influenzasaison oder während einer Hitzewelle mehr Personen als im vergleichbaren Zeitraum der Vorjahre versterben. Diese Daten sind wichtig zur Einschätzung der Schwere der zuvor genannten Ereignisse, auf deren Grundlage ggf. Maßnahmen zur weiteren Eindämmung ergriffen werden können.

Informationen im Pflegebereich

Eine erhöhte Sterblichkeit und gesundheitliche Belastungen im Zuge von Hitzewellen lassen sich zum Teil durch entsprechende Verhaltensweisen wie ausreichende Flüssigkeitszufuhr oder das Vermeiden von Aktivitäten im Freien reduzieren. Voraussetzung für eine überzeugende Kommunikation des erhöhten Risikos während einer Hitzewelle ist das Erkennen der erhöhten Sterblichkeit in der Bevölkerung. Insbesondere in der Pflege und Pflegeausbildung muss das Thema deshalb auch weiterhin eine große Beachtung erfahren. Aber auch die Seniorinnen und Senioren ohne professionelle Pflege sollten erreicht werden. Das Niedersächsische Landesgesundheitsamt (NLGA) hat bereits verschiedene Merkblätter zur Sommerhitze mit Hinweisen für die Bevölkerung, Hinweisen für Hausärztinnen und Hausärzte, Hinweisen für Pflegenden, Pflegekräfte und Heimleitungen und Hinweisen für den Umgang mit Kindern veröffentlicht. Im Rahmen von Fortbildungen im Pflegebereich erfolgen ca. 2 – 3 x pro Jahr Vorträge zum Umgang mit sommerlichen Hitzeereignissen, die gehäuft durch den fortschreitenden Klimawandel zu erwarten sind. Monitoringprojekte zu neuartigen Viren und Virusüberträgern in Niedersachsen
Durchführung von Untersuchungsprojekten zu vektorassoziierten Erkrankungen, welche die geografischen und verkehrsmäßigen Besonderheiten Niedersachsens berücksichtigen sowie folgende Inhalte umfassen:

- » Jeweils Aufbau und Durchführung eines geeigneten Monitorings für die Erfassung relevanter Vektoren aus der Gruppe der Stechmücken (z. B. *Aedes albopictus*, *Aedes japonicus* sowie indigener Stechmückenarten) und Zeckenarten (z. B. *Dermacentor spec.*) als Vektormonitoring.
- » Der molekularbiologische Nachweis der Vektorenkompetenz, das heißt die Untersuchung auf das mögliche Vorhandensein von Chikungunya-, West-Nil-, Sindbis- oder Dengue-Viren bzw. FSME-Viren in den genannten Vektoren (Virusidentifizierung).
- » Entwicklung von Handlungsempfehlungen und Präventionsmaßnahmen.

Erfassung und Reduzierung neuer Arten am Beispiel der Ambrosia-Pflanzen

Im Hinblick auf die Reduzierung des Allergierisikos sind die Regulierungen vorhandener Ambrosia-Bestände zur Minimierung der Pollenbelastung und die Verhinderung der weiteren Ausbreitung dieser Pflanze notwendig. Ihre Ausbreitung sollte beobachtet werden. In Niedersachsen gibt es keine Dokumentationspflicht über das Auftreten dieser Pflanze. Niedersachsen ist allerdings über die Landwirtschaftskammer Niedersachsen an dem „Aktionsprogramm Ambrosia“ beteiligt, das 2007 vom Julius Kühn-Institut initiiert wurde. Im Rahmen dieses Programms erfolgt die Meldung von Ambrosia-Standorten über die Gemeinden und Kreise an die Landwirtschaftskammer (Standortdefinition: Ambrosia-Ansammlung von 20 Pflanzen). Auf der Basis einer von der Landwirtschaftskammer entwickelten Fachinformation tragen Gemeinden und Kreise für eine fachgerechte Entfernung der Pflanzen durch den Flächeneigentümer Sorge.

Ob sich Ambrosia in Niedersachsen als Folge des Klimawandels oder als Folge von Verschleppungsprozessen ansiedelt, kann nicht abschließend beantwortet werden, da der Einfluss des Klimawandels als begünstigender Faktor für die Verbreitung und Vermehrung noch nicht einschätzbar ist.

Die Länderarbeitsgruppe Umweltbezogener Gesundheitsschutz (LAUG) befasst sich schon seit längerem mit der Thematik Ambrosia. Die LAUG hat sowohl bestehende gesetzliche Regelungsmöglichkeiten geprüft als auch die Überlegung verfolgt, eine neue Gesetzesgrundlage zu schaffen. Für eine präventive Bekämpfung der allergieauslösenden Pflanze werden jedoch eine belastbare Berechnung der zusätzlichen Gesundheitskosten sowie eine Kostenaufstellung zur Vernichtung der Pflanze benötigt; eine solche Abschätzung liegt bislang noch nicht vor. Da die Pflanze ein sehr hohes allergenes Potenzial hat, sollten weitere Forschungsergebnisse nicht abgewartet werden, sondern das Ausbreiten weiterhin mit geeigneten Maßnahmen verhindert werden.

Auf der Homepage des Niedersächsischen Landesgesundheitsamts finden sich Hinweise und ein Merkblatt zum Thema Ambrosia.

Eichenprozessionsspinner

Wenn der Eichenprozessionsspinner (EPS) im besiedelten Bereich auftritt, ist aus Gründen des Gesundheitsschutzes eine Bekämpfung durch die zuständigen Gemeinden möglich.



Abbildung 3.8.5: Eichenprozessionsspinner (*thaumetopoea processionea* L.). Quelle: adobeStock.



Eine ressortübergreifende Arbeitsgruppe hat als Hilfestellung für die Kommunen ein Merkblatt und ein Poster zu den vom EPS ausgehenden gesundheitlichen Gefahren sowie die Handlungsempfehlung „Bekämpfung des Eichenprozessionsspinners; Handreichung für die kommunale Praxis“ entwickelt.

Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz

Die Anzahl heißer Tage (Tageshöchsttemperatur ≥ 30 °C) hat klimawandelbedingt bereits deutlich zugenommen und wird dies auch weiterhin tun (s. Kap. 2.1). Die Regelwerke zum Gesundheitsschutz der Beschäftigten genügen auch Bedingungen, wie sie bei einer Zunahme heißer Tage vorstellbar sind. Die Regelungen für Tätigkeiten bei höheren Umgebungs- und damit vielfach verbundenen höheren Raumtemperaturen würden dann entsprechend häufiger zur Anwendung kommen. Dies hätte unter Umständen – auf Grundlage einer Gefährdungsbeurteilung – höhere Kosten für den Arbeitgebenden für die Realisierung von Schutzmaßnahmen, wie das Einrichten und Betreiben von technischen Anlagen zur Luftkühlung, das Anbringen von Vorrichtungen zum Schutz vor Sonneneinstrahlung oder die Bereitstellung von Getränken zur Folge. Eine geringere Leistungsfähigkeit der Mitarbeitenden kann nicht ausgeschlossen werden. Die geltenden Rechtsvorschriften und anderen Regelwerke sind ausnahmslos dem Bundesrecht zuzuordnen. Sie werden den wissenschaftlichen Erkenntnissen entsprechend fortentwickelt.

Informationen über bodennahe Ozon und den UV-Index

Werte für das bodennahe Ozon und der UV-Index werden in Niedersachsen kontinuierlich durch das Staatliche Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim im Rahmen des Lufthygienischen Überwachungssystems Niedersachsen (LÜN) ermittelt und im Internet und Teletext veröffentlicht. Im Fall von Schwellwertüberschreitungen wird die Öffentlichkeit zusätzlich über Rundfunksender informiert. Zur Bestimmung der UV-B-Strahlung betreibt das LÜN an sieben Standorten Messeinrichtungen, aus denen der UV-Index ermittelt wird. Das bodennahe Ozon wird stündlich an 21 Standorten gemessen. Darüber hinaus wird eine Prognose für die Ozonbelastung der kommenden drei Tage zur Verfügung gestellt. Eine 3-Tages-UV-Index-Prognose wird vom Bundesamt für Strahlenschutz in Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt, dem Deutschen Wetterdienst und weiteren assoziierten Institutionen, wozu auch das Staatliche Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim mit zwei Messstellen zählt, veröffentlicht. Durch diese Maßnahmen wird eine repräsentative Umweltbeobachtung im Sinne der Vorsorge sowie eine möglichst frühzeitige Gefahrenabwehr für Mensch und Umwelt gewährleistet.

Badegewässerüberwachung

Niedersachsen hat die Badegewässerrichtlinie der EU durch die „Verordnung über die Qualität und die Bewirtschaftung der Badegewässer (Badegewässerverordnung)“ im Jahr 2008 umgesetzt. Bis zum Ende der Badesaison am 15. September entnehmen die örtlichen Gesundheitsbehörden mindestens alle vier Wochen Wasserproben und prüfen diese auf bakterielle Belastungen. Informationen zu den niedersächsischen Badegewässern mit aktuellen Untersuchungsergebnissen werden im Internet bereitgestellt.



Abbildung 3.8.6: Warnhinweis zu Blaualgen. Quelle: adobeStock.

Zusätzlich zur routinemäßigen Beprobung bei der Überwachung der EU-Badegewässer untersucht das NLGA das Vorkommen des Bakteriums *Vibrio vulnificus* an der niedersächsischen Nordseeküste kontinuierlich seit dem Jahr 2012 im Rahmen eines regelmäßigen Monitorings an ausgewählten Badestellen.

Berücksichtigung des Klimawandels in der Bauleitplanung und Architektur

Maßnahmen der Bauleitplanung und Architektur können die Luftqualität in den Stadtquartieren verbessern. Das Mikroklima in den Innenstädten wird einerseits durch die Zufuhr von frischer, feuchter Luft über Frischluftschneisen aus Frischluftentstehungsgebieten gefördert. Andererseits ist das Stadtgrün ein Bestandteil des Städtebaus. Durch Stadtgrün kann Trockenheit abgewendet und Abkühlung ermöglicht werden. Besonders in den Sommermonaten heizen sich verdichtete und versiegelte Innenstadtbereiche tagsüber stark auf. Grün- und Wasserflächen hingegen kühlen rasch aus und produzieren erfrischende Kaltluft. In Wohnquartieren spenden Bäume und Sträucher Schatten, verringern dadurch die Aufheizung von Gebäuden und versiegelten Flächen und verbessern so die Gesundheit der Bewohnerinnen und Bewohner. Darüber hinaus binden Pflanzen CO₂ und Luftschadstoffe, sie tragen so auf natürliche Weise auch zum Klimaschutz bei. In Gebäuden können z. B. Gebäudeisolierung oder aktive Kühlung die Temperaturqualität beeinflussen. Mit steigenden Raumtemperaturen steigen zudem Emissionen aus Bauprodukten wie zum Beispiel Lösemittel an, was in Kombination mit der zunehmenden Gebäudeisolierung (Reduzierung des Luftaustausches) somit vor allem bei Temperaturerhöhungen im Sommer ein zunehmendes Problem darstellen dürfte. Die Minimierung thermischer Belastungen ist somit auch ein Schritt zur Minimierung von Innenraumemissionen, zu denen auch Gerüche aus Bau- und Pflegeprodukten zählen.



3.8.4 Literaturverzeichnis

BUNDESREGIERUNG (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen.

DEUTSCHER WETTERDIENST (2012): Newsletter – Hitzewarnungen. Online unter: www.dwd.de – Newsletter – Hitzewarnungen, abgerufen am 20.08.2020.

EUROPEAN CENTRE FOR DISEASE PREVENTION AND CONTROL (2012): Aedes albopictus. Online unter: www.ecdc.europa.eu – All topics: A to Z - Disease vectors - Facts - Mosquito factsheets - Aedes albopictus, abgerufen am 20.8.2020.

KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2007): Gemeinsam für die Gesundheit – Ein strategischer Ansatz der EU für 2008 – 2013. KOM (2007), 630, 23.10.2007.

KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2009): Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen. Begleitpapier für das Weißbuch „Anpassung an den Klimawandel“, SEK (2009) 416; 1.4.2009.

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN (2021): Merkblatt für das öffentliche Grün – Der Eichenprozessionsspinner. <https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/2/nav/510/article/22065.html>, abgerufen am 20.08.2021.

MENNE, BETTINA/EBI, KRISTIE L. (HRSG.) (2006): Climate Change and Adaption Strategies for Human Health. Darmstadt.

NLGA (Niedersächsisches Landesgesundheitsamt) (2006): Untersuchungen zum Vorkommen von *Vibrio vulnificus* an der niedersächsischen Nordseeküste.

ROBERT-KOCH-INSTITUT (2010): Klimawandel und Gesundheit. Ein Sachstandsbericht.
ROBERT-KOCH-INSTITUT (2020): Epidemiologisches Bulletin. Nr. 10.

STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER (Hrsg.) (2010): Demografischer Wandel in Deutschland. Auswirkungen auf Krankenhausbehandlungen und Pflegebedürftige im Bund und in den Ländern. Heft 2.

STATISTISCHES BUNDESAMT (2012): Altersaufbau Deutschland. Online unter: www.destatis.de/bevoelkerungspyramide/, abgerufen am 5.6.2012.

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION) (2009): Improving public health responses to extreme weather/heat-waves – EuroHEAT. Technical Summary. Online unter: www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/95914/E92474.pdf

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION, HRSG.) (2008): Heath – Health Action Plans. Online unter: www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/95919/E91347.pdf





3.9 BAUWESEN





3.9 Bauwesen

3.9.1 Auswirkungen des Klimawandels

Der Klimawandel stellt weitreichende neue Anforderungen an alle Personen und Institutionen, die an der Planung von Städten und Gebäuden beteiligt sind. Und natürlich gehören auch diejenigen, die in den Gebäuden wohnen, arbeiten oder sie auf andere Weise nutzen, zu den vom Klimawandel Betroffenen, denn der Wohn- und Aufenthaltskomfort wird durch den Klimawandel deutlich beeinträchtigt.

Langanhaltende Hitzewellen im Sommer, Kälteperioden im Winter, zunehmende Starkregen und Überschwemmungen sowie stärkere Stürme erfordern Anpassungen an die Substanz von Gebäuden, Bauwerken und die zugehörige Infrastruktur wie Straßen und Kanalisation.

Städte und Ballungsräume heizen sich durch intensive Bebauung und fehlende Grünflächen bereits heute stärker auf als das Umland. Diese Stadtklimaeffekte werden durch den Klimawandel verstärkt (s. Kap. 3.8). Länger anhaltende Hitze führt zu höheren Innenraumtemperaturen in Gebäuden; diese können der Gesundheit schaden und beeinträchtigen den Wohnkomfort. Hier von sind besonders ältere und pflegebedürftige Personen, Schwangere sowie Kinder betroffen, aber generell auch alle Menschen, die schlecht gedämmte Gebäude bewohnen. Während früher die Südseiten der Gebäude mit großen Fensterflächen ausgestattet wurden, um die Wärme der Sonneneinstrahlung zu nutzen und Heizkosten zu sparen, sind heute Verschattung, Kühlung und Lüftung zunehmend gefragt.

Neben der thermischen Belastung können sich die Baugrundverhältnisse durch den Klimawandel negativ verändern. Es besteht besonderer Anpassungsbedarf beim Bauen in Hanglagen, in Gebieten mit quellfähigen Böden und Grundwassereinfluss sowie beim Bauen in hochwassergefährdeten Bereichen und in ehemaligen Bergbau-/Tagebaugebieten. Überall können Starkwindereignisse zu abgedeckten Dächern und Starkregenerenignisse zu Überflutungen führen.

Notwendige Klimafolgenanpassungsmaßnahmen stellen eine Wachstumschance insbesondere für das Bauwesen dar. Überflutungsgefährdete Straßen und Plätze müssen dahingehend umgestaltet werden, dass sie Flächen als Regenrückhaltebereiche vorhalten. Neue und bestehende Gebäude müssen gegen Überhitzung mit hohen Dämmstandards und Sonnenschutz ausgerüstet werden sowie je nach Hochwasserrisiko die Nutzung unterer Etagen dementsprechend anpassen, um Schadenspotenziale zu reduzieren. Wärmepumpen, die zunehmend fossile Heizanlagen ersetzen müssen, können erwärmen und kühlen, insbesondere in Verbindung mit Photovoltaik. Eine einfache und wirksame Lösungsmöglichkeit ist die Begrünung von Fassaden und Dächern. Hinzu kommen die technischen Lösungen wie z. B. solare Kühlsysteme, für die der Bedarf wächst.

In wachsenden Städten entsteht zunehmend ein steigender Druck auf Freiflächen zur Bekämpfung des Wohnungsmangels. Hier zeichnen sich Ziel- und Nutzungskonkurrenzen zwischen innerstädtischer Freiraumentwicklung und baulicher Nachverdichtung ab. Auf der einen Seite soll mehr Wohnraum in den Städten geschaffen werden, auf der anderen Seite sind attraktive und zugängliche Grünräume für die Lebensqualität und Gesundheit notwendig. In den Wachstumsregionen kann die innerstädtische Verdichtung zu einem lokalen Rückgang an Brachen und Grünflächen und damit auch zu einer geringeren Vernetzung von Grünflächen führen. Auch im Übergang zwischen Stadt und Land werden Freiflächen in Wachstumsregionen zunehmend bebaut, wodurch bestehende Grünsysteme unterbrochen werden. Die Anpassung an die Folgen des Klimawandels ist auch eine Frage der Umsetzung. Städte und Gemeinden müssen aktiv werden, um Prozesse zu initiieren und umzusetzen, die erst mittelfristig zu Ergebnissen führen. Dafür sind ausreichend Fachpersonal, die Mitnahme der Bevölkerung und das Aufbringen der finanziellen Ressourcen notwendig. Mit der Revitalisierung von Brachflächen sind meist hohe Sanierungskosten verbunden. Umweltgefährdende Stoffe, im Boden verbliebene Baureste und Kampfmittel müssen sondiert und beseitigt werden.



3.9.2 Handlungsziele

Verbesserung des Wissensstands

Für Anpassungsmaßnahmen im Bereich Bauwesen bildet die Verfügbarkeit von Informationen und Leitfäden eine wesentliche Grundlage. Im Forschungsprogramm „Experimenteller Wohnungs- und Städtebau“ (ExWoSt) des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat (BMI) werden unter anderem integrierte Strategien und Handlungskonzepte zur Anpassung an den Klimawandel entwickelt und erprobt. Zur Unterstützung von Kommunen wurde ein planungsorientierter Leitfaden („Stadtklimalotse“) entwickelt.¹ Das Programm umfasst mehrere Pilotprojekte zu immobilien- und wohnungswirtschaftlichen Anpassungsstrategien, darunter die Erprobung eines Instruments zur Bewertung von Klimarisiken durch Akteure in der Immobilien- und Wohnungswirtschaft und ein Geo-Informationssystem zu Klimarisiken.

Klimaschutz und Klimafolgenanpassung müssen weiterhin fester Bestandteil der Architekten- und Ingenieurausbildung sein und anforderungsgerecht weiterentwickelt werden. Die Schulungs- und Beratungsmöglichkeiten für Planerinnen und Planer, Unternehmen und Bauherrinnen und Bauherren müssen erweitert werden. Hierzu dienen auch die umfangreichen Informationsangebote und Broschüren der Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen (KEAN).
Anpassung der Städte und Gemeinden

Klimaanpassung sollte in der Stadt- und Siedlungsentwicklung umfassend berücksichtigt werden. Hierbei ist zu beachten, dass verschiedene Handlungsbereiche betroffen sind.

Bauleitplanung

Das Baugesetzbuch benennt die Förderung der Klimaanpassung als ein Ziel der Bauleitplanung (§ 1 Abs. 5 BauGB). Nach § 1a Abs. 5 BauGB soll den Erfordernissen des Klimaschutzes sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen, Rechnung getragen werden. Diese Regelung wurde 2011 in das Baugesetzbuch aufgenommen. In der Begründung zum Gesetzentwurf (BT-Drs. 17/6076 S. 8) wird darauf hingewiesen, dass Klimaschutz auch eine städtebauliche Dimension habe und eine klimagerechte Stadtentwicklung neben der Bekämpfung des Klimawandels auch die Anpassung an den Klimawandel in den Blick nehmen müsse. Das bedeutet, dass Klimaschutz und Klimaanpassung bei der Aufstellung von Bauleitplänen verstärkt zu berücksichtigen sind und sich daraus ein Erfordernis für entsprechende Darstellungen und Festsetzungen ergeben kann (z. B. Maß der baulichen Nutzung, Festsetzungen von Grün- und sonstigen Freiflächen, Freihaltung von Kaltluftschneisen, Festsetzungen für das Anpflanzen von Bäumen, Sträuchern oder sonstigen Bepflanzungen).

Wassersensible Stadtentwicklung

Um die Klimaresilienz der Städte und Gemeinden zu verbessern und eine wassersensible Stadtentwicklung voranzutreiben, muss Augenmerk auf folgende Punkte gelegt werden:

- » Hochwasserangepasstes Bauen (§ 5 Abs 2 WHG) und Ausweisung von Überschwemmungsgebieten (§ 76 ff. WHG) (s. Kap. 3.2.1)
- » Anpassung der vorhandenen Infrastrukturen der Wasserver- und -entsorgung (s. Kap. 3.2.4),
- » Umgang mit Extremwetterereignissen,
- » Regenwasserbewirtschaftung,

¹ www.stadtklimalotse.net



- » Bewässerung von Grünbeständen und Überflutungsschutz,
- » steigender Wasserbedarf und sinkendes Brauchwasserangebot im Sommer,
- » veränderte Qualität von Oberflächen- und Grundwasser.

Stadtklima, insbesondere in Ballungsräumen

Auf regionaler und kommunaler Ebene deckt die Landschaftsplanung die Bearbeitung klima-ökologischer Inhalte (bioklimatische und lufthygienische Ausgleichsfunktionen) hinsichtlich makroklimatischer Funktionen der Kaltluftentstehung und des Luftaustauschs im städtischen sowie im ländlichen Raum ab (s. Kap. 3.15). Ziel ist es unter anderem, positive Funktionen wie die Bildung kühlerer Luft und die Frischluftzufuhr in besiedelten Bereichen zu entwickeln und zu sichern, um hitzebedingte Auswirkungen und lufthygienische (steigende Konzentration toxischer Stoffe) Auswirkungen zu minimieren (s. Kap. 3.8). Die Sicherstellung der Frisch- und Kaltluftschneisen in der Stadtentwicklung kann über Belastungsanalysen und Simulationsmodelle, Bewertung der Wertigkeit von Grünflächen und die Berücksichtigung regionaler Verknüpfungen erfolgen.

Die Landschaftsplanung bietet die Möglichkeit, für einzelne besiedelte Bereiche Anpassungsmaßnahmen wie Dachbegrünung zur Gebäudekühlung in überhitzungsgefährdeten Gebieten oder die Nutzung von Solarenergie in besonders strahlungsbegünstigten Lagen räumlich verortet darzustellen, die ggf. über die Bauleitplanung umzusetzen sind.

In Bezug auf die Klimafunktionen innerstädtischer Grünflächen wird das Mikroklima in den Innenstädten einerseits durch die Zufuhr von frischer, feuchter Luft über Frischluftschneisen aus Frischluftentstehungsgebieten gefördert. Andererseits wird durch Stadtgrün Trockenheit abgewendet und Abkühlung ermöglicht. Besonders in den Sommermonaten heizen sich verdichtete und versiegelte Innenstadtbereiche tagsüber stark auf, da Asphalt, Beton und Stein Wärme speichern. Es bilden sich Wärmeinseln. Grün- und Wasserflächen hingegen kühlen rasch aus und produzieren erfrischende Kaltluft. Der Bedarf an grünen, beschatteten Erholungsflächen in der Stadt wird steigen. Die Errichtung und der Erhalt blau-grüner Infrastrukturen rückt zunehmend in den Fokus. Wichtig zu beachten ist auch eine mögliche Veränderung der Eignung von Pflanzen (z. B. Straßenbäumen).

Reduzierung der Flächeninanspruchnahme (s. auch Kap. 3.1.3)

Die Niedersächsische Landesregierung hat sich im Jahr 2017 im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie für Niedersachsen das Ziel gesetzt, die Flächeninanspruchnahme pro Tag bis zum Jahr 2030 auf maximal 4 Hektar zu begrenzen. Flächen sind nicht beliebig vermehrbar. Der Innenentwicklung von Städten und Gemeinden ist Vorrang vor Siedlungserweiterungen in Rand- und Außenbereichen einzuräumen, damit funktionsgerechte, attraktive und finanzierbare Siedlungsstrukturen in Niedersachsen dauerhaft erhalten bleiben. Städtebauliche Brachen und leerstehende Gebäude sollten neu genutzt werden. Dabei sind die klimawirksamen Freiflächen zu erhalten und zu vernetzen sowie die Bodenversiegelung zu reduzieren. Die praktische Umsetzung dieser Maßnahmen setzt konzeptionelle Grundlagen mit Blick auf die kommunalen Siedlungsflächen und ein aktives Flächenmanagement voraus.

Anpassung der Gebäudeplanung und Bautechnik

Bauplanung, -technik und -ausführung haben in Deutschland einen hohen Standard und sind für verschiedenste Klimabeanspruchungen ausgelegt, beziehungsweise können an diese angepasst werden. Dabei sollten Möglichkeiten gefunden werden, wie die Umsetzung eines angepassten Bauens durch private und öffentliche Bauträger gefördert werden kann.



Baulicher Wärmeschutz

Wärmeschutz im Gebäudebereich hilft, Energie einzusparen, den Kohlendioxidausstoß zu verringern und somit dem Klimawandel effektiv entgegenzuwirken.

Dazu zählt der winterliche wie auch der sommerliche Wärmeschutz. Eine effektive Dämmung, die verhindert, dass im Winter Kälte in den Innenbereich des Gebäudes eindringt, verhindert andererseits bei hohen sommerlichen Temperaturen, die der Klimawandel mit sich bringt, eine zu starke Erwärmung der Innenräume.

Wohlüberlegte Planungen bei Neubau und Sanierung helfen, dass Gebäude durch Standort, Ausrichtung, Grundriss, Materialwahl und gelungene Haustechnik unabhängiger vom Klimawandel werden (z. B. Nutzung des Albedo-Effekts).

Vor allem sind hier Planende gefragt, die bauwillige Personen gezielt und fachkundig über Möglichkeiten beraten, Gebäude im Neubau bzw. in der Sanierung klimagerecht zu entwerfen und auszuführen. Neben den gesetzlichen Mindeststandards zur Energieeinsparung im Gebäudebereich, die sich aus dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) ergeben, liegt es auch insbesondere in der Hand der Bauherrinnen und Bauherren, welche Maßnahmen gewählt werden, um zum einen den Sonneneintrag im Gebäude zu verringern und zum anderen die Sonneneinstrahlung gewinnbringend zur eigenen Energieerzeugung zu nutzen. Menschen, die energieeffiziente Gebäuden bewohnen, profitieren neben einem behaglichen und gesunden Raumklima auch monetär, da der Energieverbrauch und somit die Wohnnebenkosten spürbar sinken.

Eine präventive Stadt- und Quartiersplanung, die eine gute Durchlüftung und Begrünung in bebauten Gebieten gewährleistet, bettet zudem klimagerechte Gebäude in ein System, in dem sich das Stadt- und Raumklima dergestalt entwickeln kann, dass Lebewesen und Pflanzen ein lebenswertes Umfeld vorfinden.

Baustoffe auf Klimaverträglichkeit prüfen

Die Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit von Baustoffen gegenüber extremen Witterungsereignissen muss in Zukunft stärker bei Entscheidungen für oder gegen bestimmte Konstruktionen und Materialien berücksichtigt werden. Bei Neubauten kann bereits zukunftsorientiert geplant und mit entsprechenden Materialien und Konstruktionen gebaut werden. Bei älteren Gebäuden ist das bei umfassenden Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen möglich. Historische Gebäude stellen dabei eine besondere Herausforderung dar.

3.9.3 Maßnahmen

Verbesserung des Wissensstands

- » Entwicklung einer lokalen Risikobewertung: Um regional angepasste Bauvorhaben zu realisieren ist es notwendig, lokale Vulnerabilitätsanalysen bereitzustellen, um klimatische Veränderungen abschätzen zu können. Das BBSR hat dazu die Broschüre „Geoinformationssystem zur bundesweiten Risikoabschätzung von zukünftigen Klimafolgen für Immobilien“ herausgegeben.
- » Anpassung der Architekten-/Ingenieurausbildung: Klimaangepasstes Bauen und Sanieren erfordert neue Bauweisen und neue Baumaterialien, insbesondere aus nachwachsenden Rohstoffen. Die Anpassung der Architekten- und Ingenieurausbildung bezieht sich auf die regulären und fortlaufenden Planungen der Hochschulen, die in Eigenverantwortung neue Studiengänge konzipieren bzw. ihre bestehenden Studiengänge den jeweils neuesten Er-



kenntnissen von Wissenschaft und Technik anpassen. Eine Abbildung erfolgt bei wesentlichen Änderungen bestehender oder bei neuen Studiengängen in den jährlichen Studienangebots-Zielvereinbarungen.

- » Im Rahmen der Landesinitiative Klimaschutz im Städtebau unterstützt das Land Niedersachsen die Kommunen mit einem praxisorientierten Wissenstransfer zu den aktuellen Themen der nachhaltigen Stadt- und Gemeindeentwicklung. In diesem Rahmen hat das Land Niedersachsen z. B. 2019 eine Fachtagung zum Thema „Nachhaltige Baulandentwicklung“ und im Jahr 2017 zum Thema „Stadtgrün in Niedersachsen“ durchgeführt und Publikationen dazu herausgegeben. Das Land Niedersachsen stellt diese Broschüren und weitere Informationen zur Förderung einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung zudem auf der Internetplattform NIKIS² zur Verfügung.

Anpassung der räumlichen Planung / Finanzierungs- oder Anreizinstrumente

- » Integration der Klimafolgenanpassung in die räumliche Planung (s. Kap. 3.2, 3.8 und 3.15)
- » Klimaanpassung durch Städtebauförderung unterstützen. Mit der ab dem Programmjahr 2020 weiterentwickelten Bund-Länder-Städtebauförderung sind „Maßnahmen des Klimaschutzes bzw. zur Anpassung an den Klimawandel, insbesondere durch Verbesserung der grünen Infrastruktur“ nunmehr zwingende Voraussetzung für den Einsatz der Städtebauförderungsmittel im Rahmen der Umsetzung eines städtebaulichen Entwicklungskonzepts in den Fördergebieten. Beispielhaft kann hier etwa die „Schaffung von Grünanlagen und Freiräumen“ oder auch die „Begrünung von Bauwerksflächen“ genannt werden.

Anpassung Gebäudeplanung und Bautechnik

- » Verstärkter Einsatz von Maßnahmen zur Minimierung thermischer Belastung in öffentlichen Gebäuden, zum Beispiel Schulen. Die Minimierung thermischer Belastungen trägt auch zur Reduzierung von Innenraumemissionen bei.

Neubau und Sanierung von Gebäuden

- » Beim Neubau und vor allen bei Sanierungsmaßnahmen sollte ein klimaangepasstes Bauen bei der Gebäudehülle (Bautechnik, Baustoffe, ausreichende Dämmung gegen Kälte- und Wärme- einwirkungen) und der Gebäudetechnik (Sonnenschutz, Kühlung) gefördert und unterstützt werden. Diese Maßnahmen sollen der Vorsorge vor Schäden aus verschiedenen Witterungsereignissen (Sturm, Hagel, Starkregen, Hitze) dienen, aber auch die Wohn- und Aufenthaltsqualität erhalten bzw. verbessern.
- » Ein Augenmerk kann auf die Verknüpfung von Maßnahmen im Sinne des Klimaschutzes gelegt werden. So sollte Strom aus erneuerbaren Energien, deren Anteil in den kommenden Jahren zunehmen soll, für den Betrieb von gebäudetechnischen Anlagen genutzt werden. Dies wäre durch die Nutzung der Dachflächen mit Photovoltaikanlagen, deren erzeugter Strom insbesondere bei hoher Sonnenscheindauer im Gebäude selbst zur Kühlung genutzt wird, möglich. Ebenso können Photovoltaikanlagen zur Verschattung von versiegelten Flächen wie Parkplätzen, genutzt werden, um ein großflächiges Aufheizen zu vermindern.

² <http://www.nikis-niedersachsen.de>



Gebäudebestand des Landes

Minimierung thermischer Belastungen durch bauliche Maßnahmen

Bei Neubauten bestehen auf Grundlage des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) Vorgaben zum sommerlichen Wärmeschutz, die unter Anwendung der DIN 4108 2:2013-2 nachzuweisen sind. Der Nachweis zielt auf die Begrenzung thermischer Belastung und die Vermeidung maschineller und energieintensiver Kühlmaßnahmen ab. Dabei sind sowohl vereinfachte Nachweise, als auch umfassende thermische Simulationen zulässig.

Der sommerliche Wärmeschutz wird im Zuge der Prüfung der Nachweise nach dem GEG durch das Niedersächsische Landesamt für Bau und Liegenschaften (NLBL) geprüft. Damit wird ein bereits etabliertes Instrument angewendet, um bauliche Maßnahmen so umzusetzen, dass thermische Belastungen durch Solareinstrahlung reduziert werden. Bei Neubauten wird der Nachweis zum sommerlichen Wärmeschutz regelmäßig für die sog. „kritischen Räume“ erstellt und durch das NLBL geprüft. Bei der großflächigen Erneuerung von Fenstern in Bestandsgebäuden wird das Instrument der dynamischen Gebäudesimulation anlassbezogen verwendet, wenn es sich um Gebäude mit besonderen Anforderungen an das Raumklima handelt. Dieses Instrument bietet im Regelfall eine ausreichende Basis zur Minimierung thermischer Belastung durch hochbauliche Maßnahmen.

Minimierung innerer Wärmequellen durch Einsatz stromsparender Geräte

Thermische Belastungen durch interne Wärmequellen (Elektrogeräte, Beleuchtung, Ventilatoren, Pumpen etc.) werden seit dem Betrachtungsjahr 2012 durch die Fortschreibung der Ökodesign-Richtlinie weiter reduziert. Energiesparende Technik, z.B. LED Beleuchtung, hat sich inzwischen auch aus wirtschaftlichen Gründen als Standard etabliert.

Weitere Untersuchungen zum Thema

Der Gebäudebestand des Landes und auch die damit im Zusammenhang stehenden Neu- und Umbaumaßnahmen des Landes weisen eine sehr heterogene Struktur auf. Aufgrund der unterschiedlichsten Nutzungen, Gebäudekubaturen, Standorte etc. werden auf das jeweilige Gebäude bezogene Strategien zur Minimierung thermischer Belastungen erarbeitet und umgesetzt. Die Begrenzung der thermischen Belastung ist als Teilaspekt der energetischen Untersuchung bereits gut im Landesbau verankert. Bei Neubauten ist die Einhaltung der Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz fester Bestandteil der bauphysikalischen Berechnungen. In temperaturkritischen Bereichen werden Simulationsprogramme eingesetzt.

Soziale Wohnraumförderung

Die soziale Wohnraumförderung ist ein wesentlicher Bestandteil der Niedersächsischen Wohnungspolitik zur Schaffung von ausreichend und bezahlbarem Wohnraum für Haushalte mit geringem und mittlerem Einkommen. Klimaschutz und Klimaanpassung sind Themen, die auch im Bereich der sozialen Wohnraumförderung Berücksichtigung finden. Da die Förderung in Niedersachsen aktuell bewusst keine Vorgaben über die gesetzlich vorgegebenen Standards hinaus enthält, ist eine klare Differenzierung zwischen den konkreten baulichen Maßnahmen für den Klimaschutz und denen im Rahmen einer Klimaanpassung kaum möglich und überbleibt somit letztendlich der Bauträgerschaft.

Die Verbesserung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden bedeutet nicht nur weniger Energie zu verbrauchen und Geld zu sparen, sondern auch mehr Lösungen für erneuerbare Energien, fortschrittliche Fernwärme und -kühlung, Abfallmanagement, nachhaltige Mobilität und sozialen Zusammenhalt zu ermöglichen. Der Anspruch des Landes ist, auch zukünftig eine hohe Lebensqualität in diesem Bereich durch eine entsprechende Förderung sicherzustellen, um durch wirk-



same Maßnahmen die Gebäude und ihre Freiflächen an die zu erwartenden, neuen klimatischen Bedingungen wie gestiegene Durchschnittstemperaturen oder extreme Wetterereignisse anzupassen. Insoweit besteht auch im Rahmen der sozialen Wohnraumförderung die Möglichkeit, eine hohe Aufenthaltsqualität, eine vielfältige Nutzbarkeit der Freiflächen, die Schaffung struktureicher Lebensräume sowie eine ressourcensensible Gestaltung zu unterstützen.

Damit bewegt sich die soziale Wohnraumförderung grundsätzlich stets im Spannungsfeld zwischen technisch Möglichem und wirtschaftlich Umsetzbarem. Um kleinen und mittleren Einkommen auch in Zeiten des Klimawandels qualitätsvolles und bezahlbares Wohnen zu ermöglichen, wird das Land im Rahmen der sozialen Wohnraumförderung deshalb künftig besonders darauf achten müssen, dass die Baukosten möglichst geringgehalten werden, ohne dabei die erforderlichen Maßnahmen für die Klimaanpassung und den Klimaschutz zu vernachlässigen.

Eine darüber hinaus gehende Berücksichtigung von zum Beispiel der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden ist über die Möglichkeit der Kombination von verschiedenen Förderinstrumenten gesichert. Fördermöglichkeiten dafür sind unter anderem das CO₂-Gebäudesanierungsprogramm des Bundes oder auch das Marktanreizprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (MAP). Zudem gibt es zahlreiche weitere Programme für die Förderung von Einzelmaßnahmen. Auch in Niedersachsen gibt es Bestrebungen, die Förderung kontinuierlich im Sinne einer weitergehenden Verbesserung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, auch mit Blick auf die Klimabilanz eingesetzter Baustoffe, auszubauen. So gibt es zusätzlich zu den bestehenden Förderangeboten eine (noch zeitlich befristete) Förderung für die energetische Modernisierung vom Gebäudebestand, die aus aktuellem Anlass zur Stabilisierung der Wirtschaft in Niedersachsen bei gleichzeitiger Berücksichtigung der notwendigen Klimaanpassung dient.



3.10 ENERGIEWIRTSCHAFT





3.10 Energiewirtschaft

3.10.1 Auswirkungen des Klimawandels auf die Energiewirtschaft

Die Energiewirtschaft ist ein maßgebliches Handlungsfeld für erfolgreichen Klimaschutz. Zugleich ist die Energiewirtschaft vom Klimawandel und seinen Auswirkungen betroffen.

Energiebedarf/ Energieversorgung

Die Veränderungen durch den Klimawandel führen zu einem steigenden Energiebedarf bei Hitzeperioden oder Hochwasser mit entsprechenden Stromlastspitzen z. B. durch Kühlsysteme im Sommer oder durch Wasserschöpfwerke. Im Gegensatz dazu kann sich der Bedarf an Heizenergie im Winter durch ansteigende Außentemperaturen reduzieren.

Insbesondere werden die systematische Erhöhung der gesetzlichen Anforderung an die Wärmedämmung und der sinkende Wärmeenergiebedarf im Gebäudebestand sowie ein anwendungsspezifisch sinkender Strombedarf durch den Einsatz energieeffizienter Technologie auch im privaten und gewerblichen Bereich zu einem sinkenden Energieverbrauch führen. Mehrverbräuche können durch weitere Klimatisierungen und den verstärkten Einsatz von Kühlanlagen entstehen. Extremereignisse wie Stürme, Gewitter, Starkregen, Hochwasser, Schnee-/Eislasten sowie extreme Temperaturen können Kraftwerke, Erzeugungsanlagen, Umspannanlagen, Konverter oder Leitungsnetze beschädigen und somit die Energieinfrastruktur beeinträchtigen.

Konventionelle Energieträger

Auch wenn die Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energieträger in Niedersachsen und auch bundesweit sukzessive voranschreitet, ist die Energieversorgung derzeit noch in großem Maße durch die Nutzung konventioneller Energieträger geprägt. Gerade im Hinblick auf die Nutzung konventioneller Energieträger haben sich zugleich in den vergangenen Jahren immer wieder Einschränkungen gezeigt, die sich mittelbar aufgrund negativer Folgen des Klimawandels ergeben haben.

So können bspw. temporär absinkende Pegelstände der Binnengewässer infolge andauernder Dürreperioden zu Einschränkungen beim Transport von Energieträgern wie Steinkohle und Mineralölprodukten mittels Binnenschiffen führen. Dies kann regional grundsätzlich zu vorübergehenden Preisanstiegen bei den betroffenen Energieprodukten führen. Soweit die Beschränkungen nicht mittels alternativer Transportwege wie z.B. dem Schienen- und Straßenverkehr kompensiert werden können, können sich im Extremfall temporäre Versorgungsengpässe für Energieverbrauchende und Energieanlagen wie z. B. Steinkohlekraftwerke in den betroffenen Regionen ergeben.

Überdies erfordert die Strom- und Wärmeerzeugung mittels thermischer Kraft- und Heizwerke eine möglichst stetige Verfügbarkeit von Kühlwasser bspw. aus nahegelegenen Fließgewässern. Temporäre Hitze- und Dürreperioden können die Verfügbarkeit von Kühlwasser insb. aus Fließgewässern erheblich einschränken und entsprechend wasserrechtlicher Auflagen eine Abregelung betroffener thermischer Kraftwerke erfordern. Eine weitere Gefährdung kann außerdem auch von Hochwasser und Sturmfluten ausgehen, die den Betrieb von Anlagen zur Energieerzeugung beeinträchtigen könnten.

Im Hinblick auf potenzielle Rückwirkungen für die Sicherheit und Stabilität des Stromversorgungssystems ist zugleich anzumerken, dass die Bedeutung thermischer Großkraftwerke im Zuge der Energiewende sukzessive abnehmen wird. Dies zeigt sich auch und gerade in Niedersachsen. So ist das einzige Braunkohlekraftwerk in Niedersachsen, das Kraftwerk Buschhaus, am



01.10.2020 stillgelegt worden. Bis Ende des Jahres 2022 werden zudem die beiden verbleibenden Kernkraftwerke stillgelegt. Im Bereich der Steinkohle ist ebenfalls in den kommenden Jahren ein Rückgang der Kraftwerkskapazitäten zu erwarten.

Erneuerbare Energien

Durch einen Anstieg der Sonnenscheindauer wird sich das Potenzial für Solarenergie leicht erhöhen. Höhere Lufttemperaturen können sich allerdings negativ auf den Wirkungsgrad der Solarmodule auswirken. Zukünftig könnten sich Flächenkonkurrenzen aufgrund von durch etwa Trockenheit bedingten Mindererträgen der landwirtschaftlichen Flächen vergrößern und den Ausbau der Solarenergie auf Freiflächen erschweren.

Für Wasserkraftwerke können Hoch- und Niedrigwassersituationen sowie abnehmende Durchflussmengen und -geschwindigkeiten zu geringerer Stromerzeugung führen. Zukünftig könnte die Wasserversorgung für die Herstellung von Wasserstoff eine Herausforderung darstellen, da die Nutzungsansprüche an Grund- und Oberflächenwasser stetig zunehmen und die Verfügbarkeit klimawandelbedingt eher abnimmt. Damit tritt die steigende industrielle Nutzung von Wasser immer stärker in Konkurrenz zu Nutzenden wie der Trinkwasserversorgung oder der Landwirtschaft.

Verändertes Windangebot hat Einfluss auf Windenergieanlagen: Stärkere Schwankungen bei den Windgeschwindigkeiten an einzelnen Standorten führen zu einer erhöhten Volatilität der Windstromproduktion. Überschreiten kritischer Schwellenwerte im Fall von Stürmen führt zur Abregelung oder gar Abschaltung von Anlagen. Ausmaß und Relevanz der Auswirkungen auf das Stromversorgungssystem hängen von der zeitlichen und regionalen Verteilung des künftigen Auftretens von Extremwindereignissen sowie der räumlichen Verteilung der Windenergieanlagen ab.

Der Klimawandel birgt im Bereich der Energiegewinnung aus Biomasse Risiken, bietet aber auch Chancen. Dürre, Hitzestress und Extremereignisse wie Hagel, Starkregen oder Überschwemmung gehen mit einer Zunahme von Ernteverlusten auch beim Anbau von Energiepflanzen einher. Gleichzeitig können höhere Temperaturen und verlängerte Vegetationsperioden den Biomassezuwachs fördern und den Anbau neuer Biomassepflanzen ermöglichen; begrenzender Faktor ist hier das pflanzenverfügbare Wasser. Grundsätzlich besteht aber ein bisher ungelöster und zunehmender Flächennutzungskonflikt zwischen Energieerzeugung und Nahrungsmittelproduktion, sowie weiteren Flächennutzungsarten.

Die Holzgewinnung aus bisher kultivierten Baumarten wird aufgrund der trockenheitsbedingten Krankheitsanfälligkeit nicht in gleichem Maße möglich sein. Der für die Klimaanpassung erforderliche Waldumbau wird aufgrund der sich ändernden Baumartenzusammensetzungen auch Einfluss auf das Holzangebot haben, der sich aber vor allem im Bereich der stofflichen Verwendung bemerkbar machen wird.

Generell sind die langfristigen Auswirkungen des Klimawandels auf den Energiesektor als eher gering bis mittel zu bewerten.

3.10.2 Handlungsziele

Die übergeordnete Zielsetzung ergibt sich aus dem energiepolitischen Zieldreieck, das auch in § 1 des Energiewirtschaftsgesetzes verankert ist. Danach ist eine sichere, kosteneffiziente sowie umweltverträgliche Energieversorgung zu gewährleisten. Die Folgen des Klimawandels stellen insbesondere im Hinblick auf die Sicherheit und Stabilität der Energieversorgung eine zusätzliche Herausforderung dar. Zugleich verdeutlichen die Folgen des Klimawandels die Bedeutung einer umweltverträglichen Energieversorgung und damit der Energiewende.



Vor diesem Hintergrund ist eine kontinuierliche Evaluation der Auswirkungen des Klimawandels auf das Energieversorgungssystem erforderlich. Auf dieser Basis sollte die Resilienz des Energieversorgungssystems gegenüber den Folgen des Klimawandels durch adäquate Anpassungsmaßnahmen zielgerichtet und wirksam gestärkt werden.

3.10.3 Handlungsoptionen / Anpassungsmaßnahmen

Wind- und Solarenergie/Energieübertragung

Es sind geeignete Maßnahmen zum Umgang mit erhöhter Volatilität zu entwickeln, z. B. die stärkere Dezentralisierung der Energieerzeugung, die Bereitstellung eines geeigneten Leitungsnetzes mit einer Erhöhung der Vermaschung durch Netzausbau und Digitalisierung, insbesondere zum überregionalen Ausgleich, sowie die Reduzierung von Leistungsspitzen durch verstärkte Sektorkopplung. Extremwetterlagen müssen im Anlagendesign berücksichtigt werden. Die Anpassung an den Klimawandel ist bei der Standortwahl neuer Kraftwerke, Erzeugungsanlagen, Umspannanlagen, Konverter u. a. bei der Aufstellung von Raumordnungsplänen zu berücksichtigen.

Die vermehrte Nutzung von Agro-Photovoltaik kann Flächenkonkurrenzen zwischen Energiegewinnung und Landwirtschaft mindern und Synergien, etwa durch Verschattungen für die Landwirtschaft, erzielen.



3.11 INDUSTRIE UND GEWERBE



3.11 Industrie und Gewerbe

3.11.1 Auswirkungen des Klimawandels

Hintergrund

Für die niedersächsischen Unternehmen, gleich welcher Branche sie angehören, ist der Klimawandel aus verschiedenen Gründen von erheblicher Bedeutung. Denn die daraus resultierenden Folgen sind nicht nur natürlicher, sondern auch regulatorischer und marktwirtschaftlicher Art. Mit dem Klimawandel geht ein erhöhtes Risiko für Hitze-/Dürreperioden, Stürme, Überschwemmungen oder sonstige Extremwetterereignisse einher. Diese Auswirkungen auf die Natur sind bereits heute mess- und individuell spürbar. So steigt für Unternehmen weltweit, aber auch an den niedersächsischen Standorten, das Schadensrisiko durch die physikalischen Effekte der Wetterveränderungen. Zudem drohen Gefahren für die gesamte Lieferkette sowie die dahinterstehende Logistik.

Auch regulatorische Konsequenzen des Klimawandels treffen Unternehmen. Steigende CO₂-Bepreisungen oder sonstige aus Klimaschutz oder -wandel resultierende Vorgaben beeinflussen die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sowie die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen teilweise stark.

Daneben hat der Klimawandel auch Auswirkungen auf den Markt selbst. Dies betrifft nicht nur den Beschaffungs-, sondern auch den Absatzmarkt. Die Firmen müssen diese Entwicklungen zum einen möglichst frühzeitig erkennen und zum anderen effektiv darauf reagieren. Dies stellt besonders für kleine und mittlere Unternehmen eine Herausforderung dar.

Anlagensicherheit

Extremwetterlagen wie Stürme, Starkniederschläge oder Hitzeperioden können die materiellen Unternehmensgüter unmittelbar beeinträchtigen. So können etwa Schäden an Gebäuden sowie Fahrzeugen, Produktionsanlagen oder gelagerten Waren entstehen. Arbeits- und Produktionsausfälle bis hin zu Umsatzverlusten wären die Folge für Unternehmen.

Investitionen in bauliche Präventionsmaßnahmen können helfen, die Risiken zu mindern, sind jedoch teilweise kostenintensiv (s.a. Kap. 3.9). Auch der Abschluss von entsprechenden Versicherungen kann zumindest das mit einem Schadensereignis verbundene finanzielle Risiko abfedern. Dies hat jedoch laufende Ausgabebelastungen zur Folge, die perspektivisch eher steigen werden. Schließlich führt die Zunahme von Schadensereignissen regelmäßig zu einer Erhöhung der Versicherungsprämien.

Der Umgang mit oder die Erwartung von tatsächlichen klimabedingten Schadensereignissen hat damit zunehmenden Einfluss auf die unternehmerischen Entscheidungen und erhöht beispielsweise auch den Planungsbedarf hinsichtlich von Standortfragen. So sollten bei nationalen oder internationalen Ansiedlungs- und Investitionsentscheidungen der potentielle Mangel an dem Produktionsfaktor Wasser (Grundwasser, Oberflächenwasser) am Standort zur Kühlung, Reinigung und als Produktionsmittel oder das Gefahrenpotential etwa von Überschwemmungen oder Stürmen, welche sich in Folge des Klimawandels in manchen Regionen erheblich verstärken können, mitgedacht werden (s.a. Kap. 3.2).



Lieferketten und Absatzwege

Betriebseinschränkungen können durch wetterbedingte Unterbrechungen der vor- oder nachgelagerten Beschaffungs- oder Absatzwege entstehen und Produktionsausfälle nach sich ziehen. Von Unwetter stark beeinträchtigt können dabei nicht nur die Verkehrswege und -netze (s. a. Kap. 3.12), sondern auch die Produktionsstätten der Liefer- und Abnahmebetriebe sein. Viele Unternehmen sind, bedingt durch die Kapazitäten von Lagerung oder Produktion, in ein stringent getaktetes Liefer- und Handelssystem eingebunden und weisen insofern nur geringe Pufferkapazitäten auf. Sie sind bereits nach kurzer Zeit nicht mehr voll produktions- oder arbeitsfähig, wenn Störungen in zentralen Lieferketten auftreten.

Eine frühzeitige und wirkungsvolle Reaktion der Unternehmen auf derartige Lagen gestaltet sich eher als schwierig. Oftmals lassen sich Lieferbetriebe und Produktionsstandorte auf Grund der hohen Qualitäts- und Spezifikationsanforderungen kurzfristig kaum ersetzen. Zudem verfügen die Firmen teils nicht über tagesaktuelle Informationen bezüglich der einzelnen Glieder ihrer teils komplexen und weltweiten Lieferketten.

Ressourcensicherheit

Der Klimawandel kann auch durch eine Beeinträchtigung der Ressourcensicherheit starke Folgen für Arbeits- und Produktionsprozesse haben. So wirken klimatische Veränderungen und Extremwetterlagen bereits auf die Rohstoffgewinnung sowie -verfügbarkeit. Doch auch die sichere Versorgung mit Industrierohstoffen könnte erschwert werden. Versorgungsengpässe oder Verteuerungen dieser Rohstoffe hätten erhebliche Folgen für eine Vielzahl von Unternehmen. Eine noch größere wirtschaftliche Bedeutung hat die dauerhafte, stabile und bezahlbare Verfügbarkeit von Wasser und Energie. Engpässe im Wasserangebot, die besonders in Hitzeperioden auftreten könnten, hätten beispielsweise Auswirkungen auf wasserintensive Herstellungsverfahren, auf die Kühlwasserversorgung oder im Extremfall auf jeglichen Frischwassergebrauch. Eine systematische Analyse und Priorisierung dieser Bedarfe ist hier sinnvoll. Auch die Stromerzeugung mittels Wasserkraft könnte beeinträchtigt werden (s.a. Kap. 3.10). Gerade eine stabile Energie- und Stromversorgung ist jedoch von elementarer Bedeutung. Zudem würden Stromausfälle aufgrund von Extremwetterereignissen die meisten Unternehmen empfindlich treffen.

Arbeitswelt

Die witterungsbedingten Folgen des Klimawandels wirken zudem individuell auf die Menschen ein. Dies hat natürlich auch Auswirkungen auf die Unternehmen, in denen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter die zentrale Rolle einnehmen.

Deutliche Effekte kann insbesondere eine ausgedehnte Hitzeperiode haben. Dies spüren sowohl Personen, die in schlecht isolierten und nicht klimatisierten Gebäuden tätig sind, als auch die Menschen, die im Freien arbeiten. Mit der intensiven Sonneneinstrahlung und den anhaltend hohen Temperaturen gehen nicht nur Gesundheitsgefahren, sondern auch Produktivitätsverluste einher. Aus Gründen der Fürsorge und der Wirtschaftlichkeit werden deshalb etliche Betriebe, soweit möglich, auf derartige Entwicklungen reagieren müssen (s.a. Kap. 3.8). Zudem haben Unwetterereignisse starken Einfluss auf den Berufsverkehr sowie das Arbeiten im Freien. Verzögerungen in Arbeits- und Produktionsprozessen sowie Umsatzeinbußen können die Folge sein.

Chancen des Klimawandels

Der Klimawandel birgt neben den beschriebenen Risiken auch Chancen für die Unternehmen. Zum einen bieten die Bereiche des Klimaschutzes sowie der -anpassung ein weites Feld für Inno-

vationen von Unternehmen und Gründern. Zum anderen kann ein geändertes Nachfrage- oder Konsumverhalten neue Markt- und Betätigungsfelder eröffnen.

Insgesamt ist jedoch festzuhalten, dass Chancen und Risiken nicht automatisch mit einem Gewinn oder Verlust gleichgesetzt werden können. Für die Unternehmen wird es vielmehr gelten, die mit dem Klimawandel verbundenen wirtschaftlichen Möglichkeiten und Gefahren frühzeitig zu erkennen und darauf entsprechend zu reagieren. Dies könnte beispielsweise durch eine Kombination der Ergreifung von Anpassungsmaßnahmen und der Entwicklung neuer Geschäftsstrategien, etwa im Bereich der Produkte, Dienstleistungen oder des Marketings, geschehen. Die Identifikation und Nutzung von klimawandelbedingten Potenzialen setzt jedoch die erforderlichen Kompetenzen und vor allem Ressourcen in den Unternehmen voraus.

3.11.2 Handlungsziele

Risikobewusstsein stärken

Wie zuvor beschrieben, können die Auswirkungen des Klimawandels für die Unternehmen zwar vielfältig, gleichzeitig aber nur schwer prognostizierbar sein. Im alltäglichen Geschäft geht so das Risikobewusstsein häufig verloren. Gerade kleine bis mittlere Unternehmen verfügen oftmals nicht über die Kapazitäten, um die Klimafolgen proaktiv zu berücksichtigen oder sich mit dem Bereich des Risikomanagements zu beschäftigen. Teilweise kann deshalb erst auf bereits eingetretene Schäden reagiert werden.

Den Grundstein für jedes wirtschaftliche Handeln als Reaktion auf die klimawandelinduzierten Folgen bildet daher die Schaffung eines entsprechenden Bewusstseins. Nur ein Unternehmen, welches sein Geschäftsfeld betreffende Risiken aber auch Chancen möglichst umfassend kennt, hat die grundsätzliche Möglichkeit, diesbezüglich zu reagieren.

Innovationsentwicklung fördern

Eine geeignete Methode, auf den Klimawandel zu reagieren und davon vielleicht sogar wirtschaftlich zu profitieren, stellt prinzipiell die Innovationsentwicklung in bestehenden oder neu gegründeten Unternehmen dar. Denn der Bedarf an innovativen Lösungen zur Klimaanpassung und zum Klimaschutz ist bereits hoch und wird vermutlich noch zunehmen. Folglich bergen diese Bereiche großes Potenzial für neue Betätigungsfelder. Dabei kann es sich sowohl um technische Innovationen, als auch um organisatorische oder geschäftsfeldbezogene Innovationen handeln. Die systematische Untersuchung der Klimafolgen sowie Berücksichtigung von Fragen des Klimawandels kann im Rahmen der Ideenentwicklung daher eine zentrale Rolle spielen. So können wichtige Anpassungsbedarfe erkannt und neue Ideen für Anpassungslösungen entwickelt werden, die dann sowohl im eigenen Unternehmen angewandt, als auch in Form neuer Produkte oder Dienstleistungen anderen zur Verfügung gestellt werden.

Deshalb gilt es, die Innovationsentwicklung in und durch Unternehmen zu fördern. Diesem Handlungsziel tragen bereits die niedersächsischen Programme zur Innovations- und Gründungsförderung Rechnung, über die auch Aktivitäten im Bereich der Klimaanpassung oder des Klimaschutzes unterstützt werden können.



3.12 VERKEHRSWEGE- UND NETZE



3.12 Verkehrswege- und netze

3.12.1 Sektorbeschreibung

Am 1. Januar 2021 hat der Bund die Verwaltung der Autobahnen (BAB) von den Bundesländern übernommen. Er wird die mit dieser Verwaltungsreform in Zusammenhang stehenden Aufgaben in einer Infrastrukturgesellschaft, der „Autobahn GmbH des Bundes“, bündeln. Die Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (NLStBV) wird weiterhin zuständig sein für den Ausbau und Erhalt von mehr als 4.600 km Bundesstraßen, mehr als 8.000 km Landesstraßen, mehr als 4.300 Brücken und 7.600 km Radwege sowie ca. 3.600 km Kreisstraßen in 13 Landkreisen.

Das niedersächsische Schienennetz erstreckt sich über 3.400 Kilometer mit 357 Bahnhöfen. Das Land Niedersachsen ist nur für den Teil der Strecken zuständig, die nicht zur bundeseigenen Schieneninfrastruktur zu zählen sind. Als Aufsichtsbehörde überwacht die LEA Gesellschaft für Landeseisenbahnaufsicht die 69 nichtbundeseigenen Betreibende von Eisenbahninfrastruktur sowie die Straßenbahnen in Hannover und Braunschweig. Hinzu kommt die Aufsicht über 45 Seilbahnen und Sessellifte. Die Landesbehörde ist weiterhin Luftfahrt- und Luftsicherheitsbehörde. In Niedersachsen sind zurzeit 145 Flugplätze für den zivilen Luftverkehr zugelassen, darunter fallen auch Landeplätze und Segelfluggelände.

Niedersachsen besitzt überdies 39 Häfen, die 15 landeseigenen Seehäfen repräsentieren die zweitstärkste Hafengruppe Deutschlands. Sie haben eine erhebliche regionalwirtschaftliche und strukturpolitische Bedeutung für die Küstenregionen in Niedersachsen. Darüber hinaus liegen knapp 2000 Kilometer Bundeswasserstraßen in Niedersachsen.

3.12.2 Auswirkungen des Klimawandels

Mobilität

Extreme Wetterlagen wie Schnee, Eis, Stürme, Hoch- und Niedrigwasser oder Hitze beeinträchtigen bereits heute den Verkehr auf Straße, Schiene, Wasser und in der Luft. Der Klimawandel kann sich sowohl negativ als auch positiv auf die einzelnen Verkehrsträger auswirken. Häufigere oder stärkere Niederschläge verringern zum Beispiel die Sicherheit im Verkehr durch schlechte Sichtverhältnisse und nasse Fahrbahnen. Hangrutsche und Unterspülungen können zur Destabilisierung und Zerstörung von Straßen- und Bahntrassenabschnitten führen. Stürme können direkt oder über Windwurf Straßen, Gleise und Stromleitungen schädigen. Auch durch Hitzewellen in den Sommermonaten können die Unfallzahlen steigen, da bei hohen Temperaturen in der Regel die Konzentrationsfähigkeit sinkt. Während längerer Trockenperioden sinkt der Wasserspiegel, was sich negativ auf die Befahrbarkeit der Binnenwasserstraßen auswirkt. Bei steigenden Temperaturen im Winter werden hingegen möglicherweise Unfallgefahren aufgrund von Schnee- und Eisglätte auf Straßen abnehmen.

Eine systematische Analyse, inwieweit die unterschiedlichen Verkehrsträgerschaften in Niedersachsen von den Folgen des Klimawandels betroffen sein könnten, steht noch aus. Für einige Verkehrsträgerschaften lassen sich aus den Forschungsergebnissen regionaler oder nationaler Untersuchungen Schlussfolgerungen für Niedersachsen ziehen. Mobilitätseinschränkungen durch den Klimawandel können grundsätzlich zu einer veränderten Wahl der Verkehrsmittel und zu einer Verteuerung der Mobilität führen.



Straßeninfrastruktur

Bei langanhaltender Hitze weichen hohe Temperaturen die Oberfläche des Straßenbelags auf. Es können Spurrillen und langfristig Schäden an Straßen entstehen. Die Auswirkungen von Hitze und vermehrten Niederschlägen werden als beherrschbar eingeschätzt, denn modifizierte Baustoffe können Straßen zukünftig hitzebeständiger machen und ergiebige Niederschläge lassen sich durch vergrößerte straßeneigene Entwässerungssysteme ableiten.

Schieneinfrastruktur

Direkt durch Sturm gefährdet sind hochragende Anlagen der Stromversorgung sowie Signalanlagen. Gegen umstürzende Bäume muss insbesondere vorgesorgt werden, etwa indem sie zurückgeschnitten werden. Bei der Anpassung des rechtlichen Rahmens muss beachtet werden, dass viele solcher Bäume auf Privatgrund stehen.

Auch Hoch- und Niedrigwasserperioden wirken sich auf den Schienenverkehr aus. Hier besteht vor allem Gefahr durch die Überschwemmung von Bahnanlagen, insbesondere in Gebieten mit geringen Höhendifferenzen zwischen Schienen und Wasserflächen. Forschungsbedarf besteht insbesondere darin, ob hohe Temperaturen neue Instandhaltungstechnologien erforderlich machen, also ob etwa die inneren Spannungen bei lückenlos verschweißten Schienen gefährlich ansteigen könnten. Gleiches gilt für Maßnahmen zur Klimatisierung von Fahrzeugen und Gebäuden.

Um einer möglicherweise steigenden Gefahr von Wald- und Böschungsbränden vorzubeugen, ist gegebenenfalls der Bewuchs etwa durch entsprechende Bewirtschaftungsformen im Umfeld von Bahnanlagen in Zusammenarbeit mit Forstbehörden der klimatischen Entwicklung anzupassen.

Seeschifffahrt/Häfen

Schifffahrt

Klimaänderungen, und damit Veränderungen der Luft- und Wassertemperatur, des Niederschlages, der Eisbedeckung, des Wasserstandes, der Windstärke, der Windrichtung oder des Seegangs, haben unmittelbaren Einfluss auf Seeschifffahrt und Seeschifffahrtsstraßen. Insbesondere sind Veränderungen im Zusammenhang mit Extremwetterereignissen von Bedeutung. Seeschiffe und Navigation hängen ebenso wie Ausbau, Unterhalt und Betrieb der Seeschifffahrtsstraßen von den ozeanografischen, hydrologischen und meteorologischen Bedingungen in der offenen See und in der Küstenzone ab. Durch den projizierten Meeresspiegelanstieg sind unter anderem Häfen und andere maritime Infrastruktur betroffen. Es ergeben sich ebenfalls Veränderungen der Strömungen, Erosion und Sedimentation in den Ästuaren und Seeschifffahrtsstraßen, die näher untersucht werden müssen. Für die Schifffahrt könnten sich aber auch neue Schifffahrtswege eröffnen, wie die arktischen Seewege, deren optimale Nutzung frühzeitig überprüft und koordiniert werden muss.

Häfen

Das landeseigene Unternehmen Niedersachsen Ports ist mit seinen 16 Standorten der größte Betreiber von Hafeninfrastruktur in Niedersachsen. Darüber hinaus sind auch kommunale und private Seehäfen von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen, wie Leer, Papenburg, Oldenburg oder Nordenham. Von wesentlicher Bedeutung für die niedersächsischen Häfen sind zunächst die mögliche Zunahme von Sturmtagen sowie die Zunahme der maximalen Windgeschwindigkeiten im Zusammenhang mit den Folgen des Klimawandels. Weiterhin verursachen der Anstieg des mittleren Meeresspiegels und des mittleren Tidehochwassers sowie der Anstieg der Wasserstände durch Windstau höhere Sturmflutwasserstände (s.a. Kap. 3.3).

Die Hafeninfrastrukturen könnten häufiger und mit einem höheren Wasserstand überflutet werden. Dieses Szenario stellt nicht nur einmalige Belastungsproben für die Hafenanlagen dar,

die kurzfristige Betriebsunterbrechungen und temporäre Reparaturen zur Folge haben. Langfristig kann auch zum Beispiel durch die häufigere Überspülung der Kaianlagen der hydrostatische Druck hinter den Spundwänden (Ebbephase nach Überflutung) ansteigen und zu einer geringeren statischen Belastbarkeit der Hafenanlagen führen. Zudem sind durch die höheren Wasserstände auch größere Wellenbelastungen - mit Folgen für die Infrastruktur - zu erwarten. Auch die Entwässerung von Binnenhäfen wird in Zukunft schwieriger werden, da die Zeitfenster zum natürlichen Sielen durch die Effekte des Klimawandels (Anstieg des mittleren Tidehochwassers) immer kleiner werden. Als Folge ist ein zusätzliches abpumpen von Binnenwasser notwendig.

Neben Sturmtagen ist in Zukunft mit weiteren Extremwetterereignissen zu rechnen. Hierzu gehören insbesondere langanhaltende Hitzewellen, Starkregenereignisse aber auch extreme Hagelschauer, die sich auf die Hafeninfrastuktur und den Hafenumschlag auswirken können. Hohe Temperaturen können z. B. einen Einfluss auf die Funktionsfähigkeit von Anlagen und Bauwerken im Hafen haben (bewegliche Brücken, Schleusen etc.) aber auch auf Straßenbeläge (gesprengte Betonfahrbahnen, Spurrinnen im Asphalt) oder Schienennetze. Starkregenereignisse können Überflutungen im Hafengebiet nach sich ziehen und Umschlags- und Hafenprozesse beeinträchtigen. Steigende Durchschnittstemperaturen können einen Einfluss auf die Wasserqualität im Hafen haben aber auch auf die Ausbreitung invasiver Arten in der Nordsee. So besiedelt z. B. die Pazifische Auster zunehmend Spundwände und überwuchert Unterwasserbauwerke. Dies führt zu einem erhöhten Aufwand in der Prüfung und Wartung dieser Bauwerke.

Nach Untersuchungen des Forschungsverbunds nordwest2050 sind die Auswirkungen des Klimawandels erst nach 2050 als bedeutsam anzusehen. Allerdings werden Extremereignisse, die sich auf die Wertschöpfungsketten der Hafenwirtschaft und der Logistik auswirken, bereits in den nächsten 30 Jahren eine spürbare Herausforderung darstellen. Auch müssen bereits vor 2050 Klimaanpassungsmaßnahmen erfolgen. Durch die Extremwetterlagen bestehen außerdem Risiken, dass Anlagen häufiger ausfallen (z. B. elektrische Spills, Landstromversorgung), die Hafenbecken verschlickten und Havarien und Unfälle zunehmen.

Die klimabedingten Auswirkungen könnten ein wirtschaftliches Risiko für die Hafenbetreibenden bedeuten. Abgesehen vom Ausfall der Umschlagseinnahmen entstehen Kosten durch Baggerungen, Reparaturen und Instandsetzungsmaßnahmen, mit der Gefahr, dass die Kosten für das Unternehmen in keinem Verhältnis mehr zu dem Nutzen stehen. Die Häfen wären dann nicht mehr erreichbar, nicht leistungsfähig und würden demnach unattraktiv.

Auch für die Hafenkundschaft, die als Betreibende von Suprastrukturen wie Kränen und Lagerhallen sowie als Nutzende von der Leistungsfähigkeit der Hafenanlagen abhängig sind, bergen die Folgen des Klimawandels Risiken: Schäden an den Suprastruktureinrichtungen, nautische Probleme durch Extremwetterlagen (Sturm, Strömungen, Wasserstände) oder Umschlagsausfälle durch Betriebsunterbrechungen, Wartezeiten und Lieferverzögerungen.

Binnenwasserstraßen

Das System der Binnenschifffahrt mit seinen wichtigsten Kompartimenten - Wasserstraße, Schifffahrtsflotte, Häfen und die auf den Verkehrsträger Wasserstraße angewiesene Wirtschaft - hängt in vielfältiger Weise direkt oder indirekt vom Klima und damit auch von dem erwarteten Klimawandel ab. Die wichtigste Größe hierbei ist der Abfluss, der den Wasserstand und damit die Schifffahrt der frei fließenden Strecken des Wasserstraßennetzes direkt über die zur Verfügung stehende Wassertiefe bestimmt.

Herausforderungen für die Binnenschifffahrt sind sowohl Niedrigwasser- als auch Hochwasserphasen. Mit sinkenden Fahrrinntiefen sinkt die mögliche Zuladungsmenge der einzelnen Schiffe. Dies führt dazu, dass die Unternehmen für die gleiche Ladungsmenge eine größere Zahl von Schiffen im Vergleich zu optimalen Wasserverhältnissen benötigen. Zusammen mit der Anzahl der benötigten Schiffe erhöhen sich die Transportkosten ebenfalls. Eine Verlagerung auf andere Verkehrsträger ist wegen fehlender Kapazitäten nur begrenzt möglich. Mögliche Anpassungsstrategien sind die Konstruktion flachgängiger Schiffe und der Bau von Stauwerken. In Hoch-



wasserphasen kann es zur Einstellung der Schifffahrt kommen, wenn die notwendigen Brückendurchfahrtshöhen nicht mehr gewährleistet bzw. aufgrund der Überflutung der Seitenräume die Ränder der Wasserstraße nicht mehr erkennbar sind.

Der Abschlussbericht des BMVI mit den fachlichen Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen des Forschungsprogramms KLIWAS liegt seit März 2015 vor. Es werden weiterhin Niedrigwasserperioden und Hochwasserlagen eintreten, die aber von ihrem Ausmaß her den aus den letzten Jahrzehnten bekannten Situationen ähneln werden. Wobei die Niedrigwassersituationen aufgrund ihrer relativ langen Andauer für die Binnenschifffahrt relevanter sind als Hochwasserereignisse. Aus den vorliegenden KLIWAS-Erkenntnissen wird deutlich, dass genügend Zeit besteht, um sich fundiert und angemessen auf längerfristig möglicherweise veränderte Verhältnisse einzustellen. Hierzu sind die Erfassung und Auswertung der Entwicklung der Abflussverhältnisse fortzusetzen sowie die Projektionen bei Vorliegen neuer klimatologischer Eingangsdaten zu aktualisieren. Die vorliegenden Ergebnisse lösen noch keine unmittelbaren, ausschließlich durch Klimaveränderungen bedingte, Investitionsentscheidungen aus. Die von KLIWAS für die nahe Zukunft (bis 2050) projizierten klimabedingten Veränderungen befinden sich in einer Größenordnung, die grundsätzlich mit den vorhandenen Planungswerkzeugen bewältigt werden kann. Sie müssen aber weiterhin aufmerksam verfolgt werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserstraßen und die Schifffahrt in Niedersachsen beherrschbar sind. Bis Mitte des Jahrhunderts ist damit zu rechnen, dass sich die heutigen Abflussverhältnisse an den Wasserstraßen mit ihrer bereits jetzt vorhandenen Variabilität nicht grundlegend verändern.

Luftverkehr

Der Luftverkehr ist aktuellen Analysen zufolge nur bedingt von möglichen Klimaänderungen betroffen. Allerdings müssen Betriebsabläufe an Flughäfen und bei der Flugsicherung unter Umständen an häufigere Extremwettersituationen angepasst werden.

3.12.3 Literaturverzeichnis

BMVBS (2008): Schifffahrt und Wasserstraßen in Deutschland – Zukunft gestalten im Zeichen des Klimawandels. Bestandsaufnahme.

BMVBS (2009): Tagungsband KLIWAS. Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland.

BUNDESREGIERUNG (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen.

NIEDERSÄCHSISCHE LANDESBEHÖRDE FÜR STRAßENBAU UND VERKEHR (2011): Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr. Online unter: www.mw.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=5479&article_id=15143&psmand=18, abgerufen am 5.6.2012.

NIEDERSÄCHSISCHE LANDESBEHÖRDE FÜR STRAßENBAU UND VERKEHR (2011a): Schienenverkehr, Seilbahnen und Transrapid. Online unter: www.strassenbau.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=21006&article_id=76128&psmand=135, abgerufen am 5.6.2012.

NIEDERSÄCHSISCHE LANDESBEHÖRDE FÜR STRAßENBAU UND VERKEHR (2011b): Luftverkehr. Online unter: www.strassenbau.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=21005&article_id=78357&psmand=135, abgerufen am 5.6.2012.

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND VERKEHR (2011): Ressortabfrage des MU zur Nds. Anpassungsstrategie an den Klimawandel für den Bereich Verkehr.

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND VERKEHR (2012): Häfen und Seeschifffahrt. Online unter: www.mw.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=5530&article_id=15472&psmand=18, abgerufen am 5.6.2012

NORDWEST2050 (o. J.) Verwundbarkeitsanalyse. Hafen- und Logistikwirtschaft.

SCHMITZ, DÖRTE (NPorts) (o. J.): Beitrag Seehäfen. Klimaanpassung.

TEGETHOF, U. (2011) Klimawandel – Anpassungsstrategien für die Straßenverkehrsinfrastruktur. In: Straße und Autobahn, Bd. 62, S. 89–94.

Abschlussbericht des BMVI - Fachliche Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen des Forschungsprogramms KLIWAS (März 2015)



3.13 TOURISMUS





3.13 Tourismus

3.13.1 Auswirkungen des Klimawandels

Tourismus und Klimawandel stehen in einer vielfältigen Wechselbeziehung. Einerseits trägt der Tourismus zum Klimawandel bei, vor allem durch Treibhausgasemissionen im Reiseverkehr, aber auch durch andere energieintensive Komponenten wie Beschneiungsanlagen in Winter-sportgebieten, beheizte Swimmingpools, Hallenbäder, Ski- und Eislaufhallen, Klimaanlage, Wärmeenergie in Beherbergungsbetrieben etc. Andererseits sind viele Urlaubsarten direkt durch veränderte Klimafaktoren betroffen (z. B. Strand- und Badeurlaub, Wander-, Fahrrad- und der Wintertourismus). Für die langfristige Tourismusentwicklung eines Zielgebietes (Destination) spielt ein intaktes und herausragendes Umfeld eine große Rolle, um den Gästen Erholung, aber auch Erlebnisse oder eine gesundheitsfördernde Umgebung zu bieten. Landschaften wie Küsten- und Gebirgsregionen haben dabei eine hohe Bedeutung. Selbst wenn bestimmte Angebote, wie z. B. ganzjährig nutzbare wetterunabhängige Ferienanlagen, immer wichtiger werden, ist davon auszugehen, dass auch zukünftig die Sehnsucht nach intakter Landschaft sowie der Aufenthalt in einem angenehmen humanbiometeorologischen Klima zu den Hauptmotiven gehören, eine Reise in eine bestimmte Region zu unternehmen. Umfragen zeigen, dass für 2/3 aller Gäste in Niedersachsen der „Aufenthalt in der Natur“ die Hauptaktivität während des Urlaubs ist. Entsprechend haben auch die Nationalparke Wattenmeer und Harz für den Tourismus eine große Bedeutung – zudem können hier vielfältige Klimawandelfolgen erlebt und damit das Klimabewusstsein weiter gestärkt werden. Mit dem fortschreitenden Klimawandel können sich die Landschaften und die klimatischen Faktoren jedoch verändern. So werden schneearme Winter deutliche Spuren bei Tourismusanbietenden in Mittelgebirgsregionen hinterlassen und temperaturbedingtes Algenwachstum oder Stranderosion Probleme in Küstengebieten nach sich ziehen. Durch den klimawandelbedingten Temperaturanstieg kommt es bereits heute zu weitläufigen Schäden in Wäldern (u. a. durch Schädlingsbefall und Trockenheit) und Trockenheit in Feuchtgebieten. Außerdem verursachen Extremwetterereignisse, wie Stürme, Hitzeperioden oder Hagel-schauer, neben materiellen Schäden auch Imageschäden für eine Tourismusregion. Nachfolgend sind die wichtigsten plausiblen Auswirkungen des Klimawandels für den Tourismus dargestellt.



Positive Effekte durch den Klimawandel für den Tourismus	Negative Effekte durch den Klimawandel für den Tourismus
Temperaturanstieg	
<p>Ausweitung der Saison, höhere Wassertemperaturen, verlängerte Vegetationsperioden, veränderte Flora/Fauna, Verschiebung der Reiseströme von den heißen Mittelmeerregionen nach Deutschland</p>	<p>Hitzestress und Schwüle, Zunahme von Krankheiten (Infektionen und Herz-Kreislauf), veränderte Flora/Fauna (u. a. Ausbreitung von Neobiota), Verlust von Mooren und anderen Feuchtgebieten, Algenwachstum, Zunahme von Quallen in den Badegewässern, Zunahme von Blaualgen (Gesundheitsgefahr, allergische Reaktionen), Zunahme von Schaumalgen (Verschmutzung der Strände), Zunahme von sauerstoffarmen Bereichen am Meeresgrund (Anspülung von Meerestieren an die Strände), Zunahme von Algenmatten in den Wattbereichen, Zunahme von Fäulnisgerüchen und schwarzen Flecken im Watt, vermehrter Pollenflug, Waldbrandgefahr, Schneemangel im Winter, Zunahme von Schädlingen (z. B. Borkenkäfer, Eichenprozessionsspinner), zunehmender Nutzungsdruck von touristischer Infrastruktur und Ökosystemen durch zunehmende Reiseströme.</p>
Veränderung der Niederschläge	
<p>Abnehmende Niederschlagsmenge im Sommer</p>	<p>Mehr Niederschläge im Frühjahr und Winter, Trockenheit im Sommer, Schädigung der Pflanzen, Trinkwasserknappheit, negative Effekte für Wald und Heide, Moore und andere Feuchtgebiete</p>
Anstieg des Meeresspiegels	
	<p>Ausdehnung der Erosionsbereiche durch Änderung der Sedimenttransportpfade und verstärktem Energieeintrag durch Seegang und Tidenströmungen an den Stränden (insb. der Ostfriesischen Inseln) und den Salzwiesen (s. auch Kap. 3.3), Verlängerung der Überflutungsdauer von Wattbereichen, Erschwerung von Wattwanderungen</p>
Stürme und Starkregen	
	<p>Überflutungsgefahr an Flüssen, Schäden an Bauwerken und touristischen Infrastrukturen, Waldschäden (Sturmschäden und Schädlinge), Schäden an Wanderwegen, Sperrung von Rad- und Wanderwegen (Verkehrssicherungspflicht)</p>

Tabelle 3.13.1: Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus, eigene Darstellung

Werden ausschließlich die direkten Einflüsse der Klimaänderung, wie Temperaturanstieg, Niederschlagsveränderungen oder Extremwetterereignisse auf den Tourismus betrachtet, so greift dies zu kurz. Der Klimawandel tangiert die Natur, alle Wirtschaftszweige sowie Gesellschaft und Politik. So führt beispielsweise ein anderes Verhalten in der Land-, Forst- oder Wasserwirtschaft aufgrund des Klimawandels zu Veränderungen der Bedingungen des Tourismus (s. Kap. 3.2, 3.5, 3.6), z. B. Windparks an touristisch sensiblen Standorten, großflächiger Maisanbau, Bioenergieanlagen, langfristig veränderter Waldbestand, steigende Investitionskosten für energetische Sanierung etc. Der Einfluss der Klimaveränderung auf den Tourismus muss daher im Gesamtsystem der Einflussfaktoren betrachtet werden. Neben den direkten Auswirkungen, sind es eher die indirekten Folgen des Klimawandels, die einen Einfluss auf die Tourismuswirtschaft haben werden.

3.13.2 Handlungsziele

Der Tourismus wird, wie aufgezeigt, auf vielfältige Weise durch den Klimawandel beeinflusst. Dabei sind drei Arten des Einflusses zu unterscheiden, die entsprechend unterschiedliche Handlungsweisen erfordern:

- » Direkte Einflüsse des Klimawandels auf den Tourismus, wie beispielsweise die Folgen des Meeresspiegelanstiegs oder Schneemangel im Mittelgebirge.
- » Indirekte Einflüsse des Klimawandels auf den Tourismus, durch Anpassung der Landnutzung an den Klimawandel.
- » Verändertes Klimabewusstsein in der Bevölkerung mit entsprechend verändertem Reise- und Nachfrageverhalten und anderem Anspruch an die Anbieter touristischer Leistungen (Anpassung an Kundenwünsche).

Generelles Ziel muss es sein, die wirtschaftliche Bedeutung des Tourismus in Niedersachsen zu erhalten und möglichst zu stärken. Der Tourismus gehört zu den wichtigsten Wirtschaftszweigen besonders im ländlichen Raum und ist Jobmotor in Niedersachsen. Mehr als 46 Millionen Übernachtungen im Jahr 2019 belegen dies. Nach erstmaliger Analyse durch ein Tourismussatellitenkonto in 2017 geben in- und ausländische Reisende rund 20,7 Milliarden Euro für Güter und Dienstleistungen in Niedersachsen aus. Die Tourismuswirtschaft trägt mit 5,2% zur gesamten Wirtschaftsleistung in Niedersachsen bei. 293.000 Erwerbstätige sind landesweit direkt und indirekt im Tourismus beschäftigt.

Verbesserung des Wissensstands und des Wissenstransfers

In vielen Bereichen besteht weiterer Untersuchungsbedarf. Dies betrifft sowohl die Auswirkungen des Klimawandels auf Natur und Landschaft als auch die Verwundbarkeit des Tourismus gegenüber den Folgen des Klimawandels und das veränderte Urlauberverhalten. Zusätzlich sind auf dieser Basis regionalspezifische Empfehlungen zu erarbeiten (Leitfaden mit Handlungsfeldern, Empfehlungen und Praxisbeispielen). Dazu zählen auch Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung und Sensibilisierung.

Erhalt der touristischen Potenziale

Vordringliches Ziel muss es sein, die touristischen Potenziale im Bereich Landschaft und Natur zu erhalten und, wo möglich, zu verbessern. Hierzu gehört der naturschutzfachlich verträgliche Schutz der Inseln und Küsten, die Renaturierung von Gewässern, der Schutz von Auenlandschaften und Hochwasserschutz, die Erhaltung und ökologische Aufwertung von Natur- und Kulturlandschaften, von Flora und Fauna sowie der Qualität der Gewässer. Für Gebiete, in denen der Wintersport eine wirtschaftliche Bedeutung hat, ist wegen der zu erwartenden Abnahme der Schneemenge (s. Kap. 2) weiterhin die Schaffung neuer Tourismusangebote erforderlich, die unabhängig von den Schneebedingungen sind. Damit wird gleichzeitig eine Verbesserung des



touristischen Angebots in der Nebensaison erreicht. Der Einsatz von Fördermitteln bei heutigen Investitionen in Wintersporteinrichtungen muss jeweils hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit auch mit Blick auf die klimabedingten Veränderungen bei den Schneeverhältnissen geprüft werden.

Verbesserung der Angebotsqualität im Tourismus (Qualitätsverbesserung zur Anpassung an die Kundenwünsche)

Ein generelles Ziel im Tourismus muss es sein, die Qualität der Angebote zu verbessern und neue innovative, klimaangepasste und nachhaltige Produkte zu entwickeln. In Bezug auf das Thema Klimawandel sind Gäste zunehmend sensibel und fordern von Anbietenden touristischer Leistungen ein klimabewusstes Verhalten. Eine nachhaltige Tourismusentwicklung schließt klimabewusstes Handeln mit ein. Klimabewusstes Verhalten ist ein Qualitätskriterium.

Kooperation und Zusammenarbeit mit anderen Wirtschaftsbereichen

Zur Reduzierung der negativen Auswirkungen von Anpassungsstrategien anderer Wirtschaftsbereiche auf den Tourismus muss eine verstärkte Kooperation und Zusammenarbeit erfolgen. Tourismusverantwortliche sind in die Entscheidungsprozesse einzubeziehen, damit Klimaanpassungsstrategien entwickelt werden, die langfristig auch dem Tourismus zugutekommen.





3.14 KATASTROPHENSCHUTZ





3.14 Katastrophenschutz

Grundsätzlich befinden wir uns in einer Phase erhöhter Unsicherheit und die Bevölkerung ist zunehmend unzufrieden mit der globalen Lage. Es ist noch dringender geworden, sich den systemischen Herausforderungen zu stellen, denn die Anzeichen für Unsicherheit, Instabilität und Fragilität mehren sich. Die Bevölkerung versteht mittlerweile sehr gut, konventionelle Risiken abzuschwächen, die sich relativ leicht isolieren und mit Standard-Risikomanagementansätzen bewältigen lassen. Doch deutlich weniger ausgeprägt sind die Kompetenzen, wenn es um den Umgang mit komplexen Risiken in vernetzten Systemen geht. Viele dieser Systeme, wie z. B. das Klima oder die Digitalisierung, weisen Anzeichen einer Überlastung auf. So schätzt der Risikobericht der WEF 2019 den Klimawandel als das zukünftig herausragende Risiko ein.

Toprisiken

2009	2019
Börsencrash	Wetterextreme
Harte Landung China	Scheitern des Klimaschutzes
Chronische Krankheiten	Naturkatastrophen
Unregierbare Staaten	Datendiebstahl
De-Globalisierung	Cyberattacken

Tabelle 3.14.1: Veränderung der Top-Risiken Quelle: Weltrisikoreport 2019, World Economic Forum (WEF) (http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2019.pdf)

Einfluss des Klimawandels auf Starkregenereignisse und Hochwasser

Der aktuelle Bericht des Weltklimarats vom August 2021 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC; https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf) zeigt, dass die Erderwärmung vom Menschen verursacht wird und der daraus resultierende Klimawandel die Hauptursache für die Zunahme extremer Wetterereignisse ist. Laut IPCC-Bericht werden auch West- und Mitteleuropa bei steigenden Temperaturen immer häufiger Starkregenfällen und Überschwemmungen ausgesetzt sein.

Solche extremen Niederschlagsereignisse werden durch den Klimawandel zukünftig häufiger und vor allem stärker werden.

Der immer schnellere Wandel stellt die Aufnahmefähigkeit, die Belastbarkeit und die Leistungsfähigkeit der Gefahrenabwehrsysteme auf den Prüfstand.

Der Katastrophenschutz in Niedersachsen beruht auf einem sehr leistungsfähigen staatlichen Notfallvorsorge- und Gefahrenabwehrsystem. Land und Kommunen arbeiten eng und wirkungsvoll mit den Akteuren des Katastrophenschutzes zusammen.

Die Ausführung des Katastrophenschutzes regelt das niedersächsische Katastrophenschutzgesetz (NKatSG). Der Katastrophenschutz in Niedersachsen beruht maßgeblich auf Ehrenamtlichkeit und Freiwilligkeit. Das ehrenamtliche Engagement ist das Rückgrat des niedersächsischen Notfallvorsorgesystems. Hierbei stellen die Feuerwehren und die Hilfsorganisationen unverzichtbare und tragende Säulen des niedersächsischen Hilfeleistungssystems dar. Das Niedersächsische Landes-



amt für Brand- und Katastrophenschutz (NLBK) ist mit der integrierten Akademie für Brand- und Katastrophenschutz die zentrale Bildungseinrichtung des Landes Niedersachsen für Einsatz- und Führungskräfte auf diesen Gebieten. Neben zahlreichen Lehrgängen, Seminaren und Übungen werden regelmäßig Workshops und Fachkongresse durchgeführt, um das gemeinsame Krisenmanagement von Land, Kommunen und Einheiten zu verbessern.

(https://www.mi.niedersachsen.de/startseite/themen/innere_sicherheit/brand_katastrophenschutz/katastrophenschutz/katastrophenschutz-62914.html)

3.14.1 Einsatzbeispiele

Waldbrandeinsatz niedersächsischer Feuerwehren in Schweden

Am Freitag, den 20.07.2018 erreichte am frühen Nachmittag ein Hilfeersuchen des EU-Mitglieds Schweden über das Gemeinsame Melde- und Lagezentrum von Bund und Ländern (GMLZ) die Bundesländer. Im Niedersächsischen Ministerium für Inneres und Sport (MI) wurde diese Anfrage von der Rufbereitschaft des Referates für Brand- und Katastrophenschutz entgegengenommen. Nach Abklärung der potentiellen Möglichkeit, eine Waldbrandbekämpfungseinheit gemäß der EU-Vorgaben zusammenstellen zu können, wurde zeitnah auch die politische Entscheidung getroffen, dass Niedersachsen im Rahmen der europäischen Solidarität Hilfe leistet (https://ec.europa.eu/echo/files/aid/countries/factsheets/thematic/civil_protection_de.pdf).

Die Anforderungen an Einheiten zur „Waldbrandbekämpfung am Boden unter Einsatz von Fahrzeugen“, im Englischen abgekürzt mit GFFF-V, sind durch die Europäische Union klar beschrieben. Gefordert werden mindestens 20 Feuerwehrleute, vier geländefähige Tanklöschfahrzeuge mit jeweils mindestens 2000 Litern Wasser. In Niedersachsen werden ähnliche Einheiten als Fachzug Wassertransport in den Kreisfeuerwehrbereitschaften zum überörtlichen Einsatz vorgehalten. Die Kreisfeuerwehrbereitschaft Nienburg hatte sich dementsprechend bereits vorbereitet und erhielt den Einsatzauftrag.



Abbildung 3.14.1: Waldbrand 2018 in Schweden. Beteiligung niedersächsischer Waldbrandbekämpfungseinheiten zur Löschung des Brandes.

Eine direkte Brandbekämpfung erfolgte an vorgeplanten Sicherheitslinien. Diese Linien galt es zu halten, um eine weitere unkontrollierte Ausbreitung zu verhindern.

Moorbrand auf dem Gelände der Wehrtechnischen Dienststelle TD 91/Meppen

Die Wehrtechnische Dienststelle (WTD 91) ist das Fach- und Technologiezentrum für Waffen und Munition der Bundeswehr. Am 03. September 2018 kam es nach einem Erprobungsvorhaben zu einem Brandereignis auf dem Gelände. Die Brände entwickelten sich im Laufe der Tage durch Ausfall von bundeswehreigenem Löschgerät und den ständig wechselnden Wetterverhältnissen im Ergebnis zu einem Großbrand mit einer ungefähren Gesamtfläche von 3.000 Metern x 4.000 Metern. Der Moorbrand Meppen 2018 belastete die Umwelt gemäß Angaben im Nationalem Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar für das Jahr 2018 mit 544.600 Tonnen CO₂ und 3.700 Tonnen Methan, d. h. in der Summe mit ca. 637.000 Tonnen CO₂-Äquivalenten.



Abbildung 3.14.2: Moorbrand in Meppen 2018.

Hochwasser / Starkregenereignis im Juli 2021 im Westen Deutschlands

Im Juli 2021 ist mit Tief „Bernd“, ein massives Starkregenereignis mit verheerenden Folgen über den Südwesten Deutschlands hinweggezogen. In Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen sowie Belgien und in Luxemburg führte das Starkregenereignis zu massiven Überschwemmungen. Infolge des Stark- und langanhaltenden Dauerregens kam es zu Überschwemmungen und teilweise enormen Hochwassern an kleineren und mittleren Flüssen. Gebietsweise fielen bis zu 200 Liter Regen pro Quadratmeter. Aufgrund der besonderen geographischen Lage und der Beschaffenheit des Bodens war die Aufnahmekapazität in einigen Regionen rasch überschritten. Trotz der ergriffenen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr kam es zu Schäden von erheblichem Ausmaß. Die Zahl der Toten ist auf insgesamt 183 gestiegen (135 in Rheinland-Pfalz und 48 in Nordrhein-Westfalen, Stand Ende August 2021); unter den Toten befanden sich auch Rettungskräfte. Über 800 Menschen wurden verletzt, zum Teil schwer.



Auch Niedersachsen kann von ähnlichen Katastrophen wie im Ahrtal 2021 betroffen sein, wie das Hochwasserereignis im Juli 2017 gezeigt hat. Mehrere Stationen im Harzvorland meldeten in 48 Stunden über 150 mm Niederschlag. Im Harz selbst lagen die Werte noch weitaus höher. Der geschätzte Gesamtschaden in Stadtgebiet Goslar lag alleine bei der kommunalen Infrastruktur bei ca. 10 Mio. Euro. Auch basierend auf statistischen Auswertungen (Koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und –auswertung des DWD – KOSTRA; https://www.dwd.de/DE/leistungen/kostra_dwd_rasterwerte/html) zeigen hundertjährige Niederschlagsereignisse, dass eine Größenordnung von 100 bis 120 mm innerhalb von 24 h in Niedersachsen auftreten können. Im Harz können diese Niederschlagsmengen sogar übertroffen werden.



Abbildung 3.14.3: Starkregenereignis Ahrweiler 2021; Niedersächsisches Landesamt für Brand- und Katastrophenschutz (Eike Schröter)

1.1.2 Herausforderungen für den Katastrophenschutz

Risikoanalysen sind die Grundlage für den Aufbau, die Sicherung und Fortentwicklung des Katastrophenschutzes in Niedersachsen. Sie liefern darüber hinaus Hinweise für die Prävention. Das Land, die Kommunen und die niedersächsischen Feuerwehren müssen die mit häufigeren und möglicherweise auch parallel auftretenden Naturextremen verbundenen Gefahrenpotenziale erkennen, Einsatzszenarien und –planungen überdenken und die eigenen Kapazitäten entsprechend anpassen, um angemessen aufgestellt zu sein. Die Feuerwehren müssen auch im Fall von Belastungsspitzen oder flächendeckenden Ereignissen über einen längeren Zeitraum einsatzfähig sein. Hieraus ergeben sich insbesondere für das Ehrenamt neue und grundlegende Herausforderungen aufgrund des Klimawandels. Um diesen Herausforderungen umfassend begegnen zu können, sind die eingeleiteten Maßnahmen zu überprüfen, fortzuentwickeln und konsequent umzusetzen. Durch

- » Aufbau eines Risiko-Monitorings und 360°-Lagebild
- » Anpassung der rechtlichen Rahmenbedingungen (Niedersächsisches Brandschutzgesetz, niedersächsisches Katastrophenschutzgesetz)

- » Überprüfung, Anpassung und Fortschreibung der Notfall- und Katastrophenschutzpläne bzw. -konzepte
- » Fortentwicklung und Stärkung des modularen Warnsystems, u.a. durch Sirenenwarnung
- » Überprüfung, Anpassung und Fortschreibung der Melde- und Warnwege
- » Fortentwicklung und Stärkung der Gefahrenabwehrsysteme (Ausstattung der Feuerwehren und Organisationen im Katastrophenschutz mit Gefahrenabwehrequipment (Fahrzeuge, Gerät, Schutzausrüstung)
- » Fortentwicklung und Stärkung des Hochwassermanagements
- » Stärkung der Resilienzfähigkeit der Bevölkerung
- » lokale und regionale Bevölkerungsaufklärung,
- » Schärfung der Aufmerksamkeit,

kann eine integrierte Gefahrenreduktion und Schadensminimierung gelingen und nachhaltig zur Klimaanpassung beitragen.

3.14.2 Literaturverzeichnis

EUROPÄISCHE KOMMISSION (EU) (2021): Europäischer Katastrophenschutz und humanitäre Hilfe. EU-Katastrophenschutzverfahren. Online: https://ec.europa.eu/echo/files/aid/countries/factsheets/thematic/civil_protection_de.pdf

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR INNERES UND SPORT (MI), ohne Datum: Katastrophenschutz. Online: https://www.mi.niedersachsen.de/startseite/themen/innere_sicherheit/brand_katastrophenschutz/katastrophenschutz/katastrophenschutz-62914.html

WORLD ECONOMIC FORUM (2019): The Global Risks Report 2019, 14th Edition. Online: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2019.pdf



3.15 RÄUMLICHE PLANUNG



3.15 Räumliche Planung

3.15.1 Herausforderung Klimawandel

Niedersachsen wird mit seinen verschiedenen Regionen und Wirtschaftsbereichen sehr unterschiedlich von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen sein. Es ist davon auszugehen, dass die Auswirkungen des Klimawandels zu einer Zunahme räumlicher Nutzungskonflikte führen werden. Eine frühzeitige, raum- und flächenbezogene Steuerung von Nutzungen kann zur Anpassung an den Klimawandel beitragen und helfen, sowohl Gefahren und Risiken für Mensch und Umwelt als auch Schadenspotenziale und die volkswirtschaftlichen Kosten der Auswirkungen des Klimawandels zu verringern.

Die räumliche Gesamtplanung ist aufgrund

- » ihrer Querschnittsorientierung,
- » ihrer Integrationsfähigkeit,
- » ihrer Langfristigkeit,
- » ihres vorsorgenden Charakters
- » sowie der breiten Öffentlichkeitsbeteiligung

besonders geeignet, die verschiedenen sektoralen, zum Teil konkurrierenden Belange zu entflechten und so zu einer Vermeidung oder Minimierung solcher Nutzungskonflikte beizutragen. Ziel ist eine mit anderen Belangen abgestimmte integrierte klimawandelgerechte Raum- und Stadtplanung. Dabei stehen die Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Klimafolgenanpassung jedoch zunächst gleichrangig neben anderen Raumansprüchen. Denn: Ob Klimaschutz und Klimafolgenanpassung Vorrang vor anderen Belangen haben, ist gesetzlich nicht vorgegeben, sondern eine Frage der Abwägung zwischen unterschiedlichen Nutzungen und Fachplanungen. Dies ist im Rahmen der Aufstellung langfristiger Pläne und Programme eine klassische Aufgabe der Raumordnung und der kommunalen Bauleitplanung (vgl. Koordinierungsfunktion der Raumordnung gem. § 1 ROG und § 1 BauGB).

Neben den jeweiligen sektoralen Fachplanungen z. B. in den Bereichen Wasserwirtschaft oder Energie, liefern insbesondere die Landschaftsplanung, in deren Rahmen das Schutzgut Klima allgemein oder die forstliche Rahmenplanung in deren Rahmen das Schutzgut Klima in Bezug auf den Wald im besonderen Berücksichtigung findet, wichtige Grundlagen für eine klimaangepasste räumliche Gesamtplanung. Der Fokus der Landschaftsplanung liegt dabei insbesondere auf der Betrachtung mesoklimatischer Aspekte, z.B. auf Kaltluftentstehungsgebieten und Luftaustauschbahnen. Maßnahmen von Naturschutz und Landschaftspflege, die im Zuge der Landschaftsplanung konzipiert werden, dienen außerdem regelmäßig auch der Verbesserung der Resilienz der Ökosysteme, dem Erhalt der Biodiversität, der Verbesserung des Landschaftswasserhaushalts und dem Rückhalt von THG-Emissionen aus genutzten Ökosystemen. Sie dienen damit einer bestmöglichen Klimafolgenanpassung von Natur und Landschaft und aller daran gebundenen Nutzungen. Der Fokus der forstlichen Rahmenplanung liegt auf der besonderen Klimaschutzfunktion des Waldes insbesondere als Kohlenstoffspeicher und seiner besonderen Bedeutung für die Umwelt, die dauernde Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts, der Biodiversität, des Wasserhaushalts und die Luftreinhaltung. Aus diesem Grunde wird im Folgenden auf die sektoralen Fachplanungen der Landschaftsplanung im Allgemeinen (Landschaftsprogramm, Landschaftsrahmenpläne, Landschaftspläne) und der forstlichen Rahmenplanung (Waldprogramm und forstliche Rahmenpläne) im Speziellen im System der gesamt-räumlichen Planung näher eingegangen.



3.15.2 Rechtliche und fachliche Rahmenbedingungen

Die im Dezember 2008 veröffentlichte Deutsche Anpassungsstrategie (DAS) an den Klimawandel weist der Raumplanung eine tragende, koordinierende Rolle zum Schutz, zur Sicherung und nachhaltigen Entwicklung der Siedlungs-, Verkehrs- und Freiraumstruktur sowie auch der natürlichen Ressourcen zu (vgl. Koordinierungsfunktion der Raumordnung gem. § 1 ROG).

Seitdem hat die Bundesregierung 2011 den ersten Aktionsplan Anpassung (APA) und 2015 den Fortschrittsbericht zur DAS mit einem zweiten Aktionsplan Anpassung (APA II) beschlossen, in dem es heißt: „Entsprechend wird hier davon ausgegangen, dass der Klimawandel keine spezifischen Auswirkungen auf das Handlungsfeld [„Raumordnung, Regional- und Bauleitplanung“] selbst hat und es selber keine physischen Anpassungsmaßnahmen umsetzen kann. Vielmehr werden die Möglichkeiten der räumlichen Planung zur Anpassung an den Klimawandel betrachtet, die sich auf fast alle Handlungsfelder auswirken. Da Anpassungsmaßnahmen häufig kleinräumig umgesetzt werden, sind dabei die regionale und die lokale Planungsebene im Fokus.“

Die DAS wird alle 4 Jahre fortgeschrieben. Dementsprechend folgte im November 2020 die Veröffentlichung des zweiten DAS-Fortschrittsberichts inkl. Aktionsplan Anpassung (APA III).

Gewonnene Erkenntnisse werden im Rahmen von Projekten - auch solchen mit Raumplanungsbezug – weiterentwickelt und in die breite Anwendung gebracht (z. B. ein Modellvorhaben zur Integration von Klimawandel in die Raum-, Regional- und Bauleitplanung, der klimawandelgerechte Regionalplan oder die Integration von Risiko- und Gefahrenkarten in die Raumordnung¹.

Die Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) hat 2009 in ihrem Handlungskonzept zum Klimawandel diverse Handlungsfelder hinsichtlich ihrer raumordnerischen Anpassungserfordernisse überprüft. Sie geht grundsätzlich davon aus, dass die im Raumordnungsgesetz des Bundes (ROG) definierten formellen und informellen Instrumente der Raumordnung zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung ausreichend sind. Allerdings empfiehlt das Handlungskonzept auch eine mögliche Weiterentwicklung der vorhandenen Instrumente im Blick zu behalten. Denn zukünftige Entwicklungen können eine stärkere Flexibilisierung hinsichtlich bedingter und befristeter Festlegungen erforderlich machen.

Die Grundsätze der Raumordnung (§ 2 ROG) bilden ebenfalls einen Orientierungsrahmen für die Anpassung an den Klimawandel. Sie beinhalten insgesamt die Leitvorstellung einer nachhaltigen Raumentwicklung. Der § 2 Abs. 2 Nr. 6 Satz 7 ROG besagt, dass „den räumlichen Erfordernissen des Klimaschutzes Rechnung zu tragen ist, sowohl durch Maßnahmen, die der Anpassung an den Klimawandel dienen“.

Mit der ROG-Änderung vom November 2017 zu § 17 Abs. 2 ROG wurde das Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, ermächtigt (u. a. um dem Klimawandel besser begegnen zu können), unter bestimmten Voraussetzungen einen Bundesraumordnungsplan Hochwasserschutz (BRPH) aufzustellen. Den Mehrwert und das Erfordernis eines BRPH hat der Bund Ende 2019 nach mehreren Modellvorhaben der Raumordnung zum Hochwasserschutz, die u. a. die Erstellung eines Handbuchs zur Ausgestaltung der Hochwasservorsorge in der Raumordnung (Handbuch: MORO Praxis Nr. 10) und die Erstellung eines Testplans mit planerischen Festlegungen beinhalteten, bestätigt. Die Verordnung über die Raumordnung im Bund für einen länderübergreifenden Hochwasserschutz (BRPHV) vom 19. August 2021 ist am 01.09.2021 in Kraft getreten (BGBl. Teil I Nr. 57 vom 25.08.2021).

Die Konkretisierung der Grundsätze der Raumordnung gemäß § 2 ROG und die Anpassung an den BRPH erfolgen in Niedersachsen über das Landes-Raumordnungsprogramm (LROP), das

¹ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/anpassung-auf-bundesebene/weiterentwicklung-der-das#warum-ist-eine-weiterentwicklung-der-das-wichtig>



regelmäßig fortgeschrieben wird. Informationen zum jeweils aktuell laufenden Fortschreibungsverfahren, den Planungsabsichten und Inhalten einer Fortschreibung sowie den Beteiligungsmöglichkeiten werden auch im Internet unter www.raumordnung.niedersachsen.de veröffentlicht. Auf regionaler Ebene erfolgt die Ausgestaltung der o. g. Grundsätze und die Konkretisierung der Regelungen der BRPHV bzw. des BRPH und des LROP in den Regionalen Raumordnungsprogrammen (RROP); die RROP sind an das LROP anzupassen.

Städtebaurecht

Das Gesetzespaket zur „Energiewende“ in Deutschland liess auch das Städtebaurecht nicht unberührt. Am 30.07.2011 ist das „Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes bei der Entwicklung in den Städten und Gemeinden“ in Kraft getreten. Mit diesem Gesetz wurde das Baugesetzbuch unter Aspekten des Klimaschutzes und vor allem im Hinblick auf den Einsatz erneuerbarer Energien, die Energieeffizienz und die Energieeinsparung geändert und ergänzt. Schwerpunkte sind Änderungen und Ergänzungen von bauplanungsrechtlichen Vorschriften des Baugesetzbuchs (Battis/Krautzberger/Löhr, Baugesetzbuch 14. Auflage 2019).

Nach dem Vorbild von § 2 Nr. 6 Satz 7 ROG wird die doppelte Zielrichtung kommunaler Klimaschutzpolitik festgeschrieben. Klimagerechte städtebauliche Entwicklung muss dem Klimawandel entgegentreten und zugleich die Anpassung an den Klimawandel in den Blick nehmen. Als Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, nannte der Regierungsentwurf insbesondere die planungsrechtliche Absicherung und Unterstützung des Einsatzes erneuerbarer Energien sowie übergreifende Maßnahmen wie die Umsetzung eines Konzepts „der Stadt der kurzen Wege“, dass das Verkehrsaufkommen und damit den dadurch verursachten CO₂-Ausstoß gering hält. Als Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel nennt der Entwurf Kaltluftschneisen, die als von der Bebauung freizuhalten Flächen gem. § 9 Absatz 1 Nr. 10 BauGB festgesetzt werden können.

Die neu eingeführten Belange der Bekämpfung des Klimawandels und der Anpassung an den Klimawandel rechtfertigen nach Maßgabe der notwendigen Abwägung gem. § 1 Absatz 7 BauGB herkömmliche Darstellungen und Festsetzungen, ebenso wie solche, die in den §§ 5 Abs. 2 Nr. 2b und 2c BauGB und in § 9 Absatz 1 Nr. 12 und Nr. 23b BauGB neu eingeführt werden (Battis et al. 2019).

Die Klimaschutz Novelle wertet innerhalb der Planungsleitsätze des § 1 BauGB den Klimaschutz programmatisch auf. Der neu gefasste § 1 Absatz 5 2 BauGB bestimmt nunmehr, dass die Bauleitpläne dazu beitragen sollen, „eine menschenwürdige Umwelt zu sichern, die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu entwickeln sowie den Klimaschutz und die Klimaanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung zu fördern, sowie die städtebauliche Gestalt und das Orts- und das Landschaftsbild baukulturell zu erhalten und zu entwickeln“ (Battis et al. 2019).

Umweltprüfung

Der Klimaschutz und die Anpassung an den Klimawandel sind zentraler Bestandteil der Strategischen Umweltprüfung (SUP) der Raumordnung (§8 Absatz 1 ROG) der bauleitplanerischen Umweltprüfung (§ 2 Absatz 4 BauGB).

Die bestehende Gesetzgebung zur Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) wurde 2017, in Folge der Änderung der europäischen UVP-Änderungsrichtlinie, hinsichtlich einer stärkeren Integration von Klimawandelaspekten angepasst. Dies betrifft vor allem die Risiken klimawandelbedingter Unfälle oder Katastrophen, Klimaschutzaspekte wie z.B. Treibhausgasemissionen (Auswirkungen des Vorhabens auf das Klima, auch durch die Beeinträchtigung der THG-Senkenleistung bestimmter Ökosysteme) sowie anpassungsrelevante Auswirkungen der betrachteten Projekte (Auswirkungen des Vorhabens auf die Anpassungskapazität der UVP-Schutzgüter und deren



Bereits vor der Umsetzung der UVP-Änderungsrichtlinie 2014/52/EU war das Schutzgut „Klima“ (§ 1 Absatz 6 Nr. 7 a BauGB) im Rahmen der städtebaulichen Planung zu berücksichtigen. Die Umsetzung dieser Richtlinie ist durch das Europarechtsanpassungsgesetz Bau (EAG Bau) 2004 in das BauGB eingefügt worden („Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie 2014/52/EU im Städtebaurecht und zur Stärkung des neuen Zusammenlebens in der Stadt“ vom 4. Mai BGBl. I S. 1057). Mit dem EAG Bau 2004 wurde durch die Einführung einer generellen Umweltprüfung für alle Bebauungspläne die mit dem BauGB 2001 gefundene Lösung fortentwickelt und zugleich abgelöst. Das BauGB enthält seitdem eine abschließende Regelung hierfür. Auf die Bestimmungen des UVPG muss seither insoweit nicht zurückgegriffen werden. Weil die Anforderungen der Plan-UP an die durchzuführenden Verfahren – in der Gesamtbetrachtung – nicht hinter jenen der UVP-Richtlinie zurückbleiben, konnte von einer gesonderten UVP-Prüfung von Bebauungsplänen abgesehen werden.

Durch die BauGB-Novelle 2017 sind die Klimabelange weiter gestärkt worden. So sind bei der sog. Nullvariante die voraussichtlichen klimawandelbedingten Veränderungen des Umweltzustands mit zu betrachten (Anlage 1 Nr. 2a) BauGB). Im Rahmen der Prognose über die Entwicklung des Umweltzustands bei Durchführung der Planung (Anlage 1 Nr. 2b) BauGB) sind, soweit möglich, insbesondere die möglichen erheblichen Auswirkungen während der Bau- und Betriebsphase der geplanten Vorhaben auf die in § 1 Abs. 6 Nr. 7 BauGB genannten Umweltbelange zu beschreiben. Dies gilt nunmehr ausdrücklich auch im Hinblick auf die „Anfälligkeit der geplanten Vorhaben gegenüber den Folgen des Klimawandels“ (vgl. Anlage 1 Nr. 2b) gg) BauGB). Damit sollen vom Umweltbericht auch solche Auswirkungen auf die Umwelt umfasst sein, die als Folge von klimawandelbedingten Beeinträchtigungen eines Vorhabens entstehen können. Anhaltspunkte für zukünftige Klimaveränderungen, die Katastrophen verursachen (Hochwasser, Wirbelstürme), können Klimaprojektionen in Verbindung mit Folgenabschätzungen bieten. Maßgeblich für die Prüfung der Anfälligkeit sind beispielsweise die Erodibilität oder Aspekte der Retentionsfähigkeit und Hochwassersicherheit. Unsicherheiten über die Entwicklung des Klimawandels und dessen Folgen für die Umwelt kann im Rahmen der Überwachungspflichten nachgegangen werden (vgl. § 4c S. 1 BauGB), (Söfker und Krautzberger 2020).

Planungsinstrumentarium

Der Landes- und Regionalplanung steht als formelles Instrumentarium die Festlegung von Zielen² und Grundsätzen³ der Raumordnung in textlicher und/oder zeichnerischer Form zur Verfügung. Auf Ebene des Landes erfolgt dies im Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen (LRÖP), auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte in den Regionalen Raumordnungsprogrammen (RRÖP).

² Ziele der Raumordnung sind verbindliche Vorgaben in Form von räumlich und sachlich bestimmten, abschließend abgewogenen textlichen oder zeichnerischen Festlegungen in Raumordnungsplänen zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raums. Sie haben oberste Priorität und können nur durch ein einzelfallbezogenes Zielabweichungsverfahren überwunden werden.

³ Grundsätze der Raumordnung sind Aussagen zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raums als Vorgaben für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen. Sie sind zwar in der Abwägung zu berücksichtigen, müssen aber nicht Priorität erlangen.

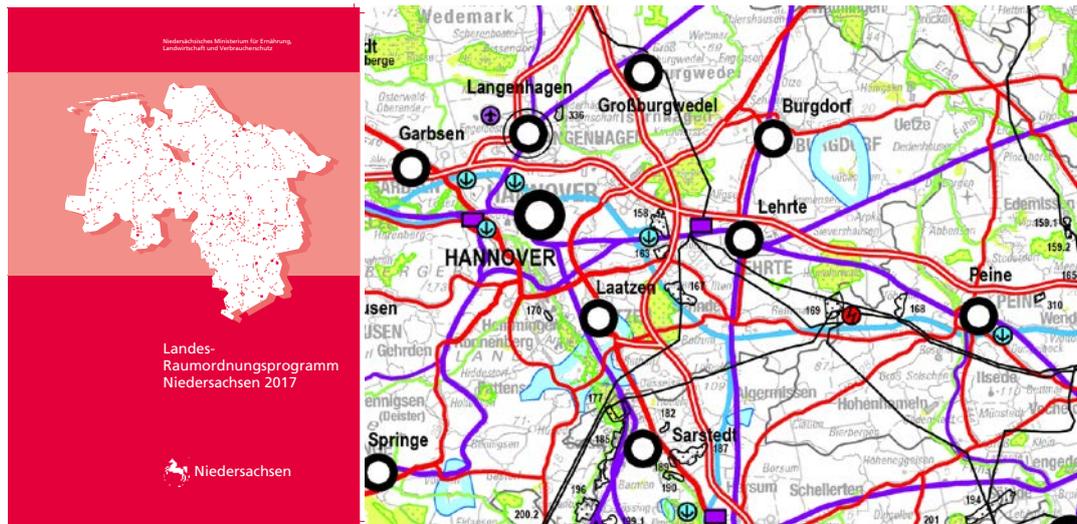


Abbildung 3.15.2: Das LROP 2017 und ein Ausschnitt der zugehörigen Anlage 2 (Karte) (Download unter https://www.ml.niedersachsen.de/startseite/themen/raumordnung_landesplanung/landes_raumordnungsprogramm/neubekanntmachung-der-lrop-verordnung-2017-158596.html)

In den Flächennutzungs- und Bbauungsplänen auf kommunaler Ebene erfolgt dann die weiter konkretisierte Umsetzung.

Grundsätzlich ist das vorhandene Instrumentarium hinlänglich flexibel und für räumliche Planungen sowohl zum Klimaschutz als auch für die Klimaanpassung geeignet.

Bei der Formulierung ihrer Aussagen stützt sich die räumliche Gesamtplanung auf die verschiedenen Erkenntnisse der einzelnen Fachplanungen. Eine besondere Bedeutung kommt dabei wegen ihres flächendeckenden Ansatzes bereits jetzt der Landschaftsplanung zu, die gemäß dem Bundesnaturschutzgesetz Angaben enthält über den vorhandenen und den zu erwartenden Zustand von Natur und Landschaft sowie dessen Beurteilung hinsichtlich der konkretisierten Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege.

Die Landschaftsplanung beinhaltet Angaben über die Erfordernisse und Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege auch zum Schutz und zur Qualitätsverbesserung des Klimas und der bestmöglichen Anpassung an den Klimawandel im Allgemeinen. Sie kann umfassende Grundlagen für ein landschafts- und siedlungsbezogenes Klimafolgenmanagement im jeweiligen Planungsraum liefern. Für den Wald liefern, soweit bereits vorhanden, die forstliche Rahmenplanung als waldbezogenen Fachplanung die jeweiligen Grundlagen. Als Fachgutachten wird die Landschaftsplanung sowie spezielle sektorale Fachplanungen wie die forstliche Rahmenplanung auf den verschiedenen Ebenen der räumlichen Gesamtplanung abgewogen und entsprechend in die jeweiligen Planwerke integriert.

Eine adäquate Strategie zum Umgang mit dem Klimawandel und den daraus resultierenden Anpassungsbedarfen kann sich aber nicht nur auf die formelle Planung beschränken. Die Regionen stehen je nach ihrer naturräumlichen Lage und ihren spezifischen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen vor diversen Herausforderungen, die in den sektorbezogenen Kapiteln dieser Strategie dargestellt werden. So betreffen der Anstieg des Meeresspiegels und häufigere Sturmfluten vor allem die Küstenregionen und küstennahe Gebiete. Starkregen führt in Städten zu besonderen Herausforderungen, da versiegelte Flächen die Versickerung verhindern, Dürreperioden treffen landwirtschaftlich geprägte Regionen besonders stark. (vgl. UBA, 2020) Überall ergibt sich, vor allem bei den Kommunen mit ihrer Verantwortung für die Infrastruktur und die öffentliche Daseinsvorsorge, ein enormer Handlungsbedarf.

Viele der erforderlichen Maßnahmen insbesondere auf kommunaler Ebene können nur durch Unternehmen oder Privatpersonen umgesetzt werden. Informelle Instrumente (vgl. § 14 ROG)



können zur Steigerung des Bewusstseins in Politik, Wirtschaft und Bevölkerung genutzt werden, so dass Handlungsoptionen leichter erkannt und umgesetzt werden. Ihnen kommt deshalb für die Anpassung an den Klimawandel eine wichtige Rolle zu.

Informelle Instrumente sind z. B. von den unterschiedlichen regionalen Akteuren gemeinsam entwickelte und regional abgestimmte Leitbilder, raumordnerische Verträge, Entwicklungs-, Struktur- sowie Raumnutzungskonzepte z. B. für bestimmte Themenbereiche, die Schaffung einer verantwortlichen Stelle mit einem fachübergreifenden Auftrag (z. B. Regionalmanagement), die Organisation von Beteiligungsprozessen und Netzwerken. Wettbewerbe wie z. B. der Niedersächsische Wettbewerb „Klima kommunal“ belohnen ein aktives, partizipatives Vorgehen in den Kommunen.

Auf der Ebene des Bundes gibt es bereits eine Reihe von Projekten zur Professionalisierung des Themas in den Regionen. So z. B. das Modellvorhaben der Raumordnung (MORO) „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“ oder eine Toolbox mit Klimalotsen und Praxisprojekten des Umweltbundesamtes zur Klimaanpassung in der Stadtentwicklung⁴. Im Projekt Regionale Informationen zum Klimahandeln (RegIKlim) des BMBF werden in den nächsten drei Jahren in sechs unterschiedlich strukturierten Regionen und zwei Querschnittsprojekten Lösungsansätze und Handlungsoptionen zur Anpassung an den Klimawandel entwickelt. Eine der beteiligten Regionen ist Ostfriesland mit dem Projekt WAKOS, in dem Küstenschutz und Binnenentwässerung sowie die Süßwasserversorgung der ostfriesischen Inseln im Fokus stehen. Die in diesen Projekten entwickelten Grundlagen sollen selbstverständlich auch anderen Regionen zur Verfügung gestellt werden.

Dies ist nur ein Ausschnitt aus der aktuellen Regionalforschung und der Entwicklung von Unterstützungsmaßnahmen, die Grundlagen für die Akteure vor Ort schaffen, neben Klimaschutzvorhaben auch aktive Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel auf den Weg zu bringen. Sinnvoll ist eine enge Verknüpfung des informellen mit dem formellen Instrumentarium. Beispielsweise kann über informelle Instrumente wie Beteiligungsformate und Netzwerke ein Beitrag zur Umsetzung der im jeweiligen Regionalen Raumordnungsprogramm (RRÖP) festgelegten Ziele und Grundsätze erfolgen.

3.15.3 Handlungsziele

Verbesserung der Datengrundlagen und Entwicklung konzeptioneller Grundlagen für die räumliche Planung von Klimaanpassungsmaßnahmen

Die planerische Beurteilung der regionalen Betroffenheiten durch den Klimawandel und eine dementsprechende Fortschreibung der gesamtträumlichen Pläne und Programme erfordern dauerhaft die Erfassung und Bereitstellung regionalisierter Daten durch die jeweiligen Fachbehörden. Eine zentralisierte Sammlung und Datenhaltung sowie die unentgeltliche Bereitstellung der Daten für alle Planungsebenen ist dabei hilfreich. Voraussetzung dafür ist die Klärung, welche Daten in welchem Zusammenhang planerische Relevanz entfalten können und sollen, welche planerischen Methoden anzuwenden sind oder ggf. entwickelt werden müssen, um umsetzungsorientierte Planungen zur Klimafolgenanpassung für Niedersachsen und seine Regionen zu entwickeln. Dies könnten im Rahmen der Raumordnung beispielsweise Daten der landesweiten Biotopkartierung und Daten zur Entwicklung der mittleren Grundwasserstände bei Festlegungen zum Trinkwasserschutz oder zu Wasserwerken sein, hydrologische Daten zu potenziell reaktivierbaren Retentionsflächen i. S. einer Festlegung für den vorbeugenden Hochwasserschutz oder etwa die landesweite Biotopverbundplanung für die Identifizierung geeigneter Flächen für Festlegungen zur Vergrößerung des Waldanteils im Zuge einer waldbezogenen Fachplanung.

⁴ <https://www.planergemeinschaft.de/toolbox/klimaanpassung-im-stadtumbau>



Neben den existierenden umwelt- und nutzungsbezogenen Erfassungs- und Monitoring-Programmen, die planerisch verwendet werden können, fehlt in Niedersachsen ein umfassendes Umweltmonitoring für Veränderungen der Ökosysteme, das auch klimabedingte Einflüsse und deren Bedeutung für bestehende und zukünftige Nutzungen sowie für die räumliche Gesamtplanung und Klimaanpassungsmaßnahmen abbildet.

Detaillierte Daten und Kenntnisse können nicht nur die Grundlage für Klimaanpassungsmaßnahmen (z. B. Anpassung von Trassenführungen und -gestaltungen, Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete sowie -leitbahnen) und deren planerische Beurteilung sein, sondern sie liefern auch die Argumente für die Abwägung und die Begründung konkreter, eventuell auch einschränkender Planungsentscheidungen.

Ein Baustein für das o. g. Umweltmonitoring wird in Niedersachsen durch das Projekt „PlanDigital“ erstellt. Auf der Grundlage des Datenaustauschstandards XPlanung, welcher durch den IT-Planungsrat 2017 verbindlich eingeführt wurde, werden niedersachsenweit die Inhalte der Regionalen Raumordnungsprogramme und der gemeindlichen Flächennutzungspläne digitalisiert und stehen zukünftig in einem standardisierten Austauschformat für Monitoringzwecke zur Verfügung.⁵

Bei der Klimafolgenanpassung sollte die Vulnerabilität von Regionen oder Nutzungen bezogen auf verschiedene Aspekte oder Parameter einbezogen werden. So war beispielsweise auch die 2015 veröffentlichte deutschlandweite Vulnerabilitätsanalyse des Netzwerks Vulnerabilität eine Grundlage für den DAS-Fortschrittsbericht. Aus regionalen oder sektoralen Vulnerabilitätsanalysen können Prioritäten abgeleitet und ein geeignetes Vorgehen entwickelt werden. Für bestimmte Handlungsfelder wie z. B. den Hochwasserschutz kann auch eine risikobasierte Betrachtung wie sie der Bundesraumordnungsplan Hochwasser vorsieht, sinnvoll sein. Insgesamt können so mögliche Betroffenheiten und Bedrohungen aber auch sich bietende Chancen herausgearbeitet und für die Bevölkerung sichtbar gemacht werden.

Integration der Klimafolgenanpassung in die Planung

Die gesamträumlichen Auswirkungen des Klimawandels, die Reaktion der Ökosysteme, insbesondere langfristiger Ökosysteme, und die Folgen für bestehende und zukünftigen Nutzungen sind nach wie vor mit z. T. großen Unsicherheiten behaftet. Es stellt sich die Frage, wie sicher und vorausschauend die gesamträumlichen Planungen und die einzelnen Nutzungen gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels sind und wie sie dem Gedanken einer vorsorgenden Planung unter Klimagesichtspunkten Rechnung tragen können. „Damit verbunden ist die Forderung, Strukturen, Prozesse, Systeme usw. so auszugestalten, dass sie weniger verwundbar sind und trotz unvorhergesehener, plötzlicher Änderungen weiter existieren und funktionieren, sei es, weil sie (1) besonders robust („resistant“), (2) besonders flexibel/fehlertolerant („resilient“) oder (3) besonders rückzugsfähig („able to retreat“) sind.“ (ARL 2013). Im Sinne einer koordinierenden, räumlichen Gesamtplanung ist es deshalb für die Erstellung der Pläne und Programme und die zugehörigen Abwägungsprozesse notwendig, sowohl die Auswirkungen von Planungen und Maßnahmen auf den Klimawandel (Klimarelevanz) als auch umgekehrt die Auswirkungen des Klimawandels auf die einzelnen Raumnutzungen und Planungen standardmäßig zu prüfen und eine bedarfsgerechte Fortschreibung sicherzustellen. Bereits das LROP 2012 hatte einen dementisprechenden Anfang gemacht, indem in einzelnen Abschnitten raumordnerische Grundsätze zur Klimafolgenanpassung festgelegt wurden. Bei der darauffolgenden Fortschreibung zum LROP 2017 wurden aus Gründen des Klimawandels erstmals Vorranggebiete Torferhaltung festgelegt. Für bestimmte Themen (z. B. zur Nutzung küstennaher Bereiche bei steigendem Meeresspiegelanstieg) sollte aus Steuerungs- und Vorsorgegesichtspunkten die Berücksichtigung von

⁵ Niedersächsisches Ministerium für Bundes- und Europaangelegenheiten und Regionale Entwicklung: Flyer: PlanDigital - Regional- und Flächennutzungspläne im Standard XPlanung Die Digitalisierungsoffensive für raumbezogene Fachdaten in Niedersachsen



langfristigen Betrachtungen bis 2050/2100 geprüft werden. Bislang weichen die üblichen Planungshorizonte der räumlichen Gesamtplanung stark von den 50 bis 100 Jahre in die Zukunft reichenden Zeiträumen der Klimaprojektionen ab.

Da die Raumordnung für eine qualifizierte Abwägung von planerischen Entscheidungen in weiten Teilen auf die Aussagen der Landschaftsplanung angewiesen ist, müssen beide Planungsdisziplinen als Planungspaar betrachtet und gleichermaßen aktuell gehalten werden.

Neben der bisher bestehenden klassischen Aufgabe der Umweltfolgenabschätzung sollten die Auswirkungen des Klimawandels auf Planungen, Maßnahmen und Nutzungen verdeutlicht und deren Resilienz und Anpassungsfähigkeit abgeschätzt werden.

Für die gesamträumliche Planung können bestimmte Leitvorstellungen bei der Klimafolgenanpassung und der Verringerung des Schadenspotenzials hilfreich sein. Dies erhöht gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels die Resilienz und reduziert die Vulnerabilität. Die folgenden mit Beispielen aus dem Bereich Städtebau unterlegten Begriffe stehen für solche Leitvorstellungen:

- » Effizienz: Verringerung des Ressourcenumsatzes, Abfall- und Verkehrsvermeidung.
- » Exposition⁶: Minimierung der Ausweitung der Siedlungsfläche zur Verringerung der Exposition der Siedlungsflächen gegenüber Klimaänderungen und deren Auswirkungen. Dies kann zur Freihaltung von den Auswirkungen des Klimawandels besonders betroffenen Gebieten führen.
- » Diversität: Eine hohe Diversität der Siedlungsstruktur dient insbesondere im Wechsel zwischen Infrastruktur, Gebäuden, stadtnahen Wäldern und Grünbereichen als Voraussetzung für ein angenehmes Stadtklima und höhere Widerstandsfähigkeit gegenüber Extremwetterungen.
- » Redundanz: Vermeidung monostruktureller städtebaulicher Entwicklungen durch dezentrale Verteilung bestimmter (zentralörtlicher) Funktionen oder Nutzungen, um die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems auch dann aufrechtzuerhalten, wenn einzelne Teile z. B. bei Extremwetterungen vorübergehend ausfallen. Infrastrukturen und andere Nutzungen sollten daher so entwickelt werden, dass sie aus mehreren, sich ergänzenden Komponenten bestehen (Redundanz).
- » Dies erhöht gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels die Resilienz und reduziert die Vulnerabilität.
- » Stärke: Erhöhung der Robustheit und Widerstandsfähigkeit z. B. durch Anpassung der Infrastruktur neu entwickelter Siedlungsflächen zur Verringerung des negativen Einflusses klimabedingter Extremwetterereignisse oder schleichender Umweltveränderungen.

3.15.4 Maßnahmen

Für die verschiedenen Maßnahmen sind zur Einbeziehung der regionalen Betroffenheiten durch den Klimawandel regionalisierte Klima- und Fachplanungsdaten erforderlich bzw. zu ermitteln und allen Planungsträgerinnen und -trägern möglichst barrierefrei und möglichst unentgeltlich verfügbar zu machen.

Anhand der regionalisierten Daten können Vulnerabilitätsanalysen erstellt und Leitbilder und Strategien zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels entwickelt werden. Hierdurch können mögliche Bedrohungen, aber auch sich bietende Chancen aufgezeigt werden. Für Planwerke liefern diese Analysen zudem die Abwägungsgrundlage.

⁶ Die Exposition gibt an, wie sehr eine bestimmte Region bzw. ihr soziales oder Ökosystem den klimatisch bedingten Risiken ausgesetzt ist. Diese sind regional deutlich unterschiedlich ausgeprägt.



Integration der Klimafolgenanpassung in die Planung

- » Fortschreibung des Landes-Raumordnungsprogramms: Dies ist grundsätzlich eine Daueraufgabe des Landes. Durch regelmäßige Fortschreibungen wird das LROP an geänderte Bedarfe und neue Erfordernisse und Entwicklungen angepasst. Eine der nächsten Fortschreibungen ist jedoch besonders hervorzuheben, denn sobald der zurzeit in Aufstellung befindliche erste Bundesraumordnungsplan Hochwasserschutz in Kraft ist, werden die getroffenen Regelungen auf den nachgeordneten Planungsebenen umzusetzen und zu konkretisieren sein. Somit wird auch das LROP im Bereich Hochwasser anzupassen sein (vgl. 3.15.3). Der BRPH-Entwurf sieht bislang u. a. vor, in der räumlichen Planung über die Berücksichtigung von Fließgeschwindigkeiten und Wasserständen einen risikobasierten Ansatz zum Hochwasserschutz zu etablieren. Die Fachplanung (Wasserwirtschaft) wird der Raumplanung die dafür erforderlichen, regionalisierten Fachdaten liefern müssen.

Des Weiteren sollen die Aussagen zu den Folgen des Klimawandels der neu zu erstellenden Programme (s. oben) unter Abwägung mit den anderen Belangen in das LROP Niedersachsen einfließen. Hierbei wären neben den Vorranggebieten Natura 2000 v.a. das überregionale Biotopverbundsystem, die herausragende Bedeutung des Waldes und seiner Funktionen sowie klimarelevante Natur- und Landschaftsbestandteile wie Wälder, Moore, Grünland, Fließgewässer einschließlich ihrer Auen mit programmatischen Aussagen zum Umgang mit ihnen von Belang.

- » Fortschreibung der Regionalen Raumordnungsprogramme: Durch das LROP werden die Träger der Regionalplanung dazu aufgefordert, klimaökologisch relevante Flächen zu sichern und zu entwickeln. Für die Anpassung der Regionalen Raumordnungsprogramme an das LROP kann die Landschaftsrahmenplanung mit Aussagen zu Wald, Mooren, Auen und Grünland die entsprechenden Grundlagen für die Sicherung solcher Flächen, zum Beispiel als Vorranggebiet Natur und Landschaft, als Vorsorgegebiet Forstwirtschaft, als Vorranggebiet Grünlandbewirtschaftung, -pflege u. entwicklung, als Vorranggebiet Freiraumfunktionen oder als Gebiete zur Verbesserung der Landschaftsstruktur und des Naturhaushalts liefern. Darüber hinaus ist der Biotopverbund in den RROP zu berücksichtigen, um verschiedenen Arten die Klimafolgenanpassung zu ermöglichen oder zu erleichtern. Die Integration der aus Sicht der Regionalplanung relevanten Aussagen des Landschaftsrahmenplans und der forstlichen Rahmenplanung zur Klimafolgenanpassung erfolgt zusammen mit den anderen landschaftsplanerischen Inhalten und unter Abwägung mit anderen fachlichen Belangen.
- » Nach Anpassung des LROP an den BRPH sind wiederum auch die RROP im Bereich Hochwasserschutz an das LROP anzupassen.
- » Konzeptionelle Weiterentwicklung und Fortschreibung des Landschaftsprogramms: Zurzeit wird das aus dem Jahr 1989 stammende Niedersächsische Landschaftsprogramm neu aufgestellt. Neben inhaltlichen und rechtlich neuen Anforderungen (EU-Gesetzgebung, BNatSchG von 2010) kommen vor dem Hintergrund der Klimafolgenanpassung neue, teilweise bislang nicht eingearbeitete Anforderungen hinzu wie:
 - » Identifizierung grundsätzlicher Problemlagen von Klimafolgen in einzelnen Regionen Niedersachsens,
 - » Entwicklung von Leitbildern zu Landnutzungen/raumwirksamen Nutzungen als Klimafolgenanpassung; Schaffung einer nachhaltigen, klimaschonenden Raumstruktur: großräumig übergreifendes, ökologisch wirksames Freiraumverbundsystem,
 - » Vorgaben zu einem landesweiten Biotopverbund mit grundsätzlichen Aussagen zu besonders vom Klimawandel betroffenen Tier- und Pflanzenarten.
- » Aktionsprogramme für die Umsetzung des Nds. Landschaftsprogramms erstellen: Die Aktionsprogramme Nds. Moorlandschaften und Nds. Gewässerlandschaften existieren bereits. Die Maßnahme bezieht sich auf die geplanten Programme Nds. Offenlandschaften, Nds. Stadtlandschaften und Nds. Küstenlandschaften.



- » Konzeptionelle Weiterentwicklung und Fortschreibung des Waldprogramms: Ein wichtiges Mittel zur Umsetzung der o. g. Handlungsziele – jeweils in Verbindung mit dem Landes-Raumordnungsprogramm – ist die Fortschreibung des Landeswaldprogramms (zurzeit Waldprogramm Niedersachsen von 1999) und dessen kontinuierliche Weiterentwicklung.

Zurzeit wird das aus dem Jahr 1999 stammende Landeswaldprogramm neu aufgestellt. Neben inhaltlichen und rechtlich neuen Anforderungen (kommen vor dem Hintergrund der Klimafolgenanpassung neue, bislang nicht eingearbeitete Anforderungen hinzu wie:

- » Identifizierung grundsätzlicher Problemlagen von Klimafolgen für den Wald in einzelnen Regionen Niedersachsens,
 - » Entwicklung von Leitbildern zu zukunftsfähiger, überregionaler Schutz-, Entwicklungs- und Nutzungskonzepte in Wäldern im Zuge einer nachhaltigen, klimaschonenden Raumstruktur: großräumig übergreifendes, ökologisch wirksames Freiraumverbundsystem,
 - » Der Rolle des Waldes beim landesweiten Biotopverbund
 - » Das Waldprogramm wendet sich u. a. an die Waldbehördenbehörden von Kreisen und Städten mit eigener Waldbehörde sowie an die Träger der Regionalplanung, um möglichst großräumig Maßnahmen zur Ordnung und Verbesserung der Forststruktur sowie zur Sicherung der Waldfunktionen insbesondere der Klimaschutzfunktion sowohl auf planerischer Ebene als auch auf der konkreten flächenbezogenen Projektebene umzusetzen.
- » Konzeptionelle Weiterentwicklung und Fortschreibung der Landschaftsrahmenpläne: In Verbindung mit der Neuaufstellung des Landschaftsprogramms sind die Landschaftsrahmenpläne bedarfsweise fortzuschreiben und die Aussagen des Landschaftsprogramms auf der regionalen Ebene zu konkretisieren. Die Landschaftsrahmenplanung liefert wichtige Grundlagen, zum Beispiel die Bewertung der Relevanz der im Planungsraum vorkommenden Landschaftsbestandteile hinsichtlich Klimaschutz und Klimafolgenanpassung (Wälder, Moore, Wälder und Feuchtgebiete) in ihrer spezifischen Ausprägung. Ferner hat sie die konsistente Umsetzung der Vorgaben zum Biotopverbund aus dem Landschaftsprogramm auf regionaler Ebene zu gewährleisten. Auf Basis der Biotoptypenkartierung, die bei der Erstellung der Landschaftsrahmenpläne flächendeckend erhoben wird, können zukünftige Anpassungsstrategien und Rückschlüsse für ein nachhaltiges, integriertes Gebietsmanagement abgeleitet werden und in landschaftsplanerische Zielkonzepte zu Schutz, Pflege und Entwicklung von Natur und Landschaft einfließen (Bsp. Moorschutz/-entwicklung, Auenentwicklung, Waldumbau, Grünlandschutz, Boden- und Grundwasserschutz).
 - » Landesweite Erstellung und konzeptionelle Weiterentwicklung und Fortschreibung bestehender forstlichen Rahmenpläne: In Verbindung mit der Neuaufstellung des Landeswaldprogramms sind forstliche Rahmenpläne aufzustellen und wo vorhanden fortzuschreiben und die Aussagen des Landeswaldprogramms auf der regionalen Ebene zu konkretisieren. Die forstliche Rahmenplanung liefert wichtige Grundlagen hinsichtlich des Klimaschutzes und der Klimafolgenanpassung der Wälder hinsichtlich ihrer spezifischen Ausprägung. Ferner hat Sie die Ordnung und Verbesserung der Forststruktur sowie die Sicherung der Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion des Waldes unter der Beachtung des besonderen Aspekts des Klimawandels zu gewährleisten. Auf Basis der Waldbiotoptypenkartierung, die bei der Erstellung der forstlichen Rahmenpläne erhoben wird, können zukünftige Anpassungsstrategien und Rückschlüsse für ein nachhaltiges, integriertes Gebietsmanagement abgeleitet werden und waldbauliche Zielkonzepte einfließen.
 - » Konzeptionelle Weiterentwicklung und Fortschreibung der Landschaftspläne: Das bewährte inhaltliche und methodische Rüstzeug der Landschaftsplanung soll für die Klimafolgenanpassung verstärkt genutzt werden. Dazu ist es erforderlich, die Landschaftsplanung zielgerichtet weiterzuentwickeln, um die Themen Klimawandel und Klimafolgenanpassung besser berücksichtigen und abbilden zu können. Im Bereich von Städten und Gemeinden geht es unter anderem um die klimaangepasste Steuerung von Bau- und Siedlungsgebietsausweisungen



und ein effektives Kompensationsflächenmanagement. Auf regionaler (s. o.) und kommunaler Ebene deckt die Landschaftsplanung die Bearbeitung klimaökologischer Inhalte (bioklimatische und lufthygienische Ausgleichsfunktionen) hinsichtlich makroklimatischer Funktionen der Kaltluftentstehung und des Luftaustauschs im städtischen sowie im ländlichen Raum ab. Bei der Erarbeitung von klimabezogenen Aussagen geht es häufig darum, mit effektivem Mittlereinsatz auf Problemräume konzentrierte Aussagen zu den klima- und immissionsökologischen Funktionszusammenhängen zu treffen und Schutz- und Entwicklungsmaßnahmen zur Verbesserung nachvollziehbar abzuleiten. Ziel ist es dabei, positive Funktionen wie z. B. die Kaltluftproduktion und die Frischluftzufuhr in besiedelten Bereichen zu sichern und zu entwickeln, um hitzebedingte Auswirkungen zu minimieren. Die Landschaftsplanung bietet die Möglichkeit für einzelne besiedelte Bereiche, Anpassungsmaßnahmen wie Dachbegrünung zur Gebäudekühlung in überhitzungsgefährdeten Gebieten oder die Nutzung von Solarenergie in besonders strahlungsbegünstigten Lagen räumlich verortet darzustellen. Da insbesondere siedlungsnahen Wälder eine besondere Stellung im Umgang mit den Folgen des Klimawandels und bei der Klimafolgenanpassung zukünftig bei der Weiterentwicklung und Fortschreibung der Landschaftspläne die forstlichen Rahmenpläne Berücksichtigung finden und ggf. örtlich Waldpläne aufgestellt werden.

- » Reaktivierung und Fortschreibung der Flächennutzungsplanung: Die Vorgaben des Landes-Raumordnungsprogramms und der regionalen Raumordnungsprogramme sind auf der kommunalen Ebene in der Flächennutzungsplanung zu berücksichtigen und umzusetzen. Darüber hinaus können die Inhalte der Landschaftspläne, soweit sie nach der Abwägung in entsprechende Darstellungen des Flächennutzungsplans münden, Behördenverbindlichkeit erhalten und maßgeblicher Bestandteil der räumlichen Planung auf kommunaler Ebene werden. Inhalte zur Klimafolgenanpassung könnten dabei Eingang finden. Für die Herausforderungen der Klimaanpassung sollte der Flächennutzungsplan als gesamträumliche Planung der Kommunen wieder einen höheren Stellenwert bekommen, um makroklimatischen Aspekten ein gebührendes Gewicht in der gemeindlichen Planung einzuräumen, ebenso wie Aspekten der Entwässerung bzw. des Wasserrückhalts.

3.15.5 Literaturverzeichnis

AKADEMIE FÜR RAUMFORSCHUNG UND LANDESPANUNG (ARL®) (2012): Plattform – Klimawandel und Raumentwicklung. Online unter: www.klima-und-raum.org, abgerufen am 5.6.2012.

ARL (2003): E-Paper der ARL Nr. 10 Glossar Klimawandel und Raumentwicklung, Hannover 2013

BATTIS, U., KRAUTZBERGER, M., LÖHR, R.-P. (2019) Baugesetzbuch Kommentar, 14. Auflage.

BAU- UND VERKEHRSAUSSCHUSS DES DEUTSCHEN STÄDTETAGES (2011): Nachhaltiger und sozial gerechter Stadtumbau – ein Gebot der Stunde. Positionspapier des zu den Konsequenzen der demografischen und ökonomischen Entwicklung sowie den Anforderungen an eine klimagerechte integrierte Stadtentwicklungs- und Verkehrspolitik vom 10.02.2011.

BENZ, A./ LÜTZ, S./ SCHIMANK, U./ SIMONIS G. (2007): Einleitung. In: Benz, A. et al. (Hrsg.), Handbuch Governance. Theoretische Grundlagen und empirische Anwendungsfelder. Wiesbaden. S. 9-25.

BIRKMANN, J/ FLEISCHHAUER, M. (2009): Anpassungsstrategien der Raumentwicklung an den Klimawandel: Climate Proofing. Konturen eines neuen Instruments. In: Raumforschung und Raumordnung, H. 2/2009.

BIRKMANN, J./ BÖHM, H./ BÜSCHER, D./ FLEISCHHAUER, M./ FROMMER, B./ JANSSEN, G./ OVERBECK, G./ Schanze, J./ Schlipf, S./ Stock, M./ Vollmer, M. (2010): Planungs- und Steuerungsinstrumente zum Umgang mit dem Klimawandel. Diskussionspapier 8. Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin.

BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2007): Landschaftsplanung – Grundlage vorsorgenden Handelns. Dessau.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2011): Kommunalen Klimaschutz. Möglichkeiten für die Kommunen. Berlin.

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (Hrsg.) (2010): Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel. MORO-Informationen 7/2. Berlin.

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2011a): Klimawandelgerechte Stadtentwicklung; Ursachen und Folgen des Klimawandels durch urbane Konzepte begegnen, ExWoSt Forschungen H. 149/2011.

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (2011b): Stadtklima, Kommunale Strategien und Potentiale zum Klimawandel, ExWoSt Information 39-1.

BUNDESREGIERUNG (2011): Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 31.08.2011 beschlossen.

FRANCK, E./ OVERBECK, G (2012): Raumplanerische Strategien vor dem Hintergrund des Klimawandels: In: Birkmann, J.; Scholich, D.; Schanze, J.; Stock, M. (Hrsg.): Anpassung an den Klimawandel durch räumliche Planung – Werkstattbericht des Leibniz-Vorhabens KLIMAPAKT. E-Paper Nr. 13 der ARL. Hannover.

FRANCK, E./ PEITHMANN, O. (2010): Regionalplanung und Klimaanpassung in Niedersachsen. E-Paper Nr. 9 der ARL. Hannover.

GALLER, C. (2009): Vortrag im Rahmen der Tagung „Die Novelle des BNatSchG“ am 21.09.2010, Bildungszentrum für Entsorgung und Wasserwirtschaft. Essen.

KFW BANKENGRUPPE (Hrsg.) (2010): Förderung von Klimaschutz und nachhaltiger Energiepolitik für die Kommune der Zukunft – Abschlussbericht des Expertenkreises. Frankfurt am Main.

LANDELIJKE BEHEER ORGANISATIE RISICOKAART (2012): Risicokaart. Online unter: www.risicokaart.nl, abgerufen am 5.6.2012.

MINISTERIUM FÜR KLIMASCHUTZ, UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN- WESTFALEN (Hrsg.) (2011): Handbuch Stadtklima. Maßnahmen und Handlungskonzepte für Städte und Ballungsräume zur Anpassung an den Klimawandel.

MKRO (2009): Handlungskonzept der Raumordnung zu Vermeidungs-, Minderungs- und Anpassungsstrategien in Hinblick auf die räumlichen Konsequenzen des Klimawandels., Bericht des Hauptausschusses der Ministerkonferenz für Raumordnung vom 10. Juni 2009.

SÖFKER, W., KRAUTZBERGER M., in: ERNST, W., ZINKHAHN, W., BIELENBERG, W., KRAUTZBERGER, M. (2020): Baugesetzbuch Werkstand: 137. EL Februar 2020.

SUSTAINABILITY CENTER BREMEN (Hrsg.) (2009): Klimaanpassung in Planungsverfahren. Leitfaden für die Stadt- und Regionalplanung. Bremen.

KLIMZUG-NORD (2012): Strategische Anpassungsansätze zum Klimawandel in der Metropolregion Hamburg. Online unter: www.klimzug-nord.de, abgerufen am 5.6.2012.

KNIELING, J./ FRÖHLICH, J./ KREKELER, M. (HCU) (2011): Grenzen und Ebenen überschreitende Governance der Klimaanpassung. In: Cormont, P.; Frank, S. [Hrsg.]: Nr. 20 Dezember 2011



Governance in der Klimaanpassung - Strukturen, Prozesse, Interaktionen. - Dokumentation der Tagung der KLIMZUG-Verbünde an der TU Dortmund am 03.12.2011.

RUNGE, K./ WACHTER, T. (2010): Umweltfolgenprüfung von Klimaanpassungsmaßnahmen. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 42 (5). S. 141-147.

RUNGE, K./ WACHTER, T./ ROTTGARDT, E. M. (2010): Klimaanpassung, Climate Proofing und Umweltprüfung – Untersuchungsnotwendigkeiten und Integrationspotenziale. In: UVP-REPORT 24/4.

SCHÖNTHALER, K. / BALLA, DR. S. / WACHTER, DR. T. F. (2018): Grundlagen der Berücksichtigung des Klimawandels in UVP und SUP. Umweltbundesamt (Hrsg.), Climate Change 04/2018. Dessau-Roßlau.

UMWELTBUNDESAMT, September 2020, Newsletter Klimafolgen und Anpassung, Nr. 68, Schwerpunktartikel „Vom Klima-Wissen zum Klima-Handeln auf kommunaler Ebene“ im Netz unter: <https://www.umweltbundesamt.de/service/newsletter/archiv/newsletter-klimafolgen-anpassung-nr-68#schwerpunktartikel>

VOHLAND, K./ JENSEN, K./ SCHOENBERG, W./ ROTTGARDT, E./ RUNGE, K. (in Druck): Anpassung und Mitigation – Zielkonflikte und Synergien mit Biodiversität- und Naturschutzzielen. In: Schaller, M., Krohmer, J., Stribny, B. Hrsg.: Klimawandel und Biodiversität – Folgen für Deutschland. Wissenschaftliche Buchgesellschaft (WBG).

WILKE, C./ BACHMANN, J./ HAGE, G./ HEILAND, S. (2011): Planungs- und Managementstrategien des Naturschutzes im Lichte des Klimawandels. Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 109, Bundesamt für Naturschutz, S. 235.





3.16 WISSENSCHAFT UND FORSCHUNG





3.16 Wissenschaft und Forschung

3.16.1 Inter- und transdisziplinäre Forschungsziele

Im Bereich der Klimaforschung muss auch zukünftig das Wissen im Rahmen von inter- und transdisziplinärer Forschung generiert werden. Die interdisziplinäre Forschung beschreibt die fächerübergreifende Forschung. In der transdisziplinären Forschung soll der Forschungshorizont über die wissenschaftliche Perspektive erweitert werden. So bezieht die transdisziplinäre Forschung neben dem reinen wissenschaftlichen Erkenntnisgewinn auch die Erfahrung, Informationen und Problemlagen der zivilgesellschaftlichen Akteure mit ein. Dieses Vorgehen ist für die Forschungsbereiche von besonderer Relevanz, in denen Lösungswege bzw. deren Umsetzung unklar sind, das vorhandene Wissen einer Unsicherheit unterliegt und die gesellschaftliche Bedeutung des beforschten Bereichs noch offen ist.

Als mögliche Lösungsoption kann hier das Reallabor benannt werden, in dem in einem räumlich und zeitlich abgegrenzten Bereich Akteure aus Verwaltung, Politik, Wirtschaft, Kultur und Zivilgesellschaft im Forschungsprojekt beteiligt werden, um auf Basis eines gemeinsamen Problemverständnisses wissenschaftlich und sozial robuste Lösungen zu erarbeiten und auszuprobieren. Damit die Akteure auf den verschiedenen Ebenen verantwortungsbewusst entscheiden und handeln können, müssen sie in die Lage versetzt werden, sich selbst über den aktuellen Stand der Entwicklung des Klimawandels und seiner Folgen hinreichend zu informieren. Neben der auszuweitenden Möglichkeit der Reallabore ist der Wissenstransfer, also die adressatengerechte Kommunikation wissenschaftlicher Ergebnisse an die Gesellschaft, weiter voranzutreiben und zu fördern. Mögliche Transferformate können hierbei Workshops, Leitfäden, Informations- und Diskussionsformate für die Politik, Positionspapiere für die Politik, Partnerschaften mit der Wirtschaft, Schulmaterialien, Fortbildungen für Lehrende, Öffentlichkeitswirksame Veranstaltungen, Ausstellungen, Bürgerdialoge, Co-Creation oder Citizen-Science sein.

3.16.2 Forschungslandschaft in Niedersachsen

Niedersachsen verfügt über eine breite Landschaft von universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie Landesämtern, die sich mit Fragen der Anpassung an den Klimawandel und seine Folgen befassen.

Bereits im Zeitraum von 2009 bis 2014 wurden durch Mittel des Nds. Vorab das Projekt Klimafolgenforschung in Niedersachsen - KLIFF gefördert, das sich mit den Klimafolgen in den Bereichen Raumplanung, Pflanzenproduktion, Tierproduktion, Wald, Binnengewässern und Küsten beschäftigte. Insgesamt waren Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus 25 Forschungseinrichtungen und Universitäten beteiligt. Die Ergebnisse des Projekts wurden in über 110 peer-reviewten Veröffentlichungen dargestellt und insgesamt wurden mehr als 60 Dissertationsvorhaben im Rahmen des Projekts durchgeführt. Die Ergebnisse des Projekts bilden eine Wissensbasis für zahlreiche realisierbare Anpassungsstrategien sowie eine Motivation für eine Vielzahl von Forschungsaktivitäten.

Beispielsweise die Klimaschutzforschung, die auf die Reduktion oder Vermeidung der Emission klimawirksamer Gase ausgerichtet ist, stellt seit vielen Jahren einen Schwerpunkt der niedersächsischen Forschungs- und Innovationspolitik dar und fokussiert v. a. auf die Bereiche Windenergie, Solarenergie (Institut für Solarenergieforschung), Wasserstoff, die Energiesystemforschung sowie die Energiespeicherforschung.

In der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder 2018 war die TU Braunschweig mit dem Exzellenzcluster „SE²A – Sustainable and Energy Efficient Aviation“ erfolgreich. Der Exzellenzcluster ist ein interdisziplinäres Forschungsvorhaben mit dem Ziel, Technologien für die nachhaltige und umweltverträgliche Entwicklung des Luftverkehrs zu erforschen.



In den vergangenen Jahren ist zudem die Nachhaltigkeitsforschung in das Blickfeld gerückt. In bislang drei Auswahlrunden (2013 – 2018) wurden 18 Projekte ausgewählt, die für bis zu vier Jahre mit insg. 28,1 Mio. Euro gefördert werden. Auch für diesen Bereich weist die Forschungslandschaft in Niedersachsen ein sehr großes Potenzial auf.

Das niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur hat seit 2010 insgesamt rd. 214 Mio. Euro an Projektförderungen für Klimaforschung ausgeschüttet, dabei hat sich die in den Jahren 2018 – 2020 bewilligte Fördersumme mehr als verfünffacht. Die institutionelle Förderung der themenbezogenen Forschungseinrichtungen hat sich seit 2010 um mehr als 50 % erhöht. Dementsprechend lang ist die Liste der niedersächsischen Forschungsvorhaben, die sich im Schwerpunkt mit Strategien zur Abmilderung des Klimawandels beschäftigen. Dazu einige Beispiele:

- » Zentrum für Windenergieforschung der Universitäten Oldenburg, Hannover und Bremen (ForWind)
- » Alkalische Membran-Brennstoffzellen - Vom Labor zur Anwendung: Entwicklung von Energieerzeugungssystemen im Bereich erneuerbaren Energien, die ohne fossile Brennstoffe auskommen. Verbesserung der Effizienz und Entwicklung kostengünstiger Systeme für bestehende Brennstoffzellensysteme im EFRE- Innovationsverbund AMB-REAL unter Beteiligung der TU Braunschweig und der Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften
- » Projekt „Nachhaltige Energieversorgung Niedersachsen“ an der Leibniz Universität Hannover
- » Entwicklung innovativer Ansätze zur Kopplung nachhaltiger Systemdienstleistungen von Hochwasser-schutz, Ressourcensicherung und Energiespeicherung. Innovative Kopplung und systemische Betrachtung energie- und wasserwirtschaftlicher Aspekte am Beispiel Harz im EFRE-Innovationsverbund EWAZ der TU Clausthal
- » Einrichtung eines neuen Forschungsschwerpunktes „EOS – Energiespeicherlösungen in der Region Osnabrück–Steinfurt“ an der Hochschule Osnabrück
- » Förderung des Fraunhofer-Projektzentrums für Energiespeicher und -systeme (ZESS) in Braunschweig, der Open Hybrid LabFactory (OHLF) in Wolfsburg, des Fraunhofer-Projektzentrums in Wolfsburg und des Forschungsbaus „Dynamik der Energiewandlung“ an der Leibniz-Universität in Hannover.

Weitere geförderte Projekte niedersächsischer Hochschulen:

- » MOSAIK-2 – „Modellbasierte Stadtplanung und Anwendung im Klimawandel“. MOSAIK ist Teil der zweiten Förderphase des Programms „Stadtklima im Wandel“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, Universität Hannover
- » Geoökosysteme im Wandel auf dem Tibet-Plateau, Internationaler DFG-Graduiertenkolleg, u. a. der TU Braunschweig und der Universität Hannover
- » Chronobiologie in einem sich verändernden arktischen Ökosystem (CHASE) an der Universität Oldenburg im deutsch-britischen Förderschwerpunkt „Arktis im Wandel“ (Changing Arctic Ocean) des Bundesministeriums für Bildung und Forschung
- » KLIBIW (NLWKN): Globaler Klimawandel - Wasser- wirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland
- » Ökologische und sozioökonomische Funktionen tropischer Tieflandregenwald-Transformationssysteme (Sumatra, Indonesien) DFG-geförderter Sonderforschungsbereich der Universität Göttingen



Geförderte Forschungsvorhaben des niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur zur Erforschung von Strategien zur Anpassung an den Klimawandel

Der Forschungsverbund „Gute Küste Niedersachsen“ führender niedersächsischer Küstenforschungseinrichtungen wird seit Herbst 2019 durch das niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur gefördert. Gemeinsam mit lokalen Akteuren (Verwaltungen, Verbände, Zivilgesellschaft) beschäftigt sich der Verbund mit der Fragestellung, wie Menschen in der Küstenregion geschützt vor den auch klimatisch bedingt ansteigenden Hochwassern verantwortungsbewusst und nachhaltig leben und wirtschaften können. Dabei stehen die Aktualisierung von Konzepten zum Schutz der Küsten im Fokus, da bisherige Ansätze sich ausschließlich auf den Hochwasserschutz beziehen und dabei Tier- und Pflanzenschutz keine Berücksichtigung finden.

Im Kern wird dabei untersucht wie sich maritime Landschaftsformen wie z. B. Salzwiesen oder Stranddünen in gängige Schutzkonzepte integrieren lassen und welchen funktionellen zusätzlichen Schutz durch Wellendämpfung oder selbständige Adaption sie bieten. Dazu werden Reallabore an der Nordsee aufgebaut und über Jahre Daten erhoben, um das Deichvorland mit seinen Halophyten zu beobachten. In einem weiteren Schritt werden die Felddaten genutzt, um die Naturräume im Labor abzubilden und an Modellen verschiedene Systemzustände zu testen, um anschließend Handlungsempfehlungen für den Küstenschutz formulieren zu können.¹

Geförderte Forschungsvorhaben des niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur zur übergreifenden Erforschung des Klimawandels

Mit dem Helmholtz-Institut für Marine Biodiversitätsforschung (HIFMB) wurde ein Institut als Außenstelle des Alfred-Wegener-Instituts Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI) in Zusammenarbeit mit der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg (UOL) am 31.5.2017 am Standort Oldenburg gegründet. Im HIFMB werden die „Ursachen und Treiber der marinen Biodiversität“, „Biodiversität und Funktionsweise von Ökosystemen“ und „Meeresschutz und Ökosystemdienstleistungen“ beforscht.²

Zudem ist Niedersachsen zusammen mit den vier weiteren Küstenländern und dem Bund an der Förderung der Deutschen Allianz für Meeresforschung beteiligt, die u.a. mittels Forschung die Stärkung der nachhaltigen Nutzung der Küsten, Meere und Ozeane zum Ziel hat. Die aktuellen Forschungsmissionen „Schutz und nachhaltige Nutzung mariner Räume“ und „Marine Kohlenstoffspeicher als Weg zur Dekarbonisierung“ haben Klimaforschung und Forschung im Bereich Strategien zur Anpassung an den Klimawandel zum Ziel.³

Zukunft der Forschung und Lehre in Niedersachsen

Die bisherigen Aktivitäten gilt es zielgerecht weiter zu entwickeln und auszubauen. Forschungsprojekte zur Anpassung an den Klimawandel und seine Folgen erfordern Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die gewillt sind, die Grenzen ihrer eigenen Disziplinen zu überschreiten. In zukünftigen Projekten muss daher weiterhin Raum für die interdisziplinäre und transdisziplinäre Auseinandersetzung und den Informationsaustausch zur Verfügung stehen.

Die Universitäten sollten weiterhin sowohl in der disziplinären wie in der interdisziplinären Forschung und Lehre Aspekte des Klimawandels und seiner Folgen integrieren und Ausbildungsangebote erweitern. Absolventinnen und Absolventen sollen dadurch in die Lage versetzt werden, das Thema Klimawandel und seine Folgen in seiner disziplinübergreifenden Bedeutung zu verstehen und in ihr Handeln einzubeziehen.

¹ siehe auch: <http://gute-kueste.de/>

² siehe auch: <https://hifmb.de/de/>

³ siehe auch: <https://www.allianz-meeresforschung.de/>



Die Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen unterliegt dem wissenschaftlichen Fortschritt der Klimaforschung, praktischen Erfahrungen und politischen, gesellschaftlichen sowie naturräumlichen Rahmenbedingungen. Eine fortwährende Aktualisierung und Nachjustierung von Anpassungsmaßnahmen ist zwingend notwendig. Vernetzte Forschungsaktivitäten sollen sich insbesondere mit Strategien und Modellen zur Milderung des Klimawandels und der regionalen Anpassung an seine Folgen befassen. Neben den Lebens- und Naturwissenschaften müssen auch die Geistes- und Sozialwissenschaften eingebunden werden.

Die komplexen Wirkungszusammenhänge innerhalb und zwischen den Handlungsfeldern erfordern ein fortwährendes Monitoring, um die Auswirkungen des Klimawandels sowie die Vulnerabilität der Systeme hinreichend quantifizieren als auch qualifizieren zu können.

Das Ministerium für Wissenschaft und Kultur hat zudem in den Bereichen:

1. Auswirkung des Klimawandels auf Wirtschaft und Gesellschaft,
2. Forschen für die Energiewende – Beschleunigung des Technologie- und Innovationstransfers,
3. Biodiversität und Klimageschichte,
4. Biologisierung/Bioökonomie

strategische Forschungsfelder identifiziert und Maßnahmen benannt, in denen weiterer Forschungsbedarf gesehen wird, um Forschungsstärken weiter auszubauen und neue Potentiale zu generieren. Zum Beispiel eröffnet die zunehmende Integration von Prinzipien der Natur in moderne Wirtschaftsbereiche, also die Biologisierung von Prozessen und Produktionsverfahren ein erhebliches Innovations- und Wirtschaftspotenzial für Lösungsansätze, die unter geringerem Einsatz von Prozess- und Betriebsmaterialien stattfinden und durch neuartige Materialien selbst geprägt sind – hier kann die industrielle Nutzung dieser Methoden einen wichtigen Beitrag zu nachhaltigem Wirtschaften und damit zu Klima- und Ressourcenschutz leisten.

3.16.3 Literaturverzeichnis:

Vgl. u.a.:

Bergmann, M., Jahn, T., Knobloch, T., Krohn, W., Pohl, C., & Schramm, E. (2010). Methoden transdisziplinärer Forschung: Ein Überblick mit Anwendungsbeispielen. Frankfurt a. M., New York:

Beecroft R., Trenks H., Rhodius R., Benighaus C., Parodi O. (2018) Reallabore als Rahmen transformativer und transdisziplinärer Forschung: Ziele und Designprinzipien. In: Di Giulio A., Defila R. (eds) Transdisziplinär und transformativ forschen.

Defila, R., Di Giulio, A., & Scheuermann, M. (2006). Forschungsverbundmanagement: Handbuch für die Gestaltung inter- und transdisziplinärer Projekte, Zürich

Schneidewind, U., & Singer-Brodowski, M., 2. Auflage (2014). Transformative Wissenschaft: Klimawandel im deutschen Wissenschafts- und Hochschulsystem, Marburg

Schneidewind, U., & Singer-Brodowski, M. (2015). Vom experimentellen Lernen zum transformativen Experimentieren. Reallabore als Katalysator für eine lernende Gesellschaft auf dem Weg zu einer Nachhaltigen Entwicklung. Zeitschrift für Wirtschafts- und Unternehmensethik, 16 (1), (S. 10-23).





3.17 BILDUNG UND QUALIFIZIERUNG



3.17 Bildung und Qualifizierung

3.17.1 Klimaanpassung und Bildung

Bildung und Qualifizierung nehmen eine zentrale Rolle ein, um ein Bewusstsein für Klimafolgen zu schaffen und entsprechende Kompetenzen für den Umgang mit dem Klimawandel zu erwerben. Bildungsziel im Kontext einer Klimaanpassung sollte sein, die Folgen des Klimawandels zu erkennen und sie in Bezug auf die wirtschaftlichen, sozialen, umweltbezogenen und persönlichen Auswirkungen bewerten zu können. Dabei sollen der Umgang mit überkomplexen und unvollständigen Informationen und individuelle Entscheidungsdilemmata ausgehalten werden und Kompetenzen zur Kommunikation, Kooperation und Partizipation an gesellschaftlichen Gestaltungs- und Anpassungsprozessen entwickelt werden können.

Das Konzept der Gestaltungskompetenz der Bildung für nachhaltige Entwicklung¹ konkretisiert dies in Teilkompetenzen wie vorausschauendes Denken, fächerübergreifendes Arbeiten, transkulturelle Verständigung, Planungs- und Umsetzungskompetenz, Reflexionskompetenz sowie die Fähigkeit zu Empathie und Solidarität.

Bildungsmaßnahmen mit Blick auf den Klimaschutz setzen voraus, dass durch proaktives Handeln Veränderungen in der Zukunft bewirkt werden, wenngleich sie sowohl in ihrem Wirkungsumfang als auch in Bezug auf den selbstbezogenen Nutzen nur schwer einzuschätzen sind. Im Gegensatz dazu haben Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung relativ gesehen unmittelbare Wirkungen im Umfeld und in Bezug auf das persönliche Betroffen-sein. Entsprechend bestehen Unterschiede in den Lernprozessen, wenn sie etwa auf das Umdenken und die Änderung des Verhaltens abzielen.

Schulische Bildung

Die Nachhaltigkeitsstrategie für Niedersachsen² sowie der Erlass „Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) an öffentlichen allgemein bildenden und berufsbildenden Schulen sowie Schulen in freier Trägerschaft“³ sehen vor, Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) an niedersächsischen Schulen sowohl in Unterrichts- als auch in Schulentwicklungsprozessen zu implementieren und zu stärken. Die Klimaanpassung sollte hierbei thematisch einbezogen werden.

Berufliche Bildung und Qualifizierung

Klimaanpassung wird als Thema in der beruflichen Bildung stärker in den Fokus genommen. Um ökonomische Risiken als Folgen des Klimawandels zu minimieren und gleichzeitig mit dem Klimawandel verbundene Chancen zu nutzen, ergeben sich für Unternehmen und Branchen, die sich rechtzeitig auf die Folgen des Klimawandels einstellen, strategische Vorteile. Diese Dimensionen, die sich auch in der Ausbildung zeigen, werden zunehmend auch in den Lernfeldern der Berufsschule verankert. Die Akteure der beruflichen Bildung wie Fachverbände, Gewerkschaften, Arbeitgeberorganisationen und das Bundesinstitut für berufliche Bildung wirken darauf hin, dass Erkenntnisse aus der Klimafolgen- und der Anpassungsforschung frühzeitig in die Ausbildungsordnungen integriert und entsprechende Qualifizierungsangebote entwickelt werden.

In Niedersachsen werden die schulischen Curricula für die Ausbildungsberufe den Ausbildungsrahmenplänen des Bundes angeglichen und dabei der Umweltschutz oder Nachhaltigkeit als

¹ <http://www.transfer-21.de/indexb4c1.html?p=222>

² https://www.umwelt.niedersachsen.de/download/112471/Nachhaltigkeitsstrategie_fuer_Niedersachsen_2017_.pdf

³ https://www.mk.niedersachsen.de/startseite/schule/schulerinnen_und_schuler_eltern/bildung_fur_nachhaltige_entwicklung_bne/bne_konzept/bildung-fuer-nachhaltige-entwicklung-bne-90480.html



Ausbildungsgegenstand festgeschrieben, so z. B. in der Neuordnung der Berufsausbildung im Laborbereich Chemie, Biologie und Lack.⁴ In den niedersächsischen Rahmenrichtlinien der vollzeitschulischen Bildungsgänge der Berufsbildung wird der Handlungskontext in Zukunft immer mehr von Aspekten der Nachhaltigkeit und Globalisierung geprägt. Dies gilt für alle Berufsbereiche.

An niedersächsischen berufsbildenden Schulen gibt es eine Reihe wegweisender Konzepte und Projekte im Rahmen von klimapolitischen Maßnahmen. Als Beispiele dienen der Schulversuch „Zweijährige Berufsfachschule mit dem beruflichen Abschluss Technische Assistentin/Technischer Assistent für die Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe“ an den Berufsbildenden Schulen zwei in Gifhorn und die Fortbildungsreihen und nachhaltigen Schülerfirmen im Themenbereich „Ökologische Lebensmittelproduktion und Verarbeitung“ die beispielsweise an den Berufsbildenden Schulen zwei Hannover, der Georg-von-Langen Schule Holzminden oder der Hermann-Nohl-Schule in Hildesheim zu finden sind. Das Kompetenzzentrum „Ökolandbau Niedersachsen“ ist Bestandteil der Ausbildung in den landwirtschaftlichen Berufen in Niedersachsen. Nachhaltiges und energieeffizientes Bauen ist an verschiedenen Standorten der berufsbildenden Schulen und in verschiedenen Ausbildungsberufen ein Ausbildungsschwerpunkt, so wird auch aktuell der Rahmenlehrplan für die Zimmerer/in neu geordnet, um die Aspekte des Umwelt- und Verbraucherschutzes anzupassen.

In den Ausbildungen zur Fahrzeugtechnik (z. B. Auszubildende der Kraftfahrzeugmechatronik), insbesondere im Schwerpunkt System- und Hochvolttechnik) nimmt die Elektromobilität bereits einen hohen Stellenwert ein und weitere alternative Antriebstechniken finden Einzug in die berufsschulischen Angebote. Im Rahmen der dualen Berufsausbildung sind die Berufsbildenden Schulen in Niedersachsen eng mit den Unternehmen der ausbildenden Wirtschaft verbunden. Mit den fortschreitenden Entwicklungen der Ausbildungsbetriebe bspw. hin zu klimaneutralen Produktionen, nachhaltigen Produkten in geschlossenen Kreisläufen, der CO₂ neutralen Mobilität sowie im Bereich der Dienstleistungen, trägt Niedersachsen mit der Gestaltung der curricularen Vorgaben und der Ausgestaltung in Lernsituationen den Anforderungen sich ändernder Berufsbilder und gesellschaftlicher Haltungen Rechnung. Mit Unterstützung der Schulträger und zum Teil mit Förderprojekten des Landes, des Bundes oder Kooperationspartner wird die Sachausstattung und durch die Lehrkräfte die didaktischen Konzepte an den Berufsbildenden Schulen als Kompetenzzentren ständig weiterentwickelt. Beispielphaft dafür sind

- » im Bereich der Elektromobilität die Installation von Elektroladestationen/ Wallboxen an vielen Berufsbildenden Schulen oder einer „Wasserstofftankstelle“ zu nennen, die in einer technischen Anlage eingebunden sind, die den gesamten regenerativen Energiekreislauf abbilden,
- » der Aufbau von Laboren als Abbild smarterer Fabriken mit additiven Fertigungsverfahren und kollaborierender Robotik, die nicht nur eine Individualisierung von Produkten ermöglichen, sondern auch durch intelligente Vernetzung der Arbeits- und Geschäftsprozesse Ressourcen bündelt,
- » die Einrichtung von Werkstätten für die Gebäudeautomation in Verbindung mit energetischen Maßnahmen der Gebäudehülle, die die Einbindung von Anlagen auf Grundlage regenerativer Energien ermöglicht und mit Smarten Steuerungs- und Bedienkonzepten sowie der Vernetzung aller Einheiten eines Gebäudesystems eine Optimierung und Reduzierung des Gesamtenergieverbrauchs sowie der CO₂ Emittierung ermöglicht,
- » die Umrüstung eines Fahrzeuges und die Entwicklung sowie Ausstattung mit Experimenten verschiedenen Formen der regenerativen Energiegewinnung und Nutzung für Mobilitätsanwendungen, um Schülerinnen und Schüler an allgemeinbildenden Schulen mit dem Ziel der Sensibilisierung für die technischen und ökologischen Zusammenhänge sowie Orientierung bzgl. der Berufswahl.

⁴ RAHMENLEHRPLAN für den Ausbildungsberuf Chemielaborant/Chemielaborantin (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 13.01.2000 i. d. F. vom 13.12.2019)



Die Einbindung sowohl im Fachunterricht der beruflichen Schulformen aber auch im Bereich der Berufsorientierung und im Rahmen öffentlicher Veranstaltungen wie z. B. Messen oder Informationstage der Berufsbildenden Schulen erfolgt mit dem Ziel, verschiedene Zielgruppen zu informieren und z. B. mit Experimenten Energiekreisläufe und Technik erfahrbar zu machen, um Interesse für Technik, Berufe, Klima und Umweltschutz zu wecken bzw. nachhaltig zu verankern.

Außerschulische Bildung

Der gesellschaftliche sowie der ökologische Wandel stellen auch außerschulische Lernstandorte und Erwachsenenbildungseinrichtungen vor die Herausforderung, das eigene Programmangebot, die Fort- und Weiterbildung sowie die Infrastruktur zukunftsfähig darauf auszurichten, dass die Bürgerinnen und Bürger aktiv an diesen Veränderungsprozessen beteiligt sein können.

INFO

Kooperation zwischen dem außerschulischen Lernstandort BNE Ökowerk Emden und dem Johannes-Althusius-Gymnasium Emden

Dass der Klimawandel kommt, ist inzwischen unbestritten. Nur wie er sich regional auswirkt, darüber gibt es, nicht nur in der Bevölkerung, Unklarheit. Und auch darüber, was eine Region tun könnte, um dem Klimawandel regional und global zu begegnen.

Die Krummhörn, nordwestlich von Emden, ist ein diesbezüglich gut untersuchter Raum. Insbesondere von der Universität Oldenburg wurde er unter anderem hinsichtlich der Wirtschaft, der Geologie, der Ökologie und des Wasserbaus gründlich erforscht.

Die erwarteten Wetterphänomene sind, wie in anderen Regionen Deutschlands auch, fehlender Niederschlag im Sommer und Starkregenereignisse im Winter. Dabei stellt sich in dieser küstennahen Region nicht nur die Frage, wie die Nutzung von Süßwasser gleichmäßiger auf das Jahr verteilt werden kann. Es geht auch angesichts des steigenden Meeresspiegels, darum, wie das überschüssige Regenwasser aus dem Land geleitet werden kann, denn das traditionelle, jahrhundertealte Verfahren des Sielens ist bei steigendem Wasserstand außendeichs nicht mehr möglich. Es geht auch um die zunehmende Versalzung der Böden durch eindringendes Meerwasser und die damit notwendig werdende Anpassung der Landwirtschaft. Und es geht natürlich um den Deichbau, denn die Höhe der Deiche ist aus physikalischen Gründen nicht unbegrenzt.

Eine Gruppe von Schülerinnen und Schülern des elften Jahrgangs des Johannes-Althusius-Gymnasiums Emden trägt Informationen über die Auswirkungen des Klimawandels in der Krummhörn zusammen, führt Exkursionen durch, interviewt Expertinnen und Experten, untersucht einige Phänomene experimentell, erarbeitet Vorschläge, um in der Krummhörn selbst mit dem Klimawandel umzugehen und ihm entgegenzuwirken. Dabei nähert sie sich mittels der Szenario-Methode alternativen Zielvorstellungen und erarbeitet unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Interessen der Beteiligten die Wege dorthin.

Die Rolle des Ökowerks Emden war es zunächst, die Initiative zu ergreifen, Akteurinnen und Akteure zu vernetzen und Material zu Verfügung zu stellen. Die Umsetzung erfolgt in enger Kooperation und ständigem Austausch mit den Lehrkräften der Schule. Während der laufenden Aktionen begleiten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des RUZ Ökowerk Emden die Schülerinnen und Schüler bei Exkursionen und gestalten praxis- und erlebnisorientierte Workshops auf dem Gelände des Umweltzentrums.



3.17.2 Auswirkungen des Klimawandels

Hitze an Schulen

Aufgrund steigender Temperaturen im Sommer und anhaltender Hitzeperioden sind auch die Schulen stärkeren Hitzebelastungen ausgesetzt. Studien belegen zudem, dass Kinder in der Schule oft zu wenig trinken. Das Durstgefühl wird in den Pausen durch andere Reize überlagert. Im Unterricht werden Schülerinnen und Schüler oft nicht aktiv zum Trinken ermuntert. Hitze im Sommer verstärkt die Gefahr eines Flüssigkeitsmangels. Schon eine Reduzierung von ein bis zwei Prozent des Wassergehalts im Körper beeinträchtigt die geistige Leistungsfähigkeit. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) hält Trinkwasser am geeignetsten, um den Flüssigkeitsbedarf zu decken. Wasser sollte den Schülerinnen und Schülern kostenfrei zur Verfügung gestellt werden, etwa durch Trinkwasserspender oder die Installation von Brunnen, die regelmäßig auf ihren Keimgehalt kontrolliert werden. Auch beim Sportunterricht beugen Trinkpausen dem Austrocknen vor. Bei der energetischen Sanierung und beim Neubau von Schulgebäuden sollte überdies die Gebäudekühlung stärker als bisher berücksichtigt werden (s. Kap. 3.9).

Die Landesregierung sollte die Nutzung des Hitzefrühwarnsystems des Deutschen Wetterdienstes und den Informationsfluss zwischen Länder- und Landkreisebene sowie Schulen und Kindergärten verbessern, damit jeweils vor Ort vorbeugende sowie akute Maßnahmen ergriffen werden können (s. Kap. 3.8).

Schulausfälle durch Extremwetter und Hitze

Schulausfälle durch extreme Wetterlagen oder Hitze (Hitzefrei) könnten durch den Klimawandel zunehmen. Um eine mögliche Häufung von Schulausfällen in Niedersachsen zu erkennen und darauf reagieren zu können, sollten die dezentral vorliegenden Daten von Schulen, Landkreisen (Hitze) und der Verkehrsmanagementzentrale Niedersachsen (Extremwetter) möglichst zentral aufbereitet und ausgewertet werden.

3.17.3 Maßnahmen

Schulische Bildung

- » Einrichtung von Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartnern für Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) an Schulen: Dies wird im Erlass „Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) an öffentlichen allgemein bildenden und berufsbildenden Schulen sowie Schulen in freier Trägerschaft“ festgeschrieben. Diese werden zum Themenspektrum Klimaschutz und Klimaanpassung informiert bzw. fortgebildet.
- » Fortbildung der Fachberatung BNE an den Regionale Landesämtern für Schule und Bildung (RLSB) zum Themenspektrum Klimaschutz und Klimaanpassung
- » Horizontale Vernetzung von BNE-Netzwerken in Niedersachsen stärken und Synergien fördern
- » Ergänzung des Themas Klimaanpassung in den Themenfeldern des Projekts „Internationale Nachhaltigkeitsschule / Umweltschule in Europa“
- » Förderung der Zusammenarbeit von Schulen und Kommunen mit dem Ziel der Partizipation von Schülerinnen und Schülern zum Themenspektrum Klimaschutz und Klimaanpassung
- » Aufnahme des Themenspektrums Klimaschutz und Klimaanpassung auf den Seiten des BNE-Portals auf dem niedersächsischen Bildungsportal
- » Implementierung des Themenspektrums Klimaschutz und Klimaanpassung in die Bauberatung



der RLSB - in diesem Rahmen auch Information der Schulträger über Maßnahmen zur Kühlung von Schulgebäuden, schattenspendende Gestaltung von Schulhöfen etc.

INFO

Stadtklimawandel im Unterricht: Das Beispiel Osnabrück

Unterrichtsstunde: Klimaanpassung – Maßnahmen entwickeln und vergleichen

Der Klimawandel wird von Schülerinnen und Schülern häufig als etwas Abstraktes empfunden – und vor allem mit dem Schmelzen der Pole verbunden. Dass der Klimawandel auch vor der eigenen Haustür passiert, hat eine Studentin im Rahmen einer Bachelorarbeit gemeinsam mit der Stadt Osnabrück für Schülerinnen und Schüler erfahrbar gemacht.

Die Ergebnisse dieser Unterrichtsmaterialien können dank der Freigabe der Daten durch die Stadt Osnabrück nun im Geografieunterricht der Sekundarstufe I genutzt werden.

Quelle und Link: <https://gis-iq.esri.de/stadtklimawandel-im-unterricht-osnabruck/>

Berufliche Bildung, Fortbildung

- » Implementierung der der Themen Klimafolgen und Klimaanpassung in den Ausbildungsrahmenplänen der Betriebe und der Rahmenlehrpläne der Berufsschulen
- » Stärkung der Fortbildungsreihen und nachhaltigen Schülerfirmen im Themenbereich "Ökologische Lebensmittelproduktion und Verarbeitung"
- » Verstetigung der Fachberatung und Bildung Nachhaltige Entwicklung für die berufsbildenden Schulen
- » Fachtage zur Bildung für Nachhaltige Entwicklung an den berufsbildenden Schulen
- » Nachhaltigkeit als Bestandteil des Leitbildes berufsbildender Schulen
- » Sensibilisierung der Auszubildenden und Funktionstragenden in den für die berufliche Bildung zuständigen Organisationen für die Themen Klimafolgen und Klimaanpassung

Außerschulische Bildung

- » (Weiter-) Entwicklung und Verbreitung von Bildungsangeboten an außerschulischen Lernorten und Erwachsenenbildungseinrichtungen zum Themenspektrum Klimaschutz und Klimaanpassung
- » Stärkung des Netzwerks der Anerkannten außerschulischen Lernstandorte BNE zum Thema Klimaschutz und Klimaanpassung

Hitze und Extremwetterereignisse

- » Führen einer Statistik zu Schulausfällen sowie Auswertung der Daten
- » Handreichung zum Thema Klimaschutz und Klimafolgenanpassung in schulischen Gebäuden



Trinken in der Schule

Nach Auffassung der Ernährungswissenschaft trinken viele Kinder und Jugendliche zu wenig. Dies wurde auch in validen Studien belegt. Zu einer vollwertigen Ernährung gehören auch ausreichende Getränke. Durch unzureichende Flüssigkeitsaufnahme kann die Konzentrations- und Leistungsfähigkeit sinken. Besonders gravierend ist es in der warmen Jahreszeit oder beim Sport. Daher ist eine Flüssigkeitsaufnahme (insbesondere von Leitungs- oder Mineralwasser, Kräuter- und Früchtetees sowie mit Wasser verdünnte Säfte) auch während des Unterrichtes grundsätzlich zu begrüßen, zumal der schulische Bildungsauftrag nach § 2 Abs. 1 Satz 3, 6. Spiegelstrich NSchG umfasst, das Schülerinnen und Schüler fähig werden sollen, gesundheitsbewusst zu leben. Vor diesem Hintergrund sind alle Schulen sensibilisiert und stellen sich auch auf die veränderten Bedarfe von Schülerinnen und Schülern allgemein aber insbesondere bei den sehr warmen Sommern ein. Es besteht für die eigenverantwortlichen Schulen die Möglichkeit im eigenen Wirkungskreis vor Ort hinreichendes und richtiges Trinken als Schwerpunkt der Präventionsarbeit im Bereich gesund leben – gesund aufwachsen zu definieren. Materialien und Fortbildungsangebote wählen die Schulen eigenverantwortlich aus. Hierzu orientieren sie sich oftmals an der grünen Liste Prävention (<https://www.gruene-liste-praevention.de/nano.cms/datenbank/information>) bzw. nutzen die Unterstützung der Beratenden für Prävention und Gesundheitsförderung der niedersächsischen Landesämter für Schule und Bildung (<https://www.rlsb.de/bu/schulen/info-onlineportal>) als auch das Angebot der Vernetzungsstelle Schulverpflegung (<https://dgevesch-ni.de/>).

3.17.4 Literaturverzeichnis

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (2018): Nachhaltigkeitsstrategie für Niedersachsen. Hannover

Niedersächsisches Kultusministerium (2021): Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) an öffentlichen allgemein bildenden und berufsbildenden Schulen sowie Schulen in freier Trägerschaft. Erlass. Hannover

Kultusministerkonferenz (2000): RAHMENLEHRPLAN für den Ausbildungsberuf Chemielaborant/Chemielaborantin (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 13.01.2000 i. d. F. vom 13.12.2019)



4.

MASSNAHMEN-
PROGRAMM ZUR
ANPASSUNG AN
DEN KLIMAWANDEL





4 MASSNAHMENPROGRAMM ZUR ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL

Diese Strategie wird durch ein konkretes Maßnahmenprogramm begleitet, das Niedersachsen auf veränderte klimatische Bedingungen vorbereitet. In den folgenden Abschnitten werden bereits stattfindende und geplante Maßnahmen vorgestellt sowie weitere zukünftige Handlungsoptionen aufgezeigt.

4.1 Maßnahmenprogramm zur Klimaanpassung

Begleitend zu dieser Anpassungsstrategie hat das Land Niedersachsen ein Programm entwickelt, in dessen Rahmen konkrete Maßnahmen zur Klimaanpassung durchgeführt werden. Diese sind in den folgenden Tabellen dargestellt. Das Land investiert in den nächsten fünf Jahre (2022 – 2026) bereits rund 310 Mio. Euro in die Klimafolgenanpassung. Doch diese Summe ist im Vergleich zu den Kosten, die durch Schäden von Extremwetterereignissen verursacht werden, gering.

Übergreifend

Nr.	Maßnahme	Zielgruppe	Stand der Umsetzung	Gesamtvolu- men Land
1	Aufnahme der Ziele Klimaschutz und Klimafolgenanpassung in die gemeinsame Geschäftsordnung der Landesregierung.	Landesverwaltung	In Planung	0,00 EUR

Handlungsfeld Bodenschutz

Nr.	Maßnahme	Zielgruppe	Stand der Umsetzung	Gesamtvolu- men Land
2	Kohlenstoffreiche Böden: Fortsetzung laufender Projekte des LBEG zur Erfassung und Bewirtschaftung von kohlenstoffreichen Böden (Moorkartierung)	Landwirtschaft, Bodenschutzbehörden	In Umsetzung (2020-2023)	8.000 EUR
3	„Wasserrückhalt in der Fläche“ zur Bereitstellung bodenkundlicher Planungsgrundlagen zur Anpassung an den Klimawandel	Kommunen, Verbände	In Planung, Beginn: 2022	425.000 EUR
4	"Bodenwasserhaushalt im Klimawandel": Weiterentwicklung des Bodenwasserhaushaltsmodells BOWAB z. B. für die Untersuchung von Dürresituationen in den niedersächsischen Böden sowie für eine effektive Beregnungssteuerung.	LBEG	In Planung, Beginn: 2022	600.000 EUR

Handlungsfeld Wasserwirtschaft

Nr.	Maßnahme	Zielgruppe	Stand der Umsetzung	Gesamt- volumen Land
5	Klimafolgenorientierter Ausbau von Infrastrukturen der Wasserversorgung und Wassernutzung (Wasserversorgungskonzept Niedersachsen)	Gemeinwohl, Wasser- und Bodenverbände, Landwirtschaft, Wasserversorgungsunternehmen	In Planung, Beginn: 2022	23.500.000 EUR
6	Herausforderung niedersächsisches Wassermengenmanagement angehen / Digitalisierungsoffene Wasserwirtschaft	Umsetzung durch Wasser- und Bodenverbände, Gewässerallianz, NLWKN, LBEG u.a.	in Planung, Beginn: 2022	23.500.000 EUR
7	Regelmäßige Fortschreibung des Generalplans Küstenschutz als zentralem Element der niedersächsischen Küstenschutzstrategie	NLWKN, Deichverbände	In Umsetzung	89.400.000 EUR
8	Umsetzung des Generalplans Küstenschutz zur Erhöhung der Sicherheit an den Küsten, auf den Inseln sowie an den fließenden oberirdischen Gewässern im Tidegebiet gegen Überflutung und Landverluste durch Sturmfluten und Meeresspiegelanstieg.	NLWKN, Deichverbände	In Umsetzung	
9	Hochwasserschutz im Klimawandel (z.B.: Hochwasserpartnerschaften)	NLWKN, Kommunen, Unterhaltungsverbände	In Umsetzung	28.200.000 EUR
10	Umsetzung der Förderrichtlinie "Hochwasserschutz im Binnenland".	NLWKN, Kommunen, Unterhaltungsverbände	In Umsetzung	20.000.000 EUR
11	Förderung "Kommunale InfoBörse Hochwasservorsorge (HIB)" der Kommunalen Umwelt-Aktion e.V. (UAN)	Kommunen	In Umsetzung	975.000 EUR
12	Förderung Pilotprojekt "Kommunale Starkregenvorsorge in Niedersachsen" der Kommunalen Umwelt-Aktion e.V. (UAN).	Kommunen	In Umsetzung	393.000 EUR
13	Phase 7 des Projektes KliBiW (Untersuchung und Bewertung der Entwicklung von Grundwasserständen unter dem Einfluss des globalen Klimawandels)	NLWKN	In Umsetzung	525.000 EUR
14	"Grundwassermenge im Klimawandel": Weiterentwicklung des Grundwasserhaushaltsmodell mGROWA z. B. für die verbesserte Vorhersage der heutigen und zukünftigen Grundwasserneubildung.	LBEG	In Planung, Beginn: 2022	600.000 EUR
15	"Grundwasserversalzung im Klimawandel in der Region Lüneburg": Untersuchung der Grundwasserversalzung in der Region Lüneburg. Identifizierung von Gebieten, in denen künstliche Grundwasseranreicherung wirksam und sinnvoll ist, um den Grundwasserhaushalt zu stabilisieren. Konzepte für effektive Anpassungsmaßnahmen in besonders vulnerablen Gebieten.	LBEG	In Planung, Beginn: 2022	625.000 EUR

Handlungsfeld Landwirtschaft, Garten- und Obstbau

Nr.	Maßnahme	Zielgruppe	Stand der Umsetzung	Gesamtvolumen Land
16	Digitales Wassermanagement.	Landwirtschaft	In Planung, Beginn: 2021-2022	1.500.000 EUR
17	Tierproduktion: GAK-Maßnahme Gesundheit und Robustheit.	Zuchtverbände, Kontrollverbände	In Umsetzung	1.920.000 EUR
18	Tierproduktion: GAK-Maßnahme biologische Vielfalt	Tierhalter	In Umsetzung	408.000 EUR

Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft

Nr.	Maßnahme	Zielgruppe	Stand der Umsetzung	Gesamtvolumen Land
19	Klimagerechte Wiederbewaldung	Landeswald	In Umsetzung	62.500.000 EUR
20	Bündel von Waldschutzmaßnahmen zur Schadensbeseitigung wie z. B. Vorbeugung und Bekämpfung des Borkenkäfers.	Private und kommunale Waldbesitzer, NLF, LWK (Betreuungsorganisationen), private Forstdienstleister	In Umsetzung	10.940.000 EUR
21	Wiederaufforstungs- und Anpassungsprogramm zur langfristigen Stabilisierung der Wälder an den Klimawandel. Ziel: Wiederherstellung und langfristige Sicherung aller Waldfunktionen, Klimaschutz, Minimierung von Risiken, Stärkung der Widerstandskräfte von Wäldern, Sicherung der biologischen Vielfalt	Private und kommunale Waldbesitzer, NLF, LWK (Betreuungsorganisationen), private Forstdienstleister	In Umsetzung	16.900.000 EUR
22	Waldbrandschutz und Bekämpfungsmaßnahmen wie Waldbrandschutzstreifen, Wundstreifen, Anlage von Löschwasserentnahmestellen etc. Ziel: Wiederherstellung und langfristige Sicherung aller Waldfunktionen, Klimaschutz, Minimierung von Risiken, Stärkung der Widerstandskräfte von Wäldern, Sicherung der biologischen Vielfalt.	Private und kommunale Waldbesitzer, NLF, LWK (Betreuungsorganisationen), private Forstdienstleister	In Planung	3.200.000 EUR
23	Umsetzung der Empfehlungen der Expertenkommission u.a. für den kooperativen Aufbau und die Unterhaltung von Löschwasserstellen.	Private und kommunale Waldbesitzer, NLF, LWK	In Planung	2.500.000 EUR

Nr.	Maßnahme	Zielgruppe	Stand der Umsetzung	Gesamt-volumen Land
24	Klimaangepasste Forstfachberatung; Ziel: Klimaangepasste, aktive Waldentwicklung. Umsetzung der Planungen zur Klimaforschung des länderübergreifenden Steuerungsausschusses der NW-FVA mit den Schwerpunkten Waldbau/ Waldwachstum, Waldnaturschutz/Ökologie, Umweltkontrolle, Waldschutz und Waldgenressourcen; Finanzierungsanteil Niedersachsens als Trägerland.	NW-FVA; Alle Waldbesitzarten und Betreuungs-organisationen	In Planung	2.000.000 EUR

Handlungsfeld Biodiversität und Naturschutz

Nr.	Maßnahme	Zielgruppe	Stand der Umsetzung	Gesamt-volumen Land
25	Landesweiter Biotopverbund: Konzeption und Umsetzung einer Fördermaßnahme zur Erhaltung und Entwicklung des Biotopverbunds im Rahmen der Richtlinie NAL.	Landesnatur-schutz-verwaltung/untere Naturschutz-behörden,	In Umset-zung	2.400.000 EUR
26	Auenmanagement: Weiterführung des kooperativen Auenmanagements an der unteren Mittel-elbe im Biosphärenreservat Nds. Elbtalaue.	Landesnatur-schutz-verwaltung/untere Naturschutz-behörden,	In Umset-zung	1.140.000 EUR
27	Auenrenaturierung: Förderung von Projekten zur Auenrenaturierung über das Förderprogramm Auen im Rahmen des Bundesprogramms Blaues Band Deutschland: "Allervielfalt Verden", "EmsLand - Auenentwicklung an der Ems zwischen Salzbergen und Dörpen", "Blaues Band Oerweser", "Blaues Band Auenlandschaft Untere Wümme" und weitere Projekte.	Landesnatur-schutz-verwaltung/untere Naturschutz-behörden,	In Umset-zung	5.710.006 EUR
28	Richtlinie Landschaftswerte: Im Rahmen der Richtlinie Landschaftswerte wird der Schwerpunkt zukünftig auf den Ausbau blau-grüner Infrastrukturen in besiedelten Bereichen gesetzt. Die Förderung zielt neben der Verbesserung der Biologischen Vielfalt auch auf die Milderung der Folgen des Klimawandels durch die Nutzung von Ökosystemleistungen.	Kommunale Gebietskörper-schaften, Träger der Naturparke, Verbände, Stiftungen, Vereine, Unternehmen, sonstige juristische Personen des öffentlichen und privaten Rechts.	In Planung	1.735.000 EUR

Handlungsfeld Tourismus

Nr.	Maßnahme	Zielgruppe	Stand der Umsetzung	Gesamtvolumen Land
29	Erarbeitung eines Grundlagenpapiers zu den Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus in Niedersachsen für touristische Akteure.	alle touristischen Akteure	In Umsetzung	Für alle Maßnahmen, die im Rahmen des Betrauungsakts Tourismus Marketing Niedersachsen GmbH (TMN) von der TMN umgesetzt werden sollen, erfolgt die Finanzierung über das Budget der TMN. Auf eine Angabe der geschätzten Kosten wurde vor diesem Hintergrund verzichtet, zumal die Schätzung und eine konkrete Zuordnung der Kosten zu den einzelnen Maßnahmen kaum belastbar möglich wäre.
30	Informationsaufbereitung und Wissensvermittlung zum Thema Klimawandel für touristische Akteure.	Alle touristischen Akteure	In Umsetzung	
31	Untersuchung der Auswirkungen des Klimawandels auf Natur und Landschaft, z.B. die Gewässerqualität oder Flora und Fauna und deren Auswirkungen auf die touristischen Regionen.	Regionale Tourismusorganisationen	In Umsetzung	
32	Analyse der Verwundbarkeit des Tourismus gegenüber den Folgen des Klimawandels.	Regionale Tourismusorganisationen	In Umsetzung	
33	Entwicklung von Maßnahmen zur Klimaanpassung für regionale Tourismusorganisationen / Destinationsmanagementorganisationen (DMOs).	Regionale Tourismusorganisationen	In Umsetzung	
34	Analyse der derzeitigen Klimaschutz- und Anpassungsaktivitäten der Destinationen der niedersächsischen Tourismusregionen.	MW, TMN	In Umsetzung	
35	Digitale Vernetzung der Klimavorreiter der Tourismusbranche	Alle touristischen Akteure	In Umsetzung	
36	Unterstützung bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Klimaanpassung für DMOs.	regionale Tourismusorganisationen	In Planung, Beginn: 2022	
37	inhaltliche Unterstützung der Destinationsmanagementorganisationen bei der Erstellung von lokalen Krisenmanagementplänen.	DMOs	In Planung, Beginn: 2023	
38	Fortführung des Aufbaus einer neuen und qualitativ hochwertigen touristischen Infrastruktur als Ergänzung und Alternative zum Wintersport im Harz.	Kommunen, private Investoren	-	
39	Beobachtung des Reiseverhaltens und der Reiseentscheidungen unter sich verändernden Klimabedingungen, ggf. Ableitung von Maßnahmen aus den Erkenntnissen.	alle touristischen Akteure	In Umsetzung	
40	Inhaltliche Unterstützung für Destinationen und Leistungsträger bei der nachhaltigen und klimafreundlichen Angebotsentwicklung.	Orte, Destinationen, Leistungsträger	In Planung, Beginn: 2022	

Nr.	Maßnahme	Zielgruppe	Stand der Umsetzung	Gesamtvolumen Land
41	Finanzielle und inhaltliche Unterstützung bei der Umsetzung von Nachhaltigkeitschecks und -zertifizierungen für niedersächsische Orte und Destinationen.	Orte, Destinationen	In Umsetzung	
42	Aufbereitung und Kommunikation von Marktforschungsdaten zu den Themen Nachhaltigkeit und Klimawandel im Tourismus.	alle touristischen Akteure	In Umsetzung	
43	Gesonderte Vermarktung klimafreundlicher/klimaneutraler touristischer Angebote im Rahmen des Landesmarketings.	Destinationen, Orte, touristische Leistungsträger	In Umsetzung	
44	Sensibilisierung von Gästen für klimafreundliches Reisen in Niedersachsen.	Gäste	In Umsetzung	
45	Branchen- und Ressortübergreifende Vernetzung zur verstärkten Wahrnehmung des Handlungsfeldes Tourismus.	Behörden & weitere Akteure mit Maßnahmen die Auswirkungen auf den Tourismus haben könnten	In Umsetzung	
46	Kooperationen mit akademischen Bildungs- und Forschungseinrichtungen.	Studierende aus dem Fachbereich	In Planung, Beginn: 2022	

Handlungsfeld Räumliche Planung

Nr.	Maßnahme	Zielgruppe	Stand der Umsetzung	Gesamtvolumen Land
47	Anpassung des Landes-Raumordnungsprogramms (LROP) an den Bundesraumordnungsplan Hochwasserschutz (BRPH).	Räumliche Planung, Sektorale Fachplanungen, Umwelt- und Naturschutzverbände, Politische Gremien	In Planung	0 EUR

Handlungsfeld Wissenschaft und Forschung

Nr.	Maßnahme	Zielgruppe	Stand der Umsetzung	Gesamtvolumen Land
48	Auswirkung des Klimawandels auf Wirtschaft und Gesellschaft.	Hochschulen und außer-universitäre Forschungseinrichtungen in Niedersachsen	In Planung	Finanzierung gesichert, Höhe der Finanzmittel noch unklar.
49	Anpassung an den Klimawandel – nachhaltige Strukturen in agrarischen und urbanen Habitaten.	Hochschulen und außer-universitäre Forschungseinrichtungen in Niedersachsen	In Umsetzung	10.000.000 EUR
50	Klimaforschung: Die zentrale Frage in der Klimaforschung ist, wie sich das Klima unter dem Einfluss der von Menschen verursachten Treibhausgasemissionen in der Zukunft entwickeln wird. Die Klimaforschung schafft damit die Wissensgrundlage für die Entwicklung von Anpassungsstrategien.	Hochschulen und außer-universitäre Forschungseinrichtungen in Niedersachsen	In Planung	Finanzierung gesichert, Höhe der Finanzmittel noch unklar.
51	Klimabezogener Wandel von Krankheitserregern und parasitären Organismen und deren Wirten	Hochschulen und außer-universitäre Forschungseinrichtungen in Niedersachsen	In Planung	Finanzierung gesichert, Höhe der Finanzmittel noch unklar.
52	Gesundheitliche Auswirkungen des Klimawandels auf den Menschen	Hochschulen und außer-universitäre Forschungseinrichtungen in Niedersachsen	In Planung	Finanzierung gesichert, Höhe der Finanzmittel noch unklar.
53	Auswirkungen des Klimawandels auf das Ökosystem Wald und auf die Forstwirtschaft.	Hochschulen und außer-universitäre Forschungseinrichtungen in Niedersachsen	In Planung, Beginn: 2022	bis zu 10.000.000 EUR
54	Klimagerechte Stadtentwicklung und Raumplanung	Hochschulen und außer-universitäre Forschungseinrichtungen in Niedersachsen	In Planung	Finanzierung gesichert, Höhe der Finanzmittel noch unklar.

Nr.	Maßnahme	Zielgruppe	Stand der Umsetzung	Gesamtvolumen Land
55	Anpassung an den Klimawandel – Energie und Klimaschutz.	Hochschulen und außer-universitäre Forschungseinrichtungen in Niedersachsen	In Umsetzung	21.800.000 EUR
56	„Energieforschung – Grüner Wasserstoff / Innovationslabore für Wasserstoff“	Hochschulen und außer-universitäre Forschungseinrichtungen in Niedersachsen	In Umsetzung	10.500.000 EUR
57	Klimaextreme in CMIP6-Klimaprojektionen für Niedersachsen (Blockierende Wetterlagen).	Universität Frankfurt	In Umsetzung	40.000 EUR
58	Stadtwettervorhersage und Klimaanpassungsstrategien für Niedersachsen (StadtKlimaNDS).	Universität Hannover	In Planung	600.000 EUR

Handlungsfeld Bildung und Qualifizierung

Nr.	Maßnahme	Zielgruppe	Stand der Umsetzung	Gesamtvolumen Land
48	Handreichung zum Thema Klimaschutz und Klimafolgenanpassung in schulischen Gebäuden.	Akteurinnen und Akteure in der Schule sowie Schulträger	In Planung, Beginn: 2022	800 EUR

4.2 Maßnahmenoptionen zur Klimaanpassung

Die Anpassung an die unvermeidbaren Auswirkungen des Klimawandels ist ein kontinuierlicher Prozess. Die in den vorangegangenen Abschnitten dieser Strategie genannten Maßnahmen sind nur ein erster Schritt um auf die Auswirkungen des Klimawandels zu reagieren. Zukünftig sind weitere Maßnahmen notwendig, um Niedersachsen an veränderte Klimabedingungen anzupassen. Eine Sammlung möglicher zukünftiger Maßnahmen für die Handlungsfelder ist im Folgenden dargestellt:

Handlungsfeld Bodenschutz:

- » Umsetzung des Aktionsprogramms zum Schutz der Böden.
- » Entsiegelung als Maßnahme der Klimaanpassung: Wiederherstellung von Bodenfunktionen: Rückgewinnung von Bodenfunktionen in urbanen Räumen für klimaresiliente Städte. Zentraler Aspekt der Klimaanpassung: Entsiegelung von Böden. Erarbeitung eines Leitfadens zur Erfassung von Entsiegelungspotenzialen als Grundlage eines Entsiegelungskatasters und Umsetzung eines Leuchtturmprojektes.
- » Bodenbewusstsein: Förderung des Bodenbewusstseins über die Rolle der Böden in Klimawandel und Klimaanpassung in Kommunen und der breiten Bevölkerung durch Erarbeitung zielgruppengerechter Informationsmaterialien.
- » Fortsetzung laufender Projekte des LBEG zur Erfassung und Bewirtschaftung von kohlenstoffreichen Böden (z. B. Moorkartierung, Gnarrenburger Moor, SWAMPS, MoorIS)"

Handlungsfeld Landwirtschaft, Garten- und Obstbau:

- » Experimentierfelder Digitale Landwirtschaft: Forschung zu fruchtartsspezifischem Beregnungsbedarf und Steigerung der Beregnungseffizienz gezielt fördern.
- » Strategien zur Begrenzung von Schäden durch neu auftretende Krankheiten und Schädlinge entwickeln.
- » Anbau von Fruchtarten und Zweitfrüchten zur verbesserten Ausnutzung der verlängerten Vegetationsperiode bei zuverlässiger Wasserverfügbarkeit untersuchen und bewerten.
- » Aufbau von Demonstrationsbetrieben.
- » Ausrichtung beruflicher Ausbildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen auch auf Fragen einer klimaangepassten Betriebsführung/Stärkung der Klimaresilienz der Betriebe
- » Nutzungsmöglichkeiten neuer digitaler Datengrundlagen und Informationstechnologien zur Anpassung an den Klimawandel erforschen.
- » Einzelbetriebliche Investitionen in ressourcenschonende/wassersparende Beregnungs-/Bewässerungsverfahren fördern.
- » Wassermanagement verbessern durch Wasserrückhaltung in der Landschaft, auch zur Sicherung der Beregnung.
- » oberirdische Wasserspeicher/Wasserrückhaltebecken zur Wasserentnahme für Beregnung fördern und etablieren.
- » Wassermanagement in Mooren im Hinblick auf Anforderungen des Klimaschutzes und zur Klimaanpassung.
- » Entfristung und ggf. Erweiterung des GAK-Fördergrundsatzes 7, Wasserwirtschaftliche Maßnahmen, Abschnitt 2.0 Andere wasserwirtschaftliche Maßnahmen.

- » Überbetriebliche Infrastruktur zur Beregnung/Bewässerung: Förderung von Neubau und Erweiterung wassersparender überbetrieblicher Einrichtungen zur Entnahme, Speicherung und Zuleitung von Wasser für Beregnung/Bewässerung.
- » Effizienzsteigerung der Beregnung/Bewässerung durch innovative Methoden, Verfahren und Techniken (Düsenwagen, Tropfbewässerung, digitale Parametererfassung von Bodenwerten) testen und einführen.
- » Mehrgefahrenversicherung zur Absicherung von Ertrags- und Qualitätsrisiken prüfen und fördern.

Handlungsfeld Biodiversität und Naturschutz:

- » Klimasensitivitätsanalyse: Erstellung einer Klimasensitivitätsanalyse für Arten und Lebensräume, die für Niedersachsen von besonderer Bedeutung sind (z. B. selten und/oder gefährdet, Natura 2000-relevant, besondere Verantwortlichkeit Niedersachsens), um daraus abzuleiten, für welche Arten und Lebensräume künftig ein besonderer Handlungsbedarf im Hinblick auf den Klimawandel bestehen wird.
- » Umgang mit Kalamitäten: Überprüfung und Weiterentwicklung bestehender Vorgehensweisen sowie Erprobung neuer Methoden bei klimawandelbedingt auftretenden Kalamitäten (z. B. Eichenprozessionsspinner, Mäuse).

Handlungsfeld Tourismus

- » finanzielle Förderung der Entwicklung und Umsetzung nachhaltiger und klimaverträglicher touristischer Angebote

Handlungsfeld Bildung und Qualifizierung:

- » Verstetigung der Fachberatung und Bildung Nachhaltige Entwicklung für die berufsbildenden Schulen

5.

KOMMUNIKATION,
BERATUNG UND INFOR-
MATIONSBEREITSTELLUNG



5 KOMMUNIKATION, BERATUNG UND INFORMATIONSBEREITSTELLUNG

Kommunikation spielt in der Klimaanpassung eine zentrale Rolle. Ohne den Austausch von wissenschaftlichen Erkenntnissen und praktischem Wissen und Erfahrungen ist eine wirksame Klimaanpassung in Niedersachsen nicht denkbar. Die in den vorangegangenen Kapiteln genannten Maßnahmen zeigen: Viel Handlungsbedarf besteht in den Bereichen Wissenstransfer, Bildung, Öffentlichkeitsarbeit und Beratung. Die Vermittlung von Wissen aus der Klimaforschung, insbesondere das Wissen um mögliche Klimaveränderungen in Niedersachsen und mögliche Anpassungsstrategien ist eine Grundvoraussetzung für eine effektive Klimaanpassung. Intensive Wissenschaftskommunikation ist erforderlich, um den Anforderungen einer erfolgreichen Klimaanpassung gerecht zu werden. Unterschiedliche Kommunikationsformate wie beispielsweise Publikationen, Veranstaltungen oder Kommunikation durch digitale Medien sind erforderlich, um verschiedene Zielgruppen zu erreichen. Bereits bestehende Netzwerke sollten soweit möglich genutzt werden, um Möglichkeiten der Klimaanpassung an verschiedene Bevölkerungsgruppen und Fachöffentlichkeiten zu kommunizieren.

Das 2021 eingerichtete Niedersächsische Kompetenzzentrum Klimawandel, kurz NIKO, ist die zentrale Stelle in Niedersachsen, wenn es um den Klimawandel und seine Auswirkungen geht. Das NIKO berät und informiert zum Klimawandel, seinen Folgen und zur Klimafolgenanpassung. Das NIKO bereitet Klimadaten der Vergangenheit und der projizierten Zukunft auf und stellt diese immer aktualisiert im Klimakartenserver möglichst kostenfrei zur Verfügung. Damit können sich alle Menschen in Niedersachsen ein Bild über mögliche Klimaänderung in ihren Regionen machen. Daneben können beispielsweise Fachbehörden, Universitäten u.a. Einrichtungen komplexere Daten anfragen um diese für weitere Zukunftsprognosen in entsprechende Wirkmodelle einzuspeisen. Hiermit ermöglicht das NIKO eine vereinheitlichte Datengrundlage in Niedersachsen, denn so können die Auswertungen unterschiedlicher Fachstellen vergleichbar sein.

Neben der Aufbereitung und Bereitstellung von Klimadaten ist es notwendig die Wirkung des sich wandelnden Klimas auf unsere Umwelt zu analysieren. Daher simulieren die Mitarbeiterinnen des NIKO den Effekt des Klimawandels auf den Boden (z.B. Erosion, Bodenwasserhaushalt, Beregnungsbedarf) und das Grundwasser (Grundwasserneubildung) und betreuen die entsprechenden Wirkmodelle des Landesamts für Bergbau Energie und Geologie (LBEG). Entsprechende Ergebnisse aus der Oberflächenwasser-Wirkmodellierung, für die Auswertung von Hochwasserereignissen, liefert der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küstenschutz und Naturschutz (NLWKN) an das NIKO. Auch diese Ergebnisse stellt das NIKO auf dem Klimakartenserver zur Verfügung. Mit den Informationsangeboten des NIKOs hat Niedersachsen eine wichtige Grundlage für die Klimaanpassung in Niedersachsen geschaffen.

Das allgemeine Bewusstsein für die Gefahren einer Klimaveränderung ist in der Gesellschaft in den letzten Jahren erheblich gestiegen. Die Protestbewegung ‚Fridays for Future‘ hat durch ihre hohe mediale Aufmerksamkeit eine umfassende gesellschaftliche und politische Debatte angestoßen. Mehr als die Hälfte der Befragten gaben in einer Umfrage an, dass sie Verständnis für die Protestbewegung hätten (Koos & Lauth, 2020).

In einer repräsentativen Umfrage des Umweltbundesamtes (2020) wurde das Interesse der Deutschen am Thema Klimawandel und Klimaschutz untersucht. 25% der Befragten waren „sehr“ und 47% „ziemlich“ am Thema interessiert. 27% der Befragten waren „ein wenig“ und 1% „gar nicht“ am Klimawandel interessiert. Die Teilnehmenden wurden ebenfalls gefragt, wodurch der Klimawandel nach ihrer Meinung verursacht wird. Auf diese Frage wählten 63% der Befragten die Antwortoption „vor allem durch menschliches Handeln“ und weitere 14% gaben „nur durch menschliches Handeln“ an. 19% wählten die Option „zu gleichen Teilen durch menschliches Handeln und natürliche Prozesse“ und 4% „vor allem durch natürliche Prozesse“. Nur 1% der Befragten gab an, es gäbe keinen Klimawandel.

Die Umfrage zeigte somit, dass 99% Befragten davon ausgehen, dass der Klimawandel stattfindet. Nur eine sehr kleine Minderheit von 1% ist der Ansicht, es gäbe keinen Klimawandel. Unterschiedliche Auffassungen in der repräsentativen Gruppe der Befragten gibt es eher darüber, ob und zu welchem Ausmaß der Klimawandel durch menschliches Handeln verursacht wurde. Aus diesen Umfrageergebnissen lässt sich schließen, dass die Kommunikation von Klimaanpassungsmaßnahmen weniger herausfordernd sein könnte, als die Kommunikation zum Klimaschutz, insbesondere wenn die Maßnahmen neben Klimaanpassung noch weitere Vorteile bieten (No-Regret-Maßnahmen). Daher empfiehlt es sich, soweit möglich, in der Klimawandelkommunikation zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung deutlich zu differenzieren.

Kommunikation zur Klimaanpassung ist dennoch mit verschiedenen Herausforderungen verbunden. Die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen lässt sich in 3 Phasen differenzieren. Jede dieser drei Phasen ist durch unterschiedliche Herausforderungen gekennzeichnet und erfordert unterschiedliche Kommunikationsprinzipien (Born et al. 2012):

1. Problemwahrnehmung: Erkennen der Notwendigkeit Klimaanpassungsmaßnahmen durchzuführen.
2. Handlungskompetenz: Kenntnis über Handlungsmöglichkeiten zur Klimaanpassung.
3. Umsetzung: Ausführung der Klimaanpassungsmaßnahme.

Born et al. (2012) empfehlen für jede dieser Phase verschiedene Kommunikationsprinzipien. In der Phase der Problemwahrnehmung müssen fachliche Informationen zielgruppengerecht kommuniziert werden. Dabei sollten Betroffenheiten und Risiken, aber auch Chancen der Klimaanpassung vermittelt werden. Je nach Kenntnis- und Wissensstand der Zielgruppe müssen Komplexitäten evtl. verringert werden und Begriffe erläutert werden. Für die Kommunikation sollten Aufmerksamkeitsfenster genutzt werden und Emotionalitäten erzeugt werden. Dabei sollte Katastrophismus weitestgehend vermieden werden, stattdessen sollten positive Emotionen genutzt werden. Durch das Aufzeigen von Handlungsoptionen kann die Phase der Problemwahrnehmung positiv stimulierend wirken.

In der Phase der Handlungskompetenz muss der Umgang mit Unsicherheit reflektiert werden. Konkrete Handlungsziele der Anpassungsmaßnahmen müssen festgelegt werden, die Praxiswissen berücksichtigen und anschlussfähig an bestehende Strategien und Ziele sind. Vorbilder und gute Beispiele von bereits umgesetzten Anpassungsmaßnahmen helfen, die Handlungskompetenz zu erhöhen.

In der Phase der Umsetzung gilt es zu prüfen, inwieweit Klimaanpassungsprozesse mit anderen Veränderungsprozessen sinnvoll verknüpft werden können. Bereits bestehende Veränderungsprozesse, die den Strukturwandel oder den demographischen Wandel einer Region adressieren, können genutzt werden, die Optionen zur Klimaanpassung zu kommunizieren. Anpassungsmaßnahmen können, selbst wenn diese Maßnahmen weitere Vorteile bieten, den Interessen einzelner Stakeholder entgegenstehen. Eine diskursive Verständigung auf politische Anpassungsziele in einer Zusammenarbeit verschiedener gesellschaftlicher Akteure ist daher notwendig. Partizipative Ansätze durch transdisziplinär entwickelte Anpassungsstrategien können einen Beitrag dazu leisten, gegenseitiges Verständnis aufzubauen und teilweise konfliktentschärfend wirken.

Literaturverzeichnis

BORN, M., LIEBERUM, A., KÖRNER, C. (2012): Prinzipien der Anpassungskommunikation im Projekt ‚nordwest2050‘. nordwest2050-Werkstattbericht, Nr. 15., Bremen. Online: https://edoc.sub.uni-hamburg.de%2Fklimawandel%2Ffiles%2F682%2Fnordwest2050_Prinzipien_015.pdf&usg=AOvVaw1-49ezXRGZEDitWPPBHZe

GELLRICH, A. et al. 2021: 25 Jahre Umweltbewusstseinsforschung im Umweltressort. Langfristige Entwicklungen und aktuelle Ergebnisse. Umweltbundesamt. Online verfügbar: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/25-jahre-umweltbewusstseinsforschung-im>

KOOS, S., LAUTH, F., 2020: Die gesellschaftliche Unterstützung von Fridays for Future. In: Sebastian Haunss und Moritz Sommer (Hg.) Fridays for Future- Die Jugend gegen den Klimawandel. Konturen der weltweiten Protestbewegung. Online: https://www.otto-brenner-stiftung.de/file-admin/user_data/stiftung/06_Aktuelles/2020_10_15_FFF/FFF_Jugend_gegen_Klimawandel_Buch.pdf

6.

ZUSAMMEN-
FASSUNG





6 ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels bietet einen Überblick über die bisherigen und die möglichen zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels in Niedersachsen und sich daraus ergebende Anpassungsbedarfe. Diese wird von nun an alle fünf Jahre fortgeschrieben.

Kapitel 2 stellt die vergangene und zukünftig zu erwartende Klimaentwicklung in Niedersachsen dar. Bereits heute sind Veränderungen des Klimas in Niedersachsen erkennbar. Basierend auf Wetterbeobachtungsdaten ist eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur in Niedersachsen seit 1881 bis heute (2020) um +1,7 °C festzustellen. Damit einhergehend hat sich die Häufigkeit von Sommer- und Hitzetagen erhöht, während sich die von Frost- und Eistagen verringert hat. Weiterhin zeigen die Beobachtungsdaten einen Anstieg der mittleren Jahresniederschlagssumme von +86 mm im gleichen Zeitraum.

Sollten die globalen Emissionen von Treibhausgasen in den nächsten Jahrzehnten weiter so voranschreiten wie bisher, werden sich die Verhältnisse in einem Maße ändern, wie wir es bisher noch nicht beobachtet haben. Obgleich die projizierten mittleren Änderungen gering erscheinen mögen, muss regional mit erheblichen Auswirkungen gerechnet werden. Vor allem extreme Ereignisse wie Trockenzeiten und Hitzewellen, aber auch Starkniederschläge werden an Intensität, Häufigkeit und Dauer zunehmen. Dies wird Konsequenzen für alle Handlungsfelder haben, die in diesem Bericht aufgeführt sind. Bestehende Strategien, Managementpläne und Vorsorgeinstrumente reichen häufig nicht mehr aus, um die Gesellschaft auf die zukünftig möglichen Entwicklungen vorzubereiten und ihre Resilienz gegenüber dem Klimawandel entsprechend zu verbessern. In siebzehn Handlungsfeldern werden der Klimaanpassungsbedarf für Niedersachsen dargestellt.

Kapitel 3.1 stellt den Anpassungsbedarf im Handlungsfeld Boden dar. Funktionsfähige und gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels widerstandsfähige Böden bilden eine zentrale Grundlage für eine erfolgreiche Klimafolgenanpassung. Die Entwicklung regionalspezifischer Anpassungsmöglichkeiten für die verschiedenen Bereiche ist im Bodenschutz notwendig. Boden steht als Querschnittsmedium mit Verbindung zu unterschiedlichsten Landnutzungen. Im Handlungsfeld Boden sind deshalb kooperative Lösungsstrategien, die Zielkonflikte minimieren und Synergieeffekte mit anderen Fachrichtungen nutzen erforderlich.

Kapitel 3.2 stellt den Anpassungsbedarf im Handlungsfeld Wasserwirtschaft dar. Handlungsbedarf besteht in den Bereichen Hochwasserschutz, Niedrigwassermanagement und Gewässerökologie, Grundwasserschutz und Siedlungswasserwirtschaft.

Kapitel 3.3 stellt den Anpassungsbedarf im Handlungsfeld Küstenschutz dar. Im Küstenschutz bestehen sowohl bauwerkspezifische wie raumspezifische Anpassungsbedarfe. Darüber hinaus sind konzeptionelle Maßnahmen notwendig.

Kapitel 3.4 stellt den Anpassungsbedarf im Handlungsfeld Fischerei dar. In der Fischerei besteht noch erheblicher Forschungsbedarf zu möglichen Anpassungsmaßnahmen. Schutz und Pflege von Lebensräumen, sowohl für die Hochsee- und Küstenfischerei, die Binnenfischerei als auch für nachhaltige Aquakulturen sind notwendig.

Kapitel 3.5 stellt den Anpassungsbedarf im Handlungsfeld Landwirtschaft, Garten- und Obstbau dar. Das Themenfeld Wassermanagement, z.B. Beregnung, stellt eine zentrale Maßnahme dar. Auch in der Tierproduktion sind Anpassungsmaßnahmen notwendig.

Kapitel 3.6 stellt den Anpassungsbedarf im Handlungsfeld Wald und Forstwirtschaft dar. Entgegen anderer sektoraler Handlungsfelder und insbesondere der Landwirtschaft, zeichnen sich Wälder durch sehr langsame Anpassungsprozesse mit begrenzten Anpassungsmöglichkeiten aus,

weswegen den Maßnahmen eine besondere Bedeutung zukommt. Die Entwicklung von standortgerechten, vielfältigen, stabilen, anpassungsfähigen und ökologisch wertvollen Waldbeständen ist notwendig.

Kapitel 3.7 stellt den Anpassungsbedarf im Handlungsfeld Biodiversität und Naturschutz dar. Um den Zielen des Naturschutzes auch zukünftig gerecht werden zu können, sind Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels einzubeziehen. Eine vielfältige Natur und ein intakter Naturhaushalt sind die Voraussetzung für eine Anpassung der Ökosysteme an den Klimawandel.

Kapitel 3.8 stellt den Anpassungsbedarf im Handlungsfeld Gesundheitswesen dar. Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen Gesundheitsvorsorge und baulichen Planungen: Geeignete Architektur sowie Stadt- und Landschaftsplanung können dazu beitragen, eine klimatisch bedingte verstärkte Aufheizung der Städte und damit Hitzestress zu lindern. Gesundheitsgefährdungen durch andere Extremereignisse (wie Sturm oder Hochwasser) sind insbesondere durch Vorsorgemaßnahmen im Bauwesen, bei der kommunalen Infrastruktur, ein Risiko- und Krisenmanagement von Infrastrukturbetreibern, durch Notfallpläne, angepassten Hochwasser- und Küstenschutz sowie durch angemessenes Verhalten der Bevölkerung zu reduzieren. Auch andere Maßnahmen wie beispielsweise die Bekämpfung des Eichenprozessionsspinners oder der Ambrosia-Pflanze sind notwendig.

Kapitel 3.9 stellt den Anpassungsbedarf im Handlungsfeld Bauwesen dar. Anpassung der räumlichen Planung sowie im Neubau und der Sanierung von Gebäuden ist notwendig. Klimaanpassung ist ein Thema, das auch im Bereich der sozialen Wohnraumförderung Berücksichtigung findet.

Kapitel 3.10 stellt den Anpassungsbedarf im Handlungsfeld Energiewirtschaft dar. Die Resilienz des Energieversorgungssystems muss gegenüber den Folgen des Klimawandels durch adäquate Anpassungsmaßnahmen zielgerichtet und wirksam gestärkt werden. Es sind geeignete Maßnahmen zum Umgang mit erhöhter Volatilität zu entwickeln. Extremwetterlagen müssen im Anlagendesign berücksichtigt werden.

Kapitel 3.11 stellt den Anpassungsbedarf im Handlungsfeld Industrie und Gewerbe dar. Das Risikobewusstsein für mögliche Folgen des Klimawandels muss gestärkt werden sowie Innovationsentwicklung gefördert werden.

Kapitel 3.12 stellt den Anpassungsbedarf im Handlungsfeld Verkehrswege- und netze dar. Extremereignisse werden zukünftig eine spürbare Herausforderung darstellen. Bei der Schieneninfrastruktur muss gegen umstürzende Bäume sowie der Gefahr von Wald- und Böschungsbränden vorgesorgt werden. Herausforderungen für die Binnenschifffahrt sind sowohl Niedrigwasser- als auch Hochwasserphasen, die Anpassungen erfordern.

Kapitel 3.13 stellt den Anpassungsbedarf im Handlungsfeld Tourismus dar. In Gebieten, in denen der Wintersport eine wirtschaftliche Bedeutung hat, ist wegen der zu erwartenden Abnahme der Schneemenge die Schaffung neuer Tourismusangebote erforderlich, die unabhängig von den Schneeverhältnissen sind.

Kapitel 3.14 stellt den Anpassungsbedarf im Handlungsfeld Katastrophenschutz dar. Aufklärung, entsprechende Landeskonzeptionen und angemessene Ausstattung der Feuerwehren und sonstigen Organisationen im Katastrophenschutz sind notwendig.

Kapitel 3.15 stellt den Anpassungsbedarf im Handlungsfeld Räumliche Planung dar. Eine frühzeitige, raum- und flächenbezogene Steuerung von Nutzungen kann zur Anpassung an den Klimawandel beitragen und helfen, sowohl Gefahren und Risiken für Mensch und Umwelt als auch Schadenspotenziale und die volkswirtschaftlichen Kosten der Auswirkungen des Klimawandels zu verringern. Anhand von regionalisierten Daten können Vulnerabilitätsanalysen erstellt und Leitbilder und Strategien zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels entwickelt werden.

Kapitel 3.16 stellt den Anpassungsbedarf im Handlungsfeld Wissenschaft und Forschung dar. Die Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen unterliegt dem wissenschaftlichen Fortschritt der Klimaforschung, praktischen Erfahrungen und politischen, gesellschaftlichen sowie naturräumlichen Rahmenbedingungen. Eine fortwährende Aktualisierung und Nachjustierung von Anpassungsmaßnahmen ist zwingend notwendig. Vernetzte inter- und transdisziplinäre Forschungsaktivitäten sollen sich insbesondere mit Strategien und Modellen zur Milderung des Klimawandels und der regionalen Anpassung an seine Folgen befassen. Neben den Lebens- und Naturwissenschaften müssen auch die Geistes- und Sozialwissenschaften eingebunden werden.

Kapitel 3.18 stellt den Anpassungsbedarf im Handlungsfeld Bildung und Qualifizierung dar. Bildung und Qualifizierung nehmen eine zentrale Rolle ein, um ein Bewusstsein für Klimafolgen zu schaffen und entsprechende Kompetenzen für den Umgang mit dem Klimawandel zu erwerben. Kapitel 4 stellt Maßnahmen vor, die eine Anpassung an mögliche Klimaveränderungen darstellen.

Kapitel 5 stellt die Anforderungen an Kommunikation, Beratung, Datenmanagement und Informationsbereitstellung dar, um die identifizierten Anpassungsbedarfe umzusetzen. Generell gilt für alle Handlungsfelder: Information und Bildung, Forschung, Informationsbereitstellung und kontinuierliches Monitoring der Klimawirkungen sind notwendig, um angemessene Anpassungsstrategien umzusetzen und kontinuierlich weiterzuentwickeln.

Erforderlich ist die Überprüfung und gegebenenfalls die Ergänzung von Fachrechten und Leitlinien in Hinblick auf den Klimawandel in allen Handlungsfeldern. Bei der Auswahl der Maßnahmen ist darauf zu achten, dass sie den Anstrengungen zum Klimaschutz nicht entgegenwirken. No-Regret Maßnahmen, die außer Klimaanpassung weiteren Nutzen bieten, beispielsweise für den Naturschutz, sind vorrangig zu prüfen.

Viele der Handlungsfelder sind fachlich eng mit anderen Handlungsfeldern verbunden, es entstehen sowohl Synergien als auch teilweise Zielkonflikte durch die Anpassungsbedarfe der einzelnen Handlungsfelder. Daher ist enge Kooperation und Zusammenarbeit verschiedener Bereiche notwendig.

FOTORECHTE

Olaf Lies; Olaf Horn	3
Blumenwiese; Adobe Stock	6/7
Thermometer; Adobe Stock	10/11
Bäume von oben; TourismusMarketing Niedersachsen GmbH; Willi Rolfes.....	28/29
Kröten; TourismusMarketing Niedersachsen GmbH; Lerch Ulmer	30
Bodenerosion; Adobe Stock	32
Hochwasserabsperrung; Adobe Stock	56
Sandsäcke/Hochwasser; Adobe Stock.....	57
Starkregen; Adobe Stock	75
Watt mit Küstenschutz; TourismusMarketing Niedersachsen GmbH; Francesaco Carovillano....	80
Fischerboote; TourismusMarketing Niedersachsen GmbH; Henning Scheffen	92
Beregnung; Adobe Stock	102
Buchenwald; Fotolia.....	124
Biene in Blüte; Denise Harders.....	136
Zeckenwarnung; Enke Franck.....	148
Balkone; Enke Franck	162
Windräder; Adobe Stock.....	170
Messegelände von oben; Deutsche Messe.....	174
Bahnschienen/Andreaskreuz; Enke Franck	178
Watt/Sonnenuntergang/Menschen; Janis Meyer	184
Feuerwehreinsatz Meppen; MU	190
Landschaftsbild; Adobe Stock	196
Tastatur; Adobe Stock	212
Bildung; Adobe Stock	218
Tümpel; TourismusMarketing Niedersachsen GmbH; Markus Tiemann.....	226/227
Regentropfen im Gras; Adobe Stock	238/239
Flusslandschaft; Adobe Stock	244/245

Herausgeber:

**Niedersächsisches Ministerium für
Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz**

Archivstraße 2, 30169 Hannover

E-Mail: poststelle@mu.niedersachsen.de

Internet: www.umwelt.niedersachsen.de

Gestaltung: Blacklime GmbH

Februar 2022



Niedersachsen