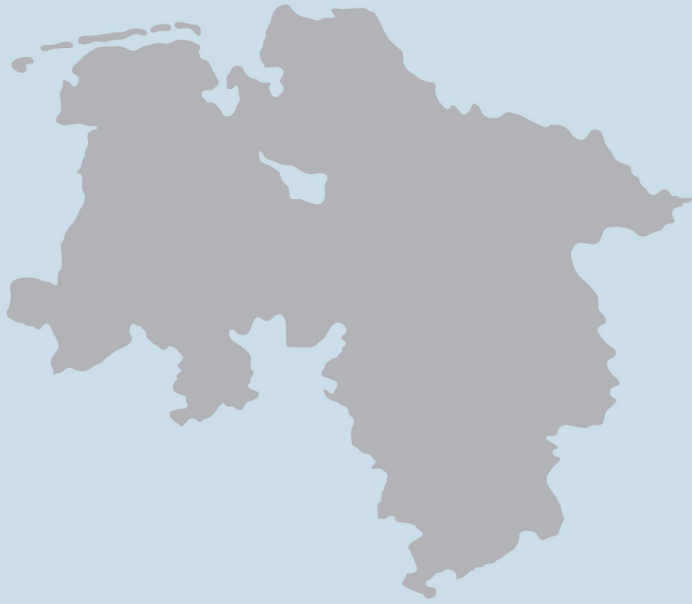




Empfehlung für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels



Niedersachsen

Mitglieder der Regierungskommission Klimaschutz

Vorsitzender: Prof. Dr. Uwe Schneidewind, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie

Stellvertretende Vorsitzende: Ulla Ihnen, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz

Klaus Arnold, Verband kommunaler Unternehmen e.V.
Heiner Baumgarten, BUND Landesverband Niedersachsen e.V.
Prof. Dr. Hans-Peter Beck, Energie-Forschungszentrum Niedersachsen
Prof. Dr. Friedrich O. Beese, Forschungsverbund Klimafolgen
Klaus Behling, Niedersächsisches Finanzministerium
Reinhard Benhöfer, Konföderation Evangelischer Kirchen in Niedersachsen
Prof. Dr. Felix Bernard, Katholisches Büro Niedersachsen
Thorsten Bludau, Niedersächsischer Landkreistag
Werner Bosse, Landvolk Niedersachsen
Lothar Busch, Niedersächsisches Ministerium für Soziales, Frauen, Familie, Gesundheit und Integration
Dr. Holger Buschmann, NABU Niedersachsen
Mila Dahle, TUI AG
Axel Ebeler, Niedersächsischer Städtetag
Rüdiger Eichel, Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur
Jans-Paul Ernsting, Handwerkskammer Hannover
Dr. Hans-Joachim Fichtner, Niedersächsisches Kultusministerium
Marco Graf, Niedersächsischer Industrie- und Handelskammertag
Anne Heitland, Unternehmerverbände Niedersachsen
Matthias Herzog, E.ON Avacon AG
Dr. Christian Jacobs, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
Gertraud Lauber, IG BCE
Norbert Leben, Waldbesitzerverband Niedersachsen
Jörg Lüning, Bundesverband Windenergie e.V.
Bernd Meyer, Verband der Wohnungswirtschaft in Niedersachsen und Bremen e.V.
Dr. Thomas Neuber, EWE Energie AG
Heinz-Werner Persiel, DGB
Dr. Michael Pickel, Hannover Rückversicherung AG
Dr. Gerhard Prätorius, Volkswagen AG
Rudolf Rantzau, Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung
Walter Roppes, RWE AG
Horst Schörshusen, Niedersächsische Staatskanzlei
Dr. Horst Schrage, Niedersächsische IHK Arbeitsgemeinschaft Hannover-Braunschweig
Anne Schütte, Vereinigung der Handwerkskammern Niedersachsen
Martin Schulz, AG Bäuerliche Landwirtschaft
Holger Thamm, Stiebel Eltron GmbH & Co. KG
Dr. Jens Traupe, Salzgitter AG
Joachim Vollmer, Niedersächsischer Städte- und Gemeindebund
Thomas Vorholt, VGH
Olaf Weinell, Verbraucherzentrale Niedersachsen e.V.
Helga Worlitzsch, Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr

Die Arbeit der Regierungskommission Klimaschutz wurde unterstützt von

Dr. Frank Peter Ahlers, Handwerkskammer Hannover
Jörg Alexander, Handwerkskammer Osnabrück-Emsland
Katharina Amann, Universität Göttingen
Regina Asendorf, Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Martin Ast, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
Uwe Baumert, NABU Niedersachsen
Jens Becker, Niedersächsische Staatskanzlei
Dieter Behrend, Deutscher Gewerkschaftsbund
Dr.-Ing. Lars Bergmann, Technische Universität Braunschweig - Niedersächsisches Forschungszentrum Fahrzeugtechnik (NFF)
Dr. Silke Bertram, Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur
Sebastian Biermann, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
Dr.-Ing. Torsten Birkholz, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
Lars Bobzien, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
Angelika Blencke, Architektenkammer Niedersachsen
Rainer Boldhaus, Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung
Marcus Bollmann, BUND Niedersachsen
Andreas Brinker, Katholisches Büro Niedersachsen
Andreas Broda, IAV GmbH
Dieter Brübach, B.A.U.M. e.V.
Dr. Heike Buschhorn, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
Irene Dahlmann, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
Siegfried Dann, Landesverband Gartenbau
Monika Dörries, Geschäftsführung der Regierungskommission Klimaschutz
Jürgen Drieling, BNE-Agentur Niedersachsen e.V.
Ruth Drügemöller, AG der kommunalen Spitzenverbände
Veit Ebermann, Leuphana Universität Lüneburg
Dr. Carla Eickmann, Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
Harry Evers, Gesamtzentrum für Verkehr Braunschweig - Competence Center GmbH
Daniel Farnung, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
Prof. Dr. Klaus Fichter, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Dr. Katrin Flasche, Kommunale Umwelt-Aktion U.A.N.
Enke Franck, Akademie für Raumforschung und Landesplanung
Dr. Harald Freise, Bauindustrieverband Niedersachsen-Bremen
Sebastian Fricke, Logistik Zentrum Niedersachsen
Karl-Heinz Friebe, Kirchlicher Dienst auf dem Lande
Prof. Dr.-Ing. Bernhard Friedrich, Technische Universität Braunschweig, Institut für Verkehr und Stadtbauwesen
Uwe Garrels, Gemeinde Langeoog
Eugen Gehlenborg, Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur
Prof. Dr. Jutta Geldermann, Energie-Forschungszentrum Niedersachsen/ Universität Göttingen
Wolfgang Gemba, Landkreis Peine
Heinz-Hermann Gerdes, Katholisches Büro Niedersachsen
Klaus Geschwinder, Region Hannover
Ralf Gieseke, Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
Frank Glanert, EWE AG
Herbert Grams, Niedersächsisches Landesgesundheitsamt
Dr. Anke Grieße, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
Georg Grobmeyer, Bund Deutscher Landschaftsarchitekten
Prof. Dr. Günther Groß, Leibnizuniversität Hannover, Institut für Meteorologie und Klimatologie
Horst Hagedorn, Niedersächsisches Ministerium für Soziales, Frauen, Familie und Gesundheit
Kerstin Hammer, Logistik Zentrum Niedersachsen
Friedrich-Christoph Hammerstein-Gesbold, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
Steffen Hartig, Waldbesitzerverband Niedersachsen e.V.
Prof. Dr. Thomas Hauf, Leibnizuniversität Hannover, Institut für Meteorologie und Klimatologie
Dr.-Ing. Christian Heimann, Katholisches Büro Niedersachsen
Dr. Peter Heller, Innovationszentrum Niedersachsen GmbH
Roland Henke, Niedersächsisches Kultusministerium
Godehard Hennies, Wasserverbandstage Niedersachsen/Bremen/Sachsen-Anhalt
Dr. Jörg Hermsmeier, EWE AG
Tibor Herczeg, Verband Wohneigentum
Helgo Heuer, Salzgitter AG
Silke Hilker, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz

Wolfgang Hintz, Vereinigung der Handwerkskammern Niedersachsen
 Prof. Dr. Joseph Hölscher, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
 Ernst Holst, Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur
 Dr. Hans Reinhold Horst, Landesverband Haus und Grund e.V.
 Juliane Hünefeld-Linkermann, Industrie- und Handelskammer Osnabrück-Emsland-Grafschaft Bentheim
 Meike Hullen, Nationalparkverwaltung Harz
 Helmut Jäger, Solvis Braunschweig / BEE
 Dr. Daniela Jakob, Climate Service Center
 Hans Janssen, Gemeinde Langeoog
 Telse Jochims, EWE AG
 Prof. Dr. Hans Kaminski, Institut für Ökonomische Bildung (IÖB)
 Silja Kirsch, Agentur für Erwachsenen- und Weiterbildung (AWEB)
 Dr. Martin Klenke, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
 Jörk Knepler, E.ON Avacon Wärme GmbH
 Dr. Robert König, VGH
 Christian Körtje, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
 Stephan Krull, Deutscher Gewerkschaftsbund
 Dipl.-Ing. Andreas Kyrath, Ingenieurkammer Niedersachsen
 Martin Langer, ADFC
 Andreas Lesch, Landkreis Cuxhaven
 Dr. Cay Lienau, Deutsche Bahn AG
 Gerhild Lienau, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
 Dr. Dagmar Linse, Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
 Dr. Reinhard Löhmer, BUND Niedersachsen
 Theo Lühns, Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung
 Andreas Markurth, Niedersächsisches Kultusministerium
 Michael Moehlmann, LogisticNetwork Consultants
 Heinrich Mönning, Handwerkskammer Osnabrück-Emsland
 Dr. Udo Müller, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
 Thomas Myslik, BUND Niedersachsen
 Wilhelm Niedernolte, Konföderation Evangelischer Kirchen
 Hanz Niemeyer, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
 Kay Nitsche, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
 Katrin Oebel, Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
 Teelke Oldermann, ENERCON
 Prof. Dr. Frank Ordemann, Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften
 Stefan Ott, BUND Niedersachsen
 Miriam Palandt, Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
 Dr. Holger Poppe, Volkswagen AG
 May-Britt Pürschel, Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
 Agnes Richmann, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
 Anne Rickmeyer, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
 Uwe Ritzmann, Niedersächsisches Kultusministerium
 Herbert Röhm, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
 Martin Röhrleef, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen, LG Niedersachsen/HB
 Dr. Marie-Luise Rottmann-Meyer, 3N Kompetenzzentrum Nachwuchsende Rohstoffe
 Prof. Dr. Thomas Saretzki, Leuphana Universität Lüneburg
 Michael Schäfer, Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
 Hans Joachim Schliep, Evangelisch-lutherische Landeskirche Hannover
 Ulrich Schmiersow, Stadt Hannover
 Jörg Schneider, NABU Niedersachsen
 Ralf Schöffski, TÜV Nord
 Dr. Frank Schröter, TU Braunschweig
 Elisabeth Schulz, Landwirtschaftskammer Niedersachsen
 Lothar Schulze, Windwärts Energie GmbH
 Dr. Martin Schweet, Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
 Michael Schwill, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
 Kathrin Schwoon-Stein, Regierungsvertretung Braunschweig
 Dr. Bernd Seidel, Beratung und Umsetzung in Verkehrswesen und Logistik
 Dr.-Ing. Jochen Selle, Innovationszentrum Niedersachsen
 Petra Sewig, Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung
 Margrita Sobottka, Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer

Prof. Dr. Thomas Spengler, Niedersächsisches Forschungszentrum für Fahrzeugtechnik
Rudi Sproessel, Deutscher Gewerkschaftsbund
Christian Sprute, IG Bergbau, Chemie, Energie
Tina Stecher, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Meinfried Striegnitz, Leuphana Universität Lüneburg
Sabine Strube-Neumann, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
Almut Tobola, BUND Niedersachsen
Jörg Utermöhlen, Niedersächsisches Kultusministerium
Volker von Kiedrowski, Ingenieurkammer Niedersachsen
Manfred Wassmann, Deutscher Gewerkschaftsbund
Petra Wassmann, NABU Niedersachsen
Dr. Wolfgang Wesely, BUND Niedersachsen
Alexander Witthohn, IHK Hannover-Braunschweig
Prof. Dr. Dieter Wolff, FH Braunschweig / Wolfenbüttel - Fakultät Versorgungstechnik
Günter Wortmeyer, Landkreis Cuxhaven
Mareike Wulf, Unternehmerverbände Niedersachsen
Thomas Wunram, Stadtwerke Hannover
Dr. Andreas Wurpts, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
Dieter Wuttig, AG der kommunalen Spitzenverbände
Anna Zagidullin, Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur
Wolfgang Zeiler, Wasserverbandstag
Dr. Sibylle Zielke, Niedersächsisches Ministerium für Soziales, Frauen, Familie, Gesundheit und Integration

Der Dank für die Unterstützung gilt auch den zahlreichen weiteren Mitwirkenden, die hier nicht namentlich genannt sind.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	8
Abkürzungsverzeichnis	9
Einleitung	12
TEIL A	
1. Rahmenbedingungen	13
2. Aufgaben einer Klimaanpassungsstrategie des Landes	15
3. Aufbau und Methodik der Empfehlung für eine niedersächsische Klimaanpassungsstrategie	17
4. Klimaentwicklung und Klimaszenarien	18
4.1 Zusammenfassung	19
4.2 Hintergrund	20
4.3 Gegenwärtiges Klima	21
4.4 Regionale Klimaprojektionen: Modelle	31
4.5 Regionale Klimaprojektionen: Klimaänderungssignale	33
4.6 Erfordernisse und Aufgaben in der Klimaforschung	41
5. Handlungsfelder	42
Sektorale Handlungsfelder	
5.1 Wasserwirtschaft	42
5.2 Küstenschutz	49
5.3 Landwirtschaft, Garten- und Obstbau	58
5.4 Fischerei	72
5.5 Wald und Forstwirtschaft	76
5.6 Biodiversität und Naturschutz	87
5.7 Bodenschutz	92

5.8 Industrie und Gewerbe	98
5.9 Energiewirtschaft	101
5.10 Bauwesen	103
5.11 Verkehrswege und -netze	105
5.12 Tourismus	109
5.13 Gesundheitswesen	112
5.14 Katastrophenschutz	117
Sektorübergreifende Handlungsfelder	
5.15 Räumliche Planung auf Landesebene, regionaler Ebene und kommunaler Ebene	119
5.16 Wissenschaft und Forschung	127
5.17 Datenmanagement, Informationsbereitstellung und -pflege	131
5.18 Bildung und Qualifizierung	133
5.19 Kommunikation und Beratung	136
6. Leitlinien und Ausblick	140
Glossar	141
Literaturverzeichnis	145
 TEIL B	
Anhang I – Maßnahmenübersicht	162
Anhang II – Klimaänderungssignale für die niedersächsischen Naturräume	211
Anhang III – Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft	216
Anhang IV – Klimabezogene Projekte im Sektor Landwirtschaft in Niedersachsen	219

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Naturräumliche Gliederung nach dem niedersächsischen GEOSUM
Abb. 2	Mitteltemperaturen der bodennahen Lufttemperatur.
Abb. 3	Mittlere Monatssummen des Niederschlags für Niedersachsen
Abb. 4	Jahresgänge über das Gebietsmittel von Niedersachsen für 1971-2000
Abb. 5	Vier Temperaturindizes
Abb. 6	Mittlere Anzahl der Starkniederschlagstage in Niedersachsen
Abb. 7	Mittlere größte 5-Tages-Niederschlagssumme für Niedersachsen
Abb. 8	Maximale Dauer der Trockenperiode im Sommerhalbjahr in Niedersachsen
Abb. 9	Änderung der mittleren 2m-Temperatur, des Niederschlags und der Sonnenscheindauer im Gebietsmittel über Niedersachsen.
Abb. 10	Zeitreihen und Trends der Minimaltemperatur in Niedersachsen
Abb. 11	Räumliche Verteilung von Niederschlagstrends in Niedersachsen
Abb. 12	Mittlerer Beginn der Apfelblüte in Deutschland
Abb. 13	Emission und Konzentration des Gases CO ₂
Abb. 14	Mittlere Temperatur und mittlerer Niederschlag für Niedersachsen
Abb. 15	Niederschlagsänderungssignal im Jahresmittel für Niedersachsen
Abb. 16	Gleitende 31-Jahresmittel der Temperatur- und Niederschlagsänderungssignale
Abb. 17	Temperaturänderungssignal und Niederschlagsänderungssignal im Gebietsmittel über Niedersachsen
Abb. 18	Relative Änderung der Jahressummen des Schneefalls und der Anzahl der Schneetage im Jahr im Gebietsmittel über Niedersachsen
Abb. 19	Änderungen Klimaindizes im Gebietsmittel über Niedersachsen.
Abb. 20	Relative Änderung in der Anzahl der Starkniederschlagstage in Prozent im Gebietsmittel über Niedersachsen.
Abb. 21	Relative Änderung in der Anzahl der größten 5-Tages-Niederschlagssumme in Prozent im Gebietsmittel über Niedersachsen.
Abb. 22	Relative Änderung der Windgeschwindigkeit in Prozent im Gebietsmittel über Niedersachsen
Abb. 23	Mögliche Änderung des Grundwasserdargebots in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen
Abb. 24	Klimatische Wasserbilanz Niedersachsen
Abb. 25	Potenzielle Beregnungsbedürftigkeit Niedersachsens für den Zeitraum 1961-1990 und 2011-2040
Abb. 26	Zunahme der potenziellen Beregnungsbedürftigkeit in Niedersachsen für den Zeitraum 1961-1990 und 2011-2040
Abb. 27	Änderung des Biomasse-Ertragspotenzials am Beispiel Winterweizen

Abb. 28	Schematische Darstellung der wichtigsten Wirkungen des Klimawandels auf die Meere
Abb. 29	Waldflächen- und Baumartengruppenanteile in Niedersachsen und seinen drei Wuchsregionen
Abb. 30	Abschätzung des Anbaurisikos von Waldbaumarten in Niedersachsen am Beispiel Fichte
Abb. 31	Gesamteuropäische Kriterien und Indikatoren einer nachhaltigen Forstwirtschaft
Abb. 32	Von der Strategischen Umweltprüfung zum Climate Proofing
Abb. 33	Notwendige Wissensstruktur zur Umsetzung von Anpassungen an den Klimawandel und seine Folgen
Abb. 34	Umsetzung des Dreiklangs aus System- Ziel- und Transformationswissen zur Erarbeitung einer Anpassungsstrategie an den Klimawandel

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Klimaänderungen in Niedersachsen
Tab. 2	Standortsbezogene Bewertung der Anbaueignung von Waldbaumarten unter Berücksichtigung ihrer Trockenresistenz und Frosthärte
Tab. 3	Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus

Abkürzungsverzeichnis

ARGE BLMP	Arbeitsgemeinschaft Bund/Länder-Messprogramm für die Meeresumwelt von Nord- und Ostsee
AUM	Agrarumweltmaßnahmen
BauGB	Baugesetzbuch
BBA	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BlmSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BLANO	Bund-/Länder-Ausschuss Nord- und Ostsee
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
DAS	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel
DB	Deutsche Bahn
DüVO	Düngeverordnung (Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenstoffhilfen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen)
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EE-WärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz
EG	Europäische Gemeinschaft
EG-HWRMRL	EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie
EnEV	Energieeinsparverordnung
EU-WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
DWD	Deutscher Wetterdienst
FAO	Food and Agriculture Organisation
FFH-RL	Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie
GLD	Gewässerkundlicher Landesdienst
HWschutzG	Hochwasserschutzgesetz
HWVZ	Hochwasser-Vorhersagenzentrale
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen)
IMO	International Maritime Organization (Internationale Schifffahrts-Organisation)
INSPIRE	Richtlinie zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. März 2007)
KatSchG	Katastrophenschutzgesetz
KLIFF	Forschungsverbund Klimafolgenforschung in Niedersachsen
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LAUG	Länderarbeitsgruppe Umweltbezogener Gesundheitsschutz
LAVES	Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
LÖWE	Langfristige Ökologische Waldentwicklung
LROP	Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen
LÜN	Luftthygisches Überwachungssystem Niedersachsen

LWK	Landwirtschaftskammer Niedersachsen
LwKG	Gesetz über Landwirtschaftskammern
MI	Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport
MKRO	Ministerkonferenz für Raumordnung
ML	Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung
MS	Niedersächsisches Ministerium für Soziales, Frauen, Familie, Gesundheit und Integration
MU	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
MW	Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
NAGBNatSchG	Niedersächsisches Ausführungsgesetz zum Bundesnaturschutzgesetz
NJagdG	Niedersächsisches Jagdgesetz
NAO	Nordatlantische Oszillation
NBauO	Niedersächsische Bauordnung
NBodSchG	Niedersächsisches Bodenschutzgesetz
NElbtBRG	Gesetz über das Biosphärenreservat „Niedersächsische Elbtalaue“
NGDIG	Niedersächsisches Geodateninfrastrukturgesetz
NIBIS	Niedersächsischer Bildungsserver
NLF	Niedersächsische Landesforsten
NLGA	Niedersächsisches Landesgesundheitsamt
NLWKN	Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NNA	Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz
NPGHarzNI	Gesetz über den Nationalpark „Harz (Niedersachsen)“
NUIG	Niedersächsisches Umweltinformationsgesetz
NWaldLG	Niedersächsisches Gesetz über den Wald und die Landschaftsordnung
NWattNPG	Gesetz über den Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“
NW-FVA	Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt
NWG	Niedersächsisches Wassergesetz
OSPAR	Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Nordost-Atlantiks (Oslo-Paris Konvention)
PSM-ZulassungsVO	Pflanzenschutzmittelzulassungsverordnung
ROG	Raumordnungsgesetz
RROP	Regionale Raumordnungsprogramme
SOG	Gesetz zum Schutz der öffentlichen Sicherheit und Ordnung
SUP	Strategische Umweltprüfung
THW	Bundesanstalt Technisches Hilfswerk
TöB	Träger öffentlicher Belange
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
UIG	Umweltinformationsgesetz
UNB	Untere Naturschutzbehörden des Landes Niedersachsen
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
VAwS	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe
WaStrG	Bundeswasserstraßengesetz
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WSD	Wasser- und Schifffahrtsdirektion
WSV	Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes

Einleitung

Die Niedersächsische Landesregierung hat 2008 die Regierungskommission Klimaschutz mit dem Auftrag berufen, umfassende Empfehlungen sowohl für eine niedersächsische Klimaschutzstrategie als auch für eine niedersächsische Anpassungsstrategie zu erarbeiten. Mit diesem mehr als dreijährigen Beteiligungsprozess hat Niedersachsen für die Entwicklung seiner Klimapolitik einen eigenen Weg eingeschlagen, der in Deutschland in dieser Form bislang einmalig ist. Ziel der Einrichtung der Regierungskommission war es zum einen, der Forderung nach gesellschaftlicher Kooperation und Teilhabe gerecht zu werden, zum anderen, die unterschiedlichen Betroffenheiten gesellschaftlicher Akteure herauszufinden und das Wissen der Akteure über mögliche Lösungswege für eine effiziente, praxisorientierte und von einem breiten gesellschaftlichen Konsens getragene Klimaschutz- und Klimaanpassungspolitik zu nutzen.

Im März 2009 nahm die Regierungskommission ihre Arbeit zum Bereich Klimaanpassung auf, mit der Aufgabe, die Bedeutung des Klimawandels in einzelnen Handlungsfeldern mit Vertretern von Behörden, Wissenschaft, Verbänden und Unternehmen herauszuarbeiten, den politischen Handlungsbedarf des Landes einzuschätzen und Maßnahmen zur Klimaanpassung vorzuschlagen. Risiken und Chancen sowie neue Konfliktfelder sollten unvoreingenommen und ergebnisoffen identifiziert werden. Ein Schwerpunkt lag darin, die Rolle des Landes zu beschreiben, ein anderer, die Verantwortlichkeiten, Zuständigkeiten und Aufgaben des Landes zu benennen. Gleichwohl soll die Empfehlung für eine niedersächsische Klimaanpassungsstrategie auch nicht-staatlichen Akteuren und Kommunen als Information und Orientierung zur Anpassung an den Klimawandel dienen.

Eine besondere Kooperation bestand mit dem von der Landesregierung finanzierten Forschungsverbund KLIF „Klimafolgenforschung in Niedersachsen“, der unter anderem den Forschungsstand zur Klimaentwicklung in Niedersachsen beitrug (s. Kap. 4) und den Erarbeitungsprozess in allen Phasen begleitete.

Weitere Bausteine zur Erarbeitung der Empfehlung lieferten das Strategiepapier „Klimawandel – Herausforderung für Staat und Gesellschaft – Struktur für eine Anpassungsstrategie“ und die „Hanse-Thesen“. In den Hanse-Thesen beschreibt ein unabhängiges, interdisziplinär zusammengesetztes Wissenschaftsgremium aus Natur-, Ingenieur-, Wirtschafts-, Sozial- und Rechtswissenschaften gemeinsam mit Vertretern der Landesregierung Eckpunkte für eine aus wissenschaftlicher Perspektive wünschenswerte zukünftige niedersächsische Klimaanpassungspolitik. Auf diesen

Papieren aufbauend wurde von der Regierungskommission Klimaschutz die vorliegende Empfehlung erarbeitet.

In einem ersten Schritt wurde für die einzelnen Handlungsfelder eine umfassende Abschätzung im Hinblick auf Art und Ausmaß des zu erwartenden Klimawandels in Niedersachsen vorgenommen. Die Regierungskommission griff dabei auf die neuesten Erkenntnisse der norddeutschen Klimafolgenforschung zurück. Dieser Schritt beinhaltete weiterhin eine Analyse des Themenspektrums der Anpassungsstrategien der Europäischen Union, Deutschlands und weiterer ausgewählter Bundesländer.

Zu berücksichtigen ist, dass das Klima in Niedersachsen eine starke regionale Differenzierung aufweist. Entlang der Küsten wird das Klima vor allem von Meer und Wind beeinflusst, nach Osten hin und ins Landesinnere wird es zunehmend kontinentaler. Die Klimaentwicklung bis zum Ende des Jahrhunderts ist regional entsprechend differenziert zu betrachten. Für viele Handlungsfelder – etwa zu den Auswirkungen des Klimawandels im Verkehr – liegen noch zu wenige Daten vor, um konkrete Aussagen für das gesamte Gebiet Niedersachsens treffen zu können. Kleinräumige Analysen lassen sich oft nicht auf andere Regionen Niedersachsens übertragen, großräumige Untersuchungen etwa des Bundesgebiets nicht zwangsläufig auf Niedersachsen beziehen.

In einem zweiten Schritt wurden Handlungsziele und soweit möglich, Handlungsempfehlungen für das Land Niedersachsen diskutiert und formuliert. Die Diskussion der Regierungskommission über Risiken und Chancen des Klimawandels konnte mögliche Lösungswege für die niedersächsische Anpassungspolitik frühzeitig aufzeigen. Die vorliegende Empfehlung für eine Klimaanpassungsstrategie des Landes wurde von der Regierungskommission einvernehmlich beschlossen.

Die gemeinsame Arbeit sowohl der Regierungskommission als auch der beteiligten Experten trug neben der wichtigen inhaltlichen Verständigung und dem Austausch über Klimawandel und Klimafolgen auch zur Vernetzung relevanter Anpassungsakteure bei. Auch die personelle Einbindung der wichtigsten Klimafolgen-Forschungsverbünde in Niedersachsen förderte wichtige Lernprozesse zwischen den Akteuren.

Mit der Vorlage der Empfehlung für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels ist der zweite Teil der Arbeit der Regierungskommission vollendet.

TEIL A

1. Rahmenbedingungen

Herausforderung Klimawandel

Das Klima auf der Erde verändert sich. Die steigende Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre und die großräumigen Landnutzungsänderungen führen dazu, dass sich die Erde erwärmt. Sowohl Risiken als auch Chancen des Klimawandels sind jedoch auf der Erde ganz unterschiedlich verteilt.

Dafür gibt es mehrere Gründe: Die globale Erwärmung wirkt sich unterschiedlich in den verschiedenen Klimazonen aus. Klimavariablen wie die Temperatur oder der Niederschlag entwickeln sich uneinheitlich. Die Temperatur in der Arktis oder in den Alpen steigt zum Beispiel stärker als im globalen Mittel. Weiterhin sind Regionen wie tief liegende Küstengebiete oder Gebiete, die bereits heute unter einem Mangel an Süßwasser leiden, anfälliger als andere. Und nicht zuletzt haben die vom Klimawandel betroffenen Staaten und Kommunen unterschiedliche Fähigkeiten und Ressourcen, um sich an die veränderten Bedingungen anzupassen.

In den letzten Jahren hat sich das Wissen um mögliche Folgen des Klimawandels durch zahlreiche Untersuchungen ständig verbessert. Dabei stehen für Deutschland und Niedersachsen vor allem wachsende Hitzebelastungen, Zunahme von Extremwetterereignissen und der Anstieg des Meeresspiegels im Fokus. Im Forschungsverbund KLIF „Klimafolgenforschung in Niedersachsen“ wurde für Niedersachsen zum Ende des Jahrhunderts (2071-2100) im Vergleich zur Referenzperiode 1971-2000 eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um ca. 2,5 Grad projiziert, wobei der Anstieg im Winter mit etwa 3 Grad am höchsten ausfällt. Mit der höheren Temperatur kann auch die Länge der Vegetationsperiode zunehmen: bis um circa 60 Tage bis zum Ende des Jahrhunderts; entsprechend kann sich die Anzahl der Frosttage um circa zwei Drittel verringern. Die Klimaforscher erwarten, dass die Niederschläge zum Ende des Jahrhunderts im Winter, Frühling und Herbst zunehmen können, für den Sommer wird eine Abnahme um rund 10 Prozent in Niedersachsen projiziert. Die Anzahl der Starkniederschlagstage kann sich nach den Berechnungen deutlich erhöhen, insbesondere im Herbst. Die mittlere Dauer von Wärmeperioden könnte im Sommer um 50 Prozent zunehmen.

Die projizierten Änderungen der Klimavariablen werfen für die Menschen, die in Niedersachsen leben, arbeiten und wirtschaften, konkrete Fragen auf: Wie ist der Hochwasser- und Küstenschutz angesichts höher auflaufender Sturmfluten und der Zunahme von Starkniederschlägen zu bewerten? Welche Wirtschaftssektoren sind besonders betroffen? Welchen Einfluss hat der Klimawandel auf die Energie- und Wasserversorgung oder die

Tier- und Pflanzenwelt der vielfältigen niedersächsischen Ökosysteme, etwa auf das Weltnaturerbe Wattenmeer oder den Nationalpark Harz? Wo entstehen oder verschärfen sich Konflikte um Wasserressourcen und wo ist mit der Verschlechterung von Böden zu rechnen? Welche Baumarten können sich an die veränderten Klimabedingungen besser anpassen? Wie viel Grundwasser steht der Landwirtschaft zukünftig zur Beregnung, zum Beispiel im bereits heute niederschlagsarmen Osten Niedersachsens zur Verfügung? Und nicht zuletzt: Wie wirkt sich der Klimawandel auf die menschliche Gesundheit aus angesichts zunehmender Extremwetter, stärkerer Hitze oder der möglichen Ausbreitung von Infektionskrankheiten? Mit diesen Fragen beschäftigt sich die Klimafolgenforschung. Das Wissen über die Folgen des Klimawandels weist in vielen Sektoren jedoch noch große Lücken auf. Die Verbesserung des Wissens über den Klimawandel und mögliche Anpassungsoptionen ist deshalb eine wichtige Bedingung für eine erfolgreiche Anpassungspolitik.

Fest steht, dass sich der Wandel des Klimas aufgrund der Trägheit des Klimasystems nur noch abmildern, aber nicht mehr aufhalten lässt. Auch ist fraglich, ob das 2-Grad-Ziel, dass sich die internationale Klimapolitik gesetzt hat, erreicht werden kann. Die Treibhausgasemissionen steigen im weltweiten Mittel weiter an. Bei den derzeitigen Emissionen (Stand 2008) wäre mit einer Wahrscheinlichkeit von zwei Dritteln bereits in 25 Jahren ein Emissionsbudget erreicht, dass zu einer globalen Erwärmung von 2 Grad führen kann. (WBGU 2009: 2) Die Regierungskommission hält es für notwendig, in Niedersachsen neben einer Klimaschutz- auch eine aktive Klimaanpassungspolitik zu betreiben.

Internationale und nationale Klimaanpassungspolitik

Die Mitgliedstaaten der Europäischen Union wie auch der Vereinten Nationen haben sich zum Ziel gesetzt, die Erderwärmung auf 2 Grad Celsius zu begrenzen, um gefährliche anthropogene Störungen des Klimasystems zu verhindern. Maßnahmen zum Klimaschutz sind deshalb von besonderer Bedeutung.

Auch Niedersachsen steht in der Verantwortung, zielstrebig und wirksam Klimaschutz zu betreiben. Die Regierungskommission Klimaschutz hat im Auftrag der Landesregierung zum Jahresbeginn 2012 eine umfangreiche Empfehlung für eine niedersächsische Klimaschutzstrategie vorgelegt, um bestehende Aktivitäten zu verstärken oder auszubauen.

Bereits in dem Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UN-

Klimarahmenkonvention) aus dem Jahr 1992 wird neben dem Schutz des Klimas auch die Bedeutung der Anpassung an den Klimawandel betont. In dem Übereinkommen verpflichten sich die Vertragsparteien, nationale und gegebenenfalls regionale Programme zu erarbeiten. Aktivitäten zur Anpassung wurden auf internationaler, europäischer, nationaler und kommunaler Ebene in den letzten Jahren intensiviert: Die EU veröffentlichte 2009 das Weißbuch „Anpassung an den Klimawandel: Ein europäischer Aktionsrahmen“. Auf UN-Ebene hat die internationale Staatengemeinschaft 2010 mit dem „Cancún Adaptation Framework“ die Behandlung des Themas international gestärkt.

Die Bundesregierung legte 2008 mit der „Deutschen Anpassungsstrategie“ einen Grundstein für einen „mittelfristigen Prozess, in dem schrittweise mit den Ländern und den gesellschaftlichen Gruppen die Risiken identifiziert, der mögliche Handlungsbedarf benannt, die entsprechenden Ziele definiert sowie mögliche Anpassungsmaßnahmen entwickelt und umgesetzt werden.“ Als Ziele nennt die „Deutsche Anpassungsstrategie“ die „Verminderung der Verletzlichkeit bzw. den Erhalt und die Steigerung der Anpassungsfähigkeit natürlicher, gesellschaftlicher und ökonomischer Systeme an die unvermeidlichen Auswirkungen des globalen Klimawandels“. Der Aktionsplan Anpassung der Bundesregierung (2011) unterlegt die in der Deutschen Anpassungsstrategie genannten Ziele und Handlungsoptionen mit spezifischen Aktivitäten des Bundes und legt Verknüpfungen mit anderen nationalen Strategien offen.

Die Entwicklung des Aktionsplans erfolgte in Abstimmung und Konsultation mit den Bundesländern. Der Aktionsplan Anpassung der Bundesregierung hat deutlich gemacht, dass die Bundesländer für die Klimaanpassung eine große Verantwortung tragen.

2. Aufgaben einer Klimaanpassungsstrategie des Landes

Verantwortungsübernahme und Zuständigkeiten

Die Anpassung an die Folgen des Klimawandels ist eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung und Aufgabe, die eine Vielzahl von Akteuren betrifft – nicht nur Regierungen und Verwaltungen. Es ist bedeutsam, dass die verschiedenen Akteure aktiv Verantwortung für die Herausforderungen des Klimawandels übernehmen. Weiterhin müssen Zuständigkeiten geklärt und benannt werden. Viele Zuständigkeiten in der Klimaanpassungspolitik obliegen den Bundesländern, dazu gehört auch der Vollzug von Bundesgesetzen.

Um nicht-staatliche Akteure stärker in politische Prozesse einzubinden, wurden in den letzten Jahren – etwa unter dem Stichwort Governance – neue Formen der Politikgestaltung diskutiert und eingeführt. Dabei handelt es sich um neue Formen koordinierten kollektiven Handels, die unter anderem das hierarchische Verhältnis zwischen Staat und den Adressaten von Politik nivellieren und auf diese Weise dazu beitragen, gemeinsam neue Probleme wie die Anpassung an den Klimawandel auf die politische Agenda zu bringen und nach Lösungswegen zu suchen. Hierzu zählt auch die Regierungskommission Klimaschutz der Niedersächsischen Landesregierung.

Die Rolle des Staates und der Kommunen

Zwischen Zuständigkeiten der öffentlichen Hand und Eigenverantwortung privater Akteure gibt es einen großen Übergangsbereich. Das Land kann je nach Handlungsfeld und Problemlage unterschiedliche Rollen einnehmen – als Sensibilisierer für die Risiken des Klimawandels, als Impulsgeber der Forschung zu Themen des Klimawandels, der Klimafolgen und der Anpassungspolitik, als Verwalter von klimarelevanten Daten sowie Informationsgeber und Berater. Dort, wo das Land in seinen originären Aufgaben direkt betroffen ist, etwa beim Küsten- oder Hochwasserschutz, gilt es, den Klimawandel in die Aufgabenwahrnehmung zu integrieren. Sind das Interesse zur Eigenvorsorge oder die Anpassungsressourcen nicht-staatlicher Akteure als unzureichend einzuschätzen, kann das Land Anreize zur Anpassung setzen oder ordnungsrechtliche Vorgaben tätigen. Ein Beispiel des Zusammenwirkens von staatlicher und privatwirtschaftlicher Anpassung ist die Versicherung von klimabedingten Elementarschäden: Aufgabe des Staates ist es, das Risikopotenzial von Naturgefahren zu reduzieren. Trotzdem bleibt ein Risiko bestehen. Die auf die Einschätzung und Absicherung von Risiken spezialisierte private Versicherungswirtschaft verteilt das Risiko von Elementarschäden auf viele Schultern und stärkt gleichzeitig bei den pri-

vaten Versicherungsnehmern die Übernahme von Eigenverantwortung. Dies beinhaltet auch die individuelle Risikovorsorge durch Schadenverhütungsmaßnahmen. Zudem setzt die Versicherungswirtschaft durch die risikogerechte Bepreisung Anreize zum klimabewussten Handeln. Auf der Grundlage eines Beschlusses der Regierungskommission hat das Land Niedersachsen deshalb, gemeinsam mit der niedersächsischen Versicherungswirtschaft zum Jahresbeginn 2012 eine Informationskampagne zur Versicherung von Elementarschäden gestartet (s. Kap. 5.19). Eine besondere Rolle bei der Klimaanpassung nehmen das Land und die Kommunen ein. Viele Maßnahmen der Klimaanpassung und Risikovermeidung (z. B. durch die Ausweisung von Bebauungsgebieten) liegen im Verantwortungsbereich der Gebietskörperschaften oder werden dort umgesetzt.

Handeln unter Unsicherheiten

Entscheidungen über Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel sind Entscheidungen unter Unsicherheit, da wir die regionale und zeitliche Verteilung der Klimaänderungen, deren Intensität sowie die damit verbundenen Auswirkungen auf ökologische, ökonomische und soziale Systeme nicht genau kennen.

Bei der regionalen gibt es ebenso wie bei der globalen Klimamodellierung mehrere Quellen von Unsicherheiten: Da wir die zukünftige politische und wirtschaftliche Entwicklung nicht vorhersagen können, wissen wir auch nicht genau, wie hoch der Ausstoß von Treibhausgasen in den nächsten Jahrzehnten sein wird. Um eine mögliche Bandbreite zukünftiger Entwicklungen abbilden zu können, wurden vom Zwischenstaatlichen Ausschuss für Klimaänderungen (IPCC) Emissionsszenarien erarbeitet.

Unsicherheiten entstehen außerdem durch das unvollständige Wissen über Prozesse im Klimasystem und die unzureichende Beschreibung kleinräumiger Prozesse, die in den Klimamodellen bisher nicht aufgelöst werden können. Sie können auch durch eine Modellvalidierung mit Beobachtungsdaten noch nicht vollständig erfasst werden, da es in zu vielen Gebieten an entsprechenden Daten mangelt. Zusätzlich fehlen für die hochkomplexen und hochaufgelösten Modellrechnungen die Rechnerkapazitäten.

Die Wissensgrundlage für regionalisierte Aussagen zu Klimaänderungen und deren Folgen wird durch Multimodellrechnungen (Ensembleanalysen) stetig weiter ausgebaut. Dabei werden Ergebnisse verschiedener Rechenläufe regionaler Klimamodelle miteinander kombiniert (s. Kap. 4 Klimaentwicklung). Die Auswertung solcher Ensembles erlaubt Aussagen zu den Bandbreiten der zu erwartenden

Änderungen von Klimaparametern. Durch die Verknüpfung der Ergebnisse solcher Ensembles mit verschiedenen Wirkungsmodellen (z. B. verschiedenen Wasserhaushaltsmodellen) lassen sich auch die Spannbreiten der möglichen Folgen der Klimaänderungen besser abschätzen.

Letzten Endes ist die Politik jedoch gezwungen, mit einem gewissen Grad an Unsicherheit umzugehen und zu handeln. Helfen kann dabei der No-regret-Ansatz, ein am Vorsorgegrundsatz orientierter pragmatischer Ansatz, der an bereits erkannten klima- bzw. extremwetterrelevanten Schwachstellen in Systemen ansetzt und auf der Annahme bestimmter Szenarien beruht. Die hieraus abgeleiteten Maßnahmen sind in vielen Fällen sogenannte „Maßnahmen ohne Reue“ („No-regret-Maßnahmen“), d. h. die Maßnahmen haben auch dann einen Nutzen, wenn sich Klimaänderungen schwächer auswirken als angenommen. Diese Herangehensweisen erfordern eine Begründung der ausgewählten Anpassungsmaßnahmen unter Nennung der genutzten wissenschaftlichen Grundlagen und Annahmen, sowie die Beachtung knapper volkswirtschaftlicher Ressourcen. Zur Erreichung der anzustrebenden Ziele sind drei Arten von Wissen notwendig (s. Kap. 5.16): Systemwissen (Wissen über den Ist-Zustand und Klima(folgen)szenarien); Zielwissen (Wissen über den Sollzustand); Transformationswissen (Wissen über die Gestaltung des Übergangs, vom Ist- zum Sollzustand).

Klimaanpassung ist ein dynamischer Prozess, der offen und flexibel gestaltet erfolgen muss, um neue wissenschaftliche Erkenntnisse aus der Klimaforschung sowie neue gesellschaftliche Entwicklungen aufnehmen zu können. Die Anpassungsstrategie muss deshalb fortgeschrieben und erweitert und falls nötig korrigiert werden. Die Mitglieder der Regierungskommission werden die gesellschaftliche Diskussion zu diesem Thema fortführen.

Priorisierung von Maßnahmen

Die Priorisierung von Maßnahmen setzt eine Priorisierung von Klimarisiken und -folgen voraus. Diese erfordert eine sektor- und handlungsfeldübergreifende, einheitliche Bewertung der Risiken auf Basis einer integrierten Vulnerabilitätsanalyse, inklusive Abschätzung der sektoral und regional unterschiedlichen Anpassungskapazitäten. Eine derartige Analyse liegt für Niedersachsen derzeit aufgrund methodischer Bewertungsprobleme nicht vor. Ein zweiter notwendiger Schritt einer Priorisierung wäre eine Kosten-Nutzen-Analyse möglicher Anpassungsmaßnahmen. Quantifizierte Angaben zu erwarteten Wirkungen des Klimawandels und der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen, die als Grundlage für Kosten-Nutzen-Analysen

dienen könnten, liegen bisher auch nur vereinzelt und unvollständig vor. Kosten-Nutzen-Analysen sind zudem noch mit erheblichen methodischen Problemen behaftet. Die ökonomische Klimaanpassungsforschung steht hier noch am Anfang. Die Priorisierung von Maßnahmen zeigt zudem die Grenzen der Wissenschaft auf. Priorisierungen lassen sich nicht allein anhand wissenschaftlicher und ökonomischer Kriterien aufstellen. Sie erfordern eine politische Diskussion und Bewertung. Aus diesen Gründen wird auf eine Priorisierung der vorgeschlagenen Maßnahmen zunächst verzichtet. Die Rolle der Kommission beschränkt sich hier auf eine Unterstützung von Prozessen politischer Willensbildung.

3. Aufbau und Methodik der Empfehlung für eine niedersächsische Klimaanpassungsstrategie

Kapitel 1 bis 3 spannen den Bogen von den politischen Rahmenbedingungen über die Aufgaben des Landes bis zum Vorgehen der Regierungskommission bei der Erarbeitung der vorliegenden Empfehlung. Das Kapitel 4 enthält eine ausführliche Darstellung der Klimaentwicklung in Niedersachsen. Analysiert werden die Änderungen von Temperatur, Niederschlag, Extremwetterereignissen und Windgeschwindigkeit für die Perioden 2021-2050 und 2071-2100 im Vergleich zur Referenzperiode 1971-2000. Überdies werden die hier verwendeten Klimamodelle und regionale Klimaprojektionen beschrieben sowie Unsicherheiten der regionalen Klimamodellierung systematisch dargelegt.

Das Kapitel 4 bildet die klimatologische Grundlage für die folgende Betrachtung der Klimafolgen in verschiedenen Handlungsfeldern (Kap. 5). In den Handlungsfeldern wurden zusätzliche fachspezifische Untersuchungen herangezogen. Die Ausarbeitung von 14 sektoralen und 5 sektorübergreifenden Handlungsfeldern stellt den Kern der Empfehlung dar und ist in den sektoralen Handlungsfeldern nach einem einheitlichen Schema beschrieben. Zuerst werden die Auswirkungen detailliert betrachtet, anschließend übergreifende Handlungsziele der Klimaanpassung in diesem Handlungsfeld skizziert und schließlich konkrete Maßnahmenempfehlungen benannt. In einigen Handlungsfeldern war es notwendig, kurze Sektorbeschreibungen voranzustellen, um die folgenden Ausführungen und Maßnahmenempfehlungen nachvollziehbar zu machen und einen Zusammenhang herzustellen.

Das letzte Kapitel (Kap. 6) fasst allgemeine Empfehlungen einer Klimaanpassungspolitik des Landes zusammen und schließt mit einem Ausblick zur weiteren Anpassungspolitik in Niedersachsen. In Ergänzung zu ihrer Empfehlung für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels verweist die Kommission auf die anliegende Maßnahmenübersicht (Anhang I).

In der Übersicht werden Maßnahmenoptionen für die betrachteten Handlungsfelder systematisiert und präzisiert. Die Anpassungsmaßnahmen sind immer in Abhängigkeit von oftmals stark variierenden regionalen und situativen Bedingungen zu sehen. Die Kommission hält diese Maßnahmenübersicht aber für eine wichtige Grundlage für die vielfältigen örtlichen Entscheidungsfindungsprozesse im Land, die durch die Anpassungsstrategie begonnen oder aber weiter stimuliert werden sollen.

Im Anhang II, III und IV der Empfehlung für eine niedersächsische Strategie für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels finden sich weitere detaillierte Klimadaten sowie Darstellungen zu den Auswirkungen des Klimawandels und klimabezogenen Projekten im Sektor Landwirtschaft.

4. Klimaentwicklung und Klimaszenarien¹

4.1 Zusammenfassung

Gegenwärtiges Klima

Das Klima in Niedersachsen wird in den Küstengebieten vor allem von Wind und Meer geprägt, während es im Landesinneren zunehmend kontinentaler wird. Für die Beschreibung des gegenwärtigen Klimas in Niedersachsen werden Beobachtungsdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) der Lufttemperatur in 2 Metern Höhe und des Niederschlages für die Jahre 1971-2000 herangezogen. Die Gebirgsregion des Harzes unterscheidet sich wegen der Höhenlage klimatisch wesentlich von den Tieflagen, die das Hauptgebiet Niedersachsens bilden. Sie ist deutlich kühler und feuchter als der Großteil des Landes und muss deshalb gesondert betrachtet werden.

Der Jahresmittelwert der Lufttemperatur in Niedersachsen beträgt zwischen 8 und 9,5 Grad Celsius. Die Mitteltemperaturen der Jahreszeiten zeigen jedoch deutliche räumliche Muster. So liegt die Mitteltemperatur im Winter an der westlichen Grenze zu den Niederlanden zwischen 2,5 und 3 Grad, während sie bis zur Ostgrenze zu Sachsen-Anhalt um ca. 1 bis 2 Grad abnimmt. In den Sommermonaten ist ein leichter Anstieg in Nord-Südrichtung festzustellen, mit ca. 15,5 bis 16 Grad in Ostfriesland bis ca. 17 Grad in der geographischen Breite von Hannover. Weiter nach Süden fällt die Mitteltemperatur im Sommer wegen der zunehmenden Höhenlage wieder leicht ab. Sommerliche Wärmeperioden mit Maximaltemperaturen über 25 Grad sind an der Ostgrenze im Jahresmittel bis zu 9 Tage lang, während an den Küsten kaum längere Wärmeperioden auftreten. Die Vegetationsperiode dauert im größten Teil Niedersachsens zwischen 240 und 280 Tagen, an der südwestlichen Grenze von Niedersachsen ist sie etwas länger. Die meisten Frosttage – im Mittel bis über 80 pro Jahr – treten in den Mittelgebirgen im Süden, und in den östlichen Tieflagen entlang der Elbe auf, bis zu 8 davon sind Spätfröste nach dem 1. April. Die geringste Anzahl an Frosttagen (50-60) treten an der ostfriesischen Küste auf. Spätfröste sind hier sehr selten.

Die mittleren Windgeschwindigkeiten zeigen ebenfalls ein deutliches räumliches Muster, mit einem Nord-Süd-Gradienten von 5 bis 6 m/s an der Küste, bis zu 1 bis 2 m/s in Südniedersachsen. In der Harzregion sind die Geschwindigkeiten wegen der Höhenlage deutlich höher, teilweise liegen sie über 7 m/s.

Der Jahresniederschlag zeigt ein West-Ost-Gefälle mit 70 bis 80 Millimeter pro Monat an der West- und ca. 50 Millimeter pro Monat an der Ostgrenze. Die meisten Niederschläge fallen im Sommer mit ca. 70 bis 80 Millimeter pro Monat und sind relativ gleichmäßig über Niedersachsen verteilt, die geringsten fallen im größten Teil des Landes im Frühjahr mit weniger als 70 Millimeter pro Monat. Im Sommer sind im Durchschnitt jährlich ein bis zwei Starkniederschlagstage mit mehr als 20 Millimeter zu erwarten, im Herbst nimmt deren Anzahl nach Osten hin ab. Nur in jedem zweiten bis dritten Winter ist mit einem Starkniederschlagstag zu rechnen, das gilt auch für das Frühjahr. Eine ähnliche jahreszeitliche Verteilung zeigt die größte 5-tägige Niederschlagssumme innerhalb einer Jahreszeit. Sie erreicht ein Maximum im Herbst an den Küsten mit ca. 55 Millimeter, während sie im Osten im Winter, Frühjahr und Herbst im Mittel nur ca. 35 Millimeter beträgt. Die längsten Trockenperioden im Sommerhalbjahr zwischen April und September dauern in weiten Teilen Niedersachsens im Jahresmittel 16 bis 17 Tage.

Die oben beschriebenen Mittelwerte und räumlichen und saisonalen Verteilungen haben sich bereits während der letzten 120 Jahre geändert. Nach Angaben des DWD wurde in Niedersachsen im Zeitraum von 1881 bis 2009 eine Erhöhung der Jahresdurchschnittstemperatur um 1,2 Grad beobachtet. Die Summe des Jahresniederschlags hat sich in diesem Zeitraum um ca. 15 Prozent erhöht, wobei die Änderung im Winter mit ca. 30 Prozent am stärksten ist. Im Sommer dagegen hat sie sich kaum verändert. Die Temperaturänderung zwischen 1951-2005 sind nach Haberlandt et al. (2010b) etwas stärker: Demnach gab es eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur im Mittel über ganz Niedersachsen um 1,3 Grad. Außerdem wurde eine Abnahme der Anzahl der Frosttage im Jahr um 23 Tage festgestellt. Für die Niederschläge wurde eine statistisch signifikante Erhöhung im Winter, Frühjahr und Herbst und eine Abnahme im Sommer gefunden, darüber hinaus eine Zunahme der Trockenheitsdauer im Sommer und eine Abnahme im Herbst, sowie eine Zunahme der Anzahl der Starkniederschlagstage im Winter. Chmielewski et al. (2007b) wiesen einen Trend zu einem früheren Beginn und einer längeren Dauer der Vegetationsperiode in Deutschland nach.

Die mittlere Windgeschwindigkeit hat sich nicht geändert. Die Auffassungen über den Einfluss des Klimawandels auf die Anzahl der Stürme sind noch kontrovers: Einerseits hat sich die Anzahl der Stürme tatsächlich erhöht, andererseits zeigen Forschungsergebnisse, dass diese Erhöhung noch im Bereich der natürlichen Variabilität liegt.

¹ Beteiligte Institutionen: Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg, Climate Service Center des Helmholtz-Zentrums Geesthacht, Büsgen-Institut, Universität Göttingen, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau der Leibniz Universität Hannover, Leuphana Universität Lüneburg.

Klimaprojektionen in Niedersachsen bis 2100

Aussagen über zukünftige Klimaänderungen in Niedersachsen bis 2100 wurden aus insgesamt 13 Klimasimulationen der regionalen Klimamodelle REMO und CLM abgeleitet. Die Verwendung mehrerer Klimasimulationen (sog. Ensemble-Ansatz) ermöglicht Aussagen über noch bestehende Unsicherheit bei den Resultaten der Klimasimulationen. Wenn der überwiegende Teil aller Simulationen des Ensembles eine Klimaänderung (z.B. für die Temperatur oder die Monatsniederschlagssummen) in dieselbe Richtung projiziert, wird das Klimaänderungssignal als robust bezeichnet, andernfalls gilt es als unsicher. Zudem wird so die Bandbreite des Simulationsensembles ermittelt. Als Rahmenbedingungen für die Klimaprojektionen wurden Emissionsszenarien des IPCC herangezogen. Die Klimasimulationen wurden für die Perioden 2021-2050 und 2071-2100 ausgewertet. Als Klimaänderungssignale werden die Differenzen der Zukunftsperioden zu der Referenzperiode 1971-2000 bezeichnet.²

Für die Periode 2021-2050 wird für das Szenario A1B von REMO und CLM eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur von ca. 1 Grad projiziert. Die Erhöhung ist im Winter am höchsten und im Frühjahr am geringsten. Für 2071-2100 steigt das Änderungssignal der Jahresmitteltemperaturen auf ca. 2,5 Grad an, wobei es im Winter mit über 3 Grad am höchsten und im Frühjahr mit ca. 2 Grad am geringsten ausfällt. Mit der Temperaturerhöhung geht eine Zunahme der Länge der Vegetationsperiode um ca. 23 Tage bis 2021-2050 und ca. 60 Tage bis 2071-2100 einher, sowie eine Abnahme in der Anzahl der Frosttage um ca. ein Drittel bis 2021-2050 und um ca. zwei Drittel bis 2071-2100. Spätfroste nach dem 1. April können in der Periode 2021-2050 durchaus noch auftreten, während sie bis 2100 fast völlig verschwunden sein könnten. Ob die mittlere Dauer von Wärmeperioden bis 2021-2050 zunehmen wird, ist unsicher, für 2071-2100 wird jedoch eine Zunahme um ca. 50 Prozent projiziert.

Die projizierten Niederschläge erhöhen sich bis 2021-2050 im Jahresmittel um ca. 7 Prozent, wahrscheinlich verteilt über alle Jahreszeiten. Bis 2071-2100 bleibt das Änderungssignal der Jahresniederschlagssummen ähnlich, jedoch gibt es für diese Periode starke jahreszeitliche Unterschiede: Eine Zunahme der Niederschlagssummen wird für Winter, Frühjahr und Herbst projiziert, für den Sommer dagegen eher eine Abnahme um ca.

10 Prozent. Das statistische Modell WETTREG 2006 projiziert für den Winter für beide Perioden eine deutlich größere Niederschlagserhöhung. Mit den steigenden Temperaturen werden die Winterniederschläge zukünftig hauptsächlich als Regen fallen. Die Klimamodelle projizieren bis 2021-2050 eine Abnahme der Schneefallmenge um ca. 30 Prozent und bis 2071-2100 um ca. 50 Prozent. Eine Zunahme in der Häufigkeit der Starkniederschlagstage wird bis 2021-2050 vor allem für den Herbst projiziert (Zunahme um ca. 35 Prozent), und bis 2071-2100 für die Jahreszeiten Herbst (bis ca. 75 Prozent), Winter, und Frühjahr (jeweils um ca. 40 bis 50 Prozent). Für den Sommer ist keine deutliche Zunahme der Starkniederschlagstage zu erwarten. Auch für die größten 5-Tages-Niederschlagssummen wird vor allem im Herbst eine Zunahme um ca. 13 Prozent bis 2021-2050 und ca. 20 Prozent bis 2071-2100 projiziert, während in den übrigen Jahreszeiten eher eine moderate Erhöhung möglich ist. Für die mittlere Dauer der Trockenperioden werden keine Änderungen projiziert.

Für die mittlere Windgeschwindigkeit in 10 Meter Höhe werden leichte Änderungen projiziert, die sich jahreszeitlich unterscheiden: Für die Periode 2071-2100 wird im Winter eine Zunahme um ca. 5 Prozent ermittelt, während im Sommer eher eine leichte Abnahme zu erkennen ist. Die von den Klimamodellen projizierten Änderungen der Windgeschwindigkeit sind jedoch bisher noch mit großen Unsicherheiten behaftet. Dies gilt ebenso für Projektionen über Änderungen zur Anzahl der Stürme und für Extremwinde.

	2021-2050	2071-2100
Jahresmitteltemperatur	+ ca. 1°C	+ ca. 2,5°C
Länge der Vegetationsperiode	+ ca. 23 Tage	+ ca. 60 Tage
Frosttage	- ca. 31,5 %	- ca. 66 %
Spätfroste (nach 1. April)	- ca. 40 %	- ca. 90 %
Dauer von Wärmeperioden	unsicher	+ ca. 50 %
Schneefall	- ca. 30 %	- ca. 50 %
Niederschläge	+ 7 % im Jahresmittel, Zunahme in allen Jahreszeiten	Winter + ca. 18,5 % Frühjahr + ca. 11 % Sommer - 10 % Herbst + ca. 16,5 %
Häufigkeit Starkniederschläge	+ ca. 20 % (insb. im Herbst)	Winter, Frühjahr + ca. 40-50 % Sommer + ca. 8,5 % Herbst + ca. 75 %
Mittlere Windgeschwindigkeit	leichte Zunahme im Winter leichte Abnahme im Sommer (große Unsicherheiten)	leichte Zunahme im Winter leichte Abnahme im Sommer (große Unsicherheiten)

Tab. 1 Klimaänderungen in Niedersachsen, simuliert von den regionalen Klimamodellen REMO und CLM (Referenzperiode 1971-2000; Gebietsmittel für Niedersachsen – die Werte können regional stark abweichen; Bandbreiten der Klimaänderungssignale sind in den Abb. 15-20 angegeben; Datenquelle: KLIFF)

² Eine Berechnung der Klimaänderungssignale bis 2011-2040 bezogen auf 1961-1990 liefert tendenziell dieselben Resultate wie 2021-2050 bezogen auf 1971-2000.

4.2 Hintergrund

Im vierten Sachstandbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) wird zum ersten Mal offiziell festgestellt, dass die durch Menschen emittierten Treibhausgase (Kohlendioxid, Methan, Distickstoffoxid) einen signifikanten Beitrag zur beobachteten Klimaerwärmung leisten und diese sehr wahrscheinlich auch verursacht haben. Deshalb sind Klimaschutzmaßnahmen, zum Beispiel Emissionsminderungen, dringend erforderlich um den Klimawandel und drohende Klimafolgen abzumildern (Mitigation). Um ökologische und ökonomische Schäden als Folge der Klimaänderung zu reduzieren, müssen parallel zu den Emissionsminderungen jedoch auch adäquate, flexible Anpassungsstrategien (Adaptation) entwickelt werden (UNFCCC, 2010).

Um solche Anpassungsstrategien für Niedersachsen zu entwickeln, wurde vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur der Forschungsverbund KLIFF (Klimafolgenforschung in Niedersachsen³) initiiert und finanziert, der im Jahr 2009 anlief und für eine Dauer von 5 Jahren konzipiert ist. Ziel von KLIFF ist es, die notwendige Wissensbasis zu schaffen, um sinnvolle und realisierbare Anpassungsstrategien an den Klimawandel zu entwickeln und um Wege aufzuzeigen, diese umzusetzen. Dabei wird für ausgewählte, vom Klimawandel möglicherweise besonders betroffene Regionen Niedersachsens interdisziplinär an Lösungskonzepten gearbeitet. Dieses Kapitel liefert eine Zusammenfassung von Informationen über das Klima in Niedersachsen, die für die Entwicklung von Anpassungsstrategien an den Klimawandel wichtig sind. Dazu gehören sowohl Informationen über das Klima in den vergangenen Dekaden und über bereits stattfindende Klimaveränderungen, als auch über die durch Klimamodelle gewonnenen Erkenntnisse über zukünftig mögliche Klimaveränderungen, die unter den Annahmen der vom IPCC entwickelten Szenarien projiziert werden. Die im Folgenden zusammengetragenen Ergebnisse stützen sich im Wesentlichen auf das in dem Verbundprojekt KLIFF zusammengetragene und erarbeitete Wissen auf dem Stand von Oktober 2011, enthalten aber auch Ergebnisse aus anderen Projekten wie KliO, Klimzug Nord, GwNM und KFM.

Die Grundlage für Aussagen über das Referenzklima bilden Beobachtungsdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD), die KLIFF (Stand Oktober 2011) zur Verfügung standen. Aussagen über zukünftige Klimaänderungen stützen sich auf ein Ensemble aus regionalen Klimaprojektionen für Deutschland. Analysiert werden die Klimaperioden 2021-2050 als mittelfristiger und 2071-2100 als langfristiger Zukunftszeitraum. Im Bericht sind Ergebnisse der Modelle WETTREG, CLM und REMO dargestellt und wurden, wenn möglich, verglichen. Die Betrachtung unterschiedlicher Zeiträume und Klimaparameter in den verschiedenen Kapiteln wurde themenspezifisch ausgewählt, um den sektoralen Anforderungen gerecht zu werden. So wird zum Beispiel Trockenheit aus Sicht verschiedener Sektoren mit unterschiedlichen Indikatoren und Schwellenwerten definiert (s. z.B. Kap. 5.3 Landwirtschaft). In der Gesamttendenz ist eine Zunahme der Trockenheit im Sommer in Niedersachsen wahrscheinlich.

³ www.kliff-niedersachsen.de

4.3 Gegenwärtiges Klima

4.3.1 Räumliche Gliederung des Bundeslandes Niedersachsen

Ein schematischer Überblick über die naturräumliche Gliederung des Bundeslandes Niedersachsen ist in Abb. 1 dargestellt. Niedersachsen erstreckt sich von der Küstenregion mit den vorgelagerten ostfriesischen Inseln im Nordwesten bis zu den Hochlagen von Solling und Harz im Südosten. Die höchste Erhebung ist der Wurmberg im Harz mit 971 m ü. NN. Während das Klima entlang der Küsten vor allem von Meer und Wind beeinflusst wird, wird es nach Osten und ins Landesinnere zunehmend kontinentaler. Die wichtigsten Flüsse sind die Elbe, die im Nordosten größtenteils die Landesgrenze zu Schleswig-Holstein und Hamburg bildet, die Weser mit den beiden Zuflüssen Aller und Leine, die den Süden und das Landeszentrum dominieren, sowie die Ems nahe der östlichen Grenze zu den Niederlanden.

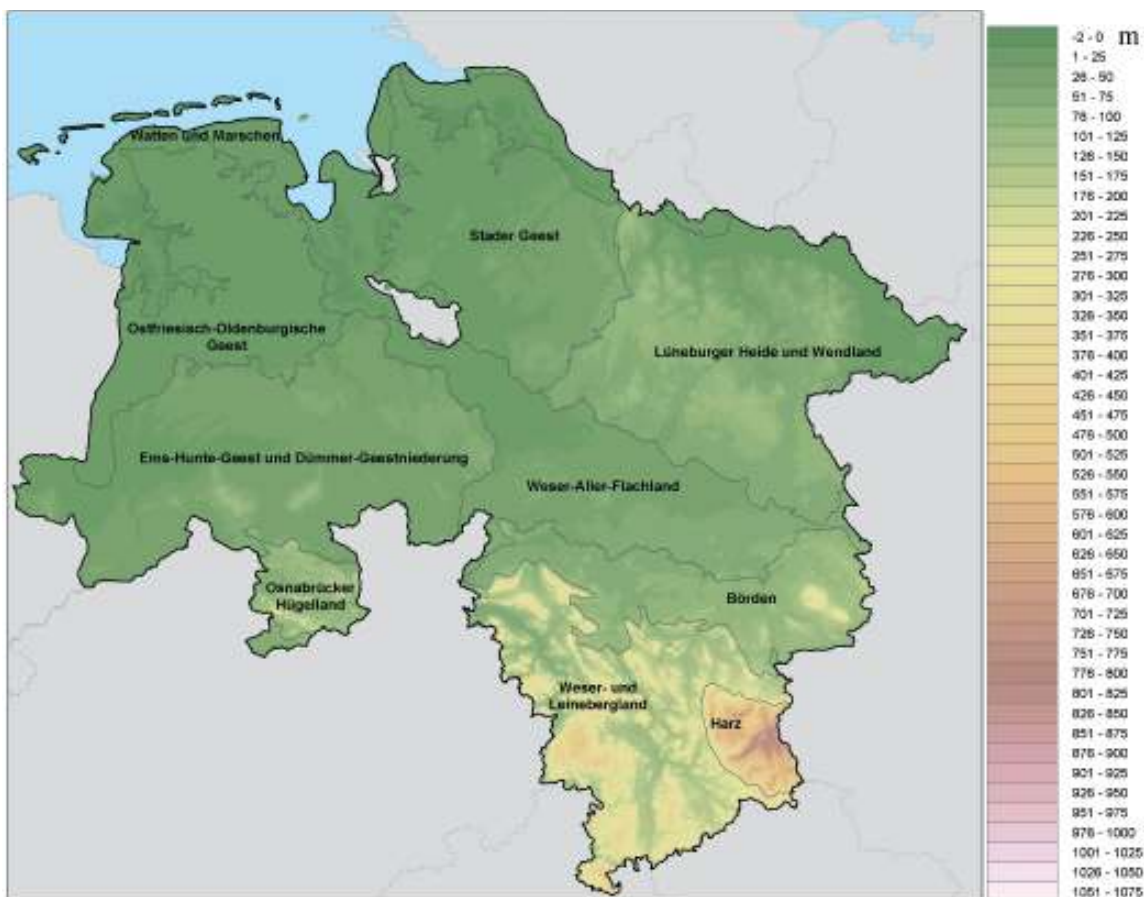


Abb. 1 Naturräumliche Gliederung nach dem niedersächsischen GEOSUM (GEOinformatiOnsSystemUMwelt)⁴ und Topographie LBEG (DGM5)⁵

⁴ Verfügbar im Internet unter www.umwelt.niedersachsen.de/service/umweltinformationssysteme/geosum/8016.html (Stand: April 2012).

⁵ Datengrundlage DGM5 der Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen (LGN), korrigiert und berechnet durch LBEG/scilands (Stand: 2009).

4.3.2 Mittelwerte von Temperatur, Niederschlag und Wind

Die räumliche Verteilung der Temperaturmittel für die Periode 1971-2000 wird in Abb. 2 gezeigt.⁶ Der Jahresmittelwert liegt einigermaßen gleichförmig verteilt zwischen 8 und 9,5 Grad Celsius, nur der Harz ist wegen der Höhenlage ganzjährig deutlich kühler. Im Winter ist eine Abnahme der Temperatur von Westen nach Osten zu beobachten, mit einem Temperaturmittel zwischen 2,5 und 3 Grad in der westlichen Küstenregion und der südwestlichen Grenzregion zu den Niederlanden bis zu 1 bis 1,5 Grad im Osten. In den Sommermonaten ist eine leichte Temperaturzunahme von Norden nach Süden zu beobachten, mit einem Mittelwert zwischen 15,5 und 16 Grad in Ostfriesland bis zu über 17 Grad in der Region Hannover, und einem erneuten Abfallen in den Höhenlagen im Süden. Diese räumlichen Verteilungen entsprechen auch den Temperaturverteilungen in Gesamtdeutschland (Panferov et al., 2009).

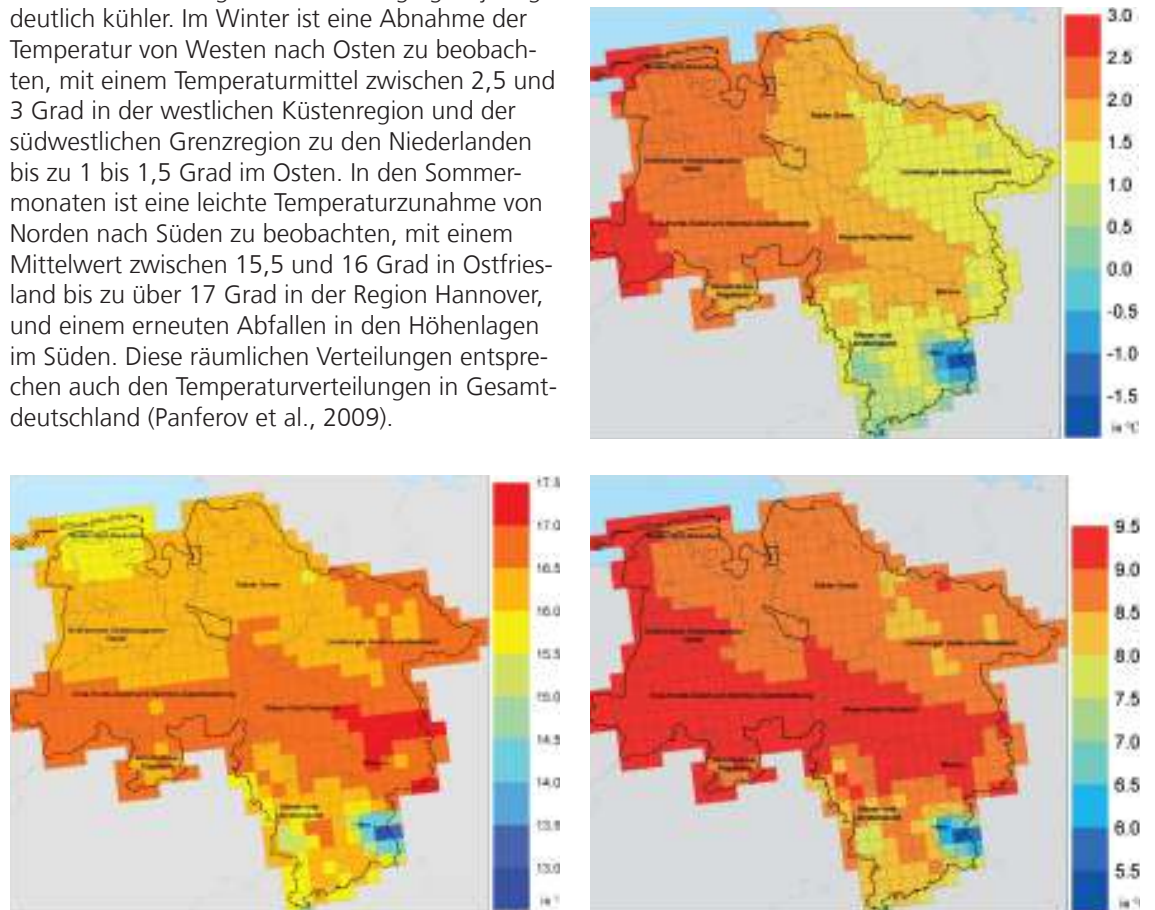


Abb. 2 Mitteltemperaturen der bodennahen Lufttemperatur in °C für 1971-2000. Oben: Wintermonate; unten links: Sommermonate, unten rechts: Jahresmittel. Man beachte die unterschiedlichen Farbskalen

⁶ Als Bezugsdatensatz für das gegenwärtige Klima steht KLIFF ein Beobachtungsdatensatz mit täglicher Auflösung zur Verfügung, der für den Zeitraum 1951 bis 2009 ausgehend von 771 Messstationen des DWD tägliche Niederschlagssummen und von 123 Klimastationen regionalisierte Tagesmittelwerte, sowie Tagesminima und Tagesmaxima der Lufttemperatur in 2 m Höhe für das Gesamtgebiet Niedersachsen liefert (Haberlandt et al., 2010a). Er liegt mit einer Auflösung von ca. 1x1 km vor. Die Anzahl der für die Regionalisierung verwendeten Stationen ist zeitlich nicht konstant, da nicht von allen Stationen lückenlose Daten für den gesamten Zeitraum vorliegen. Dieser Datensatz wurde auf das Gitter des regionalen Klimamodell REMO von ca. 10 km x 10 km horizontaler Auflösung aggregiert und dient in diesem und im folgenden Abschnitt als Grundlage für die Aussagen über Mittelwerte von Temperatur, Niederschlagssummen, sowie über einige Klimaindizes. Die folgenden Aussagen beziehen sich auf die Referenzperiode 1971 bis 2000.

Abb. 3 zeigt die räumliche Verteilung der mittleren monatlichen Niederschlagssummen. Auffällig ist wieder die Gebirgsregion des Harzes, die infolge orographischer Niederschläge (Steigungs- oder Stauniederschläge) bis zu 100 Prozent höhere Niederschläge aufweist, als die übrigen Gebiete. Der mittlere monatliche Jahresniederschlag zeigt ein West-Ost-Gefälle. Relativ hohe Niederschläge fallen an der Küste und im Westen des Landes mit zwischen 70 bis 80 Millimeter pro Monat, die geringsten an der südwestlichen Grenze zu Sachsen-Anhalt mit teils weniger als 50 Millimeter pro Monat. Eine ähnliche räumliche Verteilung ist in den Wintermonaten zu beobachten. Die im Flächenmittel höchsten Niederschläge fallen in den Sommermonaten. Im größten Teil des Landes fallen die geringsten Niederschläge im Frühjahr mit weniger als 70 Millimeter pro Monat.

Die Jahresgänge der Temperatur und des Niederschlags sind in Abb. 4 dargestellt. Es handelt sich um den Mittelwert der Gesamtfläche Niedersachsens. Der höchste Monatsmittelwert der Tagesmitteltemperaturen wird in den Monaten Juli und August mit ca. 17 Grad Celsius erreicht, der niedrigste im Januar mit 1 bis 2 Grad. Die Tageshöchstwerte variieren zwischen ca. 4 Grad im Januar und ca. 22 Grad im Juli und August, und die Tiefstwerte zwischen ca. -2 bis -1 Grad im Januar und ca. 12 Grad im Juli und August. Beim Niederschlag liegen die Höchstwerte im Juni und im Dezember mit 80 bis 85 Millimeter pro Monat, die Tiefstwerte im Februar mit ca. 50 Millimeter pro Monat.⁷

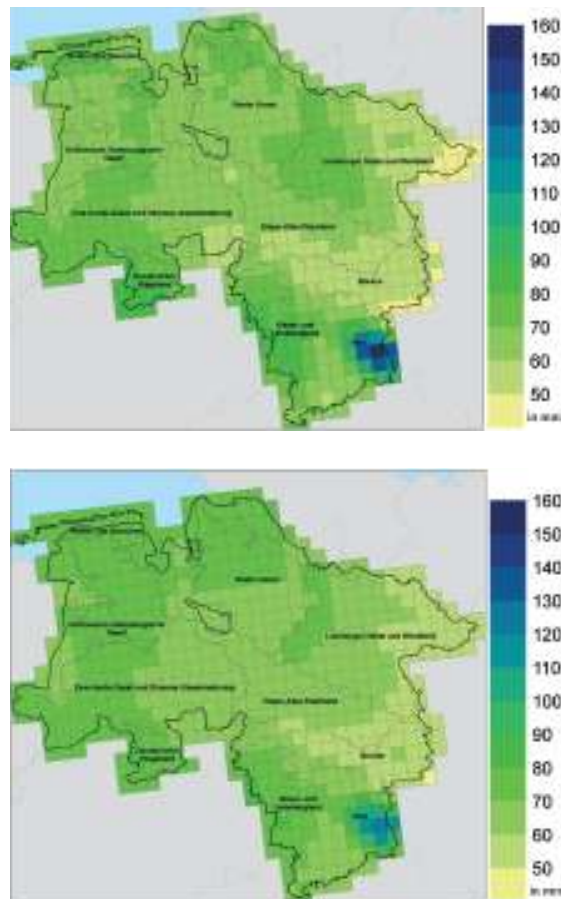


Abb. 3 Mittlere Monatssummen des Niederschlags in mm für 1971-2000. Oben: Wintermonate; unten links: Sommermonate; unten rechts: Jahresmittel

⁷ Da Niederschlagsbeobachtungsdaten im Allgemeinen mit einer größeren Unsicherheit behaftet sind, als Beobachtungsdaten der Lufttemperatur, wurde in Abb. 4 zum Vergleich neben dem Bezugsdatensatz von Haberlandt et al. (2010a) zusätzlich der auf einem Gitter mit einer Auflösung von ca. 1 km vorliegende REGNIE-Niederschlagsbeobachtungsdatensatz des DWD (interner Bericht im DWD, 2011) dargestellt, in den im Wesentlichen dieselben DWD-Stationsdaten eingingen. Während im Sommerhalbjahr zwischen April und September beide Datensätze kaum voneinander abweichen, ist REGNIE im Winter bis zu ca. 3 mm pro Monat trockener als der Bezugsdatensatz. Diese Abweichung ergibt sich vermutlich hauptsächlich durch abweichende Niederschlagskorrekturen (Niederschlagskorrektur nach Richter, 1995), die u. a. im Winter bei Schneefall und gemischten Niederschlägen eine höhere Unsicherheitsquelle darstellen als im Sommer.

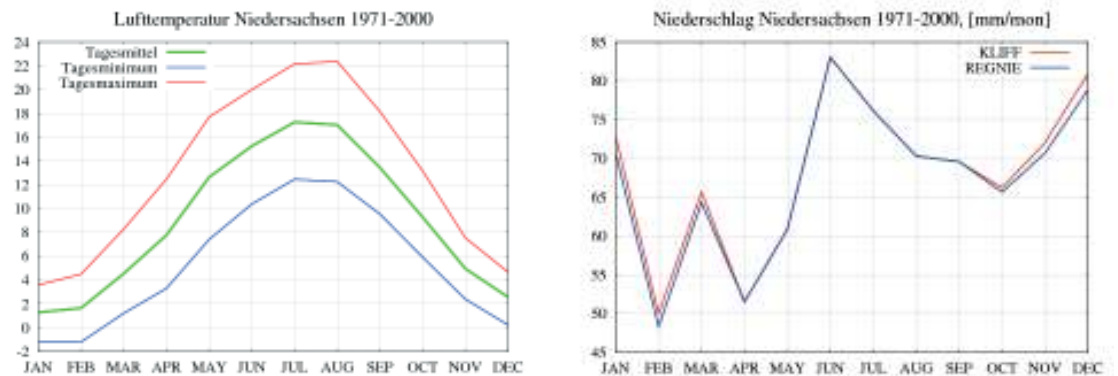


Abb. 4 Jahresgänge über das Gebietsmittel von Niedersachsen für 1971-2000. Links: Tagesmittel-, Tagesminimal- und Tagesmaximaltemperaturen [°C]. Rechts: Monatssummen des Niederschlags [mm] des Bezugsdatensatzes von Haberlandt et al. (2010a) („KLIPP“) und dem nach Richter (1995) korrigierten REGNIE-DWD Datensatz

Walter et al. (2006) haben DWD-Messungen der Windgeschwindigkeit auf 10 Meter Höhe für die Periode 1979-1993 auf ein 1x1-Kilometer-Gitter interpoliert und analysiert. Die zeitlichen Mittelwerte über diese Periode zeigten eine deutliche Nord-Süd-Abnahme der Windgeschwindigkeit von 5 bis 6 m/s an der Küste bis zu 1 bis 2 m/s in Südniedersachsen. In der Harzregion steigen die Geschwindigkeiten wegen der Höhenlage mit über 7 m/s erneut an.

4.3.3 Extremereignisse und Klimaindizes

Neben den Mittelwerten von Klimavariablen über einen langjährigen Zeitraum spielt auch deren Verteilung eine wichtige Rolle. Temperaturen und Niederschläge können kurzzeitig stark von den Mittelwerten abweichen (Extremereignisse). Um Aussagen über die Häufigkeit des Auftretens von Extremereignissen treffen zu können, werden aus den vorliegenden Beobachtungsdaten sog. Klimaindizes berechnet. Einige dieser Indizes wurden aus den oben beschriebenen täglichen Beobachtungsdaten von HABERLANDT ET AL. (2010a) für Mittel-, Minimal- und Maximaltemperaturen (Temperaturindizes) und Niederschlägen (Niederschlagsindizes) für Niedersachsen abgeleitet und in den Abb. 5 bis 8 dargestellt. Alle Indizes wurden über den Zeitraum 1971-2000 gemittelt.

Temperaturindizes:

- *Wärmeperiodendauer:* Es wird die maximale Anzahl an aufeinander folgenden Tagen im Jahr angegeben, an denen die Maximaltemperatur 25 Grad Celsius überschreitet.
- *Länge der thermischen Vegetationsperiode:* Angegeben wird die Anzahl an Tagen im Jahr zwischen dem ersten Auftreten von mindes-

tens 6 aufeinanderfolgenden Tagen, an der die Tagesmitteltemperatur 5 Grad überschreitet (Beginn der Vegetationsperiode), und dem ersten Auftreten von mindestens 6 aufeinanderfolgenden Tagen der zweiten Jahreshälfte, an denen die Tagesmitteltemperatur 5 Grad unterschreitet (Ende der Vegetationsperiode).

- *Frosttage und Spätfröste:* Die Anzahl der Frosttage ist die Anzahl der Tage im Jahr, an denen die Tagesminimaltemperatur den Gefrierpunkt unterschreitet. Frosttage, die ab dem 1. April oder später auftreten, werden als Spätfröste gezählt.

Während an den Küsten kaum Wärmeperioden vorkommen, treten im Landesinneren insbesondere an der Ostgrenze Niedersachsens jedes Jahr im Mittel zwischen 8 bis 9 Tage dauernde Wärmeperioden auf. Die thermische Vegetationsperiode dauert im größten Teil des Landes zwischen 240 und 280 Tage, an der südwestlichen Grenze zu den Niederlanden etwas länger. In der Harzregion ist sie wegen der tieferen Temperaturen deutlich kürzer (bis 170 Tage). Die meisten Frosttage treten mit im Mittel über 80 Tagen in den Höhenlagen der Mittelgebirge auf. Auch in den östlichen Tieflagen entlang der Elbe kommen im Jahresmittel bis stellenweise über 80 Frosttage vor. Dort treten im Jahresmittel auch bis zu 8 Spätfröste auf. Die geringste Anzahl an Frosttagen ist erwartungsgemäß an der ostfriesischen Küste zu beobachten (zwischen 50 und 60). Hier gibt es auch kaum Spätfröste.

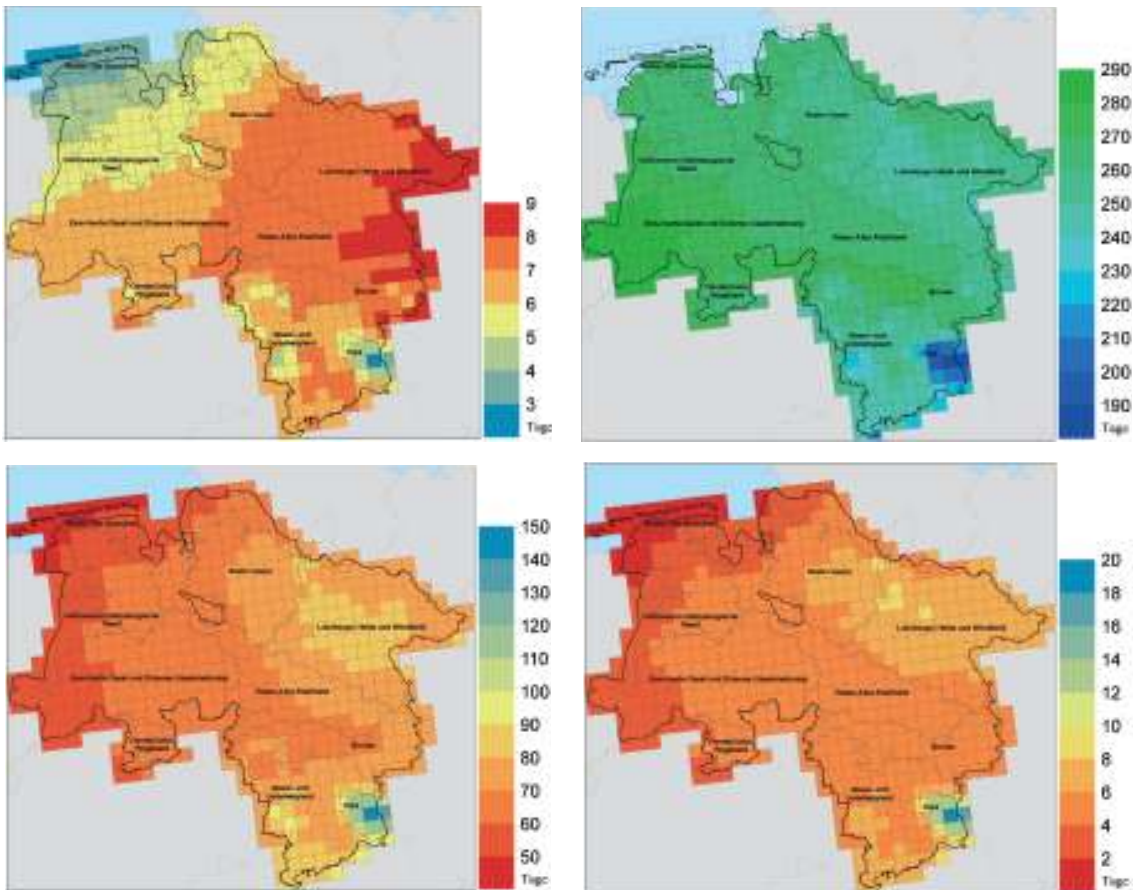


Abb. 5 Vier Temperaturindizes (jeweils mittlere Anzahl von Tagen im Jahr). Oben links: Wärmepériodendauer; oben rechts: Dauer der Vegetationsperiode; unten links: Anzahl Frosttage; unten rechts: Anzahl Spätfröste nach dem 1. April. Man beachte die unterschiedlichen Farbskalen. Mittelungszeitraum: 1971-2000

Niederschlagsindizes:

- **Starkniederschlagstage (Abb. 6):** Es wird die Anzahl an Tagen einer Jahreszeit (d.h. eines dreimonatigen Zeitraums) gezählt, an denen die Niederschlagssumme 20 Millimeter überschreitet.
- **Größte 5-Tages-Niederschlagssumme (Abb. 7):** Es wird die höchste Niederschlagsmenge in Millimeter innerhalb einer Jahreszeit (d.h. eines dreimonatigen Zeitraums) angegeben, die innerhalb eines 5-Tages-Zeitraums fällt.
- **Dauer der Trockenperiode (Abb. 8):** Für das Sommerhalbjahr April bis September wird die maximale Anzahl aufeinander folgender Tage angegeben, an denen weniger als 1 Millimeter Niederschlag fällt.

Die Anzahl der Starkniederschlagstage variiert vor allem jahreszeitlich. Im Winter tritt im Mittel weniger als ein Starkniederschlagstag auf. Dies bedeutet, dass im Süden Niedersachsens nur in jedem zweiten Winter, im Zentrum und Norden des Landes nur in jedem dritten Winter mit dem Auftreten eines Tages mit mehr als 20 Millimeter Niederschlag gerechnet werden muss. Das Gleiche gilt für den Frühling. Im Sommer dagegen liegt

die mittlere Zahl an Tagen mit Starkniederschlägen relativ gleichmäßig über Niedersachsen verteilt zwischen 1 und 2. Im Herbst dagegen ist ein West-Ost Gefälle zu beobachten. Im Westen, an den Küsten, aber auch im Süden, gibt es im Mittel zwischen 1 und 2 Tage mit Starkniederschlägen, an der Ostgrenze zu Sachsen-Anhalt sind es weniger als 1 Tag. Nur im Harz ist die Zahl der Tage mit Starkniederschlägen im Mittel größer als 2.

Die größten 5-Tages Niederschlagssummen, die für das Auftreten von Hochwasserereignissen relevant sein können, sind räumlich und zeitlich etwas gleichmäßiger verteilt. Sie reichen von 30 bis 40 Millimeter im Winter und Herbst (im Osten) und Frühjahr (größter Teil des Nordens), bis über 50 Millimeter im Herbst (Küstenregion und südliches Weser-Grenzgebiet zu Nordrhein-Westfalen). Im Sommer dagegen liegen sie relativ konstant bei ca. 45 bis 50 Millimeter. Eine Ausnahme sowohl bei den Tagen mit Starkniederschlägen als auch bei den 5-Tages Niederschlagssummen bildet wiederum der Harz, wo diese beiden Niederschlagsextreme deutlich häufiger sind.

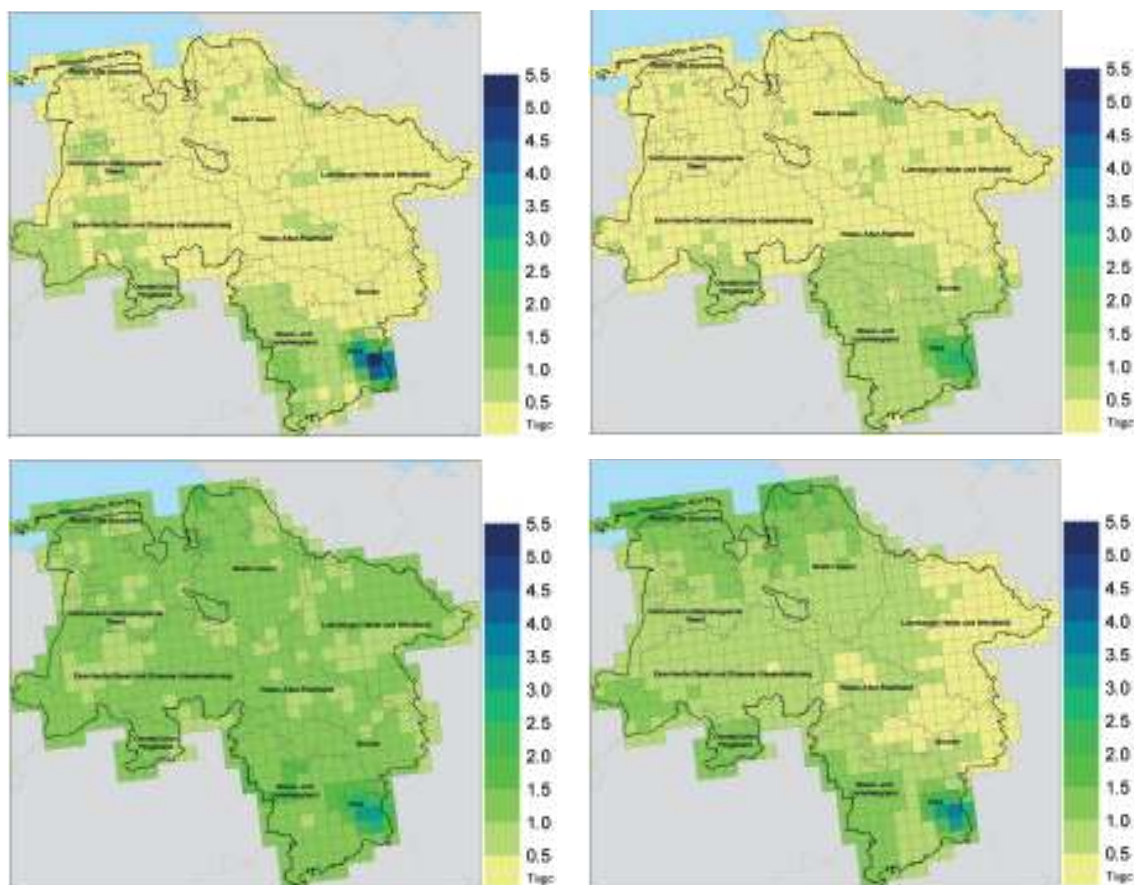


Abb. 6 Mittlere Anzahl der Starkniederschlagstage (Tagessumme > 20 mm) pro 3-Monats-Zeitraum für Winter (oben links), Frühjahr (oben rechts), Sommer (unten links), Herbst (unten rechts) Zeitraum 1971-2000

Die längsten Trockenperioden im Sommerhalbjahr dauern im größten Teil des Landes (Norden, Westen und Zentrum) im Mittel zwischen 16 und 17 Tage. An der Ostgrenze zu Sachsen-Anhalt, wo die geringsten Niederschläge fallen, sind sie mit ca. 18 Tagen etwas länger. Im Süden um Göttingen und in den Mittelgebirgen sind sie mit 13 bis 16 Tagen etwas kürzer.

Sehr wichtige Extremereignisse sind Stürme, da sie große Schäden verursachen können. Ein Beispiel für Niedersachsen war der Orkan Quimburga oder sogenannte Niedersachsenorkan, der am 13.11.1972 Windgeschwindigkeiten von über 200 km/h erreichte und der in Norddeutschland, aber hauptsächlich in Niedersachsen, über 1 Milliarde DM an Schäden verursacht sowie größere Gebiete entwaldet hat (> 100.000 Hektar). Besonders starke Stürme treten vor allem in den Wintermonaten auf.

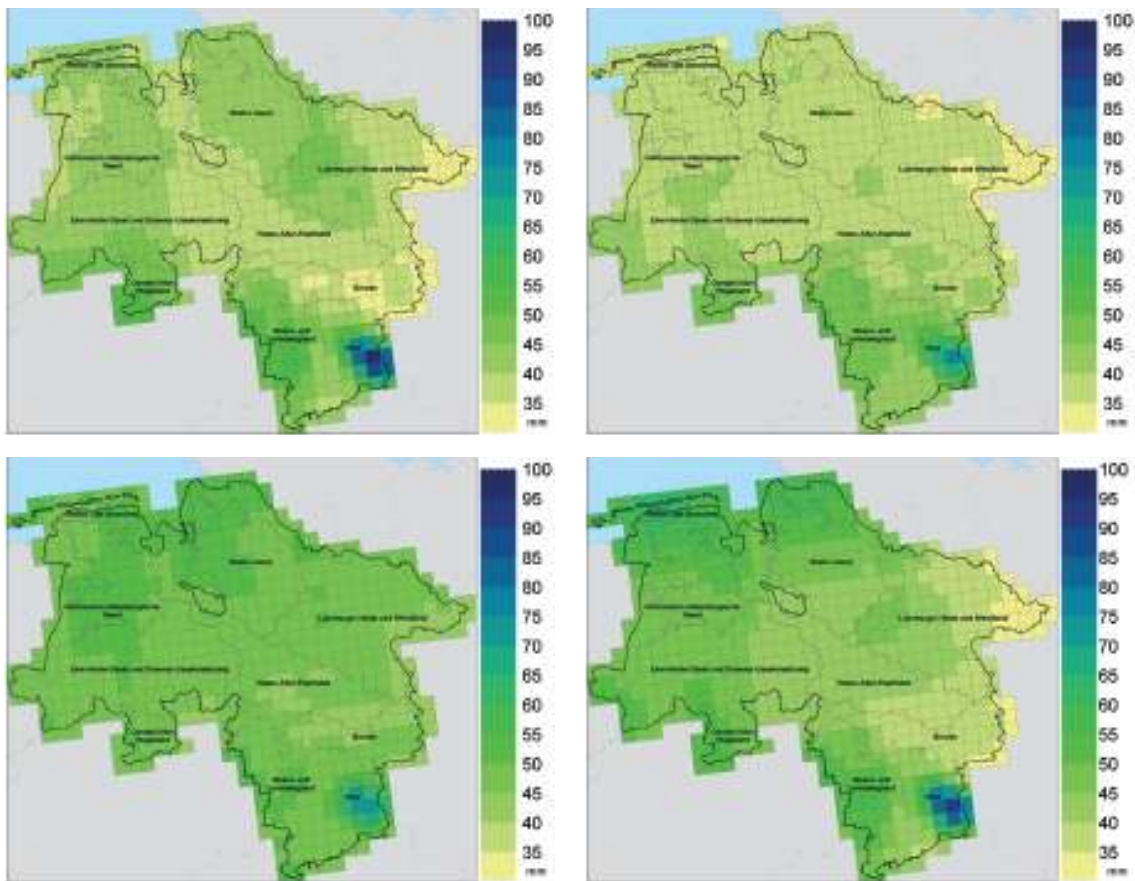


Abb. 7 Mittlere größte 5-Tages-Niederschlagssumme (in mm) pro 3-Monats-Zeitraum für Winter, Frühjahr, Sommer, Herbst (Jahreszeiten wie in Abb.6). Zeitraum 1971-2000

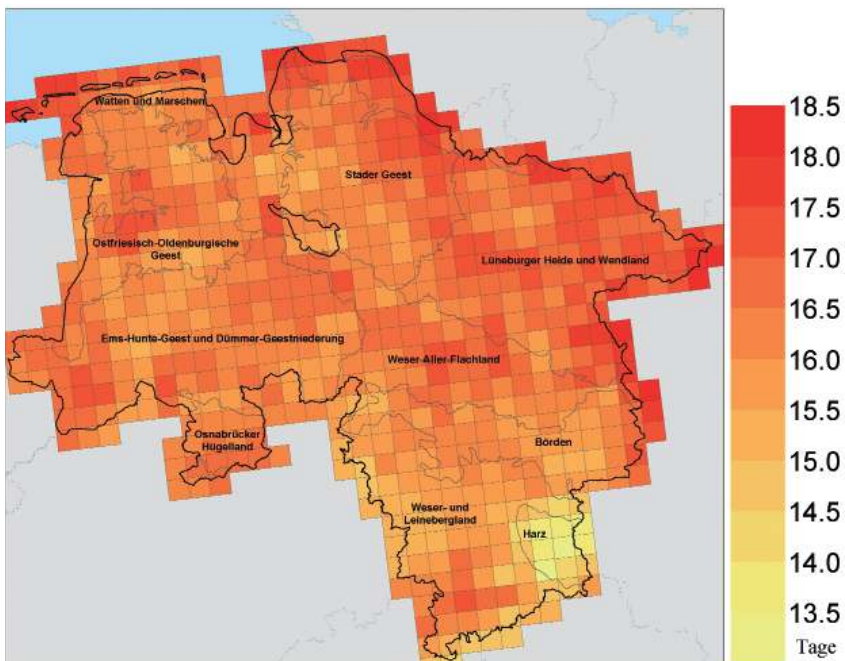


Abb. 8 Maximale Dauer der Trockenperiode im Sommerhalbjahr (April-September) in Tagen gemittelt über 1971-2000

4.3.4 Aussagen über bisherige Klimaveränderungen in Niedersachsen

Die vom Deutschen Wetterdienst (DWD) beschriebenen Änderungen der jahreszeitlichen Mittelwerte von Lufttemperatur, Niederschlags-, und Sonnenscheindauernsummen in Niedersachsen von 1881-2009 sind in Abb. 9 wiedergegeben. Demnach gab es eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um 1,2 Grad Celsius. Im Vergleich dazu wird für das Deutschland-mittel eine Erhöhung um 1,07 Grad angegeben. Die Niederschlagsmenge erhöhte sich im Winter um ca. 30 Prozent, während sie im Sommer annähernd konstant blieb. Im Jahresmittel wurde eine Niederschlags-erhöhung von 15 Prozent angegeben. Die Sonnenscheindauer erhöhte sich im Winter deutlich um 17 Prozent, in den übrigen Jahreszeiten nur wenig. Bemerkenswert ist die gleichzeitige sehr starke Erhöhung des Niederschlags und der Sonnenscheindauer in Winter, was indirekt die Erhöhung des Anteils der Starkniederschläge an der Niederschlagssumme im Winter zeigt.

Von Haberlandt et al. (2010b) wurden Zeitreihen von 18 Temperaturstationen und 263 Niederschlagsstationen des DWD in Niedersachsen für den Zeitraum von 1951 bis 2005, sowie einige daraus abgeleiteter Klimaindizes, auf Trends untersucht.⁸

Die wichtigsten Ergebnisse für die Temperatur:

- Die Änderungen der Temperatur von 1951 bis 2005 betragen über ganz Niedersachsen für das Gesamtjahr ungefähr +1,6 Grad für die Tages-tiefst- und höchstwerte (10-Prozent-Quantil der Tagesminimal- und 90-Prozent-Quantil der Tages-maximaltemperatur) (Abb. 10) und +1,3 Grad für den Mittelwert. Gleichzeitig nimmt die Anzahl der Frosttage um 23 Tage im Jahr ab und die Wärmeperiodendauer zu.
- Saisonal differenziert nimmt die Temperatur im Winter, Frühling und Sommer zu. Im Herbst kann nur eine Zunahme der Wärmeperiodendauer festgestellt werden.
- Ein räumliches Muster der Trends in den Temperaturindizes ist auf der Grundlage der verwendeten Datenbasis nicht erkennbar.

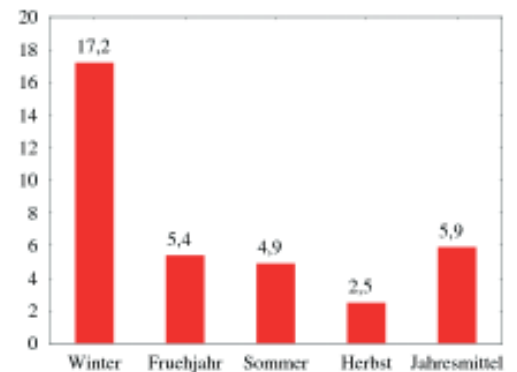
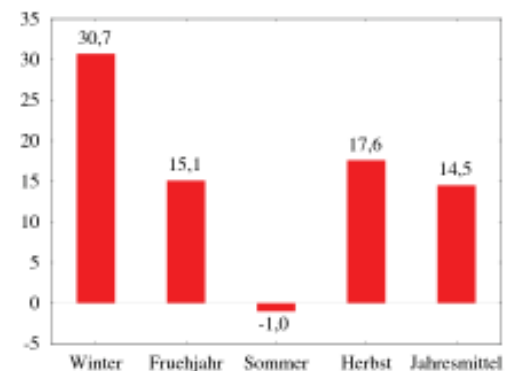
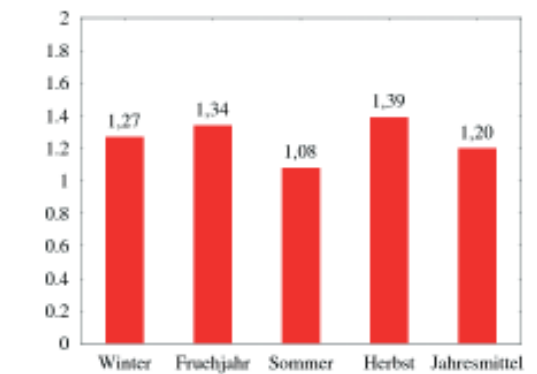
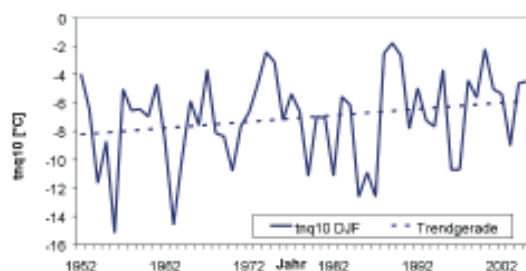


Abb. 9 Änderung der mittleren Temperatur in 2 Metern Höhe, des Niederschlags und der Sonnenscheindauer im Gebietsmittel über Niedersachsen seit 1881. Zahlenwerte wurden vom DWD übernommen

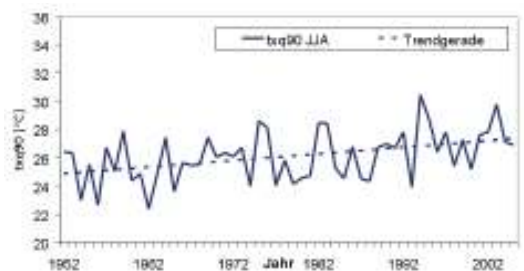


Abb. 10 Zeitreihen und Trends der Minimaltemperatur (tnq10: 10Prozent-Quantil der Tagesminima) im Winter (links) und der Maximaltemperatur (txq90: 90Prozent-Quantil der Tagesmaxima) im Sommer (rechts) gemittelt über alle 18 Klimastationen des DWD in Niedersachsen für den Zeitraum von 1951 bis 2005

⁸ Die kürzere Periode 1951-2005 wurde gewählt, um einen hinreichenden Zeitraum kontinuierlicher Beobachtungen und einen ausreichenden Stichprobenumfang der Temperatur- und Niederschlagsstationen, sowie Vergleichbarkeit mit anderen Untersuchungen zu gewährleisten.

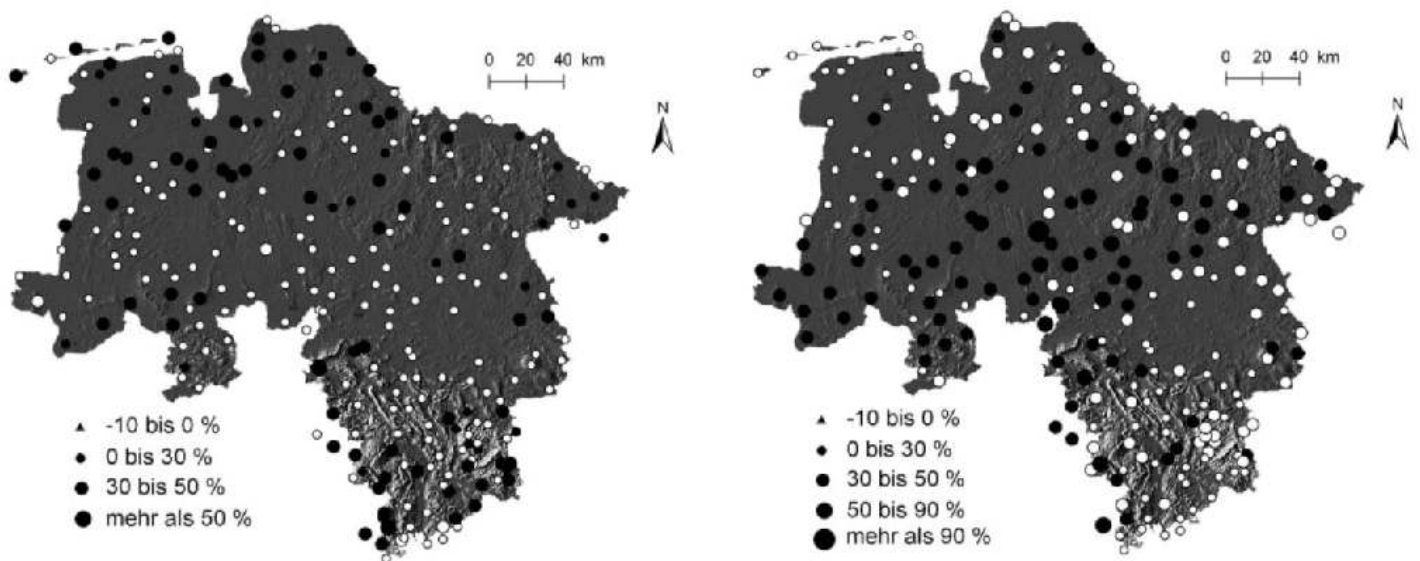


Abb. 11 Räumliche Verteilung von Niederschlagstrends in Niedersachsen im Zeitraum von 1951-2005. Links: 90 Prozent-Quantil des täglichen Niederschlages im Winter, rechts: Trockendauer im Sommer, (Kreise = positive Trends, Dreiecke = negative Trends, ausgefüllte Symbole = signifikante Trends, Größe der Symbole zeigt Stärke der Trends in Prozent)

Die wichtigsten Ergebnisse für den Niederschlag:

- Es wurde eine Zunahme der Niederschläge im Winter (Abb. 11 links), Frühjahr und Herbst und eine Abnahme im Sommer (nicht gezeigt) festgestellt. Dagegen nimmt die Trockendauer im Sommer zu (Abb. 11 rechts) und im Herbst ab.
- Die stärksten prozentualen Niederschlagszunahmen in der Zeit von 1951-2005, gemittelt über ganz Niedersachsen, sind im Winter für den Anteil des Niederschlages an der Gesamtjahressumme und die Anzahl von Tagen mit extremen Niederschlägen zu finden.
- Räumlich gesehen sind die winterlichen Niederschlagszunahmen vor allem im Norden und Süden und die Zunahme der Dauer der Trockenperioden in den letzten 50 Jahren insbesondere im zentralen Teil von Niedersachsen signifikant.

Aussagen über Veränderungen von Windgeschwindigkeit und Stürmen:

Eine Analyse der Windmessungen des DWD von Walter et al. (2006) zeigte, dass für den Zeitraum 1951-2001 kein statistisch signifikanter Trend der mittleren Windgeschwindigkeit für Deutschland beobachtet wird.

Die Ergebnisse über die Frequenz und Intensität der Stürme in Mittel- und Nordeuropa sind sehr kontrovers. Einerseits zeigen die Arbeiten von Leckebusch et al. (2008) und Wang et al. (2009) für den Nordatlantik eine Erhöhung der Sturmfrequenz in den letzten Dekaden, und Alexander et al. (2005) berichteten über die Erhöhung der Anzahl starker Stürme seit 1950. Andererseits zeigten Alexander et al. (2005), Miller (2003), die Arbeiten der WASA Group (1998), Bärring und von Storch (2004) und Matulla et al. (2008), dass die jährliche Variabilität der Anzahl und Stärke der Stürme in Europa innerhalb der letzten 130 Jahren sehr stark variiert hat, und dass die in 90 Jahren beobachtete Sturmfrequenzerhöhung innerhalb der natürlichen Variabilität liegt. Wang et al. (2009) argumentieren jedoch, dass sich die saisonale Verteilung der Stürme stark verändert hat, so dass heute auftretende starke Winterstürme mit früheren starken Sommerstürmen verglichen werden können.

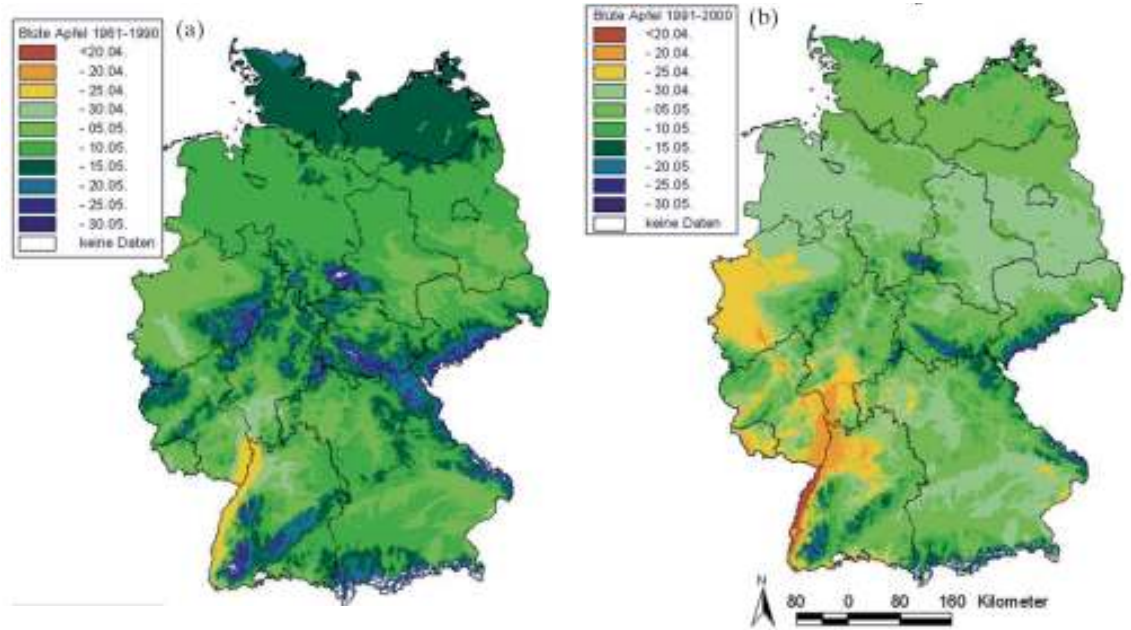


Abb. 12 Mittlerer Beginn der Apfelblüte in Deutschland in Tagen nach Jahresbeginn. (a) 1961-1990. (b) 1991-2000. Quelle: Chmielewski (2007a)

Veränderungen in der Vegetationsperiode:

Der DWD stellt phänologische Beobachtungen weit verbreiteter Wildpflanzen, Forst- und Ziergehölze, der wichtigsten landwirtschaftlichen Kulturen sowie häufig angebaute Obstgehölze und Weinreben zur Verfügung. Ein Trend hin zu einem früheren Beginn und einer längeren Dauer der Vegetationsperiode in Deutschland ist erkennbar. Die räumliche Verteilung des mittleren Beginns der Apfelblüte in Gesamtdeutschland, die hier als Beispiel dienen soll, für den 30-jährigen Zeitraum 1961-1990 im Vergleich zu dem 10-jährigen Zeitraum 1991-2000 zeigt Abb. 12, Chmielewski (2007a). Demnach hat sich die Apfelblüte in Niedersachsen, die im Zeitraum von 1961-1990 zwischen dem 5. und dem 10. Mai lag, in dem Jahrzehnt von 1990-2001 um bis zu 10 Tage nach vorne verschoben.

Weitere Informationen über Änderungen in der Vegetationsperiode in Deutschland, aber auch zu modellierten Änderungen in Klimaänderungsszenarien, finden sich bei Chmielewski et al. (2007b).

4.4 Regionale Klimaprojektionen: Modelle

In diesem Abschnitt wird ein kurzer Überblick über die in diesem Kapitel verwendeten Klimaszenarien, Klimamodellierungen und regionale Klimaprojektionen gegeben. Eine ausführliche Darstellung wird demnächst als Bericht des Hamburger Climate Service Centers (CSC) erscheinen.⁹

4.4.1 Klimaszenarien

Um mögliche Entwicklungen des Klimas im 21. Jahrhundert besser abschätzen zu können, wurden im Rahmen des IPCC globale Emissionsszenarien klimawirksamer Treibhausgase erstellt. Diese werden Special Report Emission Scenarios genannt, kurz SRES (IPCC 2000). Die SRES-Hauptszenarien A1, B1, A2 und B2 treffen verschiedene Annahmen zur möglichen Entwicklung der Bevölkerung, der Weltwirtschaft und des technologischen Fortschritts. Die IPCC-Arbeitsgruppe III erstellt nach diesen Vorgaben Emissionsszenarien für die wichtigsten klimawirksamen Gase und Aerosole und berechnet daraus den zeitlichen Verlauf der atmosphärischen Konzentrationen, die wiederum in Klimamodelle einfließen.

Mit dem globalen gekoppelten atmosphärischen und ozeanischen Klimamodellsystem ECHAM5-MPIOM wurden im Rahmen des Vierten Sachstandsberichts des IPCC Klimaprojektionen erstellt. Dabei wurden beobachtete Treibhausgaskonzentrationen für die Vergangenheit sowie projizierte Treibhausgaskonzentrationen entsprechend der Emissionsszenarien SRES A1B, A2 und B1 berücksichtigt (MPI-M 2006).¹⁰ Die für die verschiedenen Szenarien getroffenen Annahmen über die Emissionen des Treibhausgases CO₂, sowie die sich daraus ergebenden Konzentrationen sind in Abb. 13 dargestellt. Die CO₂-Konzentration ist nicht nur klimawirksam, sondern hat auch Einfluss auf das Pflanzenwachstum und auf den Säuregehalt der Meere, und damit auf die Biosphäre. Für den kommenden Fünften IPCC-Sachstandsbericht wurden neue Szenarien – Representative Concentration Pathways, RCP – entwickelt, die sich jedoch mit den bisher verwendeten SRES-Szenarien vergleichen lassen (Moss et al. 2010).

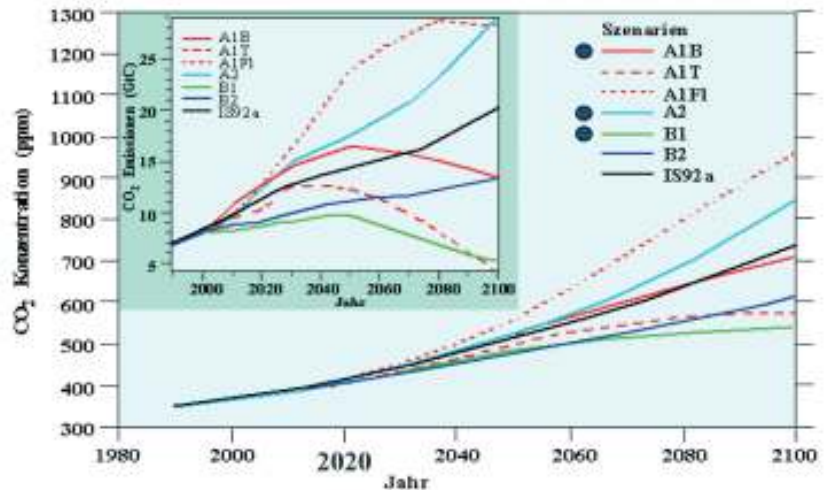


Abb. 13 Emission (innerer Graph) und Konzentration (äußerer Graph) des Gases CO₂

4.4.2 Regionale Klimamodellierungen und ihre Grenzen

Um die Auswirkungen globaler Klimaänderungen auf regionaler Ebene zu untersuchen, werden zusätzliche Simulationen mit statistischen und dynamischen regionalen Klimamodellen durchgeführt. Diese verwenden die global simulierten großskaligen Strömungen der Atmosphäre und verfeinern diese für bestimmte kleinere Regionen der Erde. So ist es möglich, wie mit einer Lupe, eine spezielle Region detaillierter zu untersuchen und damit eine Brücke zwischen globalen Klimaänderungen und regionalen Ausprägungen zu schlagen. Durch die höhere horizontale Gitterauflösung liefern regionale Modelle wesentlich kleinräumigere Klimainformationen durch die bessere Repräsentation der Landoberfläche im Vergleich zu Globalmodellen. Zusätzlich wird eine wesentlich höhere Genauigkeit¹¹ bei der Simulation seltener kleinräumiger Extremereignisse, wie z.B. sommerlicher Starkniederschläge, erreicht.

⁹ Jacob et al., 2012: Regionale Klimasimulationen für Europa und Deutschland.

¹⁰ Für das Klima in der Vergangenheit wurden drei Realisierungen (d.h. Klimasimulationen mit gleichem Modell und Szenario aber leicht unterschiedlichen Anfangs- bzw. Randbedingungen) simuliert, die sich jeweils durch leicht unterschiedliche Initialisierungsbedingungen unterscheiden. Diese drei Simulationen der Kontrollperiode von 1950 bis 2000 erfassen jeweils eine Möglichkeit der Entwicklung des Klimas unter den beobachteten Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre. Sie sind alle gleich wahrscheinlich und ihre Spannweite resultiert aus der natürlichen Variabilität des Klimas. Den Kontrollsimulationen folgen jeweils drei Realisierungen der Klimaszenarien A1B, A2 und B1, d.h. es gibt insgesamt 9 Szenariensimulationen.

¹¹ Die für die folgenden Auswertungen verwendeten regionalen Klimasimulationen haben horizontale Auflösungen zwischen 18 km und 10 km, während die globalen Klimasimulationen des Globalmodells ECHAM5/MPI-OM, aus denen sie erzeugt wurden, eine wesentlich gröbere horizontale Auflösung von ca. 200 km haben.

Grenzen der regionalen Klimamodellierung und Ensemble-Ansatz

Wenn Klimamodelle zur Projektion möglicher zukünftiger Entwicklungen des Klimas herangezogen werden sollen, dann müssen auch die Unsicherheiten in den Simulationsergebnissen benannt und quantitativ abgeschätzt werden. Üblicherweise werden drei Quellen von Unsicherheiten bei den Projektionen unterschieden, die unabhängig voneinander abgeschätzt werden müssen, sich jedoch gegenseitig beeinflussen:

- *Unsicherheiten in den Emissionsszenarien:* Da wir die zukünftige politische und wirtschaftliche Entwicklung nicht kennen, wurden die IPCC-Emissionsszenarien entwickelt, um eine mögliche Bandbreite des menschlichen Einflusses auf das Klima (z.B. Treibhausgasemission und Landnutzung) abbilden zu können.
- *Unsicherheiten durch die interne Modellvariabilität:* Das Klimasystem ist ein nichtlineares System, das keine exakten Vorhersagen zulässt. Klimasimulationen mit minimal unterschiedlichen Anfangs- oder Randbedingungen können sich nach kurzer Zeit stark voneinander unterscheiden, selbst wenn sie mit demselben Klimamodell durchgeführt wurden (Schmetterlingseffekt, Lorenz 1963). Die verschiedenen Zeitverläufe, die sich dadurch ergeben, werden üblicherweise als „Realisierungen“ (siehe Glossar) bezeichnet.
- *Unsicherheiten durch Modellungenauigkeiten:* Systematisch signifikante Abweichungen der Simulationsergebnisse vom tatsächlich beobachteten Klima (engl. „Bias“, siehe Glossar) ergeben sich durch eine unrealistische Beschreibung physikalischer Prozesse und können durch Modellvalidierung mittels Vergleich mit Messungen erkannt werden.

Die Unsicherheit durch die interne Modellvariabilität spielt auf kurzen Zeitskalen eine dominierende Rolle, während sie durch Mittelung über längere Zeitperioden, zum Beispiel 30-Jahre, geringer wird. Aus diesem Grund werden für Aussagen zu möglichen Klimaänderungen immer verschiedene Perioden von etwa 30 Jahren miteinander verglichen. Die Unsicherheit durch das Emissionsszenario spielt erst auf sehr langen Zeitskalen eine Rolle, wird aber selbst am Ende des 21. Jahrhunderts noch teilweise von der Unsicherheit durch Modellungenauigkeiten übertroffen.

Um die mögliche Bandbreite der projizierten Klimaänderungen zu berücksichtigen, wird

ein Ensemble-Ansatz angewendet. Dazu werden eine möglichst große Anzahl von Klimasimulationen herangezogen und zwar unter der kombinierten Verwendung von

- möglichst vielen Emissionsszenarien,
- möglichst vielen Realisierungen eines Szenarios mit demselben Globalmodell,
- möglichst vielen Kombinationen aus Global- und Regionalmodellen.

Eine solche Vorgehensweise wurde in dem EU-FP6-Projekt ENSEMBLES realisiert. Eine ausführliche Diskussion der Ergebnisse der Auswertung des Modellensembles und der Unsicherheiten ist im ENSEMBLES Abschlussbericht (2009) zu finden. Diese Vorgehensweise wird international auch für weitere Studien empfohlen.

Ein Simulationsensemble liefert einen Trend und eine Bandbreite von Klimaänderungssignalen. Dies ermöglicht robustere Aussagen über mögliche zukünftige Klimaentwicklungen als die Verwendung nur einer einzelnen Klimasimulation (zum Begriff „Robustheit“ siehe Glossar). Die Daten aus dem Simulationsensemble müssen dann möglichst vollständig in die Wirkmodelle einfließen, um auch in den Ergebnissen der Wirkmodelle die Bandbreite möglicher Klimaveränderungen aufzeigen zu können. Hierzu besteht noch ein großer Forschungsbedarf.

Es wird empfohlen, für Anpassungsstudien alle zur Verfügung stehenden Informationen (Beobachtungen, Ergebnisse verschiedener Klimamodelle und verschiedener Emissionsszenarien) zu berücksichtigen. Bis etwa zur Mitte dieses Jahrhunderts können diese Ergebnisse zu einem großen Ensemble zusammengefasst betrachtet werden, danach sind die Veränderungen stark von dem jeweiligen Emissionsszenario abhängig und sollten getrennt untersucht werden.

Es muss betont werden, dass generell für die Analyse der Klimaveränderungen keine bias-korrigierten Klimamodelldaten verwendet werden, wie dies gelegentlich bei Klimawirkmodellen der Fall ist. Es wird angenommen, dass trotz des Bias der modellierten Absolutwerte der Klimavariablen die berechneten Klimaänderungssignale, die in Kapitel 4 angegeben werden, relativ robust sind. Für die Wirkmodellierung sind jedoch meist nicht die relativen Änderungssignale, sondern die absoluten Werte der Klimavariablen entscheidend, weshalb hierfür Bias-Korrekturen verwendet werden (Mudelsee et al. 2010). Unabhängig davon, ob biaskorrigierte oder unkorrigierte Modellsimulationen herangezogen werden, sollten sich die Wirkmodellbetreiber über die systematischen Fehler der verwendeten Daten informieren.

4.4.3 Das für KLIFF verwendete Ensemble aus regionalen Klimasimulationen

Innerhalb des Projektes KLIFF werden Klimasimulationen der dynamischen Regionalmodelle REMO und CLM verwendet. Beide Modelle werden von Klimasimulationen der globalen IPCC/AR4-Klimasimulationen des gekoppelten Modellsystems ECHAM5-MPIOM angetrieben. Verwendet wurden neun REMO-Simulationen mit jeweils drei Realisierungen des Globalmodells, die sich jeweils in die Szenarien A1B, A2 und B1 aufspalten und eine horizontale Auflösung von ca. 10 x 10 Kilometer aufweisen. Weiter werden 4 CLM-Simulationen mit jeweils 2 A1B- und B1-Realisierungen und einer horizontalen Auflösung von ca. 18 x 18 Kilometer herangezogen. Auch stehen die Daten des statistischen Regionalmodells WETTREG in den Versionen 2006 (Spekat et al. 2007) und 2010 (Kreienkamp et al. 2011) zur Verfügung, die ebenfalls mit ECHAM5-MPIOM angetrieben wurden und auf Stationen vorliegen¹². Das Ensemble aus 20 WETTREG 2006 Simulationen des A1B-Szenarios wurde mit der Interpolationsmethode von Haberlandt et al. (2010a) auf ein Gitter mit 5 x 5 Kilometer Auflösung interpoliert und mit dem Ensemble aus REMO- und CLM-Simulationen verglichen.

Eine Einschränkung des vorliegenden Ensembles ist, dass die globalen Daten nur von einem einzigen Globalmodell (ECHAM5-MPIOM) stammen.¹³

Validierung der Regionalmodelle REMO und CLM in Niedersachsen

Die systematischen Abweichungen (Bias) der von REMO und CLM modellierten Mitteltemperaturen vom Beobachtungsdatensatz von Haberlandt et al. (2010a) können den in Abb. 14 dargestellten Jahresgängen entnommen werden. Gezeigt wird jeweils das Mittel über alle Realisierungen des Kontrollzeitraums 1971-2000. Während der Temperatur-Bias von REMO nur im Frühjahr und Herbst größer ist als 1 Grad Celsius, sind die CLM Temperaturen vor allem im Sommer bis über 1,5 Grad zu kühl. Die Niederschläge, die aufgrund der großen räumlichen Variabilität schwieriger zu modellieren sind, werden in beiden Modellen vor allem im Sommer um bis zu 50 Prozent überschätzt.

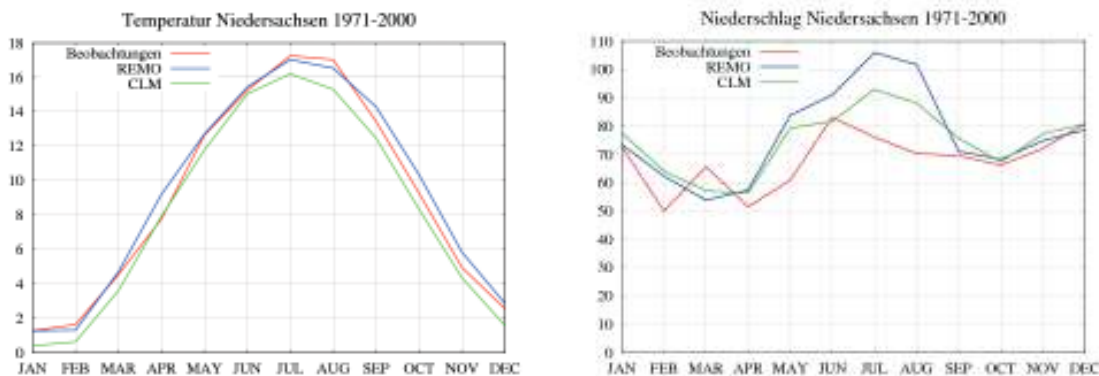


Abb. 14 Mittlere Temperatur in °C (links) und mittlerer Niederschlag in mm pro Monat (rechts), modelliert von REMO und CLM, und beobachtet. Gebietsmittel für ganz Niedersachsen über den Zeitraum 1971-2000

¹² Die WETTREG Versionen 2006 und 2010 arbeiten mit unterschiedlichen Methoden, die zu unterschiedlichen Klimaänderungssignalen führen. Ein Vergleich beider Methoden ist in KREIENKAMP ET AL. (2010) diskutiert.

¹³ Für die im Folgenden beschriebene Auswertung werden die Ausgaben der Regionalmodelle mit rotierten geographischen Koordinaten („Datastream 2“) verwendet.

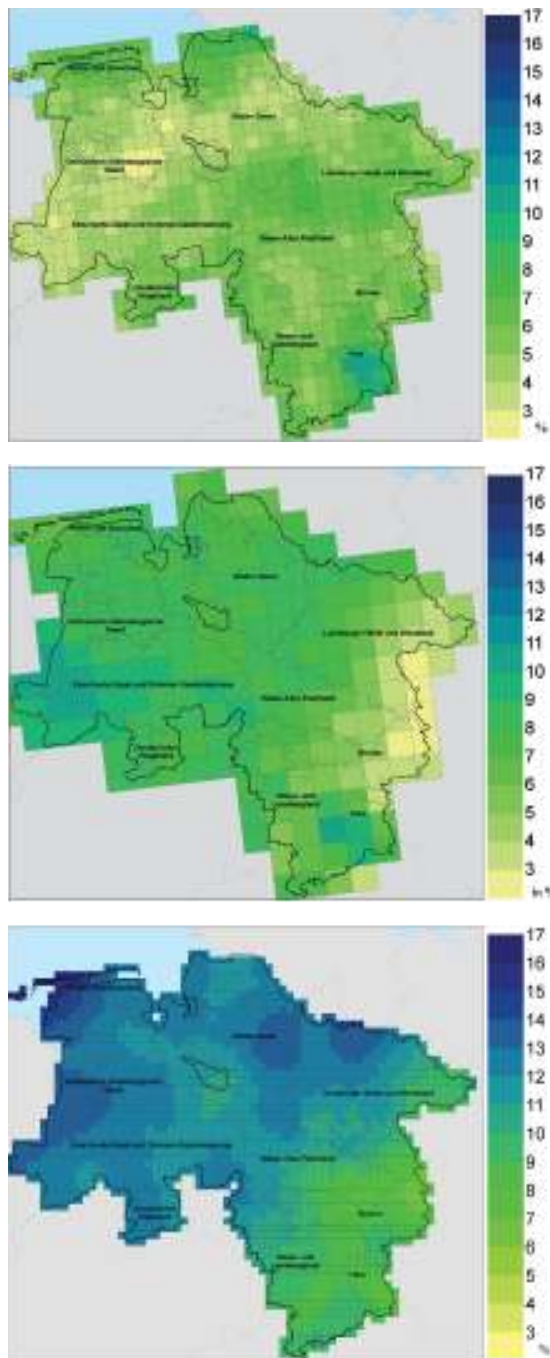


Abb. 15 Niederschlagsänderungssignal in Prozent im Jahresmittel für den Zeitraum 2021-2050 mit dem Referenzzeitraum 1971-2000. Oben: Mittelwert über drei Realisierungen des A1B-Szenarios von REMO; Mitte: Mittelwert über zwei Realisierungen des A1B-Szenarios von CLM; unten: Mittelwert über 20 Realisierungen des A1B-Szenarios von WETTREG 2006

4.5 Regionale Klimaprojektionen: Klimaänderungssignale

4.5.1 Klimaänderungssignale von Temperatur und Niederschlag

Als Klimaänderungssignal bezeichnet man die Differenz der Mittelwerte einer Klimavariablen zwischen einer zukünftigen Klimaperiode und einer Kontrollperiode der Vergangenheit. Die von REMO und CLM berechneten Klimaänderungssignale sind, besonders für die Temperatur, sehr homogen über Niedersachsen verteilt. Das Niederschlagsänderungssignal ist in den Küstengebieten und im Harz etwas stärker als im Inland (Abb. 15). Die projizierte Niederschlagserhöhung ist für WETTREG 2006 etwas größer und zeigt eine deutliche Abnahme von Nordwest nach Südost¹⁴. Die Darstellung der räumlichen Verteilung zeigt den Mittelwert des Klimaänderungssignals mehrerer Klimasimulationen, nicht aber die Bandbreite. Diese ist jedoch notwendig, um Aussagen über die Unsicherheit in den Simulationen treffen zu können. Aus diesem Grund ist es sinnvoller, Gebietsmittel über ganz Niedersachsen oder z.B. Naturräume zu betrachten.

Trotz des unterschiedlichen Bias sind die Klimaänderungssignale der Lufttemperatur und des Niederschlages der Regionalmodelle REMO und CLM ähnlich. In Abb. 16 sind gleitende 31-Jahresmittel der Klimaänderungssignale von Temperatur und Niederschlag jeweils für Jahresmittel, Winter- und Sommermonate im Gebietsmittel über Niedersachsen dargestellt. Dabei sind alle 9 REMO- und 4 CLM-Simulationen der drei SRES-Szenarien (A1B, B1, A2) von 1970-2100 in jeweils einem Graphen gleichzeitig dargestellt. Jedes Jahr auf der x-Achse der Graphen ist jeweils der Mittelwert der 31-jährigen Periode. Deshalb schneiden sich alle Graphen im Jahr 1985, da dies die Mitte der Bezugsperiode 1970-2000 ist.

Das Ende der Graphen bei 2085 bezieht sich auf die Periode 2071-2100, und die Periode 2020-2050 ist bei dem Jahr 2035 abzulesen. Die Spanne zwischen dem Minimum und dem Maximum aller Simulationen wird als Bandbreite bezeichnet. Hellgrau unterlegt sind jeweils die Einzeljahresmittel, um einen Eindruck der jährlichen Variabilität der einzelnen Simulationen zu gewinnen. Während für die Temperaturen sowohl im Jahresmittel als auch in Sommer und Winter ein monotoner Anstieg festzustellen ist, ist für die Niederschläge ein Anstieg im Winter, im Sommer jedoch tendenziell eher eine Abnahme zu erkennen.¹⁵

¹⁴ Die räumliche Verteilung der simulierten Niederschlagsänderungssignale sowohl von REMO, CLM, als auch von WETTREG hängen stark von den von ECHAM5/MPI-OM simulierten Großwetterlagen ab und sind als sehr unsicher einzustufen. Die Unterschiede in den Niederschlagsänderungssignalen, die in Abb. 15 zu sehen sind, sind vor allem durch die Darstellung verursacht (Auflösung der Farbskala von 1%).

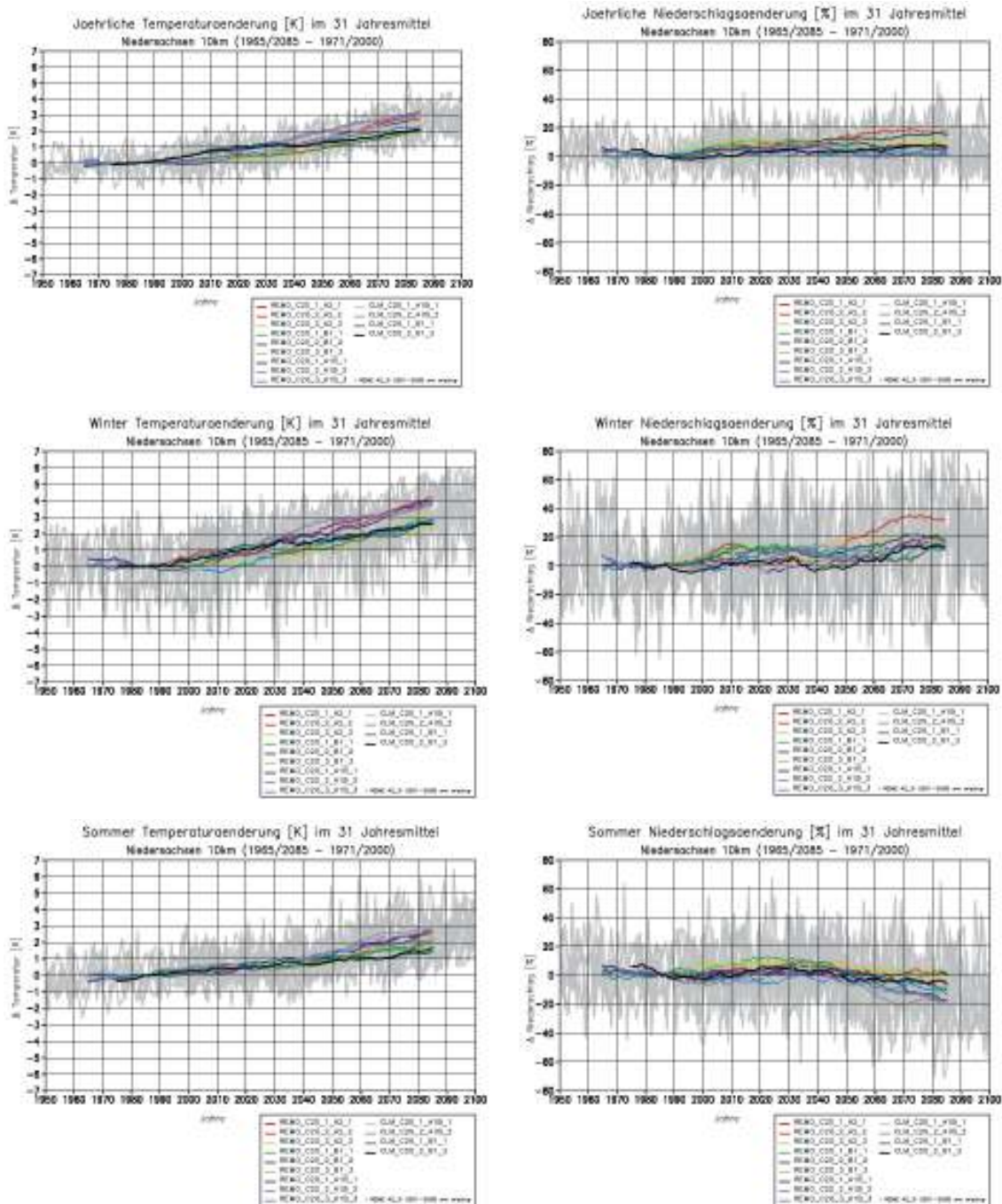


Abb. 16 Gleitende 31-Jahresmittel der Temperatur- (links, in °C) und Niederschlagsänderungssignale (rechts, in Prozent) des Ensembles aus 9 REMO- und 4 CLM-Simulationen im Gebietsmittel über Niedersachsen. Von oben nach unten: Jahresmittel, Winter, Sommer. Die Einzeljahresmittel aller Ensemblesimulationen sind jeweils in hellgrau unterlegt. Quelle: D. Rechid, KLIMZUG-NORD. Zur Bezeichnungen der Datensätze: REMO bzw. CLM – Name des Regionalmodells; C20_1 (2,3) – Referenzszenario C20 (1971-2000), Realisierung 1 (2,3); A2_1 (2,3) bzw. B1_1/A1B_1(2,3) – SRES-Szenario A2 (B1, A1B) (2001-2100), Realisierung 1 (2,3)

¹⁵ Es ist zu beachten, dass die Bandbreite stark von dem verwendeten Simulationsensemble abhängt. Für Gesamtdeutschland wurde gezeigt, dass die Bandbreite der Temperatur- und Niederschlagsänderungssignale des hier verwendeten REMO/CLM-Ensembles, in das drei SRES-Szenarien eingehen, kleiner ist, als die Bandbreite aller für das EU-FP6-Projekt ENSEMBLES verwendeten Global- und Regionalmodelle für ein einziges Szenario (A1B) (Jacob et al. 2012: Regionale Klimasimulationen für Europa und Deutschland). Deshalb wird im Folgenden nicht zwischen den einzelnen Szenarien unterschieden, d.h. alle drei SRES-Szenarien A1B, B1 und A2 werden als gleichwertige mögliche Zukunftsszenarien betrachtet. Eine Aussage über mögliche Klimaänderungen wird als robust bezeichnet, wenn alle Klimasimulationen des Ensembles eine Veränderung in dieselbe Richtung anzeigen. Dabei können sogenannte „Ausreißer“ ausgeschlossen werden. Damit sind einzelne Realisierungen gemeint, deren Klimaänderungssignal sich erheblich von der überwiegenden Mehrheit der Simulationen unterscheidet.

Eine weitere Möglichkeit, die Klimaänderungssignale des Simulationsensembles für die beiden Perioden 2021-2050 und 2071-2100 auf kompakte Weise darzustellen, sind die Kastengrafiken (engl. Box-Whisker-Plots, Erläuterung s. Glossar) in den Abb. 17-22. Zusätzlich ist in den Kastengrafiken durch einen roten Querbalken der Mittelwert des Ensembles eingezeichnet und dessen Wert angegeben¹⁶. Die in den Kastengrafiken dargestellten Werte sind Gebietsmittel über ganz Niedersachsen und Bremen. Die Gebietsmittel der Klimaänderungssignale über die in Abb. 1 dargestellten niedersächsischen Naturräume sind im Tabellenwerk in Anhang II aufgelistet, jeweils mit Ensemblemittelwert, -minimum und -maximum.

In den Kastengrafiken in Abb. 17 für die mittleren Klimaänderungssignale von Temperatur und Niederschlag ist zusätzlich zu dem REMO/CLM-Ensemble zum Vergleich das Ensemble aus 20 WETTREG 2006 Simulationen (Szenario A1B) eingezeichnet. Für 2021-2050 wird eine robuste Erhöhung der Jahresmitteltemperatur mit einem Ensemblemittel von ca. 0,9 Grad Celsius projiziert. Auch für jede Jahreszeit wird im Mittel eine Temperaturerhöhung simuliert, die jedoch im Frühjahr nicht robust ist. Für 2071-2100 ist die Temperaturerhöhung für alle Jahreszeiten robust und wird im Ensemblemittel mit ca. 2,5 Grad im Jahresmittel simuliert. Am stärksten ist die Temperaturerhöhung am Ende des 21. Jahrhunderts im Winter (Ensemblemittel ca. 3,3 Grad) und am geringsten im Frühjahr (Ensemblemittel ca. 2,0 Grad). Für die Temperaturänderungssignale sind fast keine Unterschiede zwischen den einzelnen Naturräumen feststellbar (s. Anhang II, Tab. 1-3). Die projizierten Temperaturänderungen von WETTREG 2006 (nur A1B-Szenario) decken sich bis 2050 gut mit denen des REMO/CLM-Ensembles. Bis 2100 liefert das statistische Modell für den Winter eine geringfügig höhere und für das Frühjahr eine geringfügig kleinere Temperaturerhöhung.¹⁷

Das Niederschlagsänderungssignal für 2021-2050 ist im Jahresmittel relativ gering (Ensemblemittel ca. +7 Prozent), aber robust. Auf die Jahreszeiten aufgeteilt wird nur im Herbst eine robuste Niederschlagsänderung simuliert (Ensemblemittel ca. 12 Prozent). Die Ensemblemittel der übrigen Jahreszeiten sind positiv, zeigen jedoch keine robuste Niederschlagserhöhung. Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts wird eine ähnliche, ebenfalls schwache, aber robuste Niederschlagserhöhung mit einem Ensemblemittel von ca. 7 Prozent simu-

liert, mit einer relativ großen Bandbreite. Das fast gleiche Änderungssignal im Zeitraum 2071-2100 resultiert aber vom veränderten zeitlichen Muster des Niederschlags, wo eine starke Zunahme im Winter und Herbst durch eine starke Abnahme des Niederschlags im Sommer kompensiert wird. Die jahreszeitlichen Niederschlagsänderungssignale für Winter (Ensemblemittel für ganz Niedersachsen ca. 18 Prozent, in den Watten und Marschen ca. 23, im Inland etwas schwächer s. Anhang II, Tab. 4), Frühjahr (ca. 11 Prozent) und Herbst (ca. 17 Prozent) sind ebenfalls robust positiv, aber die einzelnen Simulationen liefern sehr unterschiedliche Werte. Im Sommer ergibt sich im Ensemblemittel eine Abnahme von ca. 11 Prozent, obwohl nicht alle Simulationen übereinstimmend eine Abnahme aufweisen. WETTREG 2006 liefert für beide Perioden ein deutlich höheres Änderungssignal im Winter (bis 2100 zwischen 40 und 60 Prozent), und ein geringeres im Herbst.¹⁸

Die Klimaprojektionen ermöglichen auch Aussagen über den Anteil des Niederschlags, der als Schnee fällt (Abb. 18). Das Simulationsensemble legt für 2021-2050 eine Abnahme der Schneemenge um ca. 30 Prozent nahe, und eine Abnahme der Tage, an denen Schnee fällt, um ebenfalls ca. 30 Prozent. Bis 2071-2100 nimmt die projizierte Schneemenge und die Anzahl der Schneetage insgesamt um ca. zwei Drittel ab. Am stärksten ist die prozentuale Abnahme der Schneemenge an den Küsten (Watten und Marschen, Ostfriesisch-Oldenburgische Geest) und am geringsten im Harz (s. Anhang II, Tab. 7). Trotz abnehmender Schneemenge können vereinzelt sehr schneereiche Winter auftreten.

¹⁶ In einigen Diagrammen ist die Markierung des Medians durch die rote Mittelwertlinie verdeckt, da hier Median und Mittelwert zusammenfallen.

¹⁷ Das WETTREG 2010 Ensemble für das A1B-Szenario zeigt ganzjährig ein höheres Temperaturänderungssignal als WETTREG 2006, mit einer größeren Bandbreite (KREIENKAMP ET AL., 2011, Abb. 5.4 bis 5.6, 5.13 bis 5.15, und 6.1).

¹⁸ Das WETTREG 2010 Ensemble für das A1B Szenario zeigt ganzjährig eine geringe Niederschlagserhöhung als WETTREG 2006 und das REMO/CLM-Ensemble, tendenziell sogar eher eine Abnahme (KREIENKAMP ET AL., 2011, Abb. 5.7 bis 5.9, 5.16 bis 5.18, und 6.2).

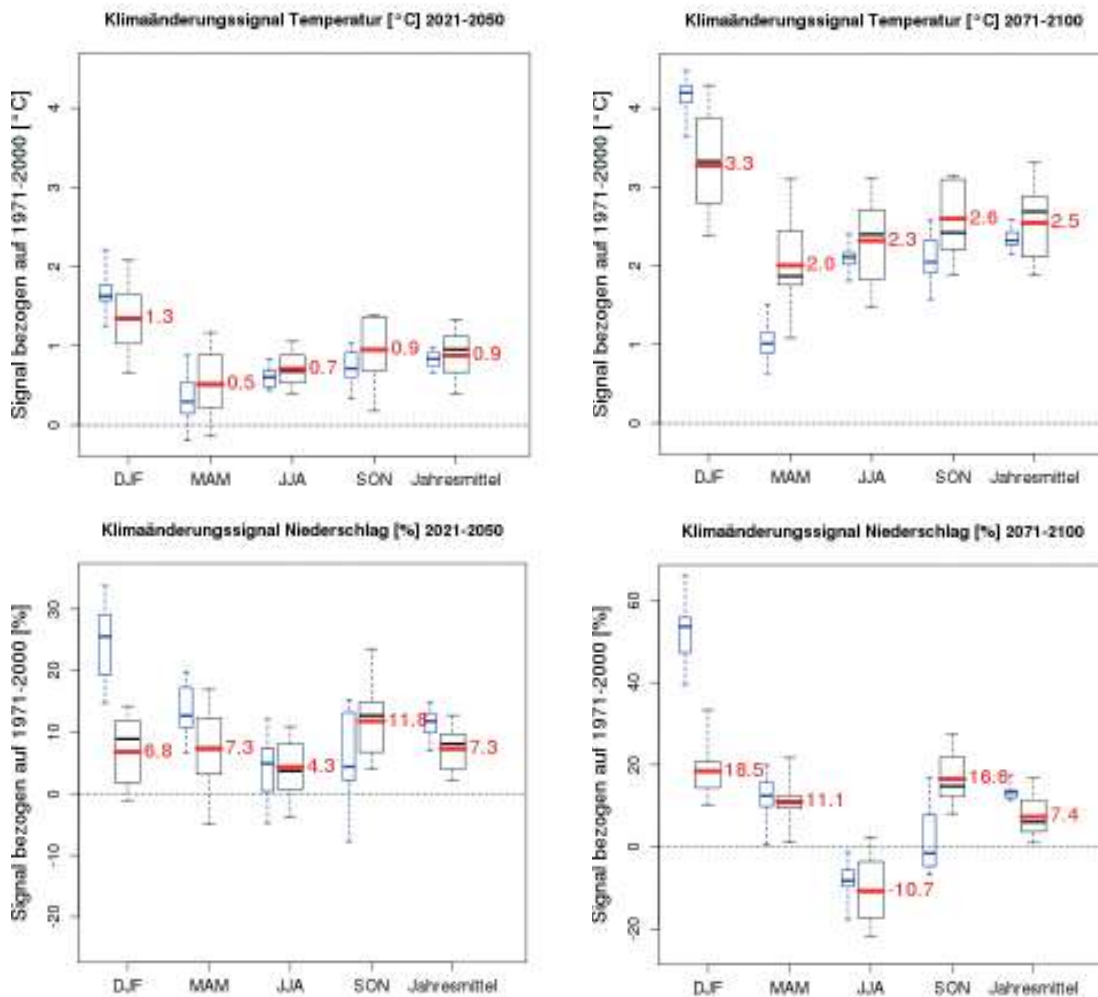


Abb. 17 Temperaturänderungssignal in $^{\circ}$ C (oben) und Niederschlagsänderungssignal in Prozent (unten) im Gebietsmittel über Niedersachsen für die Zeiträume 2021-2050 (links) und 2071-2100 (rechts). Der Referenzzeitraum ist jeweils 1971-2000. Gezeigt sind Box-Whisker-Plots des gesamten Ensembles aus REMO- und CLM-Simulationen aller Szenarien (in schwarz, mit rot markiertem Mittelwert, der mit seinem numerischen Wert bezeichnet ist), und der 20 WETTREG 2006 A1B Simulationen (in blau), für Winter (DJF), Frühjahr (MAM), Sommer (JJA), Herbst (SON) und Jahresmittelwert.

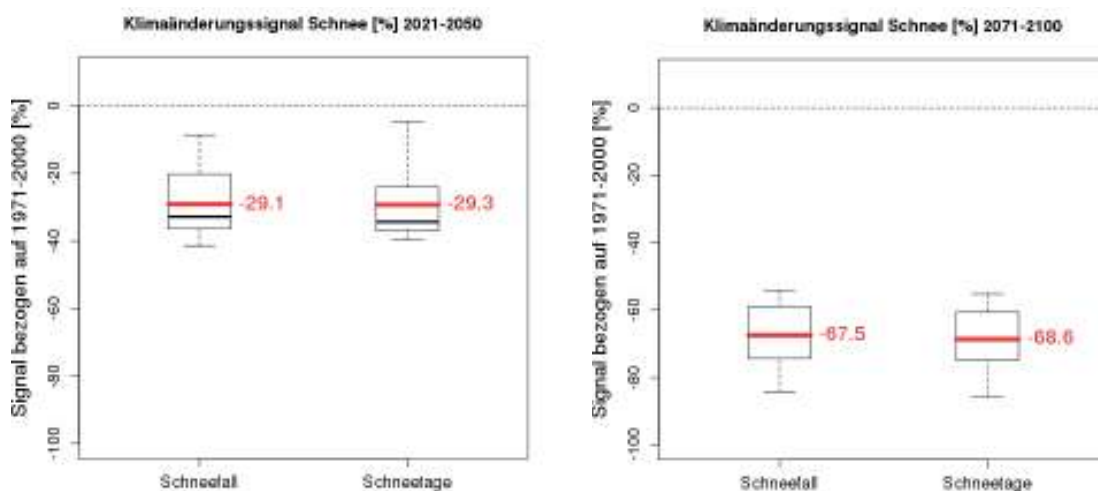


Abb. 18 Relative Änderung der Jahressummen des Schneefalls und der Anzahl der Sneetage im Jahr, jeweils in Prozent im Gebietsmittel über Niedersachsen, die Zeiträume 2021-2050 (links) und 2071-2100 (rechts) relativ zum Referenzzeitraum 1971-2000. Dargestellt sind Box-Whisker-Plots und Mittelwerte (rot).

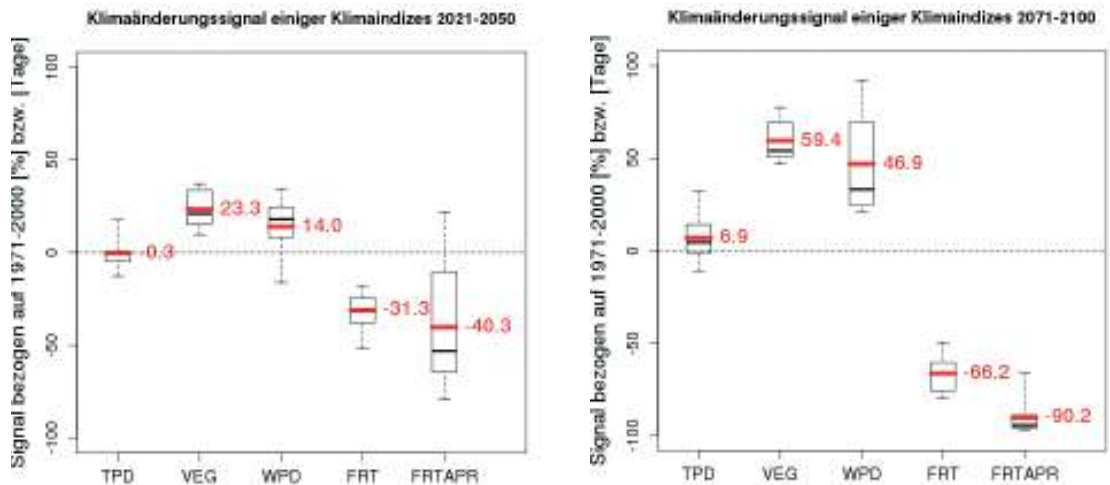


Abb. 19 Änderungen der in Abschnitt 4.2.3 vorgestellten Klimaindizes im Gebietsmittel über Niedersachsen für die Zeiträume 2021-2050 (links) und 2071-2100 (rechts) relativ zum Referenzzeitraum 1971-2000: Länge der Dauer der Trockenperioden zwischen April und September in Prozent (TPD); Länge der thermischen Vegetationsperiode in Tagen (VEG); rel. Wärmeperiodendauer in Prozent (WPD); rel. Anzahl der Frosttage in Prozent (FRT), rel. Anzahl der Spätfröste in Prozent (FRTAPR). Dargestellt sind Box-Whisker-Plots und Mittelwerte (rot)

4.5.2 Änderungssignale in der Häufigkeit von Extremereignissen und Windgeschwindigkeit

In Abschnitt 4.3.3 wurden die Definitionen einiger Klimaindizes angegeben. Dieselben Klimaindizes lassen sich auch aus den regionalen Klimamodell-daten berechnen.¹⁹

In den Kastengrafiken in Abb. 19 sind die Änderungssignale der Dauer der Trockenperioden zwischen April und September, der Länge der thermischen Vegetationsperiode in Tagen, der Wärmeperiodendauer, sowie der Anzahl der Frosttage und Spätfröste angegeben. Bis auf die Länge der thermischen Vegetationsperiode sind alle angegebenen Werte relative prozentuale Änderungen. In der Periode 2021-2050 wird eine Verlängerung der thermischen Vegetationsperiode um ca. 10 bis 40 Tage projiziert, sowie eine Abnahme der Frosttage um ca. 20 Prozent bis 50 Prozent. Über Änderungen in der Wärmeperiodendauer, aber auch der Anzahl der Spätfröste bis 2050 können wegen der großen Bandbreite keine robusten Aussagen getroffen werden. Bis Ende des 21. Jahrhunderts für die Periode 2071-2100 wird eine Verlängerung der Wärmeperiodendauer um ca. 50 Prozent im Ensemblemittel projiziert, sowie eine Verlängerung der thermischen Vegetationsperiode um 50 bis 80 Tage, und eine Abnahme in der Anzahl der Frosttage (FRT) zwischen ca. 50 Prozent und 80 Prozent. Spätfröste ab dem 1.

April sind in dieser Periode in den Klimaprojektionen fast gänzlich verschwunden. Für die Länge von Trockenperioden werden für beide Zukunftsperioden kaum Änderungen projiziert. Im Harz ist die Zunahme der Länge der Vegetationsperiode etwas geringer (s. Anhang II, Tab. 9), ebenso die prozentuale Abnahme der Anzahl der Frosttage und der Spätfröste (s. Anhang II, Tab. 11, 12). Für die Änderungen der Dauer der Trockenperioden (s. Anhang II, Tab. 8) und der Wärmeperiodendauer (s. Anhang II, Tab. 10) sind keine klaren räumlichen Variationen feststellbar.

Änderungen in der Anzahl der Starkniederschlagstage und der maximalen 5-Tages-Niederschlagssumme sind wie in Abschnitt 4.3.3 für jede Jahreszeit separat berechnet und werden als relative Änderungen in Prozent angegeben. Mit der Zunahme der Niederschläge zeigt das Simulationsensemble ebenfalls eine Zunahme in der Anzahl der Starkniederschlagstage mit Gesamtniederschlagssummen über 20 mm an (Abb. 20). Bis 2050 ist diese Zunahme im Herbst am größten, im Frühjahr und Sommer ist sie kleiner, jedoch sind einzelne Simulationen mit relativ hohen Zunahmen zu erkennen, was auf hohe Unsicherheiten hindeutet. Im Winter ist bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts keine robuste Aussage über eine Zunahme möglich. In der Periode 2071-2100 erhöht sich die Zunahme in der Anzahl der Starkniederschlagstage im Jahresmittel auf ca. 20 bis 50 Prozent. Am größten ist sie auch für diese Periode im Herbst mit einer Zunahme im Ensemblemittel

¹⁹ Ebenso wie für die Klimaänderungssignale der Mitteltemperatur und der Niederschlagssummen, wurden die Änderungssignale der Klimaindizes für alle Simulationen des Simulationsensembles bestimmt und über Niedersachsen gemittelt.

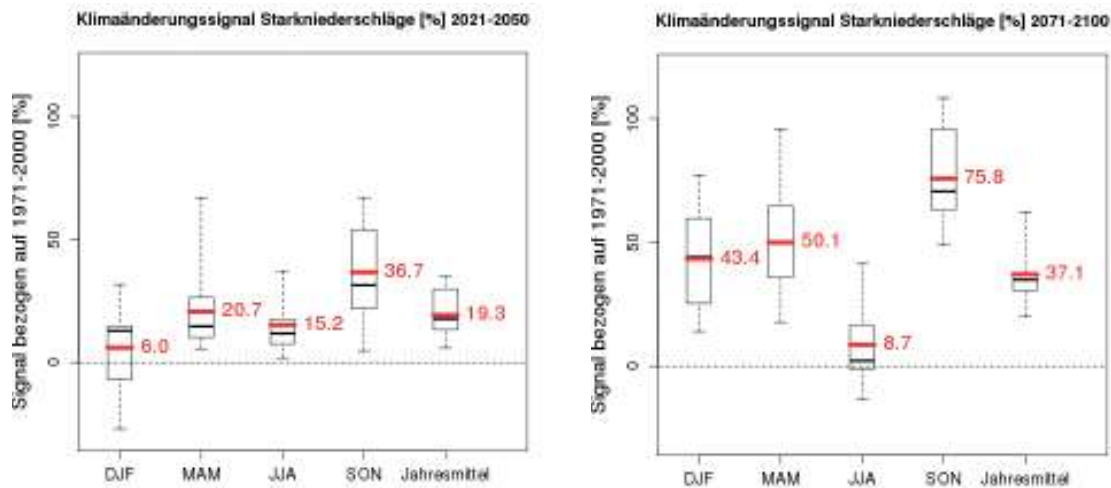


Abb. 20 Relative Änderung in der Anzahl der Starkniederschlagstage (Tagessumme > 20 mm) in Prozent im Gebietsmittel über Niedersachsen, für die Zeiträume 2021-2050 (links) und 2071-2100 (rechts) relativ zum Referenzzeitraum 1971-2000. Dargestellt sind Box-Whisker-Plots und Mittelwerte (rot) für Winter (DJF), Frühjahr (MAM), Sommer (JJA), Herbst (SON) und der Jahresmittelwert

von mindestens 50 Prozent, möglicherweise bis zu 100 Prozent. Im Winter und im Frühjahr wird eine Erhöhung im Ensembledittel von ca. 40 bis 50 Prozent projiziert. Nur für den Sommer, wo auch einige Simulationen Abnahmen der Gesamtniederschläge projizieren, ist kein robustes Änderungssignal feststellbar. Die größte Zunahme in der Anzahl der Starkniederschlagstage wird für die Ostfriesisch-Oldenburgische Geest simuliert, die geringste für den Harz (s. Anhang II, Tab. 13).

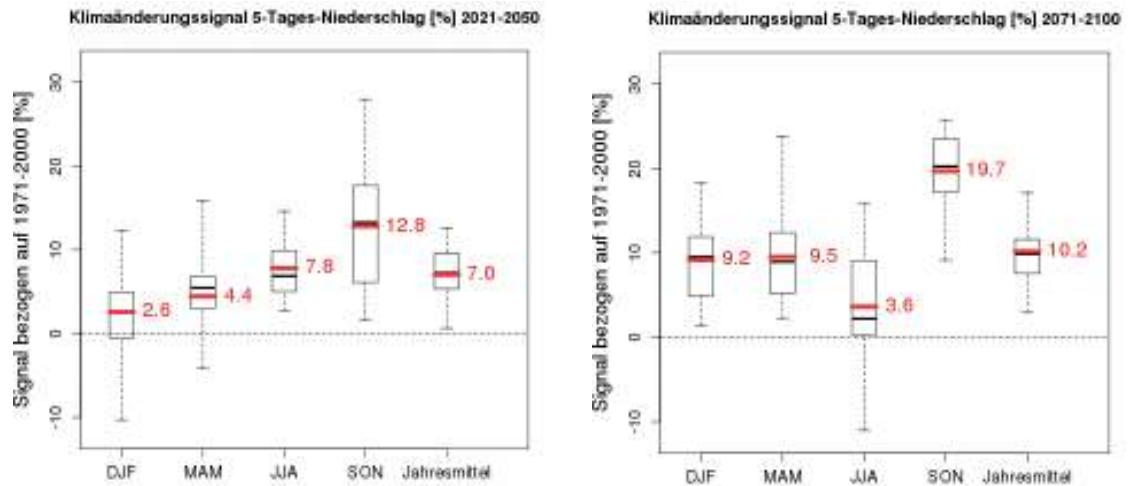


Abb. 21 Relative Änderung in der Anzahl der größten 5-Tages-Niederschlagssumme in Prozent im Gebietsmittel über Niedersachsen, die Zeiträume 2021-2050 (links) und 2071-2100 (rechts) relativ zur Referenzzeitraum 1971-2000. Dargestellt sind Box-Whisker-Plots und Mittelwerte (rot) für Winter (DJF), Frühjahr (MAM), Sommer (JJA), Herbst (SON) und der Jahresmittelwert

Bei den größten 5-Tages-Niederschlagssummen (Abb. 21) sind sehr große Bandbreiten zu erkennen, weshalb Aussagen über Änderungen dieses Klimaindex unsicher sind. Dennoch sind Zunahmen in den Klimaprojektionen für 2021-2050 vor allem im Herbst zu beobachten. In der Periode 2071-2100 nimmt das Änderungssignal im Herbst noch weiter zu (Ensemblemittel ca. 20 Prozent), auch im Winter und im Frühjahr werden robuste Zunahmen von jeweils ca. 10 Prozent projiziert, während im Sommer bei der sehr großen Bandbreite des Simulationsensembles keine robusten Aussagen zu machen sind. Es sind keine deutlichen räumlichen Unterschiede auszumachen (s. Anhang II, Tab. 14).

Das Simulationsensemble projiziert Änderungen in der mittleren Windgeschwindigkeit in 10 Metern Höhe.²⁰ Die Modelle projizieren übereinstimmend eine leichte Erhöhung der Windgeschwindigkeit vor allem für die Wintermonate (ca. 5 Prozent), während in den Sommermonaten eher eine etwas geringere Abnahme projiziert wird. (Abb. 22). Alle Projektionen der Windgeschwindigkeit sind noch sehr unsicher.

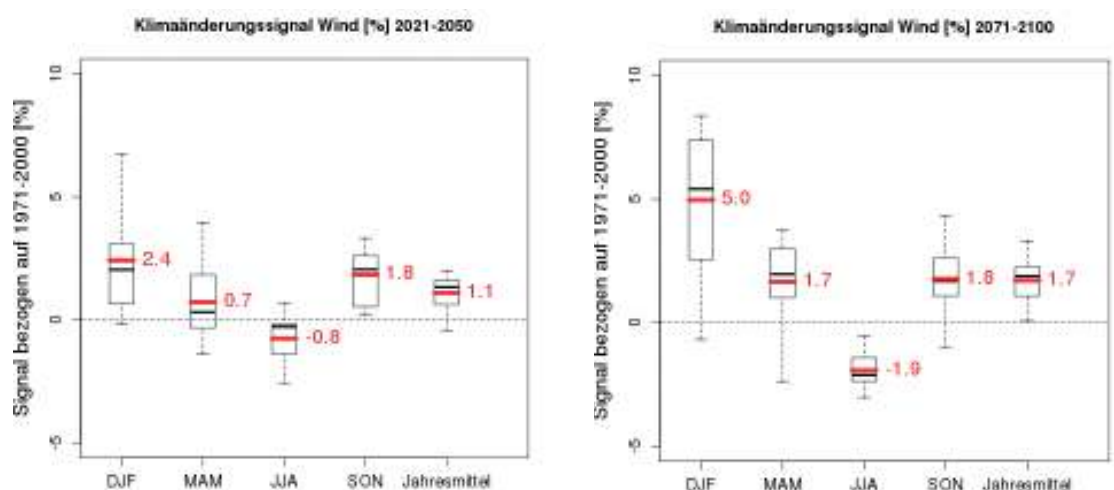


Abb. 22 Relative Änderung der Windgeschwindigkeit in Prozent im Gebietsmittel über Niedersachsen, die Zeiträume 2021-2050 (links) und 2071-2100 (rechts) relativ zum Referenzzeitraum 1971-2000. Dargestellt sind Box-Whisker-Plots und Mittelwerte (rot) für Winter (DJF), Frühjahr (MAM), Sommer (JJA), Herbst (SON) und die Jahresmittelwerte

²⁰ Es muss beachtet werden, dass die von den Modellen simulierten Windgeschwindigkeiten nicht ausreichend validiert sind, was die Unsicherheit in den Simulationen erhöht. Dies macht weitere Forschung notwendig, um robuste Aussagen zu Änderungen der Windgeschwindigkeit treffen zu können.

4.6 Erfordernisse und Aufgaben in der Klimaforschung

- Fortsetzung der statistischen und meteorologischen Bewertung der räumlichen Besonderheiten des Klimas in Niedersachsen.
- Analyse der unterschiedlichen Klimasignalmuster im Niederschlag für dynamische und statistische Klimamodelle.
- Analyse der räumlichen Verteilung von Extremereignissen im Hinblick auf Häufigkeit, Dauer und Intensität.
- Weiterentwicklung des Ensembleansatzes für die Anwendung auf Regionen.
- Erweiterung des Ensembleansatzes auf andere klimatologische Parameter, die für Wirkmodelle benötigt werden.
- Entwicklung von Instrumenten zur Bereitstellung, Interpretation und Visualisierung von Klimadaten.
- Weiterentwicklung des Ensembleansatzes für Wirkmodelle
- Entwicklung von Methoden und Schnittstellen zur optimalen Verbindung von Klimaänderungssignalen mit Wirkmodellen unter Berücksichtigung der Unsicherheiten in beiden Modellsystemen.
- Pflege und laufende Ergänzung sowie nutzergerechte Aufbereitung und Bereitstellung von Klimadaten und Projektionen.
- Zusammenarbeit mit Klimaforschern auf nationaler und internationaler Ebene zur Vermeidung von Doppelarbeit, zur Abstimmung der Resultate und zur Erzeugung von Synergien.
- Wesentliche Arbeiten dazu werden vom Klimarechenzentrum und vom Climate Service Center durchgeführt. In Niedersachsen ist eine Schnittstelle einzurichten, die als Bindeglied zwischen den o.g. Zentren und den Datennutzern fungiert.

5. Handlungsfelder

Sektorale Handlungsfelder

5.1 Wasserwirtschaft

Die Wasserwirtschaft in Niedersachsen wird wesentlich von aktuellen meteorologischen und langfristigen klimatischen Faktoren geprägt. Faktoren wie 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. 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.

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.

Die Regierungskommission Klimaschutz hat die Folgen des Klimawandels auf die Bereiche der Wasserwirtschaft im Binnenland sehr differenziert betrachtet und für die Handlungsfelder mögliche Maßnahmen benannt. In der maßnahmenübersicht (Anhang I) sind diese Handlungsfelder mit konkreten Maßnahmen zusammengestellt. Für das Kapitel 5.1 Wasserwirtschaft wurde auf umfangreiche Vorarbeiten aus der Bund-/ Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) und den Ergebnissen verschiedener Forschungsverbünde zurückgegriffen. Die Themen der Wasserwirtschaft konnten deshalb detailliert ausgearbeitet und zahlreiche Maßnahmen empfohlen werden. Die Wasserwirtschaft spielt bei der Anpassung an den Klimawandel eine zentrale Rolle. Die Anzahl der Maßnahmen soll jedoch keine inhaltliche Gewichtung im Verhältnis zu anderen Handlungsfeldern darstellen.

Ihre Umsetzung erfordert wegen der regional unterschiedlichen Randbedingungen und Betroffenenheiten eine differenzierte Bewertung und Entscheidung im Einzelfall, denn die bisherigen Projektionen zu möglichen Klimaänderungen (Klimamodelle) reichen nicht aus, um sie für konkrete Planungen auf regionaler und lokaler Ebene zu berücksichtigen. Belastbarere Datengrundlagen sind durch die Untersuchung der regionalen und lokalen Folgen noch zu schaffen. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft

werden in Niedersachsen in verschiedenen Forschungsprojekten untersucht (s. Kap. 5.1.5).

Die Regierungskommission Klimaschutz empfiehlt die begonnenen Arbeiten im Bereich der Wasserwirtschaft konsequent fortzusetzen und im Hinblick auf die erwarteten Folgen des Klimawandels durch zusätzliche Haushaltsmittel zu ergänzen. Dabei werden die Erfahrungen aus den begonnenen Projekten einbezogen.

5.1.1 Hochwasserschutz

Auswirkungen des Klimawandels

Trendanalysen aus historischen Klimadaten belegen, dass der Klimawandel bereits das Hoch- und Niedrigwasser niedersächsischer Gewässer beeinflusst. Vor allem im Norden und Süden von Niedersachsen ist eine Zunahme der (Extrem)-Niederschläge im Winter, Frühjahr und Herbst zu beobachten.

Die Zahl und die Größe mittlerer Hochwässer im Winterhalbjahr nimmt zu (KliBiW 2009, S. 2f). Bislang lässt sich nur schwer vorhersagen, wie sich die Abflussverhältnisse regional und lokal in Niedersachsen durch den Klimawandel verändern. Hierzu sind Modellierungen mit höherer zeitlicher und räumlicher Auflösung erforderlich. Für das Aller-Leine Gebiet haben Untersuchungen hierzu eine Zunahme der mittleren Abflüsse im Winter verdeutlicht sowie eine generelle Zunahme der Häufigkeit kleinerer Hochwässer. Zudem kann es zu einer Erhöhung der Scheitelabflüsse bei Hochwasser kommen, insbesondere in kleinen Einzugsgebieten (KliBiW 2012). Weitere Ergebnisse sind nur für regional begrenzte Räume belastbar (LAWA 2010: 14). Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass vor allem stark versiegelte Flächen, die heute noch sicher sind, künftig von Hochwasser betroffen sein werden.

Zu beachten ist, dass das Überschwemmungsrisiko an Nebengewässern oft unterschätzt wird. Dabei ist der Schaden durch viele kleine und mittlere lokale Überschwemmungen an Nebengewässern in der Summe höher als an den Hauptgewässern. Die Bau- und Siedlungstätigkeit in hochwassergefährdeten Bereichen hat in den letzten Jahren zu steigenden Schadenssummen bei Hochwassern geführt.

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. Zusätzlich bergen Starkregenereignisse die Gefahr, dass Mischkanalisationen

in Siedlungsgebieten entlastet werden müssen, was zu einem erhöhten Stoffeintrag in Gewässer führt. Krankheitserreger können dadurch stellenweise gehäuft vorkommen.

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.

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, da für die Finanzierung von Baumaßnahmen für den Hochwasserschutz im Binnenland deutlich weniger Haushaltsmittel zur Verfügung stehen. Zum einen durch das Ende der Förderung aus dem Aufbauhilfefonds Elbe 2010, zum anderen durch das Auslaufen der EU-Förderung 2013. Demgegenüber steht ein unverändert hoher Bedarf an finanziellen Mitteln gerade auch bei den kommunalen Körperschaften zur Realisierung von Hochwasserschutzprojekten, der sich durch einen neuen Lastfall durch Klimaänderung gegebenenfalls noch weiter erhöht.

Wasserrahmenrichtlinie

Bei der Aufstellung der Maßnahmenprogramme und Bewirtschaftungspläne zur EG-Wasserrahmenrichtlinie sind Maßnahmen 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. Es sollten Maßnahmen bevorzugt werden, die die natürliche Anpassungsfähigkeit der Gewässer wie auch die Lebensraum- oder Habitatvielfalt der Gewässer erhalten oder stärken, etwa durch Gewässer- und Auenrenaturierung, durch die Ausweisung von Retentionsräumen und angepasste landwirtschaftliche Bewirtschaftung. Der Schutz und die Bewirtschaftung der Gewässer werden bei der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie aus einer einheitlichen Betrachtung ganzer Flussgebietseinheiten heraus vorgenommen. Niedersachsen ist von den Flussgebietseinheiten Elbe, Weser, Ems und Rhein berührt.

Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie

Die Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie der Europäischen Union gibt vor, bis Ende 2015 Risikomanagementpläne zu erarbeiten. Der dafür zuständige Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz bezieht dabei den aktuellen Wissensstand über die Folgen des Klimawandels mit ein.

Maßnahmen

Im Folgenden sind die Teilbereiche aufgeführt, in denen von der Regierungskommission Maßnahmen für das Handlungsfeld 5.1.1 Hochwasserschutz empfohlen werden. Für eine detaillierte Darstellung der Einzelmaßnahmen wird auf die Maßnahmenübersicht in Anhang I verwiesen.

- 5.1.1.1 Hochwasserflächenmanagement
 - 5.1.1.1.a Flächenvorsorge
 - 5.1.1.1.b Natürlicher Wasserrückhalt
- 5.1.1.2 Technischer Hochwasserschutz
- 5.1.1.3 Hochwasservorsorge
 - 5.1.1.3.a Bauvorsorge
 - 5.1.1.3.b Risikovorsorge
 - 5.1.1.3.c Informationsvorsorge
 - 5.1.1.3.d Verhaltensvorsorge
 - 5.1.1.3.e Vorhaltung und Vorbereitung der Gefahrenabwehr und des Katastrophenschutzes
- 5.1.1.4 Nachsorge/ Hochwasserbewältigung

5.1.2 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 (KliBiW 2009 und 2012). 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 Prozent und bis Ende des Jahrhunderts bis zu 30 Prozent 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).

Gewässergüte

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

Die mögliche Zunahme extremer Wind- und Niederschlagsereignisse verstärkt weiterhin die Gefahr von Erosion, was möglicherweise dazu führt, dass Düng- und Pflanzenschutzmittel und Schadstoffe aus anderen Quellen in Grund- und Oberflächengewässer gelangen. Geringe Sauerstoffgehalte und höhere Wassertemperaturen begünstigen während Niedrigwasserperioden außerdem Rücklösungen aus Sedimenten und können so einen Stoffeintrag ins Gewässer nach sich ziehen. Darüber hinaus belasten Einleitungen, beispielsweise aus Kläranlagen, aber auch diffuse Einträge wegen des verschlechterten Verdünnungsverhältnisses die Gewässer.

Häufigeres Auftreten von Trockenperioden in den Sommermonaten lassen ebenfalls Feuchtgebiete und Moore verstärkt austrocknen, was sich wiederum negativ auf die Fähigkeit intakter Feuchtgebiete und Moore auswirkt, Starkregenereignisse abzuf puffern.

Das häufigere Auftreten von Niedrigwasserperioden könnte in der Konsequenz zu stärkeren Einschränkungen bei der Wasserentnahme und Einleitungen für Industrieanlagen und Kraftwerke, Kühl- und Brauchwasser, Bewässerungswasser, Kläranlagen und Fischteiche führen. Das Unterschreiten kritischer Wasserstände betraf damit nicht nur die Binnenschifffahrt, sondern auch diejenigen Wirtschaftszweige, die auf einen kostengünstigen Transport von Massengütern angewiesen sind (s. Kap. 5.3, 5.8, 5.9 und 5.11).

Handlungsziele

Die Vorsorge gegenüber Niedrigwasserereignissen ist bisher noch unzureichend. Durch den einsetzenden Klimawandel ist mit häufigeren und längeren Niedrigwasserführungen der Binnengewässer zu rechnen. Dies hat gravierende ökologische und ökonomische Folgen und wird bestehende Nutzungskonflikte verschärfen. Diese müssen im Vorfeld erkannt und durch Festlegung von Prioritäten entschärft werden. Als mögliches Verfahren sei hier das Festlegen von Schwellenwerten genannt, ab denen bestimmte Nutzungen einzuschränken sind. Darüber hinaus sind Bewirtschaftungspläne aufzustellen und wasserrechtliche Bescheide gegebenenfalls 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 die notwendige Voraussetzung, um ein fundiertes Niedrigwassermanagement zu betreiben und sollte ausgebaut werden. Die Synergien zwischen Hochwasser- und Niedrigwassermanagement sollen zukünftig genutzt werden. Die Förderung natürlichen Wasserrückhalts und dezentraler Niederschlagsversickerung haben für die Grundwasser- und Hochwasserbewirtschaftung ebenfalls positive Nebeneffekte.

Zur Anpassung an Klimaänderungen ist zunächst eine Strategie der Planung von Maßnahmen und Handlungsoptionen zu bevorzugen, die nützlich sind, egal wie das Klima in der Zukunft aussehen wird (No-regret-Maßnahmen). Die Hitze- und Trockenperioden der vergangenen Jahre haben gezeigt, dass Maßnahmen wie Verbesserung der Durchgängigkeit und der Gewässermorphologie, Erhöhung des Wasserrückhalts in der Fläche oder eine Reduzierung der Wärmebelastung positive Wirkungen für die Lebensbedingungen und die Belastbarkeit der Ökosysteme haben.

Maßnahmen

Im Folgenden sind die Teilbereiche aufgeführt, in denen von der Regierungskommission Maßnahmen für das Handlungsfeld 5.1.2 Niedrigwassermanagement und Gewässerökologie empfohlen werden. Für eine detaillierte Darstellung der Einzelmaßnahmen wird auf die Maßnahmenübersicht in Anhang I verwiesen.

- 5.1.2.1 Niedrigwasservorsorge
 - 5.1.2.1.a Flächenvorsorge
 - 5.1.2.1.b Bauvorsorge, Bauleitplanung, Bauplanung
 - 5.1.2.1.c Abflussbeeinflussung
 - 5.1.2.1.d Fließgewässergüte
 - 5.1.2.1.e Verhaltensvorsorge
 - 5.1.2.1.f Niedrigwasservorhersage
- 5.1.2.2 Niedrigwassermanagement
 - 5.1.2.2.a Niedrigwasserführung
 - 5.1.2.2.b Administrative Maßnahmen
 - 5.1.2.2.c Nutzungsbezogene Maßnahmen

5.1.3 Grundwasserschutz

Auswirkungen des Klimawandels

Grundwasserdargebot

Das Klima beeinflusst ganz wesentlich die Bildung des Grundwassers. Für die Grundwasserneubildung sind Niederschlagshöhe, jahreszeitliche Verteilung und Intensität sowie die temperaturabhängige Verdunstung von Wasser durch Pflanzen, Tiere und die Bodenoberfläche (Evapotranspiration) entscheidend. 86 Prozent des Trinkwassers werden in Niedersachsen aus dem Grundwasser gewonnen. Im Allgemeinen verfügt Niedersachsen über einen großen Grundwasservorrat. Bisher gibt es nur in wenigen Regionen Probleme mit dem verfügbaren Dargebot.

Grundwasserneubildung ist überwiegend auf den Winter beschränkt. Die Projektionen zum Klimawandel zeigen, dass sich die höchsten Niederschlagsmengen vom Sommer in den Winter verschieben. Vor allem in Regionen mit gut durchlässigen Böden könnte es trotz geringerer Niederschläge im Sommer und einer erhöhten potenziellen Verdunstung zu einem Anstieg des Dargebotes führen. Dies kann gebietsweise häufiger zu Vernässungen durch hoch stehendes Grundwasser führen.

Das Grundwasserdargebot in Regionen mit schlecht durchlässigen Böden und Böden mit geringer Speicherkapazität wird hingegen wahrscheinlich zurückgehen. Dies kann vor allem in heißen Sommern, in denen sich der Wasserbedarf der Vegetation zum Teil deutlich erhöht, zu Versorgungsproblemen führen. Denn insbesondere bei Böden mit geringerer Wasserspeicherkapazität und damit auch Fruchtbarkeit ist zu erwarten, dass die Landwirte ihre Anbauflächen stärker beregnen und ihre Beregnungsflächen ausweiten.

In einem Forschungsprojekt wurden die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf den Grundwasserhaushalt in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen(-Wolfsburg) untersucht (Abb 23).

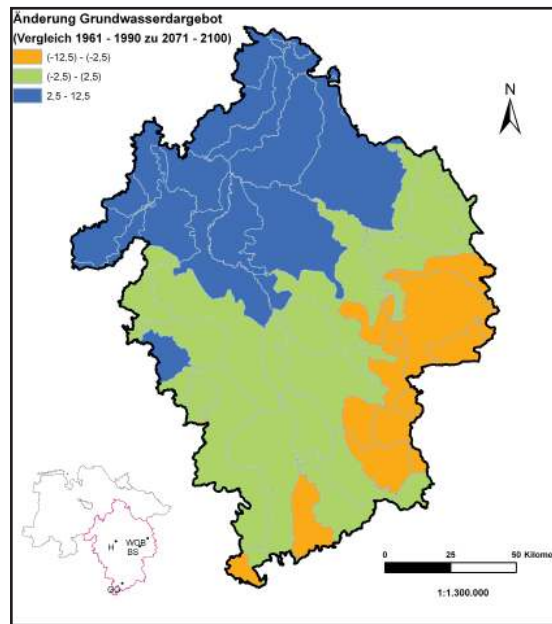


Abb. 23 Mögliche Änderung des Grundwasserdargebots (in Prozent) in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen(-Wolfsburg) von 2071-2100 im Vergleich zu 1961-1990 bezogen auf Grundwasserkörpergrenzen. (In WIXWAT 2010, S 232, Abb. 3)

Die Veränderung des Grundwasserdargebots im Vergleich des Zeitraums von 1961 bis 1990 zum Zeitraum von 2071 bis 2100 zeigt einen von Nordwest nach Südost gerichteten Trend an. Im Nordwesten der Metropolregion könnte es zu Zunahmen des Grundwasserdargebotes zwischen 2,5 und 7,5 Prozent kommen. Im zentralen Bereich der Metropolregion verändert sich das Grundwasserdargebot nach den Berechnungen kaum ($\pm 2,5$ Prozent).

Die südöstlichen Grundwasserkörper (Bode, Fulda, Rhume, mesozoisches Festgestein; alle anteilig in der Metropolregion) werden von den Klimaänderungen stärker betroffen sein. Hier könnte das Grundwasserdargebot um 7,5 bis 12,5 Prozent abnehmen (WIXWAT 2010, S. 233).

Länger anhaltende Trockenperioden können bei Landökosystemen, die direkt vom Grundwasser abhängen, zum permanenten oder zumindest periodischen Trockenfallen der Gebiete und damit zum Rückgang der angepassten einheimischen Arten und zur Einwanderung von fremden Arten führen. Wie hoch die Grundwasserneubildung ausfällt, hängt von der Fähigkeit der Böden ab, Niederschlagswasser aufzunehmen (Infiltrationsfähigkeit) und damit von der Nutzungsart und vom Grad der Flächenversiegelung.

Grundwasserqualität

Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwasserqualität lassen sich derzeit nur vage abschätzen. Es kann davon ausgegangen werden,

dass die Zunahme der Luft- und Bodentemperatur auch zu einer Zunahme der oberflächennahen Grundwassertemperatur führt. Diese Wirkung ist insbesondere bei der Erdwärmennutzung zu berücksichtigen. Höhere Temperaturen führen zu Veränderungen der chemischen, physikalischen und biologischen Prozesse wie Stofftransport und Stoffumsatz. In Trockenperioden könnte sich mehr Stickstoff im Boden anreichern, da Pflanzen aufgrund eines eingeschränkten Wachstums weniger Nitrat aufnehmen als erwartet. Durch erhöhte Winterniederschläge würde es verstärkt vom Boden ins Grundwasser verlagert.

Sollte das Grundwasser unter die derzeit bekannten Niedrigwasserstände sinken, könnte sich durch die Konzentration 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.

Im Bereich der Küsten ist eine fortschreitende Versalzung des Grundwassers zu beobachten, da sich die Vermischungszone zwischen Süß- und Salzwasser aufgrund höherer Meereswasserstände vergrößert.

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 sich die Grundwasseroberfläche in den Sommermonaten stärker als bisher absenkt 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. 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

Im Folgenden sind die Teilbereiche aufgeführt, in denen von der Regierungskommission Maßnahmen für das Handlungsfeld 5.1.3 Grundwasserschutz empfohlen werden. Für eine detaillierte

Darstellung der Einzelmaßnahmen wird auf die Maßnahmenübersicht in Anhang I verwiesen.

5.1.3.1 Grundwassermenge

5.1.3.1.a Grundwasserneubildung

5.1.3.1.b Grundwasserdargebot

5.1.3.1.c Grundwasserentnahmen

5.1.3.2 Grundwassergüte

5.1.3.2.a Bodennutzung und diffuse Stoffeinträge

5.1.3.2.b Grundwasserqualität

5.1.4 Siedlungswasserwirtschaft

Auswirkungen des Klimawandels

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

- Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Starkregenereignissen
- 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 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.

Abwassereinleitungen werden nach Misch- und Trennsystemen unterschieden. Im Mischwasser fließen Schmutz- und Regenwasser gemeinsam ab. Die Emissionen aus Misch- und Trennsystemen werden zumindest hinsichtlich des Abflusses zunehmen und zu einer höheren hydraulischen Gewässerbelastung („hydraulischer Stress“) führen. Häufigere Entlastungen von Mischsystemen werden auch eine höhere Frachtbelastung der Gewässer nach sich ziehen. Regenrückhaltebecken werden häufiger und intensiver beschickt, so dass mit häufigeren Notentlastungen zu rechnen ist. Kleinere, siedlungsgeprägte Fließgewässer mit Einleitungen aus Kanalisationen können bei lokalen Starkregen sehr schnelle Sturzfluten mit nennenswerten Schadenssummen entwickeln. Eine Zunahme dieser Ereignisse ist wahrscheinlich.

Eine Zunahme der Niederschlagssummen im Winter, ggf. auch im Frühjahr und Herbst wird das Abflussvolumen in Mischsystemen erhöhen und 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 Gewassertemperaturen führen. Dies kann die Belastbarkeit der Fließgewässer als Vorfluter für Anlagen der Siedlungsentwässerung verringern und Einleitungsbeschränkungen infolge immissionsbedingter Anforderungen nach sich ziehen.

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.

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 sowie durch Bereitstellung einer dem Konnexitätsprinzip adäquaten Finanzausstattung 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 Bürgern in betroffenen Bereichen im Rahmen der kommunalen Hochwasservorsorge sind zu unterstützen.

Trinkwasserversorgung

Die Trinkwasserversorgungsunternehmen werden als Folge des Klimawandels im Rahmen ihrer Aufgabe, die Trinkwasserversorgung hinsichtlich Qualität und Menge sicherzustellen, bei Bedarf betriebliche und bauliche Maßnahmen umsetzen müssen wie die Erweiterung der Aufbereitung, den Ausbau von Verbundsystemen oder die Erhöhung des Speichervolumens. 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 im bisherigen Umfang bereitgestellt werden. Die Trinkwasserversorgung hat gegenüber Konkurrenznutzungen, insbesondere im Bereich der Wassergewinnung, weiterhin wasserrechtlichen Vorrang.

Maßnahmen

Im Folgenden sind die Teilbereiche aufgeführt, in denen von der Regierungskommission Maßnahmen für das Handlungsfeld 5.1.4 Siedlungswasserwirtschaft empfohlen werden. Für eine detaillierte Darstellung der Einzelmaßnahmen wird auf die Maßnahmenübersicht in Anhang I verwiesen.

5.1.4.1 Siedlungsentwässerung

5.1.4.1.a Niederschlag und Bemessung

5.1.4.1.b Bauleitplanung

5.1.4.1.c Generalentwässerungsplanung

5.1.4.1.d Retentionsmaßnahmen

5.1.4.1.e Kommunale Hochwasservorsorge

5.1.4.1.f Sicherheit abwassertechnischer Anlagen

5.1.4.2 Gewässer im Siedlungsbereich

5.1.4.3 Abwasserbeseitigung

5.1.4.3.a Netzbetrieb

5.1.4.3.b Abwasserreinigung

5.1.4.3.c Kreislaufführung/ Nachnutzung

5.1.4.4 Wasserversorgung

5.1.5 Datengrundlage und Forschungsbedarf

Zur Bewertung neuer Situationen in der Wasserwirtschaft steht eine Vielzahl von geeigneten Instrumenten – insbesondere im Gewässerkundlichen Landesdienst – zur Verfügung, wie Datenbanken, Zeitreihenanalysen, Extremwertstatistik, hydraulische und hydrologische Modelle. Diese vorhandenen Instrumente müssen infolge der neuen Herausforderungen durch die Klimaänderung weiterentwickelt und angepasst werden.

Der Forschungsbedarf zum Klimawandel in Niedersachsen ist erkannt und erste Schritte sind eingeleitet:

- Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft werden in Niedersachsen bereits in einigen Projekten untersucht: Das Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (MU) hat gemeinsam mit dem Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) eine Untersuchung zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Hochwässer in einem Modellprojekt mit dem Titel „Globaler Klimawandel - Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzungen für das Binnenland (KliBiW)“ initiiert. Die 2012 abgeschlossene Untersuchung hat am Beispiel des Aller-Leine Gebietes die Entwicklungstendenzen der Hochwasserverhältnisse unter zukünftigen klimatischen Bedingungen analysiert. In einer weiteren Projektphase sollen ab 2012 erste Aussagen zu den Auswirkungen auf das Niedrigwasser ermöglicht werden. In einem weiteren Forschungsprojekt des MU mit dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) ging es um die Grundwasserneubildung. Bis Ende 2011 wurden mögliche Einflüsse von Klimaänderungen auf das nachhaltig nutzbare Grundwasserdargebot abgeschätzt.
- Darüber hinaus fördert das Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) im Rahmen des Forschungsverbundes zur Klimafolgenforschung in Niedersachsen (KLIFF) ein Teilprojekt, in dem die Auswirkungen von Klimaänderungen auf Wasserdargebot, Hochwasserrisiko und Gewässerbelastung in Niedersachsen untersucht werden (KLIFWA). Die Ergebnisse sollen eine Grundlage für notwendige wasserwirtschaftliche Entscheidungen bilden.
- Die Themen Wasserwirtschaft und globaler Klimawandel sind auch Gegenstand weiterer Projekte und Strategiepapiere. Beispielhaft genannt werden hier die Erarbeitung eines Papiers der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser zu Anpassungsstrategien an den Klimawandel in der Wasserwirtschaft sowie ein Projekt zu Auswirkungen des globalen Wandels auf Umwelt und Gesellschaft im Elbegebiet (GLOWA-Projekt).
- Niedersachsen ist Gast in der Forschungsinitiative „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“ (KLIWA) der Bundesländer Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz sowie des Deutschen Wetterdienstes.

Handlungsziele

- Ergänzung und Fortschreibung einer aktuellen und belastbaren Datengrundlage unter Berücksichtigung des Klimawandels für die Bereiche:

- Hochwasserschutz und Hochwasserrisikomanagement,
 - Niedrigwassermanagement und Gewässerreinigung,
 - Quantitatives und qualitatives Management der Grundwasserkörper
 - Siedlungswasserwirtschaft: Siedlungsentwässerung, Abwasserbeseitigung und Wasserversorgung
- Parallel müssen die Kenntnisse in vorausschauende Planungen wie die Landesraumordnung und Regionalplanung einfließen und dort mit Nachdruck verfolgt werden (s. Kap. 5.15).
- Weiterführung, Vernetzung und Qualitätssicherung der Klimafolgenforschung in Niedersachsen im Bereich der Wasserwirtschaft, des Hochwasserschutzes, des Niedrigwassermanagements, des Grundwasserschutzes und der Siedlungswasserwirtschaft

Maßnahmen

- Dauerhafte Implementierung geeigneter Methoden im Gewässerkundlichen Landesdienst zur fortlaufenden Bewertung der Daten und Einbeziehung der Ergebnisse in wasserwirtschaftliche Planungen. Der § 29 Absatz 1 des Niedersächsischen Wassergesetzes, der die Aufgaben des Gewässerkundlichen Landesdienstes festlegt, sollte um den Aspekt Klimawandel erweitert werden

5.2 Küstenschutz

5.2.1 Hintergrund

Der Insel- und Küstenschutz in Niedersachsen richtet sich seit etwa 1.000 Jahren mit ständig wachsendem Erfolg darauf aus, den Menschen in sturmflutgefährdeten Gebieten an der Küste, den ostfriesischen Inseln und den Tideflüssen Ems, Weser und Elbe Sicherheit für Leib und Leben sowie für den Erhalt der Lebensgrundlagen zu gewährleisten. Insel- und Küstenschutz bieten heutzutage unmittelbar die unverzichtbare Grundlage für Leben und Wirtschaften von etwa 1,2 Millionen Menschen (15 Prozent der niedersächsischen Bevölkerung) auf etwa 14 Prozent der Gesamtfläche des Landes Niedersachsen von etwa 6.600 km² mit mehr als 12 Milliarden Einheitswerten²¹; die wirklichen Werte liegen um ein Vielfaches höher. Mittelbar ist der Küstenschutz in Niedersachsen zusätzlich für eine große Zahl von Menschen und Werten in den benachbarten Bundesländern Bremen und Hamburg sowie in den Niederlanden wirksam. Unter demografischen Gesichtspunkten ist der bleibend sehr hohe Stellenwert der Weiterentwicklung des Küstenschutzes gut zu belegen: Zwischen 2009 und 2031 wird für die Landkreise und Städte im geschützten Gebiet ein Bevölkerungsrückgang von weniger als 10 Prozent prognostiziert. Insel- und Küstenschutz ist in Niedersachsen einzigartig in einem eigenständigen niedersächsischen Deichgesetz geregelt, das für alle nachrangigen Regelungen bindend ist. Dementsprechend ist der Insel- und Küstenschutz auch im Landes-Raumordnungsprogramm festgeschrieben (LROP 2008).²²

„Die Leistungsfähigkeit des Siedlungs-, Wirtschafts- und Kulturrums mit seiner Vielfalt, Eigenart und Schönheit kann als Lebensgrundlage für die Menschen dauerhaft nur durch wirksamen Insel- und Küstenschutz gesichert werden.“

Primäre Zielsetzung ist dabei die Sicherheit und in Orientierung daran die Wirtschaftlichkeit, wobei ständig in Abhängigkeit vom Erkenntnisgewinn zu optimieren ist. Dabei ist zu bedenken, dass zukunftsfähiger Küstenschutz sowohl sicher und effektiv als auch nachhaltig umwelt- und naturverträglich sein sollte. Die langfristige Bewahrung der natürlichen Eigenart des Wattenmeeres zum Wohl zukünftiger Generationen ist vor dem Hintergrund der Herausforderungen durch den Klimawandel eine gemeinsame Aufgabe von Staat und Gesellschaft im Rahmen des Integrierten Küstenzonenmanagements und liegt auch in besonderer Verantwortung der für den Küstenschutz tätigen Organisationen.

Das Wattenmeer vor der niedersächsischen Nordseeküste ist seit 1986 als Nationalpark geschützt. 1992 wurde es von der UNESCO zum Biosphärenreservat erklärt. Das deutsch-niederländische Wattenmeer wurde 2009 als UNESCO-Weltnaturerbe anerkannt.

Traditionell wird in Niedersachsen im Insel- und Küstenschutz Vorsorge für absehbare künftige Entwicklungen getroffen. Dementsprechend ist – nach dem jeweils verfügbaren, umsetzbaren Kenntnisstand – den Folgen des Klimawandels im Generalplan Küstenschutz (NLWKN 2007, 2010) Rechnung getragen worden.

Der derzeitige Sicherheitsstandard im Küstenschutz ist der höchste bisher erreichte, an seiner Verbesserung wird weiter gearbeitet werden. Bei aller Vorsorge bleibt jedoch ein Restrisiko bestehen. Die Bevölkerung, die im Schutz der Deiche lebt, muss sich dessen bewusst sein. Der hohe Stellenwert des Küstenschutzes muss erhalten bleiben und die Erhaltung der Sicherheitsstandards eine Daueraufgabe sein.

Die potenziellen Folgen des Klimawandels auf den Küstenschutz mit Schwerpunkt auf die Niederungsgebiete an der Festlandküste wurden in dem Forschungsverbund KLIFF eingehend untersucht, was für diesen Bereich bereits jetzt ausgesprochen konkrete Folgeabschätzungen hinsichtlich erfolgversprechender Strategien ermöglicht. Auch die Perspektiven für die Ostfriesischen Inseln sind eingehend und differenziert betrachtet worden, so dass für die benannten Handlungsfelder geeignete Maßnahmen benannt werden konnten. In Kap. 5.2.2 und 5.2.3 sind diese Handlungsfelder mit konkreten Maßnahmen zusammengestellt. Deren Umsetzung erfordert wegen des unterschiedlichen Kenntnisstands sowie der verschiedenartigen Randbedingungen differenzierte Bewertungen und Entscheidungen; dabei kann nach Abgleich mit den international verwandten Handlungsgrundlagen einheitlich auf die Szenarien für Klimaänderungsfolgen aufgebaut werden, wie sie im KLIFF-Forschungsthema A-KÜST angesetzt worden sind. Damit sind gute Voraussetzungen für anstehende Evaluierungen gegeben, wie sie beispielsweise im Rahmen des „North Sea Climate Change Assessment“ (www.NOSCCA.org) bis 2014 auf internationaler Ebene hinsichtlich der Folgen des Klimawandels und Anpassungsstrategien unter Einschluss des Themenfelds Küstenschutz erfolgen.

²¹ Einheitswerte werden durch die Finanzbehörden festgestellt und dienen u.a. der Erhebung der Beiträge der Wasser- und Bodenverbände.

²² Das Landes-Raumordnungsprogramm wurde während der Erstellung dieses Kapitels überarbeitet. Diese Änderungen und Ergänzungen konnten nicht mehr berücksichtigt werden.

5.2.2 Geschützte Niederungsgebiete der Festlandsküste

Auswirkungen des Klimawandels

Zentrale Aufmerksamkeit bei der Betrachtung von Klimaänderungsfolgen hat bisher der Meeresspiegelanstieg gehabt. Entsprechend den großen Unterschieden in den Eingangsszenarien bei globalen Klimamodellierungen hinsichtlich des zukünftigen weltweiten Ausstoßes von Treibhausgasen ergeben sich Variationen für Größenordnungen des zukünftig zu erwartenden Meeresspiegelanstiegs (IPCC 2007). Der globale Charakter der IPCC-Studie schließt derzeit deren unmittelbare Nutzung als Grundlagen für technische Ausführungsplanungen aus. Für regionale Differenzierungen fehlen noch weitgehend belastbare Grundlagen. Wesentliche Unsicherheiten im Nordseeküstengebiet sind dabei neben den Auswirkungen der Eisschmelze u.a. mögliche Änderungen im Verhalten des nordatlantischen Golfstroms. Für den Küstenschutz wesentliche Absenkungen von Niederungsgebieten können zudem insbesondere in Folge von Erdöl- und Gasentnahmen relevant sein.

Die Wasserstandsaufzeichnungen an der deutschen Nordseeküste lassen bisher keine signifikanten Trendänderungen erkennen.

Nach jüngeren Erkenntnissen wird der relative statistische Meeresspiegelanstieg durch zusätzliche dynamische Klimaänderungsfolgen überlagert:

- Herunterskalierungen globaler Klimamodelle auf die Nordatlantik-Nordsee-Region weisen auf zunehmende Sturmstärken auch bei stauwirksamen Windrichtungen für die deutsche Nordseeküste hin. Als Folge davon sind höhere Stauwerte in einer Größenordnung von einem bis drei Dezimetern bei Sturmfluten im niedersächsischen Küstengebiet zu erwarten (Woth 2005; Weisse et al. 2011).
- Das Mitwachsen der Watten mit dem Meeresspiegelanstieg in den letzten Jahrhunderten wird sich bei dessen Beschleunigung zumindest verlangsamen (Müller et al. 2007).

Beide Effekte führen zu größeren Wassertiefen vor den Küstenschutzwerken entlang der südlichen Nordseeküste und somit mittelbar zu stärkerem Seegang, dessen Längen und Höhen grundsätzlich durch die Wassertiefen begrenzt sind (Niemeyer 1983). Damit erhöht sich die Gefahr größeren Wellenüberlaufs, durch den bei der Sturmflut vom Februar 1962 die gefährlichsten Deichschäden an der Nordseeküste entstanden sind (Ingenieurkommission 1962).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die zu erwartenden Klimaänderungsfolgen die Belastungen von Küstenschutzwerken an den

Niederungsküsten des Festlands zum einen statisch durch den relativen Meeresspiegelanstieg und zum anderen dynamisch durch tiefenabhängig stärkeren Seegang wesentlich erhöhen werden. Damit wird die Sturmflutgefährdung in den geschützten Niederungsküsten erheblich steigen, worauf vorsorgliche Planungen im Küstenschutz rechtzeitig auszurichten sind.

Handlungsziele

Ausgangslage

Vor dem Hintergrund zu erwartender für den Küstenschutz relevanter Klimaänderungsfolgen stellt sich die Frage, ob sich die bisher praktizierte Strategie des linienhaften Schutzes aufrechterhalten lässt oder ob Alternativen anzustreben sind. Da allein für das Umsetzen erhöhter Sicherheitsanforderungen bei Beibehaltung der jetzigen Strategie - gemessen an der Umsetzung der Erfahrungen aus der Sturmflut vom Februar 1962 - Jahrzehnte benötigt werden, ist im Sinne der Daseinsvorsorge eine vorausschauende Planung unter Einbeziehung einer hinreichenden Bandbreite von Szenarien für Klimaänderungsfolgen unabdingbar. Dabei ist im Hinblick auf den zu erwartenden hohen Ressourcenbedarf an Geldmitteln, Baustoffen und -kapazitäten sowie Fachpersonal eine entsprechende Schwerpunktsetzung unter festgelegten Standards, etwa eines landesweit identischen Schutzniveaus, unabdingbar.

Die gegenwärtige Bemessung von Küstenschutzwerken in Niedersachsen trägt den Klimaänderungsfolgen bereits bei Deichen durch ein Vorsorgemaß beim Bemessungswasserstand von 50 cm Rechnung, das doppelt so groß ist wie der gegenwärtige Anstieg des mittleren Tidehochwassers pro Jahrhundert. Bei Massivbauwerken wird sogar ein Vorsorgemaß von 1 m berücksichtigt; entweder nach wirtschaftlicher Abwägung über entsprechende Auslegung der statischen Grundlagen für eine Nacherhöhung oder durch unmittelbare Umsetzung. Ein Mitwachsen der Watten bleibt bei der Ermittlung des Bemessungsseegangs unberücksichtigt, so dass mittelbar auch zusätzlich erhöhte dynamische Belastungen vorsorglich einbezogen sind (Niemeyer 2008). Um die entsprechenden Planungsgrundlagen zeitnah verfügbar zu haben, hat das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz kurzzeitig nach Einführung des erhöhten Vorsorgemaßes von 50 cm im Jahr 2007 Mittel verfügbar gemacht, die es der Forschungsstelle Küste im Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz ermöglichen sollen, bis Mitte 2013 für die niedersächsischen Küstengebiete und Tideästuarien insgesamt eine konsistente Bemessungsgrundlage nach dem Stand der Technik und Wissenschaft zu erstellen. Damit werden belastbare quantitative Grundlagen für die vergleichbare

Sicherheit verfügbar sein und es bleibt für den Fall eines verstärkten Anstieges des Meeresspiegels noch genügend Zeit für eine Anpassung der Schutzanlagen.

Bis Mitte 2013 soll für die Küstengebiete und Tideästuarien dafür eine Bemessungsgrundlage erstellt werden, die dann in die Bauprogramme für die kommenden Jahrzehnte einfließt. Nach deren Umsetzung wird die größte jemals in der etwa 1.000 Jahre alten Geschichte des Küstenschutzes an der südlichen Nordseeküste erreichte Sturmflutsicherheit für die geschützten Niederungsgebiete an der Küste und an den Tideflüssen in Niedersachsen erreicht werden können. Damit besteht die Möglichkeit, innerhalb der nächsten eineinhalb Jahrzehnte Forschung und Planung auf Konsequenzen aus ungünstigeren Szenarien auszurichten, wie sie nach gegenwärtigen Erkenntnissen für die zweite Hälfte dieses Jahrhunderts möglich sein werden. In den nachstehenden Abschnitten werden hierzu die folgenden Handlungsfelder evaluiert:

- Verstärkung der bestehenden Schutzwerke in Anpassung an zu erwartende Belastungsszenarien
- Mögliche Verbesserungen von Randbedingungen für die Sturmflutsicherheit der Menschen in den geschützten Niederungsgebieten an der Festlandsküste durch Einführung ergänzender oder alternativer Strategien
- Funktionale und konstruktive Optimierung von Küstenschutzwerken
- Neuausrichtung der Binnenentwässerung an Klimaänderungsfolgen
- Raumordnerische Vorsorge für Verstärkungen oder Neuerrichtungen von Küstenschutzwerken und Vorräten benötigter Erdbaustoffe (Sand und Klei)

Evaluierung: Verstärkung bestehender Schutzwerke

Die Sicherung der Küstengebiete auf der heutigen Schutzlinie setzt die definierten Ansprüche des Schutzes gegen Sturmfluten wirksam um. Hierfür bilden in Erdbauweise errichtete Deiche auch zukünftig ein wesentliches Element des Küstenschutzes.

Im KLIFF-Forschungsthema A-KÜST sind die ersten beiden Fragestellungen bereits so weitgehend abgearbeitet, dass für das konkret erforderliche Handeln im Küstenschutz für die nächsten Jahrzehnte belastbare Grundlagen vorliegen: Exemplarische Untersuchungen für die Rheider Deiche haben gezeigt, dass selbst bei einem Vorsorgemaß von 100 cm zusätzlich zu dem aktuell für die Sturmflutsicherheit erforderlichen Bemessungswasserstand und den

damit verbundenen zusätzlichen stärkeren dynamischen Belastungen die daraus abzuleitenden Verstärkungen mit heutigen technischen Mitteln ohne Änderung von Bauweisen und Baustoffen leistbar sind. Dies setzt voraus, dass die hierfür aufzubringenden Ressourcen auch künftig zur Verfügung stehen. Damit bleiben die Maßnahmen zur Anpassung im Rahmen bisheriger Bauprogramme und sind mit den heute bereits verfügbaren technischen Mitteln umsetzbar (KLIFF 2011; NIEMEYER et al. 2012). Neben dem Bauwerk selbst kommt seinen deichgesetzlich definierten Schutz- und Sicherungswerken eine große Bedeutung im Hinblick auf dessen Schutzwirkung zu.

Evaluierung: Ergänzende oder alternative Strategien

Die Arbeitsgruppe Küstenzonenmanagement des Weltklimarats hat bereits im Ausgang des letzten Jahrhunderts drei alternative Strategien des Küstenschutzes - in Anlehnung an historische Erfahrungen und in Übereinstimmung mit gleichzeitigen Überlegungen in den Niederlanden - skizziert (IPCC 1990):

- Schutz
- Anpassung
- Rückzug

In den Niederlanden wurde mit Vorwärtsverteidigung zusätzlich eine - ebenfalls aus der Geschichte abgeleitete - vierte Strategie einbezogen (Rijks-Waterstaat 1989).

Im ersten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts wurden im Rahmen nationaler und europäischer Forschungsprogramme wie KRIM (Schuchardt & Schirmer 2007) oder COMCOAST (COMCOAST 2007) Modifizierungen der Strategie „Schutz“ untersucht und als erfolgversprechende Alternativen zum traditionellen linienhaften Schutz deklariert:

- Schutz durch Rückdeichung
- Schutz durch Staffelung von seegangsdämpfenden und wasserstandskehrenden Bauwerken.

Die Ergebnisse des KLIFF-Forschungsthemas A-KÜST haben zu folgenden Ergebnissen geführt, deren weitere Erhärtung aus den noch bis Ende 2013 laufenden Untersuchungen zu erwarten ist:

- *Rückzug:* Die Aufgabe aller sturmflutgefährdeten Gebiete an der Küste und an den Tideästuaren beinhaltet die Aufgabe so großer Siedlungs- und Wirtschaftsräume, dass sie nur dann volkswirtschaftlich gerechtfertigt erscheint, wenn Belastungen aus Klimaänderungsfolgen keine entsprechenden sicheren technischen Lösungen entgegen gestellt werden können (Niemeyer 2005; Niemeyer et al. 2011b). Die Strategie steht im Widerspruch zu dem im Niedersächsischen Deichgesetz und im Landes-Raumordnungsprogramm (LROP 2008) definierten Ziel

des Schutzes der niedersächsischen Küsten vor Sturmfluten.

- *Anpassung*: Die geschichtlich bekannte Form sich an steigende Sturmflutwasserstände anpassender Siedlungs- und Wirtschaftsräume durch Warften oder Wurten scheidet heute weitestgehend aus. Ebenso wie bei der Erhöhung noch bestehender Warften und der Neuschaffung von Warften wird dabei die vollständige Neuerstellung der gegen Sturmfluten zu sichernden Infrastrukturen erforderlich. Auch diese Alternative ist für die gegenwärtig absehbaren Bedrohungsszenarien in ihrer wirtschaftlichen Gesamtbilanz im Vergleich zur Strategie „Schutz“ negativ zu bewerten (NIEMEYER 2004; 2010).
- *Schutz-Rückdeichung*: Die Idee einer Rückverlegung der Linie des Sturmflutschutzes geht von der Annahme aus, damit wegen des größeren Staauraums eine Absenkung von Sturmflutwasserständen und wegen der größeren Laufstrecke bis zum Deich eine stärkere Dämpfung des Seegangs im Vergleich zu der gegenwärtigen Schutzlinie zu erreichen (COMCOAST 2007). Konkrete Untersuchungen im KLIFF-Forschungsthema A-KÜST haben das Gegenteil ergeben: Zum einen bleiben die Sturmflutscheitel in etwa gleich oder erhöhen sich geringfügig. Zum anderen verstärkt sich der Seegang bis zum rückverlegten Deich. Ursache dafür ist, dass an fast allen Küstenabschnitten früher an die See verlorenes Land im Nachgang schrittweise nach gestützter natürlicher Auflandung bis zur Bedeichungsreife wieder eingepoldert wurde. Mit jeder Einpolderung wurde das dann hinter dem neuen Deich liegende Land von weiterer Sedimentation bei Sturmfluten abgeschirmt, während die Außendeichsgebiete mit dem Meeresspiegelanstieg weiter wachsen konnten. Somit sind die Wassertiefen bei gleichen Sturmflutwasserständen vor einem rückverlegten Deich fast immer größer als vor der aktuellen Schutzlinie und zwar umso mehr, je weiter der neue Deich zurück verlegt wird. Weil der Seegang vor der niedersächsischen Küste im Bemessungsfall grundsätzlich durch die vorhandenen Wassertiefen begrenzt wird, führt deren Zunahme im Hinterland zum Auftreten stärkeren Seegangs als vor der aktuellen Linie. Damit ist festzustellen, dass eine Rückdeichung keine geringeren, sondern höhere Belastungen als in der aktuellen Schutzlinie bewirkt. Die Schutzwerke müssten dann stärker ausgebildet werden als in der vorhandenen Linie. Bereits dadurch würden die Kosten vergleichsweise höher. Da aber bei Rückverlegungen fast immer ein völliger Neubau notwendig ist, während in der aktuellen Linie nur eine Verstärkung erforderlich wird, ist die Ressourcenbilanz für diese Alternative im Vergleich zur Beibehaltung der Strategie „linienhafter Küstenschutz“ ungünstiger (Niemeyer et al. 2011a, Niemeyer et al. 2011b).
- *Schutz-Staffelung*: Grundidee ist die Aufspaltung des konzentrierten Schutzes durch ein Bauwerk in zwei Elemente, von denen eins primär den Seegang dämpft und das andere räumlich nachgelagert die Sturmflutwasserstände kehrt und damit das Hinterland vor Überflutung bei hohen Sturmflutwasserständen schützt (COMCOAST 2007). Das zweite allein wasserstandskehrende Bauwerk kann mit steileren Böschungen und niedrigerer Kronenhöhe gestaltet werden als ein gegen Wasserstände und Seegang gleichzeitig kehrendes Bauwerk, da kein oder nur sehr geringer Seegang das Bauwerk erreicht. Die Einsparung an Baustoffen soll ausreichen, um vorgelagert ein wellenbrechendes Bauwerk zu errichten, das bei einer geringeren Kronenhöhe als der Scheitelwasserstand einer Sturmflut wirksam ist. Konkrete Untersuchungen im KLIFF-Forschungsthema A-KÜST haben aufgezeigt, dass diese positiven Annahmen der Wirklichkeit widersprechen: Für alle untersuchten Varianten wurde ein höherer Materialbedarf als für ein konzentriertes Bauwerk in einer Linie ermittelt. Je mehr sich die Gestaltung der beiden Bauwerksteile der grundsätzlichen Zielsetzung des geringeren Materialaufwands nähert, umso stärker nahm die Seegangsbelastung des nachgelagerten -eigentlich nur für Wasserstandskehrung ausgelegten- Bauwerks zu (Niemeyer et al. 2011b), was zu einer inakzeptablen Bruchgefährdung führt. Insofern ist die Alternative Staffelung sowohl aus Gründen der Sicherheit als auch in wirtschaftlicher Hinsicht im Vergleich zu einem in einer Linie konzentrierten Schutzwerk unterlegen.
- Unter der Evaluierung der Strategie „Schutz-Staffelung“ ist auch die Diskussion um die 2. Deichlinie, die hinter einer voll ausgebauten 1. Deichlinie liegt, einzuordnen. In Niedersachsen besteht sie - im Gegensatz zur schleswig-holsteinischen Westküste - bislang nur für kleinere Deichabschnitte. Eine 2. Deichlinie kann im Fall des Versagens der ersten Deichlinie die Überflutungsausbreitung erheblich reduzieren (Safecoast, 2008, HoRisk 2012). Dieses setzt allerdings einen ausreichend dimensionierten Querschnitt voraus. Nach Deichrecht sind daher bereits gegenwärtig Deiche, die geeignet sind, bei einem Bruch des Hauptdeiches oder eines Sperrwerkes die Überschwemmung zu reduzieren, als zweite Deichlinie zu widmen. Der Landesregierung wird darüber hinaus vorsorglich empfohlen, mittelfristig eine Konzeption für die raumordnerische Sicherung notwendiger Flächen für eine zweite Deichlinie zu erarbeiten. Gegen die Neuerrichtung einer zweiten Deichlinie sprechen zurzeit folgende Argumente:
 - Entgegen vielfach geäußerten Erwartungen weisen die Ergebnisse aus dem Forschungsthema A-KÜST aus, dass die Belastungen von Bauwerken in der zweiten Linie keines-

falls von vornherein geringer sind als die in der 1. Linie. Sichere Bemessungen müssen von mindestens gleich hohen Belastungen ausgehen wie in der 1. Linie.

- Die begrenzten Ressourcen von deichbaufähigem Sand und Klei lassen es als außerordentlich fraglich erscheinen, hinreichende Mengen aktivieren zu können, ohne den Bedarf für die primäre Sturmflutsicherheit zu gefährden.
- Nach überschlägigen Kostenschätzungen des Niedersächsischen Umweltministeriums aus dem Jahr 2000 würde die Neuerrichtung einer 2. Deichlinie für mehr als 120 Jahre das derzeitige Jahresbudget in Niedersachsen vollständig binden.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass für die Einführung alternativer Strategien zum linienhaften Schutz keine zwingenden Gründe, insbesondere auch nicht unter rechtlichen Aspekten, vorliegen. Vielmehr erweisen sich alternative Strategien alle als wirtschaftlich unterlegen, teilweise auch im Hinblick auf die Sicherheit. Auf absehbare Zeit - das heißt nach gegenwärtigem Kenntnisstand bis zum Ende dieses Jahrhunderts - ist die Sturmflutsicherheit der Niederungsgebiete an der niedersächsischen Nordseeküste in wirtschaftlich optimaler Form durch Verstärkung der Schutzwerke in der gegenwärtigen Linie gewährleistet.

Evaluierung: Funktionale und konstruktive Optimierung von Küstenschutzwerken

Die Erfahrungen aus den Schadensfällen während der Sturmflut vom Februar 1962 wurden in die folgenden Erkenntnisse für die Gestaltung und Bemessung von Küstenschutzbauwerken umgesetzt (Küstenausschuss Nord- und Ostsee, 1962; TWB 1969):

- Abflachung der Außen- und Binnenböschungen
- Begrenzung des zulässigen Wellenüberlaufs auf 3 Prozent der angreifenden Wellen
- Ausführung von Außen- und Binnenbermen
- Maßgaben für die Deichkonstruktion

Eine Erhöhung der Bruchsicherheit von Deichen ist funktional in erster Linie durch eine Vergrößerung der Querschnittsfläche erreichbar. Weiterhin ist eine Minderung von Infiltration und Erosion der Binnenböschung durch deren Abflachung und durch eine hoch liegende Binnenberme erreichbar. Konstruktiv ist grundsätzlich der Einbau infiltrationshemmender Elemente denkbar, allerdings sind dafür derzeit keine entsprechenden Erkenntnisse verfügbar. Ebenso besteht grundsätzlich die Möglichkeit, chemisch eine erhöhte Festigkeit des Korngefüges von Erdbaustoffen herbeizuführen.

Erste erfolgversprechende Ergebnisse sind in den Niederlanden erreicht worden, allerdings ist der dafür erforderliche Kostenaufwand für wirtschaftliche Handhabungen bisher zu hoch.

Hinsichtlich der Überlauftoleranz von Deichen sind in den letzten Jahrzehnten vielfältige Untersuchungen vorgenommen worden (Lastrup et al. 1990, Van der Meere et al. 2009, Le et al. 2011, Berkenbrink et al. 2009, 2011; Richwien et al. 2011).

Grundsätzlich weisen alle Untersuchungen aus, dass wesentlich höhere Überlaufmengen als bisher bei der Bemessung berücksichtigt schadensfrei von Deichen aufgenommen werden können. In den Untersuchungen mit mathematischen Modellen sind Überlaufmengen von bis zu 200 l/(m s) simuliert worden, ohne dass für bestimmte Kleiquantitäten ein Versagen des Bauwerks aufgetreten ist (Berkenbrink et al. 2011).

Dieses Potenzial wird nicht vollständig umsetzbar sein und bedarf zudem auch weitergehender Vorabklärungen. Zum einen kann im geschützten Gebiet keinesfalls überall eine Überlaufmenge von 200 l/(m s) schadensfrei aufgenommen werden. Bei einer Dauer höchster Sturmflutwasserstände von drei Stunden entspräche dies pro Meter einer Gesamtmenge von 2.160 m³. Weiterhin ist fraglich, ob die für die angesetzten bodenmechanischen Stabilitätskriterien zu Grunde gelegten kennzeichnenden Parameter im für die Abdeckung von Deichen verwendeten Klei hinreichend konsistent sind. Diese wesentlichen Einschränkungen sind allerdings kein hinreichender Grund, zukünftig grundsätzlich auf die Ausschöpfung dieses Potenzials zu verzichten, da bereits bei einer Erhöhung der zulässigen Überlaufmenge von 10 l/(m s) entsprechend etwa 100 m³ pro Meter für die Dauer der Bemessungssturmflut²³ sich ein Ersparnis bei der zur Erlangung der Sturmflutsicherheit erforderlichen Kronenhöhe von 0,5 m und mehr ergibt (Niemeyer et al. 2011a). Daher ist anzustreben, auf der Grundlage dieser neuen Erkenntnisse weitergehende Untersuchungen mit dem Ziel in Gang zu setzen, zu prüfen, ob eine hinreichend sichere und wirtschaftlich praktikierbare Methodik zur Einbeziehung erhöhter Überlaufmengen in der Bemessungspraxis entwickelt und verantwortet werden kann. Dies scheint auch deshalb geboten, weil sich dadurch die Reaktionszeiten für neue Bauprogramme bei Erkenntnissen zu höheren Belastungen aus Klimaänderungsfolgen verlängern lassen.

²³ Die Bemessungssturmflut ist ein synthetisch erzeugtes Ereignis mit dem gesetzlichen Bemessungswasserstand als Scheitelwert auf der Grundlage einer wirklichen Sturmflut.

Evaluierung: Neuausrichtung Binnenentwässerung

Eine vergleichbar detaillierte Evaluierung der Anpassung der Binnenentwässerung wie für die vorstehend behandelten Punkte erfolgt hier nicht, sondern ist eigenständig zu erledigen. An dieser Stelle ist mit der Erwähnung die Verankerung des Grundsatzes verbunden, dass eine erfolgreiche Anpassung des Küstenschutzes an Klimaänderungsfolgen untrennbar mit einer entsprechenden Neuausrichtung der Binnenentwässerung verbunden ist.

Der Bau einer geschlossenen Deichlinie war erst dann sinnvoll, als durch die Erfindung des Siels eine geregelte Binnenentwässerung möglich wurde. Die Sicherstellung eines zukunftsicheren Küstenschutzes muss von daher zwingend mit einer an den Klimaänderungsfolgen orientierten Ausrichtung der Binnenentwässerung gekoppelt werden. Hierbei sind aus heutiger Sicht folgende Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

- Der Meeresspiegelanstieg ist auch - in geringem Maß - mit einem Anstieg der Tideniedrigwasser verbunden. Der Anteil der Binnenentwässerung über Sielzug wird sich dadurch stetig mindern.
- Die bestehenden Pumpkapazitäten der Schöpfwerke werden dadurch und durch die ebenfalls zu erwartenden erhöhten Niederschläge in Winterhalbjahren immer weniger zureichend sein. Die anstehenden Sanierungen dieser Bauwerke verlangen daher - ebenso wie die vorsorglichen Höhenzuschläge bei Küstenschutzwerken - eine zukunftsorientierte Reserve für höhere Volumen und vorsorgliche Strukturierungen für spätere Kapazitätserweiterungen. Für diese wachsenden Pumpkapazitäten ist eine sichere Energieversorgung unabdingbar.

Die zuständigen Entwässerungsverbände haben dies bei zukünftigen Planungen zu berücksichtigen.

Evaluierung: Raumordnerische Vorsorge für Verstärkungen oder Neuerrichtungen von Küstenschutzwerken und Vorräten benötigter Erdbaustoffe (Sand und Klei)

Die Verstärkung von Küstenschutzwerken ist mit wachsendem Flächenbedarf verbunden, der insbesondere in Siedlungsgebieten an Grenzen stößt. Hier ist für langfristig wirksame Daseinsvorsorge zu prüfen, ob, und wenn, wie über eine Novellierung des Niedersächsischen Deichgesetzes und die Raumordnung eine verbindliche Privilegierung des Küstenschutzes abgesichert werden kann.

Zur Sicherung der Küstengebiete gegen Sturmfluten werden in Erdbauweise errichtete Deiche auch zukünftig ein wesentliches Element des Küsten-

schutzes bilden. Diese zeichnen sich durch eine vergleichsweise leichte Anpassungsfähigkeit aus, da im Falle eines Erhöhungsbedarfs das vorhandene Material leicht ausgebaut und wiederverwendet werden kann und sich die Bauwerke an setzungsempfindliche Untergründe anpassen können. Dieses ist bei Deichen, die eine massive Bedeckung z. B. in Asphalt aufweisen, nicht oder nur sehr eingeschränkt der Fall.

Der Bedarf an Klei für zukünftige Deichbaumaßnahmen wird angesichts des bereits bestehenden Bedarfs langfristig anwachsen. Deshalb besitzt die langfristige Sicherung von Flächen für die Kleigewinnung in den Küstenmarschen sehr hohe Priorität und ist mit anderen konkurrierenden Nutzungsansprüchen abzuwägen. Eine Kleigewinnung im Deichvorland innerhalb des Nationalparks „Niedersächsisches Wattenmeer“ ist nur im Rahmen der strengen Ausnahmeregelungen des Nationalparkgesetzes „Niedersächsisches Wattenmeer“ (NWattNPG) möglich. Die Kleivorkommen im Deichvorland können binnen Jahrzehnten von der Natur wieder aufgebaut werden, während die Regeneration der Salzwiesenökosysteme deutlich mehr Zeit benötigt.

Zusammenfassung

Insgesamt lassen sich aus den vorstehend dargelegten Abwägungen die vorrangigen Handlungsziele wie folgt zusammenfassen:

- Beibehaltung der Strategie „Linienhafter Schutz“ als sichere und wirtschaftlichste Form zur Gewährleistung der Sturmflutsicherheit der geschützten Gebiete.
- Statische und erdstatistische Auslegung von Massivbauwerken für Nacherhöhung bis zu 1 Meter
- Verstärkte Beobachtung und möglichst Vorabschätzung der Klimaänderungsfolgen „Meeresspiegelanstieg, wachsender Stau bei Sturmfluten, morphologische Entwicklung und Seegang für den Küstenschutz und insbesondere die Bemessung von Schutzwerken“.
- Beginn eines Untersuchungsprogramms zur Abschätzung von tolerierbaren Überlaufmengen in deichnahen geschützten Gebieten und Entwicklung einer Methodik zur sicheren Einführung erhöhter Überlaufmengen in Abhängigkeit von der Kleiqualität bei der Bemessung von See- und Ästuardeichen.
- Klärung der zentralen Fragen der Binnenentwässerung unter den Bedingungen des Klimawandels wie Meeresspiegelanstieg.
- Frühzeitige und konsequente Anwendung von Prinzipien des nachhaltigen Umgangs mit knappen Ressourcen (z. B. Effizienz, Vorsorgeprinzip, Vermeidungsprinzip, Wiederverwendung, Sparsamkeit) bei der Planung zur Deckung eines steigenden Bedarfs an Baustoffen für den Küstenschutz (Sand und Klei).
- Erstellung von raumordnerischen Konzepten

zur Flächensicherung für den Küstenschutz mit längerfristiger Perspektive. Dies erfordert regional und ortsspezifisch eine Flächenvorsorge für Verstärkungen, Informationen der Fachplanungen zum zukünftigen Kleibedarf, zu geeigneten Qualitäten (Kataster), sowie eine enge Abstimmung mit Behörden und relevanten Akteuren unter Zuhilfenahme von Integriertem Küstenzonenmanagement (IKZM). Flächen für die Kleigewinnung für den Küstenschutz sind vorrangig binnendeichs festzulegen. Soweit keine ausreichende Flächensicherung für die Kleigewinnung für den Küstenschutz binnendeichs erfolgen kann, sind Nutzungsmöglichkeiten entsprechender, geeigneter Vordeichsflächen zu prüfen.

Maßnahmen

Die Regierungskommission empfiehlt der Landesregierung – aufbauend auf den bisher erreichten Erkenntnisfortschritten – die daraus abgeleiteten Arbeitsziele im Insel- und Küstenschutz konsequent weiter zu verfolgen und schrittweise, in Orientierung am jeweiligen Kenntnisstand, fortlaufend von der Planungs- in die Umsetzungsebene zu befördern und damit die konkrete Daseinsvorsorge auch künftig zu gewährleisten. Auf Grund der zu erwartenden Klimaänderungsfolgen werden für den Insel- und Küstenschutz erforderliche zusätzliche Haushaltsmittel bereitgestellt werden müssen. Dafür wird es in den Untersuchungs- und darauf aufbauenden Planungsphasen zwingend erforderlich sein, Klimaänderungsfolgen so konkret wie möglich darzustellen, um für Politik und Verwaltung vorausschauend eine angemessene Ressourcenplanung zu ermöglichen.

Von besonderer Bedeutung ist dabei die Akzeptanz von Planungen und Umsetzungen durch die betroffene Bevölkerung. Auch hierfür hat das KLIFF-Forschungsthema A-KÜST wesentliche Grundlagen geliefert, die konkrete Einschätzungen und Orientierungen erlauben.

Repräsentative Befragungen²⁴ der betroffenen Bevölkerung in sturmflutgeschützten Gebieten Niedersachsens im KLIFF-Forschungsthema A-KÜST haben gezeigt, dass die im niedersächsischen Deichrecht verankerten konzeptionellen Grundlagen des Küstenschutzes und die bisher verfolgte und bewährte Strategie des Schutzes durch die Hauptdeichlinie breiteste Akzeptanz finden. Die Küstenbevölkerung erkennt an, dass ein hohes Schutzniveau realisiert ist und erwartet zugleich, dass der Küstenschutz als Daueraufgabe weiterhin mit hoher Aufmerksamkeit und Gewichtung weiterverfolgt und ständig angepasst wird. Wie die Umfragen weiterhin belegen, genießt die

staatliche Küstenschutzverwaltung und besonders die öffentlich-rechtliche Selbstverwaltungsorganisation der Deichverbände als den gesetzlichen Trägern der Deicherhaltung, bei der betroffenen Bevölkerung ein ausgesprochen großes Vertrauen (KLIFF 2011). Es gilt, die Basis für diese Akzeptanz durch Weiterentwicklung und stetige Anpassung des Küstenschutzes an neue Herausforderungen auch zukünftig weiter auszubauen.

Aus den Handlungszielen leiten sich die folgenden Maßnahmen ab:

- Fortführung des Programms „Bilanz Sturmflutsicherheit im Insel- und Küstenschutz“ mit Mitteln der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ zur Überprüfung der Sturmflutsicherheit des Hinterlands in einem Turnus von 10 Jahren als Grundlage kontinuierlich anzupassender Sollvorgaben für die Sturmflutsicherheit der geschützten Gebiete wie bereits fest eingeplant. Darauf aufbauend kann dann die kontinuierliche Überprüfung und Festsetzung des amtlichen Besticks erfolgen, das wiederum Grundlage für die Fortschreibung des Generalplans Küstenschutz ist.
- Kontinuierliche Anpassung der Sollvorgaben für die Sturmflutsicherheit der geschützten Gebiete auf Grundlage verfügbarer Vorabschätzungen von Klimaänderungsfolgen und Sicherung des zukünftigen Flächenbedarfs für weitere Verstärkungen.
- Eine mittel- bis langfristige Kompensationsplanung für absehbare Flächen- und Funktionsverluste des Naturhaushaltes und des Landschaftsbildes wird als sinnvoll erachtet und entsprechende Instrumente sollten entwickelt werden.
- Fortführung der laufenden Bauprogramme für Deichverstärkungen mit dem 2007 eingeführten Vorsorgemaß von 50 cm für bisher bekannten Meeresspiegelanstieg und potenzielle Klimaänderungsfolgen.
- Einrichtung einer zentralen Stelle zur Erfassung von Informationen und Daten mit Relevanz für Klimaänderungsfolgen beim Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. Es sind vorrangig fortlaufend die Trends von Meeresspiegelanstieg, Tidescheiteln, Sturmfluthäufigkeiten und Seegangsentwicklung zu analysieren und zu dokumentieren. Die Zusammenarbeit mit verschiedenen Forschungseinrichtungen sollte unter Einschluss des Norddeutschen Klimabüros zielgerichtet weiterentwickelt werden.
- Erstellung eines Katasters zur schadensfreien oder -armen Aufnahme von Wellenüberlaufmengen in deichnahen geschützten Gebieten unter Orientierung an der verträglichen Abfuhr

²⁴ Teilprojekt 6 des Forschungsthemas A-Küst im Rahmen von KLIFF.

der Überlaufmengen bei noch akzeptabler Beeinträchtigung zu schützender Güter. Hierzu ist ebenfalls zu prüfen, ob und wie eine Anpassung der Binnenentwässerung erforderlich sein wird. Weiter zwingende Voraussetzung ist die Erstellung eines Katasters bodenmechanischer Kennwerte von vorhandenen Kleiabdeckungen an See- und Ästuardeichen in Niedersachsen einschließlich Entwicklung einer hinreichend sicheren Methodik zu deren wirtschaftlich praktikabler Erfassung und Bestimmung. Diese Methodik kann bei Verstärkungen auch auf neu zu gewinnenden und einzubauenden Klei angewandt werden. Damit wird die erforderliche Grundlage für eine Bemessung unter Einbeziehung erhöhter Überlaufsicherheit in Abhängigkeit von den kennzeichnenden bodenmechanischen Parametern des Kleis verfügbar. Damit lassen sich zudem synergetisch verdeckte Mängel in vorhandenen Kleiabdeckungen erkennen und gezielt beseitigen sowie in neuen vorsorglich vermeiden. Dadurch wird die Bruchsicherheit der Deiche wesentlich und nachhaltig erhöht, da die Widerstandsfähigkeit der Kleiabdeckungen hierfür primär entscheidend ist.

- Die weitere Entwicklung und die detaillierende Konkretisierung der Strategie zur Anpassung des Insel- und Küstenschutzes in Niedersachsen bedarf angesichts der grundsätzlichen Bedeutung für das Leben und Wirtschaften in der Küstenregion in besonderem Maße der frühzeitigen Kooperation der verantwortlichen Institutionen sowie der breiten Verankerung und der Akzeptanz durch gesellschaftliche Akteure. In Anknüpfung an die diesbezüglich außerordentlich positiven Erfahrungen des KLIFF-Forschungsthemas A-KÜST, als spezifische Umsetzung des IKZM-Ansatzes und auch orientiert an der Vorgehensweise der niederländischen Delta-Kommission empfiehlt die Regierungskommission zur Weiterführung der konzeptionell-strategischen Grundsatzüberlegungen sowie zur Begleitung der Umsetzung des in diesem Kapitel aufgezeigten Handlungsbedarfs zur Beratung der Landesregierung eine Kommission aus Vertretern der einschlägigen Institutionen und Akteure einzurichten.

Die Gesamtheit dieser Aktivitäten richtet sich auf das in Niedersachsen traditionelle Ziel bruchsicherer Deiche, das nach 1962 massiv angestrebt worden ist (INGENIEURKOMMISSION 1962; KRAMER 1977). Ein vergleichbares Ziel wird mittlerweile auch in den Niederlanden mit Überlegungen zur Umsetzung des neuen Deltaplans mit dem Konzept des Deltadeichs verfolgt (PBL 2011).

Hinsichtlich der Akzeptanz der hier geschilderten Vorgehensweise in der Bevölkerung wird auf sozialwissenschaftliche Studien verwiesen, die im Rahmen des KLIFF-Forschungsthemas A-KÜST vorgenommen wurden (KLIFF 2011) und eine hohe Akzeptanz der gegenwärtigen und hier zur Fortführung vorgeschlagenen Strategie in der betroffenen Bevölkerung ausweisen. An der Höhe der eingangs genannten Daten wird deutlich, dass mit den zur Gewährleistung der Sturmflutsicherheit eingesetzten Mitteln sehr hohe Renditen erzielt werden. Diese Informationen sind hinreichend, um in der Zukunft bei eintretender Wirkung von Klimaänderungsfolgen erforderlich werdenden zusätzlichen Mittelbedarf für den Küstenschutz erfolgreich zu rechtfertigen.

5.2.3 Schutz der Ostfriesischen Inseln

Auswirkungen des Klimawandels

Ähnlich wie an der Festlandsküste werden auch im Bereich der Ostfriesischen Inseln Klimaänderungsfolgen über den beschleunigten Meeresspiegelanstieg hinaus wirken. Die Inseln mit ihren Seegaten, Riffbögen²⁵ und den zugehörigen Watteinzugsgebieten bilden ein zusammenhängendes morphologisches System, welches in einem dynamischen Gleichgewicht steht. Auf Grund der weitgehend nichtkohäsiven Sedimente sind für dieses Gebiet vielfältige Sekundärercheinungen zu erwarten:

- Aufsteilung der Vorstrände (Bruun 1962; Stive & de Vriend 1995)
- Verzögertes Mitwachsen der Watten in den Tidebecken und Vergrößerung der Seegaten (Müller et al. 2007); (s. Kap. 5.2.2)
- Stärkere Erosion der Riffbögen und angrenzender Inselstrände (Stive & Eyssink 1989)
- Mögliche Nachteile erodierender Riffbögen für die Versorgung von Inselstränden aus dem Küstenlängstransport und somit erhöhte Erosionsgefahr für Strände und Randdünen der Ostfriesischen Inseln
- Stärkere Seegangsbelastung der durch Riffbögen abgeschatteten Bereiche bei deren Erosion (Kaiser & Niemeyer 1999)

Es ist derzeit unmöglich, diese vielfältigen zu erwartenden Naturvorgänge aus zu erwartenden potenziellen Klimaänderungsfolgen quantitativ so zu bestimmen, dass entsprechende konkrete Planungen im Insel- und Küstenschutz darauf aufbauen könnten. Noch weniger gilt das, wenn deren Wechselwirkungen zu berücksichtigen sind. Ohne die Behebung dieser Defizite werden keine Klimaänderungsfolgen derart abgeschätzt werden kön-

²⁵ Riffbögen sind an seeseitigen Enden von Seegaten eine Aueinanderfolge von – teils trockenfallenden – Sedimentkörpern und dazwischen liegenden Rinnen. Sie bilden sowohl für den Längstransport zur anschließenden Insel als auch für den Quertransport in die landseitig der Inseln liegenden Tidebecken das Materialreservoir. Die Brandung auf Riffbögen dämpft erheblich den einschwingenden Seegang an den in ihrem Schatten liegenden Inselstränden und auf den landseitig gelegenen Watten.

nen, um darauf aufbauend eine vorausschauende Planung im Inselfchutz entwickeln zu können. Hierfür sind methodische Instrumente verfügbar, für deren zielgerichtete Anwendung vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz bereits ein operationell umsetzbares Konzept entwickelt worden ist.

Handlungsziele

Ausgangslage

Wie für Küstenschutzwerke am Festland wird bei der Bemessung von massiven Schutzwerken und bei Deichen an den Wattseiten der Inseln ein Vorsorgemaß berücksichtigt. Das dem Inselfchutz zugrunde liegende Sicherungskonzept ist im Generalplan Küstenschutz Niedersachsen – Ostfriesische Inseln konzeptionell dargestellt. Die in weiten Abschnitten der Ostfriesischen Inseln den Sturmflutschutz gewährleistenden Randdünen werden bisher nicht so systematisch bemessen, dass für diese Bereiche eine methodisch nachvollziehbare Vorsorge für Klimaänderungsfolgen erfolgen kann.

In unmittelbarer Zukunft sollte damit begonnen werden, für unterschiedliche Szenarien eines beschleunigten Meeresspiegelanstiegs mit mathematisch-morphodynamischen Modellen prozessbasiert alle hier skizzierten Sekundärwirkungen mit ihren Wechselwirkungen so zu quantifizieren, dass belastbare Ausgangsgrundlagen für eine vorausschauende Planung im Inselfchutz in wirklichkeitsnaher, konkreter Form möglich werden. Hierzu wird als erster Schritt das beim Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz entwickelte Konzept fortzuschreiben und umzusetzen sein. Für die erforderlichen topografischen Grundlagen können die Daten herangezogen werden, die bei der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie im 6 Jahres-Turnus gewonnen werden. Insgesamt sind die zu gewinnenden Erkenntnisse als Grundlage zur Beantwortung folgender Fragestellungen heranzuziehen:

- Entwicklungsperspektiven für die Strände und Watten im Umfeld der Ostfriesischen Inseln bezogen auf die Szenarien eines beschleunigten Meeresspiegelanstiegs
- Belastungen und daraus abzuleitende Bemessung massiver Schutzwerke und Deiche auf den Ostfriesischen Inseln bei Eintritt von Klimaänderungsfolgen wie beschleunigter Meeresspiegelanstieg und morphologische Sekundärentwicklungen
- Vorsorgliche Eignungsprüfung sogenannter „reuefreier Eingriffe“, wie beispielsweise großvolumige Materialeinbringungen anhand mathematischer Modelle unter den szenarienhaft ermittelten morphologischen Randbedingungen auf Effektivität insbesondere hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und nachteiliger Sekundärwirkungen in anderen Bereichen

Maßnahmen

Aus den Handlungszielen leiten sich folgende Maßnahmen ab:

- Die Regierungskommission empfiehlt die Umsetzung des Generalplans Küstenschutz – Ostfriesische Inseln einschließlich des 2007 eingeführten Vorsorgemaßes fortzuführen, bis die Erarbeitung neuer Erkenntnisse eine Optimierung ermöglicht. Der Generalplan ist entsprechend fortzuschreiben.
- Eine mittel- bis langfristige Kompensationsplanung für absehbare Flächen- und Funktionsverluste des Naturhaushaltes und des Landschaftsbildes wird als sinnvoll erachtet und entsprechende Instrumente sollten entwickelt werden.
- Die Untersuchung potenzieller morphodynamischer Klimaänderungsfolgen und möglicher Auswirkungen auf den Sturmflutschutz auf den Ostfriesischen Inseln wird beim Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz konzentriert, der bereits auf diesem Feld tätig ist und dafür auch Kooperationen mit anderen Institutionen auf nationaler und internationaler Ebene betreibt.
- Die Regierungskommission empfiehlt ein Erkundungsprogramm im Küstengebiet und in dessen seeseitigem Vorfeld zu beginnen, das Aufschluss über dort verfügbare Sedimentvorkommen mit Eignung für Zwecke des Insel- und Küstenschutzes liefert (Durchführung des Erkundungsprogramms durch den Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie und der niedersächsischen Raumordnungsbehörde).
- Sicherung geeigneter Gewinnungsgebiete für Sand im Küstenvorfeld durch raumordnerische Ausweisung als Vorrang- und Vorbehaltsgebiete.
- Im Zuge der wachsenden Belastungen der deichpflichtigen Küstenbewohner in den geschützten Niederungsgebieten durch den Klimawandel ist auch für die Ostfriesischen Inseln eine Gleichbehandlung im Sinne gleicher Sicherheit und vergleichbarer Belastung zu prüfen. Der Prozess dahin verlangt ein enges Zusammenwirken von Staat, Inselkommunen und Deichpflichtigen.
- Raumordnerische Sicherung von Schützdünenbereichen als Flächenvorsorge für Küstenschutzmaßnahmen durch Ausweisung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten.

5.3 Landwirtschaft, Garten- und Obstbau

5.3.1 Sektorbeschreibung niedersächsische Landwirtschaft

Niedersachsen gehört zu den führenden Agrarstandorten Deutschlands und Europas. Seine Landwirtschaft zeichnet sich durch Effizienz, Leistungsstärke und Wettbewerbsfähigkeit 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. Bei Brotgetreide beträgt die Erzeugung in Niedersachsen beispielsweise mehr als das fünffache des Verbrauchs seiner Einwohner, bei Kartoffeln sogar das zehnfache. Jedes fünfte Rind, jedes dritte Schwein und jedes zweite Masthähnchen Deutschlands stammt aus einem niedersächsischen Stall.

Die hohe Produktionsintensität erfordert umfangreiches spezialisiertes Wissen der 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. 2010 wirtschafteten etwa 42.000 landwirtschaftliche Betriebe in Niedersachsen mit einer durchschnittlichen Flächenausstattung von 62 ha. Sie erzielten eine Bruttowertschöpfung von fast 3 Mrd. € und gaben 150.000 Menschen Arbeit (entspricht 78.000 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. Viele der Anpassungsprozesse verliefen erfolgreich. Es gibt aber auch Beispiele für das Scheitern, wie Hungersnöte und Überproduktionen belegen. Der Zwang zur Anpassung hatte dabei ganz unterschiedliche Ursachen wie den Klimawandel, den technischen Fortschritt, den Wandel der Märkte (mit Schwankungen von Produktpreisen und Produktionsmittelkosten), die Änderungen der politischen Rahmenbedingungen (z. B. die Streichung

der Flächenstilllegungsverpflichtung, die Einführung und Veränderung des EEG, den Beschluss des Milchquotenausstiegs, die weitreichende Einschränkung von Preisstützungsmaßnahmen) und nicht zuletzt den Wandel der gesellschaftlichen Ansprüche (Essgewohnheiten, ethische Ansprüche wie z.B. Tier- und Umweltschutz).

Beschränkt man den Blick allein auf den Temperaturanstieg der letzten 100 Jahre in Höhe von 0,8°C, dann erscheint der gegenwärtige Klimawandel wie eine Schnecke im Vergleich zu den anderen externen Einflüssen, denen die Landwirtschaft ausgesetzt war und sein wird. Daraus ließe sich folgern, dass der Klimawandel für die anpassungserprobte Landwirtschaft kein größeres Problem darstellen sollte.

Eine solche Annahme würde aber verkennen, dass sich der Klimawandel beschleunigt und dass nicht der Temperaturanstieg, sondern vor allem der Rückgang an Niederschlägen während der Vegetationszeit und die erhöhte Wahrscheinlichkeit von Witterungsextremen die größeren Herausforderungen für die Landwirtschaft darstellen. 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. Die FAO projiziert unter der Annahme einer gering zunehmenden Bioenergienachfrage einen Nachfrageanstieg für landwirtschaftliche Erzeugnisse von +70 Prozent bis zum Jahr 2050 gegenüber 2005/07 (Grethe 2011).

Insbesondere werden steigende Preise fossiler Energieträger die Agrarmärkte weltweit stark beeinflussen. Steigenden Agrarpreisen mit i. d. R. neuen finanziellen Spielräumen für die Landwirtschaft wird eine steigende Investitionsbereitschaft folgen. Diese schafft Anreize, bisher ungenutzte Flächen in Kultur zu nehmen und extensive Wirtschaftsweisen zu intensivieren mit der Folge, dass der Druck auf potenziell nutzbare Flächen weltweit zunehmen wird. Davon werden zunehmend Flächen mit Bedeutung für die biologische Vielfalt wie natürliche Grasländer und Wälder betroffen sein. Ohne eine Ausweitung der Agrarproduktion weltweit werden die wachsenden Anforderungen nicht befriedigt werden können.

Gleichzeitig verschlechtern sich die klimatischen Anbaubedingungen vor allem in den tropischen und subtropischen bevölkerungsstarken Erdteilen mit starker und rasch wachsender Bevölkerung. Klimatische Verbesserungen sind dagegen vor allem in den dünn besiedelten Regionen der nördlichen Halbkugel zu erwarten. Daraus werden sich Verschiebungen der Warenströme ergeben, deren Folge noch nicht abgeschätzt werden kann.

Als größter Landnutzer in Niedersachsen hat die Landwirtschaft maßgeblichen Einfluss auf den ökologischen Zustand der Kulturlandschaft. Ihr kommt schon heute große Verantwortung für die biologische Vielfalt zu. Vor dem Hintergrund wachsender Nachfrage und der Auswirkungen des Klimawandels auf die heimischen Arten und Lebensräume (s. Kap. 5.6) wird es in Zukunft schwieriger werden, dieser Verantwortung gerecht zu werden. Dennoch muss diese Verantwortung im Rahmen zukünftiger landwirtschaftlichen Anpassungsmaßnahmen wahrgenommen werden. Anpassungsmaßnahmen sind deshalb auch im Hinblick auf ihre Auswirkungen auf die biologische Vielfalt zu bewerten und ggf. zu modifizieren.

5.3.2 Auswirkungen des Klimawandels

Direkte Folgen

Um die zukünftige Entwicklung des Klimas in Niedersachsen und die daraus resultierenden Folgen abschätzen zu können, wurden regionale Modellberechnungen angestellt (Krause 2008, Krause & Gross 2011). Sie geben eine Vorstellung von den zu erwartenden regionalen Veränderungen des Klimas. Eine Beschreibung der Klimamodelle und Ergebnisse von Klimaprojekten wie sie im Rahmen des Forschungsprojektes KLIFF erhoben wurden sind in Anhang IV dargestellt. Die folgenden Ausführungen beruhen im Wesentlichen auf Klimaprojektionen mit den Regionalmodellen CLM und WETTREG (Spekat et al. 2007, Böhm et al. 2006). Projektionen von Klimaänderungen zeigen immer eine große Bandbreite in den Ergebnissen, vor allem bei der Darstellung der Niederschläge.

Eine Überprüfung der Ergebnisse der Klimamodelle erfolgt mit gemessenen Wetterdaten (Periode 1961-90, C20 Läufe). Die Abweichungen von gemessenen Wetterdaten können noch erheblich sein (s. Kap. 4, s. auch Krause 2008). Deshalb sind die folgenden Aussagen zur zukünftigen Beregnungsbedürftigkeit mit Unsicherheiten verbunden.

Pflanzenproduktion

Zur Wasserverfügbarkeit

Für die landwirtschaftliche Produktion ist die Wasserversorgung der Kulturpflanzen von zentraler Bedeutung. Daher wird ausführlicher auf diesen Aspekt eingegangen.

In Niedersachsen werden die Jahresniederschläge relativ stabil bleiben. Die Niederschlagsverteilung wird sich zum Ende des Jahrhunderts allerdings ändern. Als wahrscheinlich gilt eine Fortsetzung des bereits zu beobachtenden Trends einer Verschiebung der Niederschläge in die Wintermonate. Damit einher geht eine Zunahme von Starkniederschlagsereignissen und länger anhaltenden Niederschlägen mit großen Wassermengen.

Eine wichtige Kenngröße ist die klimatische Wasserbilanz. Sie stellt die Differenz zwischen Niederschlag und potenzieller Verdunstung dar. Dieser Indikator liefert in erster Annäherung ein Maß für die regionale Wasserverfügbarkeit und gibt einen Hinweis darauf, ob die Vegetation in einem Gebiet von Wassermangel betroffen sein kann. Die saisonale Verlagerung der Niederschläge vom Sommer in den Winter bei gleichzeitigem Temperaturanstieg und höherer Verdunstung führt zu einer abnehmenden klimatischen Wasserbilanz im Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober).

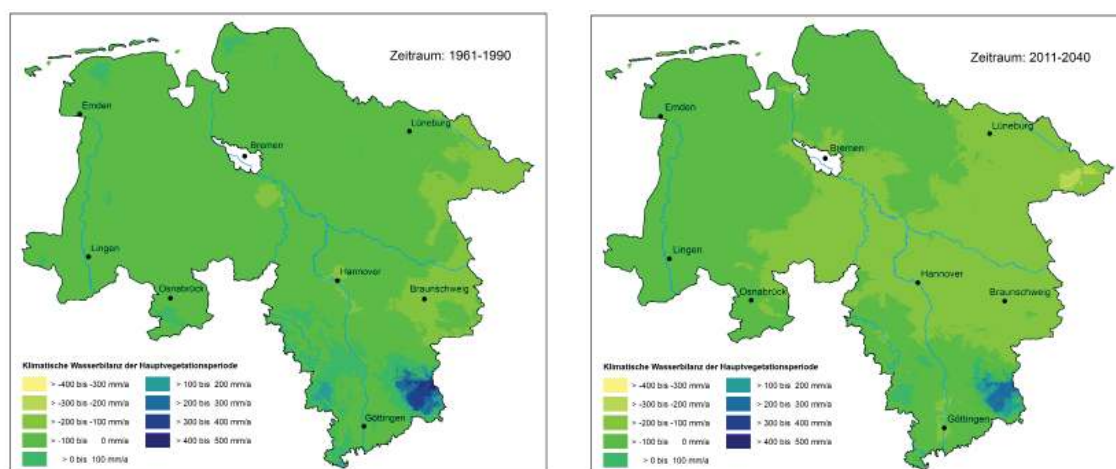


Abb. 24 Klimatische Wasserbilanz (Niederschlag – potentielle Verdunstung) im Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) für die Perioden 1961 bis 1990 und 2011 bis 2040, (WETTREG 2010, Klimaszenario A1B, Heidt & Müller 2012b)

Abb. 24 zeigt die regionale Veränderung der klimatischen Wasserbilanz im Sommerhalbjahr (KWBv) für den Zeitraum 2011–2040 im Vergleich zur Referenzperiode 1961–1990. In ganz Niedersachsen wird vor allem in der Mitte und im Osten eine Abnahme der KWBv erwartet (Engel & Müller 2009, Heidt & Müller 2012a). Im Süden und Westen des Landes wird die KWBv positiv bleiben.

Die klimatischen Veränderungen haben in einigen Regionen Folgen für die Wasserverfügbarkeit der Pflanzen. Abschätzungen der Entwicklung der potenziellen zukünftigen Beregnungsbedürftigkeit geben einen Ausblick auf die Wassermenge, die eingesetzt werden muss, um eine optimale Wasserversorgung heute angebaute Feldfrüchte (Getreide und Hackfrüchte) zu gewährleisten (Heidt & Müller 2012a). Die Ergebnisse für den Referenzzeitraum 1961–1990 und für den Zeitraum 2011–2040 sind für die Ackerflächen Niedersachsens in Abb. 25 dargestellt. Grundlage sind Klimaprojektionen des Klimamodells WETTREG, Version 2010 (Klimaszenario A1B, Mittelwert aus 10 Realisationen).

Die potenzielle Beregnungsbedürftigkeit ist aufgrund der Bodenbeschaffenheit im Süden Niedersachsens gering. Der Übergang zwischen den eher sandigen Böden im Norden und den Löss- und Verwitterungsböden im Süden ist auch innerhalb der potenziellen Beregnungsbedürftigkeit deutlich erkennbar. Hohe potenzielle Beregnungsbedürftigkeit herrscht im Nordosten (Heidt 2009) aber auch im Westen Niedersachsens. Die mit Abstand größte zusammenhängende Region nicht beregnungsbedürftiger Flächen bildet das südliche Niedersachsen. Südlich von Hannover und Braunschweig liegen die Ackerflächen fast vollständig unterhalb von 50 mm potenzieller Beregnungsmenge pro Jahr (mm/a). In der Periode 2011–2040 steigt die potenzielle Beregnungsbedürftigkeit in allen Landesteilen.

In Abb. 26 ist die projizierte Zunahme der mittleren potenziellen Beregnungsbedürftigkeit in Niedersachsen auf Grundlage der o.g. Klimaprojektionen dargestellt. Danach steigt auch in Südniedersachsen die potenzielle Beregnungsbedürftigkeit leicht an. Im nordöstlichen Bereich Niedersachsens sind moderate Zunahmen zu verzeichnen. Die höchsten Zunahmen werden für den Westen Niedersachsens projiziert. Es muss allerdings bedacht werden, dass je nach verwendetem Klimamodell bis zu 30% Überschätzungen des Niederschlages auftreten können. Dabei gibt es regionale und saisonale Unterschiede (Krause 2008). Für die Darstellung des Beregnungsbedarfs nach Abb. 25 und 26 kann das eine Überschätzung von bis zu 30 mm bedeuten.

Bei verstärkten Ansprüchen an die Grundwasservorräte können Konflikte zwischen den Grundwassernutzern (Trinkwasser, Brauchwasser, Beregnungswasser) und den Zielen des Grundwasser- und Gewässerschutzes, aber auch des Naturschutzes entstehen. In Niedersachsen wären davon insbesondere die Bereiche der Norddeutschen Tiefebene betroffen.

Durch die Veränderung der Niederschlagsverhältnisse ist mit einem verstärkten Oberflächenabfluss zu rechnen. Eine zunehmende Bodenerosionsgefährdung der Ackerflächen mit den bekannten On- und Off-Site Schäden (s. Kap. 4) sowie eine Zunahme von Hochwasserereignissen wären die Folge (Engel & Müller 2009; Niedersächsisches Umweltministerium 2006). Eine Zunahme der Sommertrockenheit verbunden mit einer stärker werdenden Austrocknung der Böden in der Hauptvegetationsperiode wird zu einer Änderung der Nährstoffdynamik führen. Da die Nährstoffaufnahme und der Transport von Düngemitteln an das Vorhandensein von Wasser gekoppelt sind, werden die Nährstoffverfügbarkeit und die

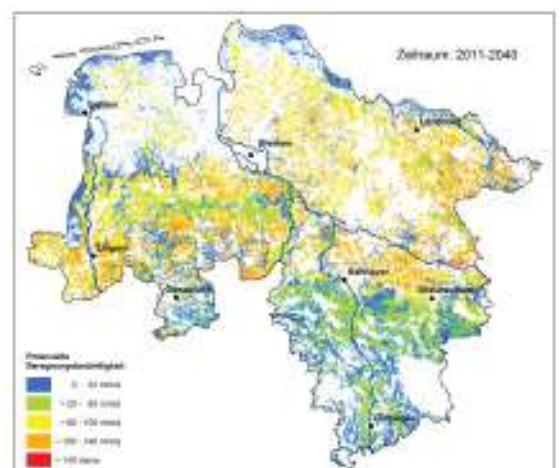
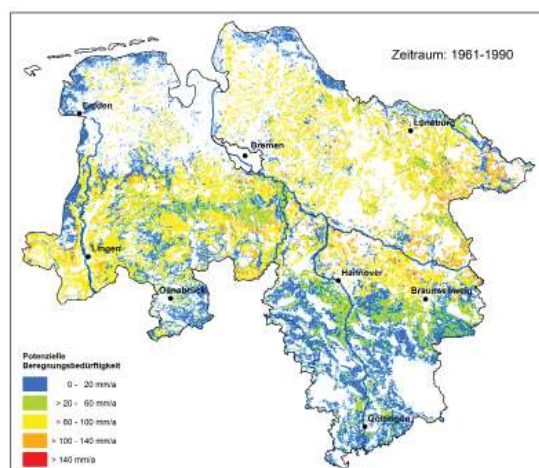


Abb. 25 Potenzielle Beregnungsbedürftigkeit Niedersachsens für den Zeitraum 1961–1990 und 2011–2040 (Heidt & Müller 2012a,b)

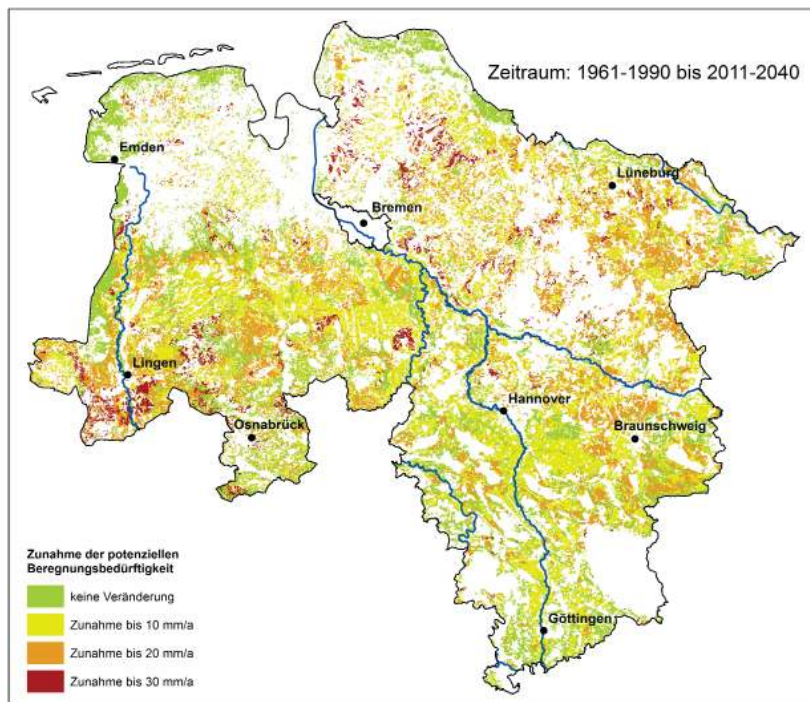


Abb. 26 Zunahme der potenziellen Beregnungsbedürftigkeit in mm/a bis zum Zeitraum 2011-2040 im Vergleich zum Referenzzeitraum 1961-1990 (WETTREG 2010 Klimaszenario A1B, Heidt & Müller, 2012a)

Düngewirkung (ohne zusätzliche Beregnung) eingeschränkt. Im Verein 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, ins Grundwasser (Engel & Müller 2009; Verband der Landwirtschaftskammern 2011).

Zu Bodenverdichtungen kann es kommen, wenn die Tragfähigkeit von Böden aufgrund hoher Wassergehalte überschritten wird. Auch können durch erhöhte Niederschlagsmengen im Herbst und Winter notwendige Saat- und Erntemaßnahmen sowie die Bodenbearbeitung beeinträchtigt werden. Dies ist insbesondere dann ein Problem, wenn sich gleichzeitig die Vegetationsperioden verlängern. Eine Abnahme der Frosttage wirkt sich negativ auf die Gefügestabilität ton- und lehmreicher Böden aus, da ein wiederholtes Auftauen und Wiedergefrieren zur Frostgare beiträgt. Auch durch einen temperaturbedingten Humusabbau kann die Gefügestabilität vermindert und die Verdichtungsgefahr erhöht werden. Folgen einer Schadverdichtung sind eine Verringerung des Wasserspeichervermögens und der Durchwurzelbarkeit. 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. Gefährdet sind vor allem ton- und schluffreiche Böden bei einer hohen Bodenfeuchtigkeit (Engel & Müller 2009).

Während die Veränderung der Niederschlagsereignisse für die landwirtschaftliche Produktion insbesondere im Nordosten und Westen Niedersachsens eher negativ beurteilt wird, sind die Auswirkungen der Temperaturerhöhungen differenziert zu betrachten.

Niedersachsen ist auch durch einen großen Anteil an grundwassernahen Standorten besonders in den Flussniederungen geprägt. Hier können sich sommerliche Trockenperioden mit hohen Temperaturen positiv auf das Wachstum der Kulturpflanzen auswirken, während naturnahe Feuchtgebiete bei einer starken Grundwasserentnahme zusätzlich gefährdet würden. Darüber hinaus können diese Regionen durch einen erhöhten winterlichen Wasseranfall zu Übernässung bis hin zur Überflutung neigen, was zu Beeinträchtigungen der Bewirtschaftung führen kann.

Dieser Abschnitt macht deutlich, dass die klimabedingten Anpassungen der Landwirtschaft besonders hinsichtlich des Wasserhaushalts äußerst vielschichtig sind und einer genauen Analyse bedürfen.

Temperaturerhöhung

Die Berechnung der Temperaturentwicklung mit den o. g. Modellen ergibt eine Erhöhung der Mitteltemperaturen in Niedersachsen, die allerdings regional und saisonal unterschiedlich ausfällt (Krause 2008, Krause & Gross 2011, siehe Kapitel 4). Bedingt durch die Zunahme der Temperatur und die Abnahme der Niederschläge im Sommer und damit einhergehender erhöhter Einstrahlung würde auch die Verdunstung, vor allem im Sommer, zunehmen. Gleichzeitig ist damit zu rechnen, dass sich der zu beobachtende Trend bei der Veränderung der Phänologie in Folge des Klimawandels fortsetzt oder verstärkt. 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 (Krause 2008). In Kap. 4 wird gezeigt, dass sich die Vegetationsperioden in Niedersachsen bereits verlängert haben und weiter verlängern werden. Bei Kulturen mit einer Keimtemperatur von >5 Grad C (z. B. Getreide, Zuckerrüben) wird mit einer Verlängerung der Vegetationszeit von ca. 23 Tagen, bei Kulturen mit einer Keimtemperatur von >12 Grad C (z. B. Sorgum) mit einer Verlängerung von ca. 11 Tagen im Zeitraum von 1961/1990 bis 2021/2050 gerechnet (v. Buttler et al. 2011).

Eine durch den Temperaturanstieg verursachte Verlängerung der Vegetationszeit, höhere Temperatursummen und gleichzeitig eine höhere CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre ermöglichen auch höhere Biomasseerträge (abb 27) und andere Fruchtfolgen (v. Buttler et al. 2011). Ein Anbau wärmeliebender Pflanzen (z. B. Sorgum, Soja etc.) oder ein Zweitanbau sind nur möglich, sofern die Grundsätze einer ordnungsgemäßen Grundwasserbewirtschaftung beachtet werden. Eine weitere Verlängerung der Vegetationsperiode würde zu verstärkter Evapotranspiration führen, was sich auf den Wasserhaushalt und damit auf das pflanzenverfügbare Wasser auswirkt.

Der Temperaturanstieg hat aber auch negative Einflüsse. Stark erhöhte Temperaturen könnten 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 Grad C zu reduziertem Wachstum führen (v. Buttler et al. 2011). Ähnliche Beobachtungen werden auch für Triticale in CO_2 Begasungsversuchen in Klimahäusern auf LWK in Nordost Niedersachsen Versuchsflächen bei extremen Sommertemperaturen (>30 Grad C) gemacht. In Bezug auf den Kohlenstoffgehalt des Bodens konnte bisher kein durch den Klimawandel induzierter Humusabbau (KLIMZUG-NORD, laufend) festgestellt werden (Schmelmer & Urban 2011).

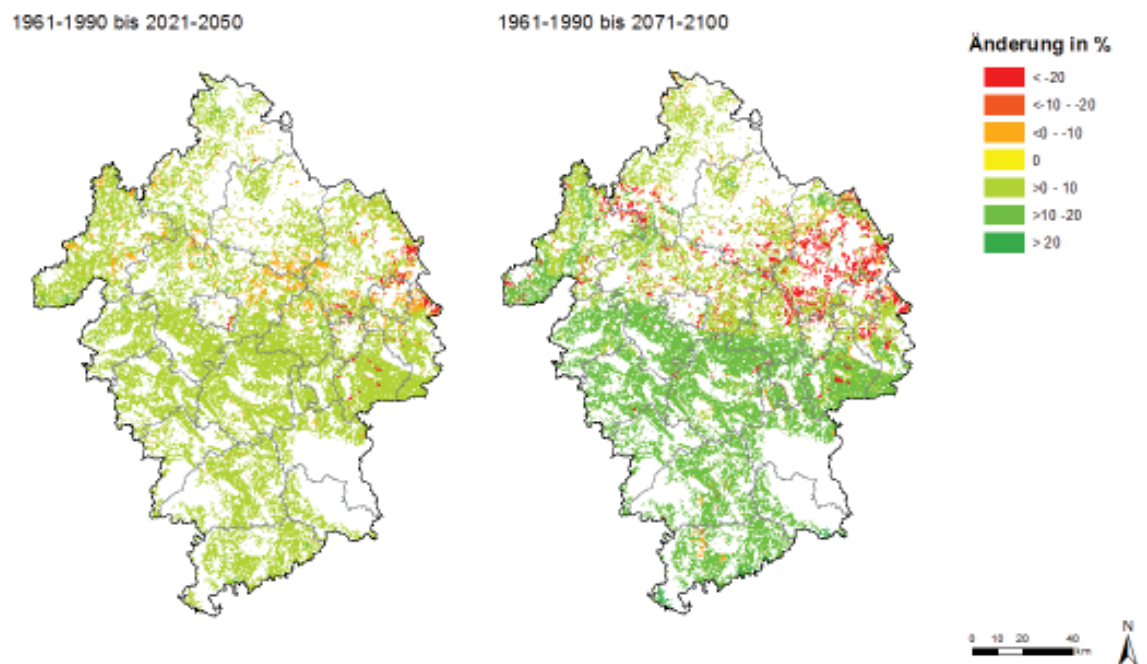


Abb. 27 Änderung des Biomasse-Ertragspotenzials am Beispiel Winterweizen in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen (CLM Klimaszenario A1B, Lenssen & Müller 2011)

CO₂-Konzentration

Höhere CO₂-Konzentrationen und höhere Temperaturen wirken sich positiv auf die Fotosynthese aus. So konnte in Untersuchungen am von-Thünen-Institut in Braunschweig (FACE-Projekt)²⁶ an Winterweizen und Wintergerste gezeigt werden, dass unter optimalen Bedingungen ein Anstieg der CO₂-Konzentration von derzeitiger (387 ppm) und zukünftig (550 ppm) erwarteter CO₂-Konzentrationen mittlere Ertragszuwächse bei Wintergerste zwischen 7,5 Prozent - 16,5 Prozent und bei Winterweizen von jeweils knapp 16 Prozent²⁷ ergaben. Auf die Ertragsbildung wirken aber eine Vielzahl von Faktoren, so dass eine Abschätzung der zu erwartenden Mehrerträge bei steigenden CO₂-Konzentrationen schwierig ist, zumal die Reaktionen auch pflanzen- und sortenspezifisch sind. Eine wichtige Rolle spielt auch hier die Wasserversorgung der Pflanzen. Da CO₂ über die Stomata in die Blätter gelangt und über sie der Wasserdampf entweicht, gestaltet sich das Verhältnis zwischen CO₂-Aufnahme und H₂O-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 CO₂-Konzentration plus durchschnittliche Temperaturerhöhung von 2,3 Grad C) wurde eine Zunahme der unter- und oberirdischen pflanzlichen Biomasse bei optimaler Wasserversorgung beobachtet²⁸, der sich besonders nach Dünger-Injektion von Ammonium (sogenanntes CULTAN-Verfahren) auswirkte.

Extremwetterlagen

Extremereignisse wie Dürre, Überschwemmung, Hagel, extreme Stürme oder Spätfröste sind schwer vorhersehbar. Landwirte, die unter freiem Himmel arbeiten, können sich vor den Schäden dieser Ereignisse kaum schützen. Es besteht lediglich die Möglichkeit, den wirtschaftlichen Schaden zu mindern. Weitere detaillierte Klimaauswirkungen auf einzelne Produktionsverfahren sind im Anhang III zusammengestellt worden.

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.

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 Stoffwechselleistung und der damit einhergehenden Wärmeproduktion besonders betroffen. Zusätzlich besteht im Bereich des Ackerfutterbaus und der Grünlandbewirtschaftung die gleiche Klimabhängigkeit 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 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 nicht geleistet werden können.

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. Dabei spielen nicht nur die Klimabedingungen und Bodenverhältnisse eine Rolle, sondern auch die Grundwassernähe oder -ferne.

Insgesamt wird die potenzielle Bewässerungsbedürftigkeit steigen. Eine genaue Prognose über Höhe und die resultierende Beregnungsmenge ist aufgrund der Klimaprojektionen bisher noch unsicher.

Durch die beschriebenen Veränderungen des Klimas erhöht sich das Risiko von Bodenerosion, Nährstoffauswaschung, gasförmigen Nährstoffverlusten und Bodenverdichtung. Eine Temperaturerhöhung kann zu einem Problem werden, wenn sich die übrigen Produktionsfaktoren, insbesondere Wasser, nicht im produktionstechnisch optimalen

²⁶ „Das Braunschweiger FACE-Projekt“, Johann Heinrich von Thünen-Institut.

²⁷ Weigel, Hans-J., R. Manderscheid und M. Schaller, Braunschweig: „Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf Ertrag und Qualität von Getreide“ www.agfdt.de/loads/gt07/weigel.pdf

²⁸ Schmelmer, K. und B. Urban (2011): Humusgehalte ackerbaulich genutzter Sandböden im Klimawandel – Experimente und Modellierung. www.dbges.de

Bereich befinden. Dies könnte bei zunehmender Sommertrockenheit besonders auf leichten Standorten Niedersachsens der Fall sein.

Höhere CO₂-Konzentrationen und höhere Temperaturen fördern die Fotosynthese. Wie sich diese auf die Pflanzenenerträge und den Wasserverbrauch auswirken, bedarf noch der Quantifizierung.

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.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass kurz- und mittelfristig die landwirtschaftliche Produktion in Niedersachsen von den direkten Auswirkungen des Klimawandels sogar profitieren könnte. Voraussetzung dafür ist, dass die Landwirtschaft auch weiterhin ihre Anpassungsfähigkeit im Bereich Pflanzenbau, Düngung, Pflanzenschutz, Pflanzenzüchtung oder Tierhaltung umsetzt oder sogar ausbaut, und diese z. B. durch Sensibilisierung, Qualifizierung, Beratung, Diversifizierung, nachhaltige Berechnungssysteme oder Versicherungsangebote erhalten oder sogar verbessern kann.

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. Dies hat Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Sektoren, aber auch auf die Versorgungssituation in den Ländern. Es ist durchaus denkbar, dass diese indirekten Folgen des Klimawandels von sehr viel größerer Bedeutung für die niedersächsische Landwirtschaft werden können als die direkten Folgen.

Nach Dominique Bruhn et al. vom Institut für Weltwirtschaft (Loccumer Protokolle 2010)²⁹ wird im Durchschnitt die landwirtschaftliche Produktion in den Entwicklungs- und Schwellenländern deutlich stärker vom Klimawandel betroffen sein als die in den Industrieländern. Dies ist auch

konform mit anderen Studien, etwa Stern³⁰ 2007, IPCC 2007, in denen unterschiedliche Modelle bei einer Verdopplung der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre eine Ausweitung der Getreideproduktion in den Industrieländern von 3 bis 15 Prozent und einen Rückgang um bis zu 15 Prozent in den Entwicklungsländern zeigen. Verstärkt würde dies durch die dort i. d. R. herrschenden negativen sozioökonomischen Beschränkungen, so dass die negativen Klimafolgen gar nicht oder nur sehr langsam kompensiert werden können. Dagegen würde mit Ausnahme des Mittelmeerraumes die europäische Landwirtschaft absolut und relativ vom Klimawandel profitieren. Innerhalb Europas gilt dies insbesondere auch für Deutschland. Nach einem Fact Sheet³¹ Klimawandel der EU (EU 2008) wird der Süden und Südosten Europas durch den Klimawandel in Form abnehmender Wasserverfügbarkeit und Dürren leiden, so dass die Ernteerträge zurückgehen werden, während sowohl für den Westen als auch für den Osten Europas steigende Ernteerträge projiziert werden.

Auch nach dieser Darstellung ergeben sich grundsätzlich Vorteile für die Industrieländer und z. T. sogar deutliche Nachteile für die Entwicklungs- und Schwellenländer.

Die niedersächsische Landwirtschaft kann wahrscheinlich absolut und relativ zu anderen Produktionsgebieten im weltweiten Vergleich an landwirtschaftlicher Produktivität gewinnen. Denn der Agrarstandort Niedersachsen

- wird in der Regel weniger deutlich vom Klimawandel betroffen sein als andere Regionen, auch wenn es innerhalb Niedersachsens Unterschiede gibt,
- verfügt mit Ausnahmen über relativ gute Böden mit in der Regel ausreichend Wasser,
- produziert in Marktnähe mit einer z. Zt. relativ zahlungskräftigen Bevölkerung im Hintergrund,
- verfügt über Kapital bzw. kann es mobilisieren und damit investieren,
- verfügt über Technik und
- über gut ausgebildete Menschen, die in der Lage sind, diese Technik adäquat zu entwickeln, zu verbreiten und anzuwenden.

Dies kann bei zunehmend globalisierten Agrarmärkten zur Verschiebung von Handelsströmen und zu neuen Exportmöglichkeiten für die niedersächsische Landwirtschaft führen.

Diese eigenen Vorteile dürfen aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass die weltweiten Folgen des Klimawandels insgesamt zu neuen Kalamitä-

²⁹ Loccumer Protokolle 02/10 (2010), Klimawandel und Deutsche Landwirtschaft, Dominique Bruhn, Mareike Lange, Sonja Peterson – Institut für Weltwirtschaft Kiel, S. 10, Evangelische Akademie Loccum.

³⁰ Stern, N., Stern Review. The Economics of Climate Change UNFCCC.

³¹ EU (2008). Europäische Kommission Generaldirektion Landwirtschaft und ländliche Entwicklung. Fact Sheet Klimawandel: Die Herausforderungen für die Landwirtschaft.

ten, Spannungsfeldern, Instabilitäten und nicht zuletzt zu Hunger führen können mit negativen Folgen für den Weltfrieden und die Migration. Deshalb bleibt das Treibhausgas-Minderungsziel (vgl. Kapitel Landwirtschaft der „Empfehlung für eine niedersächsische Klimaschutzstrategie der Regierungskommission Klimaschutz“, 2012) eine Verpflichtung aus eigenem Interesse und gegenüber den stärker betroffenen Ländern.

5.3.3 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)³². Mit dieser Anpassungsfähigkeit können die negativen Klimafolgen kompensiert, die positiven Folgen sogar noch ausgebaut werden.

Es stellt sich die Frage, ob die Landwirtschaft in den letzten Jahren an dieser Fähigkeit zur Anpassung verloren oder gewonnen hat. Einerseits sind die Betriebe weniger flexibel. Verदेutlichen lässt sich das an dem klassischen Gemischtbetrieb mit mehreren Produktionszweigen. Seine Produktpalette ist vielfältig. Sein Einkommen bezieht er aus diversen Quellen. Missernten oder Preisabstürze in einem Produktionszweig können meist durch einen anderen kompensiert werden. Diesen Gemischtbetrieb gibt es heute immer seltener: „Die Spezialisierung in der Landwirtschaft nimmt immer mehr zu. Im Zuge dieses Prozesses haben sich inzwischen viele Betriebe von der Viehhaltung verabschiedet und konzentrieren sich auf reinen Ackerbau, in der Börde vornehmlich auf Weizen und in der Heide auf Kartoffelanbau. Während die Viehhaltung in diesen Regionen stark zurückgegangen ist, hat sie in der Geest der mittleren Weser-Ems-Region deutlich zugenommen. Damit setzt sich der Trend zu einer spezialisierten Landwirtschaft mit einer starken regionalen Differenzierung der Wirtschaftskluster fort.“³³

Die Betriebe haben rationalisiert mit der Folge, dass sich ihr Einkommen aus wenigen Quellen, teilweise nur noch aus einer einzigen Quelle speist. Die Anpassungsfähigkeit und die Widerstandsfähigkeit gegenüber bestimmten Veränderungen haben darunter gelitten. Hinzu kommt, dass der hohe Spezialisierungsgrad mit größeren Investitionen und großen Kapitaldienstverpflichtungen 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 und ist auch witterungstoleranter geworden. Dazu trägt ganz wesentlich die Landtechnik bei. Heu, Silage, Getreide oder andere Hackfrüchte lassen sich in wenigen Tagen ernten. In kurzer Zeit lassen sich heute die erforderlichen Arbeiten wie Bestellung, Pflege oder Ernte erledigen. Und schließlich bestehen fast überall Möglichkeiten der Trocknung. Mit der deutlich genaueren Wettervorhersage lässt sich diese Schnelligkeit noch effektiver umsetzen. Wettervorhersagen, wenn sie sich auf den nächsten Tag beziehen, ermöglichen es, die Arbeiten fast auf die Stunde zu planen.

Nicht unerwähnt sollte dabei auch der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln bleiben, mit denen sich die Ausbreitung witterungsbedingter Schädlingspopulationen mindern oder ganz verhindern lässt. Mit moderner Wasser sparender Berechnungstechnik können Verluste durch Dürrephasen gemindert werden. Voraussetzung dafür ist, dass Berechnungswasser in entsprechender Qualität, Menge und betriebswirtschaftlich sinnvoller Nähe zur Verfügung steht und andere Schutzgüter und Nutzer nicht beeinträchtigt werden. Vor dem Hintergrund der wachsenden Notwendigkeit Energie und Ressourcen zu schonen, ist aber auch nach alternativen Nutzungen zu suchen, die mit geringerem Wasserverbrauch auskommen.

In vielen Teilbereichen kann die Landwirtschaft schnell 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 Düngungs- und Pflanzenschutzregimes oder der Bodenbearbeitung. 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.

³² Loccumer Protokolle 02/10 (2010), Klimawandel und Deutsche Landwirtschaft, Dominique Bruhn, Mareike Lange, Sonja Peterson – Institut für Weltwirtschaft Kiel, S. 10, Evangelische Akademie Loccum.

³³ Landwirtschaftskammer Niedersachsen: „Agrarstatistisches Kompendium 2011“, November 2011.

Fazit

Die Landwirtschaft ist grundsätzlich sehr anpassungsfähig. Sie kann relativ schnell auf Klimaänderungen reagieren. In vielen Bereichen kann sie es von einem Jahr zum andern, in anderen Bereichen benötigt sie nicht mehr als 25 Jahre.

In Kap. 4 werden die klimatischen Veränderungen beschrieben. Sie werden in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts moderat, in der zweiten Hälfte deutlich größer sein; in der 2. Hälfte sind sie allerdings mit deutlich größeren Unsicherheiten verbunden.

Vor diesem Hintergrund scheint es ratsam mit der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen in der Landwirtschaft abzuwarten, die sich auf die 2. Hälfte des Jahrhunderts beziehen. Es ist außerdem davon auszugehen, dass es in den kommenden Jahren Fortschritte bei der Klimamodellierung über die 2. Hälfte des Jahrhunderts geben wird, so dass die Anpassung auf eine bessere Grundlage gestellt werden kann.

5.3.4 Handlungsziele

Das grundsätzliche Handlungsziel besteht darin, der Landwirtschaft und den ihr vor- und nachgelagerten Bereichen eine effektive Anpassung zu 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. Außerdem müssen diese Anpassungsstrategien im Einklang mit den übrigen Schutzgütern stehen.

Aufgabe des Landes ist es, dafür die geeigneten Rahmenbedingungen zu schaffen.

Folgende (Rahmen-)Bedingungen sind für einen effektiven Anpassungsprozess sicherzustellen:

Zuverlässige Datengrundlage (s. Kap. 4)

- Es gibt zuverlässige und aktualisierte Datenquellen zu Fragen des Klimawandels bei Fachinstitutionen, die den Landwirten oder anderen 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 Landwirte sind für Fragen des Klimawandels sensibilisiert.
- Die Landwirte wissen, wo sie sich zuverlässig über den Klimawandel informieren können.
- Die Ergebnisse der Projekte zum Thema „Anpassung an den Klimawandel“ sind bekannt³⁴ und geben Orientierung für politisches Handeln. Sie liefern u. a. Entscheidungsgrundlagen für die Landespolitik und für private Akteure.

Beratung und Qualifizierung

- Die 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 Landwirte bzw. ihre Berater kennen den richtigen Zeitpunkt für Anpassungsmaßnahmen, d. h. sie entscheiden sich nicht zu früh oder zu spät dafür bzw. dagegen (Pünktlichkeit). Bei diesem Entscheidungsprozess werden sie durch kompetente Beratungsstellen unterstützt.

Anpassungsfähige Landwirte

- Die Betriebe sind robust und widerstandsfähig. Die Landwirte haben die finanzielle Kraft zu notwendigen Anpassungsmaßnahmen. Sie

³⁴ Siehe Auflistung von Projekten im Anhang.

verfügen über die erforderliche Kreditwürdigkeit. Sie können die vermehrt auftretenden und ungünstigen Witterungsverläufe verkraften, weil sie Vorsorge getroffen haben z.B. durch Vorräte, finanzielle Rücklagen oder Abschluss von Versicherungen.

- Die Landwirte bzw. die betroffenen Unternehmen wissen, dass es bei der betrieblichen Anpassung vor allem auf ihre eigene Initiative ankommt. Denn grundsätzlich haben die Betriebe selbst davon den größten Vorteil. Sie sind die Profiteure bzw. die Verlierer, sowohl bei der Frage der Risikovermeidung oder -minderung, als auch bei der Nutzung der Chancen. Außerdem sind auf betrieblicher Ebene die individuellen Anpassungsreaktionen zielführender und damit effizienter, weil dort die unterschiedlichen Standortbedingungen, die Ausrichtung der Betriebe bzw. des Unternehmens und nicht zuletzt die verschiedenen individuellen Möglichkeiten und Neigungen am besten berücksichtigt werden können (Subsidiarität). Staatliches Engagement ist hier entbehrlich.
- Das Land stellt klar, wo es Verantwortung im Anpassungsprozess übernimmt und wo nicht. Unverzichtbar ist z. B. das Engagement des Landes bei der Erforschung bzw. Erarbeitung von Grundlagen. Außerdem übernimmt das Land Aufgaben bei der Datenbeschaffung und -bereitstellung sowie bei Bildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen.

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 Pflanzenbedarf 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

- Das Land konzentriert seine Aktivitäten auf die Lösung der größten klimabedingten Anpassungsprobleme. Im Bereich der Landwirtschaft bestehen sie in bestimmten Regionen Niedersachsens zu Fragen der Beregnung und zur Verbesserung des Bodenwasserhaushalts. Dabei nutzt das Land die Ergebnisse einer Vielzahl von Projekten.³⁵

5.3.5 Maßnahmen

Über die Wirksamkeit entscheidet ganz besonders bei Anpassungsmaßnahmen nicht allein der Inhalt, die Finanzierung oder die Zielgruppe, sondern auch der Zeitpunkt der Implementierung. Ist der Zeitpunkt falsch gewählt, verliert sie entweder teilweise oder auch ganz an Wirksamkeit. Und im Gegensatz zu den Treibhausgas-Minderungsmaßnahmen, die besser heute als morgen umgesetzt werden sollten, besteht bei Anpassungsmaßnahmen aufgrund der großen Unsicherheiten die besondere Notwendigkeit und Schwierigkeit, den richtigen Zeitpunkt (s. Kap. 2) zu finden.

Für ein Abwarten spricht bei Anpassungsmaßnahmen in fernerer Zukunft (z.B. für die 2. Hälfte des Jahrhunderts) ein gewichtiger Grund. Die Entscheidungsgrundlagen werden allein durch die Verkürzung der Zeitspanne immer genauer, weil sich die Entwicklung der sozioökonomischen Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft und die Entwicklung der Agrarmärkte besser abschätzen lassen. Außerdem nimmt das Wissen über die komplexen Klimaabläufe und die Rechnerleistung zu. Vielleicht kann manche Maßnahme sogar ganz unterbleiben, weil sich Klima, die Agrarmärkte oder die sozioökonomischen Rahmenbedingungen dann doch anders entwickeln als projiziert.

Aber wie lange kann abgewartet werden? Denn es gibt auch ein „zu spät“. Zu spät wäre, wenn die Umsetzungszeit der Maßnahme (Reaktionszeit) nicht mehr ausreichen würde z.B. um klimabedingte Missernten oder Erosionsschäden zu verhindern bzw. Chancen zu nutzen. Diese einleitenden Ausführungen machen deutlich, dass bei Anpassungsmaßnahmen die Klärung des optimalen Umsetzungszeitpunktes von zentraler Bedeutung sind. Vor diesem Hintergrund haben auch No Regret Anpassungsmaßnahmen ihre besondere Berechtigung.

³⁵ Regionales Management von Klimafolgen in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen-Wolfsburg (2008-2011)“, - KLIMZUG NORD No Regret, Aquarius.

Bildung und Beratung

Um neue Erkenntnisse schnell in die Fläche zu bringen, bedarf es einer aktiven Bildungs- und Beratungsarbeit (s. Kap. 5.18 und 5.19). Der Bildungsstand der Landwirte ist in Niedersachsen gut. Dies ist anpassungsrelevant und sollte grundsätzlich beibehalten werden.

- Die Kompetenz und Qualifikation der Akteure sollte verstärkt auf Fragen der Klimaänderung und Anpassung ausgerichtet werden. Landwirte 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 Beratungsinstitutionen (LWK Niedersachsen, Beratungsringe) verstärkt auszurichten.
- Die Beratung muss befähigt werden, die Landwirte im Sinne einer klimaangepassten und -optimierten Betriebsführung zu beraten. Die Erarbeitung entsprechender Grundlagen und die Einführung der Beratung sollten zeitnah erfolgen.³⁶

Beratungsgrundlagen 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 berücksichtigen damit automatisch den Klimawandel auf einer Vielzahl unterschiedlicher Standorte. Zudem sollten „länderübergreifende, neutrale Landessortenversuche nach dem Anbaugebietskonzept und deren Auswertung auf Basis definierter Boden-Klima-Räume“ stattfinden.³⁷ 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.

Konkret werden folgende Vorschläge gemacht:

- Weiterentwicklung eines klimaangepassten Nährstoffmanagements mit Hilfe von Prognose- und Berechnungsmodellen für die Düngung, N_{min} -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. 5.7 und 5.17). Dem Land stehen hierzu verschiedenen 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 Wasser verbrauchender Feldfrüchte, Wasser sparende 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.

Steuerungs- und Förderprogramme

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. Hierzu wurden und werden in den Projekten „Klimafolgenanpassung in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen“³⁸, „No Regret – Genug Wasser für die Landwirtschaft“, „Aquarius - dem Wasser kluge Wege

³⁶ Siehe dazu: Klimawandel Unterweser, Leittext „Anpassung an den Klimawandel“ für Auszubildende im Ausbildungsberuf Landwirt/ Landwirtin (Projekttabelle im Anhang).

³⁷ Verband der Landwirtschaftskammern: „Klimawandel und Landwirtschaft – Anpassungsstrategien im Bereich Pflanzenbau“, 2010 Fachinformationen.

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 Kulturlandschaftsverbänden)³⁹.
- 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.
- 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 und gereinigtes Abwasser (Klarwasser) zurückzuhalten und einer späteren Nutzung in der Vegetationsperiode zugänglich zu machen.
- Bei der Wasser- und Grundwasserbewirtschaftung kann auf das Instrument der Wasserentnahmegebühr (WEG) zurückgegriffen werden. Hierdurch ist auch eine Lenkungsfunktion für die Wassernutzung gegeben. Gleichzeitig könnten aus den Einnahmen bei entsprechendem Nutzen für den Wasserhaushalt Maßnahmen, zum Beispiel für Wasserspeicherung und Grundwasserneubildung zweckgebunden gefördert werden.
- 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 Organisation der Wassernutzer (Fachverband Feldberegnung, Dachverbände) sowie die LWK Niedersachsen können hier zuarbeiten. Dazu sollen die tatsächlichen Beregnungsmengen erfasst werden, um den zusätzlichen Bedarf ermitteln zu können.
- In einer landesweiten Betrachtung der drainierten 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 ist von LBEG, NLWKN, NW-FVA und LWK Niedersachsen zu übernehmen.
- Erweiterung, Test und Einführung standortspezifischer Verfahren zur Beregnungssteuerung auf Grundlage von Klima- und Bodendaten. Einrichtung eines landesweiten Informationsdienstes zur vegetationsbegleitenden Bereitstellung aktueller Beregnungsbedarfsdaten. Diese Maßnahme ist von LBEG und LWK Niedersachsen zu übernehmen.
- Die Erprobung 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).

Datengrundlage und Forschung (s. a. Kap. 5.17)

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

³⁸ Kapitel „Wasserwirtschaftliche Anpassungsstrategien im Grundwasserkörper Fuhse-Wietze vor dem Hintergrund des Klimawandels“, Regionales Management von Klimafolgen in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen-Wolfsburg (2008-2011) www.klimafolgenmanagement.de.

³⁹ 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.

- Versuche mit weniger Wasser verbrauchenden Feldfrüchten, sowie zur Quantifizierung des Wasserverbrauchs der Kulturpflanzen bei erhöhter CO₂ Konzentration der Atmosphäre (Zurzeit bspw. UNI Göttingen).
- 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 hier festsetzen. 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 Lebendtiertransport⁴⁰ 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 Wirkungspfade 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 „Empfehlung für eine niedersächsische Klimaschutzstrategie der Regierungskommission Klimaschutz“, Kap V, Landwirtschaft und Erhalt organische Böden, Maßnahme 6, 2012).

Anpassungscheck gesetzlicher Regelungen

Ermöglichen die rechtlichen Instrumente für die landwirtschaftliche Bodennutzung wie das Boden-, Natur-, Gewässerschutz-, Düngemittel- und Pflanzenschutzrecht sowie das Tierschutzrecht einen effektiven Anpassungsprozess an den Klimawandel, so dass die Klimarisiken für die Landwirtschaft 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? In diesem Zusammenhang sei verwiesen auf die Beschreibung der direkten Klimafolgen für die Landwirtschaft (s. Kap. 5.3.2).

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob die diversen gesetzlichen Regelungen den vermehrten Anforderungen hinsichtlich des Klimawandels gewachsen sein werden.

- 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 Ergebnisse aus laufenden und abgeschlossenen Forschungsvorhaben zur Klimaanpassung zur Verfügung. Diese Maßnahmen sollten entsprechend des Bedarfs kurzfristig umsetzbar sein.

Die Bedeutung der Versicherungen im Anpassungsprozess prüfen

Neben den schleichenden Klimaänderungen von Jahr zu Jahr spielen für die Landwirtschaft die Wetterextreme eine große Rolle. Von Bedeutung ist hier die Zunahme der Wahrscheinlichkeit von Hitzeextremen und Trockenperioden. Aber auch Extremwetterereignisse wie Hagel, Starkregen, Sturm und Frost können den Ernteertrag drastisch

⁴⁰ Klimawandel und Landwirtschaft – Positionspapier mit Strategien zur Anpassung und zum Klimaschutz im Bereich Tierhaltung. Verband der Landwirtschaftskammern, Stand 12.09.2011 (abgestimmter Entwurf).

schmälern. Sich auf diese zunehmende Klimavariabilität einzustellen, ist für die Landwirtschaft sehr viel schwieriger. Hier können in Zukunft Elementarversicherungen für die Landwirtschaft an Bedeutung gewinnen.

Während das Hagelrisiko in Deutschland derzeit schon in breitem Maße privatwirtschaftlich über die Hagelversicherung abgedeckt wird, besteht dagegen für andere Wettergefahren nur begrenzter Versicherungsschutz. In nennenswertem Umfang werden erweiterte Versicherungspolice n z. Zt. nur für Bioenergiepflanzen angeboten. Hier besteht zusätzlich zum Hagelschutz eine Deckung für Sturm- und Starkregenschäden. Zwei Versicherungsunternehmen bieten zusätzlich erweiterte Gefahrendeckungen bzw. Erweiterungsbausteine für alle landwirtschaftlichen Hauptkulturen an, jedoch nur mit geringem Gesamtanteil in Bezug auf die Gesamtproduktionsflächen Deutschlands.

- Die Landesregierung sollte vor dem Hintergrund des Klimawandels prüfen, ob sich durch die Einführung einer Elementarversicherung die Anpassungsvoraussetzungen für die Landwirtschaft verbessern und ob ggf. die dafür notwendigen Voraussetzungen für eine solche Einführung gegeben sind.

5.4 Fischerei

5.4.1 Sektorbeschreibung

Hochsee- und Küstenfischerei

Die niedersächsische Seefischerei hat ihren wirtschaftlichen Schwerpunkt in der Nordsee.⁴¹ Die Fischereiflotte umfasst rund 150 Schiffe, die Nordseegarnelenfischerei hat mit über 120 Kuttern daran den größten Anteil. Fünf Kutter werden in der Muschelfischerei eingesetzt. Der Umsatz der Kleinen Hochsee- und Küstenfischerei betrug 2010 knapp 50 Millionen Euro, hinzu kommt der Umsatz eines Betriebes mit drei Fahrzeugen der Großen Hochseefischerei. Auf den niedersächsischen Fischereischiffen arbeiten derzeit rund 500 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. 88 Prozent (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 2010 mit rund 0,27 Millionen Tonnen dementspre-

chend bei 12 Prozent. 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 einer intensiven Nutzung. Hierzu gehören neben der Fischerei, der Schifffahrt, Pipelines und dem Sand- und Kiesabbau zunehmend auch Offshore-Windkraftanlagen mit entsprechenden Kabeltrassen. Derzeit sind 25 Windparks in der Nordsee genehmigt sowie 50 im Genehmigungsverfahren.⁴² In den Offshore-windparks darf voraussichtlich 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 80 Haupt- und 2370 Neben- und Zuerwerbsbetriebe. Der Umsatz betrug in 2009 etwa 30 Millionen Euro, wobei die Aquakultur – insbesondere die Forellen- und Aalzucht – daran den größten Anteil hat. Die erwerbsmäßige Seen- und Flussfischerei erwirtschaftet in Niedersachsen mit geschätzt 0,5 Millionen Euro nur relativ geringe Erlöse. Knapp ein Drittel der Wasserfläche Niedersachsens wird fischereilich genutzt. Zu berücksichtigen sind auch die knapp 140.000 Mitglieder von Angelvereinen in Niedersachsen und zahlreiche Touristen, die an niedersächsischen Flüssen und Seen angeln.

5.4.2 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 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

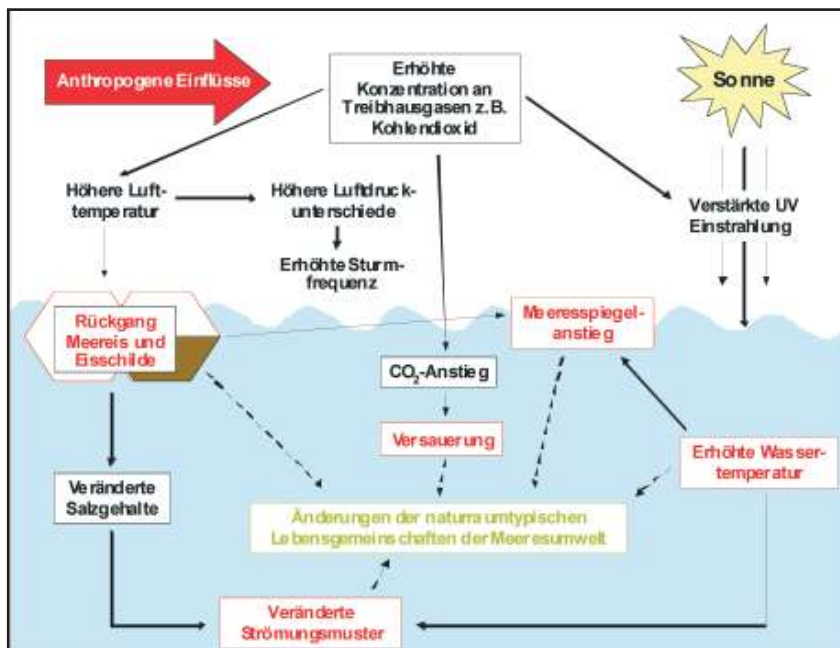


Abb. 28 Schematische Darstellung der wichtigsten Wirkungen des Klimawandels auf die Meere (UBA 2009)

⁴¹ Die Entwicklung von Anpassungsstrategien beschränkt sich daher auf dieses Seegebiet.

⁴² www.offshore-wind.de

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 und auf das Ökosystem insgesamt auswirken. Zumindest in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) 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 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, aber auch der Rückgang des Kabeljau-Bestands könnte eine Rolle für die Verschiebung spielen. Ob der Klimawandel Auswirkungen auf die Nordseekrabbenbestände und die Miesmuschelbestände hat, lässt sich derzeit nicht abschätzen.
- **Die Temperaturerhöhung, insbesondere das Fehlen der kalten Eiswinter, ermöglicht Arten die Einwanderung, deren Temperaturpräferenz vorher in südlicheren Meeresgebieten lag.** Die Streifenbarbe entwickelte sich seit Beginn dieses Jahrhunderts zu einer Handelsart der Nordsee: Ihre Fangmenge stieg von 10 Tonnen im Jahr 1985 auf 700 Tonnen im Jahr 2005. Südlich von Helgoland kommen bereits regelmäßig laichreife Sardellen 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. Der Klimawandel kann durchaus eine Chance für die Fischerei darstellen. Allerdings ist noch nicht einschätzbar, ob hieraus eine ökonomische Kompensation für die zurückgehenden Kabeljaufänge resultiert. Die veränderten Umweltbedingungen könnten überdies exotische Krankheitserreger und Parasiten begünstigen.
- **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 Prozent (15 bis 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. 4). 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. 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 jedoch auch regional Probleme bezüglich einer ausreichenden Wasserversorgung auftreten, insbesondere wenn die Teichanlagen aus kleinen Zuläufen gespeist werden. Für die vielfach an Fließgewässern beziehungsweise in deren potenziellen Überschwemmungsgebieten liegenden traditionellen Forellen- und Karpfen-

teichwirtschaften 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.

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 Aufwuchsgebiete für Jungfische kommen.

Darüber hinaus gibt es hinsichtlich der Bestandentwicklung beim Aal (*Anguilla anguilla*) als umsatzstärksten Fisch der Fluss- und Seenfischerei deutliche Hinweise auf eine mögliche Abhängigkeit von der Klimaentwicklung, da die Nordatlantische Oszillation (NAO) offenbar sowohl die Rekrutierung der Glasaale in den Flussmündungen über die Strömungsverhältnisse als auch die Blankaalabwanderung über die Niederschlagsentwicklung beeinflusst. Als Nordatlantische Oszillation wird die Schwankung des Druckverhältnisses zwischen Islandtief und Azorenhoch bezeichnet. Momentan zeigt sich ein Trend zu mehr Jahren mit einem positiven NAO-Index, die in Nordeuropa zwar mit erhöhter Blankaalabwanderung jedoch auch mit einem verringerten Glasaalaufkommen verbunden sind.

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 sommerlichen Fischsterben zu rechnen.

Fischartenschutz

Vom Klimawandel werden einzelne Fischarten, insbesondere Salmonide wie Äsche oder 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. 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.

5.4.3 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 hat das Problem, dass ihre Bestandsprognosen durch den Faktor Klimawandel noch schwieriger werden und mit noch größeren Unsicherheiten behaftet sind. 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 der kommerziellen genutzten Fischpopulationen zu verbessern und die Pufferfähigkeit gegen mögliche Klimaänderungen zu erhöhen. Genetisch vielfältige Populationen und artenreiche Ökosysteme haben ein größeres Potenzial, sich dem Klimawandel anzupassen. Gesunde Bestände mit großer Population von Fischlarven können zudem besser auf Populationsverschiebungen und Veränderungen der Ökosystemstrukturen reagieren. Bei durch Überfischung stark verkleinerten Beständen wird

die für den Bestandserhalt erforderliche Mindestzahl an reproduktionsfähigen Tieren leichter unterschritten.

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 bis zum Jahr 2020 einen guten Meereszustand zu erreichen. Die Mitgliedstaaten sind gehalten, 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, bis 2020 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 Wattenmeerkoperation.

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. 5.6)

5.4.4 Maßnahmen

Verbesserung des Wissensstands

- Die Regierungskommission empfiehlt der Landesregierung, sich für eine Intensivierung der Forschung zum besseren Verständnis der Auswirkungen des Klimawandels auf die Fischerei sowie zu möglichen Anpassungserfordernissen und -maßnahmen wie z. B. die Erforschung neuer Fangtechniken in der See- und Binnenfischerei einzusetzen, insbesondere am Johann

Heinrich von Thünen-Institut – Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI).

- Ermittlung der Vulnerabilität der Fischbestände auf der Basis der Informationen der Wasserrahmenrichtlinie und der klimabedingten Änderung der Wasserdynamik und -qualität.

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-Wasserrahmenrichtlinie⁴³ und der EG-Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie⁴⁴ 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

⁴³ RICHTLINIE 2000/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. Oktober 2000 (WRRL).

⁴⁴ RICHTLINIE 92/43/EWG DES RATES vom 21. Mai 1992 (FFH-RL).

Einrichtung ökologischer Flächen wie Uferrandstreifen 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. 5.1).

Nachhaltige Aquakultur

- Weiterentwicklung einer nachhaltigen Aquakultur unter Berücksichtigung der Klimaänderung
- Verstärkte Nutzung des Grundwassers zur Wasserversorgung von Forellenteichwirtschaften (teilweise in den Teichwirtschaften schon umgesetzt). Hierbei muss ein Ausgleich zwischen den Interessen aller Grundwassernutzer und dem Ziel einer nachhaltigen Grundwasserbewirtschaftung herbeigeführt werden (s. Kap. 5.1).

5.5 Wald und Forstwirtschaft

5.5.1 Hintergrund

Eckdaten

Niedersachsens Wälder sind das Ergebnis einer kulturellen Aufbauleistung vieler Generationen. Unter dem Einfluss des Menschen entstanden unter den stark differenzierten standörtlichen Bedingungen Niedersachsens sehr verschiedenartige Waldlandschaften (Wald- und Forst-Ökosystemtypen) mit artenreichen Lebensgemeinschaften sowie großer Bedeutung für den Naturschutz, die Erholung und das Landschaftsbild. Niedersachsen weist heute mit rund 1,1 Millionen Hektar bundesweit die drittgrößte Waldfläche nach Bayern und Baden-Württemberg auf. Niedersachsens Kulturlandschaft wird durch vielgestaltige Wälder auf etwa einem Viertel der Landesfläche geprägt. Das entspricht rund zehn Prozent der Bundeswaldfläche. Die Waldfläche nimmt weiterhin noch leicht zu. Der überwiegende Anteil von knapp 60 Prozent der Waldfläche ist Eigentum von rund 60.000 privaten Waldbesitzern oder Körperschaften. Knapp 30 Prozent werden von der Anstalt Niedersächsische Landesforsten, 5 Prozent vom Bund und 7 Prozent der Waldfläche von kommunalen Eigentümern bewirtschaftet.

Derzeit wachsen in Niedersachsen jährlich etwa zehn Millionen Kubikmeter Holz nach, von denen rund fünf Millionen Kubikmeter geerntet werden. Mit einem Umsatz von 15 Milliarden Euro (2005) steht der niedersächsische Cluster „Forst und Holz“ bundesweit an vierter Stelle. Er ist ein von rund 10.000 klein- und mittelständischen Unternehmen geprägter Wirtschaftssektor mit etwa 77.000 sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten.

Leistungen für das Gemeinwohl

Heute erfüllen die Wälder umfassende Gemeinwohlleistungen. Die Waldgesetze des Bundes und der Länder sehen die Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion des Waldes als grundsätzlich gleichrangig nebeneinander an. Der walddrechtliche Rahmen für unsere Forstwirtschaft ist verlässlich und hat sich bewährt.

Wälder sichern hochqualifizierte Arbeitsplätze, dienen dem Boden-, Erosions-, Lärm- und Sichtschutz, sind grundsätzlich auch Trinkwasserlieferant, Sauerstoffproduzent und für die Erhaltung der Biodiversität unersetzlich. Sie sind Oasen der Erholung und ideale Stätte einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE). Sie entziehen der Atmosphäre CO₂ und speichern es in der zuwachsenden Biomasse und im Waldboden. Damit leisten sie einen bedeutenden Beitrag zum Klimaschutz. Trockenholz besteht zur Hälfte aus Kohlenstoff.

Nach der Ernte bleibt Kohlenstoff in langlebigen Holzprodukten gespeichert und kann bei nachfolgender energetischer Nutzung zur Reduktion von Emissionen beitragen, die bei der Verbrennung fossiler Energieträger entstehen würden. Der nachwachsende Rohstoff Holz kann fossile Brennstoffe teilweise ersetzen und ihren Verbrauch strecken.

Niedersächsische Wuchsregionen

Bedingt durch unterschiedliche naturräumliche und standörtliche Voraussetzungen sowie die Forstgeschichte haben sich Niedersachsens Wälder regional sehr differenziert entwickelt, was im Hinblick auf Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel zu berücksichtigen ist. Es lassen sich drei forstliche Wuchsregionen mit regional geprägten Waldstrukturen abgrenzen:

- das Westniedersächsische Tiefland (Waldflächenanteil 14 %),
- das Ostniedersächsische Tiefland (Waldflächenanteil 40 %),
- und das Niedersächsische Bergland (Waldflächenanteil 32 %).

Vorbelastungen

Im Mittelalter einsetzende massive Entwaldung, intensive Holz- und Streunutzung haben 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 erster Waldgeneration vor allem aus Wiederaufforstungen der jüngeren Zeit sind forsthistorisch bedingt in ihrer Bestandesstruktur und Baumartenausstattung oft noch wenig diversifiziert. Aus Mangel an geeignetem Saat- und Pflanzgut, aus Unwissen über die standörtlichen Möglichkeiten und die waldbaulichen Risiken oder – aus dem Zeitgeist des frühen 20. Jahrhunderts heraus – mit dem einseitigen Ziel der reinen Ertragssteigerung zur Deckung des gewachsenen Holzbedarfs wurden auch Baumarten an Standorten eingebracht, die aus heutiger Sicht ungeeignet sind. Die Folgen nicht ökologisch ausgerichteten Waldbaus sind noch heute zu spüren, denn die Widerstandskraft standörtlich nicht angepasster Wälder gegen abiotische und biotische Schäden ist deutlich herabgesetzt.

Regional verursachen überhöhte Wildbestände immer noch Schäl- und Verbissschäden. Sie erschweren oder verhindern die Entwicklung von Laub- und Nadelholzmischbeständen und können einen negativen Einfluss auf die Biodiversität haben.

Schädliche industriebedingte Immissionen bewirkten starke zusätzliche Belastungen des Bodens durch unerwünschte Stickstoff- und Säureeinträge. Die Belastung der Wälder wird im Vergleich zu anderen Landnutzungsformen durch die auskämmende Wirkung der Baumkronen zudem verstärkt.

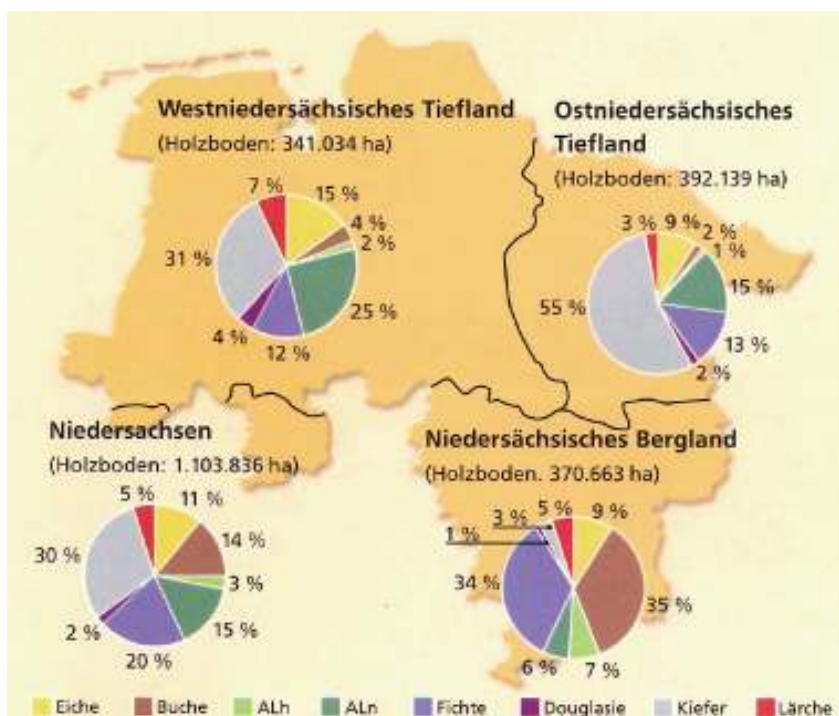


Abb. 29 Waldflächen- und Baumartengruppenanteile in Niedersachsen und seinen drei Wuchsregionen (Quelle: „Der Wald in Niedersachsen, Ergebnisse der Bundeswaldinventur II“, ML, 2004)

* ALh: sonstige Laubbäume mit hoher Lebensdauer (Ahorn, Esche, Ulme, Hainbuche)

* ALn: sonstige Laubbäume mit niedriger Lebensdauer (Birke, Eberesche, Aspe, Pappel, Weide)

Zwar sind die Säureeinträge aufgrund erfolgreicher Maßnahmen zur Luftreinhaltung seit Ende der Achtzigerjahre signifikant zurückgegangen, dennoch ist mehr als die Hälfte aller Waldböden durch Säuremengen, die teilweise bis in untere Bodenschichten vorgedrungen sind, erheblich vorbelastet. In Verbindung mit weiterhin zu hohen Stickstoffeinträgen übersteigen sie das Puffervermögen und die kritischen Belastungsgrenzen (critical loads) der meisten Waldböden erheblich. Die in großem Umfang durchgeführten Schutzkalkungen haben den Zustand nur bedingt geändert, da sie nur der Kompensation der Säureeinträge dienen.

Daher ist die Widerstandskraft (Resilienz) der Waldökosysteme gegen durch den Klimawandel bewirkte zusätzliche Stressfaktoren insgesamt herabgesetzt.

5.5.2 Auswirkungen des Klimawandels

Der Klimawandel setzt die niedersächsischen Wälder zusätzlichen Risiken aus, die nachhaltig negative Auswirkungen auf alle Funktionen des Waldes haben können.

Allgemeine Wirkungszusammenhänge

Wasserdefizit

Ein maßgeblicher Faktor für das Waldwachstum ist das pflanzenverfügbare Wasser in der Vegetationszeit. Mit zunehmendem Wasserdefizit im

Boden können Vitalität, ökonomische Qualität und Produktivität der Bäume infolge von Trockenstress massiv beeinträchtigt werden und bis zum Absterben führen.

Die Baumarten haben physiologisch begründet unterschiedliche Ansprüche an die Wasserversorgung. Als besonders verwundbar gilt die häufig flach wurzelnde Fichte (*Picea abies*), da sie nur einen geringen Anteil des im Boden gespeicherten Wassers nutzen kann (Abb. 30). Darüber hinaus ist sie bei Wasserstress äußerst durch den Borkenkäfer gefährdet. Die Rotbuche nimmt heute innerhalb der Waldökosysteme Niedersachsens eine zentrale soziologische Stellung ein. Sie besitzt aufgrund ihrer Säuretoleranz eine weite ökologische Amplitude, wird jedoch auf sehr trockenen Standorten als labil eingestuft. Infolge des zu erwartenden sommerlichen Wassermangels wird ihre Konkurrenzkraft auf diesen Standorten vermutlich zurückgehen und sie hier voraussichtlich eine weniger bedeutende Rolle spielen.

Wärmere und trockenere Sommer, mild-feuchte Winter

Schäden an Bäumen und Beständen haben oft mehrere Ursachen im Zusammenspiel von Witterung und mehreren Insekten- und Pilzarten. Trockenheit und Sonneneinwirkung mit erhöhten Strahlungs- und Temperaturwerten können bei Waldbäumen komplexe Schädigungen, Vitalitätsschwäche, verfrühten Laubabfall und nachfolgenden

Anbaurisiko am Beispiel Fichte

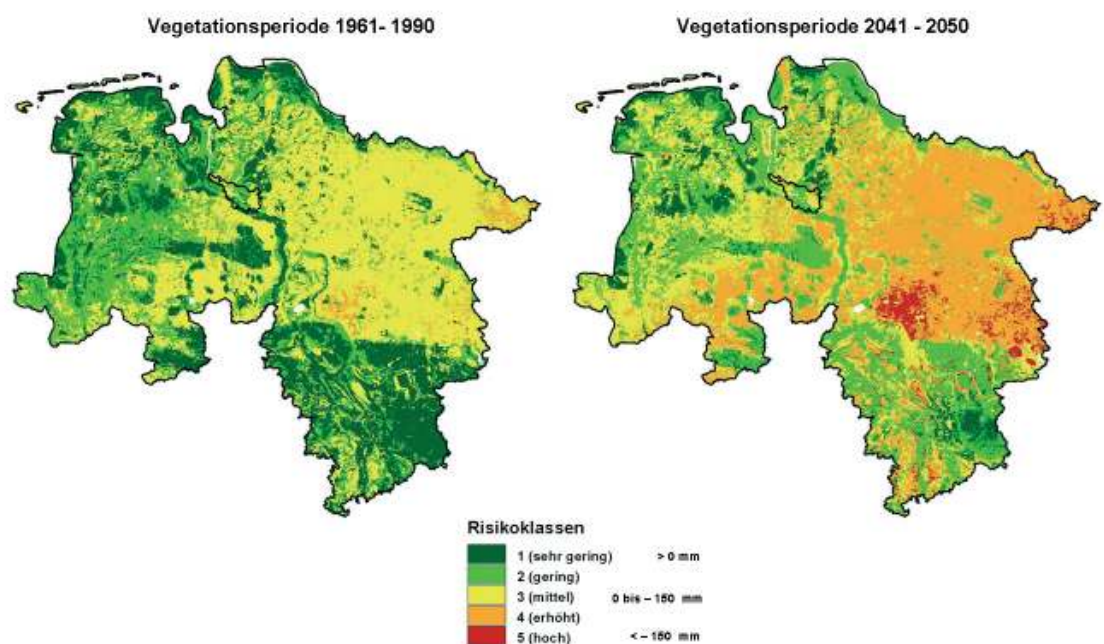


Abb. 30 Abschätzung des Anbaurisos von Waldbaumarten in Niedersachsen auf Grundlage der klimatischen Wasserbilanz und des pflanzenverfügbaren Wassers (nutzbare Feldkapazität) am Beispiel Fichte (Quelle: Niedersächsischer Waldzustandsbericht, ML 2009)

den Schädlingsbefall verursachen. Im ungünstigsten Fall führen lange Trockenphasen vor allem bei jüngeren Bäumen zum Absterben. Die Verjüngung des Waldes durch Pflanzung wird erschwert. In Dürre- und Hitzejahren ist durch Trockenstress auch die natürliche Abwehrkraft der Nadelbäume gegen Forstschädlinge wie Borkenkäfer deutlich herabgesetzt.

Warme und trockene Sommer begünstigen Massenvermehrungen wärmeliebender Käfer, blatt- und nadelfressender Schmetterlinge und Blattwespen, die bei ausbleibender Bekämpfung zu großflächigem Kahlfraß führen können. Das natürliche Artenspektrum kann sich zugunsten dieser Schädlinge und durch mögliche Arealerweiterungen fremdländischer Schadorganismen aus Südeuropa oder Asien verschieben. Warme und niederschlagsreiche Winter begünstigen bestandsbedrohende Pilzkrankheiten, insbesondere wenn auf Perioden mit Wasserüberschuss (Starkregen) ausgeprägte Trockenphasen folgen. In den zu erwartenden mildereren Wintern wird die Zahl der Frosttage abnehmen. Dies in Verbindung mit einer größeren Feuchte/ Nässe kann die Holzernte erschweren und birgt das Risiko von Befahrungsschäden an den Waldböden.

Verlängerte Vegetationszeiten – Spätfrost

Generell wirken sich längere Vegetationszeiten positiv auf das Wachstum der Bäume aus. Sie können aber in Verbindung mit höheren CO₂-Konzentrationen in der Luft und den weiterhin hohen Stickstoffeinträgen das Konkurrenzverhalten der Bäume und das der anderen Pflanzen deutlich verändern. Die Folgen dieser komplexen Wirkungen für die Strukturen und Funktionen der Waldökosysteme sind noch nicht absehbar. Durch den früheren Beginn der Vegetationsperiode erhöht sich darüber hinaus die Spätfrostgefahr, die das Wachstum wirtschaftlich wichtiger Baumarten wie Buche und Douglasie einschränken kann. Die Verlängerung der Vegetationszeit (höhere Transpiration) in Verbindung mit geringeren Niederschlägen kann gerade auf kritische Böden auch zu einer verringerten Grundwasserneubildung unter Wald führen.

Extremereignisse

In den vergangenen Jahrzehnten hatte Niedersachsens Forstwirtschaft wiederholt Auswirkungen schwerer Stürme zu bewältigen (Quimburga 1972, Wiebke 1990, Lothar 1999, Kyrill 2007). Bei einer wahrscheinlichen Zunahme der Sturmhäufigkeit mit hohen Windgeschwindigkeiten und Turbulenzen ist künftig mit steigenden Schäden durch Windwurf und -bruch zu rechnen. Betroffen sind vorrangig labile und strukturarmer Nadelholzbestände auf flachgründigen Böden. Aber auch Laubholzbestände können betroffen sein. Verblei-

bende Bestände können aufgerissen und dadurch weiter geschwächt werden. Es kann in Fichtenbeständen verstärkt Borkenkäferbefall folgen, weil Sturmwürfe und -brüche viel bruttaugliches Material hinterlassen. Unplanmäßige Hiebe und Schadholzmassen nach Extremereignissen in Verbindung mit anschließendem Schädlingsbefall können Störungen des Holzmarktes verursachen und die Planungssicherheit und Wirtschaftlichkeit der Forstbetriebe gefährden.

Risikoschwerpunkte in den Wuchsregionen

Westniedersächsisches Tiefland

Die Belastungen insbesondere durch Einträge aus der Landwirtschaft sind in der Regel außerordentlich hoch. Aufgrund einer günstigen klimatischen Wasserbilanz ist in der Region das zusätzliche Risiko durch Wasserdefizite überwiegend gering. Mit zunehmender Entfernung von der Küste sinkt die Humidität, so dass sich Gebiete mit künftig erhöhtem Risiko für trockenheitsanfällige Baumarten auf die südlichen Geestgebiete konzentrieren. Das Trockenheitsrisiko ist in den inselartig auftretenden kleinen Waldflächen, in denen die Verdunstung erhöht ist, besonders hoch. Aufgrund der Lage in Küstennähe sind die Wälder einer höheren ständigen Windbelastung ausgesetzt. Bei zunehmender Sturmhäufigkeit kann die Region schwer betroffen werden. Angesichts der großen forstwirtschaftlichen und landeskulturellen Bedeutung der Eichenbestände ist es unter veränderten Klimabedingungen besonders wichtig, die künftige Bestandesentwicklung forstschädlicher Schmetterlinge (Raupe der Eichenfraßgesellschaften) zu beobachten, die bei Massenvermehrungen zu schweren Blattverlusten bis hin zum Kahlfraß führen können.

Ostniedersächsisches Tiefland

Aufgrund der nacheiszeitlichen Entwicklung in humidem Klima und Jahrhunderte wärender Übernutzungen in der vorindustriellen Epoche sind die Waldböden in dieser Wuchsregion häufig versauert und an Nährstoffen verarmt. Auf Standorten mit Wassermangel besteht durchweg ein erhöhtes Risiko für den Anbau wenig klimaangepasster Baumarten, das sich weiter verschärfen wird. Gebiete mit besonders hohem Anbaurisiko für die Fichte zeichnen sich in den Räumen Hannover–Fuhrberg, Gifhorn–Wolfsburg und Lüchow–Dannenberg ab. Der heutige Baumartenanteil der Fichte von 13 Prozent wird sich voraussichtlich deutlich verringern. Es bleibt zu prüfen, ob die für den Waldbau favorisierte Buche die auf sie gesetzten Erwartungen unter veränderten Klimabedingungen erfüllt oder ob andere Baumarten nicht besser geeignet sind. Mit der erwarteten Klimaänderung steigt das Risiko von Spätfrostschäden und Massenvermehrungen durch Kieferngrößschädlinge

(Schmetterlings- und Blattwespenarten). Große Teile der Nadelwälder der Heide liegen im Westen des sich in Sachsen-Anhalt und Brandenburg fortsetzenden geschlossenen Waldbrand-Risikogebietes.

Niedersächsisches Bergland

Die für den risikoarmen Anbau der Fichte geeignete Fläche wird sich wegen teilweisen Wassermangels künftig auf Standorte mit hoher Wasserverfügbarkeit und hohen Niederschlagsmengen (Harz, niedersächsisches Bergland) reduzieren. Durch den überdurchschnittlich hohen Fichtenanteil im südniedersächsischen Bergland muss hier mit größeren Borkenkäferschäden und Schäden durch Extremereignisse (Trockenheits- und Hitzewellen, Stürme) gerechnet werden.

Anfällig sind insbesondere die Fichtenbestände auf staunassen oder flachgründigen Böden. Sie gelten daher als Frühwarnsysteme für trockenheitsbedingte Stresserscheinungen in den Waldökosystemen und stehen unter intensiver wissenschaftlicher Beobachtung. Potenziell gefährdet sind auch Buchenbestände auf trockenen Standorten.

5.5.3 Handlungsziele

Sicherung aller Waldfunktionen durch aktive Waldentwicklung

Eine zielgerichtete Klimaanpassung im Wald erfordert gezielte Waldentwicklung im Rahmen der bewährten multifunktionalen Forstwirtschaft auf ökologischer Grundlage. Es ist davon auszugehen, dass die natürliche Anpassungsfähigkeit heutiger Wälder aufgrund der zu erwartenden Geschwindigkeit des Klimawandels allein nicht ausreichen wird, um die notwendige Anpassung sicherzustellen. Hinzu kommt, dass die niedersächsischen Wälder kulturbetont sind und mit teilweise starken Vorbelastungen eine zusätzlich verringerte natürliche Anpassungsfähigkeit aufweisen. Wichtigster Grund für eine forstlich gesteuerte Waldentwicklung ist jedoch, dass das Ziel aller Anpassungsmaßnahmen im Wald nicht allein auf den Walderhalt abgestellt werden darf, sondern vielmehr alle Funktionen und Leistungen des Waldes dauerhaft und umfassend abgesichert werden müssen (Nachhaltigkeit und Generationenvertrag).

Vor diesem Hintergrund sollen die notwendigen Anpassungsmaßnahmen auf die „Verbesserten

Kriterium I FORSTLICHE RESSOURCEN	Kriterium II GESUNDHEIT UND VITALITÄT	Kriterium III PRODUKTIONS- FUNKTION	Kriterium IV BIOLOGISCHE DIVERSITÄT	Kriterium V SCHUTZ- FUNKTIONEN	Kriterium VI SOZIO- ÖKONOMISCHE FUNKTIONEN
Waldfläche nach Waldgesellschaften	Deposition aus der Luft	Zuwachs und Nutzung	Baumarten- zusammensetzung	Schutzwälder (Boden, Wasser)	Eigentümerstruktur
Holzvorrat	chem. Bodenzustand	Rundholz (Wert und Menge)	Anteile versch. Verjüngungstypen	Schutzwälder (Klima, Lärm, Immissionen, Sicht)	Anteil am Brutto- inlandsprodukt
Alters- bzw. Durchmesserstruktur	Nadel-/Blattverluste	Nichtholzprodukte (Wert und Menge)	Naturnähe der Wälder		Reinertrag der Forstbetriebe
Kohlenstoffvorrat	Waldschäden (abiotisch, biotisch; Bewirtschaftung)	vermarktungsfähige Dienstleistungen	Anbaufläche fremdl. Baumarten		Investitionen in die Forstwirtschaft
		Fläche mit FE-Planung	Totholz (Vorrat stehend / liegend)		Beschäftigte in der Forstwirtschaft
			Genressourcen		Arbeitsunfälle im Wald
			Landschafts- diversität		Holzverbrauch pro Kopf
			Anzahl gefährdeter Waldarten		Holzhandel (Import / Export)
			Vorrangflächen Naturschutz		Energiegewinnung aus Holz
					Recyclingrate für Papierprodukte
					Erholungswald
					Kultur- und Naturdenkmale

Abb. 31 Gesamteuropäische Kriterien und Indikatoren einer nachhaltigen Forstwirtschaft (Deklaration des Living Forest Summit „Europäische Wälder – gemeinsamer Nutzen – geteilte Verantwortung“ der Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa, MCPFE, Wiener Deklaration 2003, geändert)

gesamteuropäischen Indikatoren für die nachhaltige Waldbewirtschaftung“ (Abb. 31), zu deren Anwendung Deutschland sich mit den anderen EU-Staaten anlässlich der 4. Ministerkonferenz zum Schutz der Wälder in Europa (MCPFE, Wien 2003) verpflichtet hat, ausgerichtet werden. Die Indikatoren sind besonders geeignet, weil sie eine umfassende Nachhaltigkeitsdefinition in den Mittelpunkt stellen und einen multifunktionalen Ansatz verfolgen, der die Optimierung des Gesamtnutzens der Wälder für Mensch, Natur und Gesellschaft zum Ziel hat.

Handlungsfeld: Intensivierung der langfristigen Waldentwicklung

Zur Sicherung der Wälder und ihrer nachhaltigen Leistungen für Mensch, Wirtschaft, Natur und Klima ist als vorrangige Anpassungsmaßnahme die Entwicklung von standortgerechten, vielfältigen, stabilen, anpassungs- und leistungsfähigen und ökologisch wertvollen Waldbeständen zu intensivieren. Mischwäldern kommt dabei eine Schlüsselfunktion zu, um die Risiken für Wald und Forstwirtschaft zu mindern und zu verteilen. Seit mehreren Jahrzehnten zielt die Waldbewirtschaftung bereits in diese Richtung. Forstwirtschaft erfolgt dabei auf ökologischer Grundlage. Grundsätzlich sind strukturreiche Mischwälder stabiler und weisen eine höhere Resilienz auf als Reinbestände mit nur einer Baumart. Historisch bedingt sind die heutigen Wälder in Baumartenzusammensetzung und Waldaufbau auf nennenswerter Fläche noch von den angestrebten Leitbildern entfernt.

Entscheidend für die künftige Entwicklung sind die jeweiligen Standortbedingungen, die von Boden, Wasserhaushalt und Klima bestimmt werden. Der Anbau standortgerechter Baumarten, die an die jeweiligen Boden- und Klimabedingungen angepasst sind, ist unter angemessener Beachtung heimischer Baumarten maßgeblich für eine risikoarme forstliche Produktion und Sicherung der Waldfunktionen. Die Anforderungen unserer Waldbaumarten an die Standorte sind heute bekannt und wissenschaftlich abgesichert. Anbaugrenzen sind bestimmt. Es ist oberste Prämisse der Forstwirtschaft, ausschließlich standortgerechte Baumarten anzubauen. Dies setzt die flächendeckende Kenntnis der gegenwärtigen Standortbedingungen (Böden, physikalisches und chemisches Klima) voraus und erfordert eine Abschätzung ihrer zukünftigen Entwicklung.

Die Entwicklung von Mischwäldern ist besonders zielführend, weil Risiken für eine Baumart durch das Nebeneinander mit anderen Baumarten abgepuffert werden. Die Erfolge dieses Vorgehens werden durch die Ergebnisse der Bundeswaldinventur II belegt, die unter anderem eine stärkere vertikale Strukturierung, wachsende Mischwaldan-

teile, zunehmende natürliche Waldverjüngung und höhere Holzvorräte feststellt.

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 unter Bundes- und EU-Beteiligung bereits jetzt Fördermöglichkeiten für die Waldentwicklung an, die möglichst ausgebaut und gegebenenfalls stärker auf das Ziel der Klimaanpassung und die Leistungsfähigkeit der Wälder im Sinne der MCPFE-Kriterien ausgerichtet werden sollten. Im Landeswald kann die Intensivierung der Waldentwicklung durch die Anstalt Niedersächsische Landesforsten im Rahmen des Regierungsprogramms zur „Langfristigen ökologischen Waldentwicklung“ (LÖWE) erfolgen.

Die Bundesregierung hat mit dem Entwurf zum Bundeshaushalt 2012 die finanziellen Grundlagen für die Errichtung eines Waldklimafonds geschaffen. Zusätzliche Mittel zur Finanzierung notwendiger Maßnahmen und Investitionen könnten insbesondere aus diesem Fonds eingesetzt werden, der zum 1. Januar 2013 unter gemeinsamer Federführung des Bundeslandwirtschafts- und des Bundesumweltministeriums errichtet werden soll. Niedersachsen setzt sich verstärkt für die Nutzung dieses zusätzlichen Finanzierungsinstrumentes ein.

Handlungsfeld: Absicherung von forstlicher Forschung und Beratung

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

Die bislang gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse ermöglichen bereits erste Empfehlungen für Waldbesitzer und Forstwirtschaft. Sie reichen derzeit jedoch noch nicht aus, um flächendeckend und standortspezifisch ein Gesamtkonzept für die Anpassung der Niedersächsischen Wälder zu erstellen. Dieses muss schrittweise mit zunehmendem Erkenntnis- und Erfahrungsgewinn entwickelt werden. Ein Nachlassen in der begleitenden forstlichen Forschung im Hinblick auf Klimawandel und Anpassung der Wälder könnte möglicherweise zu falschen Entscheidungen bei der Waldentwicklung führen.

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 auch Aufgabe des Staates, eine angemessene forstfachliche Beratung und Betreuung des Nichtstaatswaldes zu gewährleisten.

Das waldbaulich-ertragskundliche Versuchswesen ist seit 130 Jahren als staatliche Aufgabe etabliert. Es soll unter dem Aspekt des Klimawandels fortgeführt und weiter entwickelt werden. Dazu sind die in Niedersachsen angesiedelten Forschungseinrichtungen an der Universität Göttingen, an der Fachhochschule Hildesheim-Holzminde-Göttingen sowie an der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) den Anforderungen gemäß auszustatten. Die NW-FVA ist für Niedersachsen und seine Partnerländer 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 können künftig an Stellenwert gewinnen.

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 Waldzustandes (Waldgesundheit), des Bodenzustandes und wesentlicher Kenndaten zum Waldaufbau und zur Biodiversität im Wald umfassen. Aufgrund der Komplexität ökosystemarer Zusammenhänge im Wald, dem ebenfalls langfristig verlaufenden Klimawandel und den damit verbundenen heterogenen Wirkungsgefügen ist ein effektives Waldmonitoring die wichtigste Grundlage zur Dokumentation der Folgen des Klimawandels auf Wälder, zur Weiterentwicklung von Anpassungsmaßnahmen und auch zur Bewertung der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen. Die Ergebnisse des Waldmonitorings sollen insbesondere mit Blick auf die Klimaveränderungen und Klimafolgenforschung für das Land wesentliche Daten und Informationen über Änderungen der Umweltbedingungen erbringen. Dazu zählen Informationen zur Nachhaltigkeit der forstlichen Bewirtschaftung, zu Maßnahmen des Waldmanagements und der Bodenschutzkalkung für die Stabilität der Standorte, zur Erzeugung erneuerbarer Energie sowie zur Kohlenstoffspeicherung in Waldbeständen und -böden.

Standortsbereich nass bis sehr frisch	Standortsbereich ziemlich frisch bis frisch	Standortsbereich mäßig frisch bis mäßig trocken	Standortsbereich trocken bis sehr trocken
sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet	sehr gut geeignet
Schwarzerle Grauerle Moorbirke Schwarzpappel Gemeine Traubenkirsche Silberweide Eberesche	Bergahorn Sandbirke Schwarzpappel Zitterpappel Gemeine Traubenkirsche Traubeneiche Stieleiche Roteiche Silberweide Eberesche Winterlinde Sommerlinde Bergulme	Feldahorn Spitzahorn Bergahorn Sandbirke Hainbuche Europäische Lärche Zirbelkiefer Schwarzkiefer Waldkiefer Zitterpappel Gemeine Traubenkirsche Traubeneiche Roteiche Robinie Echte Mehlbeere Eberesche Speierling Elsbeere Gemeine Eibe Winterlinde Sommerlinde	Feldahorn Spitzahorn Sandbirke Hainbuche Schwarzkiefer Weymouthskiefer Waldkiefer Zitterpappel Vogelkirsche Traubeneiche Robinie Echte Mehlbeere Speierling Elsbeere Winterlinde

gut geeignet	gut geeignet	gut geeignet	gut geeignet
Gemeine Esche Stieleiche Flatterulme Feldulme	Weißtanne Küstentanne Feldahorn Spitzahorn Schwarzerle Grauerle Moorbirke Hainbuche Rotbuche Gemeine Esche Walnuss Europäische Lärche Gemeine Fichte Zirbelkiefer Weymouthskiefer Waldkiefer Douglasie Robinie Speierling Elsbeere Flatterulme Feldulme	Weißtanne Küstentanne Grauerle Moorbirke Gewöhnlicher Buchsbaum Esskastanie Rotbuche Gemeine Esche Mannaesche Stechpalme Walnuss Holzapfel Weymouthskiefer Schwarzpappel Vogelkirsche Douglasie Holzbirne Zerreiche Flaumeiche Stieleiche Bergulme Flatterulme Feldulme	Küstentanne Bergahorn Gewöhnlicher Buchsbaum Esskastanie Mannaesche Walnuss Europäische Lärche Holzapfel Holzbirne Zerreiche Flaumeiche Stieleiche Roteiche Ebersche Gemeine Eibe Sommerlinde Bergulme
bedingt geeignet	bedingt geeignet	bedingt geeignet	bedingt geeignet
Bergahorn Sandbirke Hainbuche Waldkiefer Zitterpappel Traubeneiche Winterlinde Sommerlinde	Gewöhnlicher Buchsbaum Mannaesche Stechpalme Holzapfel Schwarzkiefer Vogelkirsche Holzbirne Flaumeiche Echte Mehlbeere Gemeine Eibe	Gemeine Fichte Silberweide	Grauerle Moorbirke Rotbuche Gemeine Esche Stechpalme Zirbelkiefer Gemeine Traubenkirsche Douglasie Flatterulme Feldulme
nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet
Weißtanne Küstentanne Feldahorn Spitzahorn Gewöhnlicher Buchsbaum Esskastanie Rotbuche Mannaesche Stechpalme Walnuss Europäische Lärche Holzapfel Gemeine Fichte Zirbelkiefer Schwarzkiefer Weymouthskiefer Vogelkirsche Douglasie Holzbirne Zerreiche Flaumeiche Roteiche Robinie Echte Mehlbeere Speierling Elsbeere Gemeine Eibe Bergulme	Esskastanie Zerreiche	Schwarzerle	Weißtanne Schwarzerle Gemeine Fichte Schwarzpappel Silberweide

Tab. 2 Standortsbezogene Bewertung der Anbaueignung von Waldbaumarten unter Berücksichtigung ihrer Trockenresistenz und Frosthärte (KlimaArtenMatrix Wald „KLAM-Wald“, nach A. Roloff und B. Grundmann, 2008)
Fett: Haupt-Wirtschaftsbaumart oder Baumart mit großer ökologischer oder Flächenbedeutung in Niedersachsen

Handlungsrahmen: Künftige Anbaueignung der Baumarten

Angesichts der langfristigen Wirkungen forstlicher Entscheidungen und waldbaulichen Handelns sollte jeglicher Aktionismus vermieden werden. Die Langfristigkeit der Waldentwicklung erfordert dennoch verstärktes Handeln zum jetzigen Zeitpunkt, um alle Waldfunktionen dauerhaft abzusichern. Alle Maßnahmen müssen sowohl auf die heute wachsenden Waldbestände (kurz- bis mittelfristige Maßnahmen) als auch den weit in die Zukunft weisenden klimagerechten Waldaufbau (mittel- bis langfristige Maßnahmen) im Blickfeld haben. Die heute stockenden Waldbestände müssen aufgrund der langen Produktionszeiträume sowohl mit den derzeitigen als auch mit künftigen Klimabedingungen auskommen. Maßgeblich ist daher die künftige Anbaueignung der Baumarten.

Standörtliche Eignung, Trockenheitstoleranz und Frostresistenz sind wesentliche Parameter, wenn es gilt, Vermehrungsgut mit optimaler Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel für den zukunfts-sicheren Waldbau auszuwählen (Tab. 2). Gerade Vermehrungsgut, das besonders gut an trockene Standorte angepasst ist, wird künftig an Bedeutung gewinnen (trockenheitsangepasste Herkünfte).

Deutschland liegt im Zentrum des auf Europa beschränkten Rotbuchenwaldareals. Die mitteleuropäische Siedlungs- und Kulturgeschichte ist eng mit der Ausbreitung der Buche und den Buchenwäldern verbunden. Ihrem Erhalt in ihrer biologischen Vielfalt mit den waldspezifischen Arten, die hier kontinental und global ihren Verbreitungsschwerpunkt besitzen, kommt besondere Bedeutung zu. Die Buche besitzt mit Ausnahme der Feuchtstandorte und extremen Trockenstandorte unter den heutigen großklimatischen Gegebenheiten fast überall in Mitteleuropa die größte Konkurrenzkraft. Diese verliert sie jedoch mit zunehmendem Wassermangel, was Änderungen in der Baumartenzusammensetzung innerhalb der Buchenbestände und ihrer Begleitarten zur Folge haben kann. Stark anfällig ist sie gegen Dürre, Waldbrand, Insekten und Pilze sowie gegen Stauwasser.

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Fichte unter unseren Klimabedingungen sind die Hochlagen der Mittelgebirge und der Gebirge. Hier ist die Wasserversorgung gesichert und aufgrund der niedrigen Temperaturen ist die Schädlingsgefahr geringer. Beides ist in ihren Anbaugebieten nur bedingt gesichert. Diese Situation wird sich in Folge des Klimawandels verschärfen. Die Fichte gilt daher auf vielen Standorten als schlecht an den Klimawandel angepasst.

Aus den beschriebenen Handlungszielen leiten sich die im Folgenden beschriebenen Maßnahmen

ab. Bislang liegen konkrete Handlungsempfehlungen zur klimaangepassten Waldentwicklung überwiegend erst für die regionale Ebene vor. Mit fortschreitendem Erkenntnisgewinn der Forschung werden die Aussagen verfeinert und in konkrete Empfehlungen für die Forstbetriebe auf lokaler Ebene münden. Die erforderlichen Umsetzungsinstrumente (u. a. Waldrecht, Forsteinrichtung, Wirtschaftsplanung, Beratung und Förderung) sind bereits vorhanden, müssen jedoch zielgerichtet angepasst werden.

5.5.4 Maßnahmen

Handlungsfeld: Intensivierung der langfristigen Waldentwicklung

- Einleitung und Verstärkung eines klimagerechten Waldumbaus auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse und Empfehlungen für alle niedersächsischen Waldeigentumsarten. Wichtigste Eingangsparameter sind die standörtliche Eignung der Baumarten und Herkünfte, ihre ökologische Verträglichkeit, langfristige klimatische Widerstandskraft, ihre ökonomische Verwertbarkeit und die Diversifizierung der Forstbetriebe
- Laufende Überprüfung der Anbaueignung von Baumarten im Hinblick auf die sich verändernden Standortbedingungen (einschließlich der erhöhten CO₂-Konzentration der Atmosphäre) und Ableitung standortspezifischer Empfehlungen zur Waldentwicklung
- Schaffung waldverträglicher Schalenwildbestände als wesentliche Grundlage einer effektiven und erfolgreichen Waldentwicklung
- Anbau standortgerechter bewährter Baumarten bevorzugt in Mischbeständen auf Basis geeigneter Herkünfte und unter besonderer Berücksichtigung des heimischen Baumartenspektrums
- Fortführung und Intensivierung der eingeleiteten Entwicklung von Nadelholz-Reinbeständen zu Mischwäldern unter Verwendung klimaangepasster Baumarten und Herkünfte
- Verzicht auf den Anbau von Baumarten in ihren standörtlichen oder klimatischen Grenzbereichen auch aus Gründen der betrieblichen Sicherheit
- Stabilisierung der Wälder durch geeignete Durchforstungsmodelle und -maßnahmen sowie Anpassung der Produktionszeiträume. Verbesserung des Pflegezustandes und Mischbaumartenförderung
- Zurückdrängen nicht standortgerechter Naturverjüngung und Ersatz durch Pflanzung standortgerechter, klima- und betriebssicherer Baumarten und Herkünfte
- Auf Standorten kritischer Wasserversorgung bewusster Anbau trockenheitstoleranter, leistungsfähiger Baumarten und Herkünfte sowie

Umsetzung von waldbaulichen Maßnahmen zur Reduktion der Verdunstung

- Verbesserung des Wasserrückhalts mit dem Ziel der Optimierung des pflanzenverfügbaren Wassers vorrangig in Gebieten mit negativer Wasserbilanz und zur Verbesserung des dezentralen Hochwasserschutzes
- Beimischung von Laubbäumen in Nadelwäldern zur ökologischen Bereicherung und zur Senkung des Waldbrandrisikos
- Bedarfsgerechte Kalkung zur Kompensation der Versauerung von Waldböden. Sie dient in Verbindung mit weiteren Maßnahmen zur Luftreinhaltung der Stärkung der Widerstandskraft der Waldbäume, verbessert das Wurzelwachstum, verringert die Versauerung und Nährstoffverlagerung im Boden und damit insgesamt die Verwundbarkeit durch klimabedingte Stressfaktoren
- Schaffung von Bodenmilieus, die den Anbau anspruchsvoller Baumarten erlauben
- Erhalt und Förderung gefährdeter Wald- und Gebüschgesellschaften und naturnahe Bestände im Rahmen waldbaulicher Maßnahmen
- Neuwaldanlage durch Erstaufforstung unter Abwägung landschaftsökologischer Belange

Handlungsfeld: Absicherung von forstlicher Forschung und Beratung

- Mittelfristig ganzflächige und konsistente Standortskartierung und Strukturdatenerfassung („Waldinventur“). Sie liefern Erkenntnisse und Hauptparameter für die Steuerung und ggf. die Förderung forstlicher Maßnahmen und sind als Grundlage allen Handelns vor Ort unverzichtbar. Die Standortskartierung ist Grundlage jeder forstlichen Planung, insbesondere für eine zukunftssichere Baumartenwahl. Beratung der Bewirtschafter aller Waldbesitzarten und verbesserter Wissenstransfer in die Forstwirtschaft
- Aufgrund des großen Flächenanteils sowie der noch unsicheren Perspektive intensive wissenschaftliche Dokumentation der Auswirkungen des Klimawandels auf Buchenwälder auch im Hinblick auf ihre besondere wirtschaftliche und große ökologische Bedeutung
- Identifikation und Bereitstellung forstlichen Vermehrungsgutes klimaangepasster, anpassungsfähiger und leistungsfähiger Baumarten und Herkünfte, Abschätzung der Stresstoleranz und der Anbaurisiken für die Herkünfte auf lokaler Ebene
- Überprüfung waldbaulicher Produktionsprogramme zur Erhöhung der Stabilität und Produktivität der Bestände, zur Minderung der Risiken sowie Anbauempfehlungen für bestimmte Baumarten
- Entwicklung standortangepasster Mischungsformen

- Erhaltung, Prüfung, und Charakterisierung des forstlichen Genpools (im Einklang mit dem Konzept „Forstliche Genressourcen in Deutschland“)
- Auswertung der Herkunftsversuche im Hinblick auf Klimaangepasstheit. Erweiterung der molekularbiologischen Methoden zur Erkennung der Anpassungsfähigkeit von Bäumen an Trockenstress
- Sicherung und Anpassung der Förderung von forstwirtschaftlichen Maßnahmen einschließlich Maßnahmen zur Verbesserung der Stabilität und der ökologischen wie ökonomischen Leistungsfähigkeit der Wälder
- Regionalisierung von Klima- und Standortinformationen einschließlich der klimatischen Wasserbilanz für verschiedene Klimaszenarien
- Quantifizierung und Bewertung klimabedingter abiotischer Risiken (z. B. Dürre, Sturm) und biotischer Risiken (Schädlingsforschung für Insekten und Pilze)
- Erforschung der Auswirkungen der veränderten ökologischen Rahmenbedingungen für den Waldnaturschutz - insbesondere der kombinierten Wirkungen verlängerter Vegetationszeiten, erhöhter CO₂-Konzentrationen und N-Einträge bei gleichzeitigem Wandel des Klimas auf das Konkurrenzverhalten der Arten
- Auswertung von Forschungsergebnissen über die natürlich ablaufenden Prozesse und die ungestörte Entwicklung der Waldgesellschaften in Naturwäldern im Rahmen des Regierungsprogramms zur Langfristigen ökologischen Waldentwicklung in den Landesforsten (LÖWE, unbewirtschaftete Referenzflächen)
- Sicherung, Mehrung und Vernetzung von Biotopen und Arten auf Grundlage vorhandener Biodiversitätszentren
- Erforschung der Wanderungsgeschwindigkeiten und -fähigkeiten von Waldarten
- Prüfung der Eignung nichtheimischer Baumarten mit besonderer Berücksichtigung ihres Invasionspotentials

Handlungsfeld: Sicherung und Weiterentwicklung des Waldmonitorings

- Sicherstellung eines langfristig angelegten wie finanzierbaren Waldmonitorings, das in ein von EU und Bund zu erarbeitendes Gesamtkonzept einzupassen ist
- Nutzung und Anpassung der bereits vorhandenen Instrumente (Bodenzustandserhebung, Waldzustandserhebung, Bundeswaldinventur, genetisches Monitoring)
- Fortschreibung des „Waldprogramms Niedersachsen“ als Fachprogramm unter Berücksichtigung der Auswirkungen des Klimawandels
- Anpassung der bestehenden Planungsinstrumente an die Belange des Klimawandels
- Fortsetzung und Weiterentwicklung der Waldfunktionenkartierung und weiterer Instrumente

des Kontroll-, Monitoring- und Berichtswesens im Rahmen bundes- und europaweiter Verpflichtungen unter Berücksichtigung der Auswirkungen des Klimawandels

- Durchführung von Kleinkahlschlägen zur Etablierung von Lichtbaumarten und zur Bereitstellung von Offenflächen aus Belangen des Naturschutzes

Regionale Maßnahmenschwerpunkte

Niedersächsisches Bergland

Westniedersächsisches Tiefland

- Konsequente Minderung derzeitiger, überdurchschnittlich hoher Vor- und Zusatzbelastungen - insbesondere von Immissionen
- Verstärkter Umbau der häufig noch strukturalmen und instabilen, aus erster Waldgeneration (Aufforstungen) hervorgegangenen Waldbestände, vor allem vor dem Hintergrund vermehrt zu erwartender Extremereignisse (z. B. Stürme) in Mischwäldern mit stabilen Hauptbaumarten. Der Eiche kommt in Mischung mit anderen Laubbäumen standortbedingt eine Schlüsselrolle zu
- Erhalt aller vorhandenen, teilweise auch kulturhistorisch sehr wertvollen Wälder mit ihren besonders bedeutungsvollen Funktionen für Landschaft, Natur und Erholung in der waldarmen Region

- Überführung nicht standortgerechter Fichtenwälder in standortgerechte Mischwälder
- Anbau der Fichte, die standörtlich weiterhin vielfach anbaueeignet bleiben wird, zukünftig verstärkt in Mischbestandstypen vor allem mit Buche und anderen geeigneten Nadelbaumarten. Dies dient der Betriebssicherheit im Hinblick auf zusätzliche Risiken durch Extremereignisse und biotische Schaderreger
- Erhöhung der Mischbaumartenanteile in Buchenbeständen mit dem vorrangigen Ziel der betrieblichen Risikoverteilung und -minderung. Damit Schaffung zusätzlicher Naturverjüngungspotenziale für klimabedingte Schadereignisse auch in Buchenbeständen

Ostniedersächsisches Tiefland

- Sukzessive Ablösung stark risikobehafteter und nicht standortgerechter Fichtenbestände
- Angesichts des sehr hohen Flächenanteils der bereits heute als mäßig frisch bis trocken eingestufte Standorte ist der Kiefer als Pionierbaumart und standörtlich vergleichsweise anspruchsloser Baumart (Wasserversorgung) beim künftigen Waldaufbau möglicherweise eine größere Anbaufläche zuzuweisen
- Ökologische Aufwertung strukturalmer Kiefernreinbestände (z. B. durch Mischbaumarteneinbringung oder Mischbaumartenförderung) mit dem Ziel bestandsbedrohende Risiken, die von Kieferngroßschädlingen ausgehen, zu senken
- Weitere Minderung des Waldbrandrisikos durch Fortsetzung der erfolgreich eingeleiteten Anreicherung der Nadelwälder mit Laubholz und Qualifizierung der Waldbrandbekämpfung und -prävention
- Vorrangige Überführung (im Zuge von Waldpflege und -verjüngung) der großflächigen strukturalmeren, oft aus Wiederaufforstung nach Heide hervor gegangenen Nadelwälder in strukturreichere und leistungsfähigere Mischwälder, soweit standörtlich möglich und sinnvoll unter Beteiligung von Laubholz. Auch die Douglasie wird in dieser Wuchsregion am Waldbau beteiligt werden, wo sie sich in das forstliche Baumartenspektrum einfügt.
- Förderung dauerwaldartiger Waldaufbauformen mit Bevorzugung von Naturverjüngung „unter Schirm“ zur Senkung der zunehmenden Spätfrostgefahr

5.6 Biodiversität und Naturschutz

5.6.1 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 Auswirkungen auf die biologische Vielfalt haben, die positiv oder negativ ausfallen können. 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 dürfte die Anpassung für Organismen erschweren.

Änderung der Standortbedingungen

Die projizierten Klimaänderungen (s. Kap. 4) lassen auch für Niedersachsen einen Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur mit milderen Wintern und sommerlichen Trockenperioden, höheren Niederschlägen im Winterhalbjahr und gegebenenfalls einer Zunahme von Extremwetterereignissen (Starkregen, Hitzeperioden, 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)
- erhöhtes Wasserangebot im Winterhalbjahr
- erhöhter Oberflächenwasserabfluss, zunehmende Hochwässer, Erosion
- Veränderung des chemisch-physikalischen Zustands von Gewässern (z. B. Erwärmung, Sauerstoffdefizite, s. Kap. 5.1)
- Änderung des Lokalklimas
- Beeinflussung der Bodenfunktionen (s. Kap. 5.7)

Für die Küstenregion wird zusätzlich davon ausgegangen, dass es auch zu verstärkten Sturmfluten (Zunahme der Erosion) und einem erhöhten Meeresspiegelanstieg kommen wird. Beide Faktoren werden sich über die Ästuare weit bis ins Hinterland auswirken (s. Kap. 5.2).

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. Bei Langstreckenziehern kann es in ihrem mitteleuropäischen Brutgebiet zu einer sogenannten Desynchronisation kommen, das heißt einer zeitlichen Entkoppelung von Brutgeschehen und den zur erfolgreichen Jungenaufzucht erforderlichen Naturvorgängen wie Blühbeginn oder Insektenentwicklung. So wird der Rückgang des Trauerschnäpperbestandes in Nordrhein-Westfalen um 25 Prozent seit 2003 mit diesem Phänomen in Verbindung gebracht. 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.

Artenverschiebungen

In Folge veränderter Standortbedingungen und Wechselbeziehungen zwischen den Organismen können sich Änderungen in der geografischen Verbreitung von Arten ergeben: Wärme liebende Arten können sich ausbreiten oder neu einwandern – sofern sie geeignete Lebensräume vorfinden. In Niedersachsen wurden beispielsweise im Kartierzeitraum 1993 bis 2003 eine Reihe von Wärme liebenden 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 stammenden 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 können Arten kühl-

feuchter Lebensräume Lebensraum verlieren. 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 Prozent in den nächsten Jahrzehnten aus, die nur zum Teil durch die Zuwanderung neuer Spezies ausgeglichen 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 Hannover⁴⁵ kommt zu dem Ergebnis, dass in 83 der 184 untersuchten FFH-Gebiete potenziell ungünstig durch den Klimawandel beeinflusste FFH-Arten vorkommen und nur in 26 FFH-Gebieten potenziell 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 heimischer Arten oder sogar zu gesundheitlichen Folgen für den Menschen oder wirtschaftlichen Schäden führen können. Die Pollen der Beifuß-Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) sind beispielsweise starke Allergieauslöser (s. Kap. 5.13). 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 werden sich auf die Struktur und Zusammensetzung von Ökosystemen auswirken. 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 natür-

lichen Fichtenwaldstufe im Harz). In Fließ- und Stillgewässerlebensräumen wird es voraussichtlich zu verlängerten Niedrigwasserperioden, Erwärmung des Wasserkörpers und damit einhergehend geringeren Sauerstoffspeicherkapazitäten und höheren Konzentrationen von Schad- und Nährstoffen kommen. Stärkere Hochwässer können zu strukturellen Veränderungen in Fließgewässern und Auen führen. Auch die Küstenlebensräume, insbesondere das Wattenmeer, werden als besonders sensibel gegenüber den Folgen eines Klimawandels eingeschätzt, vor allem wird eine Verkleinerung der Vorlandlebensräume aufgrund verstärkter Kantenerosion durch Meeresspiegelanstieg und Sturmfluten projiziert. Besonders betroffen dürften auch einige kleinräumige Sonderstandorte sein, 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.

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.

In o. g. Studie wird davon ausgegangen, dass 63 Prozent der in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen-Wolfsburg anzutreffenden FFH-Lebensraumtypen durch den Klimawandel potenziell ungünstig beeinflusst werden und nur 26 Prozent günstig.

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 durch- aus noch die charakteristische Moorvegetation

⁴⁵ www.klimafolgenmanagement.de

und -fauna beherbergen, wenn der sommerliche Wasserstand nicht unter das für ihr Überleben notwendige Niveau fällt. Sollte allerdings in Zukunft aufgrund zunehmender sommerlicher Trockenheit der Wasserstand im Moorkörper während der Vegetationsperiode 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.

Indirekte Auswirkungen des Klimawandels

Da der Klimawandel auch Schutz- und Anpassungsmaßnahmen in anderen Handlungsfeldern nach sich zieht, die sich auf die Landschaft auswirken, können dadurch zusätzliche indirekte Auswirkungen des Klimawandels für die biologische Vielfalt die Folge sein, z. B. durch:

- Flächenverbrauch (z. B. durch Windkraftanlagen, Freiflächen-Solaranlagen, technische Hochwasser- und Küstenschutzmaßnahmen)
- Nutzungs- und Bewirtschaftungsänderungen (z. B. Verlust von Habitatbäumen und Totholz fremdländischer Baumarten, Umwandlung von Brachflächen oder Dauergrünland für den Anbau nachwachsender Rohstoffe)
- erhöhte Wasserentnahmen in Folge eines gestiegenen Bedarfs in Landwirtschaft und Gartenbau.

Verlust von Ökosystemdienstleistungen

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 und Wäldern, 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 wesentlichen 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.

5.6.2 Handlungsziele

Um den Zielen des Naturschutzes auch künftig gerecht zu werden, sind Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels in angemessenem Umfang einzubeziehen. Eine vielfältige Natur und ein intakter Naturhaushalt sind die beste 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. Der Beweis für heute schon nachweislich primär auf den Klimawandel zurückzuführende Veränderungen in Fauna und Flora ist jedoch sehr schwer zu führen. Dies hat mehrere Gründe:

- Nach Einschätzung der Meteorologen werden die projizierten klimatischen Veränderungen erst gegen Mitte dieses Jahrhunderts verstärkt in Erscheinung treten. Pflanzen und Tiere reagieren auf Veränderungen ihrer Lebensbedingungen mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung, so dass davon auszugehen ist, dass auch etwa erst ab diesem Zeitpunkt mit deutlichen und gravierenden Veränderungen bei Flora und Fauna zu rechnen ist.
- Ökosysteme zeichnen sich durch eine hohe Komplexität und Dynamik aus. Veränderungen in deren Gefüge können deshalb selten monokausal begründet werden, sondern können viele Ursachen haben.
- Die Datenlage ist oftmals nicht ausreichend, um eine abgesicherte Aussage treffen zu können.

Bezogen auf Niedersachsen lässt sich sagen, dass zwar auch hier einige Beobachtungen auf Veränderungen hindeuten; ob diese jedoch ausschließ-

lich auf klimatische Veränderungen zurückgehen oder (auch) andere Ursachen haben, kann zum jetzigen Zeitpunkt nicht mit Sicherheit beurteilt werden. Beispiel Höhere Pflanzen: Die im Rahmen des Niedersächsischen Pflanzenarten-Erfassungsprogramms seit 1982 (überwiegend ehrenamtlich) erhobenen Daten geben Hinweise auf die Ausbreitung von 13 wärmeliebenden Pflanzenarten: Allerdings kann für den gleichen Zeitraum auch eine Zunahme von 71 weiteren Arten, die nicht als Wärmezeiger gelten, beobachtet werden. Beispiel Flechten: Unter den Flechtenarten, die sich in den letzten Jahren in Niedersachsen ausbreiten, befinden sich auch einige wärmeliebende Arten, die möglicherweise von einem Temperaturanstieg bereits profitiert haben. Die Bedeutung der Klimaerwärmung für diese Flechtenarten lässt sich allerdings nur sehr schwer von dem Einfluss einer zurück gehenden SO_2 -Belastung und einer zunehmenden Eutrophierung trennen. Die Ursachen für die Ausbreitung der Arten sind nicht hinreichend untersucht. Systematische Auswertungen oder Projektionen für naturschutzrelevante Pflanzen, Tiere und Lebensräume im Hinblick auf einen Klimawandel sind bisher für Niedersachsen kaum erfolgt. Ein Ansatz wurde im Rahmen der oben erwähnten Studie über die Auswirkungen des Klimawandels auf das Netzwerk Natura 2000 in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen-Wolfsburg für diese Teilregion vorgestellt.

Die Verbesserung des Wissenstands über klimabedingte (projizierte und eingetretene) Veränderungen des Naturhaushaltes und der biologischen Vielfalt, speziell bezogen auf Niedersachsen und dessen naturräumliche Regionen, ist deshalb eine wichtige Voraussetzung für eine angemessene Einbeziehung der Klimathematik in Naturschutzhandeln. Da sich Änderungen im Naturhaushalt, bei Arten und Lebensräumen nicht innerhalb von Ländergrenzen, sondern naturraumbezogen vollziehen werden, sind ein Erfahrungsaustausch und eine Zusammenarbeit mit Einrichtungen des Bundes und der Länder (BfN, Landesämter) sinnvoll. Durch eine Zusammenarbeit mit anderen Fachdisziplinen, die sich mit dem Naturhaushalt beschäftigen – wie Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft oder Bodenschutz – können sich hilfreiche Synergieeffekte ergeben, breitere fachliche Entscheidungsgrundlagen geschaffen und gemeinsame Wege für geeignete Anpassungsmaßnahmen entwickelt werden. Zur Erforschung komplexer Zusammenhänge sind Hochschulen und andere Forschungseinrichtungen mit ihren wissenschaftlichen Ressourcen am besten geeignet. Für eine an der Naturschutzpraxis orientierte Forschung sollen die Akteure des Naturschutzes einbezogen werden.

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.

No-regret-Strategie

Wegen der bestehenden Unsicherheiten in der Projektion der künftigen Klimaentwicklung und deren möglichen Auswirkungen auf die biologische Vielfalt und wegen der bereits bestehenden, auch weiterhin wirksamen Gefährdungsfaktoren und Beeinträchtigungen für Arten und Lebensräume, müssen die naturschutzfachlichen Strategien vor allem solche Maßnahmen in den Vordergrund stellen, die heute schon naturschutzfachlich sinnvoll und darüber hinaus in besonderem Maße geeignet sind

- die natürliche Anpassungsfähigkeit von Organismen und Ökosystemen an den Klimawandel zu unterstützen,
- deren Widerstandsfähigkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels zu erhöhen,
- einen Beitrag zur Klimafolgenanpassung in anderen Handlungsfeldern zu leisten (z.B. Hochwasser- und Erosionsschutz),
- einen Beitrag zum Klimaschutz zu liefern (z.B. Erhaltung und Renaturierung von Mooren zur Vermeidung des Kohlenstoffabbaus und als Treibhausgas-Senke).

Wegen des - aus planerischer Sicht - langen zeitlichen Horizonts für klimabedingte Veränderungen im Naturhaushalt sind viele konkrete Anpassungsmaßnahmen nur in einem adaptiven Prozess zu entwickeln. Besondere Bedeutung kommt allerdings schon heute der Beseitigung bestehender Defizite bei Schutz, Pflege und Entwicklung von Arten und Lebensräumen zu, um deren Ausgangsbedingungen für eine Anpassung an sich verändernde Umweltbedingungen zu verbessern.

Informations- und Öffentlichkeitsarbeit

In der Öffentlichkeit wird das Thema „Klimawandel und Biodiversität“ bisher eher auf einer globalen Ebene wahrgenommen (zum Beispiel die Gefährdung des Lebensraums der Eisbären). Bezogen auf Niedersachsen nimmt diese Problematik bisher noch keinen breiten Raum in der öffentlichen Wahrnehmung ein. Die Informations- und Öffentlichkeitsarbeit des Naturschutzes sollte deshalb um diese Thematik erweitert werden, um eine breite Öffentlichkeit 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. 5.19).

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 sollten von vornherein gemeinsame Wege gesucht und abgestimmte Handlungskonzepte erarbeitet werden, um gegenläufige Entwicklungen zu vermeiden, Aktivitäten zu bündeln und erforderliche Maßnahmen möglichst einvernehmlich voranzubringen.

Daneben können verschiedene Klimaschutz- und -anpassungsmaßnahmen Beeinträchtigungen für den Naturhaushalt mit sich bringen (s. Kap. 5.6.1). Um diese so gering wie möglich zu halten, müssen auch bei deren Umsetzung Naturschutzaspekte berücksichtigt werden. Dies erfolgt bei allen landschaftswirksamen Maßnahmen im Rahmen der Bestimmungen des Bundesnaturschutzgesetzes und des Niedersächsischen Ausführungsgesetzes zum BNatSchG 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.

5.6.3 Maßnahmen

Verbesserung des Wissensstands

- Nutzung und Weiterentwicklung der vorhandenen Erfassungs- und Monitoringprogramme in Niedersachsen zur Identifizierung und Dokumentation klimabedingter Veränderungen bei Arten und Lebensräumen.
- 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.
- 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 Fachdisziplinen, die sich mit dem Naturhaushalt beschäftigen (z. B. Biologie, Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Bodenschutz, Stadtentwicklung) bei der Situationsanalyse, Projektion und der Entwicklung von Anpassungsstrategien.
- Projektbezogene Zusammenarbeit und fachlicher Austausch zwischen Forschungseinrichtungen und Naturschutzakteuren, insbesondere mit der Niedersächsischen Fachbehörde für Naturschutz im NLWKN, bei Forschungsthemen mit Relevanz für die Naturschutzpraxis.

Naturschutzfachliche Strategien und Maßnahmen

Planungen, Konzepte, Programme

- Integration der naturschutzrelevanten Aspekte des Klimawandels in die Landschaftsplanung (Landschaftsprogramm, Landschaftsrahmenplan, Landschaftsplan, Grünordnungsplan) unter Berücksichtigung der naturräumlichen, regionalklimatischen Zusammenhänge (s. Kap. 5.15).
- 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 Biotopschutzkonzepten.
- Anpassung von Schutzzweckformulierungen in Schutzgebietsverordnungen, sofern sich Entwicklungen im Naturhaushalt so weit manifestiert haben, dass hierzu ein Erfordernis besteht.

Maßnahmen für Arten und Lebensräume

Eine zentrale Rolle bei der Anpassung von Ökosystemen an den Klimawandel spielen die Schutzgebiete. Daneben zielen diese jedoch auch auf die Landschaft außerhalb von Schutzgebieten.

- Zügige Schaffung bzw. Weiterentwicklung 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 Biotop 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

- naturnaher Flächen,
- Wiederherstellung der Durchgängigkeit von Auen und 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 ausreichend großer Flächen mit Lebensraumschutzfunktion zur Stabilisierung von Populationen und Lebensgemeinschaften.
 - Minderung bestehender Beeinträchtigungen und Intensivierung von Entwicklungsmaßnahmen zur Förderung einer größeren Naturnähe von Ökosystemen (z. B. Regeneration des Landschaftswasserhaushalts durch Wiedervernässung von Feuchtgebieten und natürliche Wasserrückhaltung, Waldumbau zu naturnahen Laubmischwäldern, Erhaltung und Entwicklung wichtiger Lebensraumstrukturen).
 - Das Zulassen der natürlichen Dynamik von Ökosystemen ermöglicht deren Selbstorganisation bei sich ändernden Umweltbedingungen; gleichzeitig können aus diesen unbeeinflussten ablaufenden Entwicklungen wertvolle Informationen für Naturschutzhandeln und Landnutzungsstrategien (z. B. in der Forstwirtschaft) unter sich ändernden Klimabedingungen gewonnen werden.

Informations- und Öffentlichkeitsarbeit

Hier ergeben sich im Wesentlichen vier Aufgabengebiete:

- Darstellung der Bedeutung von Ökosystemen für den Klimaschutz und die 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).
- Aufklärung über die Belange des Naturschutzes bei der Umsetzung von landschaftsbezogenen Klimaanpassungsmaßnahmen in anderen Handlungsfeldern (Wasserwirtschaft, Forstwirtschaft, Landwirtschaft etc.).

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.

5.7 Bodenschutz

5.7.1 Auswirkungen des Klimawandels

Böden spielen eine zentrale Rolle im Klimageschehen. Einerseits haben der Zustand und die Zusammensetzung des Bodens ganz erhebliche Auswirkungen auf das Klima. Andererseits sind Bodeneigenschaften und Bodenfunktionen unmittelbar von künftigen Klimaänderungen betroffen. In diesem Kapitel soll in erster Linie auf die Folgen des Klimawandels für die Böden eingegangen werden ohne aber die zum Teil sehr klimarelevanten Effekte von Bodenveränderungen unberücksichtigt zu lassen.

Als offene Systeme reagieren Böden direkt auf Witterungs- und Klimawandel mit der Veränderung ihrer Eigenschaften und Funktionen. Die Reaktionen von Böden sind jedoch ambivalent. Zum einen führen die Klimaänderungen direkt zu Struktur- oder Funktionsänderungen, die sowohl negativer als auch positiver Natur sein können. Als Beispiele seien der Bodenabtrag nach Starkregen und die Förderung biotischer Prozesse bei erhöhter Temperatur genannt. Zum anderen bewirken oder beschleunigen menschliche Eingriffe in den Boden oder Klimaänderungen Bodenprozesse, die sich negativ auf das Klima auswirken. Hier ist besonders der Humusabbau mit der damit verbundenen Emission klimarelevanter Gase zu nennen.

Bedeutung der Böden

Böden spielen eine bedeutende Rolle im Naturhaushalt. Sie sind Lebensgrundlage und Lebensraum für Pflanzen, Tiere, Pilze und Mikroorganismen, aber auch für Menschen (Lebensraumfunktion). Sie sind Regulatoren im Wasser- und Stoffhaushalt der Landökosysteme, (Regulationsfunktion). Böden werden intensiv von Menschen genutzt und leisten dabei nicht zu ersetzende Dienste. Sie dienen als Anbaufläche für die Erzeugung von Nahrungsmitteln, Futtermitteln und pflanzlichen Rohstoffen (Produktionsfunktion). Sie dienen außerdem der Anlage von Siedlungen, der Ver- und Entsorgung für die industrielle und gewerbliche Produktion sowie der Entsorgung von Abfällen (Trägerfunktion). Des Weiteren dienen sie als Erholungsraum sowie als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte (Kulturfunktion).

Eine zentrale Bedeutung hat der Humus im Boden. Er entscheidet ganz wesentlich über das Vermögen Wasser aufzunehmen, zu speichern und wieder abzugeben, so dass es dem Bodenleben und dem Pflanzenwachstum zur Verfügung steht. Verliert ein Boden seine Humusbestandteile, so verliert er sein stabiles Bodengefüge. Niederschlagswasser trifft dann auf verschlämmte Oberflächen und wird oberflächlich abfließen und dabei Erosion und

im weiteren Verlauf Überschwemmungen verursachen. Ein Humusmangel würde nicht nur zu mehr Wasser- und Winderosion führen, sondern auch das Risiko der Bodenschadverdichtung erhöhen, sowie die biotische Aktivität der Böden, seine Filterfunktion und damit auch die Qualität des Grundwassers beeinträchtigen. Schließlich kommt dem Humus als Kohlenstoffspeicher besonders in Niedersachsen mit seinen sehr großen Anteilen humusreicher Böden und Moore, eine Treibhausgas speichernde Funktion zu.

Böden sind nicht vermehrbar, kaum erneuerbar und haben ein langes „Gedächtnis“. Daher müssen sie nach dem Prinzip der Vorsorge genutzt und geschützt werden. Der Schutz von Böden und ihren Funktionen erfolgt durch entsprechende Gesetze und Verordnungen auf Bundes- und Länderebene. Dieser Schutz ist auch unter sich wandelnden Klimabedingungen zu gewährleisten.

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 von den Böden abzuwenden. Um dieses Ziel zu erreichen, sind die notwendigen rechtlichen und administrativen Voraussetzungen zu schaffen.

Auswirkungen auf Bodenzustand und Bodenfunktionen

Die Bodenfunktionen werden durch eine Vielzahl verschiedener Faktoren bestimmt und es muss mit regional unterschiedlichen Ausprägungen der Folgen des Klimawandels gerechnet werden. Die erwarteten Klimaänderungen werden sich deshalb regional differenziert auf den Bodenzustand, die Bodenfunktionen und die im Boden ablaufenden Prozesse auswirken.

Bodenwasserhaushalt

Die saisonalen Verlagerungen der Niederschläge (Zunahme im Winter, Rückgang im Sommer) bei gleichzeitigem Temperaturanstieg wie es von verschiedenen Modellen projiziert wird (s. Kap. 4) hätten durch die resultierende höhere Verdunstung eine abnehmende klimatische Wasserbilanz in der Hauptvegetationsperiode zur Folge, einhergehend mit einer stärkeren Ausnutzung der Bodenwasservorräte im Sommer.

Es wird mit einer Zunahme von ausgedehnten Trockenperioden gerechnet. Als Folge steigen die Gefahr von Trockenstress für die Vegetation und Verschlechterung der Nährstoffverfügbarkeit. Sowohl die beregnungsbedürftige Fläche als auch die

notwendige Beregnungswassermenge pro Beregnungsfläche nehmen zu.

Auch eine verstärkte Ausnutzung 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) ist zu vermuten.

Eine Verlängerung der Vegetationszeit, höhere Temperatursummen und gleichzeitig eine höhere CO₂-Konzentration in der Atmosphäre ermöglichen aber auch höhere Biomasseerträge und andere Fruchtfolgen. Ein Zweitanbau kann auch in bisher ungünstigen Lagen möglich werden, allerdings nur, wenn eine gute Wasserversorgung gewährleistet ist, was im Zuge des Klimawandels zunehmend zur Herausforderung werden kann (s. Kap. 5.3).

Für die Winterhalbjahre sind aber auch gegenläufige Verhältnisse möglich. Durch den zu erwartenden Anstieg der klimatischen Wasserbilanz im Winter kann es auch zu einer Erhöhung der durchschnittlichen jährlichen Sickerwasserrate kommen. Durch die projizierte Veränderung der Niederschlagsverhältnisse mit Zunahme der Winterniederschläge und Zunahme von Starkregenereignissen ist mit einem verstärkten Oberflächenabfluss zu rechnen. Eine zunehmende Bodenerosions- und Hochwassergefährdung wären die Folge. Durch einen Meeresspiegelanstieg sind außerdem Salzintrusionen für Böden in Küstennähe zu befürchten, welche erstmalig mit Salzwasser in Kontakt kommen.

Kohlenstoffhaushalt

Auch 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. Böden speichern achtmal mehr Kohlenstoff als die Atmosphäre. Böden stellen den drittgrößten Kohlenstoffvorrat der Erde dar (berechnet aus DENMAN et al./IPCC 2007), wovon etwa 15 bis 30 Prozent auf die Moore entfallen. Sie sind deshalb von großer Bedeutung bei der Regulierung des globalen Kohlenstoffkreislaufs. Niedersächsische Moore enthalten auf weniger als 10 Prozent der Landesfläche mehr als 50 Prozent der Bodenkohlenstoffvorräte des Landes.

Durch die zu erwartenden höheren Temperaturen und die erwartete verstärkte Sommertrockenheit können vor allem hydromorphe Böden (Moore, Marschen, Gleye) in den Sommermonaten stärker entwässern, so dass die durch Wasserüberschuss

konservierte organische Substanz dem oxidativen Abbau ausgesetzt werden kann. Langfristig wären Humusabbau und CO₂-Freisetzung die Folge. Gleiche Effekte würden dadurch bewirkt, dass sich aufgrund der projizierten Sommertrockenheit mehr Grünlandstandorte für eine Ackernutzung eignen und umgebrochen werden könnten.

Der Rückgang der organischen Bodensubstanz hätte nicht nur Folgen für die Regulierung des globalen Kohlenstoffkreislaufs, sondern auch für das Nährstoff- und Wasserspeichervermögen der Böden, insbesondere bei tonarmen Böden, sowie für die Bodenbiodiversität und die Mobilität von Schadstoffen.

Mildere Wintertemperaturen und eine ausreichende Bodenfeuchte können die Mineralisierungsprozesse der organischen Substanz beschleunigen. Dem steht allerdings möglicherweise eine konservierende Wirkung durch Wasserübersättigung und - in nicht hydromorphen Böden - eine verringerte Mineralisation in trockenen Sommermonaten gegenüber.

Biodiversität

Der Boden ist Lebensraum für diverse pflanzliche und tierische Lebewesen. Bodentiere und Mikroorganismen, beispielsweise Bakterien und Pilze, spielen eine maßgebliche Rolle für den Abbau und die Mineralisierung der organischen Substanz, die Durchmischung und Stabilisierung organischer und mineralischer Partikel und damit für den Humusaufbau und die Bodenaggregation, die Bindung atmosphärischen Stickstoffs sowie Verwitterungsprozesse und für 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, die die Bodentemperatur und -feuchte beeinflussen, können zu einer Veränderung der Bodenbiodiversität führen, mit Folgen für die ökosystemaren Funktionen im Boden. Es besteht jedoch noch erheblicher Forschungsbedarf zu den Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die Biodiversität im Boden und zu den ökologischen Folgen einer Veränderung der Bodenfauna.

Erosion

Feuchtere Winter sowie die Zunahme von lang andauernden Niederschlagsereignissen hätten einen verstärkten Oberflächenabfluss im Winter zur Folge.

Vor allem für die Sommermonate wird damit gerechnet, dass die insgesamt abnehmenden Niederschläge häufiger als Starkregenereignisse eintreten. Auch dies hätte einen verstärkten Oberflächenabfluss und damit eine Zunahme der Erosionsgefährdung zur Folge.

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. Die Winderosionsgefährdung v.a. feinsandiger und schluffiger Böden würde zunehmen.

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 der betroffenen Fläche (im „On-Site“-Bereich) – die betroffenen Flächen 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.

Verdichtung

Zu Schadverdichtungen kann es kommen, wenn die Tragfähigkeit landwirtschaftlich genutzter Böden bei der Bearbeitung bzw. Befahrung überschritten wird. Die Tragfähigkeit eines Bodens hängt von der Stabilität des Bodengefüges ab, die wiederum durch verschiedene Faktoren beeinflusst ist, welche ihrerseits einer Veränderung im Zuge des Klimawandels unterworfen sein können. Durch erhöhte Niederschlagsmengen im Winter können zu Beginn der Frühjahrsbodenbearbeitung höhere Bodenwassergehalte auftreten, die die Stabilität des Bodengefüges herabsetzen. Gleichzeitig würde sich eine Abnahme der Frosttage negativ auf die Gefügestabilität auswirken, 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 Wasserspeichervermögens und der Durchwurzelbarkeit. 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.

Natürliche Bodenfunktionen

Die mit dem Klimawandel einhergehenden Niederschlags- und Temperaturänderungen werden sich in verschiedener Weise auf die Bodenfunktionen auswirken, da sie in vielfältiger Wechselwirkung mit dem Wasser- und Stofftransport, den Stoffumwandlungs- und Speicherprozessen, dem Humusgehalt und der biologischen Aktivität stehen. Insofern wirken sich Klimaänderungen direkt auf die in §2 des Bundesbodenschutzgesetzes beschriebenen Bodenfunktionen aus.

Insbesondere werden davon die natürlichen Bodenfunktionen betroffen sein, die von besonderer Bedeutung für den Naturhaushalt sind. Dies sind die Lebensraum-, Regulations- sowie Filter- und Pufferfunktion des Bodens.

Über die Beeinflussung des Bodenwasserhaushaltes sind Auswirkungen aber auch auf die Nutzungsfunktionen (v.a. Standort für die Land- und Forstwirtschaft) zu erwarten.

Stoffhaushalt

Die projizierte Zunahme der Sommertrockenheit mit einer stärker werdenden 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 zahlreicher Pflanzennährstoffe an das Vorhandensein von Wasser gekoppelt sind, werden die Nährstoffverfügbarkeit und die Düngewirkung (ohne zusätzliche Beregnung) eingeschränkt. Dadurch und durch den 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 Salze wie zum Beispiel Nitrat, ins Grundwasser. Zusätzlich kann durch die höheren Wintertemperaturen die Mineralisation organischer Substanz im Boden zunehmen, was zu einer Verstärkung der Auswaschungsproblematik führen würde.

5.7.2 Handlungsziele

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

Schutz der Böden und Bodenfunktionen

Die Böden und Bodenfunktionen sind zu schützen und die Widerstandsfähigkeit der Böden gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels zu erhöhen. 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. Böden mit hohen C-Vorräten sind gegenüber Stoffausträgen, Erosion und Schadverdichtung widerstandsfähiger. In der Regel haben sie ein stabileres Gefüge, können mehr Wasser und Nährstoffe (und Schadstoffe) halten, und ihre biologische Aktivität ist höher als bei Böden mit niedrigen C-Gehalten.

Entwicklung regionaler Anpassungsstrategien

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 unter besonderer Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels 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. Zunächst müssen also die vom Klimawandel besonders betroffenen Gebiete nach Art der Auswirkung und nach Empfindlichkeit der betroffenen Böden und Bodenfunktionen identifiziert und bewertet 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 eine wichtige Grundlage.

5.7.3 Maßnahmen

Übergreifende Maßnahmen

Identifizierung besonders betroffener Gebiete

- Voraussetzung für die Identifizierung und Bewertung der durch den Klimawandel besonders betroffenen Bereiche ist die Erhebung und Verfügbarmachung 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. Die Daten und Methoden des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS) und die Daten der Boden-Dauerbeobachtung (BDF) sind dafür eine wichtige Grundlage. Darüber hinaus sind verstärkte Aktivitäten notwendig, um die Qualität und die Verfügbarkeit der Daten (z. B. Niederschlagsdaten zur Modellierung der Erosion) zu verbessern. Deshalb ist die Fortschreibung und Anpassung an den zusätzlichen Bedarf der Datengrundlagen zu Klima und Boden sowie Implementierung geeigneter Auswertungsmethoden im Niedersächsischen Bodeninformationssystem erforderlich. Dazu gehört auch eine Erweiterung des bestehenden BDF - Programms um die klimarelevanten Fragestellungen (z.B. Biodiversität, Kohlenstoffvorräte).

Entwicklung regionaler Anpassungsstrategien

- Weiterhin bedarf es der Verknüpfung von Bodendaten mit anderen Fachdaten. Zwischen Klima auf der einen Seite und 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 und land- und forstwirtschaftliche Vegetation. Der Boden stellt also eine wichtige Schnittstelle im Landschaftshaushalt dar. Auf dieser Grundlage können Verflechtungen mit anderen Fachbereichen dargestellt und wirkungsvolle Anpassungsmöglichkeiten abgeleitet werden.

Überprüfung von Fachrechten und Leitlinien

- Zur Klimafolgenanpassung sind bisher keine spezifischen bodenschutzrechtlichen Instrumente vorhanden. 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. Erforderlich ist also die Überprüfung und ggf. Ergänzung von Fachrechten und Leitlinien mit bodenschutzrechtlichen Bezug in Hinblick auf den Klimawandel (z.B. BBodSchG, ROG, BNatSchG u.a.) (REESE, M. et al. 2010).

Maßnahmen, Förderprogramme, Forschung nach Themenfeldern

Auswirkungen des Klimawandels sind insbesondere auf die natürlichen Bodenfunktionen sowie auf die Funktion der Böden als Standort der Land- und Forstwirtschaft sowie als natürlicher Lebensraum zu erwarten.

Es ist zu berücksichtigen, dass Klima und Boden durch komplexe Wechselbeziehungen miteinander in Verbindung stehen und zwischen dem Boden als Querschnittsmedium und anderen Landnutzungen zahlreiche Schnittstellen bestehen. 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.

Bodenwasserhaushalt

- gezielte und standortabhängige Beregnung und Beregnungssteuerung, Einsatz wassersparender Beregnungstechniken.
- Verankerung der Bedeutung des Bodens als Wasserspeicher im Sinne des Hochwasserschutzes und als Kohlenstoffspeicher für den Klimaschutz im BBodSchG.
- Förderung der Versickerung durch Maßnahmen zur Verbesserung der Bodenstruktur (z.B. Humusaufbau).
- Identifizierung und Freihaltung von Böden mit einem wesentlichen Beitrag zur Klimafolgenbewältigung in Städten (Kühlfunktion, Teilnahme am Wasserkreislauf).
- Entsiegelung und Verringerung von Flächenverbrauch und Versiegelung zur Wiederherstellung und Sicherung des Wasserspeichervermögens
- Anpassung der landwirtschaftlichen Produktionsrichtung unter Beachtung sich verändernder Wasservorräte.
- Handlungs- und Förderprogramme zum verbesserten Schutz und Erhalt von Dauergrünlandflächen als Wasserspeicher.
- Anpassung der Wasserrechte für Feldberegnung
- Regeneration bzw. Erhalt des natürlichen Wasserhaushalts (z.B. Moore, Auen). Das Verfahren der kontrollierten Dränung sollte zur Steuerung des Dränwasserabflusses und der Grundwasserneubildung auf gedrännten Standorten zur Praxisreife weiter entwickelt werden.

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 Treibhausgasminierungsmaßnahmen oft ineinander. Eine scharfe Trennung dieser beiden Maßnahmentypen im Bereich Bodenschutz ist daher nicht immer möglich.

- Erhaltung des standorttypischen Humusgehaltes, Moorrenaturierung/ -regeneration,
- Entwicklung von Torfersatzstoffen mit dem Ziel, eine Reduktion des Torfeinsatzes zu erreichen (vgl. Empfehlung für eine Niedersächsische Klimaschutzstrategie)
- Verzicht auf Grünlandumbruch.
- Überprüfung von Fördermaßnahmen bei ackerbaulicher Nutzung auf Moorstandorten.
- 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.

Biodiversität

- humusschonende und Verdichtung vermeidende Bodenbearbeitungsformen.
- 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.
- 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.

Erosion

- Weiterentwicklung/ Umsetzung eines geeigneten Bewertungs- und Beratungskonzeptes zur bodenschonenden Bewirtschaftung (konservierende Bodenbearbeitung, Windschutzhecken etc.).
- Weiterentwicklung praxisnaher Erosionsprojektionsmodelle zur Beurteilung des potenziellen Erosionsrisikos und der Effektivität von Maßnahmen gegen Erosion mit Blick auf den Klimawandel.

- Erosionsmonitoring (auch zur Umsetzung der Ziele der EU-WRRL zu Verringerung diffuser Stoffeinträge aus der Landwirtschaft).
- Anpassung des Erosionsschutzkatasters (CC) an den Klimawandel.
- Förderprogramme zur Erhöhung der natürlichen Wasserretention.
- Neuausrichtung von Förder- und Beratungsprogrammen auf bodenbezogene Klimaanpassungsmaßnahmen.

Verdichtung

- Berücksichtigung der Bodenfeuchte bei der Wahl des richtigen Bearbeitungszeitpunktes.
- Erhöhung der Aggregatstabilität durch humuserhaltende Bewirtschaftungsverfahren.
- konservierende Bodenbearbeitung (an dafür geeigneten Standorten).

Natürliche Bodenfunktionen

- Maßnahmen des vorsorgenden Bodenschutzes (wie z.B. Vermeidung von Verdichtung und Versiegelung, Erosionsschutz, Entsiegelung,...) Ergänzung von §8 NBodSchG zur Weiterentwicklung der Methoden im NIBIS zur Berücksichtigung der Auswirkungen des Klimawandels und der Bewertung von Anpassungsmaßnahmen.
- Ergänzung des Aspekts Klimaauswirkungen und Bodenfunktionen in der Bodenschutzgesetzgebung.
- Identifizierung und Konkretisierung des Bedarfs an erforderlichen Boden(Flächen-) Daten und -informationen (Art und Qualität).
- Raumordnung/ Flächennutzungsplanung: 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.
- Verstärkte Ausrichtung der Agrarumweltmaßnahmen (AUM) auf bodenbezogene Klimaschutz- und -anpassungsmaßnahmen.
- Konkretisierung und Weiterentwicklung der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung im Sinne einer Klimafolgenanpassung.
- Weiterentwicklung und Abstimmung der Dauerbeobachtungsprogramme im Hinblick auf die Erfordernisse eines auf den Klimawandel bezogenen Bodenmonitorings.
- Maßnahmen zur Förderung des Bodenbewusstseins in der Bevölkerung.
- Bewertung von Bodenfunktionen hinsichtlich Senkenfunktion, Ausgleichsfunktion für Klimafolgenbewältigung (Kühlfunktion, Teilnahme am Wasserkreislauf).

- Vorrangige Bepflanzung und Entwicklung von Flächenreserven im Innenbereich von Siedlungen

Stoffhaushalt

- Anpassung der Düngestrategie mit zeitlicher Abstimmung zu Bewässerungsmaßnahmen
- Anpassung der Pflanzenschutzstrategie
Da Böden immer von Nutzungen geprägt werden oder Standorte für Naturschutz, Bebauung etc. sind, werden detaillierte Maßnahmen u.a. auch in den jeweiligen sektoralen Handlungsfeldern (z.B. Kap. 5.1 Wasserwirtschaft, Kap. 5.3, Kap. 5.5, Kap. 5.6) beschrieben.

5.8 Industrie und Gewerbe

5.8.1 Auswirkungen des Klimawandels

Hintergrund

Wichtige Standpfeiler der niedersächsischen Wirtschaft sind die Automobil- und Zulieferindustrie, der Maschinenbau, die Luftfahrt, die Medienwirtschaft, die Ernährungswirtschaft und der Dienstleistungssektor. Auch die Energiewirtschaft trägt mit 19 konventionellen Kraftwerken und der zunehmenden Gewinnung von Energie aus erneuerbaren Quellen einen erheblichen Anteil zur Wertschöpfung in Niedersachsen bei (s. Kap. 5.9). Der Klimawandel erhöht das unternehmerische Risiko für einige Branchen. Betroffen sein können nicht nur Anlagen an den Unternehmensstandorten in Niedersachsen, die Klimaänderungen bergen Risiken in der gesamten Lieferkette. In einer Umfrage des Instituts der deutschen Wirtschaft gaben etwas über die Hälfte der deutschen Unternehmen an, bereits heute vom Klimawandel betroffen zu sein. In der Metropolregion Bremen-Oldenburg ist der Klimawandel bereits für 21 Prozent der Unternehmen deutlich spürbar, insbesondere in den Branchen Grundstücks- und Wohnungswesen, Landwirtschaft, Baugewerbe, Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen sowie im Gastgewerbe. Dies ergab eine Umfrage des Forschungsverbunds nordwest2050. 55 Prozent der Unternehmen in der Metropolregion Bremen-Oldenburg gehen davon aus, dass der Klimawandel bis 2050 eine „eher hohe“ bis „sehr hohe“ Bedeutung für ihren individuellen Unternehmenserfolg haben wird. Eine realistische Schätzung möglicher Schäden ist schwierig. Grundsätzlich kann man davon ausgehen, dass die Kosten von Klimafolgeschäden ohne Anpassung die Kosten der Anpassungsmaßnahmen deutlich übersteigen.

Anlagensicherheit

Extremwetterereignisse wie Starkniederschläge, Hitzeperioden, Stürme oder Hochwasser könnten Industrie- und Gewerbeanlagen und deren Betrieb unmittelbar betreffen. Dies kann für Unternehmen zu erhöhten Versicherungsprämien führen. Niedrigwasser aufgrund ausbleibender Niederschläge kann zudem die Kühlwasserversorgung bestimmter Industrieunternehmen gefährden. Die Rückleitung von Kühlwasser kann in Sommermonaten durch Einleitungsverbote zum Schutz der Flussökosysteme eingeschränkt werden. Kraftwerke, die ihr Kühlwasser aus dem Grundwasser beziehen, sind ebenfalls betroffen. Die sinkenden Wasserstände während anhaltender Trockenperioden begrenzen auch hier den Zugang zu ausreichender Wasserversorgung. Produktionsausfälle bis hin zu Umsatzverlusten sind die Folge für Unternehmen.

Gefährdet sind außerdem Industrie- und Gewerbestandorte in traditionellen Überschwemmungsgebieten. Auch in Niedersachsen können Hochwasser an kleinen und mittleren Flussläufen zunehmen. Eine regionale Modellierung von Abflüssen in Niedersachsen läuft zurzeit im Forschungsvorhaben KLIFF (s. Kap. 4 und 5.1).

Liefer- und Absatzwege

Für international stark verflochtene Industriestandorte ist die zuverlässige Versorgung mit Rohstoffen bedeutsam. Betriebseinschränkungen können durch wetterbedingte Unterbrechungen der vor- oder nachgelagerten Beschaffungs- oder Absatzwege entstehen und Produktionsausfälle nach sich ziehen. Auch der Berufsverkehr kann durch extreme Witterung eingeschränkt sein. Viele Unternehmen weisen bei der Rohstoffversorgung nur geringe Pufferkapazitäten auf. In der Metropolregion Bremen-Oldenburg gaben mehr als 50 Prozent der befragten Unternehmen an, spätestens nach einer Woche nicht mehr voll produktions- oder arbeitsfähig zu sein, wenn zentrale Lieferanten ausfallen. Bei jedem zehnten Unternehmen ist dies bereits nach weniger als sechs Stunden der Fall.

Das Niedrigwasser 2003 in Deutschland hat gezeigt, dass die Wirtschaft durch die Einschränkung der Verkehrswege unmittelbar betroffen ist. Ein Ausfall der Binnenschifffahrt kann von den bereits überlasteten Schienen und Straßen nicht kompensiert werden. Im Bereich der Straßen führen längere Hitzeperioden auch zu Problemen, weil ältere Asphaltdecken nicht hitzeresistent sind (s. Kap. 5.11).

Ressourcensicherheit

Die Folgen des Klimawandels können Einfluss sowohl auf die Verfahren und Produkte als auch das Personal eines Unternehmens nehmen. Engpässe im Wasserangebot könnten z.B. wasserintensive Herstellungsverfahren verändern. Stromausfälle aufgrund von Extremereignissen würden viele Unternehmen empfindlich treffen. Durch vielgliedrige Wertschöpfungsketten und komplexe Lieferkettenbeziehungen verbinden sich mehrere Risiken: Marktrisiken, veränderte Standortbedingungen, Transport von Rohstoffen und Fertigprodukten und Konsumverhalten.

Der Klimawandel gefährdet auch die Ertragssicherheit bei landwirtschaftlichen Produkten (s. Kap. 5.3). Dies könnte neue Anforderungen an die Ernährungswirtschaft und an Betriebe stellen, die nachwachsende Rohstoffe verarbeiten. Insbesondere die im Nordwesten Niedersachsens vertretene Fischwirtschaft muss mit einer Veränderung der Ressourcenverfügbarkeit rechnen (s. Kap. 5.4). Bei Herstellung, Verarbeitung, Lagerung und Transport von Lebensmitteln – insbesondere leicht verderbli-

chen Lebensmitteln – bestehen erhöhte Anforderungen.

Für bestehende oder geplante Industriestandorte sind grundsätzlich national wie international die Auswirkungen des Klimawandels zu berücksichtigen, zum Beispiel die Folgen eines zu erwartenden Anstiegs des Meeresspiegels in küstennahen Gebieten. Dabei ist für Unternehmen neben tatsächlichen Schadensereignissen auch ein zunehmender Planungsbedarf für künftige Entscheidungen zu erwarten. Die Produktivität der Mitarbeiter kann durch Hitzewellen sinken, vor allem, wenn sie im Freien oder in nicht ausreichend isolierten Gebäuden arbeiten (s. Kap. 5.13).

Chancen des Klimawandels

Die Anpassung an den Klimawandel birgt auch Chancen für innovative Unternehmen. Der Anstieg der Temperatur könnte etwa die Heizkosten reduzieren und teilweise frühere Erntezeiten sowie den Anbau neuer Pflanzensorten ermöglichen. Veränderte Windbedingungen bieten möglicherweise Chancen für Windkraftbetreiber. Bestehende Nachfrage etwa nach regenerativen Energien, bei der Gebäudeklimatisierung z.B. durch die Bepflanzung von Innenräumen, bei Baumaßnahmen zum Hochwasserschutz, oder wassersparenden Technologien könnten sich durch den Klimawandel ausweiten. In Deutschland werden seit den 1980er-Jahren in vielen Branchen wassersparende und abwasserfreie Verfahren entwickelt und umgesetzt. Möglich ist auch, dass neue Geschäftsfelder entstehen wie eine Risiko- und Anpassungsberatung, „schwimmende Häuser“ oder intelligente und flexible Gebäudefassaden. Chancen ergeben sich auch für die Bauindustrie durch den Einsatz neuer Materialien und Dämmtechniken. Mit einer frühen Positionierung als „klimafittes“ Unternehmen, etwa durch die Einführung von zertifizierten Risikomanagementsystemen, können sich Unternehmen profilieren und sich Wettbewerbsvorteile schaffen.

5.8.2 Handlungsziele

Risikomanagement in Unternehmen fördern

Börsennotierte Unternehmen in Deutschland müssen aufgrund gesetzlicher Vorgaben Risikomanagementsysteme einsetzen. Auch in nicht börsennotierten Kapitalgesellschaften werden nach aktuellen Untersuchungen in 50 bis 75 Prozent der Unternehmen zentrale Risikomanagementsysteme eingesetzt. Klimafolgen werden jedoch nur von wenigen Unternehmen explizit berücksichtigt. Kleine und mittlere Unternehmen verfügen häufig nicht über Fachabteilungen für den Bereich Riskmanagement, sodass Aspekte der Risikominimierung oftmals im operativen Geschäft zurückstehen müssen.

Besonders intensiv wird ein Risikomanagement vor allem im Banken- und Versicherungssektor angewendet, da in diesen Branchen die Absicherung vor möglichen Risiken, wie Kreditausfällen, Insolvenzen, Eintreten von Versicherungsfällen zum Kerngeschäft gehört. Auch in Unternehmen außerhalb des Banken- und Versicherungssektors liegt ein deutlicher Schwerpunkt des Risikomanagements häufig im Themenfeld Finanzen und Versicherungen, da hier in der Regel die offensichtlichen und direkt das Geschäft gefährdenden Risiken vorliegen. Andere Risiken, wie regulatorische, operative und Umwelt-Risiken werden in einem umfassenden Risikomanagement ebenfalls erfasst. Auch wenn in der Praxis die durch den Klimawandel begründeten Risiken für die Unternehmen bislang kaum eine Rolle spielen, sind Risikomanagementsysteme prinzipiell sehr gut geeignet, um die unternehmerische Befassung mit dieser Thematik in Abhängigkeit von den jeweiligen Standortbedingungen zu unterstützen.

Innovationsmanagement in Unternehmen fördern

Da der Bedarf für innovative Lösungen der Klimaanpassung zunehmen wird, stellt nicht nur der Bereich Klimaschutz, sondern auch der Bereich Klimaanpassung ein wichtiges Innovationsfeld dar. Die Anpassung von Unternehmen an den Klimawandel erfordert in vielen Fällen auch neue und innovative Lösungen. Dabei kann es sich sowohl um technische Innovationen (z.B. der Gebäudeklimatisierung oder der dezentralen Energieversorgung), als auch um organisatorische oder geschäftsfeldbezogene Innovationen handeln. Die Berücksichtigung von Fragen des Klimawandels im Rahmen des Innovationsmanagements kann daher eine zentrale Rolle spielen. Die systematische Untersuchung von Klimafolgen kann wichtige Anpassungsbedarfe und neue Ideen für Anpassungslösungen befördern, die dann sowohl im eigenen Unternehmen angewendet als auch in Form neuer Produkte oder Dienstleistungen anderen zur Verfügung gestellt werden können.

5.8.3 Maßnahmen

Verbesserung des Wissenstands

- Weitere Förderung von Forschung und Entwicklung, etwa von noch spezifischeren Untersuchungen der Folgen des Klimawandels für die zentral betroffenen wirtschaftlichen Teilbereiche und den Transfer dieses Wissens zu den Anwenderinnen und Anwendern.
- Weitere Förderung und Intensivierung der Aufklärungs- und Informationsarbeit über die gesicherten Erkenntnisse zu den Folgen des Klimawandels gerade für die kleinen und mittelständischen Unternehmen in Niedersachsen.

In Zusammenarbeit von Behörden, Kammern und Branchenverbänden sollten hier Daten zum Klimawandel und den branchenspezifischen Auswirkungen zielgruppengerecht zur Verfügung gestellt werden.

- Im Dialog mit Unternehmensverbänden, Industrie- und Handelskammern sowie Handwerkskammern sollten praxisnahe Checklisten zur Überprüfung der Betroffenheit durch den Klimawandel sowie Handlungsempfehlungen gerade für kleine Unternehmen bereitgestellt werden. Diese sollen Handlungs- und Innovationsnotwendigkeiten aufzeigen.

Reduzierung von Risiken

- Bezüglich der Anlagensicherheit sind bundes- und europaweit zu überprüfen und ggf. anzupassen: die statische Auslegung von Anlagen an häufigere und stärkere Stürme, der betriebliche Schutz gegen Extremniederschläge und Hochwasser, das Sicherheitsmanagement sowie die rechtlichen und technischen Vorschriften.
- Überarbeitung von Entwicklungs- und Bauungsplänen. Bei Neuausweisungen von Gewerbe- und Industriegebieten ist es dabei notwendig, Risikoflächen zu meiden und ggf. die Schaffung von Baurecht zu versagen.
- Die Entwicklung und Einführung von kostengünstigen, effizienten und klima- und ressourcenschonenden Kühl- und Klimatisierungssystemen sollte gefördert werden.
- Unterstützung der Entwicklung von Klimaanpassungsstrategien von Unternehmen und Gewerbestandorten insbesondere mit Blick auf die gesamte Wertschöpfungskette.
- Unterstützung insbesondere von kleinen und mittleren Unternehmen bei der Integration von Klimarisiken in das Risikomanagement.

Nutzung von Innovationschancen

- Die bestehenden Technologie- und Innovationsförderprogramme sollten daraufhin überprüft werden, ob Fragen des Klimawandels als potentielle Innovations- und Technikentwicklungschance bereits hinreichend berücksichtigt werden.
- Zur Deckung des zunehmenden Bedarfs an innovativen Klimaanpassungslösungen und zur Nutzung der hieraus erwachsenden Innovations- und Gründungschancen sollten die bestehenden Einrichtungen und Dienstleistungen der Innovations- und Gründungsförderung um Fragen der Klimaanpassung und des Klimaschutzes erweitert werden und dafür spezifische Analyse-, Beratungs- und Vernetzungsleistungen entwickeln und diesbezüglich auch mit der von der Regierungskommission vorgeschlagenen zentralen Klimaschutzinstitution kooperieren. (Empfehlung für eine niedersächsische Klimaschutzstrategie der Regierungskommission Klimaschutz, 2012, 12)

5.9 Energiewirtschaft

5.9.1 Auswirkungen des Klimawandels

Energieversorgung im Umbruch

Die Energieversorgung in Deutschland und Niedersachsen befindet sich zurzeit in einem grundlegenden Prozess der Strukturveränderung. Bereits seit mehr als 20 Jahren wird die Nutzung der erneuerbaren Energien in Niedersachsen entwickelt und ausgebaut. Mit rund einem Viertel der installierten Windenergieleistung (7.039 MW von bundesweit etwa 29.100 MW) hat Niedersachsen Ende 2011 bei der Windenergie die Spitzenstellung unter den Bundesländern inne. Auch bei Biogasanlagen hat Niedersachsen mit rund 1.300 Anlagen und einer installierten Leistung von etwa 650 MW Ende 2011 (dies entspricht rund 25 Prozent der in Deutschland installierten Leistung) die führende Position unter den Bundesländern. Sogar bei der Photovoltaik nimmt Niedersachsen, trotz der geographisch ungünstigen Lage zur Nutzung der Sonnenenergie, mit einer installierten Leistung von etwa 2.200 MW Ende 2011 einen der vorderen Plätze im Ländervergleich ein. In keinem anderen Bundesland wird heute mehr Strom aus Wind beziehungsweise Biogas gewonnen. Insbesondere bei der Stromerzeugung aus Wind als auch aus Biomasse hat Niedersachsen auch aufgrund seiner günstigen natürlichen Gegebenheiten sehr gute Voraussetzungen für eine weitere Entwicklung und eine weitere Ausweitung der Erzeugungskapazität. Für die Grundlast in der Stromversorgung stehen in Niedersachsen noch konventionelle Gas- und Kohlekraftwerke mit einer installierten Leistung von über 6.500 MW sowie zwei Kernkraftwerke zur Verfügung. In Folge der Reaktorkatastrophe von Fukushima ist in Deutschland die politische Entscheidung getroffen worden, den Ausbau der erneuerbaren Energien zu beschleunigen, und die Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung stufenweise bis zum Jahr 2023 zu beenden. Deren Erzeugungsaufgabe soll schrittweise von Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und ergänzend effizienten konventionellen Kraftwerken übernommen werden.

Durch die Energiewende wird sich der Mix von zentralen und dezentralen Anlagen zur Stromerzeugung verändern. Die damit verbundenen Veränderungen in Art und Verteilung der Risiken für die Systemstabilität der Stromerzeugung bei Extremwetterlagen sollten verstärkt wissenschaftlich mit dem Ziel erforscht werden, die Vulnerabilität des gesamten Energieversorgungssystems auch beim verstärkten Ausbau der regenerativen Energieerzeugung weiter zu verringern.

Kühlwasser

Durch die vorgesehene Abschaltung der Kernkraftwerke entfällt zukünftig auch deren Kühlwasserbedarf. Damit werden an deren bisherigen Standorten keine zusätzlichen Wärmeeinträge in die Fließgewässer mehr erfolgen oder im Falle eines zukünftigen Neubaus eines konventionellen Kraftwerks nach erfolgtem Rückbau der Kernkraftwerke die Einträge erheblich geringer ausfallen.

Da auch der Anteil der Stromerzeugung aus konventionellen Kraftwerken schrittweise zurückgehen wird, sinkt auch deren Kühlwassergesamtbedarf. Bei den verbleibenden Kraftwerken können sich möglicherweise in Trockenperioden Kühlwasserversorgungsengpässe ergeben. Diese werden dazu führen, dass diese Kraftwerke ihre Leistung reduzieren müssen oder sogar zeitweise vom Netz genommen werden müssen (Gößling-Reisemann et al. 2012).

Brennstoffversorgung

Für die Steinkohlekraftwerke, die ihren Brennstoff über Flüsse auf dem Wasserweg erhalten, stellen Hoch- und Niedrigwasser einen Versorgungsengpass dar, falls die verwendeten Wasserstraßen für einen längeren Zeitraum nicht schiffbar sein sollten und Halden und Schienenwege zur temporären alternativen Versorgung nicht im erforderlichen Umfang zur Verfügung stehen. Eine weitere Gefährdung kann von Hochwasser und Sturmfluten ausgehen, die den Betrieb von Anlagen zur Energieerzeugung beeinträchtigen könnten (s. Kap. 5.1 und 5.2).

Wind- und Wetterextreme

Die Stromversorgungsstrukturen sind in Deutschland traditionell gut auf Schadensereignisse beispielsweise durch extreme Wetter- und Sturmsituationen ausgelegt. Durch das (n-1)-Sicherheitskonzept in der Elektrizitätswirtschaft sind die deutschen Netze in der Regel so ausgelegt, dass im Falle des Ausfalls eines Betriebsmittels ein zweites dessen Funktion übernimmt. Das bedeutet, dass heute schon in der Regel immer eine Anlage mehr als nötig vorhanden ist, damit es nicht zu Stromausfällen kommt. In den Stromverteilnetzen der Mittel- und Niederspannungsebenen erweist sich die Erdverkabelung bei extremen Wetterereignissen als weniger schadensanfällig und robust im Vergleich zu Freileitungen. Im Bereich der Hoch- und Höchstspannungsnetze bietet die vorherrschende Freileitungstechnik im Falle einzelner Betriebsstörungen und Schäden gute Voraussetzungen für die kurzfristige Störungsbeseitigung.

Der Einsatz von Erdkabeltechnologie im Hochspannungsnetz entspricht heute bereits dem Stand der Technik, soll weiter zunehmen und erreicht eine

vergleichbare Zuverlässigkeit. Auch im Transportnetz sollen künftig Erdkabel in Siedlungsnähe erprobt werden und zum Einsatz kommen, jedoch sind nach Schäden notwendige Reparaturen in der Regel deutlich zeitaufwändiger. Unwetterereignisse wie extreme Schneefälle und Eisregen treffen eher Freileitungen, Überschwemmungsereignisse eher Höchstspannungskabel und deren Nebenanlagen. Das jeweilige Risiko ist eine Frage der Wahrscheinlichkeit und Häufigkeit, mit der diese Ereignisse zukünftig eintreten werden. Windenergieanlagen neuerer Bauart im Binnenland sind technisch und genehmigungsrechtlich auf Starkwinde ausgelegt. Probleme können vereinzelt durch Starkhagelereignisse und Tornados bei Solaranlagen auftreten, soweit sie nicht auf künftige Wetterereignisse ausgelegt sind.

Untersuchungen des Instituts für Küstenforschung des Helmholtz-Zentrums Geesthacht (Grabemann und Weisse 2008) deuten auf eine Zunahme von Stürmen für die Deutsche Bucht zum Ende des 21. Jahrhunderts hin. Die in der Deutschen Bucht in der Ausschließlichen Wirtschaftszone geplanten und im Bau befindlichen Offshore-Windparks werden konstruktiv unter Berücksichtigung derartiger Sturmereignisse geplant und genehmigt. Neben der Gefahr von direkten Schäden, geht von veränderten Sturmhäufigkeiten bei zunehmendem Windenergieanteil auch eine Anfälligkeit der Stromversorgung allgemein aus, wenn die Anlagen wegen Starkwinden abgeregelt werden müssen (Wachsmuth et al 2012).

Klimawandel und Biomasseanbau

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. Auf der anderen Seite können höhere Temperaturen und verlängerte Vegetationsperioden den Biomassezuwachs fördern und den Anbau neuer Biomassepflanzen ermöglichen. (s. Kap. 5.3). Grundsätzlich besteht aber ein bisher ungelöster und zunehmender Flächennutzungskonflikt zwischen Energieerzeugung und Nahrungsmittelproduktion, sowie weiteren Flächennutzungsarten.

Veränderung der Energienachfrage

Insgesamt ist nur mit geringfügigen Veränderungen im Energieverbrauch durch eine Klimaerwärmung zu rechnen (Prognos Studie 2011). Dies gilt sowohl für den Heizungs- als auch den Kühlgeräteinsatz.

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. Punktuelle Mehrverbräuche können durch weitere Klimatisierungen und den verstärkten Einsatz von Kühlanlagen entstehen.

5.9.2 Handlungsziele

(n-1)-Sicherheit erhalten, Sicherheitskonzept weiter umsetzen

Durch den hohen Standard des Energieversorgungssystems in Deutschland sind die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels auf die Versorgungssicherheit insgesamt eher als gering einzustufen. Neue Risiken ergeben sich aber daraus, dass durch die Dezentralisierung der Stromerzeugung und den wachsenden Anteil von Anlagen mit unsteter volatiler Stromerzeugung die Netzstabilität tendenziell stärker gefährdet ist. Nur durch einen verstärkten Netzausbau auf allen Spannungsebenen, die Entwicklung der Netze zu einem Smart Grid und die zusätzliche Bereitstellung von Reserveerzeugungskapazitäten lassen sich auch punktuell erhöhte Risiken durch Unwetterereignisse begrenzen. Das Prinzip der (n-1)-Sicherheit muss auch unter den veränderten Rahmenbedingungen erhalten und umgesetzt werden.

5.9.3 Maßnahmen

Niedrigwasser, Hochwasser und Sturmfluten

Soweit die in Zukunft verbleibenden konventionellen Kraftwerke auf Flusswasserkühlung angewiesen sind, deren Verfügbarkeit bei Extremwetterlagen nicht gesichert ist, muss deren Leistung, bei notwendigen Abschaltungen, durch andere Anlagen in anderen Landesteilen oder durch den internationalen Stromaustausch kompensiert werden. Der Netzausbau ist darauf auszulegen, dass für diese Situationen ausreichende Reservenetzkapazitäten vorgesehen werden (siehe auch Maßnahmen zum Niedrigwassermanagement in der Maßnahmenübersicht unter 5.1.2.2.c). Bei den konventionellen Kraftwerken in Küstennähe ist weiter regelmäßig zu prüfen, ob die Küstenschutzmaßnahmen insbesondere gegen zu erwartende höhere Sturmfluten und den ansteigenden Meeresspiegel ausreichend sind.

Sturm und Wetterextreme

Eine Durchführung von vertiefenden Analysen zu den klimatischen Veränderungen der Temperaturverhältnisse sowie Einbeziehung weiterer Klimaelemente (Solarstrahlung, Niederschläge, Windverhältnisse) ist notwendig. Die von der Energiewirtschaft und dem staatlichen Katastrophenschutz vorgesehenen Notfallpläne sind wie bisher regelmäßig den sich jeweilig verändernden Rahmenbedingungen anzupassen.

5.10 Bauwesen

5.10.1 Auswirkungen des Klimawandels

Risiken

Klimafolgenforscher erwarten, dass sich der Klimawandel auch auf Gebäude sowie Bautätigkeit und Wohnkomfort auswirken könnte. Lang anhaltende Hitzewellen im Sommer, zunehmende Starkregen und Überschwemmungen sowie möglicherweise stärkere Stürme können die Substanz von Gebäuden, Bauwerken und die zugehörige Infrastruktur wie die Straßen und die Kanalisation verändern. Auch häufiger auftretende feuchte Winter könnten Schäden an Bauwerken verursachen (s. Kap. 4).

Städte und Ballungsräume heizen sich durch intensive Bebauung und fehlende Grünflächen bereits heute stärker auf als das Umland. Diese Stadtklimaeffekte könnten durch den Klimawandel verstärkt werden (s. Kap. 5.13). Länger anhaltende Hitzebelastungen in Gebäuden schaden der Gesundheit und beeinträchtigen den Wohnkomfort. Hiervon sind insbesondere ältere und pflegebedürftige Personen sowie Bewohner schlecht gedämmter Dachgeschosswohnungen betroffen. Mit steigenden Raumtemperaturen steigen auch Emissionen aus Bau- und Pflegeprodukten an, Gerüche und weitere unerwünschte Stoffe gelangen in die Raumluft. Die Konzentration von unerwünschten Fremdstoffen kann besonders ansteigen, wenn ein natürlicher Luftwechsel durch Tür- und Fensterfugen stark reduziert ist, zum Beispiel nach einer energetischen Sanierung. Die Minimierung thermischer Belastungen ist somit auch ein Schritt zur Minimierung von Innenraumemissionen. Darüber hinaus können sich die Baugrundverhältnisse durch den Klimawandel verändern. Es besteht besonderer Anpassungsbedarf beim Bauen in Hanglagen, in Gebieten mit quelfähigen Böden und Grundwassereinfluss sowie beim Bauen in hochwassergefährdeten Bereichen und in ehemaligen Bergbau-/ Tagebaugebieten.

Chancen

Der Klimawandel stellt durch erforderliche bauliche Anpassungsmaßnahmen eine Wachstumschance für das Bauwesen und insbesondere für die Gebäudetechnik dar. Das Baugesetzbuch benennt die Förderung der Klimaanpassung als ein Ziel der Bauleitplanung (§ 1 Abs. 5 BauGB). Im Bereich Klimaanpassung können sich für Unternehmen auch neue Aufgabenfelder ergeben durch neue Kühltechnologien wie solare Kühlung oder reflektierende Fassaden und Dächer. Der Bedarf für die Gebäudekühlung in Europa und Deutschland wird zukünftig weiter ansteigen.

5.10.2 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 BMVBS werden unter anderem integrierte Strategien und Handlungskonzepte zur Anpassung an den Klimawandel entwickelt und erprobt. Zur Unterstützung von Kommunen wird ein planungsorientierter Leitfaden („Stadtklimalotse“) entwickelt.⁴⁶ Das Programm umfasst außerdem acht 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.

Anpassung der Bauleitplanung

Klimaanpassung sollte in der Stadt- und Siedlungsentwicklung umfassend berücksichtigt werden. Hierbei sind verschiedene Handlungsbereiche betroffen, die in anderen Kapiteln ausführlicher beschrieben werden:

- Hochwasserangepasstes Bauen (§ 5 Abs 2 WHG) und Ausweisung von Überschwemmungsgebieten (§ 76 ff. WHG) (s. Kap. 5.1.1)
- Anpassung der vorhandenen Infrastrukturen der Wasserver- und -entsorgung (s. Kap. 5.1.4)
- Stadtklima, insbesondere in Ballungsräumen: Auf regionaler 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 (s. Kap. 5.15). 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 zu minimieren (s. Kap. 5.13). 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.

Anpassung der Gebäudeplanung und Bautechnik

Klimaszenarien bei Bauvorhaben berücksichtigen

Bauplanung, -technik und -ausführung haben in Deutschland einen hohen Standard und sind für verschiedenste Klimabeanspruchungen ausgelegt, beziehungsweise können an diese angepasst werden. So können technische Baubestimmungen bei Notwendigkeit relativ zügig neuen Entwicklungen und Erkenntnissen angeglichen werden. Die Satzung des DIN e.V. sieht vor, die DIN-Normen alle 5 Jahre hinsichtlich der Notwendigkeit einer Überarbeitung zu überprüfen. Normen im Bauwesen und Bemessungshilfen orientieren sich jedoch im Wesentlichen an Beobachtungsdaten der Vergangenheit. Daten über mögliche klimatische Entwicklungen in der Zukunft werden nicht berücksichtigt. Da Gebäude und Infrastrukturen häufig mehr als hundert Jahre genutzt werden, wäre dies künftig zu empfehlen. Bund und Länder sollten eine mögliche Anpassung von Grundsätzen und Normen hinsichtlich des Klimawandels und zukünftigen Bedingungen prüfen. Gleichzeitig sollten Möglichkeiten gefunden werden, wie die Umsetzung eines angepassten Bauens durch private und öffentliche Bauträger befördert werden kann.

Gebäudekühlung stärker einbeziehen

Bei der energetischen Sanierung und beim Neubau von Gebäuden sollte die Minimierung der Gebäudeerwärmung (z.B. durch Begrenzung und Steuerung der Sonneneinstrahlung) und die Gebäudekühlung zwingend berücksichtigt und auf zu erwartende steigende Temperaturen ausgerichtet werden. Die im Bereich der Gebäudekühlung vorherrschenden rechtlichen Instrumente, die Energieeinsparverordnung (EnEV) und das Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EE-WärmeG) greifen das Thema Gebäudekühlung bereits auf. So schließt die EnEV für Nicht-Wohngebäude die Gebäudekühlung in die Berechnung der maximalen Primärenergiekennwerte mit ein. Gerade im Bereich der Wohngebäude und Bestandsbauten, die nicht umfassend renoviert werden, ist bisher jedoch kein kühlungsspezifischer Ansatz vorhanden. Überdies berücksichtigen die Berechnungsmethoden zur Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs für Kühlung in DIN V 18599 innovative und alternative Berechnungsmethoden wie Betonkernkühlung, Nachtkühlung und solare Kühlung noch nicht (Bettgenhäuser et al. 2011: 101ff.).

⁴⁶ www.stadtklimalotse.de

Baustoffe auf Klimaverträglichkeit prüfen

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

- 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.
- Neubewertung der Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit von Baustoffen: Die Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit von Baustoffen gegenüber extremen Witterungsereignissen muss in Zukunft stärker bei Entscheidungen für oder gegen bestimmte Konstruktionen und Materialien berücksichtigt werden. Besonders zu prüfen ist hier auch das Verhalten von Materialien unter dem Einfluss steigender Temperaturen.

5.10.3 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.
- Monitoring der thermischen Belastung in öffentlichen Gebäuden.
- Öffentliche Bauten als Pilotprojekte: Bei ausgewählten öffentlichen Bau- und Sanierungsvorhaben sollten Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung unter wissenschaftlicher Begleitung entwickelt und erprobt werden. Die Pilotprojekte sollten Aspekte der Minimierung des energetischen Verbrauchs, der dezentralen Energieversorgung sowie auch verschiedener Kühlkonzepte erproben und hierbei ökonomische Aspekte prüfen.
- Anpassung der Architekten-/ Ingenieurausbildung: Klimaangepasstes Bauen und Sanieren erfordert neue Bauweisen und neue Baumaterialien. Klimaanpassung und Klimaschutz sollten in der Architekten- und Ingenieursausbildung stärker berücksichtigt werden.

Anpassung der räumlichen Planung

- Integration der Klimafolgenanpassung in die räumliche Planung (s. Kap. 5.1, 5.13 und 5.15).

Anpassung Gebäudeplanung und Bautechnik

- Berücksichtigung von Klimaszenarien in Normen des Bauwesens: Anpassen des bautechnischen Regelwerkes hinsichtlich möglicher zukünftiger Extremereignisse und damit verbundener erhöhter bauphysikalischer Belastungen – vor allem bei Bauten in Hanglagen, in Erdfallgebieten, in Gebieten mit quelfähigen Böden, unter Grundwassereinfluss und unter Hochwassereinfluss sowie in ehemaligen Bergbau- und Tagebaugebieten – sowie der Zunahme der Hitzebelastung.

5.11 Verkehrswege und -netze

5.11.1 Sektorbeschreibung

Die Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr ist verantwortlich für rund 17.700 Kilometer Straße in Niedersachsen. Dazu gehören auch die Bundesautobahnen und Bundesstraßen, die das Land im Auftrag des Bundes betreut. 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 technische Aufsichtsbehörde überwacht die Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr die Straßenbahnen in Hannover und Braunschweig. Hinzu kommt die Aufsicht über sechs Seilbahnen und die Transrapid-Versuchsanlage Emsland. 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 2.000 Kilometer Bundeswasserstraßen in Niedersachsen.

5.11.2 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 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. Bei steigenden Temperaturen im Winter werden hingegen möglicherweise Unfallgefahren aufgrund von Schnee- und Eisglätte auf Straßen abnehmen.

Eine systematische Analyse, inwieweit die unterschiedlichen Verkehrsträger in Niedersachsen von den Folgen des Klimawandels betroffen sein könnten, steht noch aus. Für einige Verkehrsträger lassen sich aus den Forschungsergebnis-

sen 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 lang anhaltender 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 ergiebiger Niederschläge lassen sich durch vergrößerte straßeneigene Entwässerungssysteme ableiten.

Schieneninfrastruktur

Direkt durch Sturm gefährdet sind hoch ragende Anlagen der Stromversorgung sowie Signalanlagen. Gegen umstürzende Bäume muss insbesondere vorgesorgt werden, etwa indem sie zurück geschnitten 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 Niederschlags, 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 Standorten⁴⁷ 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 relative 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. Kap. 5.2).

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 zu erwarten.

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. Durch die Extremwetterlagen bestehen außerdem Risiken, dass Anlagen häufiger ausfal-

len (z.B. elektrische Spills, Landstromversorgung), die Hafenbecken verschlickten und Havarien und Unfälle zunehmen.

Die klimabedingten Auswirkungen könnten ein wirtschaftliches Risiko für die Hafenbetreiber 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 Hafenkunden, die als Betreiber von Suprastrukturen wie Kränen und Lagerhallen sowie als Nutzer 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 Schifffbarkeit der frei fließenden Strecken des Wasserstraßennetzes direkt über die zur Verfügung stehende Wassertiefe bestimmt.

Probleme für die Binnenschifffahrt sind sowohl Niedrigwasser- als auch Hochwasserphasen. Mit sinkenden Fahrrinnentiefen 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 Hochwasserphasen kann es zur Einstellung der Schifffahrt kommen, wenn die notwendigen Brückendurchfahrtshöhen nicht mehr gewährleistet bzw. aufgrund der Überflutung der Seitenräume

⁴⁷ Die großen Seehäfen Brake, Cuxhaven, Emden, Stade, Wilhelmshaven, die Inselversorgungs- und Inselhäfen Norddeich, Bensersiel, Norderney, Baltrum, Langeoog, Spiekeroog und Wangerooge (verwaltet durch die Niederlassung Norden), die Regionalhäfen Grobensiel, Fedderwardersiel und Hooksiel sowie die Niedersächsische Hafen-Zentrale in Oldenburg.

die Ränder der Wasserstraße nicht mehr erkennbar sind. Ein vom BMVBS in Auftrag gegebenes Forschungsprogramm (KLIWAS) untersucht die Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland. Die Bundesländer sind darin ebenfalls eingebunden. Das Programm läuft seit März 2009 und soll im Dezember 2013 abgeschlossen sein. Es zielt darauf ab, mögliche klimabedingte Änderungen der Abflüsse und Wasserstände für Binnenwasserstraßen abzuschätzen. Analog werden für die Küstengewässer klimabedingt veränderte Strömungen und Tidewasserstände und deren Auswirkungen auf die Schifffahrt untersucht. Gleichzeitig werden die Auswirkungen der Spannweite zukünftiger hydrologischer Zustände auf die Schadstoffbelastung, die Ökologie und die Ökonomie, vor allem auf die Schifffahrt, abgeschätzt und Anpassungsoptionen entwickelt. Bislang vorliegende Ergebnisse für den Rhein weisen darauf hin, dass bis etwa 2050 zunächst keine eiligen Vorkehrungen getroffen werden müssen.

Inwieweit diese Ergebnisse auch auf andere Flüsse – zum Beispiel die Elbe – übertragbar sind, kann derzeit noch nicht abschließend abgeschätzt werden. Eine Verunsicherung über die zukünftige Nutzbarkeit der Wasserstraßen ist für diesen umwelt- und klimafreundlichen Verkehrsträger nicht angebracht. Der geforderte Ausbau von Binnenwasserstraßen kann im Einzelfall zu Nutzungskonflikten etwa mit der Wasserwirtschaft führen.

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 Extremwittersituationen angepasst werden.

5.11.2 Maßnahmen

Mobilität

- Entwicklung eines Verkehrsmanagement- und -informationssystems, das im Alltagsbetrieb Informationen zur Verkehrsmittelwahl und zur Verkehrssteuerung liefert (s. Empfehlung der Regierungskommission Klimaschutz, ein Multimodales Mobilitätsportal mit diesen Aufgaben für das Land Niedersachsen aufzubauen, Regierungskommission Klimaschutz 2012: 124). Dieses Portal soll darüber hinaus in der Lage sein, Informationen zu Extremwetterereignissen und aktuellen Umweltdaten zu liefern und direkt und administrationsarm in das Verkehrsreaktionssystem einzuspeisen, um Verkehrsströme auch in Gefährdungssituationen schnell und effektiv lenken zu können (zum Vergleich: Sachsen-Anhalt – „ST -MOSAIQUE“)

- Vulnerabilität (Verwundbarkeit) der Verkehrsträger prüfen, und Redundanzen bestimmen, um versorgungskritische Güter- und Verkehrsströme gesichert abwickeln zu können
- Monitoring der Auswirkungen der Maßnahmen, um hier fortlaufend Verbesserungen/ Ergänzungen einbringen zu können

Straßeninfrastruktur

- Verwendung von hitzeresistenten Straßenbelägen für Straßen in öffentlicher Hand
- Bei Bedarf Vergrößerung der straßeneigenen Entwässerungssysteme
- Bauliche Maßnahmen zur Verhinderung von Hangrutschungen (Anker, Netze oder Stützmauern)

Schieneninfrastruktur

- Erforschen, ob hohe Temperaturen neue Instandhaltungstechnologien erforderlich machen (Anstieg innerer Spannungen bei lückenlos verschweißten Schienen, Klimatisierung von Fahrzeugen und Gebäuden)
- Der steigenden Gefahr von Wald- und Böschungsbränden kann vorgebeugt werden, indem gegebenenfalls der Bewuchs in Zusammenarbeit mit Forstbehörden angepasst wird (z.B. Brandschutzstreifen).

Seeschifffahrt/Häfen

- Es bleibt zu prüfen, ob Anpassungen bei der Überwachung, bei Vorhersage- und Warndiensten, im Notfall- und Rettungswesen oder schiffstechnische Maßnahmen oder Ausbaumaßnahmen bzw. Anpassungen der maritimen Infrastruktur notwendig werden.
- Niedersachsen Ports wird kurzfristig ein Frühwarnsystem in Zusammenarbeit mit der Wasserwirtschaft (NLWKN), BSH und DWD entwickeln und die Bemessungswerte bei der Erneuerung oder Unterhaltung von Hafenanlagen berücksichtigen. Es könnten auch die anderen Hafenstandorte (kommunale und private Seehäfen) in diese Systematik mit eingebunden werden.
- Die Niedersachsen Ports GmbH wird bei Neubau- oder Ersatzmaßnahmen relevante Hafenanlagen auf die möglichen Folgen des Klimawandels anpassen (NPorts rechnet mit einem Vorsorgemaß des Anstiegs der Mittleren Tidehochwasser in Höhe von 50 Zentimeter pro Jahrhundert).

Binnenschifffahrtsstraßen

- In der Maßnahmenübersicht werden unter 5.1.1.2.c Maßnahmen im Bereich Niedrigwassermanagement genannt. Da gewerbliche Binnenschifffahrt in Niedersachsen fast ausschließlich auf Bundeswasserstraßen stattfindet,

sollen die Forschungsergebnisse von KLIWAS abgewartet werden, bevor Niedersachsen Anpassungsmaßnahmen entwickelt, die über die genannten Maßnahmen hinausgehen. Niedersachsen ist in das Forschungsprogramm KLIWAS eingebunden.

Flugverkehr

- Anpassung von Betriebsabläufen und Anlagen auf Flughäfen und bei der Flugsicherung an häufigere Extremwittersituationen

5.12 Tourismus

5.12.1 Auswirkungen des Klimawandels

Tourismus und Klimawandel stehen in einer vielfältigen Wechselbeziehung. Einerseits ist der Tourismus ein Verursacher des Klimawandels, vor allem durch den Reiseverkehr, aber auch durch andere energieintensive Komponenten wie Beschneiungsanlagen in Wintersportgebieten, beheizte Swimmingpools, Hallenbäder, Ski- und Eislaufhallen, Klimaanlage etc. Andererseits sind viele Urlaubsarten direkt durch veränderte Klimafaktoren betroffen (z.B. Strand- und Badeurlaub, Wander-, Fahrrad- und 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. Entsprechend haben auch die Nationalparks Wattenmeer und Harz für den Tourismus eine große Bedeutung. Mit dem fortschreitenden Klimawandel können sich die Landschaften und die klimatischen Faktoren jedoch verändern. So werden schneearme Winter deutliche Spuren bei Tourismusangeboten in Mittelgebirgsregionen hinterlassen und temperaturbedingtes Algenwachstum oder Stranderosion Probleme in Küstengebieten nach sich ziehen. Außerdem verursachen Extremwetterereignisse, wie Stürme, Hitzeperioden oder Hagelschauer, 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
Temperaturerhöhung	
Ausweitung der Saison, höhere Wassertemperaturen, verlängerte Vegetationsperioden, veränderte Flora/Fauna, Verschiebung der Reisezströme von den heißen Mittelmeerregionen nach Deutschland	Hitzestress und Schwüle, Zunahme von Krankheiten (Infektionen und Herz-Kreislauf), veränderte Flora/Fauna, 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
Veränderung der Niederschläge	
Weniger Niederschläge im Sommer	Mehr Niederschläge im Frühjahr und Winter, Trockenheit im Sommer, Schädigung der Pflanzen, Trinkwasserknappheit, mögliche negative Effekte für Wald und Heide, Moore und andere Feuchtgebiete
Anstieg des Meeresspiegels	
	Deicherhöhungen führen zu einem veränderten Landschaftsbild, Sedimentverlust an den Niedersächsischen Sandstränden und Salzwiesen (insb. Ostfriesische Inseln) aufgrund erhöhter Brandungsenergie, Überflutungshöhe und -dauer, Verlängerung der Überflutungsdauer von Wattbereichen, Erschwerung von Wattwanderungen
Stürme und Starkregen	
	Sturmfluten, Sanderosion und Strandverlust, Überflutungsgefahr an Flüssen, Hangrutschungen vor allem an Steilküsten, Schäden an Bauwerken und touristischen Infrastrukturen, Waldschäden (Sturmschäden und Schädlinge), Schäden an Wanderwegen

Tab. 3 Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus, eigene Darstellung

Betrachtet man lediglich den direkten Einfluss der Klimaänderung, wie Temperaturanstieg, Niederschlagsveränderungen oder Extremwetterereignisse auf den Tourismus, so greift dies zu kurz. Der Klimawandel tangiert 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. 5.1, 5.3, 5.5) 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. Es sind wahrscheinlich eher die indirekten Folgen des Klimawandels, die einen Einfluss auf die Tourismuswirtschaft haben werden.

5.12.2 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 Reiseverhalten 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 38,5 Millionen Übernachtungen belegen dies. Die Branche sichert insgesamt 338.000 Arbeitsplätze und generiert einen Umsatz von 15,2 Milliarden Euro im Jahr.

Verbesserung des Wissensstands und des Wissenstransfers

In vielen Bereichen besteht weiterer Forschungsbedarf. Dies betrifft sowohl die Erforschung der Auswirkungen des Klimawandels auf Natur und Landschaft, als auch die Erforschung eines veränderten Urlauberverhaltens. 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, muss wegen der zu erwartenden Abnahme der Schneemenge (s. Kap. 4) bereits jetzt mit der Konzeption und dem Aufbau neuer Tourismusangebote unabhängig von den Schneeverhältnissen begonnen werden.

Damit könnte gleichzeitig eine Verbesserung des touristischen Angebots in der Nebensaison erreicht werden. 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. In Bezug auf das Thema Klimawandel sind Gäste zunehmend sensibel und fordern von touristischen Anbietern 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 keinen negativen Einfluss auf den Tourismus haben.

5.12.3 Maßnahmen

Verbesserung des Wissensstandes und des Wissenstransfers

- Die Auswirkungen des Klimawandels auf Natur und Landschaft, z.B. die Gewässerqualität oder Flora und Fauna, sind differenzierter zu untersuchen und die Auswirkungen auf den Tourismus sind zu erfassen.
- Zur Abschätzung des Urlauberverhaltens sind weitere Untersuchungen zum Reiseverhalten und zur Reiseentscheidung unter veränderten Klimabedingungen notwendig, auch im Hinblick auf die mögliche Gewinnung neuer Zielgruppen, beispielsweise aus den Mittelmeerstaaten, für einen Urlaub in Niedersachsen.
- Analyse der derzeitigen Klimaschutz- und Anpassungsaktivitäten der Destinationen der niedersächsischen Tourismusregionen mittels einer Studie.
- Erarbeitung von Leitlinien für touristische Destinationen und Leistungsträger.
- Erarbeitung von Vorschlägen, wie die Handlungsempfehlungen durch Projekte der Tourismuswirtschaft vor Ort umgesetzt werden

können (z. B. Ideenwettbewerb, Beratung, Förderrichtlinien).

Landschaft und Natur

- Die Erhaltung und Regeneration von Feuchtgebieten, (z. B. Moore, Feuchtwiesen, Auwälder) ist auch aus touristischer Sicht wichtig.
- Die Wasserqualität von Meeren, Seen und Flüssen ist zu gewährleisten und ggf. durch aktive Maßnahmen zu verbessern (z.B. durch Verringerung des Stoffeintrages), damit eine touristische Nutzung weiterhin sichergestellt ist.

Qualitätsverbesserung zur Anpassung an die Kundenwünsche

- Entwicklung eines Leitbildes „klimaneutraler Urlaub“.
- Förderung von Pilotprojekten um Lösungen für „klimaneutrale touristische Destinationen“ zu erarbeiten, beispielsweise eine Insel und die Erschließung eines Feriengebiets als Modell für eine klimaangepasste Erschließungs- und Bauweise (Stichworte: Brachflächenrecycling, Niedrigenergiebauweise/ Passivhaustechnologie, alternative Energiekonzepte, Mobilitätskonzepte).
- Integration der klimafreundlichen Destinationen der niedersächsischen Tourismusregionen in die Vermarktungsaktivitäten der regionalen touristischen Einrichtungen sowie der TourismusMarketing Niedersachsen GmbH.
- Durch eine mögliche verminderte Schneesicherheit vor allem im Harz, ist als Ergänzung und Alternative zum Wintersport mittel- bis langfristig in den Aufbau einer neuen und qualitativ hochwertigen touristischen Infrastruktur zu investieren. Voraussetzung hierfür ist die Erstellung eines Klimaanpassungskonzeptes.
- Sandverluste an Badestränden sind zu kompensieren, um die weitere Nutzbarkeit der Strände zu garantieren. Dies muss unter Berücksichtigung der Belange des Naturschutzes erfolgen.
- Die Wassersportinfrastruktur sollte baulich und unter Berücksichtigung ökologischer Belange an die geänderten Wasserstände anzupassen.
- Abstimmung fachübergreifender Lösungsansätze mittels der Instrumente des Integrierten Küstenzonenmanagements und des Integrierten Flussgebietsmanagements. Z. B. sollten Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen mit touristischen und naturschutzfachlichen Erfordernissen abgestimmt werden.

Kooperation und Zusammenarbeit mit anderen Handlungsfeldern

- Institutionalisierung eines Dialog- und Vernetzungsprozesses mit denjenigen Einrichtungen, die für die Entwicklung und Umsetzung sektor-

raler Anpassungsstrategien verantwortlich sind, um Belange des Tourismus mit zu berücksichtigen.

- Entwicklung besonderer raumordnerischer Leitbilder für Regionen, die von Klimawandel touristisch besonders betroffen sind und Erarbeitung regionaler Betroffenheitsanalysen. Leitbilder und Betroffenheitsanalysen sind auch über die Landesgrenzen hinaus in Kooperation mit den angrenzenden Regionen zu entwickeln.
- Vernetzung der regionalen Tourismusakteure zur Entwicklung integrierter Entwicklungsansätze.
- Berücksichtigung touristischer Aspekte bei der Entwicklung land- und forstwirtschaftlicher Anpassungsstrategien, in der Landschaftsplanung sowie bei der Umsetzung von Schutzmaßnahmen vor Sturm oder Starkregen.

5.13 Gesundheitswesen

5.13.1 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 anfälligerer 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 FSME-Übertragung 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 für Deutschland beobachten, zuletzt im Juli 2010. Dies belegen Daten, die vom Robert Koch-Institut und vom Hessischen Landesprüfungs- und Untersuchungsamt im Gesundheitswesen ermittelt wurden. Während dieser Hitzewelle starben vor allem in den oberen Altersgruppen rund 20-30 Prozent mehr Menschen als gewöhnlich im selben Zeitraum.

Städte und Ballungsräume heizen sich durch die 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 das Hautkrebsrisiko erhöhen. Häufigere sommerliche Hochdruckwetterlagen begünstigen zudem die Bildung von bodennahem Ozon, ein Reizgas, das in höheren Konzentrationen zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen kann.

Infektionskrankheiten

Jährlich erfolgt auch in Deutschland durch den Reiseverkehr die Einschleppung viraler Infektionskrankheiten, ausgelöst zum Beispiel durch Sindbis-, Chikungunya-, West-Nil- oder Dengue-Viren, deren Übertragung durch verschiedene Stechmücken erfolgt. Die ausgelösten Erkrankungen können unterschiedliche, zum Teil schwerwiegende Symptome auslösen. Bei einigen Viren (zum Beispiel 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 sowohl neuer Mückenarten als auch die Verbreitungsfähigkeit neuer Viruserkrankungen in Deutschland begünstigen.

Auftreten neuer Viren: In einer 2010 publizierten 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 zwei 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.

Auftreten neuer Vektoren: Für die Schweiz, Italien, Niederlande und seit einigen Jahren Deutschland ist die Etablierung neuer Mückenarten wie Asiatische Tigermücke (*Aedes albopictus*) und Asiatische Buschmücke (*Aedes japonicus*) bereits nachgewiesen. Der Nachweis der Ägyptischen Tigermücke (*Aedes aegypti*), einer der Hauptüberträger des Dengue- und Gelbfieber-Virus, wurde erstmals 2010 in den Niederlanden erbracht.

Aufgrund dieser Erkenntnisse muss mit einer weiteren Einschleppung und gegebenenfalls längerfristigen Etablierung neuer Mücken und/oder neuer Viren in Norddeutschland gerechnet werden. 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). Auch nach Einschätzung der Gesundheitsministerkonferenz (82. GMK, 2009) liegt der Schwerpunkt der klimaabhängigen Infektionserkrankungen bei von Tier zu Mensch übertragenen Erkrankungen (Zoonosen), insbesondere vektorassoziierten Erkrankungen. 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 ein Untersuchungsprojekt über relevante Mückenarten und virale Krankheitserreger 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. Man geht davon aus, 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.

Auch die Ausbreitung des Eichenprozessionsspinners (*Thaumetopoea processionea* L.) wird mit dem sich wandelnden Klima in Verbindung gebracht. Die Haare der Raupen können beim Menschen zu starken gesundheitlichen Beschwerden (Raupe-dermatitis, Bindehautentzündung und allergische Reaktionen) führen. Der Eichenprozessionsspinner ist sowohl auf Eichen in der freien Landschaft als auch in besiedelten Bereichen zu finden.⁴⁸

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. 5.1). 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 Vibrien 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.⁴⁹

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 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.

5.13.2 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.

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, 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.

⁴⁸ www.nlga.niedersachsen.de -> Umwelt & Gesundheit -> Weitere Themen/Projekte -> Eichenprozessionsspinner

⁴⁹ www.nlga.niedersachsen.de -> Infektionen & Hygiene -> Krankheitserreger/Krankheiten -> *Vibrio vulnificus*

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 entgegen wirken (s. Kap. 5.10 und 5.15).

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.

5.13.3 Maßnahmen

Anpassung des DWD-Hitzewarnmodells in Kooperation mit dem DWD

- 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 geschlossenen Räumen die Temperaturen in der Nacht weniger stark.

Eine Temperaturabsenkung in der Nacht ist für die nächtliche Erholung besonders wichtig. Ein neu entwickeltes Innenraummodul für das Hitzewarnsystem des DWD soll in einer Testphase überprüft werden, um festzustellen, ob es ausreichend genau die Temperaturverläufe in Innenräumen modellieren kann. Die Niedersächsische Landesregierung prüft derzeit, ob ein gemeinsames Messprojekt mit dem DWD zur Validierung des DWD-Innenraummodells durchgeführt werden kann. Im Erfolgsfall sollte das Innenraummodell in das Hitzewarnsystem integriert werden. 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. Studien aus Europäischen Staaten, aber auch aus anderen Bundesländern (z. B. Hessen) sowie unveröffentlichte Auswertungen niedersächsischer Daten zeigen übereinstimmend eine signifikant erhöhte Sterblichkeit (Excess-Mortalität) in Hitzeperioden. Auf der Basis dieser Daten sollen regionalspezifische Vorhersagenmodelle entwickelt werden. Aufgrund der zu erwartenden häufigeren und länger anhaltenden Hitzeperioden im Zusammenhang mit den starken demographischen Veränderungen in den nächsten Jahren und Jahrzehnten ist eine weitere Erhöhung dieser Excess-Mortalität zu erwarten. Prognosen sollten auf Basis der klimatischen Projektionen und demographischen Entwicklungen für Niedersachsen durchgeführt werden. Durch eine zeitliche und räumliche Differenzierung der Prognosen könnten Schwerpunktregionen mit besonderer Hitzebetroffenheit für weitergehende Maßnahmen identifiziert werden.

Informationen bei Hitzeereignissen

- 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

⁵⁰ www.nlga.niedersachsen.de -> Umwelt & Gesundheit -> Weitere Themen/Projekte -> Sommerhitze
www.senioren-in-niedersachsen.de -> Gesundheit -> Warndienste

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 Senioren ohne professionelle Pflege sollten erreicht werden. Das NLGA hat bereits verschiedene Merkblätter zur Sommerhitze mit Hinweisen für die Bevölkerung, Hinweisen für Hausärzte, Hinweisen für Pflegenden, Pflegekräfte und Heimleitungen und Hinweisen für den Umgang mit Kindern veröffentlicht.⁵⁰

Forschungsprojekt zu neuartigen Viren und Virusüberträgern in Niedersachsen

- Durchführung eines Untersuchungsprojekts zu vektorassoziierten Erkrankungen, welches die geografischen und verkehrsmäßigen Besonderheiten Niedersachsens berücksichtigt sowie folgende Inhalte umfasst:
 - Der Aufbau eines geeigneten Monitorings für die Erfassung der relevanten Vektoren aus der Gruppe der Neozoa (*Aedes albopictus*, *Aedes japonicus* und *Aedes aegypti*) sowie indigener Stechmückenarten (Vektormonitoring).
 - Die molekularbiologisch abgesicherte Bestimmung der erfassten Vektoren (Vektordentifizierung).
 - Der molekularbiologische Nachweis der Vektorenkompetenz, das heißt die Untersuchung auf das mögliche Vorhandensein von Chikungunya-, West-Nil-, Sindbis- bzw. Dengue-Viren in den genannten Vektoren (Virusidentifizierung).
 - Die Analyse der Bruthabitate, Entwicklungsbedingungen und der Entwicklungsdynamik der relevanten Stechmücken (Vermehrung, Verbreitung).
 - Die Modellierung der Einschleppungs- und Ausbreitungswege von Vektoren und Viren.
 - Die Durchführung einer Risikoanalyse unter Bezug auf Klimaprojektionen, Vektorökologie und Virusprävalenz.
 - 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), die für eine fachgerechte Entfernung der Pflanzen sorgt. Zu Programmbeginn gab es einige Ambrosia-Standorte, die jeweils entfernt wurden. Im letzten Jahr wurde kein Standort sondern lediglich Fälle einzeln stehen der Pflanzen gemeldet.

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 eine belastbare Berechnung der zusätzlichen Gesundheitskosten sowie eine Kostenaufstellung zur Vernichtung der Pflanze benötigt. Da die Pflanze ein sehr hohes allergenes Potenzial hat, sollten weitere Forschungsergebnisse nicht abgewartet werden, sondern das Ausbreiten weiterhin mit geeigneten Maßnahmen verhindert werden.⁵¹

Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz

- Die Regelwerke zum Gesundheitsschutz der Beschäftigten genügen auch Bedingungen, wie sie bei einer Zunahme heißer Sommertage 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 Arbeitgeber für die Realisierung von Schutzmaßnahmen, wie das Einrichten und Betreiben von technischen Anlagen zur Luftkühlung, das Anbringen von

⁵¹ Informationen zu Ambrosia: Julius-Kühn-Institut – <http://pflanzen-gesundheit.jki.bund.de/index.php?menuid=60&reporeid=73>
Landwirtschaftskammer Niedersachsen – www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/7/nav/1095/article/16880.html

⁵² www.umwelt.niedersachsen.de -> Themen -> Luftqualität -> Luftmessnetz Niedersachsen-LÜN -> aktuelle Messwerte

Vorrichtungen zum Schutz vor Sonneneinstrahlung oder die Bereitstellung von Getränken, zur Folge. Eine geringere Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter kann nicht ausgeschlossen werden. Die geltenden Rechtsvorschriften und anderen Regelwerke sind ausnahmslos dem Bundesrecht zuzuordnen. Sie werden den wissenschaftlichen Erkenntnissen entsprechend fortentwickelt.

Informationen über bodennahes Ozon und den UV-Index

- Werte für das bodennahe Ozon und der UV-Index werden in Niedersachsen kontinuierlich im Rahmen des Lufthygienischen Überwachungssystems Niedersachsen (LÜN) ermittelt und im Internet und Teletext veröffentlicht.⁵² Im Fall von Schwellwertüberschreitungen wird die Öffentlichkeit zusätzlich über Rundfunksender informiert. Zur Bestimmung der UV-B-Strahlung betreibt das LÜN an sieben Standorten Mess-einrichtungen, 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. 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.⁵³ Zusätzlich zur routinemäßigen Beprobung bei der Überwachung der EU-Badegewässer hat das NLGA das Vorkommen des Bakteriums *Vibrio vulnificus* an der niedersächsischen Nordseeküste untersucht.

Berücksichtigung des Klimawandels in der Bauleitplanung und Architektur

- Maßnahmen der Bauleitplanung und Architektur können Temperaturen in Innenstädten und Gebäuden absenken, zum Beispiel durch Frischluftzufuhr, Gebäudeisolierung oder aktive Kühlung. Viele Maßnahmen werden derzeit

diskutiert, sind jedoch oft noch weit von der Umsetzung entfernt (s. Kap. 5.10 und 5.15). Mit steigenden Raumtemperaturen steigen 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. Die Regulierung von Innenraumluftbelastungen wird in Bund-Länder-Gremien derzeit diskutiert.

⁵³ www.badegewaesser.nlga.niedersachsen.de

5.14 Katastrophenschutz

Es gehört zu den originären Aufgaben der Katastrophenschutzbehörden, sich mit der Vorbereitung auf und der Bekämpfung von Katastrophen zu beschäftigen. Dazu gehören auch die Folgen von Extremwetterereignissen. Um dies in Zukunft zu sichern, müssen neue Herausforderungen erkannt, in ihren möglichen Folgen abgeschätzt und in sinnvolle Maßnahmen überführt werden. Die bereits heute getroffenen Vorbereitungen der Katastrophenschutzbehörden bilden die Grundlagen, um die Maßnahmenoptionen unter geänderten klimatischen Auswirkungen durchführen zu können.

Hierfür ist ein geeignetes Monitoring wichtige Grundlage und Ausgangspunkt. Ein solches Monitoring könnte sowohl offen legen, wo sich im Laufe der Zeit Anpassungsbedarf für den Katastrophenschutz ergibt, als auch dabei helfen, die Wirksamkeit von getroffenen Katastrophenschutzmaßnahmen zu überprüfen. Zur Durchführung eines solchen Monitorings müssen bestimmte Größen daher über einen längeren Zeitraum fortlaufend aufgenommen werden. Dies ist grundsätzlich keine neue Aufgabe für die Landesregierung. Statistiken und viele weitere Informationen zu Ereignissen werden in den allermeisten Fällen bereits von den Fachbehörden vorgehalten.

Im Rahmen einer solchen zusätzlichen Berücksichtigung etwaiger Konsequenzen durch den Klimawandel, sind die traditionellen Aufgaben des Katastrophenschutzes in geeigneter Weise weiter zu entwickeln.⁵⁴ Hierbei handelt es sich insbesondere um:

- Verbesserung der Kommunikation (Risikokommunikation, Krisenkommunikation, s. Kap. 5.19),
- Sicherstellung der Einsatzfähigkeit der Einheiten des Katastrophenschutzes (insbesondere im Hinblick auf die Ausstattung),
- Befähigung der Bürger zu Selbstschutz und Selbsthilfe (effektive Warnung, Aufklärung zu Selbstschutz).

Darüber hinausgehende neue Aufgaben des Katastrophenschutzes durch den Klimawandel sind hingegen gegenwärtig nicht zu erkennen. Diese Einschätzung kann sich insbesondere aufgrund neuer Erkenntnisse ändern.

⁵⁴ In der Maßnahmenübersicht unter Punkt 5.1.1.3.e und 5.1.1.4 sind Maßnahmen im Bereich Hochwasservorsorge und Hochwasserbewältigung genannt, die auch Einrichtungen des Katastrophenschutzes sowie Katastrophenschutzbehörden betreffen.

5.15 Räumliche Planung auf Landesebene, regionaler Ebene und kommunaler Ebene

5.15.1 Einleitung

Herausforderung „Klimawandel“ in der räumlichen Planung

Niedersachsen wird mit seinen verschiedenen Wirtschaftsbereichen und Regionen 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,

- Gefahren und Risiken zu mindern,
- Schadenspotenziale zu reduzieren und dadurch
- die volkswirtschaftlichen Kosten des Klimawandels und die Belastungen für Mensch und Umwelt zu verringern und insgesamt
- Konflikte zu vermeiden oder zu verringern.

Aufgrund ihres interdisziplinären, querschnittorientierten, langfristigen und vorsorgenden Charakters ist gerade die räumliche Planung gefordert, Entwicklungen wie die mittel- und langfristigen Veränderungen des Klimas, der Extremwetterereignisse, der Vulnerabilität der Bevölkerung sowie der Städte und Regionen in ihrer vorausschauenden Planung zu berücksichtigen. Konkret bedeutet das beispielsweise

- mögliche Belastungen für den Menschen im besiedelten Bereich (s. Kap. 5.1, 5.10, 5.13, 5.14),
- mögliche Auswirkungen auf die Biodiversität (s. Kap. 5.6),
- mögliche Auswirkungen auf Böden und Landschaftswasserhaushalt (Hochwasser, Trockenheit, Grundwasserneubildung) (s. Kap. 5.1, 5.3, 5.7),
- mögliche Auswirkungen auf Sach- und Kulturgüter (s. Kap. 5.8, 5.9, 5.10 und 5.11) und
- Nutzungskonflikte zwischen Schutzgebietsausweisungen (z. B. Überschwemmungsgebiete, Naturschutzgebiete) und wirtschaftlicher Nutzung (s. Kap. 5.1 und 5.6)

in die Planung einzubeziehen.

Basis sind hierbei die jeweiligen sektoralen Fachplanungen, insbesondere die Landschaftsplanung, in deren Rahmen das Schutzgut Klima besondere Berücksichtigung findet. Aus diesem Grunde wird im Folgenden auf die möglichen Beiträge der Landschaftsplanung (Landschaftsprogramm, Landschaftsrahmenpläne, Landschaftspläne) im System der gesamträumlichen Planung näher eingegangen.

Dabei können aus der Klimafolgenanpassung zum Beispiel die nachfolgenden Zielkonflikte entstehen, die im Zuge der räumlichen Gesamtplanung zu lösen sind:

- Neue innerstädtische Freiflächen und die ausreichende Durchgrünung der Siedlungsbereiche dienen dem Abbau von Hitzebelastungen. Während die Klimaanpassung eine eher lockere Bebauung erfordert, sollten aus Gründen der Energieeinsparung und des Klimaschutzes eher kompakte und stark verdichtete Baugebiete entwickelt werden. So können im Einzelfall Kompromisse bei der Dichte und der Ausrichtung der Gebäude zum Erhalt des Kaltluftzuflusses in hitzebelasteten Siedlungsbereichen notwendig sein.
- Rückhalteräume für Starkregenereignisse und Hochwasser können mit einer kompakten Siedlungsentwicklung konkurrieren. Schatten spendende Straßenbäume, Dach-, Fassaden- und Hofbegrünungen können für den Abbau von Hitzestress erforderlich sein, der Nutzung solarer Strahlungsenergie demgegenüber im Wege stehen bzw. diese verschatten und so deren Wirkungsgrad mindern.

Die hierbei erforderliche Abwägung zwischen unterschiedlichen Nutzungen und Fachplanungen ist neben der Aufstellung langfristiger Programme und Pläne eine klassische Aufgabe der Raumordnung und kommunalen Bauleitplanung (vgl. Koordinierungsfunktion der Raumordnung gem. § 1 ROG) und § 1 BauGB.

Allerdings wird bei der Aufstellung von Raumordnungs- und Bauleitplänen in der Abwägung weder dem Klimaschutz noch der Klimafolgenanpassung ein genereller Vorrang vor anderen Belangen eingeräumt. Die Umsetzung der Klimaanpassungsstrategie steht dadurch stets in Konkurrenz mit den anderen Raumansprüchen. Umso wichtiger ist eine integrative, vorausschauende und langfristige räumliche Gesamtplanung zur Koordinierung und Sicherung von Flächen und Standorten.

Eine zentrale Herausforderung bei der Entwicklung eines Anpassungskonzeptes bestehen für die gesamträumliche Planung darin, Entscheidungen unter Unsicherheiten zu treffen und reversibel zu bleiben.

Rechtliche und fachliche Rahmenbedingungen

Die im Dezember 2008 veröffentlichte Deutsche Anpassungsstrategie 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. Dementsprechend ist die Koordination raumbezogener Fachplanungen eine zentrale

Querschnittsaufgabe (Koordinierungsfunktion der Raumordnung gem. § 1 ROG).

Die Grundsätze der Raumordnung⁵⁵ (§ 2 ROG) bilden auch für die Anpassung an den Klimawandel einen Orientierungsrahmen. Sie beinhalten insgesamt die Leitvorstellung einer nachhaltigen Raumentwicklung. Insbesondere in § 2 Abs. 2 Satz 6 ROG wird deutlich, dass Maßnahmen, die der Anpassung an den Klimawandel dienen, Rechnung zu tragen ist.

Die Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) hat 2009 in ihrem Handlungskonzept zum Klimawandel diverse Handlungsfelder hinsichtlich ihrer raumordnerischen Anpassungserfordernisse überprüft und 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, wenngleich die Umsetzung der raumordnerischen Ziele und Grundsätze auf den verschiedenen Planungsebenen stellenweise zu optimieren ist. Darüber hinaus 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 Konkretisierung der Grundsätze der Raumordnung erfolgt in Niedersachsen im Landes-Raumordnungsprogramm (LROP). Der aktuelle Entwurf zur Änderung des LROP (2012) enthält bereits Festlegungen zur Anpassung an den Klimawandel. Auf regionaler Ebene erfolgt die Ausgestaltung der Grundsätze in den Regionalen Raumordnungsprogrammen. Nach Inkrafttreten des Landes-Raumordnungsprogrammes (LROP) sind die Regionalen Raumordnungsprogramme (RROP) anzupassen. Im Bereich der Bauleitplanung können auf lokaler Ebene verbindliche Festlegungen zur Art und Intensität von Nutzungen im kleinräumigeren Maßstab getroffen werden. Die im Juli 2011 in Kraft getretene Änderung des Baugesetzbuchs war ein erster Schritt zur Integration der Klimafolgenanpassung in die Abwägungsprozesse der kommunalen Planung.

Planungsinstrumentarium

Der Landes- und Regionalplanung steht als formelles Instrumentarium die Festlegung von Zielen⁵⁶

und Grundsätzen⁵⁷ der Raumordnung in textlicher und/oder zeichnerischer Form im LROP und in den RROP auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte zur Verfügung. Diese formellen Instrumente treffen allgemeine und großräumige Aussagen zu Raumnutzungen und -funktionen. Aus heutiger Sicht sind sie grundsätzlich weiterhin geeignet, Nutzungsinteressen zu steuern und Zielkonflikte zu vermeiden. Jedoch sind sie nur für Verwaltung und Träger öffentlicher Belange sowie Personen, die im öffentlichen Auftrag handeln bindend, nicht aber für Privatpersonen und Unternehmen. Allerdings werden die Festlegungen der Raumordnung für Privatpersonen und Unternehmen über etwaige Genehmigungsverfahren wirksam.

In den Flächennutzungs- und Bebauungsplänen auf kommunaler Ebene erfolgt dann die konkretisierte Umsetzung. Grundsätzlich ist das vorhandene Instrumentarium hinlänglich flexibel und sowohl zum Klimaschutz als auch der Klimaanpassung geeignet.

Wichtig ist zudem die Erkenntnis, dass es nicht mehr um die Bewältigung singulärer Fragen wie Klimaschutz und -anpassung, sondern um eine mit anderen Belangen abgestimmte integrierte klimawandelgerechte Raum- und Stadtentwicklung geht. Dafür bedarf es guter praktischer Beispiele und Handreichungen für die Umsetzung, um Prozesse für Kommunikation und Kooperation zwischen den professionellen Akteuren zu etablieren. Dies wird von der Planungspraxis für wichtiger erachtet als neue Gesetze.

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 der Landschaftsplanung zu, die gemäß dem Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) 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. Sie kann umfassende Grundlagen für ein landschafts- und siedlungsbezogenes Klimafolgenmanagement im jeweiligen Planungsraum liefern.

⁵⁵ 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.

⁵⁶ 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.

⁵⁷ 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.

Als Fachgutachten wird die Landschaftsplanung auf den verschiedenen Ebenen der räumlichen Gesamtplanung abgewogen und entsprechend in die jeweiligen Planwerke integriert.

Wie das raumplanerische Instrumentarium aufgrund der Anpassungserfordernisse an den Klimawandel zukünftig weiter zu entwickeln ist, wird derzeit in verschiedenen Forschungsprojekten wie KLIFF IMPLAN, KLIMZUG-NORD⁵⁸ oder den KlimamORO⁵⁹-Projekten untersucht. Dabei werden zum Beispiel die Flexibilisierung der Instrumente oder ergebnisorientierte Zielvereinbarungen diskutiert.

Eine adäquate Strategie zum Umgang mit dem Klimawandel und den daraus resultierenden Anpassungsbedarfen kann sich aber nicht nur auf die formelle Planung beschränken. Viele der erforderlichen Maßnahmen insbesondere auf kommunaler Ebene können nur durch Privatpersonen umgesetzt werden. Informelle Instrumente können zur Steigerung des Bewusstseins in Politik, Wirtschaft und Bevölkerung genutzt werden, so dass das Wissen über Ursachen und Folgen des Klimawandels verbessert wird. Dem informellen Instrumentarium (vgl. § 13 ROG) kommt deshalb für die Anpassung an den Klimawandel eine wichtige Rolle zu; letztlich muss eine Art „Klimawandel-Governance“ entwickelt werden, wie z.B. in der Querschnittsaufgabe Governance und dem Themenfeld Integrierte Stadt- und Raumentwicklung in KLIMZUG-NORD „Strategische Anpassungsansätze zum Klimawandel in der Metropolregion Hamburg“ (u. a. Knieling et al., 2011), also neue Formen koordinierten kollektiven Handels, die unter anderem das hierarchische Verhältnis zwischen Staat und den Adressaten von Politik verringern, und auf diese Weise dazu beitragen, komplexe Probleme wie die Anpassung an den Klimawandel zu lösen.

Beispiele für informelle Instrumente sind:⁶⁰

- Von den unterschiedlichen regionalen Akteuren gemeinsam entwickelte und regional abgestimmte Leitbilder,
- Entwicklungskonzepte/ Strukturkonzepte/ Raumnutzungskonzepte, z.B. für bestimmte Themenbereiche,
- Modellvorhaben der Raumordnung (z.B. MORO „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“),
- Regionalmanagement, Netzwerke, Partizipation und
- Raumordnerische Verträge.

Sinnvoll ist eine enge Verknüpfung des informellen mit dem formellen Instrumentarium. Beispielsweise

kann über informelle Instrumente wie Regionalmanagement oder Runde Tische ein Beitrag zur Umsetzung der im Regionalplan festgelegten Ziele und Grundsätze erfolgen.

Defizite

Im Hinblick auf die langfristigen, zum Teil 100 Jahre in die Zukunft gerichteten Betrachtungen zum Klimawandel könnten die üblichen Planungshorizonte der räumlichen Planung nicht ausreichend sein. Die Anpassung an die Folgen des Klimawandels erfordert eine noch vorausschauendere und langfristige Planung weit über die üblichen raumplanerischen Betrachtungshorizonte hinaus. So haben Raumordnungsprogramme und Flächennutzungspläne einen Planungshorizont von 10 bis 15 Jahren, während sich die Klimaprojektionen auf 50 bis 100 Jahre in die Zukunft beziehen.

Außerdem werden folgende Defizite gesehen:

- Koordinierung von Anpassungsmaßnahmen auf Landesebene fehlt (z. B. beim landesweiten Biotopverbund),
- Bereitstellung belastbarer, aktueller (Fach-)Daten,
- Umgang mit Unsicherheiten, insbesondere auch im Hinblick auf rechtliche Überprüfung von Plänen und Programmen,
- bislang zu geringes Gewicht der Klimafolgenanpassung in gesetzlichen Regelungen,
- Klimafolgenanpassung ist nur ein Belang unter vielen,
- zum Teil unzureichende Ausschöpfung bestehender Instrumente,
- mangelndes Bewusstsein für den Klimawandel.

In der aktuellen kommunalen Planungspraxis stehen meist die Maßnahmen zum Klimaschutz, zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Energieeinsparung im Vordergrund und nicht Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel.

Die von Bund, Ländern, Städten und Gemeinden beschlossene Initiative zu einer gemeinsamen, ressortübergreifenden „Nationalen Stadtentwicklungspolitik“ entsprechend der Charta von Leipzig zur Entwicklung einer nachhaltigen europäischen Stadt sollte stärker als bisher zu einer engen Abstimmung der einzelnen Fach- und Politikbereiche und damit der jeweils betroffenen Ministerien auf Bundes- und Landesebene beitragen, um die Probleme der Stadtentwicklung (Klimaveränderung, demografischer Wandel, Globalisierung) mit einer integrierten und nachhaltigen Strategie bewältigen zu können.

⁵⁸ www.kliff-implan.de, www.klimzug-nord.de

⁵⁹ www.klimamoro.de

⁶⁰ www.klima-und-raum.org/artikel/klimaanpassung/instrumente/informelle-instrumente-zur-anpassung-den-klimawandel

5.15.2 Handlungsziele

Die räumliche Gesamtplanung spielt eine bedeutende Rolle bei einer Anpassungsstrategie an die Folgen des Klimawandels. Die Eigenschaften der räumlichen Gesamtplanung wie

- Integrationsfähigkeit,
- Langfristigkeit,
- gesamträumliche, vorausschauende und vorsorgende Betrachtung,
- Querschnittsorientierung,
- Neutralität und
- breite Öffentlichkeitsbeteiligung

sind zur Verwirklichung der Handlungsziele besser als bisher einzusetzen und weiterzuentwickeln. Daneben kommen auch den raumbezogenen Fachplanungen bedeutende Aufgaben zu.

Die Erfordernisse und Gestaltungsmöglichkeiten einer klimaorientierten Raum- und Siedlungsstruktur sind systematisch und umfassend darzustellen. Die Chancen, die sich für die Klimaanpassung aus dem demografischen Wandel ergeben (z. B. durch den Siedlungsrückbau) und die Potenziale, die die Umweltprüfung mit Climate proofing (Runge et al., 2010) für die Klimaanpassung eröffnen, sind einzubeziehen.

Flankierende Steuerungsansätze aus anderen Handlungsbereichen und informelle Planungsinstrumente der Klimaanpassung sind zu integrieren. Dabei sind Synergien zwischen Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen zu identifizieren und im Sinne einer Anpassung von Raumordnung und Bauleitplanung an den Klimawandel zu nutzen. Im Sinne einer No-regret-Strategie ist besonders die Eigenschaft der vorausschauenden und vorsorgenden Betrachtung der räumlichen Gesamtplanung zu nutzen und weiterzuentwickeln.⁶¹

Verbesserung der Datengrundlagen

Für die planerische Beurteilung der regionalen Betroffenheiten durch den Klimawandel sind regionalisierte Planungsdaten zu erfassen, zu koordinieren und verfügbar zu machen.

Detaillierte Daten und Kenntnisse bilden nicht nur die Grundlage für Klimaanpassungsmaßnahmen (z.B. Anpassung von Trassenführungen und -gestaltungen, Frisch- und Kaltluftentstehungsgebiete sowie -leitbahnen) und deren planerische Beurteilung, sondern sie liefern auch die Argumente für die Abwägung und die Begründung konkreter, eventuell auch einschränkender Planungsentscheidungen.

Es ist sinnvoll, bei der Klimafolgenanpassung die Vulnerabilitäten von Regionen oder Nutzungen bezogen auf verschiedene Aspekte oder Parameter zu berücksichtigen. Aus regionalen oder sektoralen Vulnerabilitätsanalysen können Prioritäten abgeleitet und ein geeignetes Vorgehen entwickelt werden. Zudem können mögliche Betroffenheiten und Bedrohungen aber auch sich bietende Chancen herausgearbeitet und für die Bevölkerung sichtbar gemacht werden.

Flexibilisierung des Instrumentariums

Für die Klimafolgenanpassung kann eine veränderungsfähigere Planung unter Gewährleistung von Planungssicherheit förderlich sein. Dafür ist der Spagat zu bewältigen, verbindliche Ziele zu erarbeiten, die dennoch flexibel genug sind, künftige Bandbreiten der klimatischen Entwicklung zu berücksichtigen.

Überregionale Planung stärken

Für verschiedene klimafolgenanpassungsrelevante Themen (z.B. Biotopvernetzung, Nutzungskonflikte, Hochwasserschutz) kann die Betrachtung größerer Planungszusammenhänge zielführend sein. Die Landesplanung selbst stellt an sich schon eine überregionale Planung dar. Anders sieht dies auf Ebene der Regionalplanung aus. Die Träger der Regionalplanung (Landkreise und kreisfreie Städte) handeln innerhalb ihrer Kreisgrenzen im eigenen Wirkungskreis. Eine gemeinsame kreisgrenzenüberschreitende Planung ggf. auch nur für einzelne Themen kann Vorteile für die Klimafolgenanpassung haben.

Integration der Klimafolgenanpassung in die Planung

Im Sinne einer integrativen Planung ist es notwendig, Klimarelevanz und Klimafolgenanpassung verschiedener Projekte, Planungen und Planungsvarianten als weitere Abwägungskriterien stärker in die sektorale und die koordinierende Gesamtplanung zu integrieren (Climate Proofing).⁶² Neben der bisher bestehenden klassischen Aufgabe der Umweltfolgenabschätzung von Projekten und Plänen sollten die Auswirkungen des Klimawandels auf Projekte, Planungen und Nutzungen verdeutlicht und deren Resilienz und Anpassungsfähigkeit abgeschätzt werden.

Für die gesamträumliche Planung können bestimmte Leitvorstellungen bei der Klimafolgenanpassung hilfreich sein. Dazu gehören:

⁶¹ www.klima-und-raum.org/glossary/124/lettern

⁶² Erläuterung des Begriffes „Climate Proofing“ in: www.klima-und-raum.org/glossary/124/letterc

- Effizienz: Verringerung des Ressourcenumsatzes, Abfall- und Verkehrsvermeidung.
- Exposition⁶³: Minimierung der Ausweitung der Siedlungsfläche zur Verringerung der Exposition der Siedlungsflächen gegenüber Klimaänderungen.
- Diversität: Eine hohe Diversität der Siedlungsstruktur dient insbesondere im Wechsel zwischen Infrastruktur, Gebäuden und Grünbereichen als Voraussetzung für ein angenehmes Stadtklima und höhere Widerstandsfähigkeit gegenüber Extremwitterungen.
- Redundanz: Vermeidung monostruktureller städtebaulicher Entwicklungen, um die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems auch dann aufrechtzuerhalten, wenn einzelne Teile z. B. bei Extremwitterungen vorübergehend ausfallen.
- Stärke: Erhöhung der Robustheit z. B. Infrastruktur neu entwickelter Siedlungsflächen zur Verringerung des negativen Einflusses klimabedingter Extremwetterereignisse oder schleichender Umweltveränderungen.

Entwicklung von Bewertungskriterien

Die Zusammenschau von heutigen Rahmenbedingungen wie

- demografischer Wandel,
- Klimawandel und Klimafolgenanpassung sowie
- Verwaltung und Finanzen.

zeigt, dass Zukunftsfähigkeit eine Herausforderung ist und neue/ andere Wege und Lösungen erfordert (z.B. interkommunale Kooperation).

Vielfach entwickeln sich aus den verschiedenen Anforderungen divergierende Zielvorgaben. Daher müssen auch die Zusammenhänge und Wechselwirkungen, die zwischen Maßnahmen bestehen können, betrachtet werden, um einerseits unbeabsichtigte negative Effekte auf das jeweils andere Ziel zu vermeiden und andererseits nach Möglichkeit Synergien zu nutzen.

Derartige Wechselwirkungen sind bei der Planung zunehmend abzuwägen; geeignete Bewertungskriterien dafür sind zum Teil noch zu entwickeln.

Informelle Instrumente einsetzen

Ein grundsätzliches Problem ist das geringe Bewusstsein für die Folgen des Klimawandels in Politik, Verwaltung und Öffentlichkeit. Ziel ist es, informelle Instrumente zur Steigerung des Bewusstseins in Politik, Wirtschaft und Bevölkerung

einzusetzen, sodass das Wissen über Ursachen und Folgen des Klimawandels verbessert wird und das Handeln der unterschiedlichen Akteure gefördert werden kann. Das Potenzial besteht insbesondere darin, die unterschiedlichen Akteure und Interessen in einer Region zusammenzubringen und gemeinsame Strategien zu entwickeln. Deshalb sind Beteiligungsprozesse, die die Zivilgesellschaft „mitnehmen“, sehr wichtig für die generelle Akzeptanz, sich an den Klimawandel anpassen zu müssen. In regionalen Netzwerken oder über regionale Entwicklungskonzepte können die Strukturen für regionale Anpassungskonzeptionen aufgebaut werden.

Hilfreich sind auch informelle Instrumente wie Anleitungen und Arbeitshilfen. Zudem besteht in vielen Kommunen Informations- und Weiterbildungsbedarf. Aufgrund fehlender Rechtsverbindlichkeit sollten informelle Instrumente in der Regel in verbindliche Regelungen überführt werden, um bei konkurrierenden Raum- und Flächennutzungsansprüchen eine erfolgreiche Umsetzung der mit den informellen Instrumenten verfolgten Anpassungsmaßnahmen herbeizuführen.

5.15.3 Maßnahmen

Verbesserung der Datengrundlagen und Aufbereitung

- *Regionalisierte Klima- und Fachplanungsdaten bereitstellen*: Für die planerische Beurteilung der regionalen Betroffenheiten durch den globalen Klimawandel sind regionalisierte Klima- und Fachplanungsdaten zu ermitteln und allen Behörden möglichst barrierefrei verfügbar zu machen.
- *Referenzflächen Klimafolgenanpassung*: Zur Überprüfung der regionalen Klimaszenarien sind im Rahmen eines Monitorings „Referenzflächen Klimaanpassung“ festzulegen⁶⁴. Die Ermittlung dieser Flächen kann im Rahmen der Landschaftsplanung ebenso erfolgen wie die Ableitung möglicher Maßnahmen zur Klimafolgenbewältigung bzw. -anpassung. Als Referenzflächen Klimaanpassung bieten sich auch landesweit auf vielfache Weise bedeutsame Bereiche wie die Nationalparke (Wattenmeer und Harz) und weitere sensible Bereiche an.
- *Finanzielle Förderung von Vulnerabilitätsanalysen*: Um Leitbilder und Strategien zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels für eine Planungsregion zu entwickeln, bedarf es zunächst der Erstellung einer regionalen Vulnerabilitätsanalyse. Hierdurch können mögliche

⁶³ 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.

⁶⁴ Entsprechend ist ein Indikator-„Referenzflächenset“ aus landesweiter Sicht zu ermitteln und festzulegen.

Bedrohungen, aber auch sich bietende Chancen aufgezeigt werden. Für Planwerke liefern diese Analysen zudem die Abwägungsgrundlage. Eine klimafolgenangepasste Planung kann demnach forciert werden, indem

- die Entwicklung von Anpassungsstrategien unter Berücksichtigung sektoraler Vulnerabilitätsanalysen finanziell gefördert und
 - die Beratungs-, Moderations- und Koordinationsfunktion der Planung gestärkt werden.
- Vulnerabilitätsanalysen können Grundlage sein für weiterführende integrierte Risiko- bzw. Gefahrenhinweiskarten, die Informationen über etwaige Schadenshöhen und Wahrscheinlichkeiten darstellen.

Flexibilisierung des Instrumentariums

- Ansätze für eine Flexibilisierung können dynamische Planziele (lang-, mittel und kurzfristig), räumlich-zeitliche Zielanpassungskorridore, die Erarbeitung von Zonierungen verschiedener Verbindlichkeitsstufen in den Raumordnungsprogrammen, Zwischennutzungen oder auch ergebnisorientierte Zielvereinbarungen sein. Wichtig ist dabei die Eignung und Tauglichkeit des Instrumentariums für neue Fragestellungen und neue Zielkonzepte.

Überregionale Planung stärken

- *Kooperation und Zusammenarbeit:* Kreisgrenzenüberschreitende Projekte zur klimafolgenangepassten Regionalplanung und die Förderung des Aufbaus von regionalen Netzwerken bzw. eines Risikomanagements können eine überregionale Planung befördern und stärken. Durch geeignete Anreize sollte die Zusammenarbeit in überregionalen Planungsverbünden, zum Beispiel ähnlich der Gebietskooperationen gemäß EU-WRRRL, weiter voran gebracht werden.
- *Konzeptionelle Weiterentwicklung und Fortschreibung des Landschaftsprogramms:* Ein wichtiges Mittel zur Umsetzung der o.g. Handlungsziele – jeweils in Verbindung mit dem Landes-Raumordnungsprogramm – ist die Fortschreibung eines Niedersächsischen Landschaftsprogramms (zurzeit Landschaftsprogramm von 1989) und dessen kontinuierliche Weiterentwicklung mit dem Ziel der Darstellung landesweiter landschaftsbezogener Ziele und Prioritäten zum Klimafolgenmanagement.

Das Landschaftsprogramm hat den aktuellen Zustand von Natur und Landschaft sowie die raumwirksamen Nutzungen zu analysieren und zu bewerten. Jedoch ist dies aus dem Jahr 1989 stammende niedersächsische Programm in seiner Bestandsanalyse zu aktualisieren. Neben inhaltlichen und rechtlich neuen Anforderungen (EU-Gesetzgebung, BNatSchG von 2010) kommen vor dem Hintergrund der Klimafolgenanpassung neue,

bislang nicht eingearbeitete Anforderungen hinzu wie:

- Identifizierung grundsätzlicher Problemlagen von Klimafolgen in einzelnen Regionen Niedersachsens,
 - Thematisierung von Klimafolgen durch die Entwicklung entsprechender Landschaftsszenarien,
 - 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 Aussagen zu besonders vom Klimawandel betroffenen Tier- und Pflanzenarten.
- Ziel sollte es sein, diese Anforderungen in das Landschaftsprogramm einzuarbeiten und an die in Folge des Klimawandels geänderten Rahmenbedingungen anzupassen.

Integration der Klimafolgenanpassung in die Planung

- *Fortschreibung des Landes-Raumordnungsprogramms:* Aufgrund der bestehenden Unsicherheiten bezüglich des Klimawandels und seiner Auswirkungen sind die Festlegungen zur Klimafolgenanpassung bei zukünftigen LROP-Fortschreibungen zu überprüfen und ggf. anzupassen. Die Aussagen zu den Folgen des Klimawandels des neu zu erstellenden Landschaftsprogramms (s. oben) sollen unter Abwägung mit den anderen Belangen in das LROP Niedersachsen einfließen. Hierbei wären neben den Vorranggebieten für Natura 2000 v.a.
 - das überregionale Biotopverbundsystem sowie
 - klimarelevante Natur- und Landschaftsbestandteile wie Moore, Grünland, Wälder, Fließgewässer einschließlich ihrer Auen mit programmatischen Aussagen zum Umgang mit ihnen von Belang.

Zudem sollten langfristige Planungen (bis 2050/2100) zur Nutzung küstennaher Bereiche bei steigendem Meeresspiegelanstieg entwickelt und hinsichtlich einer Berücksichtigung im LROP geprüft werden.

- *Fortschreibung der Regionalen Raumordnungsprogramme:* Mit der aktuell geplanten Änderung des 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 Mooren, Auen, Wald und Grünland die entsprechenden Grundlagen für die Sicherung solcher Flächen, zum Beispiel als Vorranggebiet für Natur und Landschaft, als Vorranggebiet für Grünlandbewirtschaftung, -pflege und

-entwicklung, als Vorranggebiet für 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 zur Klimafolgenanpassung erfolgt zusammen mit den anderen landschaftsplanerischen Inhalten und unter Abwägung mit anderen fachlichen Belangen.

- *Konzeptionelle Weiterentwicklung und Fortschreibung der Landschaftsrahmenpläne:* Nach einer Überarbeitung des Landschaftsprogramms sind die Landschaftsrahmenpläne bedarfsweise anzupassen 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 vorkommender Landschaftsbestandteile hinsichtlich Klimaschutz und Klimafolgenanpassung (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) (Vohland et al., im Druck).
- *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. Auf regionaler (s. oben) 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 Mitteleinsatz 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. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass die Landschaftsplanung, sofern regionale Klimaprojektionen vorliegen, wahrscheinliche oder mögliche Auswirkungen auf die Böden, die Biodiversität und die Erholungseignung in Szenarien darstellen kann.⁶⁵ Diese Veränderungen lassen sich vor Ort zeigen, was dazu beitragen kann, der Bevölkerung notwendige Klimafolgenanpassungsmaßnahmen zu erklären und diesbezüglich Akzeptanz zu schaffen.

- *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.
- *Umweltverträglichkeitsprüfung:* Die bestehende Gesetzgebung zur Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) ist hinsichtlich der Integration von Inhalten der Klimafolgenanpassung zu überprüfen und ggf. anzupassen. Dabei sind insbesondere die Aspekte des Climate Proofing einzubeziehen (s. oben). Es ist zunächst zu prüfen, inwieweit sowohl die Klimarelevanz von Planungen als auch die möglichen Umweltfolgen durch Klimafolgenanpassungsmaßnahmen bereits durch die bestehende Pflicht zur Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) und Strategischen Umweltprüfung (SUP) ausreichend erfasst werden (Runge und Wachter, 2010). Im Sinne einer Weiterentwicklung sind SUP und UVP um die Aspekte des Climate Proofing zu erweitern. In der UVP/SUP werden die Umweltverträglichkeit und die Auswirkungen einer Planung auf ein Schutzgut untersucht. Beim Climate Proo-

⁶⁵ Bundesamt für Naturschutz (2007): Landschaftsplanung – Grundlage vorsorgenden Handelns

ding dreht sich dieser Fokus um: Es werden die Auswirkungen von Umwelt- und Klimaänderungen auf Projekte, Planungen und Nutzungen untersucht (s. Abb. 32). Unter Climate Proofing ist kein neues Verfahren, sondern die methodische Weiterentwicklung der strategischen Umweltprüfung zu verstehen.

Entwicklung von Bewertungskriterien und -methoden

- Ziel ist die Entwicklung eines Bewertungssystems, um Zielkonflikte zwischen Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung und damit konkurrierenden Zielen oder Handlungsfeldern (Flächensparen durch Siedlungsverdichtung vs. Durchlüftung zur Minderung von Hitze Folgen) zu lösen. Dies sollte durch eine Arbeitshilfe von Seiten des Landes erfolgen.

Informelle Instrumente

- *Ausschreibung überregionaler Modellprojekte:* Das Land schreibt kreisgrenzenübergreifende Modellprojekte zur klimafolgenangepassten Regionalplanung aus, deren Ergebnisse in die gesamträumliche Planung übernommen werden können.

- *Information und Weiterbildung:* Um nachhaltige integrierte Konzepte zur Klimafolgenanpassung erarbeiten und umsetzen zu können, müssen Kommunen das dafür notwendige Know-how aufbauen und ihr Personal entsprechend qualifizieren. Die Träger der Landes-, Regional- und Bauleitplanung werden daher bei der Planung von Vorhaben, die den Zielen der Klimafolgenanpassung dienen, durch einen wechselseitigen Austausch sowie durch Bereitstellung von

- Fortbildungsmöglichkeiten,
- Fördermitteln und
- Informationen

unterstützt, da gerade auf kommunaler Ebene Kompetenzen im Aufgabenbereich „Klimafolgenanpassung“ erforderlich sind. Hilfreich sind für die kommunalen Akteure insbesondere auch Maßnahmen informeller Art wie Planungsleitfäden, Modellvorhaben oder Workshops. Auch hierfür sollte das Land den Kommunen geeignete Angebote unterbreiten.

- *Dezentrale Beratungsmöglichkeiten:* Zum Thema Klimafolgenanpassung insbesondere auch im Hinblick auf die beiden zuvor genannten Aspekte („Modellprojekte“ und „Information und Weiterbildung“) besteht für die Träger der Regional- und Bauleitplanung sowie sonstige öffentliche Akteure, ein Bedarf an dezentralen Beratungsmöglichkeiten bzw. Anlaufstellen, die dazu dienen sollen

- auf regionaler und kommunaler Ebene die Erarbeitung und Umsetzung nachhaltiger integrierter Konzepte zur Klimafolgenanpassung zu unterstützen,
- Fortbildungen und Workshops sowie Planungsleitfäden, Wettbewerbe, Modellprojekte und regionale Netzwerke zu initiieren und zu begleiten,
- den Aufbau von Know-how und die Qualifizierung von Personal zu unterstützen,
- in Bezug auf die Planung und die Anwendung des Planungsrechts zu beraten.



Abb. 32 Von der SUP zum Climate Proofing; Quelle: Birkmann/Fleischhauer 2009

5.16 Wissenschaft und Forschung

5.16.1 Hintergrund

Für die Lösung der zukünftigen Probleme der Anpassung an den Klimawandel und seine Folgen sind Forschung und Innovationen unabdingbar. Übergeordnetes Ziel der damit befassten Wissenschaften muss es sein, die mit dem Klimawandel verbundenen Risiken und Chancen rechtzeitig zu erkennen und zu quantifizieren, um darauf aufbauend räumlich dezidiert sektorale und intersektorale (integrierte) Strategien für eine klimaangepasste, nachhaltige Entwicklung Niedersachsens zu ermöglichen. Weiter müssen Instrumente erarbeitet werden, um diese Strategien in praktisches Handeln zu überführen. Aufgrund der Komplexität der betroffenen Systeme und deren vielfältigen Reaktionen auf Veränderungen des Klimas steht die Wissenschaft vor sehr großen Herausforderungen, die zum Teil völlig neue Herangehensweisen erfordern. Der Klimawandel und seine Folgen sind räumlich nicht an politische Grenzen gebunden und überschreiten bezüglich ihrer Herausforderungen auch die Grenzen von Fachdisziplinen. Daher erfordern die zu erarbeitenden Lösungen zur Anpassung im Bereich der Forschung einen systemischen Ansatz, d.h. eine enge Zusammenarbeit von Natur- und Technikwissenschaften mit Sozial- und Kulturwissenschaften.

Die Anpassung an den Klimawandel und seine Folgen setzt somit einen transdisziplinären Forschungsansatz voraus, denn nur so kann nicht nur das erforderliche Wissen bereitgestellt werden, sondern über einen öffentlichen Diskurs können auch gesellschaftlich abgestimmte Ziele gefunden und der Wissenstransfer zu den politisch, sozial und wirtschaftlich Handelnden gesichert werden. Dafür werden grundsätzlich drei Arten von Wissen benötigt: System-, Ziel und Transformationswissen (ProClim, 1997). Von der Wissenschaft werden dabei primär Beiträge zum Systemwissen erwartet. Ziel- und Transformationswissen werden in Zusammenspiel von Wissenschaft und anderen Akteuren erarbeitet (Hunecke 2011; Grothmann et al. 2011; Schneidewind 2009; Leser 2007).



Abb. 33 Notwendige Wissensstruktur zur Umsetzung von Anpassungen an den Klimawandel und seine Folgen (ProClim, 1997).

Die Analyse der bisherigen Arbeiten zur Anpassung an den Klimawandel und seine Folgen hat gezeigt, dass im Vergleich zum Systemwissen in den Bereichen Ziel- und Transformationswissen sowie im kultur- und sozialwissenschaftlichen Systemwissen noch größere Defizite bestehen. Zukünftige Forschungsvorhaben sollten daher darauf abzielen, in integrierten Projekten diese Defizite auszugleichen. Gleichzeitig müssen die Methoden der transdisziplinären Forschung für die Anpassung an den Klimawandel und seine Folgen weiterentwickelt werden. Dazu werden hinreichend differenzierte, aber robuste Modelle benötigt, ebenso wie problemorientierte Fallstudien.

5.16.2 Stand der Klimafolgenforschung in Niedersachsen

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, Geothermie, Biomasse und Solarenergie sowie auf Themen wie Energieeffizienz oder Intelligente Energienetze (Smart Grids) (s. Niedersächsische Klimaschutzstrategie und Niedersächsisches Energiekonzept). In den vergangenen Jahren ist zudem die Klimafolgenforschung in das Blickfeld gerückt. Auch für diesen Bereich weist die Forschungslandschaft in Niedersachsen ein sehr großes Potenzial auf. Zur Bündelung vorhandener Kompetenzen fördert das Land seit 2009 den mit fast 14 Millionen Euro ausgestatteten Forschungsverbund KLIFF – Klimafolgenforschung in Niedersachsen (www.kliff-niedersachsen.de). Ziel dieses Forschungsverbundes ist die Erweiterung der Wissensgrundlage über Auswirkungen der Klimaveränderungen auf regionaler und lokaler Ebene, um nachhaltige Anpassungsstrategien aufzuzeigen. Das Aller-Leine-Einzugsgebiet, der Harz, die Lüneburger Heide und die Nordseeküste dienen den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus den Disziplinen Agrar- und Forstwissenschaften, Biologie, Geographie, Ingenieurwissenschaften, Meeresforschung, Meteorologie, Raumplanung, Sozialwissenschaften und Wirtschaftswissenschaften dabei als Modellregionen. Die Ergebnisse werden 2013 vorliegen, Zwischenresultate sind in die entsprechenden Kapitel dieser Anpassungsstrategie bereits eingeflossen.

Auch andere Forschungsvorhaben in Niedersachsen befassen oder befassten sich mit den Folgen des Klimawandels und möglichen Anpassungen. Unter anderem:

- BMBF – klimazwei-Projekte:
 - KFM: KlimaFolgenManagement in der Metropolregion Hannover - Braunschweig - Göttingen, www.klimafolgenmanagement.de

- DSS-WuK: Anpassungsstrategien für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung, www.dss-wuk.de
- KLIO: Klimawandel und Obstanbau, www.agrar.hu-berlin.de/fakultaet/departments/dntw/agrarmet/forschung/fp/KliO_html
- KUNTIKUM: Klimatrends und nachhaltige Tourismusedwicklung, www.klimatrends.de
- BMBF-KLIMZUG-Projekte:
 - KLIMZUG-Nord: Strategische Anpassungsansätze zum Klimawandel in der Metropolregion Hamburg, <http://klimzug-nord.de>
 - Nordwest 2050: Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten www.nordwest2050.de
 - RADOST: Regionale Anpassungsstrategien für die deutsche Ostseeküste, www.klimzug-radost.de
- BMVBS-Projekte:
 - Experimenteller Wohnungs- und Städtebau (ExWoSt)
 - Urbane Strategien zum Klimawandel - Kommunale Strategien und Potenziale.
 - Modellvorhaben Stadt Syke. www.bbsr.bund.de
 - KLIWAS: Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt - Entwicklung von Anpassungsoptionen. www.kliwas.de
- EU-Projekte:
 - NO REGRET: Finding the right measures to avoid water shortage, www.northsearegion.eu/iiib/projectpresentation/details/&tid=64&theme=4
 - Aquarius: The farmer as water manager under changing climate, www.northsearegion.eu/ivb/projects/details/&tid=90
 - KLIWAS: Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt - Entwicklung von Anpassungsoptionen, www.kliwas.de
- Projekte des Landes Niedersachsen
 - Globaler Klimawandel – Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft im Binnenland (KLiBiW) http://www.iww.uni-hannover.de/de-de/Forschung/Laufende_Forschungsprojekte/_projekte/index.php?pid=2
 - Verschiedene Projekte zu Klima und Wasserwirtschaft / Boden in Niedersachsen, Wasserhaushalt Niedersachsen (zusammen mit MU und FZJ) www.lbeg.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=26821&article_id=89975&psmand=4, www.nlwkn.niedersachsen.de

5.16.3 Forschungsziele

Systemwissen

Systemwissen repräsentiert Faktenwissen über die Strukturen und kausalen Zusammenhänge (Funktionen, Prozesse, Variabilität etc.) natürlicher und sozialer Systeme sowie über deren Wechselwirkungen untereinander und mit der Umwelt. Weiter liefert Systemwissen Informationen über abgelaufene und zukünftige Entwicklungen. Auch wenn – wie oben kurz dargestellt – das Wissen über einzelne Systeme stetig steigt, sind doch in vielen Bereichen Defizite erkennbar; für die Handlungsfelder, die in dieser Klimaanpassungsstrategie betrachtet werden, werden diese Defizite in den entsprechenden Kapiteln exemplarisch benannt.

Forschungsbedarf ist insbesondere bei den gesellschaftlichen Systemen erkennbar, für die der Klimawandel genauso von Bedeutung ist, wie für die natürlichen Systeme. Wie wirkt sich der Klimawandel auf Lebensstile, auf Konsumverhalten oder Investitionen aus? Wie auf die Gesundheit und wie auf die kulturelle und wirtschaftliche Entwicklung? Dies sind Fragen, die der Klärung bedürfen. Darüber hinaus ist zukünftig besonderes Augenmerk der Erforschung der Wechselwirkungen zwischen natürlichen und anthropogenen Systemen zu widmen, da in diesem Bereich noch erhebliche Wissenslücken vorhanden sind.

Der Schwerpunkt der Forschung sollte auf der Analyse systembezogener und systemübergreifender Vulnerabilitäten liegen. Die Verletzlichkeit von Systemen hängt dabei jeweils von drei Faktoren ab, die das Systemwissen ermitteln und, falls möglich, quantifizieren muss:

- Wie stark sind anthropogene und natürliche Systeme den Klimaänderungen ausgesetzt?
- Wie reagieren diese Systeme auf die Klimaänderung oder auf Extremereignisse?
- Wie können sich diese Systeme an die klimabedingten Veränderungen anpassen (Resilienz) oder angepasst werden?

Diese Analysen stellen das Fundament für die Definition von Zielen und die Ableitung von Anpassungsmaßnahmen dar.

Anpassung an den Klimawandel und seine Folgen kann verlässlich nur auf der Analyse langfristiger Beobachtungen von Systemen erfolgen. Dazu müssen die vorliegenden Informationen der Forschung zugänglich sein, um retrospektiv und räumlich hoch aufgelöst die Variabilität des Klimasystems zu erfassen und die Reaktion der verschiedenen Systeme abzuschätzen. Gleichzeitig dienen langfristige Beobachtungen der Kalibrierung von Modellen und zur Erfolgskontrolle von Anpassungsmaßnahmen.

Zielwissen

Zielwissen beinhaltet normative Zielvorgaben, die in gesellschaftlichen Diskurs- und Abwägungsprozessen ermittelt werden. Sie umfassen die Bewertung des Ist-Zustands und der zukünftigen Entwicklung aufgrund von Prognosen, Projektionen und Szenarien. Dazu gehören Risikoabschätzungen, Festlegungen von Grenzwerten und Standards sowie individuelle und gesellschaftliche Wertvorstellungen. Auch die Definition von Leitbildern und Visionen zukünftiger Entwicklungen sind diesem Bereich zuzuordnen.

Die Risikoabschätzung und -bewertungen sind Schwerpunkte der Klimafolgen- und Anpassungsforschung, denn sie bilden die Basis für die Entscheidung, ob Anpassungsmaßnahmen erforderlich sind oder nicht. Dazu bedarf es neben systembezogener besonders auch integrierter, systemübergreifender und standortsspezifischer Vulnerabilitätsanalysen.

Ist die Verletzlichkeit ermittelt, lässt sich auf der Grundlage der Eintrittswahrscheinlichkeit der Verletzung und der Schadenshöhe das Risiko abschätzen. Für die aufgrund der Risikoanalysen und -bewertungen nachfolgend durchzuführenden Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel und seine Folgen wird Wissen benötigt, das die Formulierung konkreter gesellschaftlich-wirtschaftlicher und ökologischer Zielvorstellungen ermöglicht. Für die erfolgreiche Entwicklung dieses Zielwissens bedarf es der engen Zusammenarbeit zwischen Entscheidungsträgern, Interessengruppen und Forschenden, beispielsweise in entsprechenden Foren. Zur Konsensfindung kann die Formulierung von zusammenfassenden Leitbildern und Indikatoren hilfreich sein, die auch ethische Aspekte berücksichtigen.

Aufgabe der Forschung muss es sein, Instrumente zu entwickeln, die es erlauben, unter Einbeziehung verschiedener gesellschaftlicher Gruppen (Akteure) und deren Interessen Anpassungsziele für komplexe Systeme an den Klimawandel zu definieren. Dabei darf die Nachhaltigkeit der Ziele nicht außer Acht gelassen werden. Leitbilder für eine klimaangepasste Entwicklung der verschiedenen Regionen Niedersachsens (z.B. Küste, Heide, Harz, Marschen, Flusseinzugsgebiete) sollten entwickelt werden und zukünftigen Maßnahmen vorangestellt werden.

Transformationswissen

Transformationswissen beschreibt operative Strategien, wie die ermittelten Zielvorgaben unter den

gegenwärtigen oder auch zukünftigen Bedingungen realisiert werden können. In der Vergangenheit musste wiederholt festgestellt werden, dass zwischen dem Wissen über Veränderungen in der Umwelt, dem Bewusstsein derartiger Veränderungen in der Bevölkerung und dem folgerichtigen Handeln große Diskrepanzen bestehen. Damit wissenschaftliche Erkenntnisse in die politische Willensbildung einfließen und schnellere Verbreitung finden, um die Bevölkerung zu aktivem Umsteuern ihrer Handlungen zu bewegen, bedarf es neuer Konzepte und Instrumente für:

- *die Datenaufbereitung und Datenbereitstellung (Informationsvermittlung):* 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. Die dazu notwendigen Informationen sind derzeit nicht in einer Weise verfügbar, wie es notwendig wäre. Ziel für Niedersachsen muss es sein, Informationssysteme weiter zu entwickeln (s. a. Kap. 5.17).
- *die Gestaltung einer klimaangepassten nachhaltigen Entwicklung:* Die regionalspezifischen Ziele (s. Zielwissen) müssen in Zusammenarbeit mit der Bevölkerung entwickelt und umgesetzt werden. Dazu kann auf den Ansätzen aufgebaut werden, die in der UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ entwickelt wurden und werden⁶⁶. Ziel muss es sein, frühzeitig ein Klimabewusstsein zu entwickeln und die Notwendigkeit klimaangepassten Handelns für eine nachhaltige Entwicklung zu vermitteln. Dazu müssen Bildungs- und Kommunikationskonzepte für unterschiedliche Zielgruppen erstellt werden (s. Kap. 5.18 und 5.19).
- *die räumliche und fachliche Planung sowie deren Integration:* Die Regionalplanung kann bei der regionalen Anpassung an das Klima und seine Folgen als Moderator im „Regional Governance Process“ eine wichtige Funktion als Koordinator, Informant, Unterstützer und Vermittler einnehmen. Sie kann andere Akteure unterstützen, indem sie ihre Informationsgrundlagen und Netzwerke zur Verfügung stellt. Da es sich bei der Anpassung um dynamische Prozesse handelt, kommt den Fachplanungen eine entscheidende Rolle zu, da sich diese sektorenspezifisch mit den Chancen und Risiken der Klimafolgen befassen. Wesentliche Aufgaben sind die Verbesserung und Verstetigung des Informationsaustauschs und der Zusammenarbeit mit den Fachplanungen. Dazu sind die notwendigen Instrumente zu entwickeln (s. Kap. 5.15).

⁶⁶ Weitere Anknüpfungspunkte finden sich auch im Kapitel Bildung der Niedersächsischen Klimaschutzstrategie.

5.16.4 Maßnahme: Integriertes Pilotprojekt

Aufgrund der Vielfalt der Einwirkungen des Klimas auf den Menschen sowie auf natürliche und anthropogene Systeme ergeben sich für die Anpassung an den Klimawandel und seine Folgen spezifische Probleme, für deren Lösung und zielgerichtete Bearbeitung weitere Forschung notwendig ist. In den einzelnen Kapiteln dieser Klimaanpassungsstrategie sind dazu bereits sektorenspezifische Angaben gemacht worden. Darüber hinaus finden sich in den Anpassungsstrategien der EU, des Bundes und anderer Länder umfangreiche Kataloge über bestehende Wissensdefizite und notwendige Forschungsaufgaben. Diese sollen an dieser Stelle nicht erneut aufgelistet werden, da einige davon bereits bearbeitet wurden bzw. werden, andere nur länderübergreifend gelöst werden können oder für niedersächsische Belange nicht relevant sind.

- Für Niedersachsen wird vorgeschlagen, ein integriertes Pilotprojekt zu initiieren, in welchem, basierend auf den bisherigen Resultaten und Erfahrungen der Forschung zur Anpassung an den Klimawandel und seine Folgen, der unter Abschnitt 5.16.3 beschriebene Ansatz realisiert wird. Mit einem solchen Projekt soll in einer abgegrenzten Region mit innovativen Methoden ein Muster dafür geschaffen werden, wie das notwendige System-, Ziel- und Transformationswissen zusammengebracht bzw. generiert werden kann, um Anpassungsstrategien an den Klimawandel zu entwickeln. Dabei sollen auch Wege aufgezeigt werden, wie die Kluft zwischen Wissensgenerierung, -vermittlung und praktischem Handeln überwunden werden kann.

Die hier gemeinten Regionen sind an Klimaanpassungszielen ausgerichtete räumliche Einheiten. Sie können den Zielen entsprechend sehr vielfältig gestaltet sein (z.B. Flusseinzugsgebiete, Metropolregionen, Siedlungen etc.). Sie umfassen flächenbezogene Nutzungen, zum Beispiel durch Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft sowie durch verschiedene Wirtschaftszweige, aber auch durch wirtschaftlich nicht genutzte natürliche Systeme (Nationalparke, Naturschutzgebiete) sowie Siedlungen mit ihren sozialen und ökonomischen Strukturen. Damit beinhalten sie auch die Umweltmedien, wie Böden, Gewässer und Atmosphäre.

Zur Bearbeitung innerhalb eines Pilotprojektes muss anhand der Fragestellungen und der zu erreichenden Ziele eine Region pragmatisch eingegrenzt werden, in der das Zusammenwirken natürlicher und anthropogener Faktoren umfassend untersucht werden kann. Eine so definierte Region stimmt nicht notwendigerweise mit

politisch oder naturräumlich begrenzten Regionen überein, ermöglicht aber eine integrierte Zusammenschau der sie prägenden und verändernden natürlichen und anthropogenen Wirkungen mit ihren Vernetzungen, Interaktionen sowie Energie- und Stoffströmen. Derartige Regionen stellen so auch geeignete Einheiten für das Management abiotischer und biotischer Ressourcen unter sich ändernden Klimabedingungen dar.

Ein solches klimaangepasstes Management ist ein Ansatz, der unter Einbeziehung moderner Informations- und Planungsmethoden flächendeckend ein abgestuftes, integriertes und dynamisches Anpassungskonzept an den Klimawandel und seine Folgen entwickelt und umsetzt. Dabei wird auf den Erkenntnissen der regionalen Klimaentwicklung, der Folgen des Klimawandels in unterschiedlichen Systemen sowie auf unterschiedliche Landnutzungs-, Schutz- und anderer Entwicklungsprogramme aufgebaut.

Ziel eines Pilotprojektes soll es sein, in einer Beispielregion Niedersachsens die für einen solchen Ansatz notwendigen Instrumente zu entwickeln und bereitzustellen, damit diese anschließend auf andere Regionen Niedersachsens übertragen werden können.

Zur Operationalisierung eines solchen Konzeptes bedarf es der Beschreibung des Ist-Zustandes der die Region prägenden Strukturen und ihrer Funktionen. Für letztere gilt es, Wirkmodelle einzusetzen oder zu entwickeln, die retrospektiv an vorhandenen Datensätzen kalibriert bzw. validiert werden müssen. Die in der Region vorhandenen anthropogenen und natürlichen Systeme werden auf ihre Vulnerabilität hinsichtlich des Klimawandels analysiert und einer Risikoanalyse unterzogen. Treiber des zukünftigen Geschehens sind regionalisierte Klimaprojektionen. Mit Hilfe von Indikatoren sollen standort- und systemspezifische Empfehlungen für Anpassungsmaßnahmen ermöglicht werden. Begleitet werden diese systembezogenen Forschungsaufgaben durch die Entwicklung effektiver Instrumente zur Ableitung klimaangepasster Entwicklungsziele für die Region sowie von Strategien zur Überführung generierten Wissens in praktisches Handeln.

Voraussetzung hierfür ist sowohl eine interdisziplinäre Vernetzung der Wissenschaften, als auch die Vernetzung aller relevanten Akteure der untersuchten Region. Zur Erarbeitung von Leitbildern (Zielwissen) und Wegen der Anpassung an den Klimawandel (Transformationswissen) müssen Interessenkonflikte zwischen verschiedenen Akteursgruppen ausgeglichen und Kompromisse gefunden werden. Dazu werden Instrumente und Plattformen benötigt, die in Zusammenarbeit mit der Forschung zu entwickeln sind (s. Abb. 34).

Ein integriertes Pilotprojekt zur Anpassung an den Klimawandel in einer definierten Region würde nicht nur die Entwicklung einer wissenschaftlich fundierten und die Belange aller Akteure der Region weitest möglich berücksichtigenden Anpassungsstrategie ermöglichen. Ein solches Projekt könnte auch ein Muster für die Entwicklung integrierter Strategien in anderen Regionen sein und gleichzeitig der Verstetigung sowohl der Forschung zur Anpassung an den Klimawandel und seine Folgen, als auch von Plattformen zur Vernetzung der Akteure zu diesem Thema dienen.

5.16.5 Forschungslandschaft

Niedersachsen verfügt bereits heute über ein Netz von universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie Landesämtern, die sich mit Fragen der Anpassung an den Klimawandel und seine Folgen befassen. Diese Aktivitäten gilt es zu verstetigen, zielgerecht weiter zu entwickeln und gegebenenfalls auszubauen. Dabei sollte eine bedarfsgerechte Entwicklung neuer Forschungsstrukturen und Forschungsrichtungen, die eine Integration von System-, Ziel- und Transformationsforschung (transdisziplinärer Ansatz) anstreben, vorrangig berücksichtigt werden. 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 ausreichend Raum für die interdisziplinäre und transdisziplinäre Auseinandersetzung und den Informationsaustausch zur Verfügung stehen. Auch der (wissenschaftliche) Nachwuchs sollte im Auge behalten werden. Die Universitäten sollten 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. Die Anpassung an den Klimawandel und seine Folgen ist ein langfristiger Prozess und bedarf einer strategischen Ausrichtung der Forschungspolitik. Das Land sollte daher gezielt die Expertise der Wissenschaftlichen Kommission Niedersachsen suchen, um eine auskunfts- und beratungsfähige und gleichzeitig national und international wettbewerbsfähige Forschungslandschaft zu erhalten und zu stärken.

5.17 Datenmanagement, Informationsbereitstellung und -pflege

5.17.1 Rahmenbedingungen

Da es sich beim Klimawandel um weit in die Zukunft reichende Veränderungen handelt, können die offenen Fragen zum regionalen Klimawandel nur mit Hilfe von geeigneten Klimamodellen gelöst werden. Diese Modelle müssen in der Lage sein, die große räumliche und zeitliche Variabilität der klimatischen und damit zusammenhängenden Messgrößen sowie die Komplexität der physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse und deren Zusammenhänge in den unterschiedlichen Landschaften zu berücksichtigen. Hierzu gibt es eine Reihe von Ansätzen (s. Kap. 4).

Eine optimale Nutzung der Informationen zu regionalen Klimaänderungen für die Anpassung an den Klimawandel ist jedoch nur dann erfolgreich, wenn die generierten Klimadaten zum Einsatz in Wirkmodellen, z.B. zum Wasserhaushalt, insbesondere Hoch- und Niedrigwasser, Wasserbedarf, Erosion, Ertragsbildung, Pflanzenwachstum etc. prozessiert und insbesondere regional differenziert unter Berücksichtigung der orographischen Strukturen auf einer allgemein verfügbaren Plattform als Informationssystem Klimafolgenmanagement zur Verfügung gestellt werden. Hierzu gehören auch die Eingabedaten für die Klimamodelle, wie zum Beispiel hochaufgelöste Informationen über Landnutzungen. Die Zusammenführung und Aktualisierung der verfügbaren Daten für komplexe

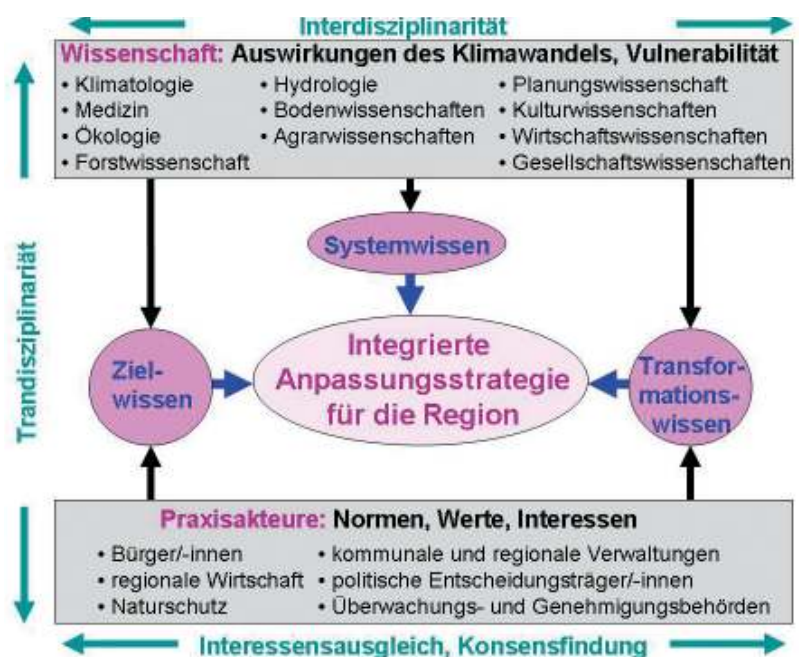


Abb. 34 Umsetzung des Dreiklangs aus System-, Ziel- und Transformationswissen zur Erarbeitung einer Anpassungsstrategie an den Klimawandel und seine Folgen in einer abgegrenzten Anthro-Bioregion (KLIFF 2012).

interdisziplinär ausgerichtete Untersuchungen und Bewertungen erfordert ein abgestimmtes Datenmanagement. Die Erfahrungen zeigen, dass der Aufwand für die Datenerfassung, Aufbereitung und Verfügbarmachung oft größer ist als der für die Modellanwendung, Analyse und Darstellung der Resultate.

Damit das vorhandene Klimawissen in Niedersachsen (Klimadaten, wissenschaftliche Studien, Demonstrationsprojekte etc.) zielgerichtet den entsprechenden Nutzern vermittelt und für die Praxis verwendbar gemacht werden kann, sollte ein Niedersächsisches Informationssystem Klimafolgenmanagement aufgebaut werden.

5.17.2 Maßnahmen

Als erster Schritt hin zu einem solchen System wird zeitnah auf Basis des Umweltdatenkatalogs Niedersachsen ein Metadatenkatalog aufgebaut, der Informationen zu allen für die Klimafolgenanpassung relevanten Daten enthält. Hierzu zählen u.a. Inhalts- und Qualitätsangaben, verantwortliche Stellen und Ansprechpartner sowie Informationen zur Verfügbarkeit und etwaigen Zugangsbeschränkungen. Ein solches Katalogsystem bietet interessierten Nutzern ein Werkzeug zur schnellen Klärung der Fragen „Was gibt es?“ und „Wer ist der geeignete Ansprechpartner?“. Darüber hinaus können Daten direkt aus dem Metadatenkatalog verlinkt werden, sofern sie über das Internet erreichbar sind.

In einem nächsten Schritt sollte das nutzer- und bedarfsorientierte, internetbasierte niedersächsische Informationssystem Klimafolgenmanagement entwickelt werden, in dem alle regionalen Klimadaten einschließlich spezifischer Auswertungen und kartographischer Darstellungen zusammengeführt werden. Hier sollten ebenso die Ergebnisse der Wirkmodelle zur Verfügung gestellt werden. Niedersachsen verfügt über zwei Fachinformationssysteme (FIS-W, NIBIS), über die Klimadaten aufbereitet und über das Internet für die Nutzer zur Verfügung gestellt werden können (<http://nibis.lbeg.de/cardomap3/> und www.wasserdaten.niedersachsen.de/cadenza).

Für Daten, für die aufgrund ihrer hohen Dynamik eine zentrale Haltung nicht möglich ist (z.B. in Hochwasservorhersagemodellen), müssen dezentrale Zugänge über geeignete Netzstrukturen geschaffen werden.

Die Landesregierung wird gebeten, zu prüfen und zu entscheiden, mit welchen technischen Instrumenten der Aufbau eines Informationssystems Klimafolgenmanagement umgesetzt werden kann. Dabei wäre dafür Sorge zu tragen, die Erfassung, Pflege und Bereitstellung klimarelevanter Daten und Informationen in den beteiligten Institutionen

zu optimieren, aufeinander abzustimmen und für das Niedersächsische Informationssystem Klimafolgenmanagement in Hinblick auf klimarelevante Fragen entsprechend zu entwickeln.

Dazu werden folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

- Der Umweltdatenkatalog wird um einen Katalog „Klimadaten“ erweitert. Voraussetzung ist eine Recherche über die in Niedersachsen vorliegenden, relevanten Daten. Der Katalog wird von den Datenhaltern über eine Internet-Erfassung befüllt und enthält im Ergebnis einen über das Internet zu recherchierenden Metadatenbestand, in dem sich Interessierte informieren und Hinweise zum Aufbau und Zugang zu den Datenbeständen erhalten können. Nach der initialen Einrichtung des Katalogs sind sowohl der technische Betrieb als auch die inhaltlich-fachliche Fortführung und Bestandspflege sicherzustellen. Die Metadaten zu den verfügbaren klimarelevanten Daten werden in dem im Geschäftsbereich des Umweltministeriums geführten Katalog umweltrelevanter Daten gemäß der Vorgaben der INSPIRE-Richtlinie geführt.
- Der bisherige Klimadatenbestand für Niedersachsen (gemessene, projizierte und interpolierte, regionalisierte Klimadaten) soll zu einem nutzer- und bedarfsorientierten, internetbasierten Informationssystem „Klimadatenmanagement“ ausgebaut werden. Dieses soll alle regionalen Klimadaten einschließlich spezifischer Auswertungen und kartographischer Darstellungen anbieten. Für ein solches System ist zunächst ein fachliches Feinkonzept zu erstellen. Im zweiten Schritt kann die Umsetzung erarbeitet werden. Wo sich eine zentrale Haltung wegen der hohen Dynamik in den Datenbeständen verbietet, soll über das Niedersächsische Informationssystem Klimafolgenmanagement der Zugang zu dezentralen Systemen ermöglicht werden. Die dazu erforderlichen Netzstrukturen müssen aufgebaut werden.
- Sowohl im Vorfeld der Entwicklung als auch im laufenden Betrieb muss die Sicherstellung der kontinuierlichen Fortführung sowie Abstimmung mit den Nutzern des Informationssystems gewährleistet sein. Dies gilt auch für das Management hinsichtlich der Nutzung der Klimadaten in Wirkmodellen z.B. zur Ermittlung von Vulnerabilitäten sowie zur Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen in klimasensiblen Sektoren (Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, Naturschutz, Bodenschutz, Raumplanung, Gesundheitsvorsorge, Forstwirtschaft, Städtebau).

Der Einsatz von Wirkmodellen erfordert die Verfügbarkeit einer Vielzahl von raum- und nutzungsbezogenen, ökologischen sowie sozioökonomischen Parametern. Auch diese Informationen

sind Nutzern über das Netzwerk zugänglich zu machen. Alle mit Landesmitteln erhobenen Daten sollten dabei im Sinne der Empfehlungen des Modernisierungsprojekts „Open Government“ aus dem Regierungsprogramm „Vernetzte und transparente Verwaltung“ des Bundes dort, wo es rechtlich möglich und zweckmäßig ist, frei zugänglich sein, um die Aufgabenerledigung der Verwaltung zu unterstützen, die Verwaltung der Daten zu vereinfachen und gleichzeitig ein Höchstmaß an Nutzbarkeit für die Dateninteressenten zu ermöglichen. Letzteres vor allem um die Innovationsfähigkeit von Wissenschaft und Verwaltung sowie die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen bestmöglich zu stärken.

5.18 Bildung und Qualifizierung

5.18.1 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. Klimaanpassung als gesellschaftliche Gestaltungsaufgabe kommt in Bildungszusammenhängen jedoch bisher kaum vor.⁶⁷ Bildungsziel im Kontext einer Klimaanpassung sollte es sein, die Folgen des Klimawandels zu erkennen und sie in Bezug auf die wirtschaftlichen, sozialen, umweltbezogenen und persönlichen Auswirkungen bewerten zu können. Dabei soll 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 Entwicklung⁶⁸ umfasst weitere Teilkompetenzen wie vorausschauendes Denken, fächerübergreifendes Arbeiten, transkulturelle Verständigung, Planungs- und Umsetzungskompetenz, Reflexionskompetenz sowie die Fähigkeit zu Empathie und Solidarität.

Bildungsmaßnahmen des Klimaschutzes setzen voraus, dass durch proaktives Handeln Veränderungen in der Zukunft bewirkt werden, die sowohl in ihrem Wirkungsumfang als auch in Bezug auf den selbstbezogenen Nutzen schwer einzuschätzen sind. Im Gegensatz dazu haben Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung relativ gesehen unmittelbare Wirkungen im Umfeld und in Bezug auf den eigenen Vorteil. Die Motivation für Lernprozesse, wie das Umdenken und die Änderung des eigenen Verhaltens, dürfte damit höher sein.

Schulische Bildung

Die Klimaschutzstrategie der Landesregierung sieht vor, Klimaschutz im Kontext einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) zum integralen Bestandteil des Unterrichts im allgemein bildenden Schulsystem in Niedersachsen zu machen.⁶⁹ Die Klimaanpassung sollte hierbei strategisch einbezogen werden. Zu beachten ist, dass nur durch eine Gesamtkonzeption mittel- bis langfristig Wirkungen im Bildungssystem zu erzielen sind. Das umfasst die Aus- und Fortbildung von Lehrkräften im Bereich Klimafolgen und Klimaanpassung, die Anpassung

⁶⁷ <http://klimzug-nord.de/index.php/page/2009-07-15-Einzelheiten-Q5.1>

⁶⁸ www.dekade.org

⁶⁹ www.umwelt.niedersachsen.de/download/64342

der Lehrpläne sowie die Erstellung von Lehrmaterialien. Die kompetenzorientierten Kerncurricula gewährleisten bereits in vielen Schulfächern und Schulstufen Anknüpfungspunkte zum Klimawandel. Die Klimaanpassung sollte explizit in den Kerncurricula der allgemein bildenden Schulen genannt werden. Im Forschungsprojekt KLIMZUG-Nord wird die Integration von Anpassungsthemen in einer Kooperation mit der Gesamtschule Harburg systematisch erarbeitet. Die Ergebnisse lassen sich auch für Niedersachsen nutzen.

Es ist zielführend, Aspekte des Themas in verschiedenen Fächern aufzugreifen und miteinander zu verbinden. Sowohl die fachorientierten als auch die fächerübergreifend ausgerichteten Materialien zur Klimabildung sollten auf die Vermittlung von Kompetenzen abzielen. Schulen, die sich intensiv mit Bildung für nachhaltige Entwicklung auseinandersetzen – wie die über 360 Umweltschulen in Europa / Internationale-Agenda-21-Schulen in Niedersachsen – könnten ihre Agenda modellhaft um den Aspekt der Klimaanpassung erweitern und Konzepte für eine klimageprüfte Schule entwickeln. Das Niedersächsische Kultusministerium sollte finanzielle und personelle Ressourcen bereitstellen, die sich der Vernetzung und Förderung schulischer Aktivitäten im Bereich Klimaschutz und Klimaanpassung widmen.

Berufliche Bildung und Qualifizierung

Klimaanpassung ist als Thema in der beruflichen Bildung stärker in den Fokus zu nehmen. Um Risiken zu vermeiden und Chancen des Klimawandels zu nutzen, ergeben sich für Unternehmen und Branchen, die sich rechtzeitig auf die Folgen des Klimawandels einstellen, strategische Vorteile. Die Akteure der beruflichen Bildung wie Fachverbände, Gewerkschaften, Arbeitgeberorganisationen und das Bundesinstitut für berufliche Bildung sollten darauf hinwirken, dass Erkenntnisse aus der Klimafolgen- und der Anpassungsforschung frühzeitig in die Ausbildungsordnungen integriert und entsprechende Qualifizierungsangebote entwickelt werden.

Hierzu gibt es bereits einige wegweisende Beispiele: Das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe hat die Themen Klimawandel und Klimaanpassung in Lehrveranstaltungen der Akademie für Krisenmanagement, Notfallplanung und Zivilschutz integriert. Die Klimaanpassungsakademie des Forschungsprojekts KLIMZUG-Nordhessen entwickelte Lehr- und Lernmodule zur Fortbildung in der ambulanten Pflege und Gastronomiebetrieben und bietet individuelle

Ansätze zur Konzeption von Klimaanpassungsprojekten in kleinen und mittleren Betrieben an. Das Forschungsprojekt „Klimawandel Unterweser“ hat mit Praxisexperten Ausbildungseinheiten zum Klimawandel und Anpassungsmöglichkeiten für landwirtschaftliche Betriebe erarbeitet. Außerdem wurden Handlungsanleitungen für Vor-Ort-Exkursionen erstellt und Ausbilder auf Workshops für das Thema sensibilisiert.⁷⁰

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. Im Forschungsverbund KLIMZUG Nord wurden 63 außerschulische Bildungseinrichtung in der Metropolregion Hamburg befragt. Die Umfrage ergab, dass der Klimawandel in der außerschulischen Bildung bisher nur von wenigen Lernstandorten konkret thematisiert wird. Zur Anpassung an regionale Klimafolgen gibt es bisher nur wenige Bildungsangebote, es besteht bei den Bildungseinrichtungen jedoch ein großes Interesse, derartige Angebote mitzugestalten.

Das Bundesumweltministerium beabsichtigt Bildungsprojekte auf lokaler und regionaler Ebene zu fördern, die Unternehmen bei der Erstellung von Anpassungskonzepten unterstützen. Bildungsangebote für die außerschulische Bildung zu entwickeln oder zu verbreiten, wäre eine mögliche Aufgabe einer zu gründenden Klima-Agentur in Niedersachsen (s. Kap. 5.19). Im Forschungsverbund KLIMZUG-Nord werden verschiedene Bildungsansätze erprobt wie partizipative Ausstellungen, eine E-Learning-Plattform, ein Bildungsbaustein „Umgang mit Unsicherheit“ sowie Bildungsmodule für Kinder im Vorschulalter und im Rahmen einer Seniorenuniversität.

5.18.2 Auswirkungen des Klimawandels

Hitze an Schulen

Durch steigende Temperaturen im Sommer und anhaltende 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 ist Trinken häufig nicht gewünscht. Hitze im Sommer verstärkt die Gefahr eines Flüssigkeitsmangels

⁷⁰ www.klimawandel-unterweser.ecolo-bremen.de/index.php?obj=page&id=110&unid=133ebc1b6500464617591aa9f380b7ec

noch. 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. 5.10).

Die Landesregierung sollte an, 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. 5.13).

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.

5.18.3 Maßnahmen

Schulische Bildung

- Stärkung der Aus- und Fortbildung von Lehrkräften in den Bereichen Klimafolgen und Klimaanpassung (s. Regierungskommission Klimaschutz (2012): Kap. VI.5 Bildung, Maßnahme 1.I.a).
- Einrichtung von Klimaschutzbeauftragten an Schulen: die Person sollte sich neben Fragen des Klimaschutzes auch Aspekten der Klimafolgen und Klimaanpassung annehmen (s. Regierungskommission Klimaschutz (2012): Kap. VI.5 Bildung, Maßnahme 1.I.b Kap. Bildung).
- Horizontale Vernetzung von BNE-Netzwerken in Niedersachsen stärken und Synergien fördern (s. Regierungskommission Klimaschutz (2012): Kap. VI.5 Bildung, Maßnahme 1.II.a).
- Jährlicher landesweiter schulischer Klimaaktionstag (s. Regierungskommission Klimaschutz (2012): Kap. VI.5 Bildung, Maßnahme 1.II.e, Kap. Bildung).

- Integration von Klimabildung als Bildungsziel in den Schulalltag (s. Regierungskommission Klimaschutz (2012): Kap. VI.5 Bildung, Maßnahme 1.III.c).
- Aufbau einer zentralen Informationsplattform zur Unterstützung der schulischen Klimabildungsarbeit (s. Regierungskommission Klimaschutz (2012): Kap. VI.5 Bildung, Maßnahme 1.III.e).

Berufliche Bildung, Fortbildung

- Überprüfung der Ausbildungsrahmenpläne der Betriebe und der Rahmenlehrpläne der Berufsschulen hinsichtlich der Themen Klimafolgen und Klimaanpassung.
- Sensibilisierung der Ausbilder und Funktions-träger in den für die berufliche Bildung zuständigen Organisationen für die Themen Klimafolgen und Klimaanpassung.

Außerschulische Bildung

- Aufbau einer niedersachsenweiten Klimabildungsdatenbank, die auch über Veranstaltungen zu den Themen Klimafolgen und Klimaanpassung informiert; diese Datenbank könnte an die Website des Niedersächsischen Bundes für freie Erwachsenenbildung e.V. angesiedelt werden.
- Konzertierte Aktion zum Klimaschutz/ Klimabildung für Jugendliche (s. Regierungskommission Klimaschutz (2012): Kap. VI.5 Bildung, Maßnahme 2).
- Förderung von regionalen Klimaseminaren (s. Regierungskommission Klimaschutz (2012): Kap. VI.5 Bildung, Maßnahme 7).
- Entwicklung und Verbreitung von Bildungsangeboten.

Hitze und Extremwetterereignisse

- Information der Schulträger über Maßnahmen zur Kühlung von Schulgebäuden (s. auch Kap. 5.10).
- Führen einer Statistik zu Schulausfällen sowie Auswertung der Daten.
- Verbesserung des Informationsflusses zu Hitze-warnungen zwischen Deutschem Wetterdienst, Land, Landkreisen und Schulen.
- Unterstützung von Programmen zur Förderung des Trinkens im Unterricht.
- Einrichtung von kostenlosen Wasserspendern sowie Brunnen in Schulen und Bildungseinrichtungen.

5.19 Kommunikation und Beratung

5.19.1 Bedeutung von Kommunikation und Beratung

Die Kommunikation spielt in der Anpassungspolitik eine zentrale Rolle. Ohne den Austausch von wissenschaftlichen Erkenntnissen und praktischen Erfahrungen zu Klimawandel und Klimafolgen und ohne die diskursive Verständigung auf politische Anpassungsziele ist eine Zusammenarbeit verschiedener Akteure und eine wirksame Klimaanpassung in Niedersachsen nicht denkbar.

Die genannten Maßnahmen in den vorangegangenen Handlungsfeldern zeigen dies: Viele Maßnahmen in den sektoralen Handlungsfeldern gehören in die Bereiche des Wissenstransfers, der Ausbildung, der Öffentlichkeitsarbeit und Beratung oder der Vernetzung von Akteuren. Die Vermittlung von Wissen aus der Klima- und Klimafolgenforschung an die Öffentlichkeit und an Entscheidungsträger aus Politik und Wirtschaft, dient der Information und Motivation und der Stärkung der Eigenverantwortung aller gesellschaftlicher Akteure. Betriebe und Regionen sollten gezielte Informationen zur Klimaanpassung erhalten und zu Anpassungsoptionen beraten werden.

Drei zentrale Kommunikationsphasen lassen sich in der Anpassungspolitik identifizieren (vgl. Born, Lieberum, Winkelseth 2012: 4ff.): Problemwahrnehmung, Erwerb von Handlungskompetenz und Umsetzung. Die Problemwahrnehmung umfasst die Phase des Erkennens einer Handlungsnotwendigkeit; hier geht es um problembezogenes Wissen, aber auch um den Aufbau einer Handlungsmotivation. Handlungskompetenz meint die Kenntnis von Anpassungszielen und wissenschaftsbasierten Handlungsmöglichkeiten, die nötig sind, um Anpassungsmaßnahmen planen zu können. Zur Handlungskompetenz gehört auch die Fähigkeit mit Unsicherheiten, zum Beispiel aus der Klimafolgenforschung oder bei der Entwicklung von Anpassungsoptionen, umgehen zu können. Die Umsetzung ist die letzte Phase, in der es zur eigentlichen Durchführung der Handlung kommt.

Probleme und Barrieren

In jeder der drei Kommunikationsphasen gibt es spezifische Probleme. Die Wahrnehmung von Risiken des Klimawandels wird erschwert, weil in Deutschland die Folgen des Klimawandels noch nicht oder nur in geringem Ausmaße direkt wahrnehmbar sind. Hinzu kommt, dass von vergangenen persönlichen Erfahrungen auf die Zukunft geschlossen wird. Die Möglichkeit, dass etwa Überschwemmungen stärker ausfallen können oder sich auch in bisher verschonten Gebieten

ereignen können, wird ausgeblendet. Die Öffentlichkeit muss sich hier auf die Ergebnisse der Klima(folgen)forschung verlassen. Hierzu bedarf es vertrauenswürdiger und glaubwürdiger Informationsquellen. Wissenschaftliche wie politische Institutionen brauchen Zeit, um Vertrauen als verlässliche Quelle aufzubauen, Glaubwürdigkeit ist hingegen schnell verspielt. In der Bevölkerung herrscht ein relativ großes Misstrauen gegenüber Quellen, die zum Klimawandel informieren. Das gilt vor allem für die Politik, aber auch für die Wissenschaft, Behörden und die Medien. Eine auf Dauer angelegte, zuverlässige und vertrauensbildende Kommunikation ist deshalb eine wichtige Aufgabe von Landesregierung und Landesbehörden.

Hinzu kommt, dass die Anpassung an den Klimawandel eine hohe Komplexität aufweist. Die Möglichkeiten der Veränderungen durch den Klimawandel sind nahezu unüberschaubar. Der Klimawandel trifft in den einzelnen Sektoren zudem auf unterschiedliche gesellschaftliche, politische, wirtschaftliche oder technologische Entwicklungen. Auch regional und lokal kann sich der Klimawandel in Niedersachsen sehr verschieden auswirken, Bevölkerungs- und Akteursgruppen sind unterschiedlich stark betroffen. Oft sind lange Zeithorizonte von mehreren Jahrzehnten oder noch längere Zeiträume zu betrachten. Die Folgen sind auch von ihrem Risikopotenzial unterschiedlich einzuschätzen: Teilweise kann der Klimawandel potenziell katastrophale Folgen haben. Er kann sich jedoch auch, abhängig von den Rahmenbedingungen, relativ leicht abfedern lassen oder sogar ökonomische Chancen eröffnen.

Derartige Unsicherheiten können sowohl in der Öffentlichkeit als auch bei Entscheidungsträgern in Politik, Verwaltung und Wirtschaft Abwehrreaktionen hervorrufen. Unsicherheiten erklären und mit ihnen umgehen zu lernen, ist eine wichtige Kommunikationsherausforderung bei dem Erwerb von Handlungskompetenz. Es gilt aus Kommunikationssicht klarzustellen, dass Unsicherheiten auch durch weitere Forschung nur begrenzt reduziert werden können. Das Warten auf sichere Zukunftsprognosen ist in vielen Handlungsfeldern nicht angebracht. Eine Nicht-Anpassung erhöht in vielen Handlungsfeldern vielmehr das Risiko von klimabedingten Schäden. Auch die Nicht-Anpassung birgt Unsicherheiten. Somit gilt es in Klimadiskussionen deutlich zu machen, dass, wie in anderen Arbeitsbereichen, eine Abwägung von zum Teil bekannten und zum Teil auch nur vermuteten Vor- und Nachteilen die Grundlage für Entscheidungsprozesse sind. Andererseits hat sich die Klima(folgen)forschung mittlerweile ein Fundament gesicherten Wissens erarbeitet. Bei No-Regret- oder Win-win-Maßnahmen ist überdies der Nutzen der Anpassung gesichert. Nicht nur Unsicherheiten führen zu Abwehrreaktionen.

Generell verbreitet sind Tendenzen wie die Unterschätzung der Wahrscheinlichkeit unangenehmer Ereignisse oder die Einschätzung, dass negative Ereignisse die eigenen Person mit geringerer Wahrscheinlichkeit treffen als andere Menschen. Bei der übertriebenen Darstellung von Klimafolgenrisiken (Katastrophismus), kann die Kommunikation des Klimawandels hingegen eher zur Lähmung führen, als dass sie zum Handeln motiviert.

In der Phase der Umsetzung ist die Kommunikation bedeutsam, um Akteure dialogisch einzubinden und, wegen der teils langfristigen Planungshorizonte, einen Bezug zum jetzigen Handeln herzustellen. Nutzungskonflikte zwischen verschiedenen Akteuren sollten möglichst früh identifiziert und gelöst werden.

Die Anpassungskommunikation findet auf verschiedenen Ebenen mit unterschiedlichen Akteuren und diversen Kommunikationsmitteln statt. Die Palette reicht von digitalen Informationsplattformen, Veranstaltungen, Entscheidungsunterstützungssystemen oder der persönlichen Kommunikation etwa in sozialen Netzwerken, im beruflichen oder privaten Umfeld. Auch neue Formen der Öffentlichkeitsarbeit wie Computerspiele, virales Marketing oder die Nutzung von Social Media können für die Anpassungskommunikation erfolgreich genutzt werden.

5.19.2 Kommunikationsprinzipien⁷¹

Für eine erfolgreiche Kommunikation im Feld der Klimaanpassung ist es hilfreich, folgende - im Forschungsprojekt nordwest2050 entwickelten und hier leicht verändert und gekürzt dargestellten - Kommunikationsprinzipien zu beachten:

Phase Problemwahrnehmung

Differenzierung von Klimaanpassung und Klimaschutz

Die Begriffe Klimaschutz (Mitigation) und Klimaanpassung (Adaption) sind klar zu definieren und voneinander abzugrenzen, um eine reflektierte Diskussion zur Notwendigkeit von Strategien und Maßnahmen in beiden Bereichen zu ermöglichen.

Vermittlung von Betroffenheit, Risiken und Chancen

Während bisher überwiegend Risiken hervorgehoben werden, sollte in einer ausgeglichenen Kommunikation auch auf die sich aus erforderlichen Anpassungsleistungen ergebenden Chancen

hingewiesen werden. Es gilt, die identifizierten Ziele in Zukunft offensiv zu kommunizieren, ohne dabei jedoch den Klimawandel und seine Folgen zu verharmlosen.

Nutzung von Aufmerksamkeitsfenstern

Für eine Anpassungskommunikation eignen sich zurückliegende extreme Wetterereignisse sehr gut als Aufmerksamkeitsfenster, um Risikobewusstsein zu stimulieren. Aber auch andere, aktuelle Themen können als Aufmerksamkeitsfenster genutzt werden, sofern sie einen thematischen Bezug zur Klimaanpassung haben.

Zielgruppenorientierte Kommunikation

Eine effektive und effiziente Anpassungskommunikation muss sich an den Besonderheiten, Bedürfnissen und Anforderungen der Zielgruppe orientieren. Die gesellschaftliche Akzeptanz hängt in hohem Maße davon ab, wie Botschaften in der allgemeinen Öffentlichkeit positioniert und kommuniziert werden und ob der richtige sprachliche und mediale Stil der Zielgruppe getroffen sowie der passende Kommunikationskanal genutzt wurde. Kommunikationsinstrumente sollten vor ihrem Einsatz an Vertreter/innen der zu erreichenden Zielgruppe getestet werden.

Jede Zielgruppe benötigt die Vermittlung von Informationen in der jeweils spezifischen Sprach- und Bilderwelt. Bilder und Beispiele aus dem Lebensumfeld bieten greifbare Anknüpfungspunkte. Das eigene Erleben von extremen Wetterereignissen erhöht die Sensibilität für das Thema Klimawandel. Katastrophismus kann vermieden werden, indem gleichzeitig Handlungsoptionen aufgezeigt werden, wie mit einer bestimmten „Klimawandelsituation“ umzugehen ist.

Reduktion von Komplexität

Die komplexen Zusammenhänge von Klimamodellen und deren mit Ungewissheiten behafteten Ergebnisse müssen in einfache und klar verständliche Botschaften übersetzt werden. Der Grad der notwendigen Einfachheit hängt dabei von der Zielgruppe und dem jeweiligen Vorwissen ab. Die unvermeidbare Folge ist ein Balanceakt zwischen dem richtigen Maß an Einfachheit und wissenschaftlicher Richtigkeit, der stets neu austariert werden muss.

⁷¹ Born, M.; Lieberum, A.; Winkelseth, C. (2012): Prinzipien der Anpassungskommunikation im Projekt „nordwest2050“. 15. Werkstattbericht. Februar 2012. Bremen. (verändert und ergänzt)

Phase Handlungskompetenz

Umgang mit Unsicherheiten vermitteln

Unsicherheiten stellen Entscheidungsträger in verschiedensten Institutionen vor Schwierigkeiten, da die Folgen von Entscheidungen kaum abzuschätzen sind. Akteure müssen letztlich lernen, mit den Unsicherheiten umzugehen und können sich dabei an Politikfeldern und Bereichen orientieren, in denen der Umgang mit Ungewissheiten bereits alltäglich ist (Wirtschaft, Wasserwirtschaft). Zum besseren Umgang mit Unsicherheit erscheinen u.a. folgende Aspekte sinnvoll: das Vorsorgeprinzip, der Einbezug der Bandbreite möglicher Entwicklungen, Reduktion der Verwundbarkeit gegenüber Extremereignissen oder die Entwicklung von No-Regret-Strategien.

Kommunikation von Klimaanpassungszielen

Generell sollten Anpassungsstrategien zwei Ziele verfolgen: negative Auswirkungen („Risiken“) minimieren und positive Folgen („Chancen“) nutzen. Von besonderer Bedeutung ist die so genannte proaktive (auch: antizipatorische) Anpassung, die es erlaubt, gezielt Maßnahmen zur vorbeugenden Abwendung negativer Auswirkungen bzw. zur besseren Nutzung von Chancen zu treffen – im Gegensatz zur sog. reaktiven Anpassung, bei der auf Schadensereignisse bzw. Veränderungen reagiert wird.

Nutzung von Vorbildern

Besonders die angesprochenen Unwägbarkeiten erhöhen den Anspruch an die Glaubwürdigkeit einer Informationsquelle. Eine Zusammenarbeit mit Schlüsselakteuren oder Netzwerken, die bei anzusprechenden Institutionen bereits Vertrauen genießen kann daher von Vorteil sein. Regionen, Kommunen und Unternehmen, die bereits erfolgreich aktiv geworden sind, können als Beispiel herangezogen werden. Um dieses im Sinne einer Erhöhung der Problemwahrnehmung zu nutzen, sollten die bereits vorhandenen Netzwerk- und Praxispartner stärker in die Außenkommunikation eingebunden werden.

Anschlussfähigkeit und Praxiswissen

Fachliche Inhalte von Klimaanpassung sind bereits vielerorts Gegenstand der Aktivitäten zahlreicher Akteure in verschiedenen Sektoren und auf verschiedenen Ebenen. An diese vorhandenen Ankerpunkte kann mit der Anpassungskommunikation angeknüpft werden. Es sind verstärkt wissenschaftliche Erkenntnisse zur Klimaanpassung

mit den Praxisakteuren aus Verwaltung, Wirtschaft und Nichtregierungsorganisationen zu diskutieren.

Phase Umsetzung

Beteiligung sicherstellen

Gerade weil das Thema Klimaanpassung durch Unbestimmtheit, Unsicherheit und unterschiedliche Betroffenheiten gezeichnet ist, ist ein intensiver gesellschaftlicher Dialog wichtig. Gesellschaftliche Akteure sind in den Entwicklungs- und Umsetzungsprozess der regionalen Anpassungsstrategie einzubinden. Die faire Beteiligung aller betroffenen Akteure ist dabei von großer Bedeutung.

Nutzung von Veränderungsprozessen

Neben dem Klimawandel gibt es in Regionen, Kommunen und Unternehmen weitere Herausforderungen, die das alltägliche Handeln mitbestimmen (z.B. technologischer Wandel und Strukturwandel, Fachkräftemangel, globale Finanz- und Wirtschaftskrise, demographischer Wandel). Sollten diese eine höhere Aufmerksamkeit genießen und lassen sich direkte oder indirekte Zusammenhänge zwischen diesen Herausforderungen und der Klimaanpassung herstellen, kann eine Verknüpfung die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen erleichtern.

Multiplikatoren identifizieren und soziale Diffusion nutzen

Bislang lag der methodische Fokus auf schriftlicher Information über Websites, Berichte oder Broschüren. Diese Kanäle besitzen allerdings nur eine geringe Reichweite, da sie häufig nicht wahrgenommen oder als nicht persönlich bedeutsam eingeschätzt bzw. verdrängt werden. Wirksamer ist die Nutzung sozialer Diffusion, welche Informationen in sozialen Netzwerken über vertraute Informationsquellen (Freunde, Familie, Nachbarn, etc.) verbreitet. Diese eigenständige Verbreitung bietet sich auf kommunaler Ebene an, indem zentrale Akteure als Multiplikatoren eingebunden werden.

Beteiligung von Interessensvertretern und soziales Lernen

Dieser Ansatz folgt der Grundidee, einen Austausch zwischen Wissenschaftlern, Betroffenen, Interessensvertretern und lokalen Experten anzuregen. Dadurch sollen Konflikte vermieden und Synergien zwischen verschiedenen Anpassungsaktivitäten genutzt werden. Die Beteiligung unterschiedlicher Akteure über Sektoren- und

Themengrenzen hinaus generiert Vertrauen und Glaubwürdigkeit. Weiterhin sollen eine breite gesellschaftliche Unterstützung erzielt und dadurch die Erfolgchancen von Anpassungsaktivitäten erhöht werden.

5.19.3 Maßnahmen

- Ausbau der kommunikationswissenschaftlichen Klimaanpassungsforschung, mit dem Ziel die Erkenntnisse im Bereich Ziel- und Transformationswissen (s. Kap. 5.16) zu verbessern und die Verständlichkeit, Nützlichkeit und Wirksamkeit der Kommunikation im Politikfeld Klimaanpassung sowohl auf Landes- als auch auf regionale und lokaler Ebene zu erhöhen.
- Die Niedersächsische Landesregierung hat bereits auf Empfehlung der Regierungskommission „Klimaschutz“ im Februar 2012 die Informationskampagne „Klimarisiko sehen - elementar versichern“ zur Elementarschadenversicherung gestartet. Die Kampagne soll das Bewusstsein der Menschen für die möglichen Folgen von klimawandelbedingten Naturereignissen und die daraus resultierenden Schäden sensibilisieren. Gleichzeitig wird gezielt darüber informiert, wie Elementarschäden versichert werden können. Das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz führt die Kampagne stellvertretend für die Niedersächsische Landesregierung durch und wird dabei unterstützt vom Niedersächsischen Finanzministerium, der Innovatives Niedersachsen GmbH, Unternehmen und Verbänden aus der privaten Versicherungswirtschaft sowie kommunalen Spitzenverbänden.⁷²

⁷² www.elementar-versichern.niedersachsen.de

6. Leitlinien und Ausblick

Die von der Kommission erarbeitete Empfehlung für eine Anpassungsstrategie erhebt den Anspruch, alle in Betracht kommenden Sektoren und Handlungsebenen systematisch analysiert und im Hinblick auf bereits eingeleitete Maßnahmen und weitere Maßnahmenanfordernisse konkretisiert zu haben. Gleichwohl markiert die Fertigstellung dieser Anpassungsstrategie keinen Abschluss, sondern bildet im Gegenteil einen Auftakt: Im Weiteren gilt es nicht nur, die vorgeschlagenen Maßnahmen umzusetzen, sondern auch die Anpassungsstrategie unter Berücksichtigung neuer Erkenntnisse und gesellschaftlicher Erfahrungen und Einschätzungen fortzuentwickeln.

Die Arbeit an dieser Strategie hat gezeigt, dass noch erhebliche Wissenslücken und Forschungsbedarfe zu den Folgen des Klimawandels und geeigneten Anpassungsstrategien in Niedersachsen bestehen. Im Jahr 2013 werden der neue (weltweite) Klimabericht des IPCC und die Ergebnisse des seit 2009 mit fast 14 Millionen Euro ausgestatteten Forschungsverbund KLIFF – Klimafolgenforschung in Niedersachsen (www.kliff-niedersachsen.de) veröffentlicht. Neue Erkenntnisse hieraus sowie auch Weiterentwicklungen der niedersächsischen Regionalmodelle können eine Überarbeitung der Erkenntnisse und Maßnahmen der vorliegenden Strategie erforderlich machen.

In dem zurückliegenden gesellschaftlichen Diskursprozess ist deutlich geworden, dass eine verantwortungsvolle Anpassungspolitik auf Landesebene nur im engen Austausch mit den verschiedenen gesellschaftlichen Gruppierungen und Kräften vorgenommen werden kann.

Daher empfiehlt die Regierungskommission – über die in den vorherigen Kapiteln dargestellten Einzelmaßnahmen hinaus –, dass die Landesregierung beim weiteren Umgang mit dem Klimawandel insbesondere folgende Leitlinien und Prinzipien berücksichtigt:

- Der gewählte niedersächsische Weg zur Entwicklung einer Anpassungsstrategie hat sich aus Sicht der Kommission bewährt. Für die weiteren Schritte der Umsetzung, Fortschreibung und Ergänzung der Klimaanpassung in Niedersachsen ist eine ähnliche Form der sektorübergreifenden fachlichen Zusammenarbeit und der gesellschaftlichen Beteiligung und Kooperation anzustreben. Eine solche gesellschaftliche Einbettung erleichtert es auch, die notwendigen sektorübergreifenden Zusammenhänge zu berücksichtigen und Anpassung als eine integrierte gesellschaftliche Aufgabe wahrzunehmen.
- Die Regierungskommission sieht es als wichtig an, geeignete objektivierbare Instrumente und Verfahren zu entwickeln, einzuführen und anzuwenden. Solche Instrumente und Verfahren sind nicht zuletzt auch erforderlich, um eine Prioritätensetzung von Maßnahmen und

Anpassungserfordernissen transparent und intersubjektiv vorzunehmen (s. Kap. 2). Hierauf sollte, aufbauend auf der vorliegenden Strategieempfehlung, ein weiterer künftiger Schwerpunkt der Anpassungspolitik in Niedersachsen liegen. Eine Klimaanpassungsstrategie und ihre Umsetzung bedeutet auch, Instrumente und Verfahren zu entwickeln, die eine systematisch und methodisch abgesicherte Begleitung und Überprüfung der eingeschlagenen Handlungsziele und Maßnahmen sicherstellen.

- Die Strategieempfehlung zeigt auf, dass erforderliche Maßnahmen und Vorkehrungen zum Teil schon erkannt und in den vorhandenen Strukturen wahrgenommen werden können. Gleichwohl wurden auch veränderte oder gar neue Aufgaben und Handlungserfordernisse aufgezeigt, die ggf. einen zusätzlichen Aufwand für das Land bedeuten können. Soweit hierfür zusätzliche Finanzmittel notwendig sind, verweist die Kommission – wie schon bei Ihrer Empfehlung zum Klimaschutz – darauf, die Möglichkeiten, die sich aus der EU-Förderperiode ab 2014 ergeben, zu nutzen.

Insgesamt nimmt das Land bei der Anpassung eine Doppelrolle wahr: Zum einen ist das Land vielfältig in eigenen Zuständigkeiten und Aufgabenbereichen angesprochen. Zum anderen fällt dem Land die zentrale Mittlerrolle bei der Begleitung und Verankerung von Anpassung in der gesamten Gesellschaft zu. Die Kommunen sind aufgrund ihrer wahrzunehmenden Aufgaben und ihrer besonderen Nähe zu den Bürgern und regionalen Akteuren für die Anpassung an den Klimawandel ein besonders wichtiger Partner des Landes. Bei dieser für die Kommunen teilweise neuen bzw. veränderten Aufgabenstellung sind sie auf die Unterstützung durch das Land in vielfältiger Weise angewiesen. Um den Anpassungserfordernissen des Klimawandels gerecht zu werden, bedarf es daher eines über die bestehende Zusammenarbeit hinausgehenden, noch engeren Zusammenwirkens von Land und Kommunen.

Glossar

abiotisch/biotisch	Als abiotisch werden Vorgänge und Zustände, gelegentlich auch Gegenstände bezeichnet, an denen Lebewesen nicht beteiligt sind, z.B. Boden, Wasser, Klima. Als biotisch werden Vorgänge und Zustände, gelegentlich auch Gegenstände bezeichnet, an denen Lebewesen beteiligt sind, z.B. Flora und Fauna.
A/E-Maßnahmen	Erhebliche Beeinträchtigungen der Natur durch ein bestimmtes Vorhaben (bspw. Straßen- oder Städtebau) können durch Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen in gleichartiger Weise wiederhergestellt bzw. das Landschaftsbild landschaftsge- recht wiederhergestellt oder neu gestaltet werden.
Albedo-Effekt	Maß für das Rückstrahlungsvermögen von nicht selbst-leuchtenden Oberflä- chen. Helle Oberflächen haben ein hohes und dunkle Oberflächen ein niedriges Albedo.
Ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ)	Die deutschen Gewässer in Nord- und Ostsee unterteilen sich in die 12 Seemei- len-Zone (das sogenannte „Küstenmeer“) und die AWZ. Das Küstenmeer ist deutsches Hoheitsgebiet und unterliegt der Zuständigkeit des jeweiligen Bun- deslandes. Seewärts der 12 Seemeilen-Grenze bis maximal 200 km Entfernung zur Küste befindet sich die ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ), an die sich die hohe See anschließt.
Autochthone Infektionen	Infektionskrankheiten, bei denen die Infektion am Ort des Auftretens und nicht z. B. am Urlaubsort erfolgt ist.
Bandbreite	Eine einzelne Klimasimulation liefert für jede Zeitperiode nur ein einzelnes Kli- maänderungssignal. Liegt ein Ensemble aus Klimasimulationen vor, bezeichnet man mit dem Begriff „Bandbreite“ die Spanne zwischen dem Minimum und dem Maximum der simulierten Klimaänderungssignale.
Bias	Als Bias bezeichnet man systematische Abweichungen der Simulationser- gebnisse eines Klimamodells vom tatsächlich beobachteten Klima in einem Kontrollzeitraum. Der Bias ergibt sich aus unrealistischen oder unvollständigen Beschreibungen physikalischer Prozesse. Durch eine bessere Modellierung dieser Prozesse wird versucht, den Bias zu verkleinern.
CLM	Das Klimamodell Climate Local Model (CLM) wurde ursprünglich in Zusam- menarbeit des Helmholtz-Zentrum-Geesthacht (HZG), des Potsdam-Institut für Klimafolgen (PIK) und der BTU Cottbus basierend auf einem Klimamodell des Deutschen Wetterdienstes entwickelt.
Dauerwald	Ein Dauerwald (ähnlich: Plenterwald) ist ein bewirtschafteter Wald ohne Kahl- schläge und Reinbestände, in dem Bäume aller Dimensionen kleinstflächig bis einzelstammweise vermischt sind
Eutrophierung	Eutrophierung bezeichnet die in ein Gewässer erfolgte erhöhte Nährstoffzu- fuhr (bspw. durch Überdüngung) und alle daraus resultierenden Vorgänge, die infolge natürlicher oder anthropogen bedingter Ursachen zu einem überhöhten Angebot pflanzenverfügbarer Nährstoffe und damit zu einer i.d.R. unerwünsch- ten Steigerung des Pflanzenwachstums (Vergrünung) führen. Mögliche Folge ist ein durch Sauerstoffmangel entstehendes anaerobes Milieu (Umkippen des Gewässers und Fischtod)
Evapotranspiration	Evapotranspiration bezeichnet die Gesamtheit von Bodenverdunstung, Pflanzen- verdunstung und der Verdunstung von Niederschlägen auf der Oberfläche.
Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie	Die FFH-Richtlinie dient zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen. Zusammen mit der Vogelschutzrichtlinie bildet sie die zentrale Rechtsgrundlage für den Naturschutz in der Europäischen Union. Ihr Ziel: Alle für Europa typischen wildlebenden Arten und natürlichen Lebensräu-

	me sollen in einen günstigen Erhaltungszustand gebracht werden. Damit dient die FFH-Richtlinie dem Erhalt der biologischen Vielfalt in der EU.
Governance	Governance wird hier verstanden als eine Form der Handlungskoordination, die freiwillig, nicht formell verfasst, selbstregelnd, transdisziplinär und selbstreflektierend ist.
Habitat	Unter dem Begriff Habitat versteht man den Lebensraum einer Art, z. B. ein Feld oder eine Felsenküste.
IMPLAN	IMplementierung von Ergebnissen aus KLIFF in der räumlichen PLANung in Niedersachsen (IMPLAN) ist ein querschnittsorientiertes Forschungsthema im durch niedersächsische Landesmittel geförderten Forschungsverbund „KLIFF – Klimafolgenforschung in Niedersachsen“.
Interdisziplinarität	In einem interdisziplinären Ansatz gehen verschiedene Einzelwissenschaften einer gemeinsamen Fragestellung nach. Im Unterschied zur Multidisziplinarität werden jedoch nicht nur Ergebnisse zwischen den Disziplinen ausgetauscht, sondern auch Ansätze, Denkweisen und Methoden.
IPCC	Das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ist eine zwischenstaatliche Sachverständigengruppe, die sich mit dem Klimawandel beschäftigt und auch als Weltklimarat bezeichnet wird. Das IPCC wurde 1988 vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) und der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) gegründet. Hauptaufgabe des IPCC ist es über den aktuellen Forschungsstand der Klimaforschung und der Klimafolgenforschung zu berichten, Risiken der globalen Erwärmung zu beurteilen und Vermeidungsstrategien zusammenzutragen. Das IPCC ist als Ausschuss der Klimarahmenkonvention (UNFCCC) beigeordnet.
Kastengrafiken (engl. Box-Whisker-Plots)	Eine Kastengrafik ist eine Darstellung, mit der sich die Statistik eines Ensembles abbilden lässt. Die Bandbreite wird von gestrichelt gezeichneten, an ihren Enden mit kurzen horizontalen Querbalken versehenen, vertikalen Linien (den „Antennen“) angezeigt. Die Rechtecke („Boxen“) werden durch das obere und das untere Quartil (d. h. das 25 Prozent und das 75 Prozent Quantil) begrenzt, in ihnen befinden sich die mittleren 50 Prozent aller Werte. Die schwarzen Querbalken innerhalb der Boxen zeigen den Median (d. h. das 50 Prozent Quantil) an, dies ist der Wert oberhalb und unterhalb dessen sich genau 50 Prozent der Klimaänderungssignale der einzelnen Ensemblesimulationen befinden.
Klimaänderungssignal	Als Klimaänderungssignal bezeichnet man die Differenz der Mittelwerte einer Klimavariablen zwischen einer (meist 30-jährigen) zukünftigen Klimaperiode und einer (meist gleichlangen) Kontrollperiode in der Vergangenheit.
KlimaMORO	Das regionale Klimamodell „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“ versucht durch Anwendung und Weiterentwicklung des raumordnerischen Instrumentariums in acht Modellregionen regionale Klimaanpassungsstrategien zu entwickeln.
KLIMZUG	Das Förderprogramm „KLIMZUG – Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten“, umfasst insgesamt sieben KLIMZUG-Verbünde und wird durch die Forschungsförderung des BMBF unterstützt. In jedem Verbund arbeiten regionale Partnereinrichtungen aus Forschung, Wirtschaft, Politik, Verwaltung und Gesellschaft zusammen. Das Ziel der Fördermaßnahme ist, die Anpassungskompetenz in Deutschland so zu steigern, dass ein Bewusstsein für die Anpassung in der Gesellschaft verankert und diese für ein Leben und Wirtschaften unter sich verändernden Klimabedingungen vorbereitet wird.
KLIMZUG-NORD	ist ein Klimaforschungsprojekt zur Erfassung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Metropolregion Hamburg an dem Hochschulen, Forschungseinrichtungen, Behörden und Unternehmen direkt beteiligt sind.

KLIWAS	Klima, Wasser, Schifffahrt (KLIWAS) ist ein Ressortforschungsprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), um die Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt zu erfassen, sowie Anpassungsoptionen zu entwickeln.
Modellvalidierung	Bei der Modell-Validierung werden für konkrete Parameterkonstellationen die Rechenergebnisse den zu modellierenden realen Phänomenen gegenübergestellt.
Netzwerk Natura 2000	Natura 2000 ist ein EU-weites Netz von Schutzgebieten zum Erhalt der in der EU gefährdeten Lebensräume und Arten.
Nmin-Untersuchungen	Methode zur Bemessung der Stickstoffdüngung durch Ermittlung des zu Vegetationsbeginn bereits im Boden vorhandenen mineralischen Stickstoffes.
No-Regret-Strategie	Als „No-regret“-Maßnahmen werden diejenigen bezeichnet, die auf jeden Fall einen umweltpolitischen und wirtschaftlichen Nutzen für die Gesellschaft mit sich bringen, unabhängig davon in welchem Ausmaß die Klimaänderung ausfällt. Als No-regret-Maßnahme werden z.B. die Reduktion von Leck-Schäden bei der Wasserinfrastruktur oder die Schaffung von saisonunabhängigen Tourismus- und Freizeitangeboten verstanden.
Phänologie	Die Phänologie im Deutschen Wetterdienst befasst sich mit den im Jahresablauf periodisch wiederkehrenden Wachstums- und Entwicklungserscheinungen der Pflanzen. Es werden die Eintrittszeiten charakteristischer Vegetationsstadien (Phasen) beobachtet und festgehalten. Sie stehen in enger Beziehung zur Witterung und zum Klima und eignen sich daher für die verschiedensten Anwendungsgebiete und für vielseitige wissenschaftliche Untersuchungen.
Realisierung	Mit einer Realisierung wird ein von einem globalen Klimamodell simulierter Zeitverlauf eines bestimmten Klimaszenarios bezeichnet. Dieser Zeitverlauf hängt von der Initialisierung des Globalmodells ab und beschreibt das „Modellwetter“, das von dem tatsächlich beobachteten Wetter abweicht. Verschiedene Initialisierungen führen dabei zu unterschiedlichen Zeitverläufen. Oft werden mehrere Realisierungen desselben Szenarios mit einem Globalmodell gerechnet, um den Einfluss der internen Modellvariabilität abschätzen zu können.
Regionales Klimamodell	Globale Klimaprojektionen sagen wenig über die Klimaänderungen in Staaten oder Regionen aus, sodass die Ausarbeitung regionaler Klimamodelle angestrebt wird.
Resilienz	Fähigkeit eines Systems, unter dem Einfluss externer Schocks und Störungen zentrale Funktionen aufrecht zu erhalten, den Ausgangszustand wieder herzustellen (Bewältigungskapazität) oder sich so zu verändern, dass es sich an die veränderten Bedingungen anpassen kann
REMO	Regional Model (REMO) ist ein regionalbezogenes Klimamodell, das vom Max-Planck-Institut für Meteorologie entwickelt wurde. Die über REMO berechneten Daten können zur Untersuchung regionaler Klimafolgen genutzt werden.
Robustheit	Im Zusammenhang mit Klimasimulationsensembles spricht man von einem robusten Klimaänderungssignal, wenn alle (bzw. bei größeren Ensembles fast alle, zum Beispiel mindestens 90%) der Klimasimulationen eine Klimaänderung in dieselbe Richtung projizieren.
Sektorintegration	Interdisziplinäre Integration über die Grenzen verschiedener Sektoren (z.B. Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft) zu gemeinsamen Fragestellungen.
Subsidiaritätsprinzip	Nach dem Subsidiaritätsprinzip soll eine (staatliche) Aufgabe soweit wie möglich von der unteren Ebene bzw. kleineren Einheit wahrgenommen werden.

System	Räumlich abgegrenztes Verknüpfungsgebilde mit einer inneren Struktur bio-tischer und abiotischer Elemente, die durch Prozesse (Energie-, Stoff- oder Informationsflüsse) miteinander verbunden sind. Systeme im beschriebenen Sinn tauschen mit ihrer Umwelt Energie und Stoffe aus.
Tierpathogenes Potenzial	Auch Krankheitspotenzial. 'Tierpathogenität' ist ein allgemeiner Ausdruck zur Beschreibung der Schadwirkung von Erregern bei Tieren, die von geringfügigen gesundheitlichen Effekten über schweren Erkrankungen bis zu Todesursache reichen kann.
Transdisziplinarität	Integrative Forschung, die wissenschaftliches und praktisches Wissen verbindet. Wissenschaft und Forschung lösen sich aus ihren fachlichen Grenzen und definieren ihre Forschungsthemen und Probleme mit Blick auf außerwissenschaftliche gesellschaftliche Entwicklungen, um die Probleme disziplin- und fachübergreifend zu lösen.
Triticale	Neu gezüchtete Getreideart, die durch eine Kreuzung aus Weizen und Roggen entstand. Triticale wurde gezüchtet, um die Anspruchslosigkeit des Roggens mit der Qualität des Weizens zu verbinden. Triticale wird als Futter angebaut und hauptsächlich in der Schweinemast eingesetzt.
Virusprävalenz	Häufigkeit des Vorkommens bestimmter Viren in einer Region bzw. in Vektoren, Menschen oder Tieren.
Vulnerabilität	Vulnerabilität umfasst Zustände und Prozesse, die die Ausgesetztheit, Anfälligkeit sowie die Reaktionskapazitäten eines Systems oder Objekts hinsichtlich des Umgangs mit Gefahren – wie z. B. Klimawandeleinflüssen – bedingen. Dabei spielen physische, soziale, ökonomische und umweltbezogene Faktoren eine Rolle. Exposition, Anfälligkeit, Bewältigungs- und Anpassungskapazität bestimmen die Vulnerabilität des Systems gegenüber einer Störung.
Vektor	Krankheitsüberträger. Der Vektor transportiert einen Infektionserreger vom Hauptwirt /Reservoirwirt auf einen anderen Organismus, ohne selbst zu erkranken.
Vektorgebundene/vektorassoziierte Erkrankungen	Erkrankungen, die nicht direkt von Mensch zu Mensch, sondern über Wirtstiere (Vektoren) verbreitet werden. Beispiele sind übertragbare Krankheiten durch Zecken wie Lyme-Borreliose und Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME), durch Mücken wie Malaria, Dengue-Fieber, West-Nil-Fieber und Chikungunya-Fieber oder durch Nagetiere wie das Hanta-Fieber.
Waldeigentumsarten	Gem. § 3 NWaldLG Landeswald, Kommunalwald, Stiftungswald, Privatwald einschl. Genossenschaftswald sowie Bundeswald oder Wald eines anderen Landes.
WETTREG	Die Wetterlagen basierte Regionalisierungsmethode (WETTREG) ist ein Klimamodell, das von der Climate & Environment Consulting Potsdam GmbH entwickelt wurde.
Wirkmodelle	Diese Modelle beschreiben die Wirkungen von Einflüssen des Klimawandels in verschiedenen Systemen.
Zoonosen	Von Tier zu Mensch und von Mensch zu Tier übertragbare Infektionskrankheiten. Die Definition der Weltgesundheitsorganisation (WHO) von 1959 besagt einschränkend, dass Zoonosen Krankheiten und Infektionen sind, die auf natürliche Weise zwischen Mensch und anderen Wirbeltieren übertragen werden können.

Literaturverzeichnis

Kapitel 1-3

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

BUNDESREGIERUNG (2011): Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 31.08.2011 beschlossen.

HANSE-WISSENSCHAFTSKOLLEG (Hrsg.) (2010): Hanse-Thesen. Eckpunkte einer Klimaanpassungsstrategie für das Land Niedersachsen. Delmenhorst.

TRÖLTZSCH, JENNY ET AL. (Hrsg. v. Umweltbundesamt) (2011): Ökonomische Aspekte der Anpassung an den Klimawandel. Literaturlauswertung zu Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel. Dessau-Roßlau.

WBGU (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN) (2009): Der WBGU-Budgetansatz. WBGU-Factsheet Nr. 3/2009. Berlin.

Kapitel 4

ALEXANDER, L. V./ S. F. B. TETT/ T. JONSSON (2005): Recent observed changes in severe storms over the United Kingdom and Iceland. – Geophys. Res. Lett. 32, L13704. DOI: 10.1029/2005GL022371.

BÄRRING, L/ H. VON STORCH (2004): Scandinavian storminess since about 1800. Geophys. Res. Lett. 31, L20202. DOI:10.1029/2004GL020441.

CHMIELEWSKI, F.-W. (2007a): Phänologie – ein Indikator zur Beurteilung der Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Biosphäre. Promet, Jahrg. 33, Nr. 1/2, S. 28-35.

CHMIELEWSKI, F.-M./ K. BLÜMEL/ Y. HENNIGES/ A. MÜLLER (2007b): Klimawandel und Obstbau in Deutschland (KliO). BMBF-Verbundprojekt unter der Koordination der Humboldt-Universität zu Berlin. Abschlussbericht des Teilprojekts der HU Berlin.

DEUTSCHER WETTERDIENST (2010): Zahlen und Fakten zur DWD-Presskonferenz am 27. April. Berlin.

DEUTSCHER WETTERDIENST (2011): Abteilung Hydrometeorologie: REGNIE (REGionalisierte NIEderschläge): Verfahrensbeschreibung & Nutzeranleitung, interner Bericht im DWD. Offenbach.

DONAT, M.G./ LECKEBUSCH, G.C./ PINTO, J.G./ ULBRICH U. (2010): Examination of wind storms over Central Europe with respect to circulation weather types and NAO phases. Int J Clim 30, S. 1289–1300.

ENSEMBLES (EU-FP6) ABSCHLUSSBERICHT (2009): Climate Change and its impacts at seasonal, decadal and centennial timescales. Summary of research and results from the ENSEMBLES project.

HABERLANDT, U./ S. VAN DER HEIJDEN/ A. VERWORN/ J. DIETRICH (2010a): Regionalisierung der Klimabeobachtungsdaten für Niedersachsen als Grundlage für mittel- bis großskalige Modellierungen. Teilbericht zu den Projekten KliBiW und KLIFF, Institut für Wasserwirtschaft, Leibniz Universität Hannover.

HABERLANDT U./ A. BELL/ J. HÖLSCHER (2010b): Trends in beobachteten Zeitreihen von Temperatur und Niederschlag in Niedersachsen. Hydrologie & Wasserbewirtschaftung, 54(1), S. 28–36.

IPCC (2000), NAKICENOVIC N., R. SWART (EDS.): Emission Scenarios. Cambridge University Press, UK. S. 570 ff.

IPCC (2007), SOLOMON, S., D. QIN, M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K. B. AVERYT, M. TIGNOR AN H.L. MILLER (EDS.): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, S. 996.

JACOB D./ K. BÜLOW/ L. KOTOVA/ C. MOSELEY/ J. PETERSEN/ D. RECHID (2012): Regionale Klimasimulationen für Europa und Deutschland. Eine Übersicht und Einführung. Im Druck. Erscheint als Bericht des Climate Service Centers Hamburg.

- LECKEBUSCH, G. C./ D. RENGGLI/ U. ULBRICH (2008): Development and application of an objective storm severity measure for the Northeast Atlantic region. *Meteorologische Zeitschrift* 17, S. 575–587.
- LORENZ, E. N. (1963): Deterministic Nonperiodic Flow. *J Atm Sci* 20 (2), S. 130–141.
- MATULLA, C./ W. SCHÖNER/ H. ALEXANDERSSON/ H. VON STORCH/ X. L. WANG (2008): European storminess: late nineteenth century to present. *Clim Dyn* 31, S. 125–130.
- MILLER, C. (2003): A once in 50-year wind speed map for Europe derived from mean sea level pressure measurements. – *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.* 91, S. 1813–1826.
- MOSS, R. H. ET AL (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, vol. 463.
- MPI-M (Max-Planck-Institut für Meteorologie) (2006): Klimaprojektionen für das 21. Jahrhundert. Hamburg.
- MUDELSEE, M./ D. CHIRILA/ T. DEUTSCHLÄNDER/ C. DÖRING/ J.O. HAERTER/ S. HAGEMANN/ H. HOFFMANN/ D. JACOB/ P. KRAHÉ/ G. LOHMANN/ C. MOSELEY/ E. NILSON/ O. PANFEROV/ T. RATH/ B. TINZ (2010): Climate Model Bias Correction und die Deutsche Anpassungsstrategie. *Mitteilungen der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft* 03/2010.
- NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT UND KLIMASCHUTZ (HRSG.) (2009): Der Klimawandel als Herausforderung für Staat und Gesellschaft. Struktur für eine Anpassungsstrategie. Hannover.
- PANFEROV, O./ KREILEIN, H./ MEESENBURG, H./ EICHHORN, J. AND G. GRAVENHORST (2009): Climatic conditions at three beech forest sites in Central Germany, In: Brumme R. and Khanna P.K. (eds.) *Function and management of European Beech Ecosystems*. *Ecol. Series* 208, S. 13–32. Berlin.
- RICHTER, D. (1995): Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* 194, S. 93. Offenbach am Main.
- UNFCCC (2010): ADAPTATION ASSESSMENT, PLANNING AND PRACTICE: An Overview from the Nairobi Work Programme on Impacts, Vulnerability and Adaptation to Climate Change, Produced by the Adaptation, Technology and Science Programme of the UNFCCC, S. 80.
- WALTER, A./ K. KEULER/ D. JACOB/ R. KNOCH/ A. BLOCK/ S. KOTLARSKI/ G. MÜLLER-WESTERMEIER/ D. RECHID/ W. AHRENS (2006): A high resolution reference data set of German wind velocity 1951–2001 and comparison with regional climate model results. *Meteorologische Zeitschrift*. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0162.
- WANG, X. L./ F. W. ZWIERS/ V. R. SWAIL/ Y. FENG (2009): Trends and variability of storminess in the Northeast Atlantic Region, 1874–2007. *Clim Dyn* 33, S. 1179–1195.
- WASA (1998): Changing waves and storms in the northeast Atlantic. *Bull Am Meteorol Soc* 79, S. 741–760.

Kapitel 5

Kapitel 5.1

- BUNDESREGIERUNG (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD) (2012): Klimaveränderung und Wasserwirtschaft (KLIWA). Online unter: www.kliwa.de, abgerufen am 5.6.2012.
- FRANCK, ENKE/ PEITHMANN, ORTWIN (2010): Regionalplanung und Klimaanpassung in Niedersachsen. E-Paper der ARL, Nr. 9, Hannover.

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT GÖTTINGEN (2012): Klimafolgenforschung in Niedersachsen (KLIFF). Online unter: www.kliff-niedersachsen.de, abgerufen am 5.6.2012.

GLOBALER KLIMAWANDEL - WASSERWIRTSCHAFTLICHE FOLGEN FÜR DAS BINNENLAND (KliBiW) (2012): Abschlussbericht Phase 1+2 16. April 2012 Veröffentlichung in Vorbereitung)

GLOBALER KLIMAWANDEL - WASSERWIRTSCHAFTLICHE FOLGEN FÜR DAS BINNENLAND (KliBiW) (2009): Tätigkeits- und vorläufiger Ergebnisbericht – Phase I. 29. Mai 2009. unveröffentlicht (Forschungsprojekt im Auftrag des NLWKN).

GROSS, G. ET AL. (2011): Klimafolgenmanagement in der Metropolregion Hannover – Braunschweig – Göttingen. In: GeoBerichte 18, S. 3–174. (www.klimafolgenmanagement.de)

NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ (NLWKN) (2012). Online unter: www.nlwkn.de, abgerufen am 5.6.2012.

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT UND KLIMASCHUTZ (HRSG.) (2009): Der Klimawandel als Herausforderung für Staat und Gesellschaft. Struktur für eine Anpassungsstrategie. Hannover.

KLIWA (2009): Auswirkungen des Klimawandels auf Niedrigwasserverhältnisse in Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz. KLIWA-Berichte Heft 14.

LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (2006): Grundwasser-Überwachungsprogramm. Erhebung und Beschreibung der Grundwasserfauna in Baden-Württemberg – Kurzbericht.

LAWA (BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER) (2007): Leitlinien für ein nachhaltiges Niedrigwassermanagement (Bearb. im Auftr. des LAWA-Ausschusses „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer“ von Walter Finke). Berlin.

LAWA (BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER) (2010): Empfehlung zur Aufstellung von Hochwasserrisikomanagementplänen beschlossen auf der 239. LAWA-VV am 25./26. März 2010 in Dresden (Ständiger Ausschuss der LAWA „Hochwasserschutz und Hydrologie (AH)“).

LAWA (BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER) (2010a): Strategiepapier „Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft“. Bestandsaufnahme und Handlungsempfehlungen beschlossen auf der 139. LAWA-VV am 25.26. März 2010 in Dresden.

REGIERUNGSKOMMISSION KLIMASCHUTZ (2010): Beschluss zur Implementierung der Auswirkungen des Klimawandels in die Wasserwirtschaft im Binnenland als wichtigen Beitrag für eine vorausschauende Daseinsvorsorge. (Inklusive Anlage: Handlungsfelder). Unveröffentlicht.

UNIVERSITÄT HANNOVER (2012): Auswirkungen von Klimaänderungen auf Wasserdargebot, Hochwasserrisiko und Gewässerbelastung in Niedersachsen. Online unter: www.iww.uni-hannover.de/klifwa, abgerufen am 18.05.2012.

WIXWAT, T. (2010): Klimawandel und Grundwasserbildung in Niedersachsen. In: Kaiser, K., Libra, J., Merz, B. Bens, O., Hüttl, R. F. (Hrsg.). Aktuelle Probleme im Wasserhaushalt von Nordostdeutschland: Trends, Ursachen, Lösungen. Scientific Technical Report 10/10. Deutsches GeoForschungszentrum. Potsdam.

Kapitel 5.2

BERKENBRINK, C./ KAISER, R. U./ NIEMEYER, H.D. (2009): Prototype Overtopping Measurements and Model Verification. In: J. McKee Smith (ed.): Proc. 31st Intern. Conf. Coast. Engg. Hamburg/Germany, World Scientific, New Jersey, Singapore.

BERKENBRINK, C./ KAISER, R. U./ NIEMEYER, H.D. (2011): Mathematical Modelling of Wave Overtopping at Complex Structures: Validation and Comparison. In: J. McKee Smith (ed.): Proc. 32nd Int. Conf. o. Coast. Eng. Shanghai/China. World Scientific, New Jersey, Singapore.

BRUUN, P. (1962): Sea-level Rise as a Cause of Shore Erosion. Journ. Waterw. Harbors Div., ASCE, 88 WW1.

- COMCOAST (2007): The future of flood risk management. Online unter: www.comcoast.org.
- INGENIEURKOMMISSION (1962): Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 im niedersächsischen Küstengebiet. Die Küste, Jg. 10, H. 1.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (1990): Strategies for adaption to sea-level rise. Executive Summary of the Coastal Zone Management Subgroup. Intergovernmental Panel on Climate Change - Response Strategies Working Group. The Hague/The Netherlands
- KAISER, R./ NIEMEYER, H.D. (1999): Changing of Local Wave Climate due to Ebb-delta Migration in: B. Edge (ed): Proc. 21st Intern. Conf. Coast. Engg. Copenhagen/Denmark, Am. Soc. Civ. Engrs., Reston/Va., USA.
- KAISER, R./ KNAACK, H./ MIANI, M./ NIEMEYER, H.D. (2011): Examination of Climate Change Adaption Strategies for Coastal Protection. In: J. McKee Smith (ed.): Proc. 32nd Int. Conf. o. Coast. Eng. Shanghai/China. World Scientific, New Jersey, Singapore.
- KLIFF (2011): Zwischenbericht 2011: Forschungsthema 7: Küste (A-KÜST). Themenfeld: Belastungen von Küstenschutzwerken bei Klimawandel und alternative Strategien im Insel- und Küstenschutz.
- KRAMER, J. (1977): Sicherheit von Seedeichen gegen Sturmfluten. Die Küste, H. 31.
- KÜSTENAUSSCHUSS NORD- UND OSTSEE – Arbeitsgruppe Küstenschutzwerke (1962): Empfehlungen für den Deichschutz nach der Februar-Sturmflut 1962. Die Küste, Jg. 10, H1
- LAUSTRUP, C./ TOXVIG-MADSEN, H./ JENSEN, J./ POULSEN, L. (1991): Dike Failure Calculation Model Based on In Situ Tests. in: B. Edge (ed): Proc. 22nd Intern. Conf. Coast. Engg. The Hague/Netherlands, Am. Soc. Civ. Engrs., Reston/Va., USA.
- LE, H.T./ VERHAGEN, H.J./ VAN DER MEER, J. (2011): Wave Overtopping Resistance of Grassed Slopes in Vietnam. Proc. 5th Short Conf. Appl. Coast. Res., Aachen.
- LROP (Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen) 2008: Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung.
- MÜLLER, J.-M./ ZITMAN, T./ STIVE, M./ NIEMEYER, H.D. (2007): Long-Term Morphological Evolution of the Tidal Inlet „Norderneyer Seegat“. in: J. McKee Smith (ed): Proc. 30th Int. Conf. Coast. Engg., San Diego/Ca., USA. World Scientific, New Jersey, Singapore.
- NIEMEYER, H.D. (1983): Über den Seegang an einer inselgeschützten Wattküste. Bundesmin. Forsch. u. Techn., Forschungsber. MF 0203.
- NIEMEYER, H.D. (2004): Sturmflutschutz an Niederungsküsten - sind alternative Strategien sinnvoll? In: Kulturlandschaft Marsch, Natur-Geschichte-Gegenwart, Schriftenr. Landesmuseum Natur und Mensch, M. Fansa (ed.), Isensee-Verlag, Oldenburg.
- NIEMEYER, H.D. (2005): Coastal Protection of Lowlands: Are Alternative Strategies Purposeful for Changing Climate? Proc. 14th Biennial Coastal Zone Conference, New Orleans/La., USA.
- NIEMEYER, H.D. (2008): Bemessung im Insel- und Küstenschutz in Niedersachsen. Forschungsber. 01/2008 NLWKN-Forschungsstelle Küste.
- NIEMEYER, H.D. (2010): Protection of Coastal Lowlands: Are Alternative Strategies a Match to Effects of Climate Change. Proc. 17th Congress Int. Ass. Hydraul. Res.-Asia-Pacific Div. Auckland/New Zealand.
- NIEMEYER, H.D./ KAISER, R./ BERKENBRINK, C. (2011a): Increased Overtopping Security of Dykes: a Potential for Compensating Future Impacts of Climate Change. In: J. McKee Smith (ed): Proc. 27th Intern. Conf. Coast. Engg. Shanghai/China, World Scientific, New Jersey, Singapore.
- NIEMEYER, H.D./ KAISER, R./ KNAACK, H./ DISSANAYAKE, D./ MIANI, M./ ELSEBACH, J./ BERKENBRINK, C./ HERRLING, G./ RITZMANN, A. (2011b): Evaluation of Coastal Protection Strategies for Lowlands in Respect of Climate Change. In: Proc. 34th Congress Int. Ass. Hydraul. Res., Brisbane/Australia.

NIEMEYER, H.D./ KNAACK, H./ MIANI, M./ RITZMANN, A./ DISSAYANAKE, P./ WURPTS, A./ BERKENBRINK, C./ KAISER, R. (2011c): Coastal Protection of Lowlands: Are Alternative Strategies a Match to Effects of Climate Change? Proc. 5th Short Conf. Appl. Coast. Res., Aachen.

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

NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) (2010): Generalplan Küstenschutz Niedersachsen – Ostfriesische Inseln.

PBL (Planbureau voor de Leefomgeving) (2011): Een Delta in Beweging. Bouwstenen voor een klimaatbestendig ontwikkeling van Nederland. Den Haag.

RICHWIEN, W./ POHL, C./ VAVRINA, L. (2011): Bemessung von Deichen gegen Einwirkungen aus Sturmfluten, Die Küste, H. 77.

RIJKSWATERSTAAT (1989): Kustverdiging na 1990 – discussienota. s'Gravenhage

SAFECOAST (2008): Coastal Flood Risk and Trends for the Future in the North Sea Region, Synthesis Report. The Hague

SCHUCHARDT, B./ SCHIRMER, M. (2007): Land unter? Klimawandel, Küstenschutz und Risikomanagement in Nordwestdeutschland: die Perspektive 2050. Oekom Verl., München.

STIVE, M.J.F./ DE VRIEND, H.J. (1995): Modelling Shoreface Profile Evolution. Marine Geol. 126.

STIVE, M./ EIJSSINK, W. (1989): Dynamisch model van het Nederlandse kustsystem. WL/Delft Hydraul. Rap. M 825-IV.

TWB (1969): Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse der ehemaligen Arbeitsgruppe „Sturmfluten“ und ihre Nutzanwendung für den Seedeichbau. Die Küste, H. 17.

VAN DER MEER, J.W./ STEENDAM, G.J./ DE RAAT, G. U./ BERNARDINI, P. (2009): Further Developments on the Wave Overtopping Simulator. In: J. McKee Smith (ed.): Proc. 31st Intern. Conf. Coast. Engg. Hamburg.

WEISSE, R./ V. STORCH H./ NIEMEYER, H.D./ KNAACK, H. (2011): Changing North Sea storm surge climate: An increasing hazard?, Ocean & Coastal Management (2011). DOI:10.1016/j.ocecoaman.2011.09.005

WOTH, K. (2005): North Sea Storm Surge Statistics based on Projections in a Warmer Climate. How Important are the Driving GCM and the chosen emission scenario? Geophys. Res. Lett. 32.

WOTH, K/ WEISSE, R./ V. STORCH, H. (2006): Climate Change and North Sea Storm Surge Extremes: Ensemble Study of Storm Surge Extremes Expected in a Changed Climate Projected by Four Different Regional Climate Models. Ocean Dynamics, Vol. 56.

Kapitel 5.3

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.
- ENGEL, N./ MÜLLER, U. (2009): Auswirkungen des Klimawandels auf Böden in Niedersachsen. Hrsg. vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie. Hannover.
- EU (EUROPÄISCHE KOMMISSION GENERALDIREKTION LANDWIRTSCHAFT UND LÄNDLICHE ENTWICKLUNG) (2008): Fact Sheet Klimawandel: Die Herausforderungen für die Landwirtschaft.
- 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. (2009): Auswirkungen des Klimawandels auf die potenzielle Beregnungsbedürftigkeit Nordost-Niedersachsen. In: GeoBerichte 13, S. 1–109.
- HEIDT, L./ MÜLLER, U. (2012a): Veränderung der Beregnungsbedürftigkeit in Niedersachsen als Folge des Klimawandels. In: WasserWirtschaft1-2/2012.
- HEIDT, L./ MÜLLER, U. (2012b): Einfluss des Klimawandels auf den regionalen Bodenwasserhaushalt und die potenzielle Beregnungsbedürftigkeit in Niedersachsen. In: Geoberichte 20, in Druckvorbereitung.
- IPCC (Zwischenstaatlicher Ausschusses für Klimaänderung) (2008): Climate Change 2007: Synthesis Report. (IPCC Fourth Assessment Report (AR4).
- ISSELSTEIN, J./ KAYSER, M./ KÜCHENMEISTER, F./ KÜCHENMEISTER, K./ WRAGE, N. (2011): Grünland im Klimawandel. DLG-Mitteilungen 6.
- JOHANN HEINRICH VON THÜNEN-INSTITUT (2012): Das Braunschweiger FACE-Projekt. Online unter: www.vti.bund.de/no_cache/de/startseite/startseite/das-braunschweiger-face-projekt.html, abgerufen am 5.6.2012.
- KLIMZUG-NORD (2012): Strategische Ansätze zum Klimawandel in der Metropolregion Hamburg. 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.
- LENSEN, CH./ MÜLLER, U. (2011): Einfluss des Klimawandels auf Standortpotenziale von Bioenergiepflanzen in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen. In: GROSS, G. ET AL.: Klimafolgenmanagement in der Metropolregion Hannover – Braunschweig – Göttingen. GeoBerichte 18, S. 23–39.
- NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT UND KLIMASCHUTZ (HRSG.) (2008): Der Klimawandel als Herausforderung für Staat und Gesellschaft. Struktur für eine Anpassungsstrategie. Hannover.
- REGIERUNGSKOMMISSION KLIMASCHUTZ (2012): Empfehlungen für eine niedersächsische Klimaschutzstrategie, Kap V, Maßnahme 6 „Erhalt von Dauergrünland“.
- SCHMELMER, K./ URBAN, B. (2011): Humusgehalte ackerbaulich genutzter Sandböden im Klimawandel – 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 globalen 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.

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).

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

Kapitel 5.4

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.

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): Agrarpolitische 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 Cooperative 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./ RUMOHR, 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, DEZER-NAT 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 (2011): Umweltbericht 2010. Online unter: www.umweltbericht.niedersachsen.de 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.

Kapitel 5.5

AG DER BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (2007): Die Douglasie. Perspektiven im Klimawandel. Online unter: www.lwf.bayern.de/veroeffentlichungen/lwf-wissen/59/lwf-wissen-59-16.pdf

BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2010): Forstliche Genressourcen in Deutschland. Konzept zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen in der Bundesrepublik Deutschland. Online unter: www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/ForstgenetischeRessourcen.pdf?__blob=publicationFile

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2004): Die zweite Bundeswaldinventur – BWI² – Das Wichtigste in Kürze“. Siehe auch www.bundeswaldinventur.de

DEUTSCHER FORSTWIRTSCHAFTSRAT (2008): „Buchenwälder – vielfältig, einmalig, nachhaltig“. Online unter: www.dfwr.de/download/DFWR_Buchenwaelder_RGB.pdf

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. Online unter: www.bne-portal.de, abgerufen am 5.6.2012.

FOREST EUROPE (2012): Wien 2003. Europäische Wälder – Gemeinsamer Nutzen, geteilte Verantwortung. Online unter: www.foresteurope.org/ger/Ministerkonferenzen/Wien_2003/

JENSSEN, M. (2009): Der klimaplastische Wald im nordostdeutschen Tiefland. Strategie der forstlichen Risikovorsorge angesichts einer unverhersagbaren 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 (2011): Das LÖWE-Programm. 20 Jahre langfristige ökologische Waldentwicklung. Online unter: www.landesforsten.de/fileadmin/doku/Infomaterial/loewe20j_download.pdf

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

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR DEN LÄNDLICHEN RAUM, ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2004): Der Wald in Niedersachsen, Ergebnisse der Bundeswaldinventur II. Aus dem Walde – Schriftenreihe Waldentwicklung in Niedersachsen Heft 55. Online unter: www.ml.niedersachsen.de/download/2846, www.bundeswaldinventur.de.

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. Online unter: www.ml.niedersachsen.de/download/3553

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR DEN LÄNDLICHEN RAUM, ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2004): „Der Wald in Niedersachsen – Ergebnisse der Bundeswaldinventur II“, Aus dem Walde – Schriftenreihe Waldentwicklung in Niedersachsen Heft 55. Online unter: www.ml.niedersachsen.de/download/2846

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2000): Unser Land – Unser Wald, Wald und Forstwirtschaft in Niedersachsen. Schriftenreihe Waldentwicklung in Niedersachsen Heft 9

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

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT, VERBRAUCHERSCHUTZ UND LANDESENTWICKLUNG (2010): Waldzustandsbericht 2009.
Online unter: www.ml.niedersachsen.de/download/4005

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT, VERBRAUCHERSCHUTZ UND LANDESENTWICKLUNG (2012): Aktuelle jährliche Waldzustandsberichte.
Online unter: www.ml.niedersachsen.de/live/live.php?navigation_id=20026&article_id=5181&psmand=7, abgerufen am 5.6.2012.

NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (2006): Umweltbericht Niedersachsen. S. 103, 147, 155.

NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (2006): Umweltbericht Niedersachsen. S. 18 ff.

POTT, R. (1993): Farbatlas Waldlandschaften. Ulmer.

RDERL. D. ML V. 20. 3. 2007: Langfristige, ökologische Waldentwicklung in den Niedersächsischen Landesforsten (LÖWE-Erlass)“. Online unter: www.ml.niedersachsen.de/download/3304

RDERL. D. ML V. 22. 12. 2010: Naturwaldbetreuung im Rahmen des LÖWE-Programms.

ROLOFF, A. UND GRUNDMANN, B. (2008): Bewertung von Waldbaumarten anhand der KlimaArtenMatrix, AFZ – Der Wald, 20, S. 1086–1088. Online unter: www.dresdner-heidebogen.de/fileadmin/pdf/Moro/AFZ_Artikel_2008-20-1086-Roloff.pdf

RÜTHER, B. ET AL. (2007): Clusterstudie Forst und Holz Niedersachsen. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt Band 1. Online unter: www.ml.niedersachsen.de/download/3457

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, Online unter: www.ml.niedersachsen.de/download/58964

Kapitel 5.6

ALFRED TÖPFER AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.) (2000): Klimaveränderungen und Naturschutz NNABer. (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.

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 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.

POMPE, SVEN ET AL. (2009): Mögliche Konsequenzen des Klimawandels für Pflanzenareale in Deutschland. In: Natur und Landschaft (84) H.1 S. 2 – 7. Stuttgart

REICH, M. (2011): Climate Change and the Coherence of the Natura 2000 Network. Naturschutz und Biologische Vielfalt xx: 155-162.

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.

Kapitel 5.7

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

DENMAN, K. L./ BRASSEUR, G./ CHIDTHAISONG, A./ CIAIS, P./ COX, P. M./ DICKINSON, R. E./ HAUGLUSTAIN, D./ HEINZE, C./ HOLLAND, E./ JACOB, D./ LOHMANN, U./ RAMACHANDRAN, S./ DA SILVA DIAS, P. L./ WOFSY, 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 Basis. – 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.

ENGEL N./ U. MÜLLER (2009): Auswirkungen des Klimawandels auf Böden in Niedersachsen. S. 27. Online unter: www.lbeg.niedersachsen.de/download/50910/Auswirkungen_des_Klimawandels_auf_Boeden_in_Niedersachsen.pdf

GUNREBEN, M./ BOESS, J. (2008): Schutzwürdige Böden in Niedersachsen. Arbeitshilfe zur Berücksichtigung des Schutzgutes Boden in Planungs- und Genehmigungsverfahren. GeoBerichte 8. Hannover (LBEG).

HAGEDORN, F. (2003): Böden – grosse Speicher, kleine Senken für CO₂. Inf.bl. Forsch.bereich Wald 15: 4–5.

HEIDT L./ U. MÜLLER (2012): Veränderung der Beregnungsbedürftigkeit in Niedersachsen als Folge des Klimawandels.- WasserWirtschaft1-2/2012.80-84.

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

IPCC (2007): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M. & Miller, H. L. (eds.): Klimaänderung 2007: Wissenschaftliche Grundlagen. – Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC), Cambridge (University Press), [Deutsche Übersetzung durch ProClim, österreichisches Umweltbundesamt, deutsche IPCC-Koordinationsstelle, Bern/Wien/Berlin 2007].

KRAUSE, A. (2008): Der Klimawandel in Niedersachsen - Analyse und Bewertung vorhandener Datensätze. – In: Berichte des Instituts für Meteorologie und Klimatologie der Leibniz Universität Hannover.

MÜLLER, U./ A. WALDECK (2011): Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS). – 8. erweiterte und ergänzte Auflage, Geoberichte 19: S. 415, Hannover (LBEG).

NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE (2003): Bodenqualitätszielkonzept Niedersachsen. Teil 1: Bodenerosion und Bodenversiegelung. Hildesheim.

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

NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT UND KLIMASCHUTZ (2011): Umweltbericht 2010. Online unter: www.umweltbericht.niedersachsen.de.

REESE, M./ MÖCKEL, S./ BOVET, J./ KÖCK, W. (2010): Rechtlicher Handlungsbedarf für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels – Analyse, Weiter- und Neuentwicklung rechtlicher Instrumente – Berichte1/10. E.Schmidt Verlag, Berlin.

SPEKAT, A./ ENKE, W./ KREIENKAMP, F. (2007): Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES-Szenarien B1, A1B und A2. – Publikationen des Umweltbundesamtes, 112 S.; Potsdam.

UMWELTBUNDESAMT (2008): UBA-Workshop Böden im Klimawandel - Was tun? – UBA-Texte 25/08, Dessau.

UMWELTBUNDESAMT (2011): Anwendung von Bodendaten in der Klimaforschung – UBA-Texte 65/2011, Dessau.

Kapitel 5.8

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

DGCN Focal Point (2009): Neue Risiken für Unternehmen durch den Klimawandel.

FICHTER, KLAUS/ STECHER, TINA (2011): Wie Unternehmen den Folgen des Klimawandels begegnen. Chancen und Risiken der Anpassung an den Klimawandel aus Sicht von Unternehmen der Metropolregion Bremen-Oldenburg. Nordwest2050, 13. Werkstattbericht.

LANDTAG RHEINLAND-PFALZ (2009): Bericht der Enquete-Kommission 15/1 „Klimawandel“. Mainz (Drucksache 15/3600).

NGLOBAL (2012): Schwerpunktbranchen. Niedersachsen – starke Industrie im Wettbewerb. Online unter: www.nglobal.de/wirtschaftsraum-niedersachsen/schwerpunktbranchen/, abgerufen am 18.1.2012.

NORDWEST2050 (2011): kurz + bündig Nr. 3 Januar 2011. Unternehmen in Zeiten des Klimawandels.

NORDWEST2050 (o.J.): Verwundbarkeitsanalyse Ernährungswirtschaft.

REGIERUNGSKOMMISSION KLIMASCHUTZ (2012): Empfehlung für eine niedersächsische Klimaschutzstrategie.

Kapitel 5.9

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

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

PROGNOS STUDIE 2011: Evaluierung möglicher Anpassungsmaßnahmen in den Sektoren Energie, Industrie, Mittelstand und Tourismus vor dem Hintergrund der Erarbeitung eines „Aktionsplans Anpassung“ im Auftrag der Bundesregierung.

GÖBLING-REISEMANN, S./ BARDT, H./ BIEBELER, H./ DÖRDELMANN, O./ HERRMANN, A./ STÜHRMANN, S./ WACHSMUTH, J. (2012): Klimawandel: Regionale Verwundbarkeit der Energieversorgung in Deutschland. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 4/2012.

WACHSMUTH, J./ GLEICH, A. VON/ GÖBLING-REISEMANN, S./ LUTZ-KUNISCH, B./ STÜHRMANN, S.: Sektorale Vulnerabilität: Energiewirtschaft. In: Schuchardt, B.; Wittig, S. (Hrsg.) (2012): Vulnerabilität der Metropolregion Bremen-Oldenburg gegenüber dem Klimawandel (Synthesebericht). nordwest2050-Berichte 2, Projektkonsortium ‚nordwest2050‘, S. 95-112. Bremen/Oldenburg.

Kapitel 5.10

BETTGENHÄUSER ET AL. (2011): Klimaschutz durch Reduzierung des Energiebedarfs zur Gebäudekühlung. Hrsg. vom Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.

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

BUNDESREGIERUNG (2011): Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 31. August 2011 beschlossen.

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT (2009): Bayerische Klima-Anpassungsstrategie. München.

BUNDESINSTITUT FÜR BAU-, STADT- UND RAUMFORSCHUNG (2012): Experimenteller Wohnungs- und Städtebau (ExWoSt). Online unter: www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ExWoSt/exwost__node.html, abgerufen am 5.6.2012.

Kapitel 5.11

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.

Kapitel 5.13

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

DEUTSCHER WETTERDIENST (2012): Newsletter – Hitzewarnungen. Online unter: www.dwd.de – Neues – Newsletter – Hitzewarnungen, abgerufen am 5.6.2012.

EUROPÄISCHE UNION (2012): Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe (DAISIE). Online unter: www.europe-aliens.org, abgerufen am 5.6.2012.

EUROPEAN CENTRE FOR DISEASE PREVENTION AND CONTROL (2012): Aedes albopictus. Online unter: www.ecdc.europa.eu – Health Topics – Aedes albopictus, abgerufen am 5.6.2012.

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.

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.

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): Health – Health Action Plans. Online unter: www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/95919/E91347.pdf

Kapitel 5.14

BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE (Hrsg.) (2011): Klimawandel – Herausforderung für den Bevölkerungsschutz. Bonn.

BUNDESMINISTERIUM DES INNERN (2011): Schutz Kritischer Infrastrukturen. Risiko- und Krisenmanagement. Leitfaden für Unternehmen und Behörden. Berlin.

NIEDERSÄCHSISCHES KATASTROPHENSCHUTZGESETZ in der Fassung vom 14. Februar 2002.

SCHUTZKOMMISSION BEIM BUNDESMINISTERIUM DES INNERN (2011): Vierter Gefahrenbericht. Hrsg. vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. Bonn.

Kapitel 5.15

AKADEMIE FÜR RAUMFORSCHUNG UND LANDESPLANUNG (ARL®) (2012): Plattform – Klimawandel und Raumentwicklung. Online unter: www.klima-und-raum.org, abgerufen am 5.6.2012.

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.

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.

VOHLAND, K./ JENSEN, K./ SCHOENBERG, W./ ROTTGARDT, E./ RUNGE, K. (in Druck): Anpassung und Mitigation – Zielkonflikte und Synergien mit Biodiversität- und Naturschutzziele. 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.

Kapitel 5.16

BIRKMANN, J. ET AL. (2011): GLOSSAR KLIMAWANDEL UND RAUMENTWICKLUNG. ARL E-PAPER NR.10.

BERGMANN, M./ SCHRAMM, E. (Hrsg.) (2008): Transdisziplinäre Forschung. Integrative Forschungsprozesse verstehen und bewerten. Campus Verlag, Frankfurt a.M. / New York.

GROTHMANN, T./ A. DUSCHKEIT/ C. FELGENTREFF/ CH. GÖRG/ B. HORSTMANN/ I. SCHOLZ/ V. TEKKE (2011): Anpassung an den Klimawandel – Potenziale sozialwissenschaftlicher Forschung in Deutschland. GAIA, 20/2. S. 84–90.

HANSE-WISSENSCHAFTSKOLLEG (2010): Hanse-Thesen. Eckpunkte einer Klimaanpassungsstrategie für das Land Niedersachsen. Unter: Wissenschaft und Anwendung aus der Sicht von Geografie und Landschaftsökologie. GAIA, 16/3, S. 200–207.

LUHMANN, H.-J. (2010): Auf welche Wissenschaft beruft sich die Politik beim Zwei-Grad-Ziel. Gaia, 19/3, S. 173–177.

PROCLIM (HRSG.) (1997): Forschung zu Nachhaltigkeit und Globalem Wandel. Wissenschaftspolitische Visionen der Schweizer Forschenden.

Online unter: <http://proclimweb.scnat.ch/portal/ressources/672.pdf>, abgerufen am 5.6.2012.

Raucher, R.S. (2011): The future of research on climate change impacts on water. A workshop focussing on adaptation strategies and information needs. Water Research Foundation.

Online unter: www.waterrf.org/projectsreports/publicreportlibrary/4340.pdf.

SCHNEIDEWIND, U. (2009): Nachhaltige Wissenschaft. Plädoyer für einen Klimawandel im deutschen Wissenschafts- und Hochschulsystem. Metropolis Verlag.

Kapitel 5.18

BUNDESREGIERUNG (2011): Aktionsplan Anpassung der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 31. August 2011 beschlossen.

BUND-LÄNDER-KOMMISSION FÜR BILDUNGSPLANUNG UND FORSCHUNGSFÖRDERUNG (1998): Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. Orientierungsrahmen, Bonn.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG (2009): Qualitätsstandards für die Schulverpflegung.

IDM-INFORMATIONSZENTRALE DEUTSCHES MINERALWASSER (HRSG.) (2011): Trinken im Unterricht. Ein Leitfaden für Lehrer. Online unter: www.trinken-im-unterricht.de, abgerufen am 5.6.2012.

MICHELSEN, GERD (2009): Kompetenzen und Bildung für nachhaltige Entwicklung. In: Overwien, Bernd; Rathenow, Hanns-Fred (Hrsg.): Globalisierung fordert politische Bildung. Politisches Lernen im globalen Kontext. Opladen/Farmington Hills.

REGIERUNGSKOMMISSION KLIMASCHUTZ (2012): Empfehlung für eine niedersächsische Klimaschutzstrategie. Kapitel VI Bildung.

RODE, HORST (2005): Motivation, Transfer und Gestaltungskompetenz. Ergebnisse der Abschlussevaluation des BLK-Programms „21“ 1999-2004, Berlin.

URBAN, BRIGITTE/ MOLITOR, HEIKE/ KATZ, CHRISTINE/ MARWEGE, ROBIN (2010): Bildungsangebote im Bereich Klimawandel(anpassung) – Eine Recherche mit besonderem Bezug zur Metropolregion HH im Rahmen von KLIMZUG-NORD, Teilprojekt Q 5.1 „Kommunikation und Bildung“

Kapitel 5.19

BORN, M.; LIEBERUM, A.; WINKELSETH, C. (2012): Prinzipien der Anpassungskommunikation im Projekt „nordwest2050“. 15. Werkstattbericht. Bremen.

GROTHMANN, T. (2011). Kommunikation von Klimafolgen, Unsicherheit und Anpassung – Hindernisse und ihre Überwindung. CSC-Seminar 2011. Vortrag am 12. Juli 2011, Climate Service Center Germany, Hamburg.

GROTHMANN, T. (2011): Governance recommendations for adaptation in European urban regions: Results from five case studies and a European expert survey. In K. Otto-Zimmermann (ed.), Resilient Cities - Cities and Adaptation to Climate Change -Proceedings of the Global Forum 2010 (S. 167-175). Hamburg.

TEIL B - Anhang

Anhang I - Maßnahmenübersicht

In Ergänzung zu ihrer Empfehlung für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels verweist die Kommission auf anliegende Maßnahmenübersicht. In der Übersicht werden Maßnahmenoptionen für die betrachteten Handlungsfelder systematisiert und präzisiert. Die Anpassungsmaßnahmen sind immer in Abhängigkeit von oftmals stark variierenden regionalen und situativen Bedingungen zu sehen. Die Kommission hält diese Maßnahmenübersicht aber für eine wichtige Grundlage für die vielfältigen örtlichen Entscheidungsfindungsprozesse im Land, die durch die Anpassungsstrategie begonnen oder aber weiter stimuliert werden sollen.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1									
2	5.1	Wasserwirtschaft							
3	5.1.1	Hochwasserschutz							
4	5.1.1.1	Hochwasserflächenmanagement							
5	5.1.1.1.4	Flächenvorsorge							
6		Landesplanung							
7		Größere und häufigere Hochwasser erfordern ggf. zusätzliche bauliche Retentionsmöglichkeiten (Hochwasserrückhaltebecken, Polder etc.), ggf. werden zusätzliche Flächen überflutet (Überschwehmungsgebiete)	Entstehung einer Basis für eine tragfähige Landesentwicklung	Bewertung der Hochwasserentwicklung Sicherung von Flächen für zusätzliche Baumaßnahmen von landesweiter Tragweite Fortschreibung Landesraumordnungsprogramm	Träger öffentlicher Belange (Landesebene)	Land	LRDP	derzeit kurz- bis mittelfristig mittelfristig	Forschung, Planung Planung, Umsetzung Planung, Rechtssetzung
8									
9									
10									
11		Regionalplanung							
12		Größere und häufigere Hochwasser erfordern ggf. zusätzliche bauliche Retentionsmöglichkeiten (Hochwasserrückhaltebecken, Regenrückhaltebecken etc.) ggf. werden zusätzliche Flächen überflutet (Überschwehmungsgebiete)	Sicherung erforderlicher Flächen für regionale Hochwasserschutzmaßnahmen Freihaltung zukünftig ggf. vom Hochwasser betroffener Flächen	Bewertung der Hochwasserentwicklung Sicherung von Flächen für zusätzliche Baumaßnahmen von regionaler Tragweite Fortschreibung RROP Festlegung der noch fehlenden Vorrang- und Vorbehaltsgebiete in den Regionalplänen	Träger öffentlicher Belange (regional)	Kommunen, Träger der Regionalplanung (Landkreise, kreisfreie Städte), Zweckverbände	PRDP	derzeit kurz- bis mittelfristig mittelfristig mittelfristig	Forschung, Planung Planung, Umsetzung Planung, Rechtssetzung Planung, Rechtssetzung
13									
14									
15									
16									
17		Bauleitplanung							
18		Berücksichtigung höherer Wasserstände bzw. Zunahme der Hochwasser-Häufigkeit Extremereignisse überlasten Kanalnetz	Vertbindlicher Eintrag und Ausweis der raumordnerischen Festlegungen und der wasserwirtschaftlichen Fachinformationen bei der Aufstellung und Änderung von Bauleitplänen Kennzeichnung von Flächen mit Hochwasserrisiko Sicherung von Flächen für geplante Hochwasserschutz-Maßnahmen Sicherung von Flächen für Gewässerabbau und Hochwasserabfluss	Darstellung des Hochwasserrisikos Sicherung von Flächen ohne Hochwasser-Risiko für Bebauung Anpassung Kanalnetz-Bemessung Hochwasser-Management in Regenwasserbewirtschaftung und Kanalnetzbetrieb	Bürger, Träger öffentlicher Belange (ortsbezogen), Aufsichtsbehörden	Kommunen	BauGB, WHG § 78	derzeit kurzfristig kurz- bis mittelfristig kurzfristig	Planung, Umsetzung Planung, Umsetzung Planung, Umsetzung Planung
19									
20									
21									
22									
23		Festsatzung v. Überschwemmungsgebieten							
24		Zusätzliche Gebiete können bei größeren Ereignissen häufiger betroffen sein	Festsatzung oder vorläufige Sicherung Gewässer mit Hochwasserrisiko definieren Nutzungsbeschränkungen erlassen Hochwasser-Schäden minimieren	Bewertung der Hochwasserentwicklung Ggf. Aktualisierung bestehender USG-VO bzw. gefährdete Gebiete neu ausweisen	Kommunen, Bürger, Land- und Forstwirtschaft, Industrie/Gewerbe	NLWK, Aufsichtsbehörden	MVG § 115(2) und 116, WHG § 76 und § 78	derzeit mittelfristig	Forschung, Planung Rechtssetzung
25									
26									
27		Angepasste Nutzung							
28		Stärkere Notwendigkeit der hochwasser-angepassten Nutzung	Hochwasser-angepasste Nutzung in den Siedlungsbereichen sowie in der Land- und Forstwirtschaft	Überprüfung der vorhandenen Nutzungen an den Gewässerabschnitten mit signifikantem HW-Risiko Beseitigung und Verminderung festgestellter Defizite, z. B. Anpassung von Infrastruktureinrichtungen an künftige HW-Risiken Beratungsangebote für Land- und Forstwirtschaft zur hw-angepassten Bewirtschaftung Baurechtliche Vorgaben im Einzelfall	Land- und Forstwirtschaft, Bürger (Flächeneigentümer)	Kommunen, Raumordnung, Aufsichtsbehörden	WHG § 78, MVG § 116, ggf. EG-HWRMRL	derzeit kurz- bis mittelfristig kurzfristig mittelfristig	Planung Umsetzung Beratung Rechtssetzung
29									
30									
31									
32									

A		B		C	D	E	F	G	H	I
Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmen	Maßnahmen	Maßnahmen
1	Natürlicher Wasserrückhalt									
33	Flächen im EZG									
34	Häufigere kleine und mittlere Hochwasser Zunahme von Extremhochwassern	Erhöhung der Gebietsretention	Förderung des Rückhalts in der Fläche durch Verzögerung des Oberflächenwasserabflusses Verringerung der Bodenverdichtung und -versiegelung zur Erhöhung der Versickerung entspr. der Leitlinie ordnungsgemäßer Landwirtschaft	Land- und Forstwirtschaft, Bürger	Kommunen, Landkreise, Landes-Raumplanung	MVG, WHG § 6 (1) und § 77, BauStellplG, Erntewassergesetz	derzeit	Planung, Umsetzung		
35										
36										
37										
38	Wiedergewinnung v. Überschwemmungsgebieten		Weitestgehende Rückgabe der Hochwasser- Abfließbetten an die Gewässer –vorrangig in Ortslagen- zur Selbstentlastung. In sonstigen Gebieten: Aufstellen eines Aktionsplanes mit den Elementen Gewässerrenaturierung Anschluss von Altarmen Rückgewinnung von Auen, Überflutungs- und Retentionsgebieten wie z. B. Deichrückverlegung	Land- und Forstwirtschaft, Naturschutz, Wasser- und Bodenverbände, Unterhaltungsverbände	Unterhaltungspflichtige (Verbände, Land etc.), Kommunen, Untere Wasserbehörden	Regionalplanung, WHG § 6 (1) und § 75, MVG, Fließgewässer-RL, A/E-Maßnahmen nach NatSchG	kurz- bis mittelfristig	Planung, Rechtssetzung		
39	Erhöhte Anforderung an den Wasserrückhalt im EZG. Häufiger und höherer Hochwasserabfluss	Erhöhung der Gewässerretention								
40										
41										
42										
43										
44	Technischer Hochwasserschutz									
45	Stauanlagen									
46										
47										
48										
49	Zu kleine Stauräume. Neue Stauräume würden bestehende Nutzungen überdecken	Dezouelung der Hochwasserabflüsse bis zum Bemessungsziel	Überprüfung der Bemessung Ggf. Schaffung zusätzlichen Stauraums Risikobetrachtung für Stauanlage und unterhalb gelegene Räume Ggf. Anpassung des Talperrenmanagements an veränderte hydrologische Situation Bautechnische und flächenplanerische Vorsorge zur Berücksichtigung zukünftiger Maßnahmen für prognostizierte Hochwasserstände (no regret) Umsetzung der in den Hochwasserrisikomanagement- Plänen vorgeschlagenen Maßnahmen	Kommunen, Talperrenbetreiber, Industrie/Gewerbe, Bürger	MLWK, UWB, Talperren- /Stauanlagenbetreiber	WHG, MVG, EG- HWRMRL	kurz- bis mittelfristig	Planung, Beratung		
50										
51										
52										
53	Deiche und Dämme									
54										
55	Verändertes Abflussverhalten erfordert ggf. eine Anpassung der Bemessung	Verminderung von Schäden in bebauten Gebieten durch Bau von Hochwasserschutzanlagen	ggf. Erhöhung der Deiche Bautechnische und flächenplanerische Vorsorge zur Berücksichtigung zukünftiger Maßnahmen für prognostizierte Hochwasserstände (no regret) Umsetzung der in den Hochwasserrisikomanagement- Plänen vorgeschlagenen Maßnahmen	Industrie/Gewerbe, Land- und Forstwirtschaft, Bürger	Kommunen, Deichverbände	MVG, WHG, EG- HWRMRL	kurz- bis mittelfristig	Planung, Umsetzung		
56										
57										
58	Mauern und mobile Einrichtungen									
59	Erhöhte Hochwassergefahren erfordern insbesondere in Gebieten mit hohem Hochwasser-Risiko schnelleres Reaktionsvermögen im Katastrophenschutz	Verminderung von Schäden in bebauten Gebieten durch mobilen Hochwasserschutz	Vorhaltung von mobilen Hochwasserschutz- Einrichtungen in ausreichender Menge Bemessung stationärer und mobiler Einrichtungen Berücksichtigung in den kommunalen Katastrophenschutzplänen	Industrie/Gewerbe, Bürger	Kommunen/Katastrophenschut z	MVG, SOG, KatschG, kommunale Katastrophenschutzpl äne	kurz- bis mittelfristig	Planung, Umsetzung		
60										
61										
62										
63	Freie Abflussprofile									
64										
	Steigende Bedeutung und Verbesserung des technischen Hochwasserschutzes	Sicherung und Verbesserung des Abflussvermögens im Siedlungsbereich	Freihaltung der Hochwasserabflussquerschnitte durch: Analyse und Beseitigung von hydraulischen Eng- und Gefahrenstellen sowie Abflusshindernissen im Gewässer und Abflussbereich	Bürger, Industrie/Gewerbe, Unterhaltungsverbände, Naturschutz	Kommunen, Wasser- und Bodenverbände, Unterhaltungsverbände, Bürger, Industrie/Gewerbe	WHG§§ 5 und §78, NWG § 116, EG- HWRMRL, HWSchutzG	derzeit	Planung, Umsetzung		

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Aktoren	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1								derzeit	Planung, Umsetzung
66									
67									
68		Objektschutz							
69		Höhere Schäden und steigende Kosten für Objektschutz, steigende Versicherungsbeiträge bzw. im Extremfall Erreichen einer (ökonomischen) Grenze der Versicherbarkeit	Hochwasserschutz für einzelne Anwesen und Anlagen der bestehenden hochwassergefährdeten Bebauung sowie der Infrastruktur	Ausführung von Objektschutz an öffentlichen Gebäuden und Infrastruktureinrichtungen Aufklärung, Information und Beratung zu privatem Objektschutz für Industrie/Gewerbe, Land- und Forstwirtschaft und Privathaushalten	Bürger, Industrie/Gewerbe, Versicherungswirtschaft	Kommunen, Gewässeranleger (Bürger, Industrie/Gewerbe)	WHG, NWG, EG-HVR/MRL, NSauG	derzeit	Umsetzung
70								derzeit	Beratung, Information
71									
72		Schutz vor Erosion							
		Einmündiges Erosionsrisiko durch intensive und häufiger zu erwartende extreme Niederschlagsereignisse							
73								derzeit	Information, Beratung, Umsetzung
74								derzeit	Umsetzung
75		Verstärkte Aus- und Unterputzungen an bautechnischer Infrastruktur durch Starkniederschläge, häufigere Hochwässer und somit höherer Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten	Schutz der Gewässer, der Infrastruktur und anderer Anlagen vor Erosion	Verstärkung des Hochwasserschutzes Zusätzliche oder aufwendigere Pflege der Infrastruktur und anderer Anlagen Bautechnische Vorsorge zur Berücksichtigung möglicher steigender Belastung der Hochwasserschutzanlagen	Land, Land- und Forstwirtschaft, Talperrnenbetreiber, Eigentümer der Anlagen, Gewässeranleger	Kommunen, Wasser- und Bodverbände, Unterhaltungsverbände, Gewässeranleger	WHG, BBodSchG	derzeit	Umsetzung
76								kurzfristig	Planung, Umsetzung
77									
78	5.1.1.3	Hochwasservorsorge							
79	5.1.1.3.a	Bauvorsorge							
80		Angepasstes Planen und Bauen							
81								derzeit	Information, Beratung, Planung, Umsetzung
82		Einmündige Kosten für angepasstes Planen und Bauen	Schadensvermeidung und -verminderung durch Anpassung der Bauweise bei Neubau und Sanierung	Hochwasserangepasstes Planen, Bauen und Sanieren an baulichen Anlagen und Infrastruktureinrichtungen		Kommunen, Bürger, Industrie/Gewerbe	WHG §§ 55, 56, § 78 und 79, NWG § 116	derzeit	Planung
83								derzeit	Beratung, Information
84								kurzfristig	Bildung, Weiterbildung
85									
86		Umgang mit wassergefährdenden Stoffen							
87								derzeit	Information, Beratung, Planung, Umsetzung
88		Stärkere Bedeutung der hochwassergefährdeten Lagerung	Verminderung von Umweltschäden	Hochwasserangepasstes Planen, Bauen und Sanieren an Gebäuden und Infrastruktureinrichtungen	Bürger	Kommunen, Aufsichtsbehörden, Gewerbeaufsichtämter, Industrie/Gewerbe, Land- und Forstwirtschaft	VAWG, NWS	derzeit	Beratung, Information
89								kurzfristig	Bildung, Weiterbildung
90								kurzfristig	Beratung, Planung, Umsetzung, ggf. Förderung
91									
92		Architekten-, Ingenieur- und Handwerksleistung						derzeit	Information, Kommunikation
93								kurzfristig	Weiterbildung
94		Stärkerer Bedeutung der hochwasserangepassten Planung und Beratung, Berücksichtigung steigender Hochwasserrisiken bei der Bauvorsorge	Schadensvermeidung durch kompetente Beratung und Planung	Weiterbildungsprogramme für Architekten-, Ingenieur- und Handwerkskammern zu hochwasserangepassten Planen und Bauen Etablierung der hochwasserangepassten Bauplanung in der Hochschulausbildung	Bürger, Kommunen, Industrie/Gewerbe	Architekten-, Ingenieur- und Handwerkskammern	NWSG, BauGB	kurzfristig	Bildung
95								kurzfristig	
96									
97	5.1.1.3.b	Risikoversorge							
98		Finanzielle Vorsorge							

A		B		C		D		E		F		G		H		I	
Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp									
1																	
99																	
100	Berücksichtigung höherer Schadenssummen notwendig		Individuelle Risikoversorge durch Versicherungen	Versicherungswirtschaft, Land, Kommunen für die Klärstellung und Kommunikation der Vorsorgemöglichkeiten	Kommunen, Bürger, Industrie/Gewerbe, Land- und Forstwirtschaft für die eigene Risikoversorge	WHG § 5, NWG	derzeit	Forschung, Planung									
101							derzeit	Planung (Vorsorge)									
102							derzeit	Information									
103																	
104	Informationsvorsorge																
105	Hochwasserinformation und -vorhersage						derzeit	Planung (Datenhaltung/-analyse)									
106							kurz- bis mittelfristig	Ordnungsgerecht, Anpassungen, Rechtssetzung									
107							derzeit	Umsetzung									
108							derzeit	Planung, Umsetzung									
109	Erhöhter Bedarf an Informationsmanagement und Sensibilisierung/Partizipation der Öffentlichkeit	Bereitstellung zeitnaher Informationen und Vorhersagen zur HW-Lage	Schaffung der organisatorischen und technischen Voraussetzungen für Hochwasservorhersage und Warnung	Katastrophenschutz, Kommunen, Aufsichtsbehörden, Katastrophenschutzbehörden	NLWK (HAWZ), WSV (z. B. Elbe)	WHG § 6(1), § 76 und § 79, NWG § 29	derzeit	Information, Kommunikation									
110			Informationsmanagement:				derzeit	Information, Kommunikation									
111			Bereitstellung von zeitnaher Information (z. B. Wasserstände) und Bewertung der Hochwasserentwicklung				derzeit	Umsetzung									
112			Hochwasserwarnung														
113			Integration von Hochwasser-Themen und Instrumenten in Gewässerkundlichen Landesdienst														
114																	
115	Wissenschaftliche Informationsvorsorge						derzeit	Förderung, Forschung									
116			Fortsetzung laufender Forschungsprojekte														
117	Klimawandel verstärkt Notwendigkeit der wissenschaftlichen Informationsvorsorge	Sicherstellung des aktuellen wissenschaftlichen Informationsstandes für die HW-Planung	Informationsaustausch mit Forschungsinstitutionen und anderen Ländern/Staaten	Landesregierung	NLWK, Hochschulen	fehlen	derzeit	Kommunikation									
118			Weiterentwicklung der Methoden im vorsorgenden Hochwasserschutz				derzeit	Forschung, Planung									
119			Nutzung interdisziplinärer Forschungsverbünde				derzeit	Forschung, Planung									
120																	
121	Warnung																
122	Häufigere Hochwasser-Warnungen	Möglichst frühzeitige Warnung aller Betroffenen	Einrichtung eines Warnsystems zur Weitergabe der Hochwasser-Vorhersagen bzw. Aktualisierung und Anpassung vorhandener Systeme	Katastrophenschutz-Leitstellen, Kommunen, Aufsichtsbehörden	Land	NWG § 29 und WHG	derzeit	Planung, Umsetzung, Information									
123			Gleiches gilt z. B. auch für weitere Naturgefahren und Starkregen (z. B. durch private Serviceleistungen wie „Wind“ der Meteomedia AG).				kurzfristig	Planung, Umsetzung, Information									
124																	
125	Verhaltensvorsorge																
126	Aufklärung																
127			Entwicklung von Methoden zur Sensibilisierung und Partizipation der Öffentlichkeit für Hochwasser-Problematik				derzeit	Kommunikation, Information									
128	Stärkere Notwendigkeit der Schaffung eines Risikobewusstseins	Aufklärung der Bevölkerung über Hochwasserrisiken	Veröffentlichung von Informationsmaterial wie Gefahren-, Risiko- und ggf. Schadenspotenzialkarten oder Broschüren	Aufsichtsbehörden, Schulen, Wasserwirtschaft	Land, Kommunen, Wasserwirtschaft	WHG § 76 und § 79, NWG § 115	kurzfristig	Information									
129			Schaffung eines Hochwasser-Bewusstseins durch Einbindung der Medien (z. B. TV-Berichte, Presse, Hochwasser-Marken an Gebäuden etc.)				derzeit	Kommunikation, Information									
130																	

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
131		Vorbereitung auf den Hochwasserfall		Veröffentlichung von Informationsmaterialien zum Verhalten im Hochwasserfall				kurzfristig	Information
132		Stärkere Notwendigkeit der Schaffung eines Risikobewusstseins	Aufklärung der Bevölkerung über richtiges Verhalten bei Hochwasser-Gefahr Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung	Durchführung von Übungen, Aufklärungsmaßnahmen und Hinweise zum Verhalten bei Hochwasser (auch in geschützten Gebieten) z. B. durch Durchführen Katastrophenschutz-Übungen für betroffene Bevölkerung oder Verteilen von Infoblättern zum richtigen Verhalten im Hochwasser-Fall Beratung durch kommunale Stellen	Land, Aufsichtsbehörden, Bürger, Industrie/Gewerbe, Land- und Forstwirtschaft	Kommunen, Katastrophenschutzbehörden, Landesregierung	WHG § 76 und § 79, NWG, ggf. KataSchG	derzeit	Beratung, Information, Umsetzung
133								derzeit	Beratung
134									
135									
136	5.1.1.3.e	Vorbereitung und Vorbereitung der Gefahrenabwehr und des Katastrophenschutzes							
137		Alarm- und Einsatzplanung							
138				Aktualisierung vorhandener Systeme und ggf. Anpassung an verschärfte Hochwasser-Situation				kurz- bis mittelfristig	Planung, Umsetzung
139			Bereitstellung detaillierter Alarm- und Einsatzpläne für den Hochwasserfall zur Bewältigung von Hochwasserereignissen	Einstellung von Störfallplänen für IVU-Anlagen				derzeit	Planung, Umsetzung
140		Höhere Notwendigkeit von aktuellen Alarm- und Einsatzplänen sowie deren Aktualisierung		Aufbau von Kommunikations- und Informationssystemen zur Gefahrenabwehr	Kommunen, Katastrophenschutzbehörden, Polizeidirektionen und Hilfsdienste		KataSchG, SOG	derzeit	Planung, Umsetzung
141				Übernahme funktionierender Fremdsysteme				kurz- bis mittelfristig	Planung, Umsetzung
142									
143		Organisation/ Ressourcen		Optimierung vorh. Ressourcenplanungen und Krisenmanagementsysteme				kurzfristig	Planung, Umsetzung
144				Festlegung von Organisationsstrukturen				derzeit	Planung, Umsetzung
145				Schaffung einer Hochwasserschutzzentrale	Kommunen, Katastrophenschutzbehörden, Polizeidirektionen und Hilfsdienste		KataSchG, SOG	kurz- bis mittelfristig	Planung, Umsetzung
146		Erhöhter Bedarf an Ressourcen zur Gefahrenabwehr	Bereitstellung der notwendigen Ressourcen zur Bewältigung von Hochwasserereignissen	Organisierung und Schulung der Wasserwehren				kurzfristig	Wiederbildung
147				Bereitstellung von Infrastruktur und Material				kurzfristig	Umsetzung
148				Einrichtung von geeigneten Warnsystemen für die Bevölkerung				derzeit	Planung, Information
149									
150		Übung							
151			Gezielte Vorbereitung der Einsatzkräfte und der betroffenen Bevölkerung auf das Verhalten bei Hochwasserereignissen	Regelmäßige Schulung der Einsatzkräfte	Verbandsorganisationen, Kommunen, Katastrophenschutzbehörden, Aufseherbehörden			derzeit	Wiederbildung, Information
152		Steigende Bedeutung der Verhaltensvorsorge durch Zunahme in Häufigkeit und Intensität der Hochwasser-Ereignisse		Durchführung und Auswertung regelmäßiger Hochwasser-Übungen	Bürger	Katastrophenschutzbehörden, Hilfsdienste	KataSchG, SOG	derzeit	Umsetzung
153									
154		Ausbildung der Einsatzkräfte							
155				Durchführung fundierter Ausbildungsmaßnahmen und regelmäßiger Ausbildungsveranstaltungen für die Einsatzkräfte					
156		Steigende Dringlichkeit der Risikominimierung durch Einsatz kompetenter Einsatzkräfte	Bereitstellung von kompetenten Einsatzkräften im Hochwasserfall	Abstimmung der Ausbildungskonzepte verschiedener Organisationen	Katastrophenschutzbehörden und Hilfsdienste	Bund, Länder, Kommunen, Katastrophenschutzbehörden und Hilfsdienste	KataSchG, SOG	derzeit	Wiederbildung
157								derzeit	Kommunikation, Wiederbildung
158									
159		Zivil-militärische Zusammenarbeit		Durchführung von gemeinsamen Übungen		Katastrophenschutzbehörden, Kommunen, Bundeswehr, Hilfsdienste	KataSchG, SOG	derzeit	Umsetzung
160		Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Hochwasser-Ereignissen	Bereitstellung von Material und Hilfskräften im Katastrophenfall						
161									
162	5.1.1.4	Nachgehohe/Hochwasserbewältigung							
163		Abwehr der katastrophalen Hochwasserwirkung							
164				Systematische Sammlung und Auswertung von Hochwasser-Ereignissen und entstandenen Schäden mit entsprechender Dokumentation auf einer Plattform				kurzfristig	Planung (Datenhaltung - Analyse), Information
165		Klimawandel bedingt verstärkte Dringlichkeit der Hochwasser-Nachfrage		Sammlung und Veröffentlichung von „best practice“-Beispielen	Versicherungen	Bund, Länder, Kommunen, Katastrophenschutzbehörden/Hilfsdienste	WHG, NWG	kurzfristig	Planung (Datenhaltung - Analyse), Information
166				Optimierung der Zuständigkeiten und Instrumente sowie der Zusammenarbeit				derzeit	Planung, Umsetzung
167				Überprüfung und Veröffentlichung von Handlungsanweisungen				kurzfristig	Kommunikation, Beratung, Information

A		B	C	D	E	F	G	H	I
Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp	
1			Erstellung eines Musternachsorgeplans (inkl. Checkliste für Prüfung der erfolgreichen Umsetzung erforderlicher Arbeitsschritte in Katastrophenebewältigung)				kurzfristig	Beratung, Information, Umsetzung	
168									
169									
170	Niedrigwassermanagement und Gewässerökologie								
171	Niedrigwasservorsorge								
172	Flächenvorsorge								
173	Landesplanung								
174							kurzfristig	Planung (Datenhaltung/-analyse), Forschung	
175	Größere Notwendigkeit der Niedrigwasservorsorge Zunehmende Nutzungskonkurrenz aufgrund ggf. häufiger und/oder länger andauernder NW-Perioden	Minimierung der Entstehung und Wirkung von NW-Ereignissen durch administrative und planerische Maßnahmen	Angepasste Ausweisung von Vorranggebieten für Wasserrückhalt/-speicherung, Niedrigwasseraufhöhung Fortbeschreibung Landesraumordnungsprogramm Berücksichtigung bei den Maßnahmenplänen nach EG-WRRRL	Träger öffentlicher Belange (Landesebene)	Land	WHG, NWG, LROP	kurz- bis mittelfristig	Planung, Umsetzung	
176							mittelfristig	Planung, Rechtssetzung	
177							kurz- bis mittelfristig	Planung, Rechtssetzung	
178									
179	Regionalplanung								
180	Größere Notwendigkeit der Niedrigwasservorsorge Zunehmende Nutzungskonkurrenz/ Nutzungseinschränkung durch Vorbehalts-/Vorranggebiete	Minimierung der Entstehung und Wirkung von NW-Ereignissen durch administrative und planerische Maßnahmen	Berücksichtigung der Niedrigwasseranalysen Angepasste Ausweisung von Vorranggebieten für Wasserrückhalt/-speicherung, Niedrigwasseraufhöhung Fortbeschreibung Regionales Raumordnungsprogramm	Träger öffentlicher Belange (regional)	Kommunen, Träger der Regionalplanung (Landkreise, kreisfreie Städte, Zweckverbände)	RROP	kurzfristig	Planung (Datenhaltung/-analyse), Forschung Planung, Umsetzung Planung, Rechtssetzung	
181									
182									
183									
184	Bauvorsorge, Bauleitung, Bauplanung								
185	Bauleitplanung, Bauplanung								
							kurz- bis mittelfristig	Planung	
186							mittelfristig	Planung, Umsetzung	
187							kurzfristig	Planung	
188	Haftung und Verschärfung geringer Wasserstände bedingt Schäden/ Verschmutzungen z. B. im Kanalnetz Versiegelung verschärft mangelnde Grundwasserneubildung	Raumordnerische Festlegung und Bereitstellung wasserwirtschaftlicher Fachinformationen bei der Aufstellung und Änderung von Bauleitplänen Verringerung des Oberflächenabflusses	Verankerung entsprechender Vorgaben in der Bauleitplanung (angepasste Bauweisen, z.B. Zisternen) Schaffung von Anreizen zur Nutzung oder ortsnahen, dezentralen Versickerung von Niederschlagswasser (z. B. gesplittete Regenwassergebühr)	Bürger, Träger öffentlicher Belange (ortsbezogen), Aufsichtsbehörden, Planungsbüros	Kommunen	BauGB, NBauO	derzeit	Umsetzung, Rechtssetzung	
189							kurz- bis mittelfristig	Förderung, Kommunikation	
190							derzeit	Planung, Umsetzung	
191									
192									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1	193	Abflussbeeinflussung (Maßnahmen)							
194	5.1.2.1.c	Grundwasser Neuerrichtung von Versickerungsanlagen in den Grundwasserlagern mit entsprechenden Konsequenzen für die grundwasserabhängigen Biotope in der Aue	Schutz eines ausreichenden Grundwasserlagers	Schaffung von Retentionsräumen Entsiegelung von Flächen Restriktionen der Trinkwasser- und Brauchwasserentnahme (inkl. Bewässerungswasser)	Land- und Forstwirtschaft, Industrie/ Gewerbe, Stadtplanung, Wasserversorger	NLWK, LBEG, Aufsichtsbehörden	WHG §47, NWG §87, EG-WRL, LRDP, RRDP	kurzfristig derzeit kurz- bis mittelfristig	Planung, Umsetzung Planung, Umsetzung Rechtssetzung
195									
196									
197									
198									
199		Landnutzung/ Retention							
200									
201		Weniger Wasserdargebot über längere Zeiträume Geringere GW-Neubildungsrate Steigende Notwendigkeit der Retention in der Fläche	Verbesserung des natürlichen Wasserhaushalts in der Fläche und der Grundwasserneubildung	Abflussverlängerung durch Einbindung von Altarmen, Forderung des Mäandrierens Förderung des Rückhalts in der Fläche durch Vergrößerung des Oberflächenwasserabflusses (z.B. Aufstufung) Angepasste Landbewirtschaftung, z.B. Saargutauswahl und Bodenbearbeitungsmethoden (Leitlinie ordnungsgemäße Landwirtschaft) Ggf. Schaffung von zusätzlichen Speicherkapazitäten, unabhängig von HW-Retentionsmaßnahmen	Land- und Forstwirtschaft, Bürger	Kommunen, Fachbehörden	WHG, NWG, Entwässerungssatzung, RRDP, LRDP, RRDP	derzeit derzeit derzeit	Planung, Umsetzung Planung, Umsetzung Rechtssetzung, Umsetzung
202									
203									
204									
205		Speicher-/ Stauanlagen							
206		Verschärfung der Wassernutzungskonflikte (Niedrigwasseraufhebung, Hochwasserschutz, Trinkwasserversorgung, Energiegewinnung, Tourismus) Habenbedarf der neuen Stauräume (Konkurrenz zu bestehenden Nutzungen)	Sicherstellung von Minderwasserentlastungen im Gewässernetz	Anpassung der Bemessung und Bewirtschaftung (Betriebspläne) an veränderte hydrologische Verhältnisse Neu- und Ausbau von Speicherräumen zur NW-Vorsorge	Kommunen, Industrie/ Gewerbe, Bürger	NLWK, Aufsichtsbehörden, Talplaner/-/ Stauanlagenbetreiber	NWG §33, NWG, LRDP, RRDP	mittelfristig mittel- bis langfristige kurz- bis mittelfristig	Planung Planung, Umsetzung Planung
207									
208									
209									
210	5.1.2.1.d	Fließgewässergüte							
211		Chemische Beschaffenheit							
212		Zunahme der Häufigkeit/ Intensität der chemischen Belastung der Gewässer (z.B. durch Landwirtschaft, Kläranlagen), da Verdünnungseffekt reduziert wird Gefahr der Schädigung von sensiblen Biotopen Verschärfung bestehender Wassernutzungskonflikte	Schaffung bzw. Erhalt eines guten chemischen Zustands des Oberflächengewässers	Verschärfung der Einleitungsregelungen (z.B. Industrie und Gewerbe und Landwirtschaft) bei Unterschreitung bestimmter Pegelstände/Abflusswerte ggf. grundsätzliche Minderung von stofflichen/ belasteten Einleitungen	NLWK, Kommunen, Industrie/ Gewerbe, Land- und Forstwirtschaft, Bürger	Aufsichtsbehörden	EG-WRL, WHG §27, NWG §36, 60, Fischgewässer-RL, FFH-RL	kurzfristig mittelfristig	Rechtssetzung, Kontrolle Umsetzung
213									
214									
215		Gewässerbiologie/ -struktur Erhöhtes Eutrophierungsrisiko durch höhere Konzentration von Nähr- und Schadstoffen Erhöhte Wassertemperaturen (v.a. in den Sommermonaten) und geringer Sauerstoffgehalt Verringerte Fließgeschwindigkeit bzw. fehlendes Fließkontinuum	Schaffung bzw. Erhalt eines guten ökologischen Zustandes	Verschärfung der Restriktionen bzgl. diffuser und punktueller bei Unterschreitung bestimmter Pegelstände/Abflusswerte Beibehalten und ggf. Verstärkung der Förderung extensiver Landbewirtschaftung (vgl. Handlungsfeld Erosionsschutz)	NLWK, Kommunen, Land- und Forstwirtschaft, Industrie/ Gewerbe, Unterhaltungsverbände, Bürger	Gewässereigentümer	EG-WRL, WHG, NWG, FFH-RL, Fischgewässer-RL	kurzfristig derzeit	Rechtssetzung, Kontrolle Förderung
216									
217		Veränderung der Artenzusammensetzung durch höheres Risiko des Abwanderns von hydrophilen Arten Steigender Besiedlungsdruck (auch durch einwandernde Arten) führt vermehrt zu Stress und Krankheiten bis zum völligen Verschwinden von nicht anpassungsfähigen (heimischen) Arten Verschärfung bestehender Wassernutzungskonflikte Ausweitung des Brackwasserbereichs in Küstennähe	Schaffung bzw. Erhalt eines guten ökologischen Zustandes	Renaturierung der Gewässerläufe, Anbindung von Altarmen				derzeit	Planung, Umsetzung
218									
219									
220									
221									

A		B		C		D		E	F	G	H	I
Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel		Maßnahmen		Akteure		Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp	
1	Verhaltensvorsorge											
222	5.1.2.1.e											
223	Bewusstseinsbildung											
	Stärkere Betroffenheit und steigende ökonomische Schäden steigern Notwendigkeit zum Handeln	Stärkung der Bewusstseinsbildung in der Öffentlichkeit		Bewusstseinsbildung in Öffentlichkeit durch Verankern der Klimawandelproblematik und Möglichkeiten der Anpassung in Schul- und Erwachsenenbildung, (Hochschulen, Fort-/Weiterbildung)		Kommunen, Land-/Forstwirtschaft, Industrie/ Gewerbe, Bürger		Land	UIG, NNG§29	kurz- bis mittelfristig	Bildung, Information	
224												
225												
226												
227	Risikovorwarnung											
228												
229	Steigende Betroffenheit durch Zunahme der Intensität, Häufigkeit und Dauer von NW-Ereignissen	Stärkung der Eigenvorsorge		Förderung von Maßnahmen zum sparsamen Umgang mit Wasser		Versicherungswirtschaft		Land- und Forstwirtschaft, Industrie/ Gewerbe	fehlen	mittelfristig	Kommunikation, Information	
230	Steigende Kosten im Schadensfall											
231												
232												
233												
234	5.1.2.1.f											
235	Niedrigwasservorwarnung											
236												
237	Einricht. Bedarf an Informationsmanagement und Sensibilisierung/Partizipation der Öffentlichkeit	Bereitstellung zeitnaher Informationen und Vorhersagen zur NW-Lage		Nutzung vorhandener Synergien aus HW (z.B. HWVZ)		Kommunen, Aufsichtsbehörden		NLWKN, Wasser- und Schiffsverkehrsverwaltung	NNG (GLD), UIG §10	kurz- bis mittelfristig	Planung, Implementierung	
238	Wenig Erfahrung bei Behörden und Katastrophenmanagement mit NW-Problematik											
239												
240												
241												
242	5.1.2.2											
243	5.1.2.2.a											
244	Niedrigwassermanagement											
245	Einricht. Bedarf an Niedrigwassermanagement	Bestimmung flussrelevanter Einheiten (Einzugsgebiete), die unter Berücksichtigung spezifischer wasserwirtschaftlicher Fragestellungen für Niedrigwasser-management relevant sind		Nutzung vorhandener Synergien aus Kontrolle und Bewertung der Pegelstände und Abflussmengen (Monitoring)		Kommunen, Trägereinheiten- und -betriebe, Land- und Forstwirtschaft, Industrie/Gewerbe, Bürger		NLWKN, Aufsichtsbehörden	WHG, BtatschG	derzeit	Planung (Datenhaltung/-analyse)	
246	Voraussetzung Datenmanagement zur Niedrigwasseranalyse	Ermittlung und Analyse entsprechender Niedrigwassereingangsdaten										
247												
248	5.1.2.2.b											
249	Administrative Maßnahmen											
250	Maßnahmenkatalog											
251	Steigendes NW-Risiko erfordert zeitnahe Entwicklung und Umsetzung von geeigneten Anpassungsmaßnahmen (in der Regel)	Erstellung von Maßnahmenplänen (mit Festlegung der Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten, Maßnahmenkatalog und Priorisierung von Maßnahmenoptionen) im Falle der Unterschreitung von Abflussschwellenwerten		Erstellung von Maßnahmenplänen (mit Festlegung der Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten, Maßnahmenkatalog und Priorisierung von Maßnahmenoptionen) im Falle der Unterschreitung von Abflussschwellenwerten		Kommunen, Land- und Forstwirtschaft, Fischer, Industrie/ Gewerbe, Energiebetreiber, Transportbetriebe, Naturschutz, Bürger		Land, NLWKN, Aufsichtsbehörden	WHG, NNG, UIG, BtatschG	mittelfristig	Planung	
252	Wenig Erfahrung (Daten) mit kritischen/ langem NW-Perioden und entsprechenden Verhaltensweisen (z.B. Übungen im HW-Fall)											
253												

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
254		Überleitung Regionale MW-Perioden ziehen berührte Flussgebiete ggf. gleichermaßen in Mitleidenschaft (keine „natürlichen“ Reserven für Überleitung) Ggf. vorhandene Speichersysteme nicht ausreichend	Gewährleistung eines Mindestabflusses in MW-Phasen durch Wasserüberleitung aus anderen Flussgebieten	NW-Anreicherung durch Überleitung, speziell aus „wasserreicheren“ Flussgebieten, zur Minderung/ Vermeidung kritischer Abflüsse Ausbau/ Anpassung der vorhandenen Speichereinrichtungen an mögliche zukünftige NW-Verhältnisse	Kommunen, Land-/ Forstwirtschaft, Industrie/ Gewerbe, Bürger	NLWKN, Speichereinlagenbetreiber	(WHG), (NWG)	langfristig	Planung, Umsetzung
255									
256									
257									
258		Nutzungsbezogene Maßnahmen Wasserversorgung Erhöhte Nutzungskonkurrenz bei Mehrzweckspeichern Verringerung des für die Wasserversorgung nutzbaren Grundwasserdargebots Saisonaler/ regionaler Engpässe bei Trink- und Brauchwasserversorgung Verschärfung der Wassernutzungskonflikte	Verminderung von Engpässen bei der Wasserversorgung bzw. Gewährleistung einer Mindestversorgung	(multifunktional) angepasstes Talsperrenmanagement notwendig Wasser sparen Redundante Versorgung (QW/GW) Einschränkung der Verwendung von Trink-/ Brauchwasser für bestimmte Nutzungen (Prioritätenplan aufstellen) Aufstellen eines Notfallversorgungsplans (z.B. mittels Tankfahrzeugen oder öffentlichen Zapfstellen) Alternative Brauchwasserversorgung (z.B. über Teiche, Zisternen oder Verbundleitungen)	NLWKN, Talsperrenbetreiber, Wasserwerke, Kommunen	Talsperrenbetreiber, Wasserwerke, Kommunen	WHG §50, NWG §§68,90	mittelfristig	Planung, Umsetzung
259									
260									
261									
262		Einleitungen Zunehmende Belastungen durch erhöhte Schad-/ Nährstoffkonzentration und Temperatur (Kühlwasser) führen zur Schädigung der Gewässerbiotozosen	Verminderung der anthropogen bedingten Gewässerbelastung	Verschärfung der Einleitungsregelungen (v. a. Industrie und Gewerbe, Kraftwerke sowie kommunale Abwasserreinigung) bei Unterschreitung bestimmter Pegelstände/ Abflusswerte (z.B. Salzplan) Regelmäßige (manuelle) Reinigung von Kanälen	Land- und Forstwirtschaft, Industrie/Gewerbe, Energiewirtschaft, Kläranlagenbetreiber, Aufsichtsbehörden, Unterhaltungsverbände	NLWKN, Kommunen	IEG-WRR/L, WHG §§23, 57, 61, NWG §§15, 100, BImSchG	mittelfristig	Rechtssetzung, Kontrolle
263									
264									
265									
266		Sonstige Entnahmen Sinkende Sauerstoffkonzentrationen durch verstärkte Abbauprozesse und erhöhte Temperatur fördert zusätzlich Austauschprozesse von Sockstoff, Phosphor und ggf. Schwermetallen aus dem Sediment Fehlender Reinigungseffekt in Kanälen (Spülschl) Sinkende Sauerstoffkonzentrationen durch verstärkte Abbauprozesse und erhöhte Temperatur fördert zusätzlich Austauschprozesse von Sockstoff, Phosphor und ggf. Schwermetallen aus dem Sediment	Gewährleistung bedarfsgerechter Wassereintnahmen und Sicherstellung der Trinkwasserversorgung	Festlegung von Prioritäten zur Vermeidung von Nutzungskonflikten Überleitung von anderen Einzugsgebieten (überregionale Wasserversorgung) Verwendung alternativer Wasserversorgung Verschärfung der Entnahmeregelungen (v. a. Bewässerung in der Landwirtschaft, Industrie/Gewerbe und kommunale Trinkwassergewinnung/- abgabe) bei Unterschreitung bestimmter Pegelstände/ Abflusswerte	Wasserwerksbetreiber, Bürger	NLWKN, Land- und Forstwirtschaft, Industrie/Gewerbe, Energiewirtschaft (Kühlwasser), Aufsichtsbehörden	(DASt), NWG §26, WHG §§33, 50	kurzfristig	Planung, Umsetzung
267									
268									
269									
270		Wärmelastpläne Zunehmende Wärmelast durch „industrielle“ zementhaltige Wärmelastanlagen während längerer und häufigerer Trockenperioden zusätzlicher Bedarf an Kühl-/ Bewässerungswasser während trockener/warmer Sommermonate Verschärfung der Wassernutzungskonflikte	Verminderung von anthropogen bedingter schädlicher Überwärmung von Fließgewässersystemen	Reduzierung der Kühlwasserentnahmen/- einleitungen bei Unterschreitung bestimmter Abflussgrenzwerte Regelung der Prioritäten der Energieabnehmer	Industrie/Gewerbe, Kommunen, Kraftwerksbetreiber	(NWG, WHG, EG-WRR/L) bedingt- FFH-RL	mittelfristig	Umsetzung, Kontrolle	
271									
272									
273									
274								mittelfristig	Rechtssetzung
275									Kontrolle
276									
277									
278									
279									
280									
281									
282									
283									
284									

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmenart
1	Veränderung der Artenzusammensetzung bei steigenden Gewässertemperaturen, Verringerung des Sauerstoffgehalts im Gewässer		ggf. Nutzung alternativer Kühlmöglichkeiten (Notfallpläne)				mittelfristig	Planung, Umsetzung
285								
286								
287	Energiewirtschaft							
	Beeinträchtigung der Versorgungssicherheit (Netzausfall) sowie ggf. steigende Strompreise durch häufigere Einschränkung bei der Stromproduktion		Brennstoffanlieferung über Schiene/Straße statt über Binnenschifffahrt				mittelfristig	Planung (Alternativenfindung)
288	steigende Stromnachfrage kann gerade in den Sommermonaten/Hitzeperioden (Klimaanlagen etc.) nur bedingt nachgekommen werden	Gewährleistung der ganzjährigen Erzeugung einer erforderlichen/ benötigten Energiemenge	Klimawandel-Zuschlag bei Kalkulation von Anlagen (Anlagensicherheit bei Extremereignissen)	Land, Industrie/Gewerbe, NLWVN, Bürger	Kraftwerksbetreiber	(EEG), Energieschutzgesetz	mittelfristig	Planung
289			Abpufferung der Produktionsausfälle durch Förderung alternativer Energiegewinnung (z. B. Photovoltaik, Windkraft)				kurz- bis mittelfristig	Planung, Förderung
290			Stromversorgung über Verbundsystem durch Energiebezug von anderen Kraftwerken (Notfallplan)				derzeit	Planung, Umsetzung
291			Speicherung von Energie zur Überbrückung von Engpässen gewinnt an Bedeutung				derzeit	Planung, Umsetzung
292								
293								
294	Wasserkraft							
	Wasserkraft gerät als stromerzeugender Bereich in den Hintergrund (speziell im Sommer) in den Hintergrund							
295	Reduzierte Kraftwerksleistung bis hin zum kompletten Ausfall der Energiegewinnung bedingt steigende Strompreise	Gewährleistung der ganzjährigen Wasserkraftnutzung	Steigerung der Effizienz und Abpufferung der Produktionsausfälle durch Kopplung erneuerbarer Energieresourcen (z.B. Wind-Wasser)	Land, Industrie/Gewerbe, NLWVN, Aufsichtsbehörden, Bürger	Kraftwerksbetreiber, Speicheranlagen-betreiber	NWG, WHG §35, EEG §23	kurzfristig	Planung, Umsetzung
296			Ausgleich durch mehr Wasserspeicher(volumen)				kurz- bis mittelfristig	Planung, Umsetzung
297			Wirtschaftliche Absicherung bei Ausfall der Wasserkraftanlage				mittelfristig	Planung (Vorsorge)
298	Nachfrage nach Wasserkraft wird aufgrund steigender Öl- und Gaspreise sowie erwarteter Einschränkungen bei der Nutzung fossiler Energiequellen erwartet							
299	Verschärfung der Wassernutzungskonflikte							
300								
301								
302	(Binnen-)Schifffahrt							
	Steigende Verbraucherpreise aufgrund von steigenden Transportkosten (Ausfälle, Liegezeiten) bzw. Verlagerung wichtiger Transporte auf andere Verkehrsträger		Einführung der Häfen und Containerumschlagplätze sowie Ermöglichung, die Güterschiffe im NW-Fall zu „parken“				mittelfristig	Planung, Umsetzung
303	Erhöhtes Risiko wirtschaftlicher Einbußen oder Versorgungsengpässe durch nicht schiffbare Gewässerabschnitte		Notfallpläne/ -infrastruktur zur Verlagerung des Gütertransports auf das Schienen- und Straßennetz und entsprechende Umlademöglichkeiten				mittelfristig	Planung, Umsetzung
304	Bedingt durch steigende Gewässertemperaturen Zunahme der Besiedelung von Organismen an Wasserbauteilen und Schifffahrkörpern, was zu erheblichen Kosten/Schäden führen kann		Fahrverbote für bestimmte Schiffstypen (Breite, Tiefgang) ab bestimmten Wasserständen	Talsperrebetreiber, Industrie-Gewerbe, NLWVN	WSV, WSD	WHG §39, NWG §61, WassStG §8	kurzfristig	Rechtssetzung
305	Einschränkungen im Fremdenverkehr (Fahren etc.)	Gewährleistung einer ganzjährigen Schifffahrt der Fließgewässer						
306	Steigendes Risiko von Leckage-Havarien durch Fahrbahnverengung (Trockenfallen von Ufer- und Sohlabschnitten) sowie geringer Abdriftiefe. Steigende Transportkosten und Gefahr der Gewässerbelastung		Aktives Sedimentmanagement unter Berücksichtigung der Erkenntnisse zur Entwicklung von Geschiebe- und Schwebstofffracht nötig.				derzeit	Planung, Umsetzung
307	Reduzierung der Fischereierträge (Fischsterben) und steigende finanzielle Aufwendungen für Neubesatz betroffener Gewässerabschnitte							
308								
309	Landbewirtschaftung							
	Erhebliche Reduzierung der Entnahmemengen bzw. Einstellung der Bewässerung (gerade in den trocken-warmen Sommermonaten)		Berücksichtigung unterschiedlicher Vulnerabilitäten verschiedener Flächennutzungen an den Gewässern bei der Regionalplanung				mittelfristig	Planung
310			Reduzierung der Entnahmemengen und Einstellung der Bewässerung bzw. Förderung moderner, wassersparender Methoden				kurz- bis mittelfristig	Rechtssetzung, Kontrolle, Förderung
311	Niedrige Wasserstände erfordern Verringerung der Gewässerbelastung, da Verdünnungseffekt reduziert wird		Förderung der Versickerung und Grundwasserneubildung durch geeignete Maßnahmen in der Landwirtschaft (z.B. angepasstes Saatgut und Bodenbearbeitungstechniken)	Land- und Forstwirtschaft, inkl. Fischereiwirtschaft, Kommunen, Bürger (Flächeneigentümer)	Kommunen, Aufsichtsbehörden, LWK	EG-WRL, NWG, WHG, BNatSchG §5, FFH-RL	kurzfristig	Förderung, Umsetzung
312	Verschärfung der Land- und Wassernutzungskonflikte	Sicherstellung der landwirtschaftlichen Produktion						

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1			Entwicklung und Durchsetzung von Nutzungseinschränkungen während der NW-Führung der Gewässer				kurz- bis mittelfristig	Rechtssetzung, Kontrolle
313	Embleiche Ernte- und Verdienstaufstiege führen letztlich auch zu erhöhten Lebensmittelpreisen							
314	Reduktion der Holzproduktion durch sinkende GW-Stände sowie steigende Anfälligkeit von Krankheiten und Schädlingsbefall sowie Zunahme von Sturmschäden und Waldbrandgefahr		Beratungsangebote für Land- und Forstwirtschaft zur standort- und nw-angepassten Bewirtschaftung				kurzfristig	Beratung, Information
315								
316	Freizeitnutzung							
	Häufigere und längere Einschränkungen der Freizeitnutzung von Gewässern (v. a. in den Sommermonaten)		Schaffung alternativer Freizeitmöglichkeiten/Programme für die Sommermonate (z.B. NW-Tourismus, Schwimmbäder)				kurzfristig	Planung
317								
318	Reduzierung der Attraktivität der Region und des Wirtschaftsfaktors Tourismus (Image- und Einnahmeverlust)	Gewährleistung der Naherholung im/ am Gewässer/ Erhaltung des Tourismus als Wirtschaftsfaktor	Kulturlandschaftliche Entwicklungstrends der Zuwendung zu den Flüssen nachhaltig fördern	Kommunen, Bürger, Industrie/ Gewerbe	Land, Kommunen, Interessensverbände, WSV	(WHG, NWG, EG-WRRL, WassG §§8, 12, BNatSchG	kurz- bis mittelfristig	Planung, Umsetzung
319	Einschränkung von Bade-, Boots- und Wassersport		Entwicklung und Durchsetzung von Nutzungseinschränkungen während der NW-Führung des Gewässers				kurzfristig	Planung, Rechtssetzung, Kontrolle
320	Verschärfung der Wassernutzungskonflikte		Bewusstseinsförderung für die NW-Problematik in der Fremdenverkehrsbranche (Veranstalter und Gäste)				kurz- bis mittelfristig	Kommunikation, Information
321								
322	Grundwasserschutz							
323	Grundwasserentnahme							
324	Grundwasserneubildung							
325	Planungsgrundlagen							
326	Regionale Änderungen der Grundwasserneubildung, (z.B. steigende Grundwasserentnahme, sinkende Grundwasserneubildung, Abnahme von Quellschüttungen) und damit des Grundwasserspiegels	Beurteilung der Grundwasserneubildung unter Berücksichtigung von Klimawandelbedingungen, Bereitstellung von Steuerungsinstrumenten für die Grundwasserbewirtschaftung	Entstellung einer belastbaren Datenbasis	Klimaforscher, DWD	LBEG, NLWKN	NWG, WHG, EG-WRRL, BNatSchG	derzeit bis kurzfristig	Forschung/Planung (Datenhaltung/-analyse)
327			Ermittlung sensibler Bereiche				kurz- bis mittelfristig	Forschung/Planung (Datenhaltung/-analyse)
328								
329	Trockenperioden							
330			Ermittlung sensibler Grundwasserkörper				kurz- bis mittelfristig	Forschung/Planung (Datenhaltung/-analyse)
			Abschätzung der Dauer und Häufigkeit von Trockenperioden				kurz- bis mittelfristig	Forschung/Planung (Datenhaltung/-analyse)
331								
			Reduzierung der Bodenversiegelung und -verdichtung				mittel- bis langfristig	Planung, Rechtssetzung, Umsetzung, Kontrolle
332	Geringere Grundwasserneubildung durch Zunahme der Häufigkeit und Dauer von Trockenperioden	Förderung der Grundwasserneubildung während niederschlagsreicher Perioden	Gezielte Versickerung während niederschlagsreicher Perioden	Land- und Forstwirtschaft, Wasser- u. Bodenverbände, Wasserversorgungsunternehmen	LBEG, NLWKN	NWG, WHG, EG-WRRL, BNatSchG, FFH-RL	mittel- bis langfristig	Planung, Rechtssetzung, Umsetzung, Kontrolle
333							mittel- bis langfristig	Planung, Rechtssetzung, Umsetzung, Kontrolle
334			Angepasste Trinkwasserentnahme und Restriktionen bei der Brauchwasserentnahme (inkl. Bewässerungswasser)				mittel- bis langfristig	Rechtssetzung, Umsetzung, Kontrolle
335			Anpassung der Grundwasserbewirtschaftung				mittel- bis langfristig	Rechtssetzung, Umsetzung, Kontrolle
336								

A	B		C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung Vernässung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmen typ
337									
338		regional Zunahme der Grundwasserneubildung möglich, damit steigende Grundwasserberieselung/Vernässungen	Verminderung von Vernässungsschäden durch steigendes Grundwasser	Ermittlung von Bereichen mit zeitlich steigenden Grundwasserständen und grundwasserneuhaltigen Flächen	Baubehörden, Landwirtschaft	LBEG, NLWKN	NVG, WHG, EG-WRRL, BauGB	kurz- bis mittelfristig	Forschung, Planung
339				Anpassung von Steuerungsinstrumenten für die Grundwasserbewirtschaftung				mittelfristig	Planung, Rechtssetzung
340				Anpassung der Landbewirtschaftung und der Bauplanung				kurz- bis mittelfristig	Planung, Umsetzung
341									
342		Verringerung des Mindestabflusses		Erstellung einer belastbaren Datenbasis, u.a. integriertes Monitoring für Grundwasser und oberirdische Gewässer				derzeit	Planung (Datenhaltung/-analyse)
343				Ermittlung sensibler Gewässerabschnitte	Aufsichtsbehörden, Industrie/Gewerbe, Kommunen, Land- und Forstwirtschaft, Naturschutz, Wasserversorgungsbetriebe			kurzfristig	Forschung, Planung (Datenhaltung/-analyse)
344		Verstärkte Inanspruchnahme des Grundwasserangebots	Aufrechterhaltung eines ausreichenden Grundwasserabflusses in den oberirdischen Gewässern	Anpassung von Einleitungskonzepten		LBEG, NLWKN	NVG, WHG, EG-WRRL, FFH-RL, BNatSchG	kurz- bis mittelfristig	Planung, Rechtssetzung
345		Verringerte Speisung der oberirdischen Gewässer	Sicherstellung fließgewässerspezifischer Funktionen	Anpassung von Steuerungsinstrumenten für die Grundwasserbewirtschaftung				mittelfristig	Planung, Rechtssetzung
346		Verschlechterung der Gewässerqualität		Förderung der Grundwasserneubildung und des Wasserrückhalts durch z.B. Auenentwicklung, Renaturierung und Waldumbau, Flächenentsiegelung.				derzeit	Planung, Umsetzung
347		Negative Auswirkungen auf Gewässerbiotoxien							
348		Einschränkungen bei Gewässernutzungen							
349		Ökonomische Auswirkungen							
350		Quellschüttungen							
351		Unzureichende Grundwasserneubildung und sinkendes Grundwasserangebot können das Versiegen von Quellen verursachen	Sicherung eines ausreichenden Grundwasserangebots zur Erhaltung von Quellen	Ermittlung der Grundwasserkörper mit sinkenden Grundwasserständen und gezieltes Monitoring	Aufsichtsbehörden, Land- und Forstwirtschaft, Industrie/Gewerbe, Wasserversorgungsbetriebe, Naturschutz	LBEG, NLWKN	NVG, WHG, EG-WRRL, FFH-RL	derzeit	Planung (Datenhaltung/-analyse)
352		Negative Auswirkungen auf Gewässerbiotoxien		Förderung der Grundwasserneubildung, z. B. Renaturierung und Waldumbau				derzeit	Planung, Umsetzung
353				Angepasste Bewirtschaftungskonzepte für nachhaltige Nutzungen von Quellschüttungen				kurz- bis mittelfristig	Planung
354									
355		Grundwasserabhängige Landschaftssysteme							
356				Erstellung einer belastbaren Datenbasis, u. a. gezieltes Monitoring zur Ermittlung sensibler Grundwasserkörper und Landschaftssysteme und zur Ermittlung sensibler Bereiche				derzeit	Planung (Datenhaltung/-analyse)
357		Regional Abnahme der Grundwasserneubildung kann zu sinkenden Grundwasserständen und saisonalem oder dauerhaftem Trockenfallen grundwasserabhängiger Landschaftssysteme und Fließgewässer führen	Bestandsicherung grundwasserabhängiger Landschaftssysteme und Fließgewässer (z.B. Auen, Moore)	Bestandsicherung grundwasserabhängiger Landschaftssysteme und Fließgewässer	Wasser- und Bodenverbände, Land- und Forstwirtschaft, Naturschutz	NLWKN, LBEG, Aufsichtsbehörden	NVG, WHG, EG-WRRL, BBodSchG, BNatSchG, FFH-RL	kurzfristig	Umsetzung
358		Beeinträchtigung von Artenvielfalt und Artenspektren		Anpassung von Steuerungsinstrumenten für die Grundwasserbewirtschaftung				mittelfristig	Planung, Rechtssetzung
359				Förderung der Grundwasserneubildung, z. B. Auenentwicklung, Renaturierung und Waldumbau, gezielte Versickerungs- oder Vernässungsmaßnahmen				derzeit	Planung, Umsetzung
360				Schaffung von Retentionsräumen				derzeit	Umsetzung
361									
362		Grundwasserangebot							
363		Landschaftswasserhaushalt							
364		Die Abnahme der Grundwasserneubildung und die verstärkte Notwendigkeit der Nutzung des Grundwassers führen zur Abnahme des Grundwasserangebots		Ermittlung sensibler Bereiche				kurzfristig	Forschung, Planung (Datenhaltung/-analyse)
365				Angepasste Bewirtschaftung der Grundwasserkörper				kurz- bis mittelfristig	Planung, Rechtssetzung, Umsetzung, Kontrolle

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmenentyp
1									
368		Grundwasserkörper dienen als wesentliche Speicherelemente zum Ausgleich des Landschaftswasserhaushalts; die Einschränkung ihrer Funktionalität kann zur Austrocknung empfindlicher Regionen führen	Sicherstellung eines ausreichenden Grundwasserdargebots Nachhaltige Nutzung des Grundwasserdargebots unter Klimawandelbedingungen	Stützung des Landschaftswasserhaushalts	Aufsichtsbehörden, Wasserversorgungsunternehmen, Land- und Forstwirtschaft, Naturschutz, Industrie/ Gewerbe	LBEG, NLWKN	NWG, WHG, EG-WRRL, FFH-RL	mittel- bis langfristig	Planung, Rechtssetzung, Umsetzung, Kontrolle
367				Substitution von Grundwasser				mittel- bis langfristig	Planung, Rechtssetzung, Umsetzung, Kontrolle
368				Speicherung und künstliche Grundwasseranreicherung				mittel- bis langfristig	Planung, Rechtssetzung, Umsetzung, Kontrolle
369				Förderung der Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung (in Aus-, Fort- und Weiterbildung, Öffentlichkeitsarbeit)				kurz- bis mittelfristig	Beratung, Information
370									
371	5.1.3.1.c	Grundwasserentnahmen							
372		Trinkwasser		Ermittlung sensibler Bereiche, u. a. gezieltes Monitoring zur Ermittlung stark beanspruchter Grundwasserkörper				derzeit	Planung (Datenhaltung/-analyse)
373				Angepasste Bewirtschaftung der Grundwasserkörper				kurz- bis mittelfristig	Planung, Umsetzung
374		Abnahme des Grundwasserdargebots		Verbundsysteme für Wasserversorgung				mittelfristig	Planung
375		Verschärfung der Nutzungskonkurrenz bzgl. Trinkwasser/ Brauchwasser/ Landw. Beregnung/ Grundwasserabhängige	Sicherstellung der Trinkwasserversorgung	Angepasste Erteilung von Wasserrechten für die Trinkwasserversorgung	NLWKN, LBEG, Raumordnung	Landkreise, Kommunen, Wasserversorgungsunternehmen	NWG, WHG, EG-WRRL, BauzB, FFH-RL	kurz- bis mittelfristig	Planung, Rechtssetzung
376		Landökosysteme und Flächengewässer		Aufstellung von Notfallversorgungsplänen				kurzfristig	Planung, Umsetzung
377				Förderung von Wassersparprogrammen				derzeit	Förderung
378				Sicherung zusätzlicher Vorranggebiete für die Trinkwassergewinnung				kurz- bis mittelfristig	Planung, Rechtssetzung
379									
380									
381		Brauchwasser		Ermittlung sensibler Bereiche, u. a. gezieltes Monitoring zur Ermittlung stark beanspruchter Grundwasserkörper				derzeit	Planung (Datenhaltung/-analyse)
382								kurz- bis mittelfristig	Planung, Umsetzung
383				Angepasste Bewirtschaftung der Grundwasserkörper				kurz- bis mittelfristig	Planung, Umsetzung
384		Abnahme des Grundwasserdargebots	Sicherstellung der Brauchwassernutzung	Aufstellung von Notfallversorgungsplänen	Aufsichtsbehörden, LBEG, NWKN	Landkreise, Kommunen, Industrie/ Gewerbe, Landwirtschaft	NWG, WHG, EG-WRRL, FFH-RL	kurz- bis mittelfristig	Planung, Rechtssetzung
385				Angepasste Erteilung von Wasserrechten für die Brauchwasserversorgung (ggf. Restriktionen)				mittelfristig	Planung, Rechtssetzung
386				Förderung von Wassersparprogrammen					
387				Wassersparende Produktionsverfahren					
388									
389		Landwirtschaftliche Beregnung		Ermittlung sensibler Bereiche, u. a. gezieltes Monitoring zur Ermittlung stark beanspruchter Grundwasserkörper in Regionen mit hoher Beregnungsbedürftigkeit				derzeit	Planung (Datenhaltung/-analyse)
390		Steigende Beregnungsbedürftigkeit durch zunehmende Sommerdürre und verlängerte Vegetationsperioden		Angepasste Bewirtschaftung der Grundwasserkörper				kurz- bis mittelfristig	Planung, Umsetzung
391		Verschärfung der Nutzungskonkurrenz bzgl. Trinkwasser/ Brauchwasser/ Landw. Beregnung/ Grundwasserabhängige		Substitution von Grundwasser durch Oberflächenwasser oder Abwasser zur Beregnung				kurz- bis mittelfristig	Planung, Umsetzung
392		Landökosysteme und Flächengewässer		Speicherung und künstliche Grundwasseranreicherung				kurz- bis mittelfristig	Umsetzung
393			Sicherstellung der landwirtschaftlichen Beregnung	Einsatz wassersparender Bewässerungsmethoden	LBEG, NLWKN	Landwirtschaft, LWK, Aufsichtsbehörden	NWG, WHG, EG-WRRL, BodSchG, FFH-RL	derzeit	Umsetzung
394				Restriktionen bei der Wasserentnahme und angepasste Erteilung von Wasserrechten für die Feldberegnung				derzeit	Umsetzung, Rechtssetzung
395		Ökonomie Auswirkungen		Festlegen von Prioritäten bei der Nutzung von Grundwasser				derzeit	Umsetzung, Rechtssetzung
396				Angepasste Landbewirtschaftung und Bodenbearbeitungsmethoden (Leitlinie ordnungsgemäße Landwirtschaft)				derzeit	Umsetzung, Rechtssetzung
397								derzeit	Umsetzung, Rechtssetzung
398								derzeit	Umsetzung, Rechtssetzung

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1								
399 5.1.3.2	Grundwassergüte							
400 5.1.3.2.a	Bodennutzung und diffuse Stoffeinträge							
401	Bodenwasserhaushalt							
402	Verringerte Infiltrationsfähigkeit durch starkes Austrocknen oberer Bodenschichten	Erhaltung der Bodenfunktionen	Bodenverbesserung					
403	Geringere Feldkapazität bedingt Trockenheitsschäden und erhöht den Beregnungsbedarf	Förderung der Grundwasserneubildung	Angepasste Landbewirtschaftung und Bodenbearbeitungsmethoden	NLWK, LWK, MV-PVA	LBEG, Land- und Forstwirtschaft	MVG, WHG, EG-WRRL, BBodSchG		
404	Ökonomische Auswirkungen		An das Grundwasserdargebot angepasste Feldberegnung					
405								
406								
407	Nährstoffausnutzung							
408	Nährstoffüberschüsse durch verringerte Nährstoffaufnahme der Feldfrüchte während Trockenperioden und Auswaschung		Entwicklung angepasster und nachhaltiger Düngungs- und Bewässerungsstrategien (u. a. Abstimmung der Düngung auf Bodenzustand, Witterung und Pflanzenwachstum)				derzeit	Planung, Umsetzung
409	Erhöhte Relevanz einer zeitlichen Abstimmung der Düngemittelabgabe in Abhängigkeit von witterungsbedingten Bewässerungsmaßnahmen	Verringerung der Nährstoffeinträge in das Grundwasser	Anpassung und Fortschreibung der Leitlinie ordnungsgemäße Landwirtschaft	NLWK, LBEG	Land- und Forstwirtschaft, LWK	MVG, WHG, EG-WRRL, DüngVO, BBodSchG, FFH-RL	kurz- bis mittelfristig	Planung, Rechtssetzung
410	Änderung der Fruchtfolgen durch Verlagerung bzw. Verschiebung der Vegetationsphasen können zu erhöhtem Düngungs- und Bewässerungsbedarf führen		Fortschreibung des landwirtschaftlichen Fachrechts (Düngung und Pflanzenschutz)				kurz- bis mittelfristig	Planung, Rechtssetzung
411	Verstärkter Anbau nachwachsender Rohstoffe erfordert erhöhten Düngemittel- und Bewässerungsbedarf		Verstärkter Einsatz des Precision Farming				kurz- bis mittelfristig	Umsetzung
412	Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion in Norddeutschland zur Kompensation einer Andäuerung in Süddeutschland							
413	Pflanzenschutzmittel-Einsatz							
414	Veränderung der Vegetationsbedingungen für Pflanzenschädlinge, Pflanzenkrankheiten und Unkrautentwicklung (z. B. höherer Befalldruck durch die Zunahme wärmeliebender Pflanzenschädlinge und Pflanzenkrankheiten)		Optimierung und Weiterentwicklung der Frühwarnsysteme zum Pflanzenschutzmittel-Einsatz				kurz- bis mittelfristig	Forschung, Planung
415			Optimierung der Dokumentation des Pflanzenschutzmittel-Einsatzes				kurz- bis mittelfristig	Planung, Umsetzung
416		Schutz des Grundwassers vor Pflanzenschutzmittel-Einträgen	Entwicklung eines Monitoringsystems zur Überwachung des Pflanzenschutzmitteleintrags ins Grundwasser				mittelfristig	Forschung, Planung
417			Angepasste Landbewirtschaftung und somit auch nachhaltiger Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (Leitlinie ordnungsgemäße Landwirtschaft)	NLWK, N, GA, BBA	Land- und Forstwirtschaft, LWK	MVG, WHG, EG-WRRL, PSM-ZulassungsVO, BBodSchG, FFH-RL	derzeit	Umsetzung
418	Veränderung bzw. Intensivierung der landw. Produktion erfordert erhöhten PSM-Einsatz		Fortschreibung des landwirtschaftlichen Fachrechts (Düngung und Pflanzenschutz)				kurz- bis mittelfristig	Planung, Rechtssetzung
419			Verstärkter Einsatz des Precision Farming				kurz- bis mittelfristig	Umsetzung
420								
421 5.1.3.2.b	Grundwasserqualität							
422	Stoffmobilisation und -anlieferung aus dem Boden							
423	Durch höhere Bodentemperaturen erhöhter Humusabbau	Verringerung bzw. Vermeidung von Stoffeinträgen (Mineral- und Nährstoffe, Pflanzenschutzmittel, Schwermetalle, Arzneimittel etc.) in das Grundwasser	Angepasste Landbewirtschaftung (u. a. Bodenbewirtschaftung und Düngung sowie angepasster Einsatz von Pflanzenschutzmitteln)	LWK, NLWK, LBEG, Wasserversorgungsunternehmen, Industrie/Gewerbe	Land- und Forstwirtschaft	MVG, WHG, EG-WRRL, DüngVO, PSM-ZulassungsVO, BBodSchG, FFH-RL	derzeit	Umsetzung
424	Erhöhte Auswaschungsrate durch höhere Winterniederschläge							
425	Erhöhter Düngemittel- und Pflanzenschutzmittelbedarf in der Pflanzenproduktion							
426								
427								
428	Zunehmende Mineralisierung (Aufkonzentration)							
429	Grundwasserinhaltsstoffe bis sinkenden Grundwasserständen	Sicherstellung der Grundwasserqualität	Angepasste Landbewirtschaftung (Bodenbearbeitung, angepasster Einsatz von Düngemitteln)	LBEG, NLWK, LWK	Land- und Forstwirtschaft, Industrie/Gewerbe, Wasserversorgungsunternehmen	MVG, WHG, EG-WRRL, DüngVO, FFH-RL	kurz- bis mittelfristig	Umsetzung
430	Durch höhere Temperaturen erhöhte Mineralisierung, erhöhter Grundwasserstand und Ertragsrückgang		Angepasste Grundwasserbewirtschaftung					
431								

Kap.	A		B		C		D		E		F		G		H		I	
	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung		Ziel		Maßnahmen		Akteure		Zuständigkeit		Rechtsgrundlage		Beginn Umsetzung		Maßnahmen		Maßnahmen	
432	Binnenland																	
433	Salzwasserintrusion im Binnenland durch steigende Entnahmen (Mobilisierung von stark mineralisiertem Grundwasser)		Verminderung von klimabedingter Grundwasserentnahme im Binnenland		Ermittlung sensibler Bereiche		Aufsichtsbehörden		NLWK, LBEG, Landwirtschaft, Wasserversorgungsunternehmen		NWG, NWG, EG-Wasser, FFW-RL		kurz- bis mittelfristig		Forschung, Planung (Datenhaltung/-analyse)			
434					Angepasste Grundwasserbewirtschaftung								kurz- bis mittelfristig		Umsetzung			
435																		
436	Salzwasserintrusion in der Küstenzone und den Ästuaren																	
437					Ermittlung sensibler Bereiche, u.a. integriertes Monitoring (Nordsee, Oberflächengewässer, Grundwasser)								Planung (Datenhaltung/-analyse)					
438					Angepasste Grundwasserbewirtschaftung								kurz- bis mittelfristig		Umsetzung			
439	Salzwasserintrusion im Küstenbereich aufgrund steigenden Meeresspiegels		Verminderung von klimabedingter Grundwasserentnahme durch Salzwasserintrusion in Küstenzone		Entwicklung und Umsetzung langfristiger Vorsorgemaßnahmen		Aufsichtsbehörden		NLWK, LBEG, Wasserversorgungsunternehmen		NWG, NWG, EG-Wasser, FFW-RL		kurz- bis mittelfristig		Planung, Umsetzung			
440					Berücksichtigung der Problematik bei der Entwicklung von Anpassungsstrategien im Küstenschutz								Planung					
441																		
442	Siedlungswasserwirtschaft																	
443	Siedlungswasserwirtschaft																	
444	Siedlungswasserwirtschaft																	
445					Wetterwarndienste verbessern (bessere kurz- und langfristige Prognose)								Planung, Umsetzung					
446					Messnetz erhalten, ggf. ausbauen								Planung, Umsetzung					
447					Berücksichtigung veränderter Niederschlagslage bei der Bemessung von Entwässerungsanlagen								Planung, Umsetzung					
448					Bemessungsdaten aktualisieren								Planung, Umsetzung					
449					Prognose künftiger Niederschlagsentwicklung								Forschung, Umsetzung					
450	Bauleitplanung																	
451					Verbindliche Integration der gebietspezifischen Planung zur Regenwasserbewirtschaftung								Planung, Umsetzung					
452					Zunahme des Überflutungspotenzials infolge von Starkniederschlägen								Planung, Umsetzung					
453	Generalentwässerungsplanung																	
454					Analyse der Leistungsfähigkeit vorhandener Infrastruktur								Planung, Umsetzung					
455					Identifikation und Behebung von Schwachpunkten in Entwässerungssystemen													
456					Festlegung von geordneten Überflutungswegen in Überlappungsbereichen													
457					Optimierung der Auslastung vorhandener Infrastruktur (Kanäle, Verkehrs- und Freiflächen)													
458					Baumaßnahmen zur Ergänzung der Infrastruktur													
459					Dezentrale Retentionsmaßnahmen													
460					Dezentrale Speicherbewirtschaftung													
461					Ertüchtigung und Ergänzung der Maßnahmen zur Regenwasserbehandlung und -rückhaltung													
462																		
463	Retentionsmaßnahmen																	
464					Bau dezentraler Retentionsmaßnahmen zur Minderung des Niederschlagsabflusses und der hydraulischen und stofflichen Gewässerbelastung								Planung, Umsetzung					
465					Minderung der hydraulischen Belastung von Anlagen der Siedlungswasserwirtschaft und deren Vorflutgewässer													
466																		
467																		
468	Kommunale Hochwasservorsorge																	

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
501	1								
502	5.1.4.4	Wasserversorgung							
503		Rohwassermenge und -qualität		Fächendeckendes Monitoring aller Einfluss- und Bewertungsparameter, dazu Aufbau und Erhalt entsprechender (automatischer) Datenerfassungssysteme				derzeit, laufend	Planung, Umsetzung
504				Entwicklung und Betrieb von Niederschlags-Ablflussmodellen (Talsperren) und Hydrogeologischen Grundwassermodellen			WRRL, WHG, MNG, GW-Bew. Erläss, 12.	derzeit, laufend	Planung, Umsetzung
505		Verfügbarkeit und Beeinträchtigung des Rohwassers infolge direkter Klimafolgen sowie konkurrierender Nutzungen	Sicherung der Rohwassermenge und -qualität des Grund- und Oberflächenwassers für die Trinkwasserversorgung	Entwicklung kleinräumiger Mengen- und Qualitätsmodelle zur direkten Vorhersage in den Gewinnungsgebieten	Wasserbehörden, Landwirtschaft/forstwirtschaft,	Land, Kommunen, Wasserversorgungsunternehmen	Ausführungsbestimmung zum MNG, FFH, RL	kurz- bis mittelfristig	Forschung, Planung
506				Anbau trockenresistenter Pflanzen zur Reduzierung der Beregnung und verstärkter vorbeugender Grundwasserschutz speziell im Energiepflanzenanbau				kurz- bis mittelfristig	Forschung, Planung
507				PBSM-Forschung, -Monitoring, -Einsatzreduzierung				derzeit, laufend	Forschung, Planung
508									
509									
510		Rechtliche Sicherung der Trinkwasserversorgung							
511		Nutzungskonflikte mit Landwirtschaft, Industrie, Hochwasserschutz, Niedrigwasseraufhöhung und Energiegewinnung und damit Einfluss auf die Gestaltung der Bewässerung	Wasserrechtlicher Vorrang der Trinkwasserversorgung	Beibehaltung der derzeit üblichen Kriterien für die Bewilligungsvergabe	Wasserbehörden, Wasserversorgungsunternehmen, Land- und Forstwirtschaft, Industrie/Gewerbe	Land, Kommunen	WHG, MNG	derzeit	Umsetzung, Politische Einflussnahme der Landesregierung auf Bundesebene
512				Dauerhafte Projekte zur Klimaerfassung und Klimafolgenvorhersage				derzeit, laufend	Umsetzung
513				Formulierung des Vorrangs der Trinkwasserversorgung durch Vorgabe an Konkurrenznutzungen, Alternativen zur Wassereinnahme bzw. zur Wassereinsparung zu entwickeln (Trockenpflanzen/industrielle Kreislaufwirtschaft/ Hochwasserschutz etc.)				kurz- bis mittelfristig	Planung, Beratung, Umsetzung
514									
515		Betriebliche Sicherung							
516		Qualitätsveränderung des Rohwassers durch Eintrag von Schadstoffen	Sicherstellung der ordnungsgemäßen und qualitätsorientierten Trinkwasserversorgung	Anpassung der Aufbereitung und technischen Anlagen			TrinkwV, DVGW-Regelwerk, EU-Recht, Trinkwasseremittenten, MNG	mittel- bis langfristig	Forschung und Planung, Umsetzung und Förderung
517		Qualitätsveränderung des Rohwassers durch unzureichende Aufbereitung und Erwärmung im Verteilnetz		Anpassung von Analytik und Monitoring	Land, Gesundheitsämter, Wasserbehörden	Wasserversorgungsunternehmen		mittel- bis langfristig	Planung, Umsetzung
518				Erhöhung Speichervolumen				langfristig	Planung, Umsetzung
519				Verbundsysteme, um regionale Unterschiede zu kompensieren				langfristig	Planung, Umsetzung
520				Anpassung Netzbetrieb				langfristig	Planung
521									
522		Wasserverwendung							
523		Konkurrierende Nutzungen und Trockenheiten, dadurch ggf. geringere Verfügbarkeit und ggf. Qualitätsbeeinträchtigungen	Sicherung der wesentlichen Anforderungen an die Trinkwasserverwendung in Bezug auf Trinkwasserneufugbarkeit und Nutzung, angepasste und rationelle Wasserverwendung	Vorrang der Trinkwasserversorgung vor anderen Nutzungen, Aufklärung über angepasste und rationelle Wasserverwendung	Industrie/Gewerbe, Kommunen, Schulen	Verbraucher, Wasserversorgungsunternehmen	MNG, TrinkwV, DVGW-Regelwerk	mittel- bis langfristig	Kommunikation, Beratung
524									
525		Grundwasser- und Oberflächenwasserentnahmegebühr							
526		Mittelbedarf für vorbeugende Grundwassererschützmaßnahmen könnte sich bei Qualitätsbeeinträchtigungen des Rohwassers erhöhen	Bereitstellung der Mittel aus der Entnahmefähigkeit für den Trinkwasserschutz im bisherigen Umfang	Überprüfung der Prioritäten zu finanzierender Maßnahmen für die Wasserversorgung (Grundwasserschutz)	Wasserversorgungsunternehmen	Land	§ 28 (3) MNG	derzeit	Umsetzung, Förderung
527									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1	5.1.5	Datengrundlage und Forschungsbedarf in der Wasserwirtschaft							
528				Dauerhafte Implementierung geeigneter Methoden im Gewässerkundlichen Landesdienst zur Fortlaufenden Bewertung der Daten und Einbeziehung der Ergebnisse in wasserwirtschaftliche Planungen. Der § 29 Absatz 1 des Niedersächsischen Wassergesetzes, der die Aufgaben des Gewässerkundlichen Landesdienstes festlegt, sollte um den Aspekt Klimawandel erweitert werden	Land				Gesetzesänderung
529									
530									
531									
532	5.2	Küstenschutz							
533	5.2.1	Geschützte Niederungsgebiete der Festlandküste							
534				Fortführung des Programms "Bilanz Sturmflutsicherheit im Insel- und Küstenschutz"	Verbände	Land		laufend	Planung, Umsetzung
535			Gewährleistung der Sturmflutsicherheit der geschützten Gebiete	Kontinuierliche Anpassung der Sollvorgaben für die Sturmflutsicherheit der geschützten Gebiete	Verbände	Land		laufend	Planung, Umsetzung
536				Auslegung von Massivbauwerken für Nacherhöhung bis zu 1 Meter	Verbände	Land		derzeit	Planung, Umsetzung
537				Vorsorgemaß von 50 cm bei der Deichverstärkung berücksichtigen	Verbände	Land		derzeit	Planung, Umsetzung
538				Prüfung der Notwendigkeit einer Anpassung der Binnenentwässerung	Verbände	Land		kurzfristig	Prüfung, Planung
539				Verstärkte Beobachtung und mögliche Vorabschätzung der Klimaänderungsfolgen	NLWKN	Land		kurzfristig	Grundlagen
540		Die Sturmflutgefährdung in den geschützten Niederungsküsten wird steigen. Belastungen auf Küstenschutzwerke werden durch die zu erwartenden Klimaänderungsfolgen wesentlich erhöht.		Erfassung von Informationen und Daten mit Relevanz für Klimaänderungsfolgen	NLWKN, Nordst. Klimabüro	Land		kurzfristig	Grundlagen
541			Bereitstellung zeitnaher Informationen	Erstellung eines Katasters bodenmechanischer Kennwerte von Kleideckungen	NLWKN	Land		mittelfristig	Grundlagen, Planung
542				Erstellung eines Katasters zur schadensfreien und -armen Aufnahme von Wellenüberlaufmengen	NLWKN	Land		mittelfristig	Grundlagen, Planung
543			Sicherung von Flächen	Kompensationsplanung für absehbare Flächen- und Funktionsverluste des Naturhaushaltes und des Landschaftsbildes	Naturschutz	Land		mittelfristig	Planung
544				Erarbeitung einer Konzeption für die raumordnerische Sicherung notwendiger Flächen für eine zweite Deichlinie	Raumordnung	Land		mittelfristig	Planung
545			Frühzeitige Kooperation mit verantwortlichen Institutionen und Akteuren	Einrichtung einer Kommission aus Vertretern der betroffenen Institutionen und Akteure	Land, Landesreise-Verband, NLWKN, Naturschutz	Land		kurzfristig	Kommunikation
546									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
547	5.2.2	Schutz der ostfriesischen Inseln	Schutz der Inseln vor Sturmfluten	Fortführung der Umsetzung des Generalplans Küstenschutz -Ostfriesische Inseln einschl. des Vorsorgemaßes	NLWKN, WSV	Land		laufend	Planung, Umsetzung
548				Untersuchung potentieller morphodynamischer Klimaänderungsfolgen und möglicher Auswirkungen auf den Sturmflutschutz	NLWKN	Land		laufend	Grundlagen
549				Durchführung eines Erkundungsprogramms zum Aufschluss über dort verfügbare Sedimentvorkommen	NLWKN, LBEG, Raumordnung	Land		kurzfristig	Grundlagen, Planung
550		Die Sturmflutgefährdung für die ostfriesischen Inseln wird steigen. Belastungen auf Dörche, Schutzdörfer sowie Schutz- und Sicherungswerke werden zunehmen.		Sicherung geeigneter Gewinnungsgebiete für Sand im Küstenvorfeld	NLWKN, LBEG, Raumordnung	Land		mittelfristig	Planung
551			Sicherung von Flächen	Raumordnerische Sicherung von Schutzlunenbereichen	NLWKN, Raumordnung	Land		mittelfristig	Planung
552			Frühzeitige Kooperation mit verantwortlichen Institutionen und Akteuren	Gleichbehandlung der Ostfriesischen Inseln im Vergleich zum Festland bezogen auf den Schutz	Verbände, Inselkommunen, Deutschfriesische	Land		kurzfristig	Kommunikation, Planung
553									
554									
555	5.3	Landwirtschaft							
556		Bildung und Beratung							
557			Bildung und Beratung, um neue Erkenntnisse schnell in die Fläche bringen	Ausrichtung beruflicher Ausbildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen, die Beratung muss befähigt werden, die Landwirte im Sinne einer klimaangepassten Betriebsführung zu beraten	Beratungsinstitutionen, Bildungsträger	Land, LWK-Niedersachsen, Verbände		Weiterführung	Bildung
558				Beraterschulungen zur Beratung für eine nachhaltige Betriebsführung ("Coaching")	Berater	Land		kurzfristig	Bildung
559									
560		Beratungsgrundlagen erhalten (Versuchswesen, Datenbestand und Prognosemodelle)							
561				Versuchswesen weiterführen	Fachbehörden, Erzeugerorganisationen, Zuchtverbände, Industrie, Hochschulen	Land		Weiterführung	Bildung, Forschung
562			Beratungsgrundlagen erhalten um Erkenntnisse für die Beratung zu erarbeiten	Weiterentwicklung eines klimaangepassten Nährstoffmanagements mit Hilfe von Prognose- und Berechnungsmodellen für die Düngung, Nmin-Untersuchungen, Aufbereitungs- und Ausbringungsverfahren von Gülle- und Gärresten	Forschungseinrichtungen, Universitäten, Fachbehörden	Land		Weiterführung	Bildung, Forschung
563				Sicherung ausreichender Versuchs- u. untersuchungskapazitäten zur Überprüfung wirt. Schadens- und Bekämpfungsschwellen	LWK-Niedersachsenpflanzenschutzamt	Land		Weiterführung	Beratung, Bildung, Forschung
564			Fortführung von Prognosemodellen	ISIP-Informationssystem für integrierte Pflanzenproduktion: deutschlandweites Online-Beratungssystem, daran weiterarbeiten und weitere Module nutzen	Berater, Landwirte, Forschungseinrichtungen, Universitäten	Landspitzenrat, LWK-Niedersachsen		Weiterführung und Ausbau	Beratung, Bildung, Forschung
565			Informationen zur Pflanzengesundheit	kontinuierlicher Ausbau des Monitorings auf den Anbauflächen zur Feststellung von Veränderungen im Artenspektrum, Optimierung witterungsbasierter Schaderreger-Prognosemodelle usw.	Berater, Landwirte, Forschungseinrichtungen, Universitäten	Landspitzenrat, LWK-Niedersachsen		kurzfristig	Beratung/Bildung/Forschung
566			Optimierung kleinräumiger Frostprognose für den Obstbau	Installation eines flächendeckenden Netzes an modernen Wetterstationen, Nutzung von GIS-Systemen	Berater, Landwirte, Forschungseinrichtungen, Universitäten	Land, LWK-Niedersachsen		kurzfristig	Beratung/Bildung/Forschung

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmenart
1				Einrichtung einer zentralen Stelle zur Harmonisierung vorhandener Daten und Bereitstellung für alle Institutionen	Land	Land, Landesämter, LWK-Niedersachsen, Pflanzenschutz		kurzfristig	Wissensvermittlung für Forschung, Beratung und Bildung
567				Einbindung der Daten aus dem landwirtschaftlichen Versuchswesen	Land/LWK-Niedersachsen (Pflanzenschutzamt)	Land/LWK-Niedersachsen (Pflanzenschutzamt)		kurzfristig	Wissensvermittlung für Forschung, Beratung und Bildung
568				Daten aus den noch aufzubauenden Monitorings (s.o.) aufnehmen und zur Verfügung stellen.	Berater, Landwirte, Forschungseinrichtungen, Universitäten	Land/Pflanzenschutzamt, LWK-Niedersachsen		kurzfristig	Wissensvermittlung für Forschung, Beratung und Bildung
569				Agrarstatistik einbinden	Land/Landesamt für Statistik	Land/Landesamt für Statistik		kurzfristig	Wissensvermittlung
570				Einbindung der Ergebnisse des Testbetriebsnetzes und repräsentative Verteilung der Betriebe	Land/LWK-Niedersachsen	Land/LWK-Niedersachsen		kurzfristig	Wissensvermittlung
571			Zentrale Wissensverwaltung und Überwachung zur Vernetzung vorhandenen Wissens						
572				Zusammenstellung der regionalspezifisch geeigneten Maßnahmen für die verschiedenen Handlungsfelder im Bodenschutz zu einem Maßnahmenkatalog unter besonderer Berücksichtigung der Folgen des Klimawandels, vordringliche Handlungsfelder (s. a. Kap. 5.7 Bodenschutz)	Land/LBEG/LWK-Niedersachsen/ Forschungseinrichtungen, Universitäten, Laufende Forschungsprojekte	Land/LBEG/LWK-Niedersachsen		kurzfristig	Wissensvermittlung für Forschung, Beratung und Bildung
573				Im Sinne eines optimierten Bodenwasserhaushalts sind vorhandene Entwässerungssysteme hinsichtlich ihrer Funktion und Zielsetzung zu überprüfen und ggf. anzupassen, um den Beregnungsbedarf zu minimieren	Land/LBEG/LWK-Niedersachsen/ Forschungseinrichtungen, Universitäten, NLWKN	Land/LBEG/LWK-Niedersachsen, NLWKN		kurzfristig	Wissensvermittlung für Forschung, Beratung und Bildung
574									
575		Steuerungs- und Förderprogramme		Förderung von Infrastrukturmaßnahmen zum Wassermanagement (Bee- und Entwässerung, Speicherung, Waldbau etc.) unter Berücksichtigung des Vorrangs der Trinkwasserversorgung	Verbände	Land, Landesämter, LWK-Niedersachsen, Verbände		kurzfristig	Infstrukturmaßnahmen
576			Verbesserung der Potenziale zur landwirtschaftlichen Grundwassernutzung	Förderung der regionsspezifischen Kooperationen zwischen Landwirtschaft, Naturschutz, Wasserwirtschaft und Kommune (Kulturlandschaftsverbände)	Landesämter, LWK-Niedersachsen, Verbände	Land, Landesämter, LWK-Niedersachsen, Verbände		kurzfristig	Infstrukturmaßnahmen
577				Umsetzung durch Kulturlandschaftsverbände (Konsensorientiert durch regionalisierte Teilbudgets zur Verbesserung der Agrarstruktur) – keine Flurneuordnung im Sinne des Flurbereinigungsgesetzes: Größere Schläge, Besser geschnittene Schläge, Landbauliche Verbesserung, Wassermanagement, Ausdünnung des Wegenetzes, Biotopvernetzung	Landesämter, LWK-Niedersachsen, Verbände	Land, Landesämter, LWK-Niedersachsen, Verbände		kurzfristig	Infstrukturmaßnahmen
578				Zurückhaltung der Niederschläge und des gereinigten Abwassers (Klarwasser), um sie einer späteren Nutzung in der Vegetationsperiode zugänglich zu machen.	Land/LBEG/LWK-Niedersachsen, NLWKN	Land/LBEG/LWK-Niedersachsen, NLWKN		kurzfristig	Infstrukturmaßnahmen
579			Förderung der Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel und zur Verbesserung der Agrarstruktur						

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1									
580				Lenkungsfunction für die Wassernutzung durch die Wasserentnahmegebühr (WEG): Maßnahmen z.B. für Wasserspeicherung und Grundwasserneubildung zweckgebunden fördern	Land, NLWKN	Land, NLWKN		kurzfristig	Infrastrukturmaßnahmen
581				Förderung der einzelbetrieblichen Beratung – hinsichtlich Klimaanpassungsmaßnahmen und Effizienzsteigerung	Betriebe	Land, LWK-Niedersachsen, Beratungsgänge		3 Jahren	Beratung
582									
583									
584				die Datenlage zur Optimierung der Grundwassernutzung ist zu verbessern	NLWKN, LBEG, Forschungseinrichtungen, Universitäten	Land		kurzfristig	Forschung
585				Beregnungsbedarf in der Landwirtschaft quantifizieren und unter Berücksichtigung des Vorrangs der Trinkwasserversorgung bewerten	NLWKN, LBEG, LWK-Niedersachsen	Land		kurzfristig	Forschung
586				landesweiten Betrachtung: drainierten Flächen bilanzieren, intelligentes Drainmanagement sowie Rückbau oder Ausbau von Entwässerungseinrichtungen zur Verbesserung des Bodenwasserhaushaltes	NLWKN, LBEG, LWK-Niedersachsen	Land		kurzfristig	Forschung
587				gezielte Versickerung von Hochwässern wo möglich, Maßnahmen sollten initiiert werden (z.B.: Pilotprojekt Wulbeck).	NLWKN, LBEG, LWK-Niedersachsen	Land		kurzfristig	Forschung
588				In Regionen mit gegenwärtiger oder zukünftig größerer Abhängigkeit von Beregnungsverfahren müssen die Potenziale zur Grundwassernutzung prognostiziert und Auswirkungen auf die Ökosysteme untersucht werden	NLWKN, LBEG, LWK-Niedersachsen, Forschungseinrichtungen, Universitäten	Land		kurzfristig	Forschung
589				Erweiterung, Test und Einführung standortspezifischer Verfahren zur Beregnungssteuerung auf Grundlage von Klima- und Bodendaten. Einrichtung eines landesweiten Informationsdienstes zur vegetationsbegleitenden Bereitstellung aktueller Beregnungsbedarfsdaten.	LBEG, LWK Niedersachsen	Land		kurzfristig	Forschung
590				Testung und Einführung neuer wasser- und energiesparender Frostbekämpfungsmethoden für den Obstbau	Unis, LWK-Niedersachsen, Bundesforschungsanstalten, Fachfirmen	Land		kurzfristig	Forschung
591				Testung und Einführung neuer wasser- und energiesparender Bewässerungssysteme	Unis, LWK-Niedersachsen, Bundesforschungsanstalten, Fachfirmen	Land		kurzfristig	Forschung

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
592				Fortführung von Versuchen zur Humusanreicherung mit Bionasael (produkten) strukturschwacher Böden zur Erhöhung der Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit und C-Sequestrierung auf Versuchsfeldern der LWK mit Forschungspartnern und von Versuchen zu weiteren Anpassungsoptionen (Sorten- und Düngungsversuche, Bodenbearbeitung)	Zurzeit u. a. in KLIMZUG-NORD laufende Versuchsleistungen, LWK, LEUHANNA, TU HH	Land		kurzfristig	Forschung
593				Versuche mit weniger Wasser verbrauchenden Feldfrüchten, sowie zur Quantifizierung des Wasserverbrauchs der Kulturpflanzen bei erhöhter CO ₂ -Konzentration der Atmosphäre	Zurzeit bzw. UNI Göttingen, LWK Niedersachsen, Forschungseinrichtungen, Universitäten	Land		kurzfristig	Forschung
594				Wasserverbrauch von Energiepflanzen und -plantagen	Zurzeit bzw. BEST, Uni Göttingen, LWK Niedersachsen, Forschungseinrichtungen, Universitäten	Land		kurzfristig	Forschung
595									
596		Tierproduktion		Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Verbesserung des Verständnisses der Biologie von neuartigen Erregern, Vektoren und Wirten, die sich durch den Klimawandel hier festsetzen.	Universitäten, Hochschulen, Bundesforschungsanstalten	Land		kurzfristig	Forschung
597				Durch die neuen Krankheitserreger wird es u. U. notwendig, neue Medikamente bzw. alternative Behandlungsmethoden und Therapiemaßnahmen zu entwickeln und einzuführen (Akteure s. o.).	Unis, Bundesforschungsanstalten, Tierzuchtorganisationen	Land		kurzfristig	Forschung
598				Die gute fachliche Praxis beim Lebendtiertransport ist an die Bedingungen des Klimawandels anzupassen.	LWK-Niedersachsen	Land		Weiterführung	Beratung
599				Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Verbesserung des Verständnisses der Zusammenhänge zwischen Hitzestress, Leistung, Gesundheit und Fruchtbarkeit. Akteure sind dabei Universitäten und Hochschulen sowie Bundesforschungsanstalten	Unis, Bundesforschungsanstalten, Tierzuchtorganisationen	Land		kurzfristig	Forschung
600				Wissenstransfer in die Beratung und auf die Betriebe	Hochschulen, LWK, Niedersächsischen Beratungsgremien, Verbänden	Land		Weiterführung	Beratung
601				Überprüfung von Leistungsstandards und Zuchtzielen unter neuen Klimabedingungen.	Hochschulen, Verbände	Land		kurzfristig	Forschung
602									
603									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1									
604		Anpassungscheck gesetzlicher Regelungen		Überprüfung, ob die gesetzlichen Regelungen den wachsenden Anforderungen hinsichtlich des Klimawandels, insbesondere im Wasserrecht, gewachsen sind.	Land	Land		laufend	Überprüfung gesetzlicher Regelungen
605									
606									
607		Die Bedeutung der Versicherung im Anpassungsprozess prüfen							
			Betriebswirtschaftliche Risiken mindern	Die Landesregierung sollte vor dem Hintergrund des Klimawandels prüfen, ob sich durch die Einführung einer Elementarversicherung die Anpassungsvoraussetzungen für die Landwirtschaft verbessern und ob ggf. die dafür notwendigen Voraussetzungen für eine solche Einführung gegeben sind.	Landwirtschaft	Land		mittelfristig	
608									
609									
610	5.4	Fischerei							
611		Verbesserung des Wissensstands							
		Bestandsprognosen werden durch Klimawandel noch erschwert. Anpassungsfordernisse der Fischerei sind noch unzureichend erforscht.	Verbesserung des Wissensstands	Das Land Niedersachsen setzt sich für eine Intensivierung der Forschung zum besseren Verständnis der Auswirkungen des Klimawandels auf die Fischerei sowie zu möglichen Anpassungsfordernissen und -maßnahmen (z.B. zur Erforschung neuer Fangtechniken in der See- und Binnenfischerei) ein, insbesondere am Johann Heinrich von Thünen-Institut - Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI)	Forschung (vTI)	Bund		kurzfristig	Forschung, Einbeziehung auf Forschung des Bundes
612									
				Ermittlung der Vulnerabilität der Fischbestände auf der Basis der Informationen der Wasserrahmenrichtlinie und der klimabedingten Änderung der Wasserdynamik und -qualität.	Forschung	Land			Forschung
613									
614									
615		Schutz und Pflege von Lebensräumen							
616		Hochsee- und Küsterrischerei	Schutz des Lebensraums Nordsee, um die Reproduktionsfähigkeit der Fischpopulationen zu verbessern und die Pufferfähigkeit gegen mögliche Klimaveränderungen zu erhöhen	Fortführung der Arbeit des Landes Niedersachsen zur Umsetzung meereschutzrelevanter 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	Bund, Land	Land, NLWK, Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer		derzeit	Maßnahmenkombination
617									
618									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Aktoren	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1									
627				Weiterentwicklung einer nachhaltigen Aquakultur unter Berücksichtigung der Klimaänderung	Land, Unternehmen, Forschung	Land		kurzfristig	Maßnahmenkombination aus Förderprogrammen und Verbesserung Rahmenbedingungen
628				Verstärkte Nutzung des Grundwassers zur Wasserversorgung von Forstlebewirtschaften (teilweise in den Teichwirtschaften schon umgesetzt). Hierbei muss ein Ausgleich zwischen den Interessen aller Grundwassernutzer und dem Ziel einer nachhaltigen Grundwasserbewirtschaftung herbeigeführt werden (s. Kap. 5.1)	Land, Forstlebewirtschaften	Land		kurzfristig	Verwaltungs-handeln
629									
630	5.5	Wald und Forstwirtschaft							
631		Intensivierung der langfristigen Waldentwicklung							
632		Erfordernis aktiver, zielgerichteter Waldentwicklung, da natürliche Anpassung der Wälder nicht ausreicht	Erhalt aller Waldfunktionen und ihrer Gleichzeitigkeit	Einleitung und Verstärkung einer klimagerechten Waldentwicklung	Waldeigentümer, Verwaltung sowie nachgeordnete beratende und betreuende Behörden	Land	NWaldG, LWKG, MAGBNatSchG	derzeit	Umsetzung
633		Genetisch bedingt unterschiedlich gute Anpassung der Baumarten an den Klimawandel	Verwendung geeigneter Baumarten bei der Waldverjüngung	Laufende Überprüfung der Anbaueignung der Baumarten bei sich verändernden Standorten	MV-FVA, Universitäten	Land		derzeit	Forschung
634		Wissenslücken über standortspezifische Anbauoptionen	Abbau der Wissenslücke und Wissenstransfer in die Praxis	Ableitung standortspezifischer Anbauempfehlungen	Forstverwaltung	Land	NWaldG, LWKG	derzeit	Förderung von Information und Beratung
635		Lokale und regionale Gefährdung des Walddumbaues durch überholte Schalenwildbestände	Schaffung angepasster Walddichten	Abzelen auf walddverträgliches Niveau	Jäger, Waldeigentümer, Wald- und Jagdbehörden	Land	NJagdG	derzeit	Umsetzung
636		Ziel standortgerechter Mischbestände noch nicht überall verwirklicht	Erhalt aller Waldfunktionen, Risikominimierung	Anbau standortgerechter bewährter Baumarten bevorzugt in Mischbeständen und unter besonderer Berücksichtigung des heimischen Baumartenspektrums	Waldeigentümer, Verwaltung sowie nachgeordnete beratende und betreuende Behörden	Land		derzeit	Umsetzung
637		Risikoreichere Bewirtschaftung von Nadelholz-Reinbeständen als von Mischbeständen	Stabilisierung durch Mischwaldbewirtschaftung, ökologische Bereicherung, Senkung von Risiken (u. a. Waldbrand)	Entwicklung von Nadelholz-Reinbeständen zu Mischwäldern unter Verwendung klimaangepasster Baumarten und Herkunft	Waldeigentümer, Verwaltung sowie nachgeordnete beratende und betreuende Behörden	Land		derzeit	Umsetzung
638		Risiken durch standortlich schlecht angepasste Waldbestände	Erhöhung der betrieblichen Sicherheit, Risikominimierung	Verzicht auf den Anbau von Baumarten an ihren standortfremden und klimatischen Grenzbereichen	Waldeigentümer, Verwaltung sowie nachgeordnete beratende und betreuende Behörden	Land	NWaldG		
639		Teilweise verbesserungswürdiger Waldzustand, Durchforstungsmodelle noch nicht klimaangepasst	Stabilisierung der Wälder, Risikoreduzierung	Umsetzung klimaangepasster Durchforstungsmodelle und -maßnahmen, Anpassung der Produktionszeiträume, Verbesserung des Pflegezustandes, Förderung von Mischbaumarten	Forstwirtschaft, MV-FVA, Universitäten, NLMKN, Waldeigentümer, Verwaltung sowie nachgeordnete beratende und betreuende Behörden	Land	NWaldG		Umsetzung
640		Teilweise nicht standortgerechter natürlicher Verjüngung	Stabilisierung der Wälder, Risikoreduzierung	Ersatz nicht standortgerechter Naturverjüngung durch standortgerechte, klima- und betriebsgerechte Baumarten und Herkunft	Waldeigentümer, Verwaltung sowie nachgeordnete beratende und betreuende Behörden	Land	NWaldG		Umsetzung

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1									
641		Mögliche Verschlechterung von Wald und Forstwirtschaft auf Standorten mit kritischer Wasserversorgung	Erhalt aller Waldfunktionen und waldbaulichen Optionen, Risikominderung	Anbau trockenheitstoleranter, leistungsfähiger Baumarten und Herkunft, Umsetzung von waldbaulichen Maßnahmen zur Reduktion der Verdunstung	Waldgärtner, Verwaltung sowie nachgeordnete beratende und betreuende Behörden	Land	NWaldG		Umsetzung
642		Mögliche Einschränkung der Waldfunktionen in Gebieten mit negativer Wasserbilanz	Optimierung des pflanzenverfügbaren Wassers und Verbesserung des dezentralen Hochwasserschutzes	Entwicklung geeigneter waldbaulicher Produktions- und Pflegeprogramme	NW-FVA, Universitäten	Land	WHG, NWG		Forschung, Förderung von Information und Beratung
643		Erhöhte Anfälligkeit durch klimabedingte Stressfaktoren infolge der Versauerung von Waldböden	Verbesserung des Bodenmilieus durch Kompensation der Säureeinträge	Bedarfsgerechte Kompensationskalkulation	Waldgärtner, Verwaltung sowie nachgeordnete beratende und betreuende Behörden	Land	§ 30 BNatSchG bzw. § 24 NABNatSchG, DUVG	langjährig laufende Programme	Förderung, Umsetzung
644		Teilweise Verarmung von Waldböden lässt nur den Anbau anspruchsloser Baumarten zu	Schaffung von Bodenmilieus, die den Anbau anspruchsvoller Baumarten erlauben	Bedarfsgerechte Meliorationskalkulation (Aufwand: Finanzierung gesichert, Kompensationskalkulation bleibt landesweit prioritär)					
645		Gefahr der Beeinträchtigung sensibler Bereiche bei unsichergemäß ausgeführtem Waldbau	Erhalt und Förderung gefährdeter Wald- und Gebirgsgesellschaften	Beratung und Berücksichtigung beim Waldbau	NW-FVA, Universitäten, NLWKN, Forsteinrichtung/Waldgärtner	Land	BNatSchG, LWKG	langjährig laufende Berücksichtigung in den Forsteinrichtungswerken	Information und Beratung
646		Regional unterschiedsrichtliche Waldverteilung	Aufwertung durch Waldvermehrung, Erhöhung der C-Sinkkapazitäten	Neuwaldanlage unter Berücksichtigung landschaftsökologischer Belange	Waldgärtner, Verwaltung sowie nachgeordnete beratende und betreuende Behörden	Land, Kommunen	LROP, NWaldG	geringer Spielraum	Umsetzung
647									
648		Abstichung von forstlicher Forschung und Beratung							
		Stand der Kartierung und strukturellen Erfassung im Privatwald umfasst erst rund 40 Prozent der Standorte	Verbesserung der Erkenntnisse über 60 Prozent des Privatwaldes und Gewinnung von Hauptparametern für die Steuerung und ggf. Förderung lokaler forstlicher Maßnahmen	Mittelfristig ganzflächige und konsistente Standortkartierung und Strukturdatenerfassung im Privatwald (Waldinventur)	Forstverwaltung, private Waldbesitzer, Forsteinrichtung	Land			Forschung, Planung
649		Zentrale Stellung der Rotbuche in der pflanzensoziologischen Systematik der Wälder Mitteleuropas, Deutschland liegt im Zentrum des auf Europa beschränkten Buchenareals, die Rotbuche hat daher eine besonders hohe wirtschaftliche und ökologische Bedeutung	Gewährleistung aller Funktionen der Rotbuchenwälder	Intensive wissenschaftliche Dokumentation der Auswirkungen des Klimawandels auf Buchenwälder	NLWKN, NW-FVA, Universitäten	Land	NABNatSchG		Forschung
650		Fehlende Erkenntnisse über die Klimangepasstheit des forstlichen Vermehrungsgutes	Risikominderung durch Versorgung der forstlichen Praxis ausschließlich mit klimangepasstem Vermehrungsgut	Identifikation und Bereitstellung forstlichen Vermehrungsgutes klimangepasst, anpassungsfähiger und leistungsfähiger Baumarten und Herkunft, Abschätzung der Stresstoleranz und der Anbau Risiken für die Herkunft auf lokaler Ebene	NW-FVA, Universitäten, BL-AG	Bund, Land		derzeit	Forschung, Planung, Umsetzung
651		Sichere waldbauliche Produktionsprogramme sind nicht auf die Erfordernisse des Klimawandels ausgerichtet	Bereitstellen aktueller und klimangepasster Waldbauprogramme	Überprüfung waldbaulicher Produktionsprogramme zur Erhöhung der Stabilität und Produktivität der Bestände, zur Minderung der Risiken sowie Anbauempfehlungen für bestimmte Baumarten	Forstverwaltung	Land		derzeit	Forschung, Planung
652		Große Bedeutung des Anbaus standorts- und klimangepasster Mischbestände, da sie Risiken besser verteilen als Reinbestände	Entwicklung geeigneter Mischungsformen	Berücksichtigung standortsangepasster Mischungsformen in Forschung und Beratung	NW-FVA, Universitäten, Beratende und betreuende Behörden	Land	LWKG	derzeit	Forschung, Beratung
653		Große intraspezifische Variabilität der Forstpflanzen, die mit Blick auf den Klimawandel kaum ausgewertet ist	Erhalt der Biodiversität, langfristige Sicherung des Genpools zur Versorgung der forstlichen Praxis mit geeignetem Vermehrungsgut	Erhaltung, Prüfung und Charakterisierung des forstlichen Genpools	NW-FVA, Universitäten	Land		Teil laufender Programme	Forschung
654									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1									
855		Fehlende Auswirkungen der langjährigen Herkunftsforschung bezüglich der Klimaauswirkungen	Erkennung der Anpassbarkeit von Bäumen an Trockenstress	Auswertung der Herkunftsforschung im Hinblick auf Klimaanpassbarkeit und Erweiterung der molekularbiologischen Methoden	NW-FVA, Universitäten u. a. Forschungseinrichtungen	Land			Forschung
856		Notwendigkeit der gezielten Förderung der Bewirtschaftung des Private-, Kommunal- und Genossenschaftswaldes	Risikominimierung	Sicherung und Anpassung der Förderrichtlinien für forstwirtschaftliche Maßnahmen zur Verbesserung der Stabilität und der ökologischen wie ökonomischen Leistungsfähigkeit der Wälder	Forstverwaltung	Land	LWK	Teil laufender Programme	Planung
857		Lokale und regionale Einschränkung des wirtschaftlich sinnvollen Anbaus risikobehafteter Baumarten durch sich negativ entwickelnde Wasserbilanz	Ausscheiden von Risikogebieten für den Anbau der Baumarten und Erarbeitung lokal gültiger Handlungsempfehlungen für die Forstpraxis	Regionalisierung von Klima- und Standortinformationen einschließlich der klimatischen Wasserbilanz für verschiedene Klimaszenarien	NW-FVA, Universitäten, Forstverwaltung, Forsteinrichtung	Land		derzeit	Planung
858		Neue abiotische und biotische Risiken für den Wald	Risikoeinschätzung und -minderung	Quantifizierung und Bewertung klimabedingter abiotischer Risiken (z. B. Dürre, Sturm) und biotischer Risiken (Schädlingsforschung für Insekten und Pilze)	NW-FVA, Universitäten	Land		derzeit	Forschung, Beratung
859		Veränderung der Rahmenbedingungen für den Naturhaushalt durch den Klimawandel	Verbesserung der Erkenntnisse über mögliche ökologische Auswirkungen	Erforschung der Auswirkungen der veränderten ökologischen Rahmenbedingungen für den Waldnaturschutz, insbesondere der kombinierten Wirkungen verlängerter Vegetationszeiten, erhöhter CO ₂ -Konzentrationen und N-Einträge bei gleichzeitigem Wandel des Klimas auf das Konkurrenzverhalten der Arten	NW-FVA, Universitäten, NLWKN	Land	NABNatSchG		Forschung
860		Überformung der natürlichen Entwicklung der meisten Wälder durch Bewirtschaftung, Fehlen von Beobachtungen in unbewirtschafteten Wäldern bei Treter Sukzession	Gewinnung von Erkenntnissen der Abfolge in unbewirtschafteten Wäldern	Auswertung von Forschungsergebnissen über die natürlich ablaufenden Prozesse und die ungestörte Entwicklung der Waldgesellschaften in Naturwäldern im Rahmen des Regenerationsprogramms zur Langfristigen ökologischen Waldentwicklung (LÖWE) in den Niedersächsischen Landesforsten	NW-FVA, Universitäten	Land	NABNatSchG	Bestandteil laufender Programme	Forschung
861		Mögliche Verschiebung der Arealgrenzen von Tieren und Pflanzen, Auswirkungen auf Waldökologie und Naturschutz	Risikobewertung durch langfristige Beobachtung	Erforschung der Wandergeschwindigkeiten und -fähigkeiten von Waldarten	NLWKN, NW-FVA, Universitäten	Land	NABNatSchG		Forschung
862		Nachhaltigkeit des Naturhaushaltes	Erhalt der Arten- und Lebensraumvielfalt sowie der genetischen Vielfalt	Sicherung, Mehrung und Vernetzung von Biotopen und Arten auf Grundlage vorhandener Biodiversitätszentren	NLWKN, NW-FVA, Universitäten	Land	NWaldLG, NABNatSchG	derzeit	Planung
863		Verjüngungs- und Wuchsdynamik der Waldbäume	Sicherstellen der ökologischen Verträglichkeit eingeführter Baumarten	Prüfung der Eignung nichtheimischer Baumarten mit besonderer Berücksichtigung ihres Invasionspotenzials	NW-FVA, Universitäten	Land		Bestandteil laufender Programme	Forschung
864									
865		Sicherung und Weiterentwicklung des Waldmonitorings							
866		Unverzichtbare Daten und Informationen über Änderungen der forstlichen Umweltbedingungen durch nationales und europäisches Waldmonitoring	Sicherstellung der langfristig angelegten Dokumentation der Waldgesundheit, des Bodenzustandes und wesentlicher Kenndaten zum Waldbau und zur Biodiversität	Sicherstellung eines langfristig angelegten wie finanzierbaren Waldmonitorings, das in ein von EU und Bund zu erarbeitendes Gesamtkonzept einzupassen ist	Forstverwaltung	EU, Bundes- und Landesbehörden			Politische Einflussnahme auf Bundes- und EU-Ebene, Forschung

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Aktuelle	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1									
667		Erst ansatzweise Berücksichtigung des Klimawandels in den derzeitigen bewährten Planungsinstrumenten	Weisernutzung der bestehenden Planungsinstrumente unter Berücksichtigung des Klimawandels	Anpassung an die Belange des Klimawandels, z. B. Bodenzustandserhebung, Waldzustandserhebung, Bundeswaldinventur, Waldfunktionenkartierung, des genetischen Monitorings und weiterer Instrumente des Kontroll-, Monitoring- und Berichtswesens im Rahmen bundes- und europaweiter Verpflichtungen	Forschverwaltung	Land			Planung
668			Bereitstellung einer aktuellen umfassenden zeitübergreifenden Darstellung der Funktionen und Aufgaben des Waldes als zentrales Instrument zur Umsetzung forstpolitischer Ziele	Fortschreibung des „Waldprogramms Niedersachsen“ als Fachprogramm unter Berücksichtigung der Auswirkungen des Klimawandels	Forschverwaltung	Land		nach Abschluss Bundeswaldinventur 3	Planung
669									
670									
671		Regionale Maßnahmenswerpunkte Westniedersächsisches Tiefland							
672		Noch zu hohe Immissionsbelastungen insbesondere durch Einträge aus der Landwirtschaft in der Wuchregion	Reduzierung der Belastungen auf ein ökologisch verträgliches Niveau	Konsequente Minderung derzeitiger, überdurchschnittlich hoher Vor- und Zusatzbelastungen - insbesondere von Immissionen	Umweltbehörden, Industrie, Landwirtschaft	Land	BImSchG, NBodSchG	ist fortzuführen	Umweltpolitik
673		Hoher Anteil strukturarmer, risikobehafteter Waldbestände	Risikominimierung und ökologische Verbesserung strukturarmer und instabiler Wälder	Verstärkter Umbau der häufig noch strukturarmeren und instabilen aus erster Waldgeneration (Aufforstungen) hervorgegangenen Waldbestände vor allem vor dem Hintergrund vermehrt zu erwartender Extremereignisse (z. B. Stürme) in Mischwäldern mit stabilen Hauptbaumarten. Der Eiche kommt in Mischung mit anderen Laubbäumen standortbedingt eine Schlüsselrolle zu.	Waldigentümer, Verwaltung sowie nachgeordnete beratende und betreuende Behörden	Land			Umsetzung
674									
675		Übertragende Bedeutung aller Wälder in der waldarmen Wuchregion	Quantitative und qualitative Sicherung aller Waldfunktionen	Erhalt aller vorhandenen, teilweise auch kulturhistorisch sehr wertvollen Wälder mit ihren besonders bedeutungsvollen Funktionen für Landschaft, Natur und Erholung	Waldigentümer, Verwaltung sowie nachgeordnete beratende und betreuende Behörden	Land	Naturschutz, NABodSchG	gelingende Praxis	Umsetzung
676		Ostniedersächsisches Tiefland							
677		Nicht standortgerechte Fichtenwälder	Betriebliche Risikominimierung, Verbesserung der ökologischen Qualität	Sukzessive Ablösung stark risikobehafteter und nicht standortgerechter Fichtenbestände durch klima- und standortgerechte Baumarten	Waldigentümer, Verwaltung sowie nachgeordnete beratende und betreuende Behörden	Land		derzeit	
678		Sehr hoher Flächenanteil an bereits heute als mäßig frisch bis trocken eingestuft Standorten	Sicherstellen standortangepasster, trockenheitstoleranter Bestockung	Zuweisung einer möglicherweise größeren Anbaufläche für die standortlich vergleichsweise anspruchslose Pionierbaumart Kiefer beim künftigen Waldaufbau	Forschverwaltung, Forsternichtung	Land			Planung
679		Hohe Gefährdung durch nadelnennende trockenen (Kiefern- und Föhrenwälder) in der Wuchregion	Senkung bestandsbedingender Risiken, die von Kiefern- und Föhrenwäldern ausgehen	Ökologische Aufwertung strukturarmer Kiefernbestände (z. B. durch Einbringen oder Förderung von Mischbaumarten)	Waldigentümer, Verwaltung sowie nachgeordnete beratende und betreuende Behörden	Land		derzeit	Umsetzung
680		Durch den Klimawandel sich weiter verschärfendes Waldbrandrisiko in Nadelwäldern	Minderung des Waldbrandrisikos	Fortsetzung der erfolgreich eingeleiteten Anreicherung der Nadelwälder mit Laubholz und Qualifizierung der Waldbrandbekämpfung und -prävention	Waldigentümer, Verwaltung sowie nachgeordnete beratende und betreuende Behörden, Feuerwehr	Land		derzeit	Umsetzung, Weiterbildung

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Aktoren	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1									
		Hoher Anteil an großblättrigen Strukturarmen, oft aus Wiederaufforstung nach Heide hervor gegangenen Nadelwäldern	Verbesserung des Strukturraums	Im Zuge von Waldpflege und -verjüngung Überführung in strukturreichere und leistungsfähigere Mischwälder, soweit standardmäßig möglich und sinnvoll unter Beteiligung von Laubholz und Douglasie, wo sie sich in das forstliche Baumartenspektrum einfügt	Waldeigentümer, Verwaltung sowie nachgeordnete beratende und betreuende Behörden	Land		derzeit	Umsetzung
681		Gewährleistung der Biodiversität in geschlossenen Laubwäldern	Etablierung von Lichtbaumarten und Bereitstellung von Offenflächen aus Belangen des Naturschutzes	Durchführung von Kleinkahlschlägen	Waldeigentümer, Verwaltung sowie nachgeordnete beratende und betreuende Behörden, UNB	Land	§ 12 NWaldG	lokal umgesetzt	Umsetzung
682		Verlängerte Vegetationszeit	Senkung der annehmenden Späthrisogelzeit	Förderung dauerwaldartiger Waldaufbauformen mit Bevorzugung von Naturverjüngung unter Schirm	Waldeigentümer, Verwaltung sowie nachgeordnete beratende und betreuende Behörden			derzeit	Umsetzung
683									
684									
685		Niederschassisches Bergland							
686		Betriebliche Risiken durch nicht standortgerechte Fichtenwälder	Risikominderung, ökologische Verbesserung	Überführung nicht standortgerechter Fichtenwälder in standortgerechte Mischwälder	Waldeigentümer, Verwaltung sowie nachgeordnete beratende und betreuende Behörden	Land		derzeit	Umsetzung
687		Gewährleistung des Anbaus der Fichte als wichtiger Wirtschaftsaumart	Erhöhung der Betriebssicherheit gegenüber zusätzlichen Risiken durch Extremereignisse und biotische Schadereignisse	Anbau der Fichte, die standortlich weiterhin vielfach anbaueignend bleiben wird, zukünftig verstärkt in Mischbestandstypen vor allem mit Buche und geeigneten Nadelbaumarten	Waldeigentümer, Verwaltung sowie nachgeordnete beratende und betreuende Behörden	Land		derzeit	Umsetzung
		Gefährdungspotenzial in Buchenwäldern durch abiotische Schadereignisse (z. B. Sturm)	Betriebliche Risikominderung und -minderung, Schaffung zusätzlicher Naturerfahrungspotenziale für klimabedingt Schadereignisse auch in Buchenbeständen	Erhöhung der Mischbaumartenteile in Buchenbeständen	Waldeigentümer, Verwaltung sowie nachgeordnete beratende und betreuende Behörden	Land		derzeit	Umsetzung
688									
689									
690	5.6	Biodiversität und Naturschutz							
691		Verbesserung des Wissensstands							
				Nutzung u. Weiterentwicklung der niedersächsischen Erfassungs- u. Monitoringprogramme zur Identifizierung und Dokumentation klimabedingter Veränderungen bei Arten und Lebensräumen	NLWKN	alle, die mit den Ergebnissen arbeiten bzw. daran interessiert sind z. B.: Naturschutzbehörden, Umweltschutzverbände, Bildungseinrichtungen, andere Fachverwaltungen	BNatSchG NAGBNatSchG		Forschung
692				Erstellung einer Klimasensitivitätsanalyse für Arten und Lebensräume	NLWKN, Forschungseinrichtungen	s. o.	BNatSchG NAGBNatSchG		Forschung
693				Rückkoppelung mit Untersuchungen auf Bundesebene u. in den anderen Bundesländern; Zusammenarbeit im Rahmen bundesweiter u. länderübergreifender Untersuchungen u. Monitoringprogramme	NLWKN, Bundes- und Landesfachbehörden	s. o.	BNatSchG NAGBNatSchG		Forschung
694		Erfordernis eines ausreichenden Wissensstandes über Klimabedingte (prognostizierte und eingetretene) Veränderungen des Naturhaushaltes und der biologischen Vielfalt v. a. in den naturräumlichen Regionen	Verbesserung des Wissensstands	Einbeziehung der Ergebnisse regionaler Klimaforschung	NLWKN, Klimaforschungseinrichtungen	s. o.	BNatSchG NAGBNatSchG		Forschung
695		Nachschärfen, als wichtige Voraussetzung für eine angemessene Einbeziehung der Klimathematik in Naturschutzhandeln		Zusammenarbeit mit anderen Fachdisziplinen, die sich mit dem Naturhaushalt beschäftigen	NLWKN, Forschungseinrichtungen (z. B. Forstl. Versuchsanstalt, LBEG)	s. o.	BNatSchG NAGBNatSchG		Forschung
696									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1					projektbezogene Zusammenarbeit u. fachlicher Austausch zwischen Forschungseinrichtungen u. Naturschutzakturen bei Forschungsthemen mit Relevanz für die Naturschutzpraxis	Forschungseinrichtungen, Naturschutzbehörden (insb. NLWK, Großschutzgebietsverwaltungen), Umweltverbände	s.o.	BNatSchG, NABNatSchG, NPGHarrNL, NWatNPG, NEIbBRG	Forschung
697									
698									
699									
700					Berücksichtigung der Zielsetzung in der Landschaftsplanung (Landschaftsprogramm, Landschaftsrahmenplan, Landschaftsplan, Grünordnungsplan)	Naturschutzbehörden, Gemeinden	alle, die in der Landschaft agieren: Naturschutzbehörden, Landnutzer und Flächeneigentümer, Fachverwaltungen, Umweltverbände	BNatSchG, NABNatSchG, NPGHarrNL, NWatNPG, NEIbBRG	Planung
701		Planungen, Konzepte und Programme des Naturschutzes berücksichtigen heute noch keine Aspekte des Klimawandels, da klimabedingte Veränderungen des Naturhaushaltes bisher noch kaum nachweisbar sind	Integration naturschutzrelevanter Aspekte des Klimawandels in Planungen, Konzepte und Programme des Naturschutzes entsprechend der jeweiligen Erkenntnislage	Berücksichtigung der Zielsetzung bei Pflege- und Entwicklungsplänen für Schutzgebiete (Managementplänen für Natura 2000-Gebiete)	untere Naturschutzbehörden, Nds. Landesforsten, NLWK, Großschutzgebietsverwaltungen	s.o.	BNatSchG, NABNatSchG, NPGHarrNL, NWatNPG, NEIbBRG	Planung	
702				Berücksichtigung der Zielsetzung in Naturschutzprogrammen und Förderrichtlinien	Landesregierung	s.o.	BNatSchG, NABNatSchG, EU-Förder-richtlinien	Anpassung der Förder-rahmen-bedingungen	
703				Berücksichtigung der Zielsetzung in Arten- u. Biotopschutzkonzepten	Landesregierung, NLWK, Großschutzgebietsverwaltungen	s.o.	BNatSchG, NABNatSchG, NPGHarrNL, NWatNPG, NEIbBRG	Planung	
704				Anpassung von Schutzzweckformulierungen in Schutzgebietsverordnungen und -gesetzen	untere Naturschutzbehörden, Landesregierung	s.o.	BNatSchG, NABNatSchG	Rechtssetzung	
705									
706									
707				Vorhalten eines repräsentativen Schutzgebietsnetzes	untere Naturschutzbehörden, Landesregierung	s.o.	BNatSchG, NABNatSchG	Umsetzung, Rechtssetzung	
				Schaffung u. Erhaltung von Trittsteinbiotopen u. Strukturvielfalt in der gesamten Landschaft; Instrumente des Naturschutzes sind u. a. Verträgenaturschutz, Fördermaßnahmen, Flächenankauf	Naturschutzbehörden, Verwaltungen der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft, Gemeinden	s.o.	BNatSchG, NABNatSchG, sowie die jeweiligen Fachgesetze	Umsetzung	
708				Minimierung des Zerschneidungseffektes für Lebensräume	insbes. Straßenbauverwaltungen, Raumordnung, Bauleitplanung, Naturschutzbehörden	s.o.	BNatSchG, NABNatSchG, NROG, ROG, BauGB	Planung	
709		Um eine geographische Anpassung von Arten u. Populationen an sich ändernde Klimabedingungen zu ermöglichen, ist ein effektives Biotopverbundsystem notwendig	Schaffung u. Erhaltung eines effektiven landesweiten, flächenübergreifenden Biotopverbundsystems	Minimierung des Verbrauchs insbesondere naturnaher Flächen	Raumordnungs-, Bau-, Straßenbau-, Naturschutzbehörden	s.o.	BNatSchG, NABNatSchG, ROG, NROG, BauGB	Planung	
710				Wiederherstellung der Durchgängigkeit von Fließgewässern u. Auen	Naturschutzbehörden, Wasserwirtschaftsverwaltung	s.o.	WHG, NWG, WRRL, BNatSchG, NABNatSchG	Umsetzung	
711				naturnaher Bewirtschaftung von Nutzflächen im Biotopverbund; Instrumente des Naturschutzes sind u. a. Verträgenaturschutz, Fördermaßnahmen, Flächenankauf	Naturschutzbehörden, Verwaltungen der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft	s.o.	BNatSchG, NABNatSchG sowie die jeweiligen Fachgesetze	Umsetzung	
712									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1									
713		Vorhandene Beeinträchtigungen von Arten u. Lebensräumen erschweren deren Anpassung an den Klimawandel u. vermindern ihre Widerstandskraft gegenüber den Folgen des Klimawandels	Optimierung der Lebensräume klimasensitiver u. od. gefährdeter Arten	Vorhalten ausreichend großer Flächen mit Biotopschutzfunktion	Naturschutzbehörden	s.o.	BNatSchG, NABatSchG		Umsetzung
714				Minderung bestehender Beeinträchtigungen, Intensivierung von Entwicklungsmaßnahmen zu mehr Naturnähe	Naturschutzbehörden, Landesforsten, Wasserwirtschaftsverwaltung	s.o.	BNatSchG, NABatSchG, NWatdLG, NWatG, WHG		Umsetzung
715				Zulassen der natürlichen Dynamik von Ökosystemen	Naturschutzbehörden, Landesforsten	s. o.	BNatSchG, NABatSchG, NWatdLG		Umsetzung
716									
717		Informations- und Öffentlichkeitsarbeit							
718				Darstellung der Bedeutung von Ökosystemen für den Klimaschutz und die Klimafolgenanpassung	NINA, NLWKN, Großschutzgebietsverwaltungen	Allgemeine Öffentlichkeit, Naturschutzbehörden, Fachverwaltungen, Landnutzer und Flächeneigentümer, Umwelverbände	NABatSchG, NABatSchG, NPGHerzli, NWatNPG, NEBibBG		Information und Bildung
719		Das Thema "Klimawandel und Biodiversität in Niedersachsen" wird in der Öffentlichkeit bisher erst wenig wahrgenommen	Sensibilisierung einer breiten Öffentlichkeit für die Problematik; Schaffen von Verständnis für die Belange des Naturschutzes bei der Klimafolgenanpassung; Information der Naturschutzakteure	Information über zu erwartende und bereits eingetretene Auswirkungen auf die biologische Vielfalt	NINA, NLWKN, Großschutzgebietsverwaltungen	s.o.	NABatSchG, NABatSchG, NPGHerzli, NWatNPG, NEBibBG		Information und Bildung
720				Darstellung der Möglichkeiten des Naturschutzes zur Unterstützung von Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen	NINA, NLWKN, Großschutzgebietsverwaltungen	s. o.	NABatSchG, NABatSchG, NPGHerzli, NWatNPG, NEBibBG		Information und Bildung
721		Der Wissenstransfer von der Forschung zu den Akteuren im Naturschutz erfolgt noch nicht optimal	Verbesserung des Wissenstransfers von der Forschung zu den Akteuren im Naturschutz	Vermittlung der Belange des Naturschutzes bei der Umsetzung von landschaftsbezogenen Klimaanpassungsmaßnahmen in anderen Handlungsfeldern	NINA, NLWKN, Großschutzgebietsverwaltungen	s.o.	NABatSchG, NABatSchG, NPGHerzli, NWatNPG, NEBibBG		Information und Bildung
722				regelmäßige Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen und den Informations- und Bildungseinrichtungen des Naturschutzes	Forschungseinrichtungen, BfN, NINA, NLWKN, Großschutzgebietsverwaltungen	s.o.			Kommunikation
723									
724	5.7	Bodenschutz							
725		Übergreifende Maßnahmen							
726		Identifizierung besonders betroffener Gebiete							
727		Regional unterschiedliche Ausprägungen der Klimafolgen und Auswirkungen auf die niedersächsischen Böden	Identifizierung besonders betroffener Gebiete	Anpassung der Datengrundlagen	Land und nachgeordnete Fachbehörden	LBEG		laufend	Förderung von Information und Beratung
728				Implementierung geeigneter Auswertungsmethoden im Niedersächsischen Bodeninformationssystem	Land und nachgeordnete Fachbehörden	LBEG		laufend	Förderung von Information und Beratung
729									
730		Entwicklung regionaler Anpassungsstrategien							
731				Verknüpfung von Bodendaten mit anderen Fachdaten	Land und nachgeordnete Fachbehörden	LBEG		laufend	Förderung von Information und Beratung
732		Regional unterschiedliche Ausprägungen der Klimafolgen und Auswirkungen auf die niedersächsischen Böden	Entwicklung regionaler Anpassungsstrategien	Ergänzung von §8 NBodSchG zur Weiterentwicklung der Methoden im NIBIS zur Berücksichtigung der Auswirkungen des Klimawandels und der Bewertung von Anpassungsmaßnahmen (Aufwand: 1 Jahr)	nachgeordnete Fachbehörden, Gebietskörperschaften	Landesregierung	NBodSchG, BBodSchG, ROG, BtöB, BNatSchG	kurzfristig	Rechtssetzung
733				Schaffung von Beratungs- und Entscheidungsgrundlagen auf Grundlage von Ergebnissen der Bodendauerbeobachtung in Niedersachsen	Fachbehörden	LBEG, NW-FVA		laufend	Förderung von Information und Beratung
734									

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1			Verankerung der Bedeutung des Bodens als Wasserspeicher im Sinne des Hochwasserschutzes und als Kohlenstoffspeicher für den Klimaschutz im BBodSchG.		Landesregierung			
736			Neuausrichtung von Förder- und Beratungsprogrammen auf bodenbezogene Klimaanpassungsmaßnahmen		Landesregierung			
737			Verstärkte Ausrichtung der Agrarumweltmaßnahmen (AUM) auf bodenbezogene Klimaschutz- und -anpassungsmaßnahmen		Landesregierung			
738	Zur Klimafolgenanpassung sind bisher keine spezifischen bodenschutzrechtlichen Instrumente vorhanden	Überprüfung und ggf. Ergänzung von Fachrechten und Leitlinien mit bodenschutzrechtlichen Bezug in Hinblick auf den Klimawandel (Aufwand: 1-3 Jahre)	Konkretisierung und Weiterentwicklung der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung im Sinne einer Klimafolgenanpassung.	Land, nachgeordnete Fachbehörden, Gebietskörperschaften	Landesregierung	NBodSchG, BBodSchG, ROG, BGB, BNatSchG	kurzfristig	Rechtssetzung
739			Fortschreibung des landwirtschaftlichen Fachrechts (Düngung und Pflanzenschutz)		Landesregierung			
740			Vollzug überprüfen hinsichtlich der Umsetzung von bestehenden gesetzlichen Regelungen (u.a. BBodSchG §17 (2) 3.) und Leitlinien (Leitlinie ordnungsgemäßer Landwirtschaft)		Landesregierung			
741								
742								
743	Maßnahmen, Förderprogramme, Forschung nach Themenfeldern							
744	Bodenwasserhaushalt							
745	Verstärkung des klimatischen Wasserdefizits im Sommer; stärkere Ausnutzung der Bodenwasservorräte im Sommer; Zunahme von Trockenstressphasen für die Vegetation;		Förderung der Versickerung durch Maßnahmen zur Verbesserung der Bodenstruktur (z.B. Humusaufbau)		LBEG, LWK			
746		Schutz der Bodenfunktionen, Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der Böden, Erhöhung der Wasserspeicherfähigkeit	Identifizierung und Freihaltung von Böden mit einem wesentlichen Beitrag zur Klimafolgenbewältigung in Städten (Kühlfunktion, Teilnahme am Wasserkreislauf).	Landwirte, Gebietskörperschaften, Fachbehörden	LBEG, Gebietskörperschaften	CrossCompliance, NBodSchG, BBodSchG, BNatSchG, NWG, BGB		Förderung von Information und Beratung, Beratung/Bildung, Forschung, Beratung
747	Trockenschäden und Zunahme des Ertragsrisikos; sinkender Grundwasserspiegel infolge stärkerer Beanspruchung der Grundwasservorräte		Handlungs- und Förderprogramme zum verbesserten Schutz und Erhalt von Dauergrünlandflächen als Wasserspeicher,		Landesregierung, LWK, LBEG			
748			Verfahren der kontrollierten Drainage		LBEG			
749			Regeneration bzw. Erhalt des natürlichen Wasserhaushalts (z.B. Moore, Auen)		Landesregierung, NLWKN			
750	Nutzungskonflikte (Trinkwasser, Brauchwasser, Bewässerungswasser, grundwasserabhängige Landökosysteme, Flächgewässer); Verlängerung der Vegetationsperiode führt zu erhöhtem Wasserbedarf;	Anpassung der Beregnung an den Klimawandel	gezielte und standortabhängige Beregnung, Einsatz wassersparender Beregnungstechniken		LWK, LBEG, NLWKN	CrossCompliance		Forschung, Beratung, Kontrolle
751	Zunahme der beregnungsbedürftigen Fläche und der notwendigen Beregnungswassermenge		Anpassung der landw. Produktionsrichtung unter Beachtung sich verändernder Wasservorräte	Landwirte,	Landesregierung, LK, NLWKN, LBEG	NWG		
752			Anpassung der Wasserrechte für Feldberegnung		LWK			
753	Verschlechterung der Nährstoffverfügbarkeit/ Düngewirkung infolge Wassermangels; zunehmende Gefahr von Stoffausträgen durch Zunahme des Sickerwasseranfalls im Winter	Verminderung von Nährstoffüberhängen	Anpassung der Düngestrategie	Landwirte		Fachrechte		Beratung, Kontrolle

A		B		C	D	E	F	G	H	I
Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp		
1										
778	Eutrophierung benachbarter Ökosysteme und/oder Fließgewässer.	Verminderung der Erosionsgefährdung	Weiterentwicklung praxisnaher Erosionsprognosemodelle zur Beurteilung des potenziellen Erosionsrisikos und der Effektivität von Maßnahmen gegen Erosion mit Blick auf den Klimawandel, Anpassung des Erosionsschutzkatasters an die prognostizierten Folgen (Aufwand: 2 Jahre)	Landwirte, Fachbehörden	LBEG, LWK, Landesregierung	CrossCompliance, BBodSchG	kurzfristig	Forschung, Beratung		
777			Erosionsmonitoring (auch zur Umsetzung der Ziele der EU-WRRL zu Verringerung diffuser Stoffeinträge aus der Landwirtschaft)	Fachbehörden	LBEG, LWK		laufend	Beratung		
778	Reduzierung der Durchwurzelungstiefe		Förderprogramme zur Erhöhung der natürlichen Wasserretention	Fachbehörden, Landwirte	Landesregierung			Förderung		
779										
780										
781	Verdichtung									
782	Zunahme der potenziellen Verdichtungsgefährdung, Reduzierung der Durchwurzelungstiefe, Verringerung der Infiltrationskapazität und Verstärkung von Staunässe > Zunahme des Oberflächenabflusses	Verminderung der Verdichtungsgefährdung	Berücksichtigung der Bodenfeuchte bei der Wahl des richtigen Bearbeitungszeitpunktes (Aufwand: 2 Jahre)	Landwirte, Fachbehörden	LBEG, LWK	CrossCompliance	laufend	Forschung, Beratung		
783			Erhöhung der Aggregatstabilität durch humuserhaltende Bewirtschaftungsverfahren, konservierende Bodenbearbeitung					Beratung		
784	> Zunahme der Hochwassergefährdung, erhöhte N2O-Emissionen durch stärkere Denitrifikation im Winter		Bei bereits vorhandener Verdichtung: Bodenlockerung und Tiefpflügen bei einer Unterbodenverdichtung		LWK, LBEG	BBodSchG		Beratung		
785										
786	Stoffhaushalt									
787	Zunahme der Mineralisation durch höhere Temperaturen im Herbst/Winter oder Abnahme durch Wasserüberschutz im Winter, Verringerung der Abbauleistungen der Böden, Gefahr von zunehmenden Nährstoffüberhängen durch verringerte Nährstoffaufnahme in Trockenperioden.	Schutz des Grundwassers, Verringerung von Stoffausträgen, Erhalt der Filterfunktion der Böden	Anpassung der Düngestrategie mit zeitlicher Abstimmung zu Bewässerungsmaßnahmen	Landwirte, Fachbehörden	LWK, NLWK, LBEG	Fachrechte, NNG		Förderung, Beratung		
788			Anpassung der Pflanzenschutzstrategie							
789										
790										
791										
5.8	Industrie und Gewerbe									
792	Verbesserung des Wissensstands	Verbesserung des Wissensstands	Weitere Förderung von Forschung und Entwicklung, etwa von noch spezifischeren Untersuchungen der Folgen des Klimawandels für die zentral betroffenen wirtschaftlichen Teilbereiche und den Transfer dieses Wissens zu den Anwenderinnen und Anwendern.	Forschung	Land		kurzfristig	Forschung		
793										

Kap.	A	B	C	D	E	F	G	H	I
		Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1		Klimafolgen für Unternehmen zu wenig erforscht. In Unternehmen wenig Wissen über Risiken und Chancen des Klimawandels	Aufklärung, Information zu Klimafolgen, insb. KM	Weitere Förderung und Intensivierung der Aufklärungs- und Informationsarbeit über die gesicherten Erkenntnisse zu den Folgen des Klimawandels gerade für die kleinen und mittelständischen Unternehmen in Niedersachsen. In Zusammenarbeit von Behörden, Kammern und Branchenverbänden sollten hier Daten zum Klimawandel und den branchenspezifischen Auswirkungen zielgruppengerecht zur Verfügung gestellt werden.	Unternehmen	Land, Behörden, Kammern, Branchenverbände		kurzfristig	Information
795									
796				Im Dialog mit Unternehmensverbänden, Industrie- und Handelskammern sowie Handwerkskammern sollten praxisnahe Checklisten zur Überprüfung der Betroffenheit durch den Klimawandel sowie Handlungsempfehlungen gerade für kleine Unternehmen bereitgestellt werden. Diese sollen Handlungs- und Innovations-notwendigkeiten aufzeigen.	Unternehmen	Land, Behörden, Kammern, Branchenverbände		kurzfristig	Information
797									
798									
799				Bezüglich der Anlagensicherheit sind bundes- und europaweit zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen: die statische Auslegung von Anlagen an häufigere und stärkere Stürme, der betriebliche Schutz gegen Extremniederschläge und Hochwasser, das Sicherheitsmanagement sowie die rechtlichen und technischen Vorschriften.	Unternehmen	Unternehmen, Aufsichtsbehörden		laufend	
800		Klimabedingte Unternehmensrisiken durch Extremwetter, Überschwemmungen, Hitze, etc.	Reduzierung von klimabedingten Unternehmensrisiken	Überarbeitung von Entwicklungs- und Bebauungsplänen. Bei Neuausweisungen von Gewerbe- und Industriegebieten ist es dabei notwendig, Risikoflächen zu meiden und ggf. die Schaffung von Baurecht zu versagen.	Unternehmen	Kommunen		laufend	
801				Die Entwicklung und Einführung von kostengünstigen, effizienten und klima- und ressourcenschonenden Kühl- und Klimatisierungssystemen sollte gefördert werden.	Unternehmen	Land		kurzfristig	Förderung
802				Unterstützung der Entwicklung von Klimaanpassungsstrategien von Unternehmen und Gewerbestandorten insbesondere mit Blick auf die gesamte Wertschöpfungskette.	Unternehmen	Land		kurzfristig	Unterstützung
803				Unterstützung insbesondere von kleinen und mittleren Unternehmen bei der Integration von Klimarisiken in das Risikomanagement.	KMU	Land		kurzfristig	Unterstützung
804									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
805	1	Nutzung von Innovationschancen							
806				Die bestehenden Technologie- und Innovationsförderprogramme sollten daraufhin überprüft werden, ob Fragen des Klimawandels als potentielle Innovations- und Technikentwicklungschance bereits hinreichend berücksichtigt werden.	Unternehmen	Land		kurzfristig	Prüfung von Förderprogrammen
807									
808		Klimawandel und Klimaanpassung wird als Innovationschance von Politik und Unternehmen zu wenig berücksichtigt		Zur Deckung des zunehmenden Bedarfs an innovativen Klimaanpassungsmaßnahmen und zur Nutzung der hieraus erwachsenden Innovations- und Gründungschancen sollten die bestehenden Einrichtungen und Dienstleistungen der Innovations- und Gründungsförderung um Fragen der Klimaanpassung und des Klimaschutzes erweitert werden und dafür spezifische Analyse-, Beratungs- und Vernetzungsleistungen entwickeln und diesbezüglich auch mit der von der Regierungskommission vorgeschlagenen zentralen Klimaschutzinstitution kooperieren.	Unternehmen	Land, Innovations- und Gründungsförderung, zentrale Klimaschutzinstitution (s. Enqpl. Nöb Klimaschutzstrategie)		kurzfristig	Beratung, Kommunikation
809	5.9	Energetische							
810		Niedrigwasser, Hochwasser und Sturmfluten							
811		Niedrigwasser und Hochwasser können die Leistung von Kraftwerken an Flüssen beeinträchtigen (s. auch Maßnahmen unter 5.1.2.2 c > Energiewirtschaft)	Versorgungssicherheit auch bei Extremwetterlagen	Kompensation der Leistung verbleibender konventioneller Kraftwerke, die auf Flusswasserkühlung angewiesen sind, soweit deren Verfügbarkeit bei Extremwetterlagen nicht gesichert ist – durch Anlagen in anderen Landesteilen oder durch internationalen Stromtausch (Der Netzausbau ist darauf auszuliegen, dass für diese Situationen ausreichende Reservenkapazitäten vorgesehen werden.)	Energiewirtschaft	Landsregierung		derzeit	Verwaltungs-Handeln
812									
813		Sturmfluten können durch den erwartenden Meeresspiegelanstieg höher auflaufen und Kraftwerke gefährden	Versorgungssicherheit bei Sturmfluten	Regelmäßige Prüfung bei konventionellen Kraftwerken, ob die Küstenschutzmaßnahmen insbesondere gegen zu erwartende höhere Sturmfluten und den ansteigenden Meeresspiegel ausreichend sind.	Energiewirtschaft, Deichverbände, Kommunen	Landsregierung		kurzfristig	Überprüfung
814		Sturm und Wetterextreme							
815		Unzureichendes Wissen über Klimafolgen in der Energiewirtschaft	Verbesserung des Wissensstands	Durchführung von vertiefenden Analysen zu den klimatischen Veränderungen der Temperaturverhältnisse sowie Einbeziehung weiterer Klimaelemente (Solarstrahlung, Niederschläge, Windverhältnisse)	Forschung	Land		kurzfristig	Forschung
816			Anpassung der Notfallpläne	Die von der Energiewirtschaft und dem staatlichen Katastrophenschutz vorgesehenen Notfallpläne sind wie bisher regelmäßig den sich jeweilig verändernden Rahmenbedingungen anzupassen	Energiewirtschaft, Katastrophenschutz	Landsregierung		derzeit	Überprüfung

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1	5.10	Bauwesen							
819		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.	Wissenschaft, Land, Kommunen, Bau- und Immobilienwirtschaft, Finanz- und Versicherungswirtschaft	Landesregierung		kurzfristig	Forschung
820				Monitoring der thermischen Belastung in öffentlichen Gebäuden	Land, Kommunen, Wissenschaft	Landesregierung, NLGA, Kommunen		kurzfristig	Monitoring
821				Öffentliche Bauten als Pilotprojekte: Bei ausgewählten öffentlichen Bau- und Sanierungsvorhaben sollten Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung unter wissenschaftlicher Begleitung entwickelt und erprobt werden. Die Pilotprojekte sollten Aspekte der Minimierung des energetischen Verbrauchs, der dezentralen Energieversorgung sowie auch verschiedener Kühlkonzepte erproben und hierbei ökonomische Aspekte prüfen.	Land, Kommunen, Wissenschaft	Landesregierung		kurzfristig	Pilotprojekt
822				Anpassung der Architekten-/Ingenieurausbildung: Klimaaangepasstes Bauen und Sanieren erfordert neue Bauweisen und neue Baumaterialien. Klimaanpassung und Klimaschutz sollten in der Architekten- und Ingenieurausbildung stärker berücksichtigt werden.	Land, Hochschulen, Architektenkammer	Landesregierung		kurzfristig	Hochschulbildung
823									
824									
825		Anpassung der räumlichen Planung		Integration der Klimafolgenanpassung in die räumliche Planung	Land, Kommunen	Landesregierung		kurzfristig	Planung
826		s. Maßnahmen zu § 1, § 13 und § 15							
827									
828		Anpassung Gebäudeplanung und Bautechnik		Berücksichtigung von Klimaszenarien in Normen des Bauwesens: Anpassen des bautechnischen Regelwerkes, hinsichtlich möglicher zukünftiger Extremereignisse und damit verbundener erhöhter bauphysikalischer Belastungen – vor allem bei Bauten in Hanglagen, in Erdfallgebieten, in Gebieten mit quelfähigen Böden, unter Grundwassereinfluss und unter Hochwassereinfluss sowie in ehemaligen Bergbau- und Tagebaugebieten – sowie der Zunahme der Hitzebelastung.	Bund, Land	Landesregierung		kurzfristig	Überprüfung von Bauvorschriften
829				Verstärkter Einsatz von Maßnahmen zur Minimierung thermischer Belastung in öffentlichen Gebäuden, zum Beispiel Schulen. Die Minimierung thermischer Belastungen trägt auch zur Reduzierung von Innenraumermissionen bei.	Land, Kommunen, öffentliche Bauträger	Land		kurzfristig	Verwaltungs-Handeln
830									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Ksp.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1									
845		Zunahme von Hitzebelastung auf die Schieneninfrastruktur		Erforschung, ob hohe Temperaturen neue Instandhaltungstechnologien erforderlich machen (Anstieg innerer Spannungen bei lückenlos verschweißten Schienen, Klimatisierung von Fahrzeugen und Gebäuden)	Forschung	Land			Forschung
846				Der steigenden Gefahr von Wald- und Böschungsbränden kann vorgebeugt werden, indem der Bewuchs in Zusammenarbeit mit Forstbehörden angepasst wird (z. B. Brandschutzstreifen).	Forstbehörden, DB, nicht-bundes eigene Bahngesellschaften in NDS	Land (nicht-bundeseigene Strecken), Bund		kurzfristig	Betriebsaufsicht
847									
848		Seeschifffahrt/Häfen							
				Prüfung, ob Anpassungen bei der Überwachung, bei Vorhersage- und Warndiensten, im Notfall- und Rettungsweisen oder schiffstechnische Maßnahmen oder Ausbaumaßnahmen bzw. Anpassungen der maritimen Infrastruktur notwendig werden.	Seeschifffahrt, Häfen	Landesregierung i. Z. m. Bund, EU, IMO		kurzfristig	Überprüfung Ordnungsrecht technischer Regelwerke
849									
		Meeresspiegelanstieg, Zunahme von Sturmfluten		Niedersachsen Ports wird kurzfristig ein Frühwarnsystem in Zusammenarbeit mit der Wasserwirtschaft (NLWKH), BSH und DWD entwickeln und die Bemessungswerte bei der Erneuerung oder Unterhaltung von Hafenanlagen berücksichtigen.	Hafenstandorte	NPorts » weitere Hafenstandorte, NLWKH i. Z. m. BSH, DWD		kurzfristig	Information, Warnung
850									
				Die Niedersachsen Ports GmbH wird bei Neubau- oder Ersatzmaßnahmen relevante Hafenanlagen auf die möglichen Folgen des Klimawandels anpassen. Die übrigen Hafenstandorte/Hafenbetreiber sollten unter der Federführung von NPorts in die Überlegungen einbezogen werden.	Hafenstandorte	NPorts » weitere Hafenstandorte		kurzfristig	Anpassung Infrastruktur
851									
852									
853		Flugverkehr							
		Häufigere Extremwittersituationen		Anpassung von Betriebsabläufen und Anlagen auf Flughäfen und bei der Flugsicherung an häufigere Extremwittersituationen	Flughäfen	Flughäfen, Land (Nds. Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr)			
854									
855									
856	5.12	Tourismus							
		Verbesserung des Wissensstands und des Wissenstransfers							
857									
				Die Auswirkungen des Klimawandels auf Natur und Landschaft, z.B. die Gewässerqualität oder Flora und Fauna sind differenzierter zu untersuchen und die Auswirkungen auf den Tourismus sind zu erfassen.	Forschung	Land		kurzfristig	Forschung
858									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1									
858				Zur Abschätzung des Urlauberverhaltens sind weitere Untersuchungen zum Reiseverhalten und zur Reiseentscheidung unter veränderten Klimabedingungen notwendig, auch im Hinblick auf die mögliche Gewinnung neuer Zielgruppen, beispielsweise aus den Mittelmeerstaaten, für einen Urlaub in Niedersachsen.	Forschung	Land		kurzfristig	Forschung
859				Analyse der derzeitigen Klimaschutz- und Anpassungsaktivitäten der Destinationen der niedersächsischen Tourismusregionen mittels einer Studie.	Forschung	Land		kurzfristig	Forschung
860				Erarbeitung von Leitlinien für touristische Destinationen und Leistungsträger.	Forschung ¹ Tourismuswirtschaft, Kommunen	Land		kurzfristig	Beratung, Information
861				Erarbeitung von Vorschlägen, wie die Handlungsempfehlungen durch Projekte der Tourismuswirtschaft vor Ort umgesetzt werden können (z. B. Ideenwettbewerb, Beratung, Förderrichtlinien).	Forschung ¹ Tourismuswirtschaft, Kommunen	Land		kurzfristig	Beratung, Information
862									
863									
864		Landschaft und Natur		Erhaltung und Regeneration von Feuchtgebieten, (z. B. Moore, Feuchtwiesen, Auwälder)	Naturschutzbehörden, Kommunen	Landesregierung		derzeit	Umsetzung
865				Die Wasserqualität von Meer, Seen und Flüssen ist zu gewährleisten und ggf. durch aktive Maßnahmen zu verbessern (z.B. durch Verringerung des Stoffeintrages), damit eine touristische Nutzung weiterhin sichergestellt ist.	Naturschutzbehörden, Kommunen	Landesregierung		derzeit	Umsetzung
866									
867									
868		Qualitätsverbesserung zur Anpassung an Kundenwünsche		Entwicklung eines Leitbildes „klimaneutraler Urlaub“.	Forschung Tourismuswirtschaft, Kommunen/Kunden	Land, Tourismusregionen, Kommunen		kurzfristig	Beratung, Information
869									
870				Förderung von Pilotprojekten, um Lösungen zu erarbeiten für „klimaneutrale touristische Destinationen“, beispielsweise eine Insel und die Erschließung eines Feriengebiets als Modell für eine klimaangepasste Erschließungs- und Bauweise (Stichworte: Brachflächen-recycling, Niedrigenergiebauweise/ Passivhaustechnologie, alternative Energiekonzepte, Mobilitätskonzepte).	Forschung Tourismuswirtschaft, Kommunen	Land, Tourismusregionen, Kommunen		kurzfristig	Förderung von Pilotprojekten
871				Integration der klimafreundlichen Destinationen der niedersächsischen Tourismusregionen in die Vermarktungsaktivitäten der regionalen touristischen Einrichtungen sowie der TourismusMarketing Niedersachsen GmbH.	Tourismuswirtschaft, Tourismusregionen/ Kunden	TourismusMarketing Niedersachsen GmbH, Tourismusregionen		kurzfristig	Kommunikation, Information

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1									
872				Durch eine mögliche verminderte Schneesicherheit vor allem im Harz, ist als Ergänzung und Alternative zum Wintersport mittel- bis langfristig in den Aufbau einer neuen und qualitativ hochwertigen touristischen Infrastruktur zu investieren. Voraussetzung hierfür ist die Erstellung eines Klimaanpassungskonzeptes.	Forschung, Tourismuswirtschaft, Kommunen, Interessensgruppen	Tourismusregion Harz		kurzfristig	Planung
873				Sandverluste an Badestränden sind zu kompensieren, um die weitere Nutzbarkeit der Strände zu garantieren. Dies muss unter Berücksichtigung der Belange des Naturschutzes erfolgen.	Tourismusregionen, Kommunen, Naturschutz	Tourismusregionen, Kommunen		kurzfristig	Anpassung Infrastruktur
874				Die Wassersportinfrastruktur sollte baulich und unter Berücksichtigung ökologischer Belange an die geänderten Wasserstände angepasst werden	Tourismusregionen, Kommunen, Naturschutz	Tourismusregionen, Kommunen		kurzfristig	Anpassung Infrastruktur
875				Abstimmung fachübergreifender Lösungsansätze mittels der Instrumente des integrierten Küstenzonenmanagements und des integrierten Flussgebietsmanagements. Z. B. sollten Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen mit touristischen und naturschutzfachlichen Erfordernissen abgestimmt werden.	Forschung, Tourismuswirtschaft, Kommunen, Küstenschutz, Naturschutz, Interessensgruppen	Integriertes Küstenzonenmanagement, Integriertes Flussgebietsmanagement		kurzfristig	Regionalmanagement
876									
877		Kooperation und Zusammenarbeit mit anderen Handlungsfeldern							
878				Institutionalisierung eines Dialog- und Vernetzungsprozesses mit denjenigen Einrichtungen, die für die Entwicklung und Umsetzung sektoraler Anpassungsstrategien verantwortlich sind, um Belange des Tourismus mit zu berücksichtigen.	Tourismuswirtschaft, Kommunen, Forschung, Interessensgruppen	Land		kurzfristig	Kommunikation, Vernetzung
879				Entwicklung besonderer raumordnerischer Leitbilder für Regionen, die von Klimawandel touristisch besonders betroffen sind und Erarbeitung regionaler Betroffenheitsanalysen.	Raumplanung, Forschung, Tourismuswirtschaft, Kommunen, Interessensgruppen	Landesregierung, Regionalplanung		kurzfristig	Planung
880				Leitbilder und Betroffenheitsanalysen sind auch über die Landesgrenzen hinaus in Kooperation mit den angrenzenden Regionen zu entwickeln.					
881				Vernetzung der regionalen Tourismusakteure zur Entwicklung integrierter Entwicklungsansätze.	Tourismuswirtschaft, Kommunen, Forschung, Interessensgruppen	Tourismusregionen, Kommunen		kurzfristig	Planung

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1									
872				Durch eine mögliche verminderte Schneesicherheit vor allem im Harz, ist als Ergänzung und Alternative zum Wintersport mittel- bis langfristig in den Aufbau einer neuen und qualitativ hochwertigen touristischen Infrastruktur zu investieren. Voraussetzung hierfür ist die Erstellung eines Klimaanpassungskonzeptes.	Forschung, Tourismuswirtschaft, Kommunen, Interessengruppen	Tourismusregion Harz		kurzfristig	Planung
873				Sandverluste an Badestränden sind zu kompensieren, um die weitere Nutzbarkeit der Strände zu garantieren. Dies muss unter Berücksichtigung der Belange des Naturschutzes erfolgen.	Tourismusregionen, Kommunen, Naturschutz	Tourismusregionen, Kommunen		kurzfristig	Anpassung Infrastruktur
874				Die Wassersportinfrastruktur sollte baulich und unter Berücksichtigung ökologischer Belange an die geänderten Wasserstände angepasst werden.	Tourismusregionen, Kommunen, Naturschutz	Tourismusregionen, Kommunen		kurzfristig	Anpassung Infrastruktur
875				Abstimmung fachübergreifender Lösungsansätze mittels der Instrumente des integrierten Küstenzonenmanagements und des integrierten Flussgebietsmanagements. Z. B. sollten Küsten- und Hochwasserschutzmaßnahmen mit touristischen und naturschutzfachlichen Erfordernissen abgestimmt werden.	Forschung, Tourismuswirtschaft, Kommunen, Küstenschutz, Naturschutz, Interessengruppen	Integriertes Küstenzonenmanagement, Integriertes Flussgebietsmanagement		kurzfristig	Regionalmanagement
876									
877		Kooperation und Zusammenarbeit mit anderen Handlungsfeldern							
878				Institutionalisierung eines Dialog- und Vernetzungsprozesses mit denjenigen Einrichtungen, die für die Entwicklung und Umsetzung sektoraler Anpassungsstrategien verantwortlich sind, um Belange des Tourismus mit zu berücksichtigen.	Tourismuswirtschaft, Kommunen, Forschung, Interessengruppen	Land		kurzfristig	Kommunikation, Vernetzung
879				Entwicklung besonderer raumordnerischer Leitbilder für Regionen, die von Klimawandel touristisch besonders betroffen sind und Erarbeitung regionaler Betroffenheitsanalysen.	Raumplanung, Forschung, Tourismuswirtschaft, Kommunen, Interessengruppen	Landesregierung, Regionalplanung		kurzfristig	Planung
880				Leitbilder und Betroffenheitsanalysen sind auch über die Landesgrenzen hinaus in Kooperation mit den angrenzenden Regionen zu entwickeln.					
881				Vernetzung der regionalen Tourismusakteure zur Entwicklung integrierter Entwicklungsansätze.	Tourismuswirtschaft, Kommunen, Forschung, Interessengruppen	Tourismusregionen, Kommunen		kurzfristig	Planung

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1									
882									
883									
884	5.13	Gesundheitswesen							
885		Anpassung des DWD-Hitzewarmmodells							
886			Wärmebelastungen frühzeitig erkennen und eindeutig definieren, damit gesundheitliche Folgen von Hitzestress verringert werden können. Neu soll die Innensituation berücksichtigt werden.	Überprüfung eines Innenraummodells und im Erfolgsfall Integration des Innenraummodells in das DWD-Hitzewarmmodell (Aufwand: gering)	DWD, NLGA, ausgewählte Akteure		keine		Idee
887									
888		Überwachung der Sommer-Mortalität							
889			Identifizierung von Schwerpunktsituationen mit besonderer Hitzegefährdung	Forschungsprojekt, welches Hochrechnungen auf Basis von Klimaszenarien und demographischen Prognosen durchführt	NLGA	NLGA			Forschung
890									
891		Informationen bei Hitzereignissen	Sterblichkeit und gesundheitliche Belastungen im Zuge von Hitzewellen durch Anpassung von Verhaltensweisen reduzieren	Weitergabe zielgruppenspezifischer Informationen (Seniorinnen und andere) (Aufwand: gering)	NLGA		keine		Idee
892									
893									
894		Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz	Verringerung der Hitzebelastung am Arbeitsplatz	Anwendung bestehender Regelwerke zum Gesundheitsschutz der Beschäftigten	Land, Arbeitgeber			laufend	Umsetzung
895									
896									
897		Informationen über bodennahes Ozon und den UV-Index	Anpassung der körperlichen Tätigkeiten	Informationsveröffentlichung im Internet	Land	Land	BImSchG	derzeit	laufendes Projekt
898									
899									
900		Neuartige Viren und Virenüberträger in Niedersachsen	Entwicklung von Handlungsanleitungen und Präventionsmaßnahmen	Durchführung eines Untersuchungsprojekts (Aufwand: ca. 1 Mio. €)	NLGA, Universitäten, LAVES	Land	keine		Forschung
901									
902									
903		Erfassung und Reduzierung von Ambrosia-Pflanzen							
904			Reduzierung eines Allergie-Potentials	Beobachtung eines EU-Forschungsprojekts	EU				Forschung
905		Badegewässerüberwachung	Reduzierung der gesundheitlichen Gefährdung von Bädern	Untersuchung von Wasserproben, Qualitätsbewertung von Badegewässern, ggf. Aussperrung eines Badeverbots	EU, Land, Kommune	Kommune	Badegewässerverordnung	derzeit	Überwachung
906									
907									
908		Berücksichtigung des Klimawandels in der Bauleitplanung und Architektur							
909									
910									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1	5.15	Räumliche Planung auf Landes-, regionaler und kommunaler Ebene							
911		Verbesserung der Datengrundlagen und Aufbereitung							
912				Regionalisierte Planungsdaten erfassen, koordinieren und verfügbar machen.	Gesamträumliche und sektorale Planung wie Regionalplanung	Land			Informations-, Beratungs- und finanzielle Maßnahme
913				Auswahl von Referenziellen Klimafolgenmonitoring und Monitoring	Gesamträumliche Planung	Land, Landkreise			Informations-, Beratungs- und finanzielle Maßnahme
914				- Förderung von Vulnerabilitätsanalysen - Entwicklung von Anpassungsstrategien unter Berücksichtigung sektoraler Vulnerabilitätsanalysen - Stärkung der Beratungs-, Moderations- und Koordinationsfunktion der Planung	Gesamträumliche und sektorale Planung Politische Gremien, Natur- und Umweltverbände	Land, Landkreise			Informations-, Beratungs- und finanzielle Maßnahme
915									
916									
917		Flexibilisierung des Instrumentariums							
918				Erarbeitung verschiedener Ansätze wie z.B. von Zonierungen verschiedener Verbindlichkeitsstufen in den Raumordnungsprogrammen, von Zwischennutzungen oder auch von Zielvereinbarungen	Landplanung, Regionalplanung	Land, Regionale Planungsträger			
919									
920		Überregionale Planung stärken		Kooperation und Zusammenarbeit	Landkreise, Städte und Gemeinden	Land			
921									
922				Fortschreibung und Weiterentwicklung des Niedersächsischen Landschaftsprogramms von 1989	Landesumweltplanung, Landesraumordnung, Politische Gremien, Natur- und Umweltverbände	Land			Informations-, Beratungs- und finanzielle Maßnahme
923									
924		Integration der Klimafolgenanpassung in die Planung		Fortschreibung des Landesraumordnungsprogramms Niedersachsen	Landesraumordnung	Land			
925									
926				Klimafolgenangepasste Regionalplanung - Konzepte modifizieren, - Flexibilisierung von Plänen und Programmen - Stärkung des Freiraumschutzes; - kreisgrenzüberschreitenden Projekten zur klimafolgenangepassten Regionalplanung; - Förderung des Aufbaus von regionalen Netzwerken bzw. Risikomanagements.	Regionale Planungsträger	Land, Regionale Planungsträger			
927				Anpassung der Landschaftsrahmenpläne	Regionalplanung, Politische Gremien, Natur- und Umweltverbände	Regionale Planungsträger			
928				Weiterentwicklung der Landschaftspläne	Flächennutzungsplanung	Land			
929				Verstärkte Nutzung der Potenziale der Landschaftsplanung für die Klimafolgenanpassung	Politische Gremien, Natur- und Umweltverbände	Land			

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1									
930				Fortschreibung der Flächennutzungsplanung unter Klimafolgenanpassungsaspekten; dazu z. B. Erhalt und Schaffung stadtklimatisch bedeutsamer Grün- und Freiflächen	Kommunale Planungsträger, Politische Gremien, Natur- und Umweltverbände	Kommunen			
931				UVPG - Prüfung, ob Klimarelevanz und Klimafolgenanpassung von SUP- und UVP-Pflicht ausreichend erfasst werden. - Ggf. Integration von Inhalten der Klimafolgenanpassung in SUP/UVF prüfen - Beurteilung des Beitrags von SUP und UVP zum Climate Proofing	Planungs- und Maßnahmenträger	Land/ Bund			Rechtliche Maßnahme
932									
933									
934		Entwicklung von Bewertungskriterien und -methoden		Entwicklung von Bewertungs-/ Abwägungskriterien für den Umgang mit Zielkonflikten im Zusammenhang mit Klimafolgenanpassung	Alle Planungsträger	Land			
935									
936									
937		Informelle Instrumente einsetzen							
938				Ausschreibung überregionaler Modellprojekte	Landkreise, Städte und Gemeinden	Land			Informations-, Beratungs- und finanzielle Maßnahme
939				Information und Weiterbildung zur Förderung /zum Aufbau von Klima-Kompetenzen bei den kommunalen Planungsträgern durch - gezielte Fortbildungsmaßnahmen, Fördermittel und - Beratung sowie - die Erstellung von Leitfäden oder Arbeitshilfen und - die Durchführung Workshops	kommunale Planungsträger	Land			Finanzielle Maßnahme
940				Schaffung dezentraler Beratungsmöglichkeiten	Insbesondere Kommunale Planungsträger, Politische Gremien, Natur- und Umweltverbände	Land			Informations-, Beratungs- und finanzielle Maßnahme
941									

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmenart	
942	5.16	Wissenschaft und Forschung		Initiierung eines integrierten Pilotprojekts, in welchem, basierend auf den bisherigen Resultaten und Erfahrungen der Forschung zur Anpassung an den Klimawandel und seine Folgen, der unter Abschnitt 5.16.3 beschriebene Ansatz realisiert wird. Mit einem solchen Projekt soll in einer abgegrenzten Region mit innovativen Methoden ein Muster dafür geschaffen werden, wie das notwendige System-, Ziel- und Transformationswissen zusammengebracht bzw. generiert werden kann, um Anpassungsstrategien an den Klimawandel zu entwickeln. Dabei sollen auch Wege aufgezeigt werden, wie die Kluft zwischen Wissensgenerierung, -vermittlung und praktischem Handeln überwunden werden kann.	Wissenschaft, Forschung	Land		kurzfristig	Forschung
943									
944									
945	5.17	Datenmanagement, Informationsbereitstellung und -pflege		Erweiterung des Umweltdatenkataloges (UDK) um einen Katalog „Klimadaten“. Dazu notwendig: Systematische Recherche und Analyse vorhandener Daten und deren Zusammenführung zu einem Metadatenkatalog in PortalU gemäß INSPIRE-Vorgaben (Aufwand: ca. 1 Jahr)	Alle datenhaltenden Stellen	Landesregierung (Katalog-Errichtung)		kurzfristig	Sammeln von Informationen durch datenhaltende Stellen
946			Zentrale Identifizierung vorhandener digital vorliegender Klimadaten sowie Erfassung von Metadaten und Errichtung eines Metadatenkatalogs zur Beschreibung und Bereitstellung von Informationen zu allen für die Klimafolgenanpassung vorhandenen Datenbestände	Ausbau des bisherigen Klimadatenbestandes zu einem nutzer- und bedarfsorientierten internetbasierten Niedersächsischen Informationssystems Klimafolgenmanagement (Aufwand: ca. 1 Jahr)	Land und nachgeordnete Behörden, Gebietskörperschaften, Wirtschaft, Forschungseinrichtungen	Land	NUK, NGDIG (INSPIRE)	kurzfristig	Sammeln und Veröff. in einem geeigneten Informationssystem
947			Konzeptionierung und Aufbau eines Niedersächsischen Informationssystems Klimafolgenmanagement, um das vorhandene Klimawissen in Niedersachsen bereitzustellen und den Nutzern für die Praxis verwendbar zu machen	Gewährleistung der kontinuierlichen Fortführung des niedersächsischen Informationssystems Klimafolgenmanagement	Land, Fachbehörden, Gebietskörperschaften, Forschungseinrichtungen, interessierte Öffentlichkeit	Land		Im Anschluss an vorstehende Maßnahme	Fortführung und Pflege
948									
949									

Kap. 1	A		B		C		D		E		F		G		H		I	
	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung		Ziel		Maßnahmen		Akteure		Zuständigkeit		Rechtsgrundlage		Beginn Umsetzung		Maßnahmen		Maßnahmen	
950	Bildung und Qualifizierung																	
951	Schulische Bildung																	
	Systematische Implementierung von Klimabildungsinhalten in allen Phasen der Lehrerausbildung in Niedersachsen				Stärkung der Aus- und Fortbildung von Lehrkräften in den Bereichen Klimaschutz, Klimawandel und Klimaanpassung: Überprüfung der BA/MIA-Strukturen für Studierende des Lehramts und Aufnahme entsprechender Ausbildungselemente für Klimabildung; Integration von Klimabildung in den Ausbildungsgang der Studienseminare, Angebot einer Zusatzqualifikation für Klimabildung und BNE an niedersächsischen Studienseminaren, Fortbildung der Fachseminarleitungen; Fort- und Weiterbildungsangebote zur Klimabildung, Qualifizierung der Fachberatungen		Lehrer aller Schulformen		Land gemeinsam mit Hochschulen sowie Aus- und Fortbildungseinrichtungen						Verwaltungsmaßnahme			
952																		
	Personelle Verankerung von Klimaschutz und Klimaanpassung in Schulen				Benennung von Klimaschutzbeauftragten an Schulen		Schulen aller Schulformen und Altersstufen		Kultusbehörden und Schulleitung						Verwaltungsmaßnahme			
953																		
	Synergien zwischen Schulnetzwerken im Bereich Klimabildung werden noch nicht hinreichend genutzt				Horizontale Vernetzung von BNE-Netzwerken in Niedersachsen stärken und Synergien fördern		Akteure zur Betreuung von Netzwerken, Schulen		Kultusbehörde						Verwaltungsmaßnahme			
954																		
	Bewusstsein für das Thema Klimaanpassung ist in Schulen und Öffentlichkeit gering				Jährlicher landesweiter schulischer Klimaaktionstag		Schulen aller Schulformen und Altersstufen		Landesregierung						Verwaltungsmaßnahme			
	Berücksichtigung der Klimaanpassung als Bildungsthema im Schulunterricht				Integration von Klimabildung in den Schulalltag: Aufnahme der Themen Klimafolgen und Klimaanpassung in die Kerncurricula; Aufzeigen der didaktisch-methodischen Zusammenhänge von Klimabildung und Bildung für nachhaltige Entwicklung, Betonung der Kompetenzorientierung und Förderung der Formen selbständigen Lernens; Nutzung von Formen des offenen Unterrichts, wie Projektwochen, Praxistage und Schülerpraktika; Integration von Bildungsmaterialien zu Klimafolgen und Klimaanpassung im Schulunterricht		Lehrer aller Schulformen		Land gemeinsam mit Hochschulen sowie Aus- und Fortbildungseinrichtungen						Verwaltungsmaßnahme			
956																		
	Aktuelle und didaktisch aufbereitete Bildungsmodulare und Bildungsmaßnahmen zu Klimafolgen und Klimaanpassungen existieren nicht oder sind für Lehrer und Lehrerinnen schwer zu identifizieren				Aufbau einer zentralen Informationsplattform zur Unterstützung der schulischen Klimaschutzarbeit (Aufwand: Implementierung: 50.000 € plus 20.000 € jährliche für die Pflege)		Schulen, aber auch nutzbar für die außerschulische Jugendbildung		Landesregierung						Information und Beratung			
957																		
958																		
959																		
960	Berufliche Bildung, Fortbildung																	
					Überprüfung der Ausbildungslehrpläne hinsichtlich Themen der Klimaanpassung		Sektor Berufliche Bildung (Fachverbände, Gewerkschaften, Arbeitgeberorganisationen, BIBB), Berufsschullehrer, Ausbilder in Betrieben, Auszubildende		Sektor Berufliche Bildung (Fachverbände, Gewerkschaften, Arbeitgeberorganisationen, BIBB)						Bildung			
961					Qualifizierung der Ausbilder und Funktionsträger in den für die berufliche Bildung zuständigen Organisationen für die Themen Klimafolgen und Klimaanpassung										Bildung			
962																		
963																		

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Kap.	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
1	Handlungsfeld/Teilbereich/Problemstellung	Ziel	Maßnahmen	Akteure	Zuständigkeit	Rechtsgrundlage	Beginn Umsetzung	Maßnahmentyp
964	Außerschulische Bildung							
	Klimaanpassung ist als Bildungsthema noch nicht in der außerschulischen Bildung und Qualifizierung angekommen	Bündeln der Bildungsangebote in der Klimabildung	Aufbau einer niedersachsenweiten Klimabildungsdatenbank, die auch über Veranstaltungen zu den Themen Klimafolgen und Klimaanpassung informiert; diese Datenbank könnte an die Website des Niedersächsischen Bundes für freie Erwachsenenbildung e.V. angesiedelt werden	Akteure der beruflichen Bildung (Fachverbände, Gewerkschaften, Arbeitgeberorganisationen, BIBB) Berufsschullehrer, Ausbilder in Betrieben, Auszubildende	Land + Akteure der beruflichen Bildung (Fachverbände, Gewerkschaften, Arbeitgeberorganisationen, BIBB)			Information und Beratung
965								
966	Bewusstsein für das Thema Klimaanpassung ist in der Öffentlichkeit gering	Bewusstsein von Jugendlichen für den Klimawandel und Klimaanpassung schärfen	Koordinierte Aktion zum Klimaschutz/Klimabildung für Jugendliche	Zielgruppe: Jugendliche ab 12 Jahren	Außerschulische Jugendbildungseinrichtungen in und Jugendberufshilfe sowie Freiwilligendienste			Bildung, Öffentlichkeitsarbeit
967								
968	Klimaanpassung ist als Bildungsthema noch nicht in der außerschulischen Bildung angekommen	Ausgehend von lokalen Erfahrungen sollen die Auswirkungen des Klimawandels verständlich vermittelt und die Akzeptanz für Klimaanpassungsmaßnahmen gestärkt werden.	Förderung von regionalen Klimaanpassungsseminaren	Zielgruppe: Private Haushalte, Unternehmen	Akteure im Bereich der Erwachsenenbildung und im Bereich regionaler sowie kommunaler Klimaschutzinitiativen mit Unterstützung des Landes			Bildung
969								
970	Hitze und Extremwetterereignisse							
971	Zunehmende Hitzebelastung, insb. für hitzeanfällige Schulgebäude	Verbesserung des Raumklimas an Schulen	Entwicklung und Verbreitung von Bildungsangeboten	Zielgruppe: Private Haushalte, Unternehmen	Landesregierung, außerschulische Bildungseinrichtungen			Bildung
972	Fehlende Statistik zu Schulausfällen in Niedersachsen	Datengrundlage, um gegebenenfalls Maßnahmen zur Reduzierung von Schulausfällen zu ergreifen	Information der Schulträger über Maßnahmen zur Kühlung von Schulgebäuden	Schulträger	Land			Information und Beratung
973	Hitzwarnsystem des Deutschen Wetterdienstes wird noch nicht flächendeckend genutzt	Verbesserung des Raumklimas an Schulen	Führen einer Statistik zu Schulausfällen sowie Auswertung der Daten	Schulträger, Schulen, Verkehrsmanagementzentrale Niedersachsen	Landesregierung, Nds. Schulbehörde			Verwaltungsmaßnahme
974	Flüssigkeitsmangel bei Schülern könnte durch Hitze noch verstärkt werden	Verbesserung des Trinkverhaltens und der Trinkwasserversorgung	Verbesserung des Informationsflusses zu Hitzegefahren zwischen Deutschem Wetterdienst, Land, Landkreisen und Schulen	Schulträger, Schulen	Land			Information und Beratung
975								
976								
977	Kommunikation und Beratung							
978								
979	Rolle der Kommunikation und des Wissenstransfers im Politikfeld Klimaanpassung ist noch unzureichend erforscht	Ausbau der Kommunikationswissenschaftlichen Klimaanpassungsforschung, mit dem Ziel die Erkenntnisse im Bereich Ziel- und Transformationswissen (s. Kap. 5.16) zu verbessern und die Verständlichkeit, Nutzlichkeit und Wirksamkeit der Kommunikation im Politikfeld Klimaanpassung sowohl auf Landes- als auch auf regionale und lokale Ebene zu erhöhen	Einrichtung von kostenlosen Wasserspendern sowie Brunnen in Schulen und Bildungseinrichtungen	Schulen, Schulträger	Landesregierung			Forschung
980								

Anhang II – Klimaänderungssignale für die niedersächsischen Naturräume

Zu Kap. 4 – Klimaentwicklung und Klimaszenarien

Tabellenwerk

In den folgenden Tabellen sind die Klimaänderungssignale der meisten in Abschnitt 4.5 genannten Größen für die niedersächsischen Naturräume (s. Abb. 1) aufgelistet. Unterschieden wird dabei zwischen den Zeiträumen 2021-2050 und 2071-2100. Der Referenzzeitraum ist jeweils 1971-2000. Grundlage bildet das für die Auswertungen in Abschnitt 4 verwendete Ensemble aus 9 REMO- und 4 CLM-Simulationen. Für jeden Zeitraum ist jeweils das Ensembleminimum (links), das Ensembledittel (Mitte, im Fettdruck) und das Ensemblemaximum

(rechts) angegeben, woraus sich die Bandbreite der Klimaänderungssignale für die Naturräume ablesen lässt. Die einzelnen Zahlenwerte sind als Gebietsmittel über den jeweiligen Naturraum zu verstehen. Zum Vergleich ist das Gebietsmittel über Niedersachsen für jede Größe in rot gedruckt.

Tab. 1: Änderungssignal der Mitteltemperatur in °C im Winter

	Temperatur DJF 2021-2050:			Temperatur DJF 2071-2100:		
	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum
Niedersachsen gesamt	0.7	1.3	2.1	2.4	3.3	4.3
Watten und Marschen	0.7	1.3	2.0	2.3	3.2	4.1
Ostfriesisch-Oldenburgische Geest	0.7	1.3	2.0	2.4	3.2	4.1
Stader Geest	0.7	1.4	2.1	2.4	3.3	4.2
Ems-Hunte-Geest und Dümmer-Geestniederung	0.6	1.3	2.0	2.3	3.2	4.2
Lüneburger Heide und Wendland	0.6	1.4	2.2	2.5	3.4	4.5
Weser-Aller-Flachland	0.7	1.4	2.2	2.4	3.3	4.4
Börden	0.6	1.4	2.2	2.4	3.4	4.5
Osnabrücker Hügelland	0.6	1.3	1.9	2.3	3.2	4.1
Harz	0.6	1.3	1.9	2.3	3.3	4.3
Weser- und Leinebergland	0.7	1.3	2.0	2.4	3.3	4.4

Tab. 2: Änderungssignal der Mitteltemperatur in °C im Sommer

	Temperatur JJA 2021-2050:			Temperatur JJA 2071-2100:		
	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum
Niedersachsen gesamt	0.4	0.7	1.1	1.5	2.3	3.1
Watten und Marschen	0.5	0.7	1.1	1.5	2.2	2.9
Ostfriesisch-Oldenburgische Geest	0.4	0.7	1.1	1.5	2.3	3.0
Stader Geest	0.4	0.7	1.1	1.4	2.2	2.9
Ems-Hunte-Geest und Dümmer-Geestniederung	0.4	0.7	1.0	1.5	2.3	3.2
Lüneburger Heide und Wendland	0.4	0.7	1.0	1.4	2.2	2.9
Weser-Aller-Flachland	0.4	0.7	1.0	1.5	2.3	3.1
Börden	0.4	0.7	1.1	1.5	2.4	3.4
Osnabrücker Hügelland	0.3	0.7	1.0	1.4	2.4	3.3
Harz	0.4	0.7	1.1	1.6	2.5	3.2
Weser- und Leinebergland	0.4	0.7	1.1	1.6	2.5	3.4

Tab. 3: Änderungssignal der Jahresmitteltemperatur in °C

	Temperatur Jahresmittel 2021-2050:			Temperatur Jahresmittel 2071-2100:		
	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum
Niedersachsen gesamt	0.4	0.9	1.3	1.9	2.5	3.3
Watten und Marschen	0.5	0.9	1.3	1.8	2.5	3.2
Ostfriesisch-Oldenburgische Geest	0.5	0.9	1.3	1.8	2.5	3.2
Stader Geest	0.4	0.9	1.3	1.8	2.5	3.2
Ems-Hunte-Geest und Dümmer-Geestniederung	0.4	0.9	1.3	1.8	2.5	3.2
Lüneburger Heide und Wendland	0.4	0.9	1.4	1.9	2.6	3.4
Weser-Aller-Flachland	0.4	0.9	1.4	1.9	2.6	3.3
Börden	0.4	0.9	1.4	1.9	2.6	3.5
Osnabrücker Hügelland	0.3	0.8	1.3	1.8	2.5	3.2
Harz	0.3	0.9	1.3	1.9	2.6	3.5
Weser- und Leinebergland	0.4	0.9	1.3	1.9	2.6	3.5

Tab. 4: Änderungssignal der mittleren Monatsniederschlagssumme in Prozent im Winter

	Niederschlag DJF 2021-2050:			Niederschlag DJF 2071-2100:		
	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum
Niedersachsen gesamt	-1.1	6.8	14.2	10.3	18.5	33.4
Watten und Marschen	0.3	8.4	16.1	12.3	23.3	44.6
Ostfriesisch-Oldenburgische Geest	-0.4	7.1	14.6	9.3	20.5	39.6
Stader Geest	-0.9	7.4	15.9	11.6	20.4	37.0
Ems-Hunte-Geest und Dümmer-Geestniederung	-1.3	6.2	16.3	8.9	17.8	33.0
Lüneburger Heide und Wendland	-1.1	6.6	14.5	9.7	18.0	31.8
Weser-Aller-Flachland	-2.1	6.6	15.0	9.9	16.8	30.5
Börden	-3.7	5.8	15.2	7.6	14.8	25.9
Osnabrücker Hügelland	-1.8	6.2	16.2	8.6	15.9	26.2
Harz	-3.7	8.5	21.8	9.5	18.7	32.1
Weser- und Leinebergland	-3.8	6.2	16.7	7.8	16.0	27.1

Tab. 5: Änderungssignal der mittleren Monatsniederschlagssumme in Prozent im Sommer

	Niederschlag JJA 2021-2050:			Niederschlag JJA 2071-2100:		
	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum
Niedersachsen gesamt	-3.8	4.3	10.9	-21.7	-10.7	2.4
Watten und Marschen	-4.8	5.0	14.3	-18.8	-8.9	2.8
Ostfriesisch-Oldenburgische Geest	-5.7	4.7	13.0	-21.6	-11.6	-0.8
Stader Geest	-2.6	4.5	10.7	-21.8	-10.1	4.9
Ems-Hunte-Geest und Dümmer-Geestniederung	-3.3	5.2	11.3	-22.0	-11.3	1.3
Lüneburger Heide und Wendland	-7.2	2.8	9.7	-24.6	-10.5	5.3
Weser-Aller-Flachland	-4.7	4.7	10.9	-22.4	-10.8	4.1
Börden	-7.4	3.5	9.5	-23.2	-11.4	5.2
Osnabrücker Hügelland	-2.9	5.6	12.9	-22.7	-10.4	6.4
Harz	-6.0	4.8	16.9	-24.3	-9.5	4.7
Weser- und Leinebergland	-5.9	4.2	12.0	-24.3	-11.0	4.8

Tab. 6: Änderungssignal der Monatsniederschlagssumme im Jahresmittel in Prozent

	Niederschlag Jahresmittel 2021-2050:			Niederschlag Jahresmittel 2071-2100:		
	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum
Niedersachsen gesamt	2.2	7.3	12.8	1.0	7.4	16.7
Watten und Marschen	3.2	7.6	14.4	2.5	9.5	21.2
Ostfriesisch-Oldenburgische Geest	2.5	7.1	11.9	-0.3	7.5	17.2
Stader Geest	2.5	7.2	11.7	0.3	8.3	19.5
Ems-Hunte-Geest und Dümmer-Geestniederung	0.6	7.5	12.5	-1.4	7.1	17.5
Lüneburger Heide und Wendland	1.3	6.9	12.5	1.5	7.1	15.6
Weser-Aller-Flachland	2.0	7.4	12.7	0.4	6.7	16.1
Börden	0.7	6.9	11.4	0.7	6.0	14.4
Osnabrücker Hügelland	0.5	7.4	12.2	-0.7	7.0	16.4
Harz	0.9	8.2	13.3	2.2	7.9	12.9
Weser- und Leinebergland	0.4	7.5	14.6	2.1	6.5	13.3

Tab. 7: Änderungssignal der Jahressumme des Schneefalls in Prozent

	Schneefall 2021-2050:			Schneefall 2071-2100:		
	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum
Niedersachsen gesamt	-41.4	-29.1	-8.6	-84.3	-67.5	-54.1
Watten und Marschen	-48.0	-34.7	-6.0	-90.7	-72.9	-60.0
Ostfriesisch-Oldenburgische Geest	-47.7	-36.1	-6.0	-88.6	-72.1	-59.5
Stader Geest	-45.1	-31.0	-3.7	-88.3	-69.8	-57.9
Ems-Hunte-Geest und Dümmer-Geestniederung	-47.1	-33.5	-8.0	-88.0	-70.6	-53.5
Lüneburger Heide und Wendland	-41.5	-26.4	-5.9	-84.3	-66.4	-52.8
Weser-Aller-Flachland	-42.1	-29.5	-6.4	-84.7	-68.7	-54.6
Börden	-39.1	-26.9	-7.0	-80.6	-65.4	-51.7
Osnabrücker Hügelland	-47.3	-31.3	-7.3	-84.1	-70.2	-55.2
Harz	-27.6	-16.7	1.6	-75.1	-54.4	-39.1
Weser- und Leinebergland	-36.6	-26.2	-7.3	-80.0	-64.7	-51.5

Tab. 8: Änderungssignal der Länge der Dauer der Trockenperioden zwischen April und September in Prozent

	Trockenperiodendauer 2021-2050:			Trockenperiodendauer 2071-2100:		
	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum
Niedersachsen gesamt	-12.6	-0.3	17.6	-11.0	6.9	32.0
Watten und Marschen	-10.0	-0.4	11.9	-11.9	3.9	22.2
Ostfriesisch-Oldenburgische Geest	-15.0	1.0	14.2	-13.8	7.6	31.8
Stader Geest	-9.6	-0.5	14.9	-9.6	5.0	29.0
Ems-Hunte-Geest und Dümmer-Geestniederung	-13.2	-0.5	16.4	-16.4	8.5	38.1
Lüneburger Heide und Wendland	-11.6	-0.6	17.9	-6.1	6.0	27.2
Weser-Aller-Flachland	-11.4	-0.5	23.5	-7.3	8.4	38.7
Börden	-15.8	-0.6	25.6	-11.8	8.3	35.9
Osnabrücker Hügelland	-15.4	-1.9	13.3	-15.6	7.4	36.0
Harz	-15.4	-0.9	16.5	-11.3	6.5	24.2
Weser- und Leinebergland	-14.9	0.2	21.4	-11.0	8.3	34.4

Tab. 9: Änderungssignal der Länge der thermischen Vegetationsperiode in Tagen

	Vegetationsperiode 2021-2050:			Vegetationsperiode 2071-2100:		
	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum
Niedersachsen gesamt	9.6	23.3	37.0	46.9	59.4	77.4
Watten und Marschen	8.9	22.8	36.1	43.4	54.3	69.3
Ostfriesisch-Oldenburgische Geest	10.7	24.9	37.9	46.8	59.4	78.8
Stader Geest	12.8	25.2	42.3	50.2	63.0	81.6
Ems-Hunte-Geest und Dümmer-Geestniederung	10.7	24.5	42.3	45.0	58.9	79.4
Lüneburger Heide und Wendland	6.6	22.6	38.9	47.8	61.3	79.7
Weser-Aller-Flachland	8.0	24.3	39.2	46.4	60.2	79.9
Börden	8.5	22.8	38.3	45.4	58.8	76.2
Osnabrücker Hügelland	14.0	24.9	41.0	49.4	61.9	79.7
Harz	5.1	16.1	27.9	30.8	51.3	77.2
Weser- und Leinebergland	9.1	20.1	32.0	42.6	59.0	77.3

Tab. 10: Änderungssignal der Wärmeperiodendauer in Prozent

	Wärmeperiodendauer 2021-2050:			Wärmeperiodendauer 2071-2100:		
	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum
Niedersachsen gesamt	-16.2	14.0	33.9	21.3	46.9	91.9
Watten und Marschen	-20.2	14.5	51.3	20.0	46.7	96.6
Ostfriesisch-Oldenburgische Geest	-21.0	12.5	49.7	6.6	43.0	104.3
Stader Geest	-18.2	14.6	38.1	14.2	44.7	87.1
Ems-Hunte-Geest und Dümmer-Geestniederung	-19.2	13.2	34.9	14.9	48.2	100.2
Lüneburger Heide und Wendland	-9.8	16.9	32.3	19.3	50.6	84.5
Weser-Aller-Flachland	-12.3	15.5	33.1	21.9	48.9	88.3
Börden	-12.7	13.2	27.7	23.1	45.0	88.3
Osnabrücker Hügelland	-15.4	14.2	32.0	17.0	50.0	96.0
Harz	-12.3	17.7	40.9	23.4	59.9	107.0
Weser- und Leinebergland	-19.0	12.2	29.6	21.0	45.2	92.8

Tab. 11: Änderungssignal der Anzahl der Frosttage in Prozent

	Frosttage 2021-2050:			Frosttage 2071-2100:		
	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum
Niedersachsen gesamt	-51.5	-31.3	-18.1	-80.0	-66.2	-49.8
Watten und Marschen	-59.2	-36.5	-18.2	-87.1	-72.8	-54.0
Ostfriesisch-Oldenburgische Geest	-57.4	-35.6	-18.0	-85.5	-71.2	-53.5
Stader Geest	-54.5	-32.6	-18.2	-81.4	-67.7	-51.1
Ems-Hunte-Geest und Dümmer-Geestniederung	-52.5	-31.9	-17.0	-81.0	-67.4	-51.7
Lüneburger Heide und Wendland	-49.4	-29.5	-15.2	-78.5	-64.3	-48.8
Weser-Aller-Flachland	-50.7	-30.9	-17.0	-78.7	-65.7	-49.7
Börden	-49.6	-30.2	-17.6	-78.4	-64.6	-48.4
Osnabrücker Hügelland	-50.5	-30.7	-16.0	-79.1	-65.9	-50.9
Harz	-36.9	-22.8	-13.7	-70.6	-55.9	-39.7
Weser- und Leinebergland	-48.0	-29.4	-17.9	-76.4	-63.4	-46.6

Tab. 12: Änderungssignal der Anzahl der Spätfröste nach dem 1. April in Prozent

	Spätfröste 2021-2050:			Spätfröste 2071-2100:		
	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum
Niedersachsen gesamt	-79.2	-40.3	21.8	-96.8	-90.2	-66.2
Watten und Marschen	-80.4	-52.0	58.1	-98.9	-93.0	-65.0
Ostfriesisch-Oldenburgische Geest	-88.2	-54.5	68.6	-100.0	-94.7	-67.4
Stader Geest	-88.1	-48.3	30.9	-98.8	-91.9	-65.4
Ems-Hunte-Geest und Dümmer-Geestniederung	-79.1	-42.4	28.5	-99.0	-92.4	-71.1
Lüneburger Heide und Wendland	-90.5	-36.1	22.3	-99.8	-91.2	-64.5
Weser-Aller-Flachland	-85.5	-41.4	23.9	-100.0	-91.7	-66.1
Börden	-79.6	-35.1	27.1	-98.7	-91.3	-67.5
Osnabrücker Hügelland	-87.1	-36.5	17.5	-98.3	-90.1	-71.4
Harz	-52.6	-28.4	0.1	-92.5	-77.6	-58.5
Weser- und Leinebergland	-69.8	-31.7	40.2	-98.2	-87.3	-65.4

Tab. 13: Änderungssignal der Anzahl der Starkniederschläge über 20 mm Tagessumme im Jahresmittel in Prozent

	Starkniederschläge Jahresmittel 2021-2050:			Starkniederschläge Jahresmittel 2071-2100:		
	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum
Niedersachsen gesamt	5.8	19.3	35.1	20.1	37.1	62.2
Watten und Marschen	4.9	19.3	38.3	14.6	39.6	70.7
Ostfriesisch-Oldenburgische Geest	1.2	21.6	49.6	14.5	46.1	92.1
Stader Geest	-2.7	21.0	62.0	16.8	43.6	96.6
Ems-Hunte-Geest und Dümmer-Geestniederung	-4.6	20.7	50.0	15.6	43.0	76.9
Lüneburger Heide und Wendland	-7.1	18.1	42.8	2.2	39.3	97.1
Weser-Aller-Flachland	2.7	21.2	38.1	12.4	39.3	77.9
Börden	-3.3	19.2	42.5	1.2	32.3	67.2
Osnabrücker Hügelland	4.1	22.7	36.1	12.3	39.3	72.0
Harz	1.2	16.4	31.6	10.2	22.3	36.7
Weser- und Leinebergland	2.1	19.7	36.0	10.3	28.2	47.1

Tab. 14: Änderungssignal der größten 5-Tages-Niederschlagssumme im Jahresmittel in Prozent

	5-Tages-Niederschlag Jahresmittelwert 2021-2050:			5-Tages-Niederschlag Jahresmittelwert 2071-2100:		
	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum
Niedersachsen gesamt	0.6	7.0	12.6	2.9	10.2	17.1
Watten und Marschen	1.7	6.8	14.6	5.5	11.4	21.4
Ostfriesisch-Oldenburgische Geest	1.8	7.1	14.7	3.8	11.0	19.5
Stader Geest	-1.0	6.6	14.3	2.5	10.1	19.6
Ems-Hunte-Geest und Dümmer-Geestniederung	2.1	7.4	15.5	2.7	11.0	18.4
Lüneburger Heide und Wendland	-4.5	6.0	12.0	0.4	9.4	16.8
Weser-Aller-Flachland	-2.5	7.8	12.6	0.3	10.5	19.8
Börden	-0.5	7.2	10.2	0.2	9.2	17.5
Osnabrücker Hügelland	0.6	7.5	15.7	1.6	11.8	23.3
Harz	0.1	6.8	13.8	0.9	7.4	14.4
Weser- und Leinebergland	2.3	7.9	12.7	-0.2	9.1	15.3

Anhang III – Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft

zu Kap. 5.3 – Landwirtschaft, Garten- und Obstbau

Auswirkungen des Klimawandels auf das Pflanzenwachstum und Ertragsbildung, den Wasserhaushalt, den Boden, die Nährstoffe, die Pflanzengesundheit und die Tierproduktion

Auswirkungen des Klimawandels auf			Wahrscheinlichkeit
Durch	das Pflanzenwachstum und Ertragsbildung:	+/-	
höhere Temperatur	Verlängerung der Vegetationsperiode (Kartoffeln, Zuckerrüben, Gräser)	+	sicher
	Zunahme des Früh- und Spätfrosttrisikos	-	"
	Verschiebung und Verkürzung/Beschleunigung des Entwicklungsverlaufes – bei Getreide, Zuckerrüben, Grünland und im Obstbau bereits beobachtet	-	"
	Konkurrenzverschiebung zu Gunsten Wärme liebender Pflanzenarten bzw. Sorten	+/-	wahrscheinlich
	Unzureichende Vernalisation in milden Wintern	-	"
höhere CO ₂ -Konzentration	Zunahme der Photosyntheserate: Förderung des Pflanzenwachstums und Beeinflussung der Wert gebenden Inhaltsstoffe durch ansteigende CO ₂ -Gehalte der Atmosphäre bei ausreichender Wasserversorgung Verbesserung des Wasserausnutzungskoeffizienten der Photosynthese (WUE, water use efficiency)	+	"
	Erweiterung des C/N-Verhältnisses in der Biomasse (entspricht niedrigeren relativen Proteingehalten) bei erhöhter CO ₂ -Konzentration	-	"
Extremwetter	Sinkende Ertragssicherheit landwirtschaftlicher Kulturen infolge zunehmender Extremereignisse wie z. B. Wasser- und Winderosion, Überschwemmungen, Hitze- und Dürreperioden, Spät- oder Frühfröste sowie Sturm und Hagel ⁷³	-	wahrscheinlich
den Wasserhaushalt ⁷⁴			
höhere Temperatur/ Verschiebung der Niederschlagsereignisse	Geringeres Wasserdargebot während der Vegetationsperiode aufgrund abnehmender Sommerniederschläge und der Zunahme der Verdunstung	-	wahrscheinlich
	Anstieg der potenziellen Evapotranspiration und damit schnellerer Verbrauch des pflanzenverfügbaren Bodenwassers	-	"
	Verstärkte Grundwasserneubildung im Winter und damit verbunden höheres Nitrat(NO ₃)-Austragsrisiko (wenn während der Vegetationsperiode nicht beregnet werden konnte), was zu Belastung des Grundwassers führen kann	++	"
	Längere Trockenstressphasen beeinträchtigen die Ertragssicherheit	-	unsicher
	Stärkerer Oberflächenabfluss und geringere Wasserspeicherung durch Zunahme von Starkniederschlägen	-	"
den Boden ⁷⁵ :			
höhere Temperatur	Risiko eines verstärkten Humusabbaus und damit verbundene höhere N-Freisetzung	-	wahrscheinlich
Verschiebung der Niederschlagsereignisse/Extreme	Zunahme der Winderosion auf leichten Böden bei stark ausgetrockneter Bodenoberfläche	-	"
	Zunehmender Bodenabtrag durch Wassererosion	-	"
	Erhöhung der Verschlämmungsgefahr auf Gefüge labilen Böden durch Starkniederschläge	-	unsicher

⁷³ Verband der Landwirtschaftskammern: „Klimawandel und Landwirtschaft – Anpassungsstrategien im Bereich Pflanzenbau“, 2010 Fachinformationen

^{74,75} Ebenda

	die Nährstoffe⁷⁶		
höhere Temperatur	Höhere Luft- und Bodentemperaturen fördern das Risiko gasförmiger Ammoniak(NH ₃)-Verluste bei der Düngung insbesondere auf Standorten mit alkalischen Böden	-	wahrscheinlich
	Verstärkte N-Mineralisation aus organischer Substanz	-	"
Verschiebung der Niederschlagsereignisse/ Extreme	Zunahme des NO ₃ -Auswaschungs-Risikos auf leichten und flachgründigen Böden in Jahren mit erhöhten Winterniederschlägen	-	"
	Gefahr des Anstiegs der NO ₃ -Konzentration im Sickerwasser insbesondere auf Lößstandorten und auf Böden mit hohen Gehalten an organischer Substanz	-	"
	Verstärkter Phosphatverlust durch Erosion	-	unsicher
	Erhöhte Kalk- und Kaliverlagerung	-	"
	Verminderte Nährstoffverfügbarkeit in Trockenphasen Probleme bei der Befahrbarkeit und Bodenbearbeitung	-	wahrscheinlich
	die Pflanzengesundheit⁷⁷		
höhere Temperatur	Zunahme Wärme liebender Insekten, wie Kartoffelkäfer und Blattläuse (Primärschäden: Blattfraß, Saugschäden etc.)	-	wahrscheinlich
	Verstärktes Auftreten von Blattläusen und Zikaden (Sekundärschäden: Virosen, Qualitätsverluste etc.)	-	"
	Vitalere Überwinterung von Schädlingen und nachfolgend früherer und höherer	-	"
	Befallsdruck im Frühjahr		
	Auftreten bisher nicht heimischer Schaderreger – ansteigende Temperaturen bieten auch faunenfremden Insekten optimale Entwicklungsbedingungen und Ausbreitungsmöglichkeiten, z.B. Westlicher Maiswurzelbohrer	-	"
	Wärme liebende Arten (z. B. Hirsen, Franzosenkraut, Gänsefuß, Saampappel, Ochsenzunge) profitieren vom erhöhten Wärmeangebot im Frühjahr; Möglichkeit der Einwanderung schwer bekämpfbarer Schadpflanzen (z. B. Ambrosia, Eleusine, Cyperus	-	"
Mehr Sonnentage	Durch verstärkte UV-Strahlung schnellerer Wirkstoffabbau mit veränderter Wirkdauer	-	unsicher
höhere Temperatur Verschiebung der Niederschlagsereignisse	Beeinträchtigung der Pflanzengesundheit durch zu hohe Temperaturen und unausgeglichene Wasserversorgung	-	"
	Direkter Schaden durch Starkregenereignisse und Begünstigung von Wurzelfäulen durch längere Überflutungen	-	"
	Direkter Schaden durch längere Trockenperioden und Förderung des Auftretens bestimmter Schaderreger (z. B. Spinnmilben)	-	wahrscheinlich
	Zunahme der Artenvielfalt von Schadpflanzen sowie Ausbreitung neuer Wärme liebender Unkrautarten; längere Trockenperioden im Frühjahr und Sommer begünstigen Pflanzen mit unterirdischen Speicher- und Überdauerungsorganen (Disteln, Winden); milde Winter fördern Herbstkeimer (z. B. Acker-Fuchsschwanz, Klettenlabkraut).	-	"
	Zunahme von Krankheiten mit hohen Ansprüchen an Temperatur und Niederschlagsereignisse, wie Rostkrankheiten, Netzflecken, Cercospora beticola	-	"

^{76,77} Ebenda

	Anstieg von Pathogenen mit hohen Ansprüchen an Temperatur und relativer Luftfeuchte wie Echter Mehltau, Halmbruch und Septoria tritici	-	„
	Feuchtwarme Witterungsbedingungen fördern eine Reihe von Schaderregern wie Milben, Schnecken, Pilze und Bakterien	-	unsicher
	Pflanzenschutzmittelanwendung wird witterungsbedingt unsicherer – mögliche Wirkungseinschränkungen bei Bodenherbiziden aufgrund geringer Bodenfeuchte	-	„
	die Tierproduktion:		
	die Tiergesundheit:		
höhere Temperatur Verschiebung der Niederschlagsereignisse	Direkte Auswirkungen wie Hitzestress mit Auswirkungen auf das Herz-Kreislauf-System, das Tierverhalten inklusive der Futteraufnahme, die Physiologie und die Krankheitsanfälligkeit der Wild- und Nutztiere	-	wahrscheinlich
	Auswirkungen auf die Tiergesundheit durch vektorübertragene Erkrankungen	-	„
	die Leistungsmerkmale der Tiere:		
	In Abhängigkeit der Luftfeuchte/Temperatur rückläufige Futteraufnahme ab ca. 20 -25 °C (Verzehrreduzierung) verbunden mit herabgesetzter Nährstoffaufnahme und -effizienz (herabgesetzter Energie- und Proteinstoffwechsel)	-	„
	Eingeschränktes Wachstum	-	
	In Abhängigkeit der Luftfeuchte sinkende Milch- und Mastleistung bei Rindern; Minderung der Milchleistung ab ca. 20 °C Tagesmitteltemperatur	-	„
	Veränderte Milchqualität und -zusammensetzung: Sinkende Fett- und Proteingehalte mit veränderter Fettzusammensetzung sowie geringere Calcium-, Phosphor- und Magnesiumgehalte mit möglichen Problemen bei Milchhygiene und Verarbeitung durch z. B. erhöhte Zellzahlen	-	„
	Verminderte Kolostrumqualität	-	unsicher
	Herabgesetzte Fruchtbarkeit	-	wahrscheinlich „
	Erhöhte Körpertemperatur und gesteigerter Bedarf an Tränkewasser u. a. aufgrund verstärkter Wasserabgabe und damit höherer Elektrolytausscheidungen (insbesondere Na, Cl, Mg, K und Ca) über die Haut	-	wahrscheinlich

Anhang IV – Klimabezogene Projekte im Sektor Landwirtschaft in Niedersachsen

zu Kap. 5.3 – Landwirtschaft

Lfd Nr.	Projekte in Niedersachsen	Träger (z.B. Bund, Land, Universität, Privatwirtschaft).	Status
	Aquarius „Dem Wasser kluge Wege ebnen“ Farmers as WaterManagers in a Changing Climate Ackerbau bei Wasserknappheit Nitratauswaschung bei Wasserknappheit	Interreg IVb Interreg North Sea Region, EU, NLWKN, Land Niedersachsen LWK Niedersachsen,	laufend
	KLIFF: Klimafolgenforschung in Niedersachsen	Nds. Ministerium für Wissenschaft und Kultur 21 Universitäten und Forschungseinrichtungen. Koordiniert wird KLIFF vom Forschungszentrum Waldökosysteme in Göttingen.	laufend
	Klimawandel und Obstbau (KliO). Ziele: Entwicklung von Klimaszenarien und Reaktion der Obstbäume, Prognose des Apfelwicklers, Abschätzung der Kosten des Klimawandels an der Niederelbe	Bund (BMBF) Obstbauversuchsanstalt Jork	abgeschlossen
	KLIMZUG-NORD, Metropolregion Hamburg: „Strategische Anpassungsansätze zum Klimawandel in der Metropolregion Hamburg“	Bund (BMBF), Stadt Hamburg Koordination: TuTech Innovation GmbH Hamburg. Kooperationspartner: Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen,	laufend
		Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen. In Niedersachsen beteiligte Einrichtungen: Biosphärenreservat Nds. Elbtalaue, LBEG, Leuphana Universität Lüneburg, LWK Niedersachsen, NLWKN, Unternehmen. Unterstützer: 6 niedersächsische Landkreise; LK Ludwigslust MV.	
	nordwest 2050 Perspektiven für klimaangepasste Innovationsprozesse in der Metropolregion Bremen – Oldenburg im Nordwesten	Bund (BMBF) Koordination: Metropolregion Bremen – Oldenburg; Kooperationspartner: Sustainability Center Bremen, Universität Bremen, Universität Oldenburg, Hochschule Bremen, BioConsult Schuchardt & Scholle GbR	laufend
	KliPO (Klimawandel und Pilze im Obstbau)	Bund (BMBF) Obstbauversuchsanstalt Jork DIW (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung), Humboldt-Universität Berlin	
	SAWA: Maßnahmenumsetzung WRRl und Hochwasserrisiko-Management-Richtlinien. Verhinderung von Hochwasser	Interreg IVb Interreg North Sea Region, EU, NLWKN, Land Niedersachsen LWK Niedersachsen,	März 2012
	No Regret – Genug Wasser für die Landwirtschaft	Interreg IIIb Interreg North Sea Region, EU, NLWKN, Land Niedersachsen LWK Niedersachsen,	abgeschlossen

	Potenziale zur Substitution von Grundwasser für die Feldberechnung im Verbundprojekt Regionales Management von Klimafolgen in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen	Förderung durch das BMBF im Rahmen des Förderprogramms „Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen“ KlimaZwei Träger: Uni Hannover, LWK Nds., LBEG u..a.	abgeschlossen
	ZINEG - Zukunftsinitiative Niedrigenergiegewächshaus	BMELV, BLE, BMU, Rentenbank	laufend
	Water2adapt: Identifizierung von sozialen Einflussfaktoren der Wasserknappheit, Abwägung politischer Maßnahmen zur Deckung des Wasserbedarfs	BMBF, LWK Niedersachsen	laufend



Herausgeber:
Regierungskommission Klimaschutz

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
Presse und Öffentlichkeitsarbeit
Archivstraße 2
30169 Hannover

www.umwelt.niedersachsen.de

Juli 2012