

Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten | Band 5

# Klimafolgenanpassung

im Biosphärenreservat Niedersächsische **ELBTALAUE**  
– Modellregion für nachhaltige Entwicklung

Johannes Prüter, Tobias Keienburg, Christiane Schreck (Hrsg.)



**KLIMZUG-NORD**

Strategische Anpassungsansätze  
zum Klimawandel in der Metropolregion Hamburg



**Klimafolgenanpassung**  
im Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue  
– Modellregion für nachhaltige Entwicklung

Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, Band 5

Johannes Prüter, Tobias Keienburg, Christiane Schreck  
(Hrsg.)

TuTech Verlag, Hamburg

## Impressum:

Prüter, Johannes; Keienburg, Tobias; Schreck, Christiane (Hrsg.) (2014): Klimafolgenanpassung im Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue – Modellregion für nachhaltige Entwicklung. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, Band 5.

TuTech Verlag  
TuTech Innovation GmbH  
Harburger Schloßstr. 6-12  
21079 Hamburg



Tel.: +49 40 76626-6121  
E-Mail: [verlag@tutech.de](mailto:verlag@tutech.de)  
[www.tutechverlag.de](http://www.tutechverlag.de)

ISBN: 978-3-941492-71-4

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01LR0805A gefördert.  
Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Diese Veröffentlichung wurde ermöglicht durch  
die Förderfonds der Metropolregion Hamburg.

**Herausgeber: Prüter, Johannes; Keienburg, Tobias; Schreck, Christiane**

Druck: Lehmann  
Offsetdruck GmbH  
Gutenbergring 39  
22848 Norderstedt

Papier: Circle matt White  
100 % Altpapier

Layout: TuTech Agentur  
Harburger Schloßstr. 6-12  
21079 Hamburg  
[www.tutech.de/agentur](http://www.tutech.de/agentur)

Nachdruck, Vervielfältigung, Speicherung oder Übertragung in elektronische, optische, chemische oder mechanische Datenhaltungs- oder -verwertungssysteme sind – auch auszugsweise – ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung von TuTech Innovation GmbH verboten.

Die Verwertung von Informationen aus dem Band 5 „Klimafolgenanpassung im Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue – Modellregion für nachhaltige Entwicklung. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten“ zum Zweck der gewerblichen Informationsvermittlung ist nicht zulässig.

Alle Rechte vorbehalten.  
© TuTech Innovation GmbH



<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	1
	<i>Johannes Prüter</i>	
<b>2</b>	<b>Klimaprojektionen für das Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue</b> .....	9
	<i>Diana Rechid, Juliane Petersen, Robert Schoetter, Daniela Jacob</i>	
2.1	Einleitung .....	9
2.2	Regionalisierung für Deutschland .....	10
2.3	Auswertungsmethoden .....	10
2.4	Jährliche und saisonale Änderungen von Temperatur und Niederschlag .....	11
2.5	Veränderte Verteilung der Tageswerte von Temperatur und Niederschlag .....	13
2.6	Zusammenfassung .....	17
<b>3</b>	<b>Auswertung phänologischer Zeitreihen der Metropolregion Hamburg mit Fokus auf die Niedersächsische Elbtalaue</b> .....	19
	<i>Diana Rechid, Manuel Dröse, Juliane Petersen, Nils Hempelmann</i>	
3.1	Einleitung .....	19
3.2	Daten und Methoden .....	20
3.3	Phänologische Zeitreihen für das Gebietsmittel der Metropolregion Hamburg .....	22
3.4	Zeitreihen ausgewählter phänologischer Phasen für einzelne Stationen im Südosten der Metropolregion Hamburg .....	24
3.5	Fazit und Ausblick .....	25
Exkurs:	Phänologische Daten als Türöffner für Gespräche rund um den Klimawandel und für Trendanalysen zur Klimadiagnostik – Ehrenamtliche Beobachter/innen gesucht! .....	26
	<i>Christiane Schreck</i>	
<b>4</b>	<b>Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Vegetation von Auenwiesen entlang der mittleren Elbe</b> .....	27
	<i>Kristin Ludewig, Jana M. Hanke, Lotte Korell, Kai Jensen</i>	
4.1	Einleitung .....	27
4.2	Untersuchungsgebiet .....	29
4.3	Die Vegetation der Auenwiesen entlang der Mittel-elbe .....	30
4.3.1	Methoden .....	30
4.3.2	Ergebnisse .....	30
4.4	Effekte von reduzierten Sommerniederschlägen und erhöhter Stickstoffverfügbarkeit auf Stromtalwiesen der mittleren Elbe .....	31
4.4.1	Methoden .....	31
4.4.2	Ergebnisse .....	32
4.5	Effekte von Wasserstand und Herkunft auf <i>Cnidium dubium</i> .....	32
4.5.1	Methoden .....	32
4.5.2	Ergebnisse .....	33
4.6	Konsequenzen für die Klimafolgenanpassung in der Region .....	34
4.7	Handlungsempfehlungen .....	34

# 5

## Modellierung von klimainduzierten Veränderungen des Bodenwasserhaushalts von Auenböden an der unteren Mittelelbe ..... 35

*Moritz Scharnke, Frank Krüger, Brigitte Urban, Wilfried Schneider*

5.1	Einleitung .....	35
5.2	Untersuchungsgebiet .....	36
5.3	Methodik .....	37
5.3.1	Messstandorte .....	37
5.3.2	Modellbeschreibung .....	37
5.3.3	Bodenwasserhaushalt im Untersuchungsgebiet unter heutigen Klimabedingungen .....	37
5.3.4	Charakterisierung des Bodenwasserhaushalts unter heutigen Klimabedingungen .....	38
5.3.5	Berücksichtigung des Klimawandels .....	38
5.4	Ergebnisse .....	39
5.5	Fazit .....	43

# 6

## Zweidimensionale hydronumerische Modellierung des Abflussgeschehens der Elbe ..... 45

*Matthias Alexy*

6.1	Einleitung .....	45
6.2	Modell Lenzen .....	46
6.3	Modell Hitzacker .....	49
6.4	Fazit .....	51

# 7

## Bodenökologische Untersuchungen in Elbauen – Entstehung und Entwicklung der Böden in der Mänderschleife Wehningen ..... 53

*Frank Krüger, Mario Tucci, Brigitte Urban*

7.1	Einleitung .....	53
7.2	Methodisches Vorgehen und Ergebnisse .....	55
7.2.1	Standorteigenschaften von Auenböden .....	55
7.2.1.1	Auswahl und Lage der Standorte .....	55
7.2.1.2	Standorteigenschaften in der alten und jungen Aue des Wehninger Werders .....	56
7.2.2	Kohlenstoffvorräte und Ausgasung .....	56
7.2.2.1	Ermittlung von Kohlenstoffvorräten .....	56
7.2.2.2	Kohlenstoffdynamik (CO <sub>2</sub> -Fluxes und bodenbiologische Parameter) .....	57
7.2.3	Rezente Sedimenteinträge .....	61
7.3	Schlussfolgerungen .....	62

# 8

## Schadstoffregime in Auenböden der Elbe ..... 63

*Frank Krüger, Brigitte Urban*

8.1	Einleitung .....	63
8.2	Identifikation der Belastungs-Hot Spots .....	64
8.2.1	Hypothesen und Konventionen zur Ableitung einer Strategie zur Identifikation von Belastungs-Hot Spots .....	64
8.2.2	Zeitliche Belastungsentwicklung von Dioxinen und Schwermetallen .....	64
8.2.3	Ermittlung von Metallmustern zur Identifizierung von Dioxin-Hot Spots .....	66
8.3	Mobilisierung von Spurenmetallen .....	67
8.3.1	Ziel der Mobilisierungsuntersuchungen .....	67
8.3.2	Methodik .....	67
8.3.3	Ergebnisse und Diskussion .....	68
8.3.3.1	Entwicklung des Redoxpotenzials .....	68
8.3.3.2	Entwicklung der mobilisierten Metallgehalte .....	69
8.4	Schlussfolgerungen und Empfehlungen .....	70
8.5	Forschungsbedarf .....	70

# 9

## Landwirtschaft in der Elbtalau – Strukturen und Entwicklungen vor dem Hintergrund des Klimawandels ..... 71

*Enno Eiben, Jürgen von Haaren*

9.1	Einleitung .....	71
9.2	Beschreibung der Landwirtschaft in der Elbtalau .....	73
9.3	Mögliche Entwicklungstendenzen für die künftige Landwirtschaft in der Elbtalau .....	75
9.4	Weitere Herausforderungen .....	76
9.5	Anpassungsmaßnahmen der Landwirtschaft in der Elbtalau .....	77

# 10

## Entwicklung eines Beratungssystems zur flexiblen Anpassung an den Klimawandel und die wechselnden Anforderungen des Marktes für landwirtschaftliche Betriebe im Bereich der Niedersächsischen Elbtalau ..... 81

*Enno Eiben*

10.1	Einleitung .....	81
10.2	Zielsetzung .....	83
10.3	Vorgehen/Eingangsdaten .....	84
10.4	Leistung des Modells für die Klimafolgenanpassung in der Region .....	88
10.5	Offene Fragen, weiterer Forschungsbedarf .....	88

# 11

## Ergebnisdokumentation „Akteursanalyse Elbtalau-Wendland“ ..... 89

*Juliane Ette, Manuel Gottschick (Projektlaufzeit März 2012 bis März 2013)*

11.1	Einleitung .....	89
11.2	Methoden .....	91
11.3	Darstellung der Ergebnisse .....	93
11.4	Befunde zur Funktionalität der Netzwerke .....	94
11.5	Fazit/Maßnahmenvorschläge – Mögliche Konsequenzen aus den Befunden für die Klimafolgenanpassung in der Region .....	98



<b>12</b>	<b>Bewertung des partizipativ entwickelten Leitbildes zur Klimaanpassung der Samtgemeinde Gartow</b> .....	99
	<i>Thomas Zimmermann, Jörg Knieling</i>	
12.1	Einleitung .....	99
12.2	Kriterien für die Bewertung von Leitbildern im Kontext der Klimaanpassung .....	100
12.3	Das klimaangepasste Leitbild der Samtgemeinde Gartow als Fallbeispiel .....	102
12.4	Bewertung des Leitbildes .....	105
12.5	Zusammenfassende Bewertung und Fazit .....	106

<b>13</b>	<b>KLIMAGESPRÄCHE – Kommunikation von Klimawissen in Vereinen, Verbänden und Interessengruppen</b> .....	107
	<i>Christiane Schreck, Christine Katz</i>	
13.1	Auf dem Weg vom Wissen zum Handeln – eine Annäherung an die Herausforderung Klima(wandel) .....	108
13.2	Das Format KLIMAGESPRÄCH entsteht – Entwicklung und Kernelemente .....	108
13.3	Klönsschnack und Fachberatertreffen – KLIMAGESPRÄCHE fanden statt .....	110
13.4	Wie kann es weitergehen? – Ausblick .....	111

<b>14</b>	<b>„Wem und wie sag’ ich’s denn am besten?“ – Bildung und Kommunikation zur Anpassung an regionale Folgen des Klimawandels</b> .....	113
	<i>Christine Katz, Christiane Schreck</i>	
14.1	Wen soll und will man adressieren? Wer möchte Informationen und will sich anpassen? .....	114
14.1.1	Organisierte regionale Akteur/innen und Multiplikator/innen .....	114
14.1.2	Allgemeine Bevölkerung .....	115
14.2	Was wurde bisher gemacht, was ist weiterhin zu tun? .....	115
14.2.1	Kommunikation von Klimawissen in Vereinen, Verbänden und Interessengruppen: Aufsuchende situative Vermittlungsarbeit bei Akteur/innen .....	116
14.2.2	(Landschafts-)Planung und Naturschutz im Klimawandel – mögliche Methoden und Verfahren für das regionale Management: Weiterbildungsveranstaltung für Multiplikator/innen .....	116
14.2.3	Einbindung der Allgemeinen Öffentlichkeit: Beteiligungsorientierte Bildungsmodule .....	117
14.3	Fazit .....	118

<b>15</b>	<b>Synopse: Potenzielle Folgen des Klimawandels für das Modellgebiet Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue und mögliche strategische Anpassungsansätze</b> .....	119
	<i>Johannes Prüter</i>	

<b>Glossar</b> .....	126
----------------------	-----

<b>Literaturverzeichnis</b> .....	132
-----------------------------------	-----

<b>Beteiligte Autorinnen und Autoren und Institutionen</b> .....	148
--	-----



# 1

## Einleitung

*Johannes Prüter*

Das im Süd-Osten der Metropolregion Hamburg (MRH) gelegene Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue ist in den vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projektverbund „KLIMZUG-NORD – Strategische Anpassungsansätze zum Klimawandel in der Metropolregion Hamburg“ (2009 - 2014) wie folgt eingebunden:

1. Im Themenfeld „Zukunftsfähige Kulturlandschaften“ werden als Teilvorhaben 3.2 des Projektverbunds im Bezugsraum Biosphärenreservat Anpassungsstrategien an den Klimawandel am Beispiel der Auenlebensräume entwickelt. Dazu werden regionale Klimaprojektionen erstellt sowie Forschungsarbeiten mit z. T. analytischen, z. T. modellierenden Ansätzen zu den Themen Boden- und Vegetationsökologie, Gebietswasserhaushalt, Naturschutz sowie zum Hochwasserabfluss der Elbe durchgeführt. Da die Auenlebensräume zu einem beträchtlichen Teil landwirtschaftlich geprägt sind, werden Fragen der agrarstrukturellen Entwicklung und Anpassungsoptionen in der Flächennutzung mit in das Teilprojekt eingebunden. Das Teilvorhaben wird von der Biosphärenreservatsverwaltung in Hitzacker koordiniert. Sie sorgt gleichzeitig dafür, dass die Untersuchungsansätze und -ergebnisse sowie die in den Kommunikationsprozessen gesammelten Erfahrungen in unmittelbarem Bezug zur Praxis des laufenden Schutzgebietsmanagements gesetzt werden.
2. Mit dem regionsbezogenen integrierenden Ansatz ist das Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue zudem prädestiniert, als Modellgebiet innerhalb des KLIMZUG-NORD Verbunds durch weitergehende methodische Ansätze mit inter- und transdisziplinärer Ausrichtung an beispielhaften Lösungen zu arbeiten und im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit verstärkt auf die mit dem Klimawandel einhergehenden Fragen zu sensibilisieren. Das schließt insbesondere ergänzende und ggf. innovative Arbeiten in den durch die KLIMZUG-NORD Querschnittsaufgaben repräsentierten Themenfeldern wie Bildung, Kommunikation, Governance und Naturschutz ein. Angesichts des grundsätzlichen Anspruchs an Biosphärenreservate, als „Modellregionen für eine nachhaltige Entwicklung“ beispielhaft in der jeweiligen Region Lösungen für die weltweit drängenden Zukunftsfragen aufzuzeigen, gibt es in erheblichem Umfang Synergien zwischen den laufenden Aufgaben der Biosphärenreservatsentwicklung und dem im KLIMZUG-NORD Verbund verfolgten Ansatz eines Modellgebiets.

Das Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue steht in der MRH beispielhaft für eine nachhaltige Regionalentwicklung, dabei auch und besonders für neue angepasste Konzepte im Management von Flussauen. Es ist in weiten Bereichen Bestandteil des europäischen Schutzgebietssystems Natura 2000. Daraus ergeben sich besondere Anforderungen an die Umsetzung von Naturschutzstrategien, die perspektivisch an den Wandel der klimatischen Rahmenbedingungen angepasst sind. Zudem sind sie in der Praxis mit den Belangen des Hochwasserschutzes und der Landwirtschaft sachgerecht abzustimmen.

Als Großschutzgebiet bietet das Modellgebiet dafür langfristig stabile Grundlagen, insbesondere auch geeignete Rahmenbedingungen für Aufbau und Unterhaltung von Netzwerken zur Förderung einer nachhaltigen Regional-

entwicklung, für beispielhaftes Zusammenwirken von Wissenschaft und Praxis, für Bildungsmaßnahmen und weitere Beteiligungsprozesse.

Der vorliegende Bericht zur Niedersächsischen Elbtalaue gibt zunächst einen Überblick über den Bezugsraum, über die Zielsetzungen der hier durchgeführten Arbeiten und umreißt die konzeptionellen Ansprüche und gesetzlichen Anforderungen an Biosphärenreservate.

Es folgen Beiträge aus dem KLIMZUG-NORD Projekt, die schließlich synoptisch zusammengefasst und ergänzt werden durch eine Übersicht möglicher Anpassungen an den Klimawandel und solcher Maßnahmen, die bereits in der laufenden Entwicklung des Biosphärenreservats Bezüge zu Klimaschutz und Klimaanpassung aufweisen.



Abb. 1.1: Das Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue (links) als Bestandteil des UNESCO-Biosphärenreservats „Flusslandschaft Elbe“ (rechts).

## Klimafolgenanpassung im Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue – Ziele, Aufgaben und Potenziale

### Das Biosphärenreservat als Untersuchungsgebiet

Das Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue wurde 2002 als Großschutzgebiet des Landes Niedersachsen per Landesgesetz (NElbtBRG) eingerichtet. Mit einer Flächenausdehnung von 56.760 ha umfasst es den niedersächsischen Teil des bereits 1997 von der UNESCO anerkannten länderübergreifenden UNESCO-Biosphärenreservats Flusslandschaft Elbe (vgl. Abb. 1.1, Prüter et al. 2013). Es reicht über annähernd 100 Stromkilometer von Schnackenburg elbabwärts bis Hohnstorf.

Der Schutzzweck des Biosphärenreservats zielt u. a. ab auf

- „...die Erhaltung, Entwicklung oder Wiederherstellung der für den Naturraum ‚Untere Mittel-Elbeniederung‘ typischen Kulturlandschaft und ihrer Teile in ihrer durch hergebrachte vielfältige Nutzung und naturbetonte stromtaltypische Elemente geprägten Eigenart und Schönheit...“

- die „Erhaltung und Entwicklung der charakteristischen Lebensräume..., der natürlich und historisch gewachsenen Arten- und Biotopvielfalt, einschließlich Wild- und früherer Kulturformen wirtschaftlich genutzter oder nutzbarer Tier- und Pflanzenarten..., naturnaher Standortverhältnisse, insbesondere im Hinblick auf den Boden sowie auf den Wasserhaushalt...“.

Für die Betreuung des Gebiets und die Umsetzung der vom Land Niedersachsen wahrzunehmenden Aufgaben wurde die Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalaue mit Sitz in Hitzacker eingerichtet. Sie sorgt für Einheitlichkeit in der Gebietsentwicklung und übernimmt für den am strengsten geschützten Gebietsteil C (rot markierte Flächen in der linken Karte der Abb. 1.1) auch die Funktion einer Naturschutzbehörde. Neben den naturschutzbehördlichen Aufgaben befasst sich die Biosphärenreservatsverwaltung dem gesetzlichen

Auftrag zufolge auch mit der Förderung einer nachhaltigen Raumnutzung, mit Bildung, Forschung, Information und Dokumentation (Prüter 2009).

Der Biosphärenreservatsplan (Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalau 2009) präzisiert die Aufgabenstellungen und die erforderlichen Maßnahmen zur Gebietsentwicklung. Auch der Klimawandel mit seinen direkten und indirekten Auswirkungen wird dabei erwähnt. Klimaschutz und Klimafolgenanpassung sind danach von der Biosphärenreservatsverwaltung grundsätzlich zu beachtende Belange. Das ergibt sich auch aus der Klimapolitischen Umsetzungsstrategie Niedersachsen (MU 2013), die den Großschutzgebieten in verschiedenen Handlungsfeldern Aufgaben zuweist.

In diesem überwiegend landwirtschaftlich geprägten Gebiet mit herausragender biologischer Vielfalt ist es von besonderer Bedeutung, dass modellhaft entwickelte Naturschutzstrategien und Konzepte einer nachhaltigen Landwirtschaft die durch den Klimawandel zu erwartenden Veränderungen landschaftsökologischer Rahmenbedingungen frühzeitig berücksichtigen. Die im KLIMZUG-NORD Verbund entwickelten Untersuchungsansätze zielen daher vorrangig auf die wertgebenden Grünlandflächen, die für die weite Flussauenlandschaft prägend sind.

Innerhalb des Biosphärenreservats liegen als Bestandteile der NATURA 2000-Gebietskulisse das FFH-Gebiet Elbeniederung zwischen Schnackenburg und Geesthacht (22.654 ha) sowie, z. T. in räumlicher Überschneidung, das EU-Vogelschutzgebiet Niedersächsische Mittelalbe (34.028 ha).

Im Gesetz über das Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalau sind die hier wertgebenden Arten und Lebensraumtypen sowie die konkreten Zielsetzungen für einen günstigen Erhaltungszustand aufgeführt. Diesen zu gewährleisten, gehört zu den Kernaufgaben der Biosphärenreservatsverwaltung.

Die Grünland-Ökosysteme haben im Biosphärenreservat mit aktuell rund 16.570 ha insgesamt ca. 29 % Anteil an dessen Gesamtfläche (Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalau 2009). Im aktuellen Überschwemmungsgebiet der Elbe und ihrer Nebenflüsse innerhalb des Biosphärenreservats sind Grünland-Ökosysteme mit einer Gesamtfläche von etwa 5.000 ha vorherrschend. Die artenreichen Ausprägungen der kulturbedingten Stromtalwiesen, insbesondere die Brendolden-Auenwiesen und die mageren Flachland-Mähwiesen, gehören als FFH-Lebensraumtypen zu den besonderen Bestandteilen des Biosphärenreservats.

Insbesondere für die Arten und Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie ergibt sich aus den gesetzlichen Vorgaben der Auftrag, günstige Erhaltungszustände durch konkrete Maßnahmen zu sichern bzw. zu entwickeln. Orientiert am o. g. Schutzzweck geht es im Biosphärenreservat aber auch darum, grundsätzlich aufzuzeigen, wie und mit welchen Instrumenten die Biologische Vielfalt insgesamt auf der Ebene von Populationen, Arten und Ökosystemen im konkreten Bezugsraum erhalten werden kann. Dabei ist dem Verlust an Werten und Leistungsfähigkeit, wie er sich unter neuen klimatischen Rahmenbedingungen

einstellen könnte, entgegenzuwirken. Entsprechende Anpassungsoptionen sind aufzuzeigen. Angesichts der Fülle und Heterogenität der die biologische Vielfalt bestimmenden Faktoren wird deutlich, dass veränderte klimatische Einflüsse oft einhergehen mit sonstigen direkten oder indirekten anthropogenen Einwirkungen und mit diesen in hochkomplexen Wechselbeziehungen stehen (Mosbrugger et al. 2012).

Für die Entwicklung der Auenlebensräume an der unteren Mittelalbe und ggf. deren Nutzbarkeit ist das Abflussgeschehen der Elbe, der Wechsel von Hoch- und Niedrigwasserphasen sowie deren Saisonalität, Intensität und Dauer zweifellos eine wesentliche Einflussgröße. Sie wird durch Geschehnisse im oberliegenden Teil des insgesamt rund 148.000 km<sup>2</sup> großen Einzugsgebiets der Elbe gesteuert. Eine Vielzahl unmittelbar wirkender anthropogener Einflussfaktoren sind für das Wasserdargebot und dessen Qualität im Bezugsraum relevant, wie beispielsweise der Betrieb von Talsperren im tschechischen Raum, die Veränderungen in den Zuflüssen aus Tagebauregionen und landnutzungsbedingte Veränderungen im Landschaftswasserhaushalt (Horsten et al. 2011, Wechsung 2011). Direkte und indirekte Folgen klimatischer Veränderungen kommen hinzu.

Die Frage der zukünftigen Gestaltung eines angemessenen und effektiven Hochwasserschutzes ist sowohl aus sozioökonomischer als auch aus ökologischer Sicht für den Bereich der unteren Mittelalbe ein entscheidender Belang. Der aktuelle Bemessungs-Hochwasserabfluss wurde für diesen Raum von den Landesministerien in Anpassung an die veränderten Rahmenbedingungen im Jahre 2008 auf 4.545 m<sup>3</sup>/s (gemessen am Pegel Wittenberge) erhöht. Entsprechende Bemessungswasserspiegellagen, die für den zukünftigen technischen Hochwasserschutz (insbesondere Deichbau) maßgeblich sind, wurden bisher noch nicht amtlich festgestellt.

Es besteht angesichts der Häufung außergewöhnlicher Hochwasserereignisse in der jüngeren Zeit dringender Bedarf, ein breites Spektrum geeigneter Anpassungsmaßnahmen im Hochwasserschutz zu konzipieren und umzusetzen. Im Zusammenwirken der zuständigen Wasser- und Naturschutzbehörden wird daran aktuell gearbeitet. In das regionsbezogene Arbeitskonzept des KLIMZUG-NORD Verbunds konnten entsprechende Anpassungsoptionen nicht aufgenommen werden. Denn valide Abflussprojektionen für die untere Mittelalbe als Bezugsgrundlage, wie sie z. B. vom derzeit laufenden KLIWAS-Förderprojekt des Bundes („Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland“) erwartet werden, liegen im abschließenden Ergebnis bis dato noch nicht vor.

So bleibt es vorerst bei der durch Klimaprojektionen begründeten Annahme, dass Niedrigwasserphasen insbesondere im Sommerhalbjahr sowie länger und höher auflaufende Hochwasserphasen in den kommenden Jahrzehnten häufiger auftreten werden. Nach vorläufigen Befunden der Bundesanstalt für Gewässerkunde im aktuellen KLIWAS-Projekt besteht eine deutlich erhöhte Wahrscheinlichkeit dafür ab Mitte des 21. Jahrhunderts (Moser mdl. 2013).

## Das KLIMZUG-NORD Teilprojekt

Das von der Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalau im KLIMZUG-NORD Verbund koordinierte Teilprojekt 3.2 nimmt vor diesem Hintergrund einen bestimmten Ausschnitt in den Fokus, und zwar die Auenlebensräume.

Die rezente Aue ist definiert durch die ausgewiesenen Überschwemmungsgebiete der Elbe und ihrer Nebenflüsse, in denen sich die wechselnden Wasserstände zwischen Hoch- und Niedrigwasserphasen unmittelbar auf die Ökosysteme und ggf. deren Nutzungsfähigkeit auswirken. Diese amtlich festgesetzten Überschwemmungsgebiete haben im Biosphärenreservat insgesamt eine Ausdehnung von 11.525 ha. Die Elbe nimmt mit 7.914 ha den größten Anteil hieran ein, gefolgt von Sude/Rögnitz (1.930 ha), Seege (1.071 ha), Jeetzel (451 ha) und Krainke (159 ha).

Hier konzentrieren sich die Flächen für die im Projekt durchgeführten landschaftsökologischen Untersuchungen und Feldexperimente. In Einzelfällen beziehen sie sich auch auf Teile der aktuell nicht mehr zum Überschwemmungsgebiet gehörenden eingedeichten Altaue. Deren Landschaftswasserhaushalt weist aber immer noch enge Bezüge zur Wasserstandsdynamik der Elbe auf.

Mit dem Forschungs- und Entwicklungsansatz des Teilprojekts 3.2 wurden in ausgewählten Untersuchungsräumen des Biosphärenreservats schwerpunktmäßig die folgenden Fragestellungen bearbeitet:

1. Welche Hinweise geben hoch aufgelöste regionale Klimaprojektionen auf die regionale Veränderung relevanter Klimaparameter (insbesondere Temperatur und Niederschlag) in der Niedersächsischen Elbtalau im Verlauf des 21. Jahrhunderts?
2. Wie sind die Sedimentationsdynamik und der Stoffhaushalt (einschließlich der Schadstoffkontaminationen) rezenter Auenböden beschaffen und welche Änderungen im Zuge des Klimawandels zeichnen sich ab?
3. Wie lässt sich der Bodenwasserhaushalt der Auenböden modellieren und welche klimainduzierten Veränderungen lassen sich abbilden?
4. Inwieweit haben Klimaparameter Einfluss auf Flora und Vegetation der artenreichen Stromtalwiesen und wie wirken sich reduzierte Sommerniederschläge und erhöhte Stickstoffzufuhr auf das Artengefüge aus?
5. Welche Aussagen erlauben zweidimensionale hydronumerische Modellierungen über die Wirkungen der Auenstruktur und des Auenbewuchses auf das Abflussgeschehen bei unterschiedlichen Wasserspiegellagen?
6. Welche Anpassungserfordernisse für landwirtschaftliche Betriebe zeichnen sich bei der Nutzung der Auenböden ab und wie lassen sich Anforderungen einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Landbewirtschaftung in die Beratungspraxis integrieren?
7. Wie und mit welchen methodischen Ansätzen können die Grundsatzfragen von Klimaschutz und Klimafolgenanpassung und die konkreten Untersuchungsergebnisse in die Praxis des Schutzgebietsmanagements (Naturschutz, Bildung, Kommunikation) am Beispiel des Biosphärenreservats Niedersächsische Elbtalau eingebunden werden?

Federführend bearbeitet wurden die aufgeführten Themenstellungen entsprechend der Nummerierung von

1. Max Planck Institut für Meteorologie, Hamburg: *Diana Rechid, Juliane Petersen, Robert Schoetter, Daniela Jacob*
2. Leuphana Universität Lüneburg, Institut für Ökologie, Abteilung Landschaftswandel (Land- und Bodennutzung, Bodenökologie): *Brigitte Urban, Frank Krüger, Mario Tucci, Tobias Weniger, Emilio Torres*
3. Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut für Wasserressourcen und Wassermanagement: *Moritz Scharnke, Heinke Stöfen, Claude Schortgen, Huan Gao, Wilfried Schneider*
4. Universität Hamburg, Biozentrum Klein Flottbek, AG Angewandte Pflanzenökologie: *Kristin Ludwig, Jana Melanie Hanke, Lotte Korell, Daniela Seyler, Nadja Schmidhuber, Kai Jensen*
5. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe: *Matthias Alexy, Thomas Lege, Jacek Jankowski*
6. Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Uelzen: *Enno Eiben, Imke Mersch, Monika von Haaren, Jürgen von Haaren, Franz-Josef Flögel, Bernhard Ende*
7. Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalau, Hitzacker: *Johannes Prüter, Christiane Schreck, Tobias Keienburg*

Zwischen den einzelnen Arbeitspaketen des gebietsbezogenen Teilprojekts und zu den Querschnittsaufgaben des Gesamtvorhabens, insbesondere „Bildung“, „Kommunikation“, „Governance“ und „Naturschutz“ gab es vielfältige interdisziplinäre Querbezüge, die von der Biosphärenreservatsverwaltung aus koordiniert wurden.

## Das Biosphärenreservat als Modellgebiet – Anspruch, Auftrag und konzeptioneller Rahmen

Der Begriff „Biosphärenreservat“ steht zum einen für ein Großschutzgebiet auf Grundlage der naturschutzrechtlichen Regelungen des Bundesnaturschutzgesetzes (§ 25 in der Fassung vom 29.07.2009), zum anderen für eine Modellregion nachhaltiger Entwicklung, anerkannt durch die UNESCO im Rahmen des weltumspannenden Programms „Der Mensch und die Biosphäre (MaB)“. Die Funktion „Modellgebiet“ innerhalb des KLIMZUG-NORD Verbunds und die damit einhergehenden Anforderungen ergeben sich für das Biosphärenreservat aus den geltenden gesetzlichen Bestimmungen ebenso wie aus den internationalen konzeptionellen Vorgaben.

Das im Jahre 1970 von der UNESCO verabschiedete MaB-Programm war zunächst konzipiert als zwischenstaatliches und interdisziplinäres Umweltprogramm mit besonderem Fokus auf der Erforschung der Mensch-Umweltbeziehungen in besonderen Kulturlandschaften der Erde (Walter et al. 2004).

Heute werden UNESCO-Biosphärenreservate weltweit als Modellregionen für eine nachhaltige Entwicklung verstanden (MaB-NK 2007, Deutscher Rat für Landespflege 2010). Die konzeptionellen Grundlagen dafür wurden von der UNESCO mit der Verabschiedung der Sevilla-Strategie im Jahre 1995 geschaffen. Der auf dieser Grundlage erarbeitete und aktuell gültige Madrider Aktionsplan von 2008 nennt als größte Herausforderungen und Probleme im 21. Jahrhundert, zu deren Lösung die Biosphärenreservate als Modellregionen Beiträge leisten sollten, neben dem beschleunigten Verlust von biologischer und kultureller Vielfalt und der raschen Urbanisierung als Ursache von Umweltveränderungen den beschleunigten Klimawandel mit Folgen für Gesellschaften und Ökosysteme.

Zu Letzterem wird im Madrider Aktionsplan ergänzend ausgeführt:

„Mit dem MAB und dem Weltnetz der Biosphärenreservate kommt durch den integrierten Ansatz, der anderswo im Allgemeinen fehlt, ein Mehrwert hinzu. Die Rolle von Biosphärenreservaten ist von wesentlicher Bedeutung, damit Lösungen für die Probleme des Klimawandels rasch gesucht und erprobt werden und die Veränderungen im Rahmen eines globalen Netzwerkes überwacht werden. Für den Natural Sciences Sector sowie andere Programmsektoren der UNESCO können Biosphärenreservate als Gebiete zur Demonstration von Anpassungsmaßnahmen für natürliche und menschliche Systeme dienen, womit die Entwicklung von Strategien und praktischen Verfahren in Bezug auf die Belastbarkeit unterstützt wird. Pufferzonen und Übergangsbereiche von Biosphärenreservaten eignen sich u. U. ebenfalls zur Erprobung vielfältiger Taktiken und Strategien für Begrenzungsmaßnahmen. In zahlreichen Biosphärenreservaten ist eine Kohlenstoffsequestration möglich, z. B. in Wald- und Feuchtgebietssystemen. Dabei können überall anhand eines Mix aus technologie- und arbeitskräfteintensiven sozialen Unternehmen entsprechende Kompetenzen

für CO<sub>2</sub>-arme Volkswirtschaften aufgebaut werden. Aus sozialwissenschaftlicher Sicht lassen sich dabei die politischen Dimensionen sich ändernder Lebensweisen erforschen. Die vielfältigen Biosphärenreservate und die Systeme, die sie repräsentieren, haben somit wertvolle Lehren für die übrige Welt zu bieten.“

In der konkreten Zielsetzung des Madrider Aktionsplans wird dazu aufgerufen, die UNESCO-Biosphärenreservate als Lehrstätten für Forschungs-, Anpassungs- und Begrenzungsmaßnahmen in Bezug auf den Klimawandel zu nutzen.

Eine in Dresden im Juni 2011 durchgeführte internationale Konferenz anlässlich des 40jährigen Bestehens des UNESCO-MaB-Programms mit dem Rahmenthema „For life, for the future – Biosphere reserves and climate change“ verabschiedete die Dresdner Erklärung zu Biosphärenreservaten und Klimawandel. Die 36. UNESCO-Generalkonferenz im November 2011 bekräftigte die Dresdner Erklärung einschließlich ihrer Empfehlungen und ihrer Forderung nach Bereitstellung ausreichender Kapazitäten zur Umsetzung dieser Empfehlungen.

In diesem Zusammenhang und mit Bezug zu den Zielsetzungen der 2007 vom Bundeskabinett beschlossenen nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt im Themenfeld „Biodiversität und Klimawandel“ hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2009 ein Förderprogramm zum Thema „Biosphärenreservate als Modellregionen für Klimaschutz und Klimaanpassung“ aufgelegt. Die Biosphärenreservatsverwaltung in Hitzacker beteiligte sich an einem länderübergreifenden Vorhaben im UNESCO-Biosphärenreservat „Flusslandschaft Elbe“, das die regionalen Potenziale der Bioenergie und Lösungsansätze für die Konflikte mit dem Naturschutz zum Thema hatte (Prüter & Keienburg 2012).

Auch nach der aktuellen klimapolitischen Umsetzungsstrategie des Landes Niedersachsen (MU 2013) sind von der Großschutzgebietsverwaltung Beiträge zur Erreichung u. a. der folgenden Ziele zu erwarten:

- Integration naturschutzrelevanter Aspekte des Klimawandels in Planungen, Konzepte und Programme des Naturschutzes entsprechend der jeweiligen Erkenntnislage,
- Schaffung und Erhaltung eines Biotopverbundsystems,
- Optimierung der Lebensräume klimasensitiver und/oder gefährdeter Arten.

Zudem werden Aufgaben der Förderung und Vernetzung von Akteuren in Bildung und Forschung, der Verbesserung des Wissenstands, der Sensibilisierung der Öffentlichkeit sowie der Informationsarbeit über Ziele und Möglichkeiten von Klimaschutz und Klimaanpassung zugewiesen.

In der Praxis der Biosphärenreservatsverwaltung kommt der umfängliche Anspruch an Strategien und Maßnahmen zur Förderung von Klimaschutz- und Klimaanpassung in allen Aufgabenbereichen zum Tragen (vgl. Kap. 15 in diesem Bericht).

Das Modellgebiet „Elbtalau“ ist in seiner Funktion als Biosphärenreservat durch eine Vielzahl an Netzwerken und Kooperationsstrukturen gekennzeichnet. Es gibt zahlreiche Institutionen, die sich schon seit geraumer Zeit mit Fragen von Klimaschutz und erneuerbaren Energien befassen, und die besondere Potenziale auch für die Entwicklung, Kommunikation und Umsetzung von Vorhaben im Bereich der Klimafolgenanpassung haben.

Es bestehen überdies inhaltlich-konzeptionelle Bezüge zu den benachbarten Regionen, die für Entwicklungen in diesem Themenfeld relevant sind. Das Gebiet liegt einerseits unmittelbar angrenzend an die von den benachbarten Bundesländern Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Sachsen-Anhalt betreuten Teile des **UNESCO-Biosphärenreservats „Flusslandschaft Elbe“**; andererseits besteht unmittelbare Nachbarschaft zum niedersächsischen **Naturpark „Elbhöhen-Wendland“**, der Anteile der Landkreise Lüchow-Dannenberg und Lüneburg umfasst. Auch Naturparke zielen heute den gesetzlichen Vorgaben und ihrem eigenen Leitbild zufolge u. a. auf die Förderung einer nachhaltigen Regionalentwicklung ab.

Diese Bezüge zu Nachbarräumen mit vergleichbarem konzeptionellen Anspruch erlauben die Entwicklung und Umsetzung einheitlicher Strategien und die Durchführung von Projekten auch über die Grenzen der Modellregion hinaus. Für das UNESCO-Biosphärenreservat „Flusslandschaft Elbe“ bildet das gemeinsam erarbeitete Rahmenkonzept aus dem Jahre 2006 eine erste Grundlage. Steuernde Struktur für diesen Bezugsraum ist die Länderarbeitsgemeinschaft der Biosphärenreservatsverwaltungen und der zuständigen Länderministerien (**LAG „Flusslandschaft Elbe“**).

In einem gemeinsamen Kabinettsbeschluss der Landesregierungen Sachsen-Anhalts und Niedersachsens aus dem Jahr 2008 wurde vereinbart, dass die Länder unter Einbindung ihrer Biosphärenreservate eng u. a. in den Bereichen Naturschutz, Regionalentwicklung und Klimafolgenanpassung zusammenarbeiten.

Um auch für die Zusammenarbeit der verschiedensten Institutionen innerhalb des Modellgebiets „Elbtalau“ und dessen niedersächsischem Umfeld einen gemeinsamen Bezugsraum zu definieren, spricht man hier von der **„Biosphärenregion Elbtalau-Wendland“**. Sie repräsentiert die Zusammenarbeit mit dem benachbarten Naturpark ebenso wie den seit Gründung des Großschutzgebiets bestehenden Zusammenschluss der Kommunen, Landkreise, Wirtschaftsförderungs- und Tourismusgesellschaften, des Bauernverbands sowie

der Biosphärenreservatsverwaltung in der **Arbeitsgemeinschaft „Elbtalau-Wendland“**. Die Geschäftsstelle dieser Arbeitsgemeinschaft betreibt die Samtgemeinde Elbtalau in Dannenberg.

Die **Landkreise Lüchow-Dannenberg und Lüneburg** mit Anteilen an der Modellregion engagieren sich mit verschiedenen Vorhaben im Klimaschutz und der Klimaanpassung.

Der Landkreis Lüchow-Dannenberg hat bereits im Jahre 1997 beschlossen, eine 100 %ige Versorgung mit erneuerbaren Energien anzustreben, und hat sich auch seither mit innovativen Ansätzen für neue Energiekonzepte einen Namen gemacht. Ein integriertes Klimaschutzkonzept liegt inzwischen vor (Landkreis Lüchow-Dannenberg 2010). Der Schwerpunkt der hier skizzierten Maßnahmen liegt auf den Themen Energieeinsparung, Energieeffizienz und Förderung der Erzeugung und des Einsatzes regenerativer Energien.

Der Landkreis Lüneburg beteiligt sich an einer Klimaschutzleitstelle, die sich vor allem mit Beratung, Netzwerkbildung und Projektetablierung befasst.

Die Biosphärenregion bildet auch den Bezugsraum für die **LEADER-Region „Elbtalau“**, die auf der Grundlage eines regionalen Entwicklungskonzepts (REK) ein eigenes Regionalmanagement betreibt. Die LEADER-Region wird über eine Lokale Aktionsgruppe (LAG) aus Mitgliedern des öffentlichen Bereichs sowie von Wirtschafts- und Sozialpartnern gesteuert. In der aktuell zu Ende gehenden EU-Förderperiode wurden über LEADER Arbeitskreise u. a. zu den Themen „Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Energie“, „Natur und Landschaft und Bildung für eine nachhaltige Entwicklung“ sowie „Integriertes Außenmanagement“ betrieben, in denen Projektansätze mit Bezug auch zu den Themen Klimaschutz und Klimafolgenanpassung entwickelt wurden.

Auch die Koordinationsstrukturen und Projektinitiativen, die im Rahmen der vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) geförderten Projekte **„Regionen aktiv“** und (nachfolgend) **„Bioenergieregion“** geschaffen wurden, sind hier unter dem Begriff „Wendland-Elbetal“ verortet. Die Förderung regenerativer Energien als Beitrag zum Klimaschutz bildete hier von Beginn an einen thematischen Schwerpunkt. Im Sinne einer nachhaltigen Regionalentwicklung bemüht man sich um eine aktive Einbindung der Naturschutzziele.



Weitere Institutionen, Strukturen, Verbände und Initiativen, über die regionale Belange von Klimaschutz und Klimafolgenanpassung in der Modellregion kommuniziert werden und von denen Impulse für entsprechende Maßnahmen ausgehen können, sind u. a.:

- der **Biosphärenreservatsbeirat**, repräsentativ besetzt mit Institutionen und Interessenvertretungen aus dem Biosphärenreservat,
- sonstige von der Biosphärenreservatsverwaltung koordinierte **Gesprächskreise** („Naturschutz und Landwirtschaft“, „Informationsaustausch der Naturschutzverbände“),
- der aktuell vom Niedersächsischen Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz bzw. vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz geleitete **Arbeitskreis „Hochwasserschutz“**,
- die **Gebietskooperation „Jeetzel/Sude“** zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie unter Federführung des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN),
- die **Akademie für erneuerbare Energien** in Lüchow mit ihren Studien- und Seminarangeboten,
- das **„Aktionsbündnis Biosphärenreservat“** der Naturschutzverbände,
- der **Verein „Wendepunkt Zukunft e.V.**, Bürgergesellschaft für das Wendland“ mit Schwerpunktinitiativen im Bereich der Kohlenstoffwirtschaft,
- die **„Grüne Werkstatt Wendland“** mit Schwerpunktzielen im Bereich Nachhaltigkeit bei Produktentwicklung und -gestaltung,
- das Netzwerk der **„Partnerbetriebe des Biosphärenreservats“** mit Vorbildfunktion im Bereich ressourcenschonenden nachhaltigen Wirtschaftens,
- die Interessengemeinschaft **„Arche-Region Flusslandschaft Elbe“**, die sich für traditionelle Formen der Tierhaltung und die Bewahrung alter und in ihrem Bestand gefährdeten Nutztierassen engagiert.

Die Biosphärenreservatsverwaltung nutzt darüber hinaus die ihr gegebenen Möglichkeiten, über Informationsschriften, Bildungsmaterialien und die Ausrichtung öffentlicher Veranstaltungen (z. B. die Jahrestagung „Natur und Kultur in der Elbtalaue“) die Themen Klimaschutz und Klimafolgenanpassung in die öffentliche Diskussion zu bringen. Konkrete Initiativen, Maßnahmen und Empfehlungen zum Thema finden sich in der Synopse am Ende dieses Berichts.

Zusammengefasst zeigt sich, dass im Modellgebiet „Elbtalaue“ eine besondere Dichte und Vielfalt an Initiativen öffentlicher und nicht öffentlicher Einrichtungen mit Möglichkeiten zur Förderung einer nachhaltigen Regionalentwicklung besteht. Durch die Einrichtung der Schutzgebiete mit entsprechenden Konzepten wird diese Situation, die insbesondere im Wendland schon eine besondere Tradition hat, gestärkt. Potenziale für inter- und transdisziplinäres Denken und Handeln sind hier in besonderem Maße gegeben.

Mit der Funktion „Modellgebiet“ im KLIMZUG-NORD Verbund war es daher nicht vorrangig erforderlich, neue Strukturen für die Implementierung der Themen Klimaschutz und Klimafolgenanpassung zu schaffen. Es ging eher darum, die Ergebnisse der regionalen Analysen und Projektionen in die bestehenden Arbeitsstrukturen und Netzwerke weitestmöglich zu integrieren und damit weitere Impulse für eine zukunftsfähige Regionalentwicklung zu schaffen.



# 2 Klimaprojektionen für das Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue

*Diana Rechid, Juliane Petersen,  
Robert Schoetter, Daniela Jacob*

## 2.1 Einleitung

Seit Beginn der Industrialisierung nimmt die Konzentration langlebiger Treibhausgase in der Atmosphäre beständig zu. Dadurch wird eine langfristig zunehmende Erwärmung der Erdoberfläche, der Ozeane und der bodennahen Atmosphäre angestoßen. Das hat eine Veränderung der Zirkulation der Luftmassen in der Atmosphäre sowie des Wasserkreislaufs der Erde zur Folge.

Um zu untersuchen, wie sich das Klima bei einem weiteren Anstieg der Emissionen verändern kann, werden zunächst sogenannte Emissionsszenarien entwickelt. Die im Rahmen von KLIMZUG-NORD verwendeten Klimasimulationen basieren auf den im „Special Report on Emission Scenarios“ (SRES) publizierten Szenarien B1, A1B und A2 zur möglichen Entwicklung der Emissionen von Treibhausgasen und Aerosolen im 21. Jahrhundert (Nakicenovic & Swart 2000). Den Emissionsszenarien liegen unterschiedliche Annahmen zu plausiblen Pfaden globaler sozioökonomischer und technischer Entwicklungen zugrunde. Das **A1B** Szenario geht von starkem Wirtschaftswachstum, rascher Entwicklung neuer Technologien sowie einem ausgewogenen Energieverbrauch aus erneuerbaren und fossilen Energiequellen aus. Im **B1** Szenario werden rasche Konvergenz der Volkswirtschaften sowie ein schneller Übergang zur Dienstleistungs- und Informationsgesellschaft angenommen. Der Ressourcenverbrauch wird reduziert. Die Treibhausgasemissionen sind niedriger als im A1B Szenario. Das **A2** Szenario geht von sehr heterogenen Volkswirtschaften und einer stark steigenden Weltbevölkerung aus. Wirtschaftswachstum und technologische Entwicklung sind langsamer als im A1B und B1 Szenario. Die Treibhausgasemissionen sind zur Mitte des 21. Jahrhunderts ähnlich, gegen Ende des 21. Jahrhunderts höher als im A1B Szenario.

Aus den Emissionsszenarien werden die Konzentrationen der Treibhausgase und Aerosole in der Atmosphäre für das 21. Jahrhundert abgeleitet. Diese Konzentrationen werden in globale Klimamodelle eingegeben, welche die daraus folgenden Veränderungen im Klimasystem abbilden. Diese sogenannten Klimaprojektionen bewegen sich auch für ein bestimmtes Emissionsszenario innerhalb einer bestimmten Schwankungsbreite, die durch natürliche Wechselwirkungen innerhalb und zwischen den verschiedenen Subsystemen des Klimasystems, also

zum Beispiel Ozean, Land und Atmosphäre, entsteht. Um den Einfluss dieser Klimaschwankungen innerhalb des Klimasystems in die Projektionen von Klimaänderungen einzubeziehen, werden mit einem Modell mehrere Simulationen – sogenannte Realisierungen – erstellt, die sich im Ausgangszustand des Klimasystems unterscheiden. Daraus ergeben sich verschiedene zeitliche Entwicklungsmöglichkeiten des Klimas innerhalb einer natürlichen Schwankungsbreite.

## 2.2 Regionalisierung für Deutschland

Um die Auswirkungen der globalen Klimaänderungen auf regionaler Ebene zu untersuchen, werden die globalen Klimaprojektionen mit regionalen Klimamodellen auf eine höhere räumliche Auflösung dynamisch verfeinert. So ist es möglich, eine bestimmte Region detaillierter zu untersuchen. So wurden im Rahmen verschiedener Projekte regionale Klimaprojektionen für Europa und Deutschland erstellt (Jacob et al. 2012). Im KLIMZUG-NORD Projekt werden die für Deutschland in vergleichsweise hoher horizontaler Gitterauflösung vorliegenden Simulationen der dynamischen Regionalmodelle REMO (Jacob et al. 2008, Jacob et al. 2009, Jacob et al. 2012) und CLM (Hollweg et al. 2008, Lautenschlager et al. 2009, Keuler et

al. 2009a, b, c, d, e) verwendet (vgl. Tab. 2.1). Mit beiden Regionalmodellen wurden bis zu drei Realisierungen pro Emissionsszenario der globalen Klimasimulationen des gekoppelten Modellsystems ECHAM5/MPI-OM (MPI-M 2006) dynamisch verfeinert.

Die regionalen Klimaprojektionen werden in Rechid et al. (2014) vorgestellt und hinsichtlich der simulierten Temperatur- und Niederschlagsänderungen in der Metropolregion Hamburg untersucht. In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der regionalen Klimaprojektionen für das Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalau vorgestellt.

Tab. 2.1: Übersicht zu verwendeten regionalen Klimasimulationen

Modell	Gitterauflösung	Zeitraum	Simulationen	Zwischensimulation	Globalmodell
REMO	0.088° ca. 10x10 km <sup>2</sup>	1950 - 2000 2001 - 2100	3 C20 3 A2, A1B, B1	REMO 0.44° ca. 50x50 km <sup>2</sup>	ECHAM5/MPI-OM T63 (1.875°) /1.5°
CLM	0.165° ca. 18x18 km <sup>2</sup>	1960 - 2000 2001 - 2100	2 C20, 2 A1B, 2 B1	-	ECHAM5/MPI-OM T63 (1.875°) /1.5°

## 2.3 Auswertungsmethoden

Die simulierten Zeitreihen täglicher Werte der bodennahen Lufttemperatur (2 m über Grund), Tagesminima und -maxima der bodennahen Lufttemperatur und Tagessummen des Niederschlags wurden für die Referenzperiode 1971 - 2000 und für die beiden Projektionszeiträume 2036 - 2065 und 2071 - 2100 ausgewertet. Es wurden 30-jährige Mittel der Jahreswerte und der meteorologischen Jahreszeiten berechnet: Winter: Dezember, Januar, Februar (DJF); Frühjahr: März, April, Mai (MAM); Sommer: Juni, Juli, August (JJA) und Herbst: September, Oktober, November (SON). Die Klimaänderungen für die beiden Projektionszeiträume ergeben sich aus der Differenz der 30-jährigen Mittelwerte der zukünftigen Zeitperiode einer bestimmten Projektion und der Mittelwerte der Referenzperiode der entsprechenden

historischen Simulation. Die fortlaufenden Zeitreihen der Temperatur- und Niederschlagsänderungen hingegen wurden in gleitenden 31-jährigen Mitteln im Vergleich zur Referenzperiode 1971 - 2000 berechnet, um das Mittel jeweils auf das 16. Jahr abbilden zu können. Es wurden jeweils eine bestimmte Realisierung der Kontrollsimulation und die entsprechende Realisierung einer Projektion als fortlaufende Zeitreihe betrachtet. Dies ist hier möglich, da die Projektionen mit der jeweiligen Kontrollsimulation initialisiert wurden. Damit können der zeitliche Verlauf der mittleren Klimawerte über den Kontroll- und den gesamten Projektionszeitraum sowie die unterschiedliche zeitliche Abfolge der verschiedenen Realisierungen eines bestimmten Szenarios veranschaulicht werden.

## 2.4 Jährliche und saisonale Änderungen von Temperatur und Niederschlag

Die Zeitreihen der simulierten Temperaturänderungen zeigen verschiedene mögliche Entwicklungen des mittleren Klimas im 21. Jahrhundert (vgl. Abb. 2.1). In allen Simulationen steigt die durchschnittliche Jahrestemperatur. Die mittleren Jahreswerte sind zudem mit den einzelnen Jahreswerten aller Simulationen in grau hinterlegt. Dies verdeutlicht die Schwankungen der Temperatur von Jahr zu Jahr, die sich in der Amplitude nicht sichtbar verändern. Die Jahrestemperatur schwankt um einen

fortlaufend steigenden Mittelwert und erreicht damit immer höhere Maximalwerte. Ab etwa der Mitte des 21. Jahrhunderts wird der mittlere Jahreswert von 1971 - 2000 auch in den Jahren mit vergleichsweise geringeren Jahrestemperaturen nicht mehr unterschritten. Im Verlauf des Jahrhunderts unterscheiden sich die für das B1 Szenario simulierten Temperaturen immer deutlicher von den Ergebnissen für das A1B und A2 Szenario. Unter den Annahmen des B1 Szenarios mit im Vergleich zu

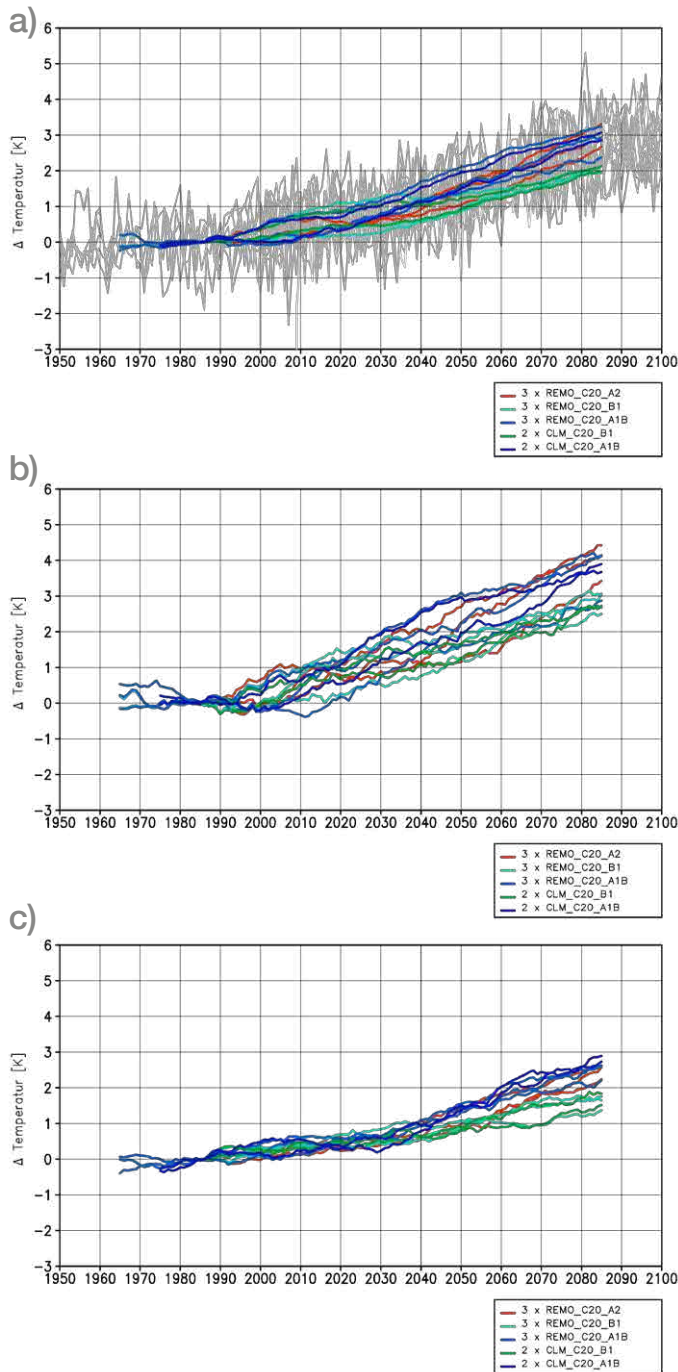


Abb. 2.1: Projizierte Abweichungen der bodennahen Lufttemperatur [2 m Höhe] im Jahresmittel (a), im Winter DJF (b) und im Sommer JJA (c) gegenüber 1971 - 2000 (gleitendes 31-Jahresmittel abgebildet jeweils auf das 16. Jahr) aus 9 REMO- und 4 CLM- Simulationen für das Gebiet des Biosphärenreservats Niedersächsische Elbtalau

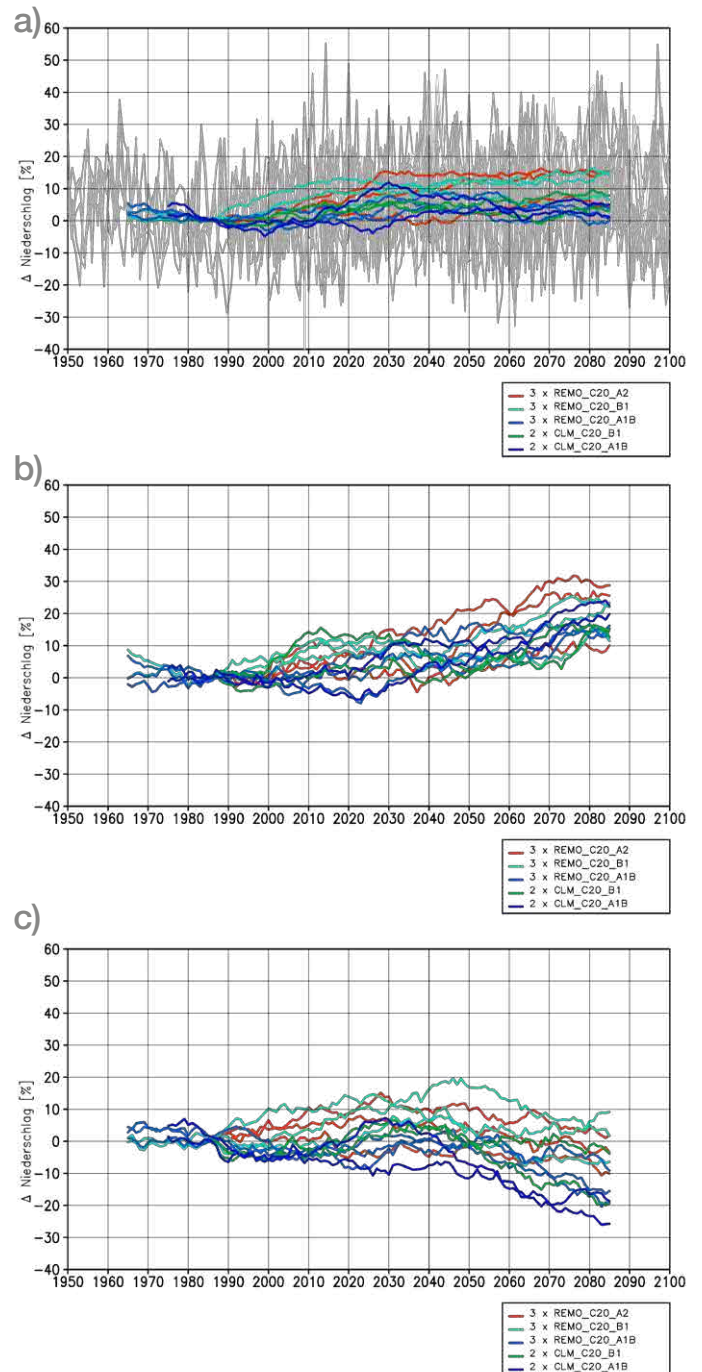


Abb. 2.2: Projizierte relative Abweichungen der Niederschlagsmenge im Jahresmittel (a), im Winter DJF (b) und im Sommer JJA (c) gegenüber 1971 - 2000 (gleitendes 31-Jahresmittel abgebildet jeweils auf das 16. Jahr) aus 9 REMO- und 4 CLM- Simulationen für das Gebiet des Biosphärenreservats Niedersächsische Elbtalau

A1B und A2 geringeren Treibhausgasemissionen erhöht sich die Temperatur weniger stark. Das bedeutet, dass durch eine Verminderung der Treibhausgasemissionen und damit geringeren Treibhausgas-Konzentrationen in der Atmosphäre deutlich geringere Klimaänderungen zu erwarten sind. Die Zeitreihen der projizierten Niederschlagsänderungen zeigen große Schwankungen der Niederschlagsmengen von Jahr zu Jahr, die im Winter größer sind als im Sommer (vgl. Abb. 2.2). Die mittleren Niederschlagsmengen zeigen im Winter im Verlauf des 21. Jahrhunderts eine immer stärkere Zunahme und im Sommer zum Ende des 21. Jahrhunderts überwiegend die Tendenz zur Abnahme des Niederschlags im Vergleich zu 1971 - 2000.

Die Bandbreiten der projizierten Klimaänderungen in Abbildung 2.3 veranschaulichen, in welchem Wertebereich sich je nach Annahme eines bestimmten Emissionsszenarios die mittleren saisonalen Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse in dem Gebiet des Biosphärenreservats Niedersächsische Elbtalau in den Projektionszeiträumen 2036 - 2065 und 2071 - 2100 verändern können. Die Zahlenwerte zu den entsprechenden projizierten minimalen und maximalen Änderungen finden sich im Anhang. Hier der Hinweis, dass diese Werte nur die Bandbreiten der hier verwendeten Simulationen, aber nicht alle Möglichkeiten zukünftiger Klimaänderungen abbilden. Für das Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalau wird für alle Jahreszeiten ein Anstieg der bodennahen Lufttemperatur projiziert, der zum Ende des 21. Jahrhunderts jeweils deutlich größer ist als zur Mitte des 21. Jahrhunderts. Im Winter steigen die Temperaturen am stärksten, im Projektionszeitraum 2036 - 2065 um 1,2 K bis 3,1 K und 2071 - 2100 um 2,5 K bis 4,6 K (jeweils

Bandbreite über alle 3 Szenarien). Die entsprechenden Änderungen im Sommer betragen 2036 - 2065 0,8 K bis 1,6 K und 2071 - 2100 1,4 K bis 2,9 K. (Anmerkung: Temperaturänderungen werden nach Konvention stets in Kelvin (K) angegeben, eine Änderung um 1 K entspricht einer Änderung um 1 °C; siehe weiterführende Erläuterung im Glossar). Im Winter und auch im Frühjahr sind die Bandbreiten der Temperaturänderungen am höchsten, was durch größere Unterschiede zwischen den verschiedenen Realisierungen und damit größere interne Klimaschwankungen in diesen Jahreszeiten verursacht wird. Zur Mitte des 21. Jahrhunderts hängt der projizierte Temperaturanstieg mehr von Modell und Realisierung und weniger stark vom Emissionsszenario ab. Zum Ende des 21. Jahrhunderts dagegen ist der Temperaturanstieg für die Szenarien A1B und A2 mit vergleichsweise hohen Treibhausgasemissionen deutlich höher als für das Szenario B1 mit vergleichsweise niedrigen Treibhausgasemissionen. Die projizierten Niederschläge nehmen 2036 - 2065 in Herbst und Winter und auch im Frühjahr mit Ausnahme der Ergebnisse einer A1B Simulation zu. Im Sommer zeigen alle Ergebnisse der Simulationen für das A1B Szenario eine Abnahme der Niederschläge zwischen -0,8 % bis -11,8 %. Die Simulationen für das B1 und das A2 Szenario zeigen überwiegend eine Niederschlagszunahme mit Ausnahme jeweils einer Simulation. Zum Ende des 21. Jahrhunderts dagegen zeigen die meisten Simulationen im Sommer eine Niederschlagsabnahme mit den stärksten Änderungen im A1B Szenario um -10,6 % bis -25,5 %. In allen anderen Jahreszeiten nimmt der Niederschlag in allen Szenarien zu, mit deutlich größeren Zunahmen im Winter, sonst meist mit ähnlichen Werten wie zur Mitte des Jahrhunderts.

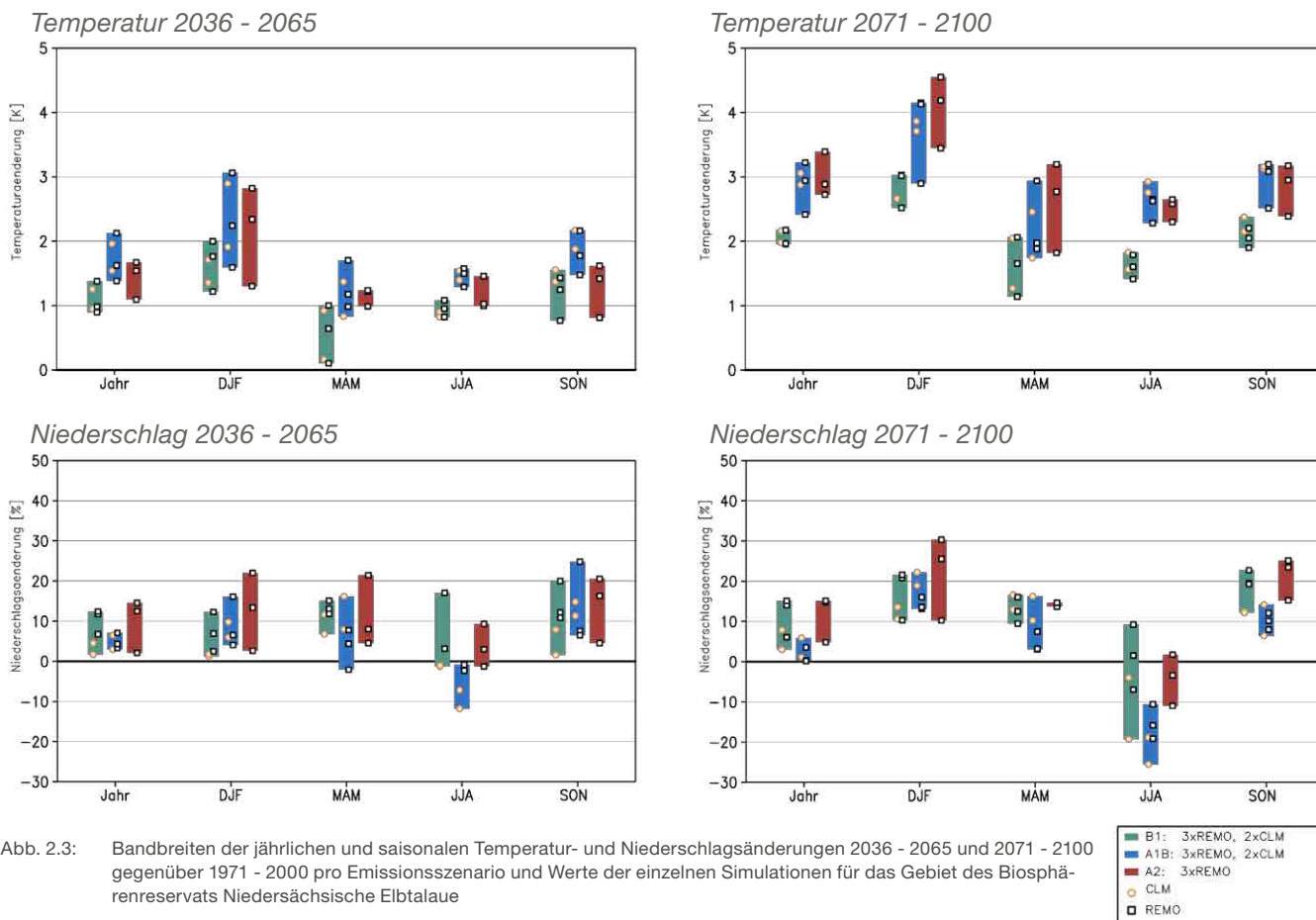


Abb. 2.3: Bandbreiten der jährlichen und saisonalen Temperatur- und Niederschlagsänderungen 2036 - 2065 und 2071 - 2100 gegenüber 1971 - 2000 pro Emissionsszenario und Werte der einzelnen Simulationen für das Gebiet des Biosphärenreservats Niedersächsische Elbtalau

## 2.5 Veränderte Verteilung der Tageswerte von Temperatur und Niederschlag

Die Verteilungen der täglichen Temperaturwerte im Referenzzeitraum und ihre Änderungen in den Projektions-

zeiträumen sind in Abbildung 2.4 anhand der Perzentile dargestellt.

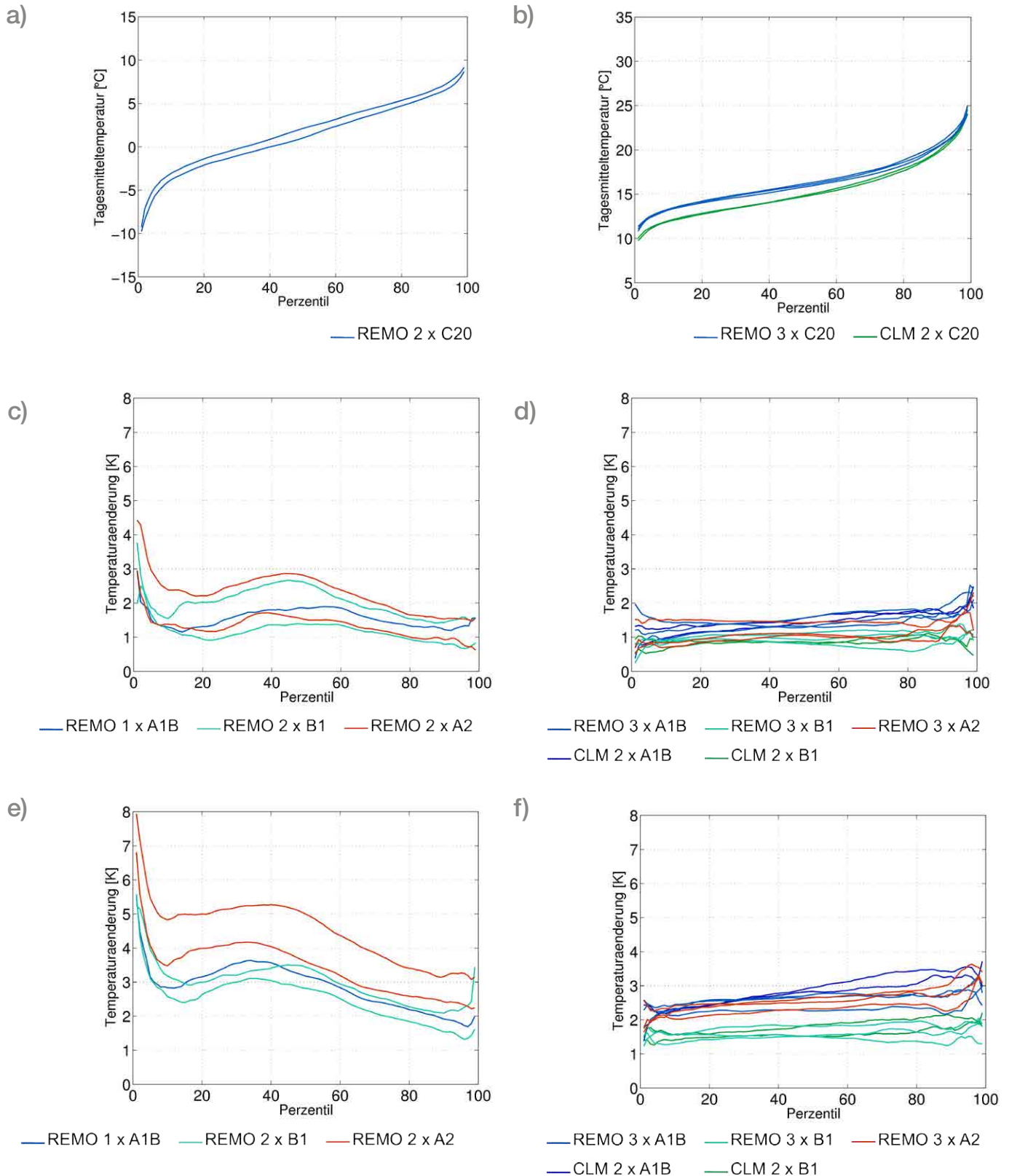


Abb. 2.4: Simulierte Perzentile der Tagesmitteltemperatur im Referenzzeitraum 1971 - 2000 im Winter (a) und im Sommer (b) sowie projizierte Änderungen der Perzentile der Tagesmitteltemperatur für den Zeitraum 2036 - 2065 im Winter (c) und im Sommer (d) und für den Zeitraum 2071 - 2100 im Winter (e) und im Sommer (f) für das Gebiet des Biosphärenreservats Niedersächsische Elbtalau (Anmerkung: Für den Winter wurden nur die Modellsimulationen ausgewertet, die keine unrealistische Häufung von 0 °C Werten zeigen, vgl. Rechid et al. 2014)

Eine markante Veränderung im Winter, die in allen Simulationen und Projektionszeiträumen auftritt, ist der deutlich stärkere Anstieg der niedrigen als der höheren Perzentile. Das bedeutet, dass im Winter der Anteil sehr kalter und kalter Tage deutlich stärker abnimmt als die Tage mit höheren Temperaturen zunehmen. Im Sommer nehmen in beiden Projektionszeiträumen im B1 Szenario die Tageswerte der Temperatur relativ gleichmäßig zu. Für das A1B und das A2 Szenario zeigt sich dagegen zur Mitte und noch ausgeprägter zum Ende des Jahrhunderts ein etwas stärkerer Anstieg der höheren Perzentile, d. h. warme und heiße Tage können sehr viel häufiger auftreten.

In den Abbildungen 2.5, 2.6 und 2.7 sind Auswertungen zu thermischen Klimaindizes zu sehen. Die hier verwendeten Klimaindizes basieren ebenfalls auf Tageswerten und sind über absolute Schwellenwerte definiert (s. Glossar). Eine deutlich höhere Anzahl an Tagen überschreitet 25 °C und auch Hitzetage mit über 30 °C Tagesmaximumtemperatur treten häufiger auf (vgl. Abb. 2.5). Zudem können Tage auftreten, an denen die Temperatur von 20 °C nicht unterschritten wird (sog. Tropentage bzw. Tropennächte), die im heutigen Klima in der Region relativ selten auftreten, in Zukunft jedoch bis zu 5 mal in jedem Jahr auftreten können. Niedrige Schwellenwerte werden seltener unterschritten, Eis- und Frosttage treten sehr viel seltener auf (vgl. Abb. 2.6).

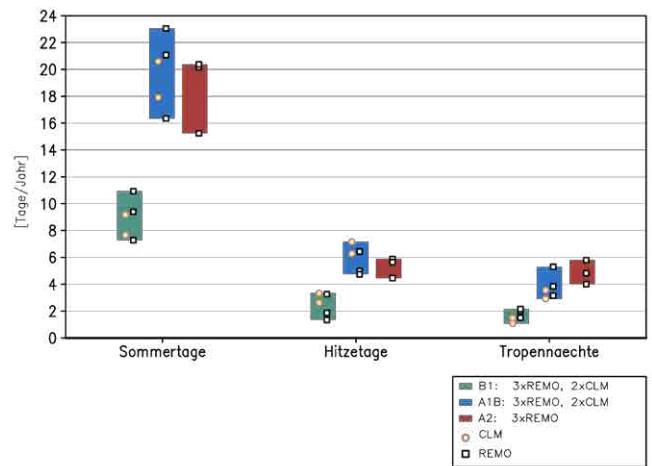
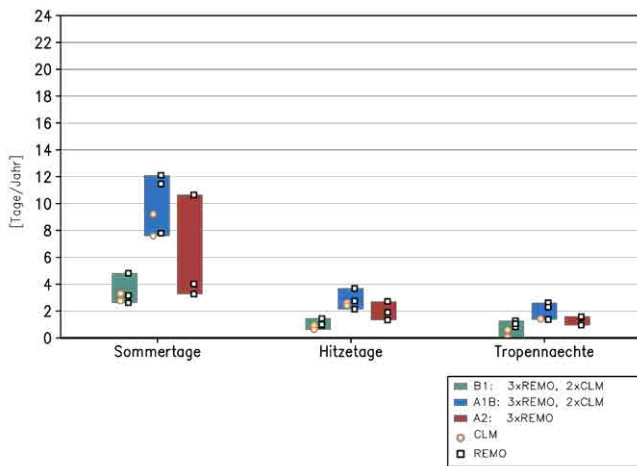


Abb. 2.5: Simulierte Änderungen der Anzahl von Sommer-, Hitze- und Tropentagen/-nächten pro Jahr 2036 - 2065 (links) und 2071 - 2100 (rechts) gegenüber 1971 - 2000 für die Szenarien B1, A2 und A1B im Gebiet des Biosphärenreservats Niedersächsische Elbtalau, dargestellt mit den Werten der einzelnen Simulationen

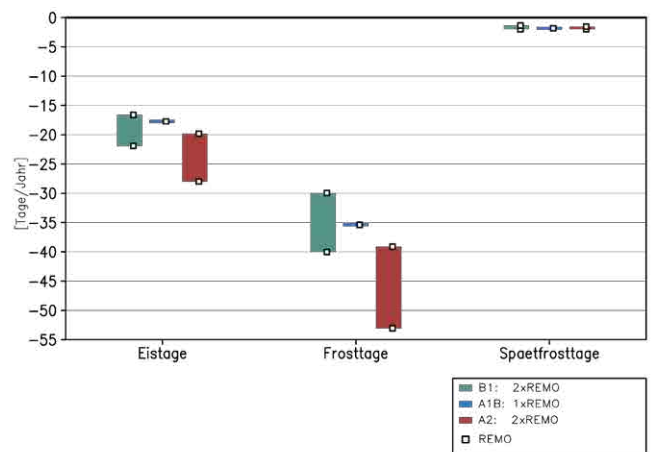
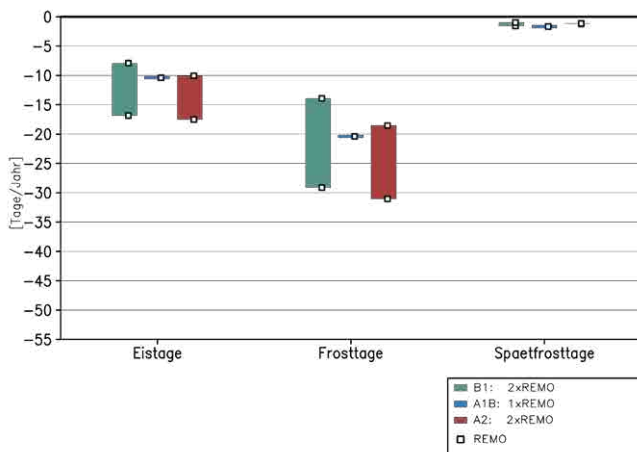


Abb. 2.6: Simulierte Änderungen der Anzahl von Eis-, Frost-, Spätfrosttagen pro Jahr 2036 - 2065 (links) und 2071 - 2100 (rechts) gegenüber 1971 - 2000 für die Szenarien B1, A2 und A1B im Gebiet des Biosphärenreservats Niedersächsische Elbtalau, dargestellt mit den Werten der einzelnen Simulationen (Anmerkung: Für die Auswertung der Frosttage wurden nur die Modellsimulationen ausgewertet, die keine unrealistische Häufung von 0 °C Werten zeigen, vgl. Rechid et al. 2014).



Die Anzahl der Tage pro Jahr, an denen die Temperatur über 5 °C liegt, nimmt deutlich zu (vgl. Abb. 2.7). Eine anhaltende Tagestemperatur von mehr als 5 °C wird oft zur Definition der thermischen Vegetationsperiode verwendet, die ein wichtiger Indikator für die Landwirtschaft ist (z. B. Chmielewski 2001). Die Änderung der Anzahl zusammenhängender Tage der längsten Periode mit Tagesmitteltemperaturen > 5 °C um etwa 8 bis 30 Tage pro Jahr in 2036 - 2065 und um ca. 20 bis 80 Tage pro Jahr in 2071 - 2100 gibt einen Hinweis auf eine markante Verlängerung der thermischen Vegetationsperiode. Dieser Wert allein reicht allerdings nicht aus, um die Vegetationsperiode vollständig zu charakterisieren, da diese auch von pflanzenphysiologischen Prozessen und weiteren Umweltbedingungen wie z. B. Tageslänge, pflanzenverfügbarem Wasser und Nährstoffen abhängt.

Die simulierten Perzentile der Tagesniederschlagssummen an Tagen mit mehr als 1 mm Niederschlag im Referenzzeitraum sowie deren projizierte Änderungen sind in Abbildung 2.8 dargestellt. Die Verteilungen der Tagesniederschläge an Tagen mit mehr als 1 mm Niederschlag verdeutlichen, wie sich die Niederschlagsintensitäten verändern. Es zeigt sich für den Winter in allen Simulationen eine generelle Zunahme aller Niederschlagsintensitäten und besonders zum Ende des Jahrhunderts eine Tendenz zur stärkeren

Zunahme höherer Intensitäten. Bei den hohen Perzentilen zeigen einzelne Simulationen negative Änderungen im Winter, welche auf die hohe Variabilität der stärkeren Niederschläge zurückzuführen sind. Im Sommer zeigen die Simulationen unterschiedliche Ergebnisse. In den Projektionszeiträumen 2036 - 2065 und 2071 - 2100 werden für das A1B Szenario Abnahmen der Niederschlagsintensität an Tagen mit leichten und mittleren Niederschlägen simuliert, ebenso in einigen Simulationen für das B1 Szenario, während die restlichen Simulationen eine Zunahme aller Perzentile zeigen. An Tagen mit hohen Niederschlagsintensitäten zeigt sich dagegen bis auf eine Ausnahme in allen Simulationen zur Mitte und noch deutlicher zum Ende des Jahrhunderts eine Zunahme der Niederschlagsmenge. Das bedeutet, dass eine leichte Abnahme der klimatologischen Niederschlagsmenge im Sommer gleichzeitig mit einer Zunahme der Intensität von Starkniederschlägen verbunden sein kann.

Die Anzahl der Tage mit hohen Niederschlagsintensitäten (Tagessumme > 20 mm) steigt in allen Jahreszeiten geringfügig an (ohne Abbildung). Das bedeutet insgesamt, dass in den Projektionszeiträumen Tage mit starkem Niederschlag etwas häufiger vorkommen. Zudem kann an einem Tag mit starkem Niederschlag die Intensität des Niederschlags noch stärker ausfallen.

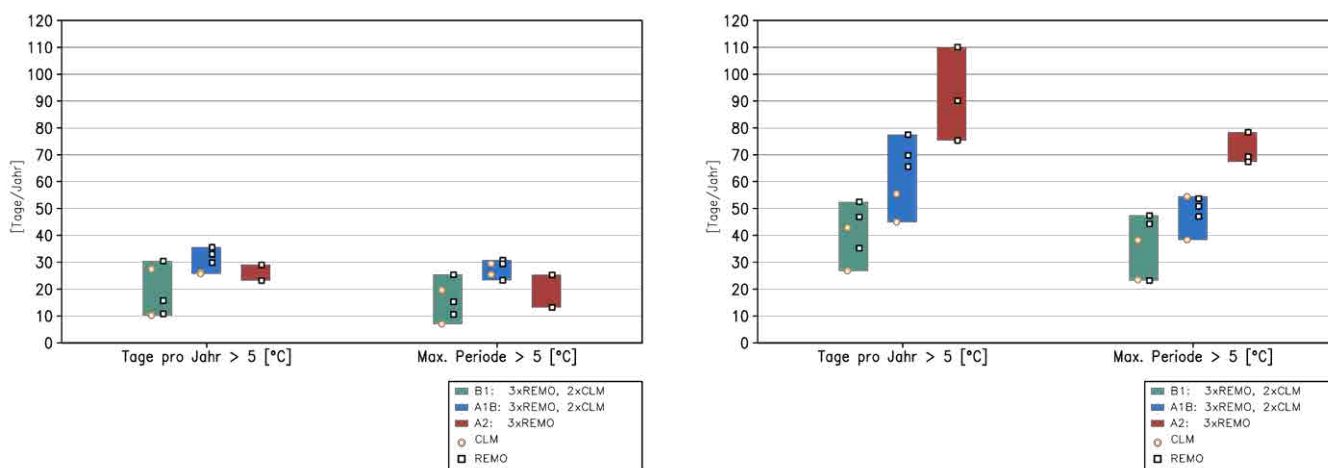


Abb. 2.7: Simulierte Änderungen der Anzahl von Tagen pro Jahr, die eine Tagesmitteltemperatur von mehr als 5 °C aufweisen, sowie der Anzahl von maximal aufeinander folgenden Tagen mit einer Tagesmitteltemperatur von mehr als 5 °C, für 2036 - 2065 (links) und 2071 - 2100 (rechts) gegenüber 1971 - 2000 für die Szenarien B1, A2 und A1B, dargestellt mit den Werten der einzelnen Simulationen.

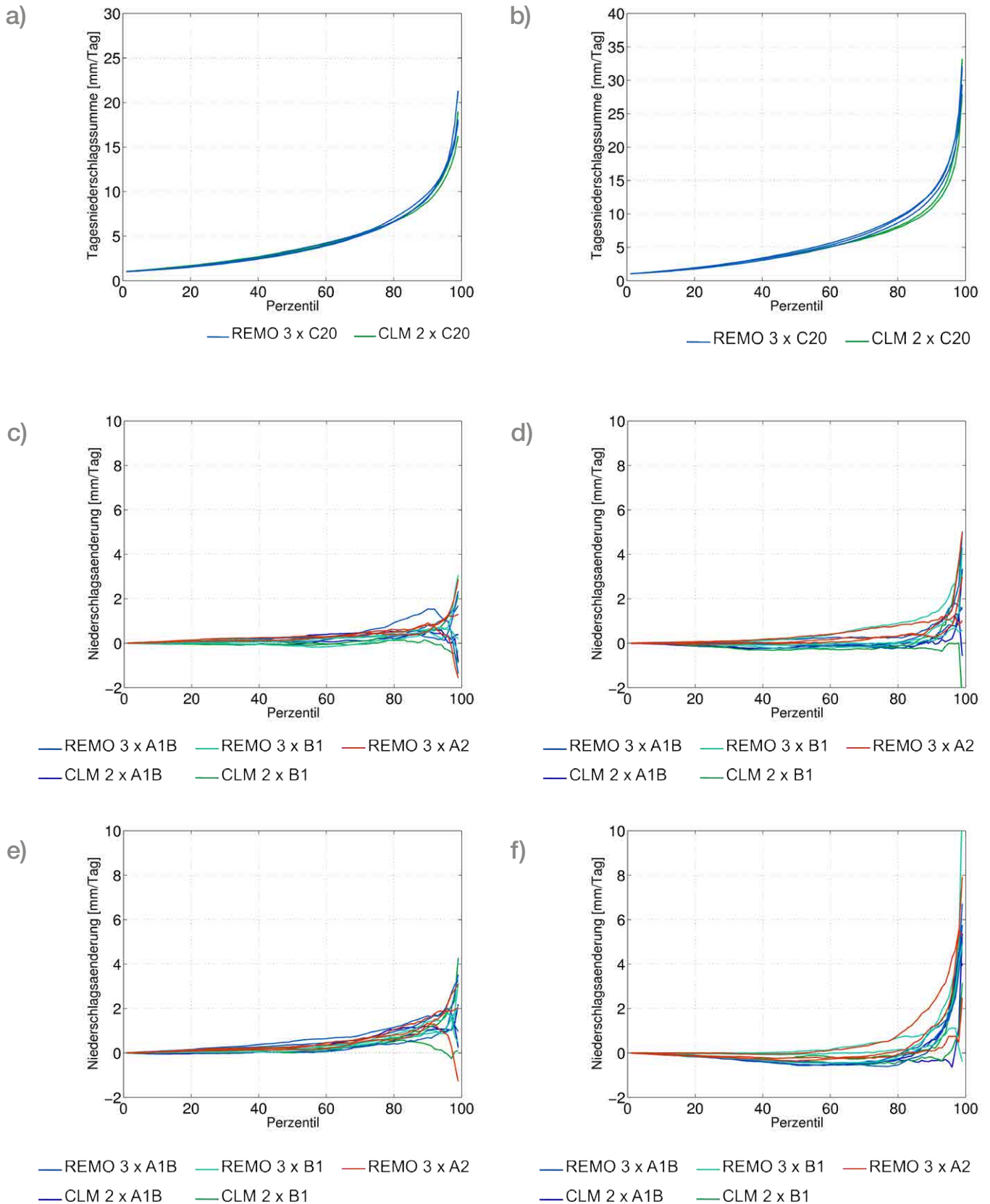


Abb. 2.8: Simulierte Perzentile der Tagesniederschlagssummen an Tagen mit mehr als 1 mm Niederschlag im Referenzzeitraum 1971 - 2000 im Winter (a) und im Sommer (b) sowie projizierte Änderungen für den Zeitraum 2036 - 2065 im Winter (c) und im Sommer (d) und für den Zeitraum 2071 - 2100 im Winter (e) und im Sommer (f) für das Gebiet des Biosphärenreservats Niedersächsische Elbtalaue.

Die Anzahl der Trockentage, also von Tagen mit weniger als 1 mm Niederschlag, verringert sich in beiden Projektionszeiträumen im Winter, Frühjahr und in den meisten Simulationen auch im Herbst (vgl. Abb. 2.9). Im Sommer treten im Projektionszeitraum 2036 - 2065 nur

im A1B Szenario häufiger Trockentage auf. Zum Ende des 21. Jahrhunderts wird auch unter den Annahmen des A2 Szenarios in allen Simulationen und unter den Annahmen des B1 Szenarios in drei Simulationen eine höhere Anzahl an Trockentagen projiziert.

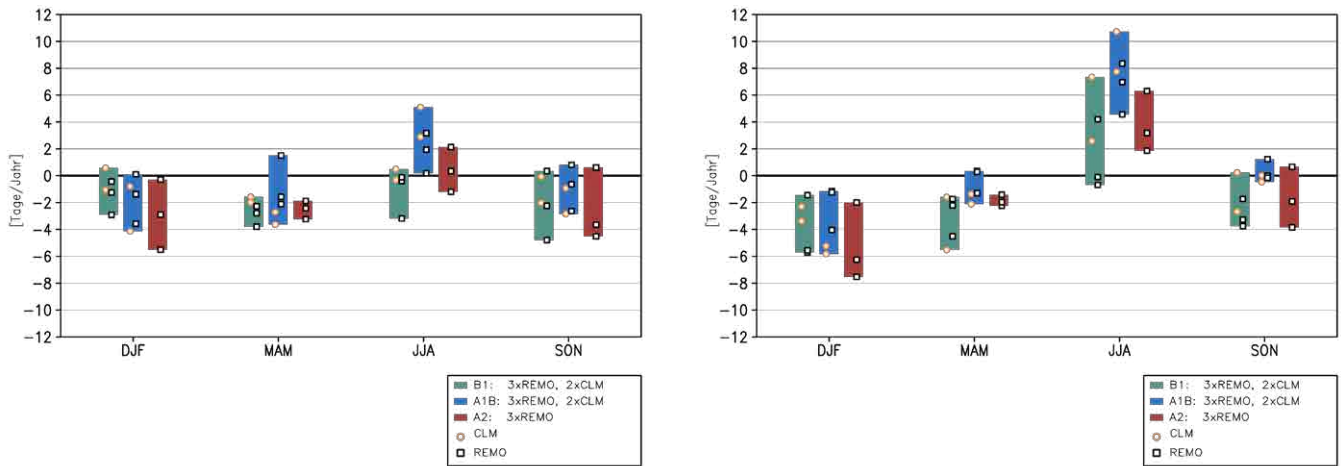


Abb. 2.9: Simulierte Änderungen der Anzahl von Trockentagen mit < 1 mm Tagesniederschlag pro Jahreszeit für 2036 - 2065 (links) und 2071 - 2100 (rechts) gegenüber 1971 - 2000 für die Szenarien B1, A2 und A1B im Gebiet des Biosphärenreservats Niedersächsische Elbtalau, dargestellt mit den Werten der einzelnen Simulationen.

## 2.6 Zusammenfassung

Für das Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalau werden zur Mitte des 21. Jahrhunderts für alle Jahreszeiten höhere Mitteltemperaturen projiziert. Zum Ende des 21. Jahrhunderts sind noch größere Temperaturzunahmen zu erwarten. Im Winter steigen die Temperaturen jeweils am stärksten, dabei nimmt die Häufigkeit der niedrigen Tagesmitteltemperaturen stärker zu als die der höheren Tageswerte. Eis- und Frosttage treten damit deutlich seltener auf. Im Sommer können Tage mit extremen Temperaturen wie Hitzetage und Tropentage bzw. Tropennächte häufiger auftreten. Die Anzahl der Tage pro Jahr, an denen die Temperatur über 5 °C liegt, nimmt deutlich zu. Diese Temperaturschwelle wird oft zur Definition der Vegetationsperiode verwendet.

Im Verlauf des Jahrhunderts unterscheiden sich die für das B1 Szenario simulierten Temperaturen immer deutlicher von den Ergebnissen für die A1B und A2 Szenarien. Das bedeutet, dass durch eine Verminderung der Treib-

hausgasemissionen, wie sie im B1 Emissionsszenario angenommen werden, und damit im Vergleich zu A1B und A2 geringeren Treibhausgas-Konzentrationen in der Atmosphäre, deutlich geringere Klimaänderungen zu erwarten wären. Die projizierten Niederschläge nehmen 2036 - 2065 in allen Jahreszeiten für alle Szenarien leicht zu, mit Ausnahme abnehmender Niederschläge für das A1B Szenario im Sommer. Zum Ende des 21. Jahrhunderts dagegen zeigen zudem einzelne Simulationen auch für die Szenarien A2 und B1 im Sommer eine Niederschlagsabnahme. Es kann also von einer Tendenz zur Niederschlagsabnahme im Sommer, allerdings erst zum Ende des 21. Jahrhunderts, ausgegangen werden. In Winter und Herbst dagegen verstärkt sich die Niederschlagszunahme, sodass insgesamt im Jahresmittel die Niederschlagsmengen zunehmen. Zudem zeigt sich im Sommer zum Ende des 21. Jahrhunderts trotz abnehmender Niederschläge eine Zunahme der Intensität von starken Niederschlägen.

## Anhang

Tab. Anhang a-d: Zahlenwerte der projizierten jährlichen und saisonalen (\*) Änderungen der bodennahen Lufttemperatur (2 m über Grund) (a, b) und des Niederschlags (c, d) gegenüber 1971 - 2000 für das Gebietsmittel des Biosphärenreservats Niedersächsische Elbtalau jeweils der Simulationen, die die kleinste bzw. die größte Änderung pro Emissionsszenario zeigen; die Differenz ergibt die Bandbreite aus den verfügbaren Modellsimulationen pro Emissionsszenario. (\* D,J,F - Dezember, Januar, Februar; M,A,M - März, April, Mai; J,J,A - Juni, Juli, August; S,O,N - September, Oktober, November)

### a. Temperatur [K] 2036 - 2065

	B1 min	B1 max	A1B min	A1B max	A2 min	A2 max
<b>Jahr</b>	0,9	1,4	1,4	2,1	1,1	1,7
<b>D,J,F</b>	1,2	2,0	1,6	3,1	1,3	2,8
<b>M,A,M</b>	0,1	1,0	0,8	1,7	1,0	1,2
<b>J,J,A</b>	0,8	1,1	1,3	1,6	1,0	1,5
<b>S,O,N</b>	0,8	1,6	1,5	2,2	0,8	1,6

b. Temperatur [K] 2071 - 2100

	<b>B1 min</b>	<b>B1 max</b>	<b>A1B min</b>	<b>A1B max</b>	<b>A2 min</b>	<b>A2 max</b>
<b>Jahr</b>	2,0	2,2	2,4	3,2	2,7	3,4
<b>D,J,F</b>	2,5	3,0	2,9	4,2	3,4	4,6
<b>M,A,M</b>	1,1	2,1	1,7	2,9	1,8	3,2
<b>J,J,A</b>	1,4	1,8	2,3	2,9	2,3	2,7
<b>S,O,N</b>	1,9	2,4	2,5	3,2	2,4	3,2

c. Niederschlag [%] 2036 - 2065

	<b>B1 min</b>	<b>B1 max</b>	<b>A1B min</b>	<b>A1B max</b>	<b>A2 min</b>	<b>A2 max</b>
<b>Jahr</b>	1,7	12,4	2,9	7,1	2,1	14,6
<b>D,J,F</b>	1,2	12,3	4,1	16,1	2,6	22,0
<b>M,A,M</b>	6,7	15,1	-2,1	16,2	4,6	21,5
<b>J,J,A</b>	-1,3	17,0	-11,8	-0,8	-1,3	9,3
<b>S,ON</b>	1,6	20,0	6,5	24,8	4,5	20,5

d. Niederschlag [%] 2071 - 2100

	<b>B1 min</b>	<b>B1 max</b>	<b>A1B min</b>	<b>A1B max</b>	<b>A2 min</b>	<b>A2 max</b>
<b>Jahr</b>	3,0	15,1	0,2	5,9	4,8	15,2
<b>D,J,F</b>	10,3	21,6	13,2	22,2	10,3	30,3
<b>M,A,M</b>	9,5	16,6	3,1	16,3	13,7	14,7
<b>J,J,A</b>	-19,3	9,2	-25,5	-10,6	-11,0	1,8
<b>S,O,N</b>	12,2	22,7	6,4	14,2	15,3	25,1

# 3 **Auswertung phänologischer Zeitreihen der Metropolregion Hamburg mit Fokus auf die Niedersächsische Elbtalau**

*Diana Rechid, Manuel Dröse,  
Juliane Petersen, Nils Hempelmann*

## 3.1 **Einleitung**

Die Phänologie beschreibt die im Jahresverlauf periodisch wiederkehrenden Wachstums- und Entwicklungserscheinungen von Pflanzen und Tieren (Lieth 1974) in Beziehung zum Klima (Schnelle 1955). In dieser Studie wird nur die Phänologie von Pflanzen betrachtet. Der jährliche Vegetationszyklus wird durch den Jahresgang des Klimas bestimmt. Die Eigenschaften der Vegetationsdecke beeinflussen wiederum den vertikalen Austausch von Energie, Masse und Impuls zwischen Boden und Atmosphäre und damit das Klima. Die engen Wechselbeziehungen machen die Pflanzenphänologie zu einem Indikator für Klimaänderungen. Damit besitzen langzeitliche Beobachtungen phänologischer Phasen große Bedeutung für die Forschungen zum Klimawandel (Menzel 2002). Es wurden Beobachtungsnetze etabliert und erweitert und in umfangreichen Datenarchiven gesammelt, so zum Beispiel beim Deutschen Wetterdienst (Bruns 2007) und den Internationalen Phänologischen Gärten in Europa (Chmielewski 1996). Zahlreiche Studien untersuchen räumliche und zeitliche Schwankungen und Trends der Pflanzenphänologie in Beziehung zu Klimadaten und zeigen eine Verlagerung der Pflanzenentwicklung zu einem früheren Beginn und einer Verlängerung der Wachstumsperiode im Jahr in Europa (z. B. Menzel 2000, Defila & Clot 2001, Menzel et al. 2001, Ahas et al. 2002, Menzel et al. 2003, Menzel et al. 2006).

In den Studien werden zumeist Pflanzen betrachtet, die allgemein verbreitet sind und auffällige Phaseneintritte besitzen, wie zum Beispiel Beginn der Blattentfaltung, Beginn und Ende der Blüte, erste reife Früchte, Beginn der Blattverfärbung oder Beginn des Blattfalls. Zudem sind langjährige, konsistente, valide Messreihen für mehrere Stationen erforderlich, um zeitliche Entwicklungen an verschiedenen Orten vergleichen zu können. Besonders häufig werden hier die Apfelblüte, die Johannisbeer- oder Süßkirschenreife, der Laubabfall der Rosskastanie und der Stiel-Eiche sowie die Winterroggenblüte/-schnittreife herangezogen.

Die Pflanzenphänologie liefert somit räumliche Informationen über jährlich wiederkehrende Entwicklungsstadien bei Pflanzen (z. B. Öffnung der Knospen, Blühbeginn, Fruchtreife).

Es kann sich in den Eintrittsdaten der verschiedenen Phasen auch eine biologische Reaktion auf den Klimawandel widerspiegeln, denn insbesondere die Temperatur korreliert mit den phänologischen Phasen in den mittleren und hohen Breiten (z. B. Rötzer & Chmielewski 2001).

So wurden in dem norddeutschen Obstbaugebiet im Alten Land an der Forschungsstation Jork seit 1976 ein deutlicher Anstieg der bodennahen Lufttemperatur und eine signifikante Verfrühung der Apfelblüte dokumentiert (Henniges et al. 2007).

Das Ziel der vorliegenden Studie ist die Analyse phänologischer Zeitreihen für die Metropolregion Hamburg, die der Deutsche Wetterdienst (DWD) für phänologische Stationen in der Region für den Zeitraum seit 1951 archiviert und bereitstellt. Es soll untersucht werden, ob und in welcher Größenordnung eine Verschiebung der phänologischen Jahreszeiten als Indikator für die Erwärmung in den letzten Jahrzehnten stattfindet. Die Ergebnisse basieren im Wesentlichen auf der Praktikumsarbeit von M. Dröse, die im Sommer 2013 am Climate Service Center in Hamburg und im Rahmen des KLIMZUG-NORD Projekts durchgeführt wurde (<http://klimzug-nord.de/file.php/2014-01-10-Droese-M.-2013-Praktikumsbericht-Auswertung-phaenolog>). In dieser Zusammenfassung sollen schwerpunktmäßig die Ergebnisse der Stationen Boizenburg im Osten sowie Büchen und Uelzen im Südosten der Metropolregion Hamburg vorgestellt werden.

## 3.2 Daten und Methoden

Diese Arbeit basiert auf Daten aus dem Beobachtungsprogramm der phänologischen Jahresmelder, dem phänologischen Grundnetz des DWD, für das etwa 1.220 ehrenamtliche Pflanzenbeobachter in Deutschland tätig sind. Sie sind archiviert für den Zeitraum seit 1951 und gehören zur Grundversorgung des DWD. Das Programm der phänologischen Beobachtungen des Deutschen Wetterdienstes enthält 167 Phasen (Entwicklungsstadien).

Diese Phasen sind gut sichtbare Veränderungen der Pflanze als Ausdruck eines Wechsels in ihrem physiologischen Zustand. An ausgewählten Bäumen, Sträuchern und Stauden werden z. B. Blattentfaltung, Blüte, Fruchtreife und Laubverfärbung beobachtet; bei landwirtschaftlichen Kulturpflanzen werden neben ausgesuchten Entwicklungsstadien auch Daten zu Bestellung und Ernte erhoben. Das Jahr kann in sogenannte phänologische Jahreszeiten

Tab. 3.1: Leit- und Ersatzphasen der phänologischen Jahreszeiten (Quelle: [www.dwd.de](http://www.dwd.de))

Phänologische Jahreszeit	Leitphase	Ersatzphase
Vorfrühling	Haselnuss (Blüte)	Schneeglöckchen (Blüte)
Erstfrühling	Forsythie (Blüte)	Stachelbeere (Blattentfaltung)
Vollfrühling	Apfel (Blüte)	Stiel-Eiche (Blattentfaltung)
Frühsommer	Schwarzer Holunder (Blüte)	Robinie (Blüte)
Hochsommer	Sommer-Linde (Blüte)	Rote Johannisbeere (Fruchtreife)
Spätsommer	Frühapfel (Fruchtreife)	Eberesche (Fruchtreife)
Frühherbst	Schwarzer Holunder (Fruchtreife)	Kornelkirsche (Fruchtreife)
Vollherbst	Roskastanie (Fruchtreife)	Stiel-Eiche (Fruchtreife)
Spätherbst	Stiel-Eiche (Blattverfärbung)	Eberesche (Blattfall)
Winter	Stiel-Eiche (Blattfall)	1. Apfel, spätreifend (Blattfall) 2. Europäische Lärche (Nadelfall)

eingeteilt werden, die jeweils durch phänologische Leitphasen bestimmter Pflanzenarten gekennzeichnet sind (vgl. Tab. 3.1, Quelle: Deutscher Wetterdienst, www.dwd.de).

Die Beobachtungsdaten des phänologischen Grundnetzes werden seit 1951 jeweils am Ende der Vegetationsperiode vom Deutschen Wetterdienst erfasst und archiviert. Die Jahresmittelwerte der wichtigsten Phasen für die 85 deutschen Naturraumgruppen werden im Deutschen Meteorologischen Jahrbuch veröffentlicht. Das Deutsche Meteorologische Jahrbuch ist seit 1953 beim Deutschen Wetterdienst erhältlich.

Die phänologischen Daten für die Metropolregion Hamburg wurden im Rahmen von KLIMZUG-NORD vom DWD bereitgestellt. Im ersten Schritt wurden die Stationsdaten in eine MySQL-Datenbank eingepflegt. Um die Entwicklung der Eintrittsdaten zu untersuchen, wurden zunächst geeignete Standorte identifiziert, für die langjährige Messreihen geprüfter Daten vorliegen. Zusätzlich wurde darauf geachtet, dass die Standorte homogen in der Metropolregion verteilt sind, sodass eventuell auch regionale Unterschiede erkennbar werden.

Mithilfe des Datenbankverwaltungssystems wurden Standorte ausgewählt, die insgesamt besonders viele phänologische Daten enthalten (meist über 7.000). Im nächsten Schritt wurde überprüft, ob für die einzelnen Phasen ausreichend Datenmaterial vorhanden ist, wobei besonders darauf geachtet wurde, dass die Messreihen spätestens Anfang der 1970er-Jahre, bestenfalls in den 1960er- oder 1950er-Jahren beginnen und optimalerweise lückenlos bis in das neue Jahrtausend reichen. Abbildung 3.1 zeigt alle Standorte, für die in der Datenbank phänologische Daten vorliegen. Die Größe der Punkte ist dabei

direkt proportional zur Menge der Daten an einem Ort. Auffällig ist die relativ schlechte Datenlage in der Stadt Hamburg. Einzig die Station Hamburg-Lombardsbrücke hat eine gute Zeitreihe der Forsythienblüte.

Zum einen wurden Zeitreihen für räumliche Mittel ausgewertet, in denen Daten aller Stationen für die Metropolregion Hamburg eingehen. Für jedes Jahr wurden der Median des Eintrittsdatums der jeweiligen Phase und zusätzlich die Perzentile, innerhalb derer 90 % bzw. 30 % der Daten liegen, errechnet und für die Jahre 1951 - 2011 aufgetragen. Dabei sind für die meisten Phasen für jedes Jahr Daten von etwa 200 - 300 Stationen vorhanden. Des Weiteren wurde ein linearer Fit zur Trendanalyse eingezeichnet, um festzustellen ob, und wenn ja, um wie viele Tage pro Jahr bzw. Jahrzehnt sich die phänologische Phase in dem entsprechenden Zeitraum verschoben hat.

Für die rot markierten Stationen wurden ausgewählte Zeitreihen im Einzelnen untersucht, davon werden hier Ergebnisse für die Stationen Boizenburg (53° 24' N, 10° 41' O), Büchen (53° 29' N, 10° 38' O) und Röhrsen (52° 48' N, 10° 38' O) sowie zudem für die Station Uelzen (52° 58' N, 10° 34' O) ausgewertet. Für diese Untersuchung wurde das Eintrittsdatum einer bestimmten Phase für die letzten Jahrzehnte aufgetragen und der Trend zwischen 1960 und 2011 und zwischen 1991 und 2011 ermittelt. Dort, wo die Daten nicht bis ins Jahr 1960 zurückreichen, wurde stattdessen der Trend zwischen dem ersten zur Verfügung stehenden Jahr und 2011 verwendet. In der Datenquelle waren weder über die Winter-Leitphase (Blattfall der Stiel-Eiche) noch über die Winter-Ersatzphasen genügend Daten vorhanden, sodass über das Eintrittsdatum des phänologischen Winters keine Informationen gewonnen werden konnten.

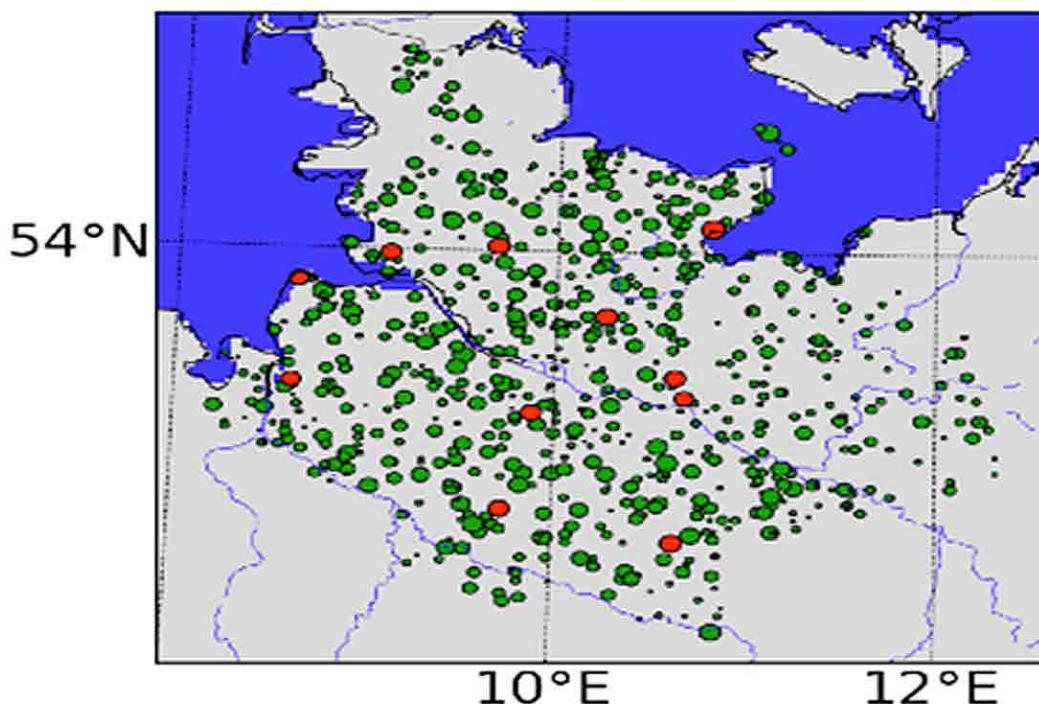


Abb. 3.1: Karte mit der Verteilung der phänologischen Stationen in der Metropolregion Hamburg

### 3.3 Phänologische Zeitreihen für das Gebietmittel der Metropolregion Hamburg

In den folgenden Abbildungen wird jeweils der Tag im Jahr, an dem eine phänologische Entwicklungsphase eintrat, für die letzten Jahrzehnte aufgetragen. Dabei entspricht Tag 1 dem 1. Januar. Die rote Linie stellt den Median dar, im dunkelgrauen Bereich befinden sich 30 %, im hellgrauen Bereich 90 % der Daten. Mit dieser Darstellungsform wird neben dem zeitlichen Verlauf des örtlichen Mittelwerts die räumliche Variabilität in der Untersuchungsregion sichtbar. Die blaue gestrichelte Gerade gibt den linearen Trend an.  $M$  ist die Steigung der Trendgeraden.  $M = -0,5$  z. B. würde bedeuten, dass die Phase von 1951 bis 2011 im Mittel pro Jahr etwa 0,5 Tage, somit pro Jahrzehnt etwa 5 Tage, früher eintritt.

Für den Frühling wurden folgende phänologische Entwicklungsphasen untersucht: Blüte des Schneeglöckchens für den Vorfrühling (vgl. Abb. 3.2), Blüthenfaltung der Stachelbeere für den Erstfrühling (ohne Abbildung)

und Apfelblüte für den Vollfrühling (vgl. Abb. 3.3). Es fällt auf, dass alle Phasen früher im Jahr eintreten. Die Phase des Vorfrühlings tritt etwa 10,3 Tage, die Phase des Erstfrühlings rund 13,7 Tage und die des Vollfrühlings etwa 14,3 Tage früher ein als vor 60 Jahren. Der Beginn der Schneeglöckchenblüte zeigt im Vergleich zur Apfelblüte eine hohe räumliche Variabilität, was auf einen größeren Einfluss der lokalen standortspezifischen Klimabedingungen hinweist.

Für die verschiedenen Phasen des Sommers wurden folgende phänologische Indikatoren untersucht: Holunderblüte für den Frühsommer (vgl. Abb. 3.4), Johannisbeerreife für den Hochsommer (ohne Abbildung) und Apfelreife für den Spätsommer (vgl. Abb. 3.5). Auch im Sommer setzen alle betrachteten Entwicklungsphasen früher ein. Die Phase des Frühsommers tritt etwa 16,7 Tage, die Phase des Hochsommers rund 14,2 Tage und

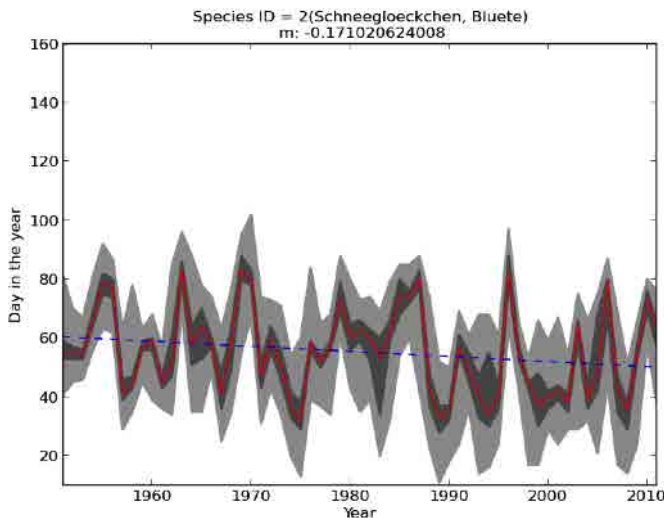


Abb. 3.2: Beginn der Schneeglöckchenblüte in der Metropolregion Hamburg 1951 - 2011: Median (rot), 30 % (dunkelgrau), 90 % (hellgrau) aller Stationen und linearer Trend (blau gestrichelt)

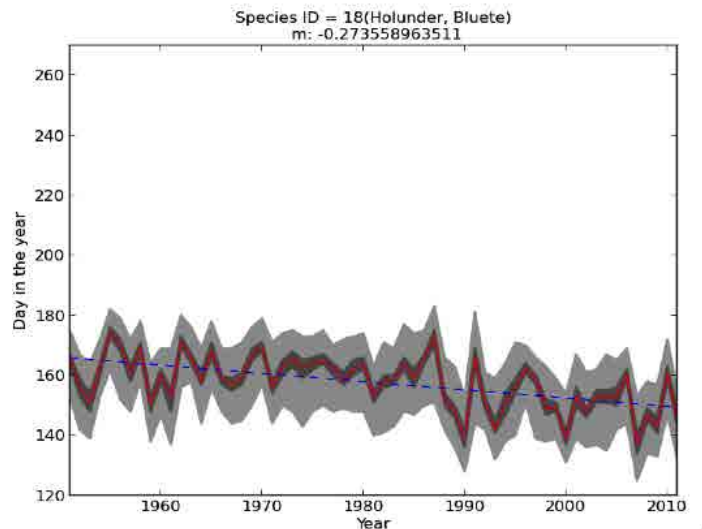


Abb. 3.4: Beginn der Holunderblüte in der Metropolregion Hamburg 1951 - 2011: Median (rot), 30 % (dunkelgrau), 90 % (hellgrau) aller Stationen und linearer Trend (blau gestrichelt)

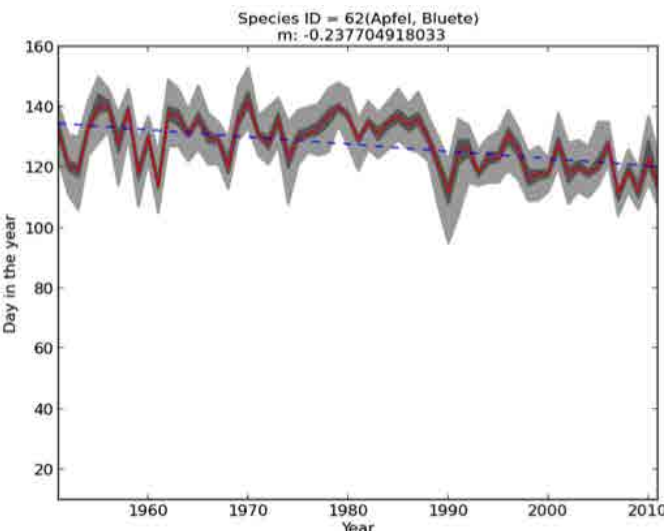


Abb. 3.3: Beginn der Apfelblüte in der Metropolregion Hamburg 1951 - 2011: Median (rot), 30 % (dunkelgrau), 90 % (hellgrau) aller Stationen und linearer Trend (blau gestrichelt)

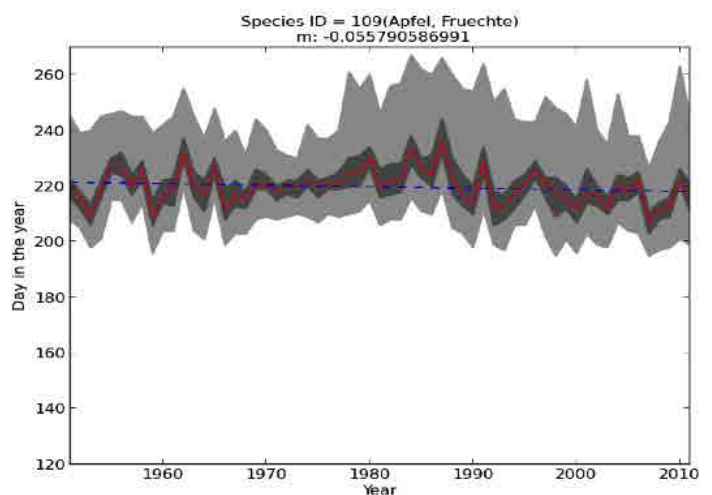


Abb. 3.5: Beginn der Apfelreife (frühreifend) in der Metropolregion Hamburg 1951 - 2011: Median (rot), 30 % (dunkelgrau), 90 % (hellgrau) aller Stationen und linearer Trend (blau gestrichelt)



die des Spätsommers etwa 3,3 Tage früher ein als vor 60 Jahren. Im Vergleich ist der Trend der Apfelfreife relativ gering, hierbei zeigen sich zudem die größten räumlichen Unterschiede in der Untersuchungsregion.

Für die verschiedenen Phasen des Herbstes wurden folgende phänologische Indikatoren untersucht: Holunderfruchtreife für den Frühherbst (vgl. Abb. 3.6), Rosskastanienreife für den Vollherbst (ohne Abbildung) und die Blattverfärbung der Stiel-Eiche für den Spätherbst (vgl. Abb. 3.7). Es zeigt sich, dass die Phase des Frühherbstes etwa 15,3 Tage früher, die Phase des Spätherbstes dagegen rund 6,2 Tage später eintritt als vor 60 Jahren. Die Phase des Vollherbstes tritt etwa 5,8 Tage eher ein als vor 60 Jahren.

Die phänologischen Leitphasen, die mit diesen Indikatoren analysiert wurden, haben sich in den letzten 60 Jahren verändert. Während sich die Zeit von der Schneeglöckchenblüte bis zur Holunderblüte (der phänologische

Frühling) insgesamt um etwa 6,4 Tage, also eine knappe Woche, verkürzt hat, hat sich die Zeit von der Holunderblüte bis zur Fruchtreife des Holunders (phänologischer Sommer) kaum verändert (+1,4 Tage). Für den phänologischen Herbst kann keine Angabe in Tagen gemacht werden, da keine Daten für den Winterbeginn vorlagen. Da der Frühherbst um 15,3 Tage verfrüht eintritt und der Spätherbst um 6,2 Tage verspätet beginnt, ist die Phase des phänologischen Herbstes verlängert. Somit hat sich die Phase des phänologischen Winters (Blattfall der Stiel-Eiche bis zur Schneeglöckchenblüte), genauso wie der Frühling, verkürzt.

Für alle phänologischen Entwicklungsphasen gut zu sehen ist die große Variabilität des Eintrittsdatums in den einzelnen Jahren. Das spiegelt die Variabilität des Klimas von Jahr zu Jahr wider. Zugleich ist der langfristige Trend über die letzten Jahrzehnte betrachtet ein sichtbarer Indikator für Änderungen des mittleren Klimas in der Region.

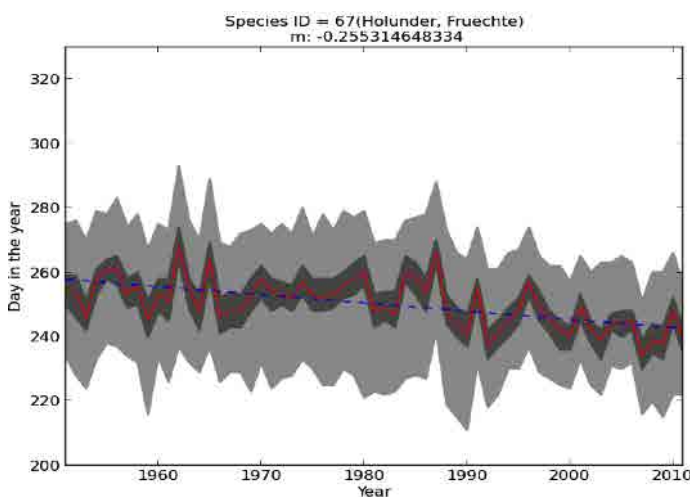


Abb. 3.6: Beginn der Fruchtreife des Holunders in der Metropolregion Hamburg 1951 - 2011: Median (rot), 30 % (dunkelgrau), 90 % (hellgrau) aller Stationen und linearer Trend (blau gestrichelt)

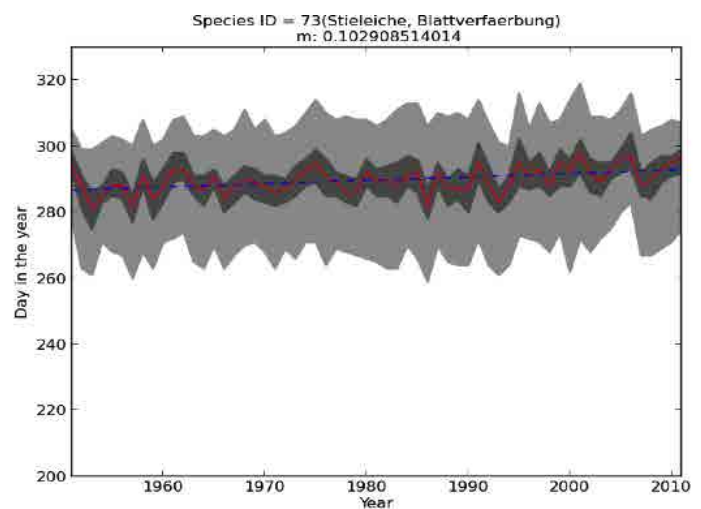


Abb. 3.7: Beginn der Blattverfärbung der Stiel-Eiche in der Metropolregion Hamburg 1951 - 2011: Median (rot), 30 % (dunkelgrau), 90 % (hellgrau) aller Stationen und linearer Trend (blau gestrichelt)

### 3.4 Zeitreihen ausgewählter phänologischer Phasen für einzelne Stationen im Südosten der Metropolregion Hamburg

Es wurden Zeitreihen einiger phänologischer Phasen für einzelne Stationen in der Metropolregion Hamburg untersucht, von denen hier exemplarisch Eintrittsdaten für die Stationen Boizenburg, Büchen und Uelzen vorgestellt werden. Zudem wurde der lineare Trend zwischen 1960 und 2011 (m60) und zwischen 1991 und 2011 (m90) ermittelt.

Der Beginn der Schneeglöckchenblüte als Indikator für den Vorfrühling zeigt an den Stationen Boizenburg (vgl. Abb. 3.8) und Uelzen (vgl. Abb. 3.9) langfristig (1960 - 2011) einen negativen Trend. Der kurzfristige Trend für 1991 - 2011 hingegen ist an der Station Boizenburg positiv, an der Station Uelzen negativ. Die Schwankungen des Eintrittsdatums von Jahr zu Jahr sind teilweise groß und betragen an der Station Boizenburg in dem betrachteten Zeitraum bis zu etwa 40 Tage, an der Station Uelzen bis zu etwa ca. 60 Tage.

Es wurde für insgesamt zehn Stationen die phänologische Phase Vorfrühling mit der Schneeglöckchenblüte betrachtet: Büchen, Lockstedt, Uelzen, Stotel, Bargtheide, Boizenburg, Bad Fallingbostal, St. Michaelisdonn, Röhrsen und Cuxhaven-Sahlenburg. An allen zehn Standorten ist der langfristige Trend negativ, also hin zu einer Verfrühung des Blütebeginns des Schneeglöckchens. Der kurzfristige Trend 1990 - 2011 ist an den Stationen Büchen und Lockstedt neutral (weniger als 1 Tag Änderung pro Jahrzehnt), in Uelzen und Stotel negativ und an den restlichen Standorten positiv, also gegen den langfristigen Trend gerichtet. Dabei ist keine regionale Struktur erkennbar.

Die Blattverfärbung der Stiel-Eiche als Indikator für den Spätherbst an der Station Boizenburg (vgl. Abb. 3.10) und an der Station Röhrsen (vgl. Abb. 3.11) beginnt langfristig betrachtet (1960 bis 2011) immer später im

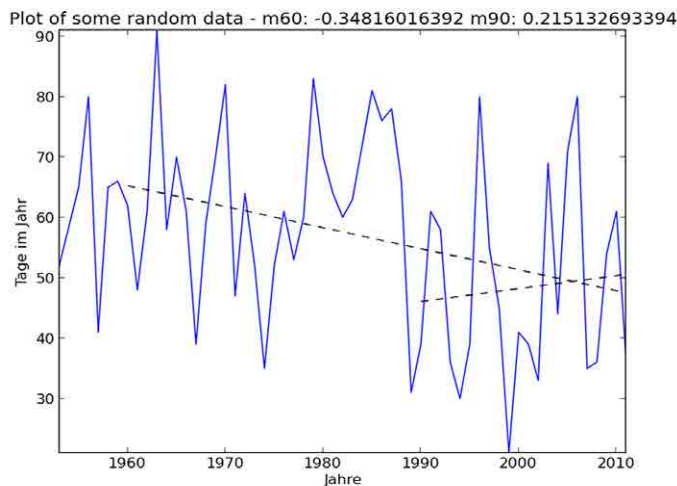


Abb. 3.8: Station Boizenburg: Beginn der Schneeglöckchenblüte 1951 - 2011 und lineare Trends 1960 - 2011 und 1991 - 2011

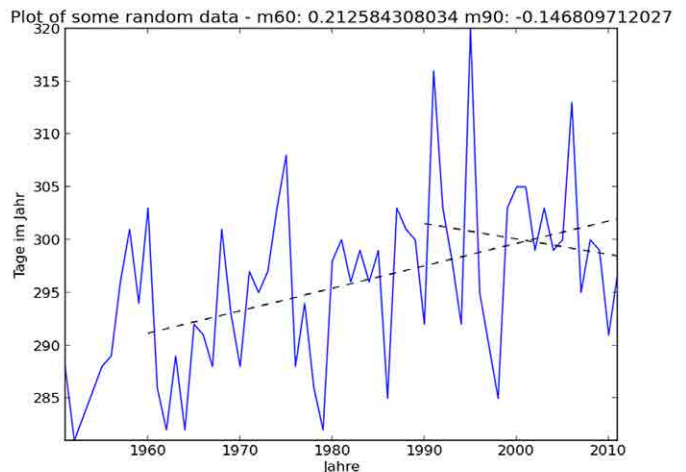


Abb. 3.10: Station Boizenburg: Beginn der Blattverfärbung der Stiel-Eiche 1951 - 2011 und lineare Trends 1960 - 2011 und 1991 - 2011

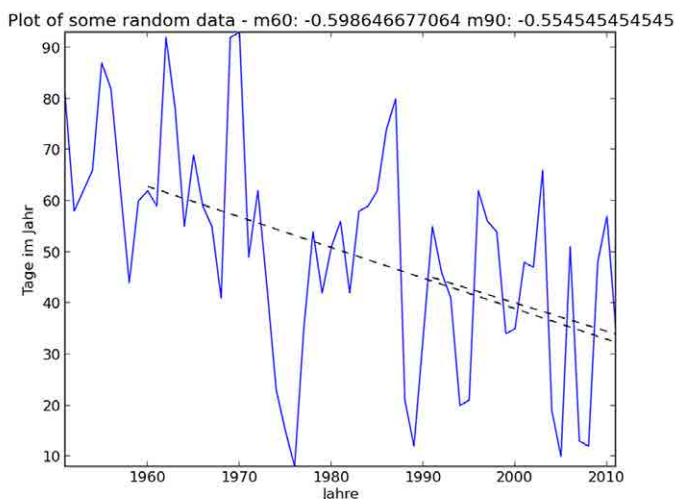


Abb. 3.9: Station Uelzen: Beginn der Schneeglöckchenblüte 1951 - 2011 und lineare Trends 1960 - 2011 und 1991 - 2011

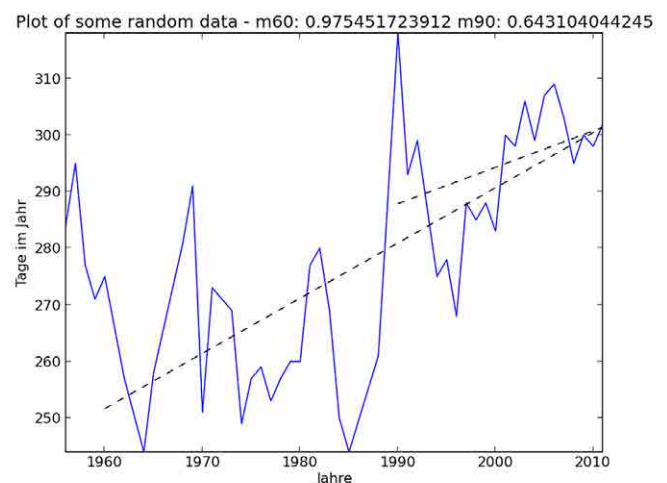


Abb. 3.11: Station Röhrsen: Beginn der Blattverfärbung der Stiel-Eiche 1951 - 2011 und lineare Trends 1960 - 2011 und 1991 - 2011

Jahr. Der kurzfristige Trend von 1991 bis 2011 ist an der Station Boizenburg negativ, an der Station Röhrsen positiv. Auch hier sind Schwankungen von Jahr zu Jahr groß und betragen an der Station Boizenburg im betrachteten Zeitraum bis zu maximal etwa 30 Tage, an der Station Röhrsen bis zu ca. 60 Tage.

Es wurde für insgesamt sieben Stationen die phänologische Phase Spätherbst mit dem Indikator der Blattverfärbung der Stiel-Eiche betrachtet: neben Boizenburg und Röhrsen auch für Buchholz, Cuxhaven-Sahlenburg, Fallingbostal, Lockstedt und Neustadt. Der langfristige Trend ist für die Stationen Fallingbostal und Neustadt negativ, für alle anderen Stationen positiv. Der kurzfristige Trend ist für die einzelnen Stationen sehr unterschiedlich. Für Boizenburg und Fallingbostal ist er negativ, für Neustadt neutral und für die anderen vier Standorte positiv.

### 3.5 Fazit und Ausblick

Die Auswertung der Zeitreihen phänologischer Beobachtungsdaten der Metropolregion Hamburg zeigen zum einen die große Variabilität des Eintrittsdatums der phänologischen Entwicklungsphasen in den einzelnen Jahren. Das spiegelt die jährlichen Schwankungen des Klimas wider. Die Jahreswerte der bodennahen Lufttemperatur können in der Region von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich ausfallen (Schlünzen et al. 2010). In den mittleren und hohen Breiten korrelieren die phänologischen Phasen insbesondere mit der Temperatur (z. B. Rötzer & Chmielewski 2001).

Zugleich ist der langfristige Trend über die letzten Jahrzehnte betrachtet ein sichtbarer Indikator für Änderungen des mittleren Klimas in der Region. An den meteorologischen Messstationen der Metropolregion Hamburg wird für das vergangene Jahrhundert im Jahresmittel eine Erwärmung der bodennahen Atmosphäre um etwa 0,07 K pro Jahrzehnt beobachtet, mit einer Verstärkung des Trends in den letzten Jahrzehnten auf bis 0,6 K pro Jahrzehnt für den Zeitraum 1978 - 2007 (Schlünzen et al. 2010) (Anmerkung: Temperaturänderungen werden nach Konvention stets in Kelvin (K) angegeben, eine Änderung um 1 K entspricht einer Änderung um 1 °C; siehe weiterführende Erläuterung im Glossar). Die Beobachtungen der phänologischen Phasen in der Metropolregion Hamburg für den Zeitraum 1960 bis 2011 sind sichtbare Indikatoren für die Temperaturzunahme. So treten Phasen von Frühjahr und Sommer in der gesamten Region verfrüht auf. Einige Herbstphasen setzen verspätet ein, hierbei treten allerdings regionale Unterschiede auf.

Der kurzfristige Trend für 1991 - 2001 hingegen kann keine Auskunft über die langfristige Entwicklung des Klimas geben, sondern ist ein Ergebnis der Schwankungen des

Auch hier zeigt sich insgesamt die große Variabilität des Eintrittsdatums in den einzelnen Jahren, was auf jährlich schwankende Klimabedingungen zurückzuführen ist. Der langfristige Trend des Beginns der Schneeglöckchenblüte ist an allen Stationen negativ und zeigt damit einen immer früheren Beginn des Vorfrühlings in der gesamten Region an. Die Blattverfärbung der Stiel-Eiche beginnt langfristig betrachtet an den meisten Stationen später und zeigt damit einen späteren Beginn des Spätherbstes an, allerdings wurde an zwei Stationen ein negativer Trend festgestellt. Der kurzfristige Trend für 1991 - 2001 hingegen fällt für alle Indikatoren sehr unterschiedlich aus. Aufgrund der großen jährlichen Variabilität ist der kurzfristige Trend sehr stark abhängig von den Werten einzelner Jahre. Er kann keine Auskunft über die langfristige Entwicklung des Klimas geben, sondern ist ein Ergebnis der Schwankungen des Klimas von Jahr zu Jahr und von Jahrzehnt zu Jahrzehnt.

Klimas von Jahr zu Jahr und von Jahrzehnt zu Jahrzehnt. So wird das Klima der Metropolregion Hamburg maßgeblich durch die Stärke der Westwinddrift auf dem Nordatlantik beeinflusst. Sie kann mit dem Index der Nordatlantischen Oszillation (NAO) beschrieben werden, welcher die Variation des Luftdruckgefälles zwischen dem sogenannten Azorenhoch im Süden des Nordatlantiks und dem Islandtief im Norden des Nordatlantiks angibt (Hurrell 1995, Wanner et al. 2001). Die Beziehung der Pflanzenphänologie in Deutschland zur NAO wurde z. B. in Menzel (2003) gezeigt.

Betrachtet man die Andauer der phänologischen Phasen, verlängert sich insbesondere der phänologische Herbst (Fruchtreife des Holunders bis zum Blattfall der Stiel-Eiche), während sich der Frühling (Schneeglöckchenblüte bis Holunderblüte) um etwa eine Woche verkürzt. Der phänologische Sommer (von Holunderblüte bis zur Fruchtreife des Holunders) verlängert sich mit 1,4 Tagen nur gering, er beginnt allerdings 11,4 Tage früher im Jahr. Insgesamt verlängert sich damit die durchschnittliche Länge der Vegetationsperiode, also der Zeitraum, in dem Pflanzen photosynthetisch aktiv sind.

Die im Rahmen von KLIMZUG-NORD verwendeten Klimaprojektionen bilden für die Metropolregion Hamburg einen weiteren Anstieg der bodennahen Lufttemperatur im 21. Jahrhundert ab, der sich je nach zugrunde liegendem Emissionsszenario mehr oder weniger stark beschleunigt (Rechid et al. 2014). Für die durchschnittliche Jahresmitteltemperatur der bodennahen Luftschicht wird bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts eine Zunahme von 0,9 K bis 2 K projiziert, zum Ende des 21. Jahrhunderts um 1,9 K bis 3,3 K. Unter diesen Annahmen ist mit einer weiteren

deutlichen Veränderung der phänologischen Phasen und der phänologischen Jahreszeiten zu rechnen, da die Temperaturänderung noch stärker als bisher ausfallen wird. Für die Modellregion Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue sehen die projizierten Temperaturänderungen ähnlich aus (vgl. Kap. 2 in diesem Bericht). Im Winter steigen die Temperaturen am stärksten, im Projektionszeitraum 2036 - 2065 um 1,2 K bis 3,1 K und 2071 - 2100 um 2,5 K bis 4,6 K (jeweils Bandbreite über alle betrachteten Szenarien). Damit nimmt die Anzahl der Tage pro Jahr, an denen die Temperatur über 5 °C liegt, deutlich zu (vgl. Kap. 2 in diesem Bericht). Eine anhaltende Tagestemperatur von mehr als 5 °C wird oft zur Definition der thermischen Vegetationsperiode verwendet,

die ein wichtiger Indikator für die Landwirtschaft ist (z. B. Chmielewski 2001). Die Ergebnisse geben einen Hinweis auf eine markante Verlängerung der thermischen Vegetationsperiode. Wie stark die Entwicklungsphasen der Pflanzen darauf reagieren, hängt allerdings von weiteren Umweltbedingungen wie z. B. Tageslänge, pflanzenverfügbarem Wasser und Nährstoffen ab.

Eine kontinuierliche Fortsetzung phänologischer Beobachtungen wird Folgen der weiteren Klimaänderungen sichtbar machen. Sie sind eine wichtige Grundlage zur Erforschung der Wechselwirkungen zwischen Vegetation und Klima unter sich fortlaufend ändernden Klimabedingungen.

## Danksagung

Diese Arbeit ist auf Anregung der Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalaue und im Rahmen des BMBF geförderten Verbundprojekts KLIMZUG-NORD entstanden. Sie basiert auf den Ergebnissen der studentischen Praktikumsarbeit von Manuel Dröse am Climate Service Center in Hamburg. Die verwendeten phänolo-

gischen Daten für die Metropolregion Hamburg wurden vom Deutschen Wetterdienst bereitgestellt. Wir bedanken uns bei Christiane Schreck für die Beschaffung und Vermittlung der Daten. Für die technische Realisierung der Phänologiedatenbank danken wir Walter Sauf und Nils Hempelmann.

## Exkurs: Phänologische Daten als Türöffner für Gespräche rund um den Klimawandel und für Trendanalysen zur Klimadiagnostik – Ehrenamtliche Beobachter/innen gesucht!

*Christiane Schreck*

Phänologische Daten eignen sich hervorragend für die Kommunikation von Klimaveränderungen, so die Erfahrungen aus den KLIMAGesprächen, die in der Modellregion Elbtalaue und in den Landkreisen Lüneburg und Lüchow-Dannenberg im Rahmen des KLIMZUG-NORD Projekts durchgeführt wurden (vgl. Kap. 13 in diesem Bericht). In unseren gemäßigten Breiten stehen die phänologischen Phasen, also beispielsweise der Blühbeginn einer Pflanze, die Pflückreife einer Frucht oder die Laubverfärbung in enger Verbindung mit den meteorologischen Veränderungen, sodass die Korrelation zwischen Temperatur und Blühbeginn aussagekräftig dargestellt und erläutert werden kann. Zudem sind die Beobachtungszeiträume, die für die Auswertungen herangezogen werden, gut vorstellbar und wurden meist erlebt, sodass die Daten mit eigenen Beobachtungen und Erlebnissen in Bezug gesetzt werden können. Von Bedeutung ist außerdem, dass die Standorte der Beobachtungsstationen häufig bekannt sind, womit ein regionaler Bezug hergestellt wird.

Über die Verwendung phänologischer Daten für die Vermittlung komplexen Klimawissens hinaus können Daten aus phänologischen Beobachtungen für Trendanalysen zur Klimadiagnostik herangezogen werden (<http://www.dwd.de>, 17.10.2012). Sie sind relevant für Landwirtschaft

und Naturschutz (z. B. Abstimmung von Mahdterminen) und weitere Anwendungsgebiete, wie beispielsweise den Polleninformationsdienst für Allergiker/innen (ebd.). Um repräsentative Aussagen treffen zu können, müssen die Daten in ausreichender Qualität vorliegen und daher kontinuierlich und über längere Zeiträume erhoben werden. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) unterhält neben seinen Wetterstationen von ehrenamtlichen Mitarbeiter/innen betreute phänologische Beobachtungsnetze. Die einzelnen Beobachtungsstationen sind allerdings sehr heterogen besetzt. Beispielsweise wird im Naturraum Untere Mittelelbe-Niederung derzeit an keiner Station beobachtet und dokumentiert, obwohl für Gollensdorf bereits Daten von 44 Jahren (1951 - 1960 und 1966 - 1999), für Tripkau bei Neuhaus/Elbe-Wilkenstorf für 33 Jahre (1954 - 1960 und 1966 - 1991) und für Cumlosen für 31 Jahre (1954 - 1960 und 1966 - 1989) Daten im Grundnetz Jahresmelder vorliegen (A. Engels, DWD, mdl. Mitt. v. 03.03.2014). Der DWD sucht daher Interessierte, die über die Vegetationsperiode Daten zur Pflanzenentwicklung notieren möchten. Phänologische Beobachter/innen werden von Mitarbeiter/innen des DWD betreut, erhalten Arbeitsmaterialien, eine Aufwandsentschädigung und das Phänologie-Journal (Mitteilungen für die phänologischen Beobachter des Deutschen Wetterdienstes). Weitere Informationen unter: <http://www.dwd.de>.

# 4 Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Vegetation von Auenwiesen entlang der mittleren Elbe

*Kristin Ludewig, Jana M. Hanke,  
Lotte Korell, Kai Jensen*

## 4.1 Einleitung

Auen sind aus holozänen fluviatilen Sedimenten entstandene Niederungen entlang von Flüssen und Bächen und aufgrund der auftretenden Überflutungen hochdynamische Lebensräume. Überflutungen führen zu Erosion und Sedimentation (Krüger et al. 2006), zu zeitweise anoxischen Bedingungen und beeinflussen den Nährstoffhaushalt der Auen. Diese Prozesse resultieren in einer großen Strukturvielfalt, welche vielen Pflanzenarten geeignete Habitate bietet (Naiman et al. 1993, Leyer 2002).

Die anthropogene Nutzung übt einen fundamentalen Einfluss auf die Vegetation der Elbauen aus. Ohne menschliche Einflüsse wären die Elbauen von Hartholz- und Weichholzauenwäldern dominiert (Dziöck et al. 2004). Die rezente Aue der Elbe wird hauptsächlich als Grünland bewirtschaftet. Die dynamischen Umweltbedingungen haben auch in den nutzungsbedingten Ersatzgesellschaften der Vegetation zu einer hohen Pflanzenartenvielfalt geführt (Walther 1977). Insbesondere das durch Mahd genutzte Grünland – die Wiesen – können in sehr artenreichen Ausprägungen auftreten. Zu ihnen zählen die Stromtalwiesen, die in Deutschland nur entlang der großen Ströme auftreten (Burkart 2001). Diese artenreichen Feuchtwiesen beheimaten zahlreiche seltene Pflanzenarten, daher werden sie nach der FFH-Richtlinie als Lebensraumtyp 6440 (Brenndolden-Auenwiesen) geschützt.

Neben Nutzungsänderungen und erhöhten Stickstoffdepositionen wird die klimatische Veränderung als wichtiger Grund für die Gefährdung der Pflanzenartenvielfalt angesehen (Sala et al. 2000). Wie in Kapitel 2 in diesem Bericht aufgeführt, werden aufgrund des anthropogenen Klimawandels für die Region der Mittelelbe durch regionalisierte Klimamodelle neben höheren Temperaturen trockenere Sommer und längere Trockenphasen, allerdings einhergehend mit höheren Niederschlagsintensitäten, für den Zeitraum 2071 bis 2100 projiziert (vgl. Kap. 2 in diesem Bericht). Abgesehen von den direkten Auswirkungen des veränderten Klimas auf die Standortbedingungen der Elbauen könnten die Niederschlagsveränderungen im Einzugsgebiet der Elbe zu einem veränderten Abflussgeschehen der Elbe führen und somit die Überflutungsdynamik beeinflussen. Für den Schutz seltener Pflanzenarten ist es wichtig, möglichst früh Erkenntnisse über die Auswirkungen der veränderten Umweltbedingungen zu erlangen, damit Anpassungsmaßnahmen ergriffen werden können, bevor es zu einem Bestandsrückgang oder zu Aussterbeereignissen kommt.

Um zunächst zu untersuchen, ob sich der Einfluss der heutigen Klimabedingungen auf das Auengrünland entlang der Mittelelbe detektieren lässt, wurde erfasst, inwiefern sich der regionale Klimagradient entlang der Mittelelbe in der Vegetation von feuchten und im Vergleich trockeneren, d.h. frischen Auenwiesen widerspiegelt. Wenn es einen feststellbaren direkten Einfluss des derzeitigen Klimas auf die Auenvegetation gibt, ist das ein Indiz dafür, dass sich die Klimaveränderungen auch in der Zukunft auf die Auenvegetation auswirken werden.

Weiterhin wurde untersucht, wie sich der Klimawandel auf die Auenwiesenvegetation auswirken könnte. Dazu wurde ein Feldexperiment durchgeführt, in welchem die Niederschlagsmenge im Sommer reduziert wurde, da die projizierte erhöhte sommerliche Trockenheit als eine relevante Klimaveränderung für die Auenwiesen angesehen wird. Da zukünftig mit einer weiterhin hohen Stickstoff-Deposition zu rechnen ist, wurde in diesem Feldexperiment zusätzlich die Stickstoff-Verfügbarkeit erhöht, um mögliche Wechselwirkungen zwischen diesen beiden Faktoren erfassen zu können. Das Experiment wurde in einem ozeanisch und einem kontinentaler geprägten Gebiet durchgeführt, um zu analysieren, ob die Pflanzen in dem kontinentaleren Gebiet bereits eine Anpassung an Sommertrockenheit aufweisen und evtl. weniger auf die experimentelle Veränderung reagieren, oder ob sich die Niederschlagsreduktion im ohnehin bereits trockeneren Gebiet stärker auswirkt.

Weiterhin wurden Möglichkeiten für das Grünlandmanagement erarbeitet, die potenziellen negativen Folgen des Klimawandels (wie die mögliche Sommertrockenheit) abzumildern. Da der Grundwasserstand ebenso wie der Niederschlag eine wichtige Einflussgröße für den Feuchtegehalt der Böden von Stromtalwiesen ist, wurde das Anheben der Grundwasserstände durch verringerte Drainage bzw. durch das Einstellen vorhandener Wehre als mögliche Anpassungsmaßnahme gegen verstärkte Sommertrockenheit identifiziert. Aus diesem Grund

wurden experimentell die Effekte von Grundwasserstand, Konkurrenz und Herkunft auf die charakteristische Stromtalwiesenart Sumpf-Brenndolde (*Cnidium dubium* (Schkuhr) Thell.) untersucht.

Übergeordnetes Ziel dieser Studien ist es, mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Vegetation des Auengrünlands zu analysieren und Handlungsempfehlungen zum Auenmanagement unter den veränderten Umweltbedingungen abzuleiten. Ein Schwerpunkt wurde hierbei auf die besonders artenreichen und daher aus naturschutzfachlicher Sicht relevanten Stromtalwiesen (Brenndolden-Auenwiesen) gelegt.

## 4.2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich an der Mittel-Elbe im länderübergreifenden Biosphärenreservat „Flusslandschaft Elbe“ (vgl. Abb. 4.1) mit einem Schwerpunkt an der unteren Mittel-Elbe im Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue, welches das Modellgebiet dieses Berichts darstellt (vgl. Kap. 1 in diesem Bericht).

Von besonderer Bedeutung für diese Studie ist der entlang der Mittel-Elbe verlaufende Klimagradient mit ozeanischem Klima im Nordwesten und vergleichsweise kontinentalerem Klima im Südosten. Dieser Klimagradient ist anhand der Untersuchungslokalitäten für eine Gradientenanalyse in Tabelle 4.1 charakterisiert.



Abb. 4.1: Das Untersuchungsgebiet an der mittleren Elbe mit den Lokalitäten der Untersuchungsflächen; Vegetationsaufnahmen in der direkten Elbaue wurden angefertigt in: Bleckede, Strachau, Schnackenburg, Fischbeck, Steckby und Wörlitz. Feldexperimente wurden durchgeführt in der Aue der Elbnebenflüsse Sude bei Sückau und der Havel bei Kuhlhausen. Kartographie: Mathias Scholz.

Tab. 4.1: Klimatische Parameter der untersuchten Lokalitäten (DWD 2010): Temperatur 7100 = mittlere jährliche Temperatur der Jahre 1971 - 2000, Niederschlag 7100 = jährlicher Niederschlag als Mittel der Jahre 1971 - 2000, Sommertage 7108 = jährliche Anzahl von Tagen > 25 °C als Mittel der Jahre 1971 - 2008, Frosttage 7109 = jährliche Anzahl von Tagen < 0 °C als Mittel der Jahre 1971 - 2009

Position am Gradienten	1	2	3	4	5	6
Lokalität	Bleckede	Strachau	Schnackenburg	Fischbeck	Steckby	Wörlitz
Elbe-km	553-554	520-522	473-474	387-388	283-285	242-243
Temperatur 7100 [°C]	8,9	9,0	9,0	9,2	9,5	9,5
Niederschlag 7100 [mm a <sup>-1</sup> ]	635	601	560	509	498	544
Sommertage 7108 [Anzahl Tage >25 °C a <sup>-1</sup> ]	30	33	36	41	41	43
Frosttage 7109 [Anzahl Tage <0 °C a <sup>-1</sup> ]	67	71	78	78	73	75

## 4.3 Die Vegetation der Auenwiesen entlang der Mittel-elbe

### 4.3.1 Methoden

Der Verbreitungsschwerpunkt der Stromtalwiesen liegt unter kontinentalem Klimaeinfluss. Ob und wie sich die Vegetation von Auenwiesen entlang des klimatischen Gradienten an der Elbe verändert, wurde in einer Gradientenanalyse untersucht. Im Frühjahr 2010 wurden Vegetationsaufnahmen entlang des klimatischen Gradienten in frischen und feuchten Auenwiesen angefertigt und hinsichtlich der Unterschiede in der Artenzusammensetzung analysiert. Eine Kooperation mit Franziska Löffler (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) Leipzig,

KLIWAS-Projekt: „Klimawandel an Bundeswasserstraßen“ gefördert durch das BMBF) ermöglichte die Einbeziehung entsprechender Daten für die mittlere bis obere Mittel-elbe. Der Anteil an Stromtalarten je Vegetationsaufnahme wurde unter Hinzuziehung der Stromtalarten-Definition nach Burkart (2001) berechnet. Die Vegetationsdaten wurden mit indirekten Ordinationsverfahren, Diversitätsindizes und einer Indikatoren-Analyse ausgewertet (für Informationen zu den Methoden siehe Legendre & Legendre 1998).

### 4.3.2 Ergebnisse

Unterschiede in der Artenzusammensetzung der feuchten Auenwiesen konnten entlang der Mittel-elbe nachgewiesen werden. Dies zeigte sich in Ordinationen, in denen sich die Vegetationsaufnahmen der feuchten Wiesen entsprechend der geografischen Lage entlang der Elbe anordneten. Die Korrelation klimatischer Parameter mit den Artendaten differierte zwischen den frischen und feuchten Wiesen. In den feuchten Wiesen war der Einfluss des langjährigen mittleren Jahresniederschlags ( $\text{mm a}^{-1}$ ) und der langjährigen mittleren Jahrestemperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) deutlich stärker als in den frischen Wiesen. Der Anteil an Stromtalarten stieg nicht mit Zunahme der Kontinentalität, sondern mit Abnahme derselben (vgl. Abb. 4.2). Die Phytodiversität (Evenness und Artenzahl) zeigte vor allem Unterschiede im Zusammenhang mit der berechneten Überflutungsdauer: In häufiger überfluteten (feuchten) Wiesen war eine geringere Artenzahl und Evenness zu verzeichnen.

Für eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse siehe Korell (2011) und Ludewig et al. (akzeptiert).

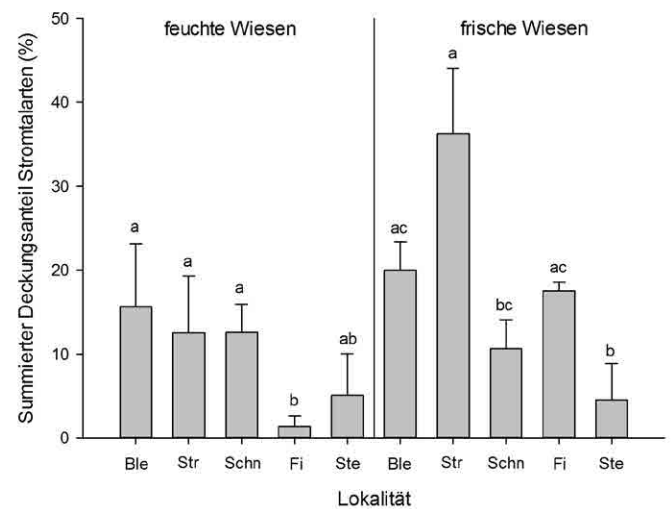


Abb. 4.2: Anteil an Stromtalarten differenziert nach Biotoptyp (feuchte und frische Wiesen) und Lokalitäten (von Nordwest nach Südost: Ble=Bleckede, Str=Strachau, Schn=Schnackenburg, Fi=Fischbeck, Ste=Steckby). Dargestellt sind Mittelwerte und Standardfehler. Verschiedene Buchstaben stellen signifikante Unterschiede im Anteil an Stromtalarten zwischen den Lokalitäten je Wiesentyp dar.



## 4.4 Effekte von reduzierten Sommerniederschlägen und erhöhter Stickstoffverfügbarkeit auf Stromtalwiesen der mittleren Elbe

### 4.4.1 Methoden

Entlang des Klimagradienten an der Mittelelbe wurden die projizierte Niederschlagsreduktion und die derzeitige Stickstoff-Deposition in einem Feldexperiment nachgeahmt und die Reaktion der Vegetation hierauf untersucht. Um den Klimagradienten abzubilden, wurden eine Brenndoldenwiese unter möglichst ozeanischem und eine unter kontinentalerem Klimaeinfluss ausgewählt. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Rahmenbedingungen hinsichtlich ihrer Vegetation, Nutzung, Bodenverhältnisse und der Lage zur Elbe oder eines Elbnebenflusses in der heterogenen Elbauenlandschaft möglichst vergleichbar waren. Die ausgewählten Brenndoldenwiesen liegen im Überflutungsbereich der Rögnitz bzw. Sude bei Sückau (ozeanisches Klima) und im Überflutungsbereich der Havel bei Kuhlhausen (kontinentaleres Klima; vgl. Abb. 4.1).

In dem Freilandexperiment wurden in den Vegetationsperioden 2009 bis 2011 die beiden Faktoren „Niederschlagsmenge“ und „Stickstoffverfügbarkeit“ verändert. Auf den beiden Brenndoldenwiesen wurden jeweils

28 Untersuchungsflächen von 3,76 m<sup>2</sup> Größe auf einer Fläche von 900 m<sup>2</sup> angelegt (vgl. Abb. 4.3). Von Mai bis Oktober (2009: Mitte Juli bis Ende Oktober) wurde der Niederschlag bei der Hälfte der Untersuchungsflächen um 25 % vermindert. Dies wurde durch 3 m x 3 m große Gestelle erreicht, deren Oberfläche zu 25 % mit Rinnen aus UV-durchlässigen Gewächshausfolienstreifen abgedeckt wurden (modifiziert nach Yahdjian & Sala 2002). Die Hälfte der Untersuchungsflächen mit Niederschlagsreduktion und die Hälfte der Flächen ohne Niederschlagsreduktion wurden in diesem Zeitraum mit Stickstoff gedüngt (35 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>). Die Flächen ohne Niederschlagsreduktion und Düngung dienten als Kontrollen.

Es wurde untersucht, wie Artenzusammensetzung, Artenvielfalt, Biomasse und Futterqualität (Rohfaser, Rohprotein, verdauliche Energie) der Pflanzen unter den manipulierten Bedingungen reagieren und ob sich die Gehalte der Inhaltsstoffe (Phosphor, Kalium, Schwefel, Stickstoff und Kohlenstoff) der pflanzlichen Biomasse und somit ihre Rolle in den Stoffkreisläufen verändern.



Abb. 4.3: Freilandexperiment auf einer Brenndoldenwiese an der Havel

## 4.4.2 Ergebnisse

Die Vegetation der Auenwiesen an den zwei Experimentalstandorten hat vergleichsweise schwach auf die veränderten Bedingungen reagiert. Die Gesamtbiomasse hat sich in allen drei Untersuchungsjahren nicht aufgrund der Behandlungen verändert (vgl. Abb. 4.4 für die Daten des Jahres 2011). Im dritten Untersuchungsjahr (2011) hat sich gezeigt, dass die zweikeimblättrigen Kräuter signifikant weniger Biomasse bei Niederschlagsreduktion am kontinentaleren Standort bildeten. Dies war auch bei der Brennolde *Cnidium dubium* der Fall (vgl. Abb. 4.4).

Die Stickstoffdüngung in der Größenordnung der atmosphärischen Stickstoffdeposition hat sich nicht auf die Vegetation der Auenwiesen ausgewirkt. Wahrscheinlich liegt dies daran, dass das Pflanzenwachstum an den Experimentalstandorten nicht durch Stickstoff limitiert ist. Die Inhaltsstoffanalyse der Biomasse im Jahr 2009

ergab an beiden Wiesen Hinweise auf eine Kaliumlimitierung und evtl. eine zusätzliche Phosphorlimitierung.

Die Ergebnisse der Futterwertanalyse zeigten keinen Einfluss der experimentellen Manipulation auf den für die Landwirtschaft besonders wichtigen ersten Schnitt. Im zweiten Schnitt reagierten die Werte für Rohfaser und der verdauliche Energiegehalt auf die Niederschlagsreduktion. Dabei wiesen die beiden Experimentalstandorte aber gegensätzliche Ergebnisse auf. Während sich an dem ozeanischeren Ort Sückau an der Sude die Niederschlagsreduktion positiv auf den verdaulichen Energiegehalt und negativ auf den Rohfasergehalt auswirkte, war dies am kontinentaleren Ort Kuhlhausen an der Havel umgekehrt. Für eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse siehe Ludewig et al. (in Bearbeitung).

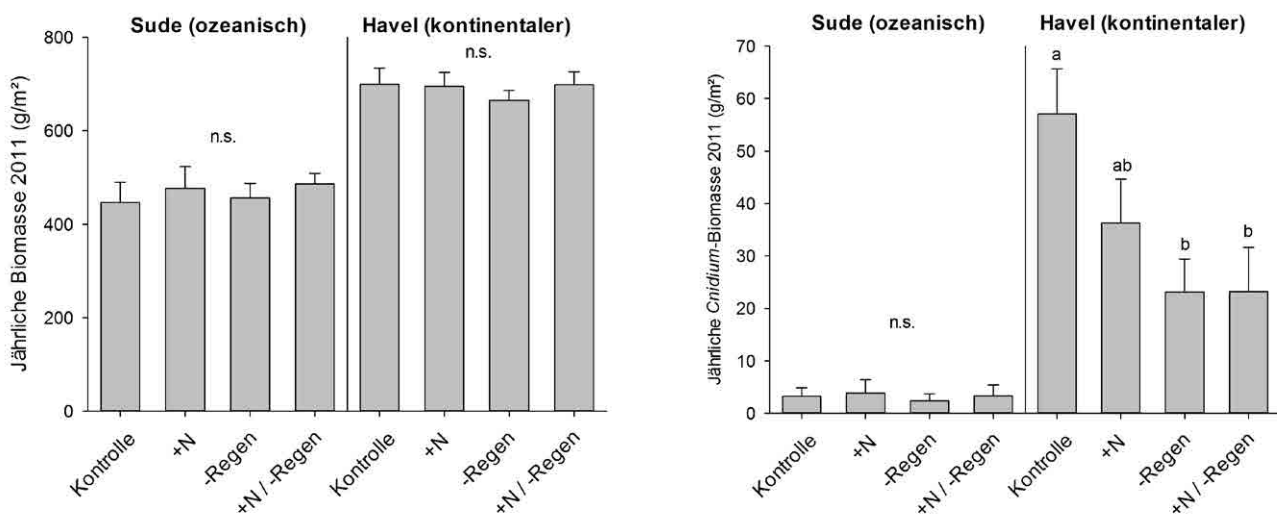


Abb. 4.4: Ergebnisse des Niederschlagsreduktions-Experiments an der Sude und Havel. Dargestellt sind die gesamte jährliche Biomasse (links) und die jährliche Biomasse von *Cnidium dubium* (rechts) des Untersuchungsjahres 2011 (Mittelwerte + Standardfehler). Verschiedene Buchstaben stellen signifikante Unterschiede der Gruppen je Untersuchungsstandort dar. Weiterhin gab es signifikant mehr Biomasse (gesamt und von *C. dubium*) an der Havel als an der Sude (beide  $p < 0,001$ ).

## 4.5 Effekte von Wasserstand und Herkunft auf *Cnidium dubium*

### 4.5.1 Methoden

Die Effekte von unterschiedlichen sommerlichen Grundwasserständen auf Jungpflanzen von *Cnidium dubium* wurden 2010 experimentell untersucht. Die Jungpflanzen wurden aus Samen unterschiedlicher Herkunft (Wiesen an Sude und Havel, vgl. Abb. 4.1) gezogen, da weiterhin von Interesse war, ob die *Cnidium dubium*-Pflanzen aus Gebieten unterschiedlicher Kontinentalität verschieden auf die Bedingungen reagierten.

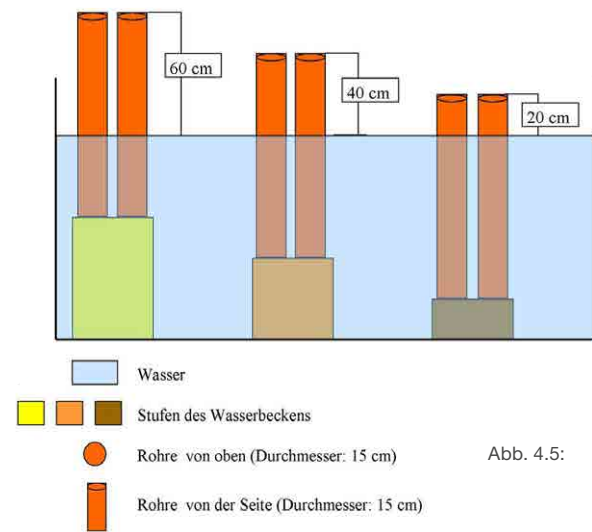
Für dieses Experiment wurden zwei Wasserbecken im Garten des Biozentrums Klein Flottbek genutzt. Die unter gleichen Bedingungen gekeimten Jungpflanzen von

*Cnidium dubium* von der Sude und der Havel wurden in PVC-Rohre von 10 cm Durchmesser und einem Meter Höhe gepflanzt, welche vorher mit einem Gemisch aus Sand und Gartenerde gefüllt wurden. Die Rohre wurden dann auf drei Stufen in die Becken gestellt, sodass sich der Wasserstand 20 cm, 40 cm und 60 cm unter der Rohroberfläche befand. Dieses Experiment wurde mit 20 Replikaten durchgeführt. In der Vegetationsperiode 2011 wurde das Experiment unter Hinzuziehung des Faktors Konkurrenz wiederholt, indem aus Wiesen an der Sude und Havel direkt Soden von 15 cm Durchmesser ausgestochen wurden (in einem weiteren Umfeld der Orte

Sückau und Kuhlhausen, vgl. Abb. 4.1). Diese enthielten in der Mitte *Cnidium dubium*-Pflanzen und weiterhin die typische Begleitflora der Auenwiesen. Aufgrund breiterer Rohre (Durchmesser 15 cm) in diesem Versuch konnten

nur 10 Replikate verwendet werden (vgl. Versuchsaufbau in Abb. 4.5). In beiden Experimenten wurden die Replikate einer Behandlung auf die zwei Wasserbecken aufgeteilt.

Ansicht von der Seite



Ansicht von oben

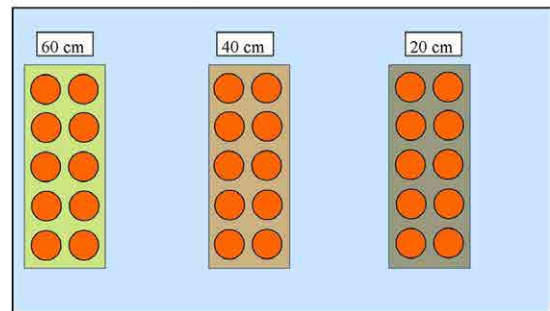


Abb. 4.5: Aufbau des Grundwasserstands-Experiments mit *Cnidium dubium* und Konkurrenzpflanzen. Dargestellt ist ein Wasserbecken mit den drei Stufen. Auf jeder Stufe standen je fünf Soden von Wiesen der Havel und der Sude. Bei dem Experiment ohne Konkurrenzpflanzen standen 20 Rohre (mit 10 cm Durchmesser) auf jeder Stufe.

## 4.5.2 Ergebnisse

*Cnidium dubium* zeigte ohne Konkurrenz bei einem Wasserstand von 40 cm unter Flur das beste Wachstum (vgl. Abb. 4.6). Dieser Grundwasserstand kann als das physiologische Optimum dieser Art in Bezug auf diesen Umweltfaktor angesehen werden. Weiterhin konnten Hinweise auf lokale Anpassungen von *Cnidium dubium* zwischen den Populationen der zwei Herkünfte aufgezeigt werden, da die *Cnidium dubium* Pflanzen von der Herkunft an der Havel über den Verlauf des gesamten Experiments längere Blätter aufwiesen als die Pflanzen von der Herkunft an der Sude.

diese Pflanzenart geeignet sind. Für eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse siehe Hanke (2012) sowie Hanke et al. (eingereicht).



Abb. 4.6: Grundwasserstands-Experiment mit *Cnidium dubium* in einem Wasserbecken beim Biozentrum Klein Flottbek

Unter Konkurrenzbedingungen wurden jeweils bei dem Wasserstand die längsten Blätter von *Cnidium dubium* gebildet, wo die Konkurrenzintensität am höchsten war (vgl. Abb. 4.7). Somit konnte *Cnidium dubium* auf allen drei Stufen des Experiments ihr Wachstum den Konkurrenzbedingungen anpassen. Das ist ein Hinweis darauf, dass alle untersuchten Grundwasserstufen für

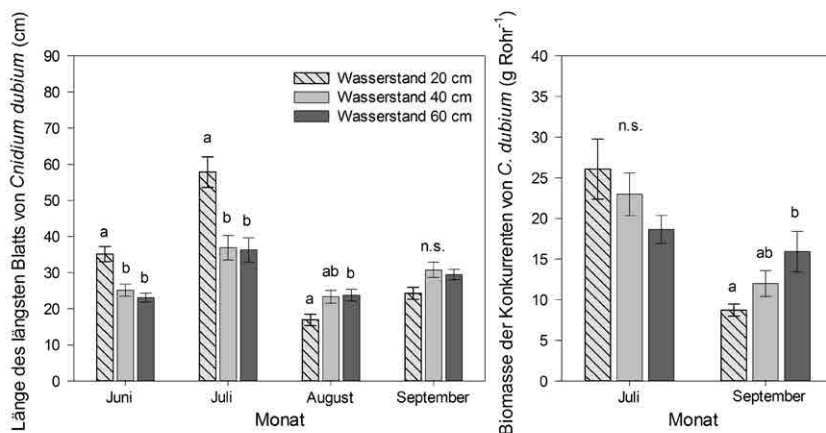


Abb. 4.7: Ergebnisse des Experiments mit Konkurrenz in Abhängigkeit von den Wasserständen. Dargestellt sind die Länge des längsten Blattes von *Cnidium dubium* in den Untersuchungsmonaten sowie die Biomasse der Konkurrenten zu den beiden Mahdterminen. Die simulierte Mahd fand zwischen Juli und August 2011 statt. Verschiedene Buchstaben stellen signifikante Unterschiede der Gruppen je Untersuchungsmonat dar.

## 4.6 Konsequenzen für die Klimafolgenanpassung in der Region

Die Ergebnisse der Gradientenanalyse der Vegetation entlang des regionalklimatischen Gradienten der Mittelbe deuten an, dass es insbesondere im feuchten Grünland aufgrund der projizierten Temperaturerhöhungen im Zuge des Klimawandels zu Veränderungen in den Deckungsverhältnissen der Vegetation kommen könnte. Da die charakteristischen Auenwiesenarten aber gleichmäßig über den gesamten Gradienten verteilt waren bzw. in höheren Deckungsanteilen im westlichen Gebiet vorkamen, scheinen für ihre Verbreitung die direkten klimatischen Einflüsse eine geringere Bedeutung als die hydrologischen Bedingungen und die Nutzung zu haben. Somit könnte sich die Veränderung des Klimas indirekt über veränderte Abflüsse der Elbe auf die Vegetation der Auen auswirken. Insgesamt erscheint der Erhalt der dynamischen Hydrologie neben der Aufrechterhaltung einer geeigneten Landnutzung der rezenten Aue (siehe auch Krause et al. 2011) die wichtigste Bedingung für den Schutz der charakteristischen Auenwiesenarten zu sein.

Die Ergebnisse des Feldexperiments zeigen, dass weder die Artenzusammensetzung noch die Biomasseproduktion sich nach drei Jahren verringerter Sommerniederschläge verändert haben. Möglicherweise gab es einen positiven Effekt der hohen Artenvielfalt der untersuchten Wiesen, indem dort bei allen experimentellen Bedingungen Arten vorhanden waren, die sich besonders gut entwickeln und somit das schlechtere Wachstum anderer Arten

kompensieren konnten (einen Überblick über positive Auswirkungen von Artenvielfalt auf die Resilienz, d.h. Widerstandsfähigkeit, von Artengemeinschaften geben Chapin et al. 2000). Auch die für die Landwirtschaft wichtige Futterqualität des ersten Schnitts wurde nicht durch die simulierte Niederschlagsreduktion verändert. Es kann angenommen werden, dass die Bodenfeuchtigkeit des Winters und Frühjahrs bis Mitte Juni für das Wachstum der Grünlandpflanzen ausreicht. Die Futterqualität der später im Sommer getätigten Schnitte (evtl. mehrere bei intensiver Nutzung oder einer bei extensiver Nutzung) könnten allerdings durch die verringerten Niederschläge beeinflusst werden.

In dem Wasserstandsexperiment zeigte sich, dass sich die charakteristische Auenpflanze *Cnidium dubium* bei den experimentellen Grundwasserständen auch unter Konkurrenzbedingungen gut entwickeln konnte. Somit kann davon ausgegangen werden, dass sich sommerliche Grundwasserstände in diesem Bereich (20 - 60 cm unter Flur) eignen, um Wiesen mit *Cnidium dubium* zu erhalten.

## 4.7 Handlungsempfehlungen

Da die direkten klimatischen Einflüsse von geringerer Relevanz als die Habitat-Verfügbarkeit für die Verbreitung charakteristischer Auenarten zu sein scheinen, werden die Erhaltung sowie die Renaturierung (z. B. durch Rückdeichungen) der rezenten Aue generell empfohlen. Ein positiver Effekt von größeren geeigneten Habitaten ist, dass die auf sie angewiesenen Arten damit gefördert werden und größere Populationen bilden können. Größere Populationen von Pflanzenarten sind wiederum meist von größerer genetischer Variabilität und können sich daher besser an sich ändernde Umweltbedingungen anpassen. Weiterhin können größere Populationen mehr Samen produzieren, die potenziell an zukünftig geeignete Habitate ausgebreitet werden könnten.

Weiterhin wäre es möglich, die zunehmende Trockenheit, die gegen Ende des 21. Jahrhunderts durch die geringeren Niederschläge im Sommer ausgelöst werden könnte, durch einen erhöhten Grundwasserstand auszugleichen. Die Regulierung des Wasserhaushaltes wäre einerseits durch Grabensysteme möglich, wo Wehre in Entwässerungsgräben vorhanden sind. Dabei müsste im Frühling mehr Wasser in den Gräben gehalten werden, sodass möglichst ein sommerlicher Grundwasserstand von im Mittel ca. 20 bis 60 cm unter Flur resultiert. Dieser Grundwasserstand erscheint für artenreiche Auenwiesen, zumindest für die charakteristische Auenwiesenart *Cnidium dubium*, geeignet zu sein. Eine andere Methode, um einen höheren Grundwasserstand der Wiesen zu erzielen, könnte darin bestehen, die Unterhaltung von Gräben einzustellen.

# 5 Modellierung von klima-induzierten Veränderungen des Bodenwasserhaushalts von Auenböden an der unteren Mittelelbe

*Moritz Scharnke, Frank Krüger,  
Brigitte Urban, Wilfried Schneider*

## 5.1 Einleitung

Bei der Betrachtung des Einflusses des Klimawandels auf die Elbauen im Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue wurden die klimawandelbedingten Veränderungen des Bodenwasserhaushalts untersucht. Hierüber sollen Anpassungsoptionen des Naturschutzmanagements und der Landwirtschaft erarbeitet werden.

Die meist extensiv genutzten Elbauen sind Hot Spots der Biodiversität, sodass ihre zukünftige Entwicklung insbesondere aus der Sicht des Naturschutzes von großem Interesse ist. Daneben ist das Biosphärenreservat aber auch durch Bereiche intensiver landwirtschaftlicher Nutzung geprägt. Daher liegt in der Dannenberger Marsch der Fokus der Untersuchungen auf dem Einfluss des Klimawandels auf landwirtschaftliche Kulturpflanzen und deren Wasserbedarf sowie das zukünftige Wasserdargebot. Ebenso wird die mögliche Entwicklung der Befahrbarkeit der landwirtschaftlichen Flächen während der Bestellungs- und Erntezeiträume untersucht.

Für die bodenhydrologischen Untersuchungen wurden innerhalb des Modellgebiets drei Standorte näher betrachtet, die einerseits den Überflutungsbereich der rezenten Aue charakterisieren und andererseits auch die intensiv landwirtschaftlich genutzten, elbfernen Bereiche repräsentieren. Für diese Standorte wurden Kopplungen von Grundwasser- und Bodenwasserhaushaltsmodellen vorgenommen, mit deren Hilfe der Einfluss von Klimaänderungen auf den Bodenwasserhaushalt ermittelt werden sollte.

## 5.2 Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungsstandorte befinden sich im Deichvorland des Wehninger Werders sowie in der Dannenberger Marsch (vgl. Abb. 5.1). Der Wehninger Werder ist eine regelmäßig überflutete rechtsehbische Mänderschleife von ca. 140 ha (Weniger 2010) mit flussauentypischen Stromtalwiesen. Das Grünland wird extensiv bewirtschaftet und mehrmals pro Jahr geschnitten.

Weniger (2010) hat den Wehninger Werder bodenkundlich charakterisiert. Es treten auentypische Böden aus lehmigen, tonigen sowie sandigen Substraten auf. Insbesondere sandige Böden sind auf rezente und historische Uferwälle beschränkt. Für die bodenhydrologischen Untersuchungen wurde ein Standort auf einem hoch gelegenen Plateau, welches erst bei mittlerem Hochwasser vollständig überflutet wird, ausgewählt. Die Entfernung zur Elbe beträgt 200 m. Der Boden am Untersuchungsstandort kann als typischer, brauner Auenboden bezeichnet werden. Er besteht aus ca. 80 cm Auenlehm, dessen oberer Teil stark humos ist. Unterhalb der Auenlehmdecke sind bis in große Tiefen Sande vorzufinden.

Die morphologische Aue der Dannenberger Marsch ist durch Deichbau vor Überflutung geschützt und besteht aus überwiegend ackerbaulich genutzten und meliorierten Flächen. Acker- und Grünland haben einen Flächenanteil von 96,5 %. Auf den Ackerflächen werden Mais, Winter- und Sommergetreide, Kartoffeln, Winterraps und Zuckerrüben angebaut. In der Dannenberger Marsch wurden zwei Standorte untersucht. Beide Standorte weisen einen 3 m mächtigen Auenlehm auf. Unterhalb des Auenlehms sind Fein- bis Grobsande vorzufinden. Jedoch ist der Auenlehm des Standorts in Elbnähe im Vergleich zum zentraler gelegenen Standort leicht sandiger.

Der Standort der Grundwassermessstelle 1 befindet sich binnendeichs am Rande der Dannenberger Marsch in 750 m Entfernung zur Elbe. Der Oberboden ist mittelhumos, bestehend aus lehmigem Sand. Darunter befinden sich Auenlehme unterschiedlicher Kornzusammensetzung.

Am zentraler gelegenen Standort der Grundwassermessstelle 2 ist der Boden in den oberen 3 m insgesamt bindiger. Dieser Standort befindet sich 1.450 m von der Elbe entfernt. Der Oberboden besteht aus schwach tonigem Lehm. Darunter finden sich Auenlehme, aber auch Schluffe und Tone.



Abb. 5.1: Untersuchungsstandorte im Wehninger Werder und in der Dannenberger Marsch. (Kartengrundlage: Topografische Karte 1:50.000, LGLN)

## 5.3 Methodik

### 5.3.1 Messstandorte

Auf dem Wehninger Werder wurde am Untersuchungsstandort eine Klima- und Bodenmessstation errichtet. Hier wurden über den Zeitraum von drei Jahren Niederschläge, Lufttemperaturen, Windrichtung und -geschwindigkeit, Globalstrahlung sowie im Boden der Wassergehalt, die Wasserspannung, die Temperatur sowie der Grundwasserstand ermittelt. Darüber hinaus wurden hier bodenphysikalische Parameter erhoben.

Für die Standorte in der Dannenberger Marsch wurden Grundwassermessstellen eingerichtet, um das Strömungsverhalten des Grundwassers im Modell darstellen zu können. Die Bodenparameter wurden unter Berücksichtigung der bodenphysikalischen Parameter über die NORM DIN 4220 bestimmt. Da die für die einzelnen Bodenarten angegebenen bodenphysikalischen Parameter nur durchschnittliche, nicht kalibrierte Werte darstellen, können für diese Standorte nur qualitative Aussagen getroffen werden.

### 5.3.2 Modellbeschreibung

Der Einfluss des Klimawandels auf den Bodenwasserhaushalt der durchwurzelten Bodenzone wurde mit dem Bodenwasserhaushaltsmodell SWAP (SoilWaterAtmospherePlant) simuliert. Dieses Modell berücksichtigt neben den Bodenparametern auch Klima- (Niederschlag, Temperatur, Globalstrahlung, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit) und Vegetationsparameter (u. a. Wurzeltiefe, Blattflächenindex). Der ungesättigten Bodenzone wird gemäß der modellierten Evaporation und Transpiration Wasser entzogen.

Die Grundwasserstände wurden sowohl für den Wehninger Werder als auch für die Dannenberger Marsch mit dem dreidimensionalen Strömungsmodell MODFLOW (USGS Modular Three-Dimensional Finite-Difference Ground-Water Flow Model) modelliert. In diese Modelle sind die Bodeneigenschaften sowie die Elbwasserstände implementiert. Für die Dannenberger Marsch wurde auch die Drainage über das Grabensystem berücksichtigt. Die Berechnung der Elbwasserstände erfolgte mithilfe von Elbabflusskurven aus den Elbabflüssen des Pegels Neu Darchau.

### 5.3.3 Bodenwasserhaushalt im Untersuchungsgebiet unter heutigen Klimabedingungen

Die Vegetation der Auenstandorte ist großen Schwankungen des Bodenwassergehalts ausgesetzt. Dies ist besonders in der rezenten Aue Wehninger Werder zu beobachten, welche regelmäßig überflutet wird.

Es besteht sowohl im Wehninger Werder als auch in der Dannenberger Marsch eine direkte Beziehung zwischen dem Elbabfluss und somit den Elbwasserständen sowie dem Grundwasserspiegel. Die Grundwasserschwankungen fallen jedoch im Vergleich zu den Schwankungen des Elbwasserstands weniger stark aus. Vor allem im Frühjahr treten regelmäßig Hochwasser auf, sodass die Böden im Überschwemmungsbereich vollständig wassergesättigt sind. In den Sommermonaten ist der Elbabfluss in der Regel geringer, sodass es in den Monaten August bis Oktober zu einer verstärkten Austrocknung der durchwurzelten Bodenzone kommen kann. Die Dannenberger Marsch wird zudem bei hohen Grundwasserständen über ein Grabensystem entwässert.

Bei höheren Elbwasserständen trägt der hohe Grundwasserspiegel maßgeblich zur Durchfeuchtung der durchwurzelten Bodenzone bei. Bei niedrigen Elbwasserständen und somit niedrigen Grundwasserständen kann der kapillare Aufstieg bis in die durchwurzelte Bodenzone abreißen. Dann wirken sich Niederschlag und Evapotranspiration maßgeblich auf die Bodenfeuchte des Wurzelraums aus.

## 5.3.4 Charakterisierung des Bodenwasserhaushalts unter heutigen Klimabedingungen

Zur Charakterisierung der jährlich unterschiedlichen Bodenfeuchteregime wurde die Methodik nach Zepp (1995) angewendet. Dabei wird in einem sogenannten Bodenfeuchtedreieck die Summe der Tage einer Vegetationsperiode mit nassen Zuständen im Boden derjenigen mit trockenen Zuständen gegenübergestellt. Die Bodenfeuchtedreiecke in Abbildung 5.2 veranschaulichen die große Variationsbreite der Bodenfeuchteregime in den Jahren 1971 - 2000 sowohl für den Standort des Wehninger Werders als auch für die Messstandorte in der Dannenberger Marsch. Im rezenten Überflutungsbereich wie auch in der Dannenberger Marsch können während der Vegetationsperiode sehr feuchte und auch sehr trockene Regime vorkommen. Hierbei ist bis ins Jahr 2000 kein Trend zu trockeneren oder feuchteren Bedingungen zu erkennen.

Die Vegetationseinheiten des Wehninger Werders lassen sich entlang eines hydrologischen Gradienten einordnen, wie ihn bereits Leyer (2002) für auentypische Vegetation an der unteren Mittelelbe beschrieben hat. Der hydrologische Gradient kann durch den mittleren Flurabstand und somit anhand der Topografie der Elbtalauve beschrieben werden. Daher ist davon auszugehen, dass die lokale Vegetation des Wehninger Werders sehr gut an die natürlichen Schwankungen der Bodenfeuchte angepasst ist. Das Meliorationssystem der Dannenberger Marsch und die Brunnen zur Zusatzbewässerung dokumentieren die Anpassungsmaßnahmen der landwirtschaftlichen Betriebe an die variablen Umweltbedingungen im Elbtal.

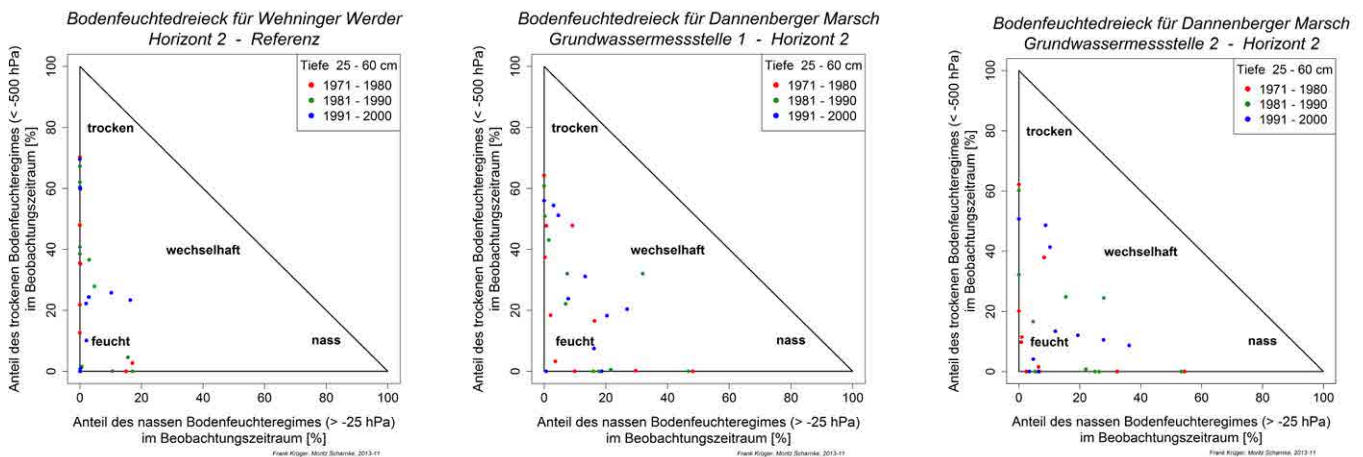


Abb. 5.2: Bodenfeuchtedreieck: Darstellung der Anteile an sehr trockenen Bodenzuständen (< -500 hPa) und sehr feuchten Bodenzuständen (> -25 hPa) für jedes Jahr im Referenzzeitraum (1971 - 2000); a) Wehninger Werder, b) Dannenberger Marsch GW-Messstelle 1, c) Dannenberger Marsch GW-Messstelle 2

## 5.3.5 Berücksichtigung des Klimawandels

Grundsätzlich ist die Modellierung der klimainduzierten Veränderungen des Bodenwasserhaushalts von Auenböden problematisch. Das liegt daran, dass zwei voneinander unabhängige Größen den Bodenwasserhaushalt von Auenböden bestimmen: das lokale Klima und der Abfluss der Elbe. Durch Rechid et al. (2014) liegen sehr detaillierte Projektionen der möglichen zukünftigen lokalklimatischen Veränderungen im Biosphärenreservat vor. Auch bezüglich des Elbabflusses liegen Projektionen vor, die im Rahmen des KLIWAS Projekts erzeugt wurden (Krahe et al. in Vorber.). Bedingt durch die Größe des Einflussgebiets der Elbe ist jedoch keine unmittelbare Beziehung zwischen dem lokalen Klima in den Untersuchungsgebieten und dem Elbabfluss ableitbar.

Um den Klimawandel im Modell zu berücksichtigen, wurden eigene Szenarien entwickelt, welchen die Erkenntnisse aus den Klimaprojektionen von Rechid et

al. (2014) und die Elbabflussprojektionen von Krahe et al. (in Vorber.) zugrunde liegen. Dabei wurden in den Klima- und Abflussdaten der Jahre 1971 - 2000, die den Referenzzeitraum darstellen, die Parameter Niederschlag, Temperatur und Elbabfluss verändert.

Die Parameter Niederschlag und Temperatur wurden stufenweise verändert, der Niederschlag prozentual in 10 %-Schritten und die Temperatur in 1 K-Schritten. Beim Niederschlag wurde außerdem zwischen Sommer (Mai-Oktober) und Winterniederschlag (November-April) unterschieden, da hier unterschiedliche Änderungssignale zu erwarten sind. Der Dampfdruck, mit welchem in SWAP die Luftfeuchtigkeit angegeben wird, wurde für jedes Szenario unter Berücksichtigung der jeweiligen Lufttemperatur mit der Magnus-Formel (DVWK 1996) angepasst.



Die Klimaprojektionen auf Basis der drei Emissions-szenarien B1, A1B und A2 der Modelle REMO und CLM von Rechid et al. (2014) zeigen für das Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalau für den Zeitraum 2036 - 2065 im Sommer eine Niederschlagsänderung von -10 % bis +20 % und im Winter von  $\pm 0$  % bis +20 %. Für die Zeitperiode 2071 - 2100 liegt die projizierte Niederschlagsänderung im Sommer zwischen -30 % und +10 % und im Winter zwischen +10 % und +30 %. Das Änderungssignal des Sommerniederschlags liegt somit zwischen -30 % und +20 %. Die Spannweite des Änderungssignals wurde für den Winterniederschlag von  $\pm 0$  % bis +40 % gewählt, da Projektionen für die Metropolregion Hamburg auch eine stärkere Zunahme der Winterniederschläge aufweisen.

Der Temperaturanstieg liegt laut den aktuellen Klimaprojektionen im Jahresmittel bei 1 - 2 K für die Zeitspanne 2036 - 2065 und bei 2 - 3 K für die Jahre 2071 - 2100. Die gewählte Temperaturänderung für die Szenarien liegt zwischen  $\pm 0$  K und +5 K.

Diese teilweise erheblichen Spannweiten der Änderungssignale zeigen, dass die aktuellen Klimaprojektionen mit

großen Unsicherheiten behaftet sind. Daher weisen auch die Untersuchungsergebnisse entsprechende Spannweiten auf.

Aufgrund der Berücksichtigung aller Kombinationsmöglichkeiten der Änderungssignale der Klimaparameter Niederschlag und Temperatur werden auch Klimaszenarien konstruiert, die nicht den Klimaprojektionen der Modelle REMO und CLM entsprechen. Sie können ebenfalls als Kombinationen betrachtet werden, stellen jedoch möglicherweise zum Teil keine konsistenten Änderungen dar.

Die Elbabflussprojektionen von Krahe et al. (in Vorber.) weisen im Jahresverlauf unterschiedliche Änderungssignale auf. Daher wurde je Jahreszeit ein gemitteltetes Änderungssignal berechnet. Die vorliegenden Projektionen geben exemplarisch ein sehr trockenes und ein sehr feuchtes Klimaszenario wieder, sodass es sowohl zu einer Zunahme als auch zu einer Abnahme der Elbabflüsse kommen kann. Die Projektionen decken somit die Spannweite projizierter zunehmender und abnehmender Elbabflüsse ab.

## 5.4 Ergebnisse

Für die Ermittlung des Einflusses des Klimawandels auf die Elbauen wurde im Wehninger Werder die Änderung des Trockenstresses, den die Vegetation im Mittel pro Jahr erleiden muss, ausgewertet. Für die Betrachtung der Tage je Jahr, an denen Pflanzen im Wehninger Werder Trockenstress erleiden, wurde für die Saugspannungen der Grenzwert -500 hPa definiert (Feddes et al. 2004). In den obersten 20 cm ist die Durchwurzelungsintensität sehr stark, während sie unterhalb dieser Tiefe nur noch als mittel eingestuft wurde (gemäß Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden 2005). Da jedoch die Wurzeln bis in eine Tiefe von ca. 80 cm uGOK reichen, wurde ebenfalls in einer mittleren Tiefe die Bodenfeuchte untersucht. Somit wurde ermittelt, an wie vielen Tagen die mittlere Saugspannung oberflächennah (0 - 20 cm uGOK) und in einer Tiefe von 30 - 40 cm uGOK diesen Grenzwert unterschreitet.

Ein weiterer zu untersuchender Faktor war die Befahrbarkeit des Wehninger Werders während der Vegetationsperiode, die hier nach Chmielewski (2003) auf den Zeitraum 1.4. - 31.10. festgelegt wird.

Die Standorte in der Dannenberger Marsch wurden daraufhin ebenfalls auf ihre Befahrbarkeit hin untersucht. Als zweiter Faktor wurde hier die Beregnungsbedürftigkeit der landwirtschaftlich genutzten Flächen betrachtet.

Wie bereits oben beschrieben, unterliegt die Bodenfeuchte der durchwurzelten Bodenzonen in den Auenböden großen Schwankungen. Dies wird auch zukünftig zu beobachten sein. Jedoch sieht man an den Bodenfeuchtedreiecken (vgl. Abb. 5.3) für die betrachteten Kombinationen auf Basis der Klimaprojektionen für das Emissionsszenario

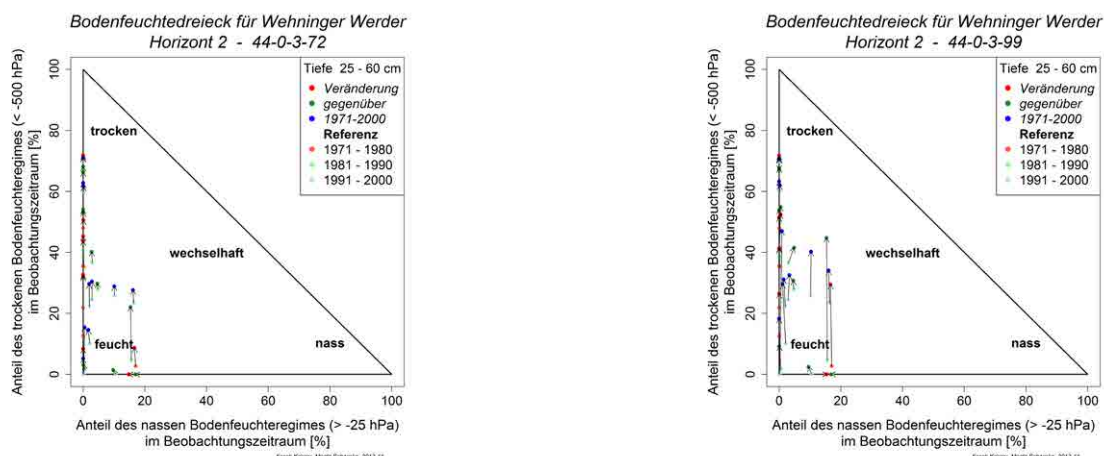


Abb. 5.3: Charakterisierung der Bodenfeuchteregime von Auenböden des Wehninger Werders für Szenarien entsprechend der Änderungssignale der Klimaprojektionen für A1B a) A1B 2036 - 2065 (Sommerniederschlag: -10 %, Winterniederschlag: +10 %, Temperatur: +2 K), b) A1B 2071 - 2100 (Sommerniederschlag: -20 %, Winterniederschlag: +30 %, Temperatur: +3 K)

A1B der Vegetationsperioden der Jahre 2036 - 2065 und 2071 - 2100, dass eine Verschiebung hin zu trockeneren Böden auftritt. Für den Zeitraum 2036 - 2065 mit einer Temperaturzunahme um 2 K und einen um 10 % zunehmenden Winter- und um 10 % abnehmenden Sommerniederschlag ist die Verschiebung des Bodenfeuchtereimes hin zu trockeneren Böden noch gering. Bei einer Temperaturzunahme um 3 K, einer Zunahme des Winterniederschlags um 30 % und einer Abnahme des Sommerniederschlags um 20 %, entsprechend der Klimaprojektionen für A1B für den Zeitraum 2071 - 2100, zeigt sich jedoch eine deutlichere Verschiebung in Richtung der wechselhaften und trockenen Feuchtereime.

Für den Referenzzeitraum (1971 - 2000) liegt der Anteil der modellierten Trockenstresstage für die obersten 20 cm im jährlichen Mittel bei 17 %, was 62 Tagen entspricht. Für die Bodenzone in 30 - 40 cm uGOK liegt der Anteil bei 21 %, bzw. 77 Tagen.

In Abbildung 5.4 ist dargestellt, wie sich vier Klimaszenarien und die Elbabflussszenarien bei Betrachtung des Oberbodens (0 - 20 cm uGOK) auf den Trockenstress auswirken. Die Klimaszenarien entsprechen im Änderungssignal des Sommer- und Winterniederschlags in etwa den Klimaprojektionen A1B REMO und A1B CLM für die Zeiträume 2036 - 2065 und 2071 - 2100. In diesen Projektionen beträgt die Temperaturzunahme 2036 - 2065 1,5 - 2 K und 2071 - 2100 beträgt sie 2,5 - 3 K im

jährlichen Mittel (Rechid et al. 2014). Es wird deutlich, dass der Einfluss von Temperatur und Sommerniederschlag auf den Trockenstress weitaus bedeutender als der Einfluss des Elbabflusses ist. Beim Elbabfluss wirken sich nur abnehmende Abflüsse auf den Trockenstress aus. Für 2036 - 2065 kann der durchschnittliche Anteil der Trockenstresstage pro Jahr auf bis zu 24 % ansteigen. Dies entspricht 88 Tagen im Jahr. Gegen Ende des Jahrhunderts (2071 - 2100) kann dieser bei 30 % (110 Tage) liegen, also um den Faktor 1,75 zunehmen.

Auf die Bodenzone in 30 - 40 cm uGOK (vgl. Abb. 5.5) ist der Einfluss des Elbabflusses stärker, sodass Szenarien mit abnehmenden Elbabflüssen eine Zunahme der Tage mit Trockenstress um mehrere Prozent bewirken. Der Einfluss zunehmender Elbabflüsse ist hingegen deutlich geringer. Auch in dieser Bodenzone haben Temperatur und Sommerniederschlag einen bedeutenderen Einfluss als der Elbabfluss. In 30 - 40 cm uGOK kann der Anteil der Tage mit Trockenstress bereits Mitte des Jahrhunderts (2036 - 2065) bei 31 % (113 Tage) liegen. Für Ende des Jahrhunderts zeigen die Modellläufe hier bis zu 37 % Trockenstresstage (135 Tage) im mittleren Jahr.

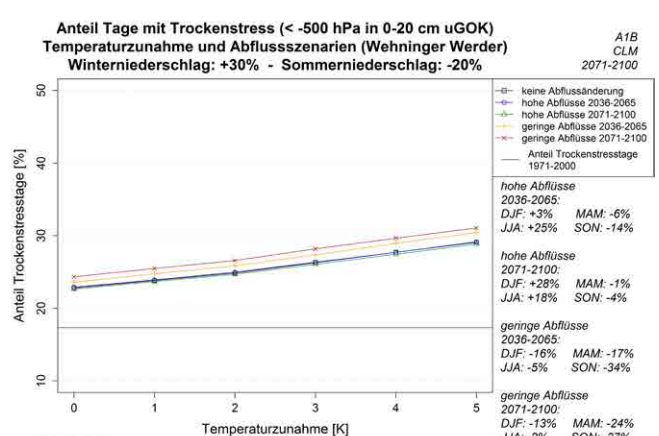
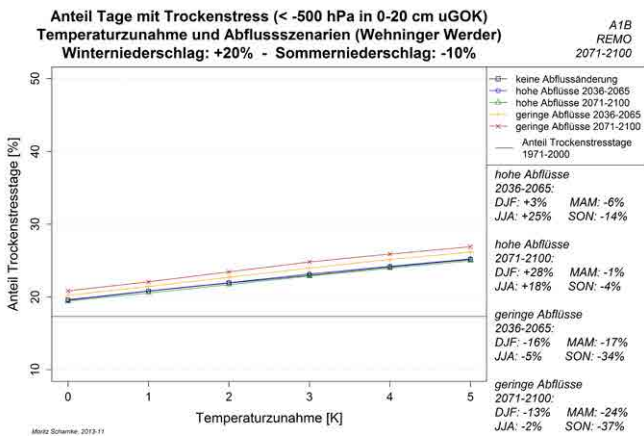
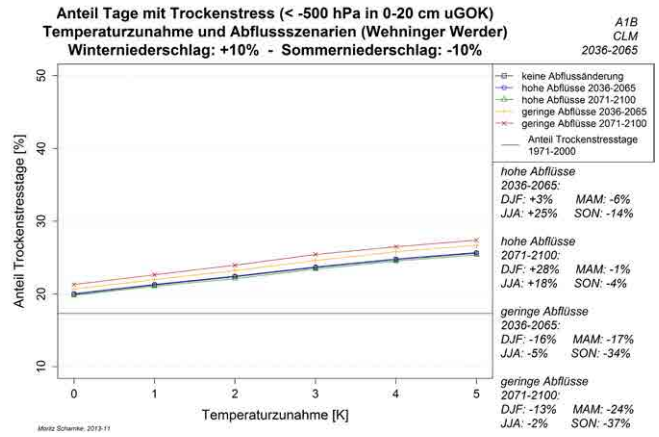
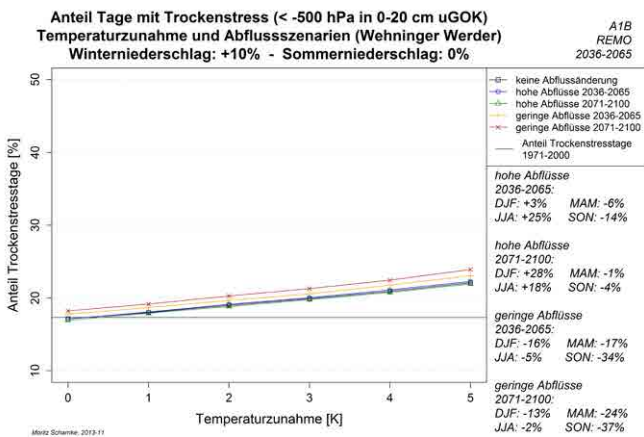


Abb. 5.4: Einfluss von Temperatur und Elbabfluss auf die Anzahl der Tage pro Jahr mit Trockenstress der Grünlandvegetation im Wehninger Werder für A1B REMO und CLM, 2036 - 2065 und 2071 - 2100 (0 - 20 cm uGOK)

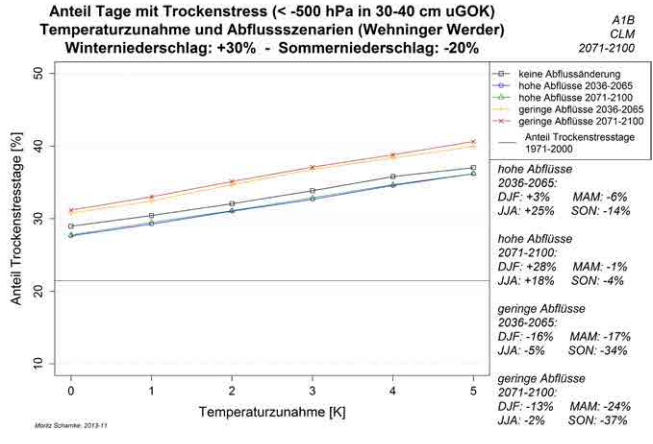
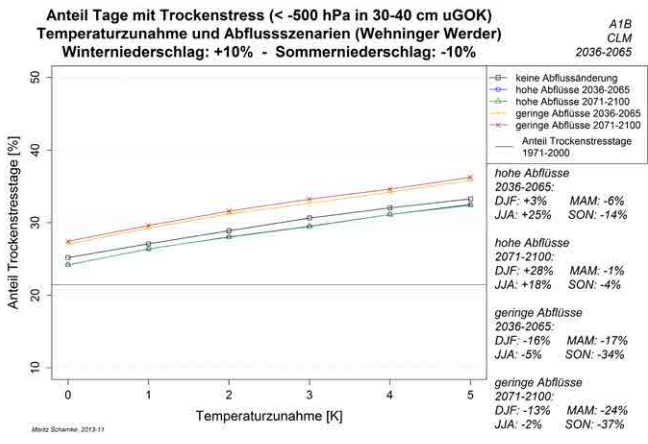


Abb. 5.5: Einfluss von Temperatur und Elbabfluss auf den Trockenstress des Grünlands im Wehninger Werder für A1B CLM, 2036 - 2065 und 2071 - 2100 (30 - 40 cm uGOK)

Der mittlere Anteil der Tage, an denen nach Modellberechnungen der Wehninger Werder befahrbar ist, liegt für die Vegetationsperiode im Zeitraum 1971 - 2000 bei 75 % (entspricht 161 von 214 Tagen). Auch bei der Befahrbarkeit (vgl. Abb. 5.6) zeigen zunehmende Elbabflüsse nur einen geringen Einfluss in den Szenarien A1B REMO und A1B CLM. Die Szenarien mit abnehmenden Elbabflüssen zeigen jedoch eine deutliche Zunahme der Befahrbarkeit. Für 2036 - 2065 steigt der durchschnittliche Anteil der befahrbaren Tage je Vegetationsperiode auf bis zu 86 % (184 Tage) und gegen Ende des Jahrhunderts

auf bis zu 88 % (188 Tage).

In den Monaten Januar-April und Dezember zeigen die modellierten Szenarien eine Abnahme der Befahrbarkeit, wenn die Winterniederschläge zunehmen und die Temperaturzunahme unter 3 K liegt. Ab 3 K tritt nur noch eine Abnahme der Befahrbarkeit auf, wenn die Zunahme der Winterniederschläge über 20 % liegt. Sinkt jedoch der Elbabfluss, so zeigt sich bereits bei Temperaturzunahmen über 2 K auch für die Monate Januar - April eine erhöhte Befahrbarkeit am Untersuchungsstandort im Wehninger Werder.

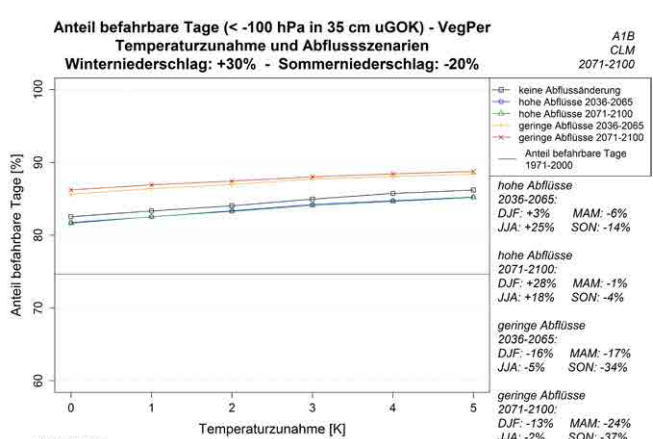
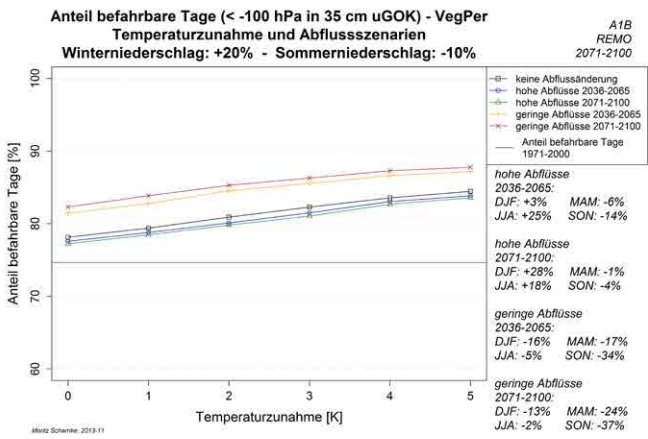
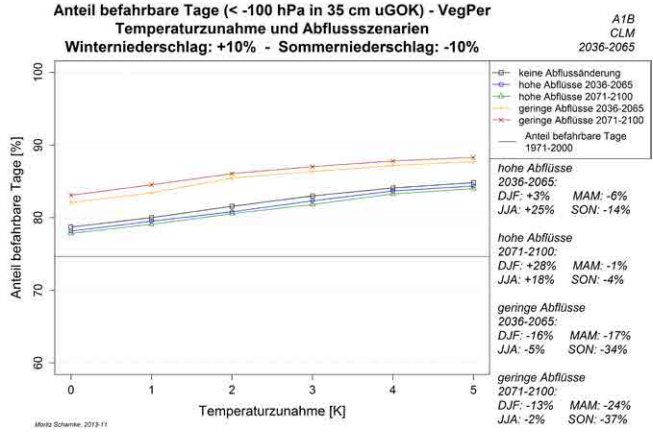
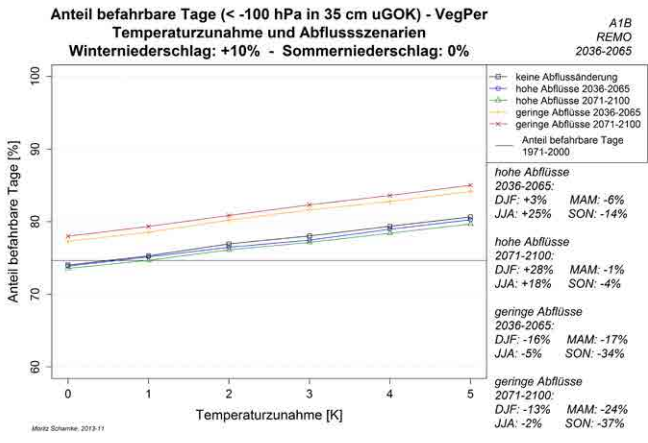


Abb. 5.6: Einfluss von Temperatur und Elbabfluss auf die Befahrbarkeit im Wehninger Werder für A1B REMO und CLM, 2036 - 2065 und 2071 - 2100

Bei der Auswertung des Trockenstresses für landwirtschaftlich genutztes Grünland an beiden Standorten in der Dannenberger Marsch wurde der Zeitraum Mai - November betrachtet. Hier zeigt sich, dass der Mai besonders vom Winterniederschlag und der Temperatur beeinflusst wird. Bei geringen Temperaturzunahmen um 1 K nimmt der Trockenstress ab, solange der Winterniederschlag zunimmt. Bei höheren Temperaturzunahmen ab 3 K kommt es ausschließlich zu einer Zunahme des Trockenstresses. Bei stark zunehmendem Winterniederschlag ist diese jedoch gering. Der Trockenstress in den Monaten Juni - November ist hauptsächlich vom Sommerniederschlag geprägt. In diesen Monaten nimmt der Trockenstress zu, wenn der Sommerniederschlag abnimmt oder unverändert bleibt. Eine Zunahme des Trockenstresses bei gering zunehmenden Sommerniederschlägen zeigt sich hier ab einer Temperaturzunahme von 4 K.

Der Einfluss des Klimawandels auf die Befahrbarkeit der landwirtschaftlichen Flächen in der Dannenberger Marsch wird für den Beststellungszeitraum März - Mai und den Erntezeitraum Juli - Oktober betrachtet. Im Beststellungszeitraum wirken die Winterniederschläge maßgeblich auf die Befahrbarkeit der Böden ein. Im Erntezeitraum sind es die Sommerniederschläge, die sich auf die Befahrbarkeit auswirken.

Die Szenarien zeigen, dass bei geringen Temperaturzunahmen bis 2 K die Befahrbarkeit im Beststellungszeitraum abnimmt, wenn die Winterniederschläge zunehmen. Jedoch bewirken stärkere Temperaturzunahmen ab 3 K, dass die Befahrbarkeit zunehmen kann, selbst wenn die Winterniederschläge um bis zu 30 % zunehmen. Diese klimatische Änderung kann nach den aktuellen Klimaprojektionen 2071 - 2100 stattfinden.

Im Erntezeitraum nimmt die Befahrbarkeit zu, wenn die Sommerniederschläge abnehmen oder unverändert bleiben. Aber auch hier zeigt sich, dass bei starken Temperaturzunahmen, für diesen Zeitraum höher als 3 K, die Befahrbarkeit zunimmt, selbst wenn die Sommerniederschläge um 10 % zunehmen.

Im Vergleich zur Grundwassermessstelle 1 ist der Boden der Grundwassermessstelle 2 leicht trockener, da mittig der Dannenberger Marsch der Grundwasserspiegel niedriger ist. Daher sind hier in den Szenarien sowohl die Befahrbarkeit als auch der Trockenstress geringfügig höher.

Eine Änderung der Elbabflüsse hat auf die Grundwassermessstelle 1 nur einen sehr geringen Einfluss. Bei der Grundwassermessstelle 2 wirken sich jedoch geringere Elbabflüsse in den Szenarien deutlich auf den Trockenstress aus. Hier ist für die Monate Mai - August bereits bei einem Temperaturanstieg um 1 - 2 K eine erhöhte Anzahl von Tagen mit Trockenstress zu erkennen, selbst bei zunehmenden Sommerniederschlägen. Höhere Elbabflüsse bewirken an diesem Standort, dass die Temperaturzunahme über 4 K liegen muss, damit die Befahrbarkeit bei unveränderten und 10 % höheren Sommerniederschlägen zunimmt.

Betrachtet man den Anbau von Mais mit dem Beststellungszeitraum Mitte April - Ende September, so zeigt sich, dass sowohl Trockenstress als auch Befahrbarkeit in den Szenarien zunehmen, in denen dies auch beim Grünland der Fall ist. Jedoch fällt diese Zunahme im Vergleich zum Grünlandanbau in den Monaten September und Oktober weniger stark aus.

## 5.5 Fazit

In der Dannenberger Marsch kann bereits für die Mitte des 21. Jahrhunderts (2 K Temperaturzunahme) generell mit einer Zunahme des Trockenstresses, vor allem im Sommer und Herbst, gerechnet werden, wenn der Sommerniederschlag aufgrund des Klimawandels abnimmt. Dies gilt für die Klimaprojektionen A1B REMO und CLM. Für Ende des Jahrhunderts (3 K Temperaturzunahme) kann der Trockenstress im Sommer und Herbst deutlich zunehmen, selbst wenn die Sommerniederschlagsmengen im Vergleich zum Referenzzeitraum unverändert bleiben. Die Beregnungsbedürftigkeit wird entsprechend des Trockenstresses der Pflanzen vor allem in den Monaten Juli - November deutlich zunehmen. Das Zurückhalten von überschüssigem Wasser für Trockenperioden mit Wasserknappheit wäre eine Möglichkeit, diesem zu begegnen.

Die Überschwemmungsbereiche der Elbe sind und bleiben Standorte mit unterschiedlichen Feuchtezuständen,

solange Hochwasserereignisse für dynamische Bedingungen sorgen. Die Förderung und der Erhalt der natürlichen Überschwemmungsprozesse sind Grundvoraussetzungen für den Erhalt dieses dynamischen Lebensraumes. Das Vorkommen der auf einem hydrologischen Gradienten angeordneten, autotypischen Vegetationseinheiten hängt maßgeblich von geeigneten hydrologischen Bedingungen ab (vgl. Kap. 5.3.3). Ein hoher Grundwasserstand und ein natürliches Überflutungsregime sind somit auch unter Einfluss des Klimawandels wesentlich für den Erhalt und die Entwicklung der autotypischen Lebensräume. Es ist allerdings denkbar, dass es entlang des hydrologischen Gradienten Verschiebungen der Vegetationszonierungen geben wird, wie es Abbildung 5.7 illustriert. Dies hätte zur Folge, dass an den hochgelegenen Standorten neue, trockenere Standortbedingungen auftreten, die ihrerseits neuen Biozönoten Lebensraum bieten. Gleichzeitig bedeutet dies, dass die rezenten Arten und Vegetationseinheiten in den feuchteren Bereichen eine Einengung erfahren.

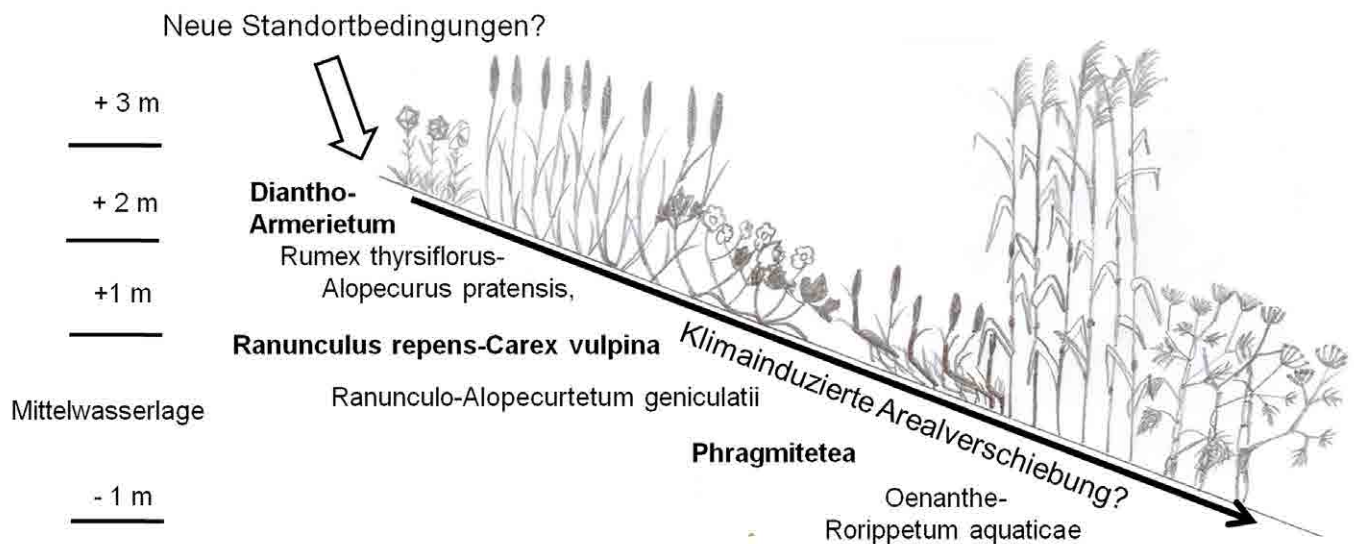


Abb. 5.7: Verschiebungen der Vorkommenswahrscheinlichkeit von flussautotypischen Vegetationseinheiten unter klimainduziert trockeneren Bodenzuständen



# 6 Zweidimensionale hydro- numerische Modellierung des Abflussgeschehens der Elbe

*Matthias Alexy*

## 6.1 Einleitung

Das Teilprojekt 3.2 „Anpassungsstrategien im Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue am Beispiel der Auenlebensräume“ zielt darauf ab, ein klimaangepasstes integriertes Flussauenmanagement zu entwickeln. Dazu wurden von der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) zweidimensionale hydronumerische Modelle (2D-HN Modell) für die Elbeabschnitte Lenzen (Elbe-km 470 bis 489,5) und Hitzacker (Elbe-km 511 bis 530) erstellt und unter der Verwendung definierter Abfluss- und Rauheits-szenarien betrieben. Damit können die Auswirkungen durch die sich klimabedingt ändernden Abfluss- und Vegetationsverhältnisse auf die Wasserspiegellagen und Strömungsverhältnisse in der Elbe untersucht werden. Bei beiden Modellen kam das semi-implizite Verfahren UnTRIM zum Einsatz. Eine nähere Beschreibung des Modellverfahrens findet sich in den Berichten zum Teilprojekt 3.2 (Jankowski & Alexy 2011a, 2011b).

## 6.2 Modell Lenzen

Der Untersuchungsabschnitt Lenzen umfasst als Besonderheit die im Jahr 2009 vollendete Rückverlegung des Hochwasserdeichs auf einer Länge von ca. 7 km. Damit wurde eine Fläche von 420 Hektar als Flussaue reaktiviert und gleichzeitig eine Hochwasserengstelle entschärft. Abbildung 6.1 zeigt das Deichrückverlegungsgebiet mit dem geschlitzten Altdeich. Zur Verbesserung des Abflusses im Rückdeichungsgebiet wurden mehrere Flutmulden angelegt und im Gandower Fährdamm drei Durchstiche angeordnet.

Das für die fachliche Begleitung der Deichrückverlegung entwickelte 2D-HN Modell bildete die Grundlage für die hier vorgestellten Untersuchungen. Um den vegetationsbedingten Fließwiderstand auf den Vorländern detaillierter erfassen zu können, wurde das bestehende Rauheitsmodell auf der Grundlage einer für das linke Vorland vorliegenden Biotoptypenverteilung modifiziert (unveröffentlichte Geodaten des Trägerverbands Burg Lenzen 2009). Für Bereiche, für die keine Vegetationskartierungen vorlagen, wurden die bestehenden Bewuchsstrukturen anhand von Luftbildaufnahmen bestimmt (unveröffentlichte Geodaten der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung 2003). Bei der Zuordnung der Rauheitswerte zu den verschiedenen Biotoptypen wurde auf Erfahrungswerte aus der Literatur (Habersack 2007/2008) zurückgegriffen. Abbildung 6.2 zeigt einen Überblick über die im Bereich des Deichrückverlegungsgebiets definierten Rauheitszonen. Die in der Tabelle in Abbildung 6.2 aufgeführten Vorlandrauheiten repräsentieren den Zustand 2009.

Auf Grundlage dieser den aktuellen Bewuchszustand repräsentierenden Rauheitswerte erfolgte die Modellkalibrierung für die ausufernden Wasserstände. Dabei blieben die bei der Kalibrierung für die Niedrig- und Mittelwasserabflüsse festgelegten Rauheitswerte für das Flussbett und den Uferbereich unverändert. Keine Berücksichtigung fand das zum Zeitpunkt der Fixierungen nicht vorhandene und damit abflussunwirksame Deichrückverlegungsgebiet.

Die Modellkalibrierung erfolgte anhand von Wasserspiegelfixierungen, welche das gesamte Abflussspektrum abdeckten und vor der Deichrückverlegung stattfanden. Der Vergleich zwischen den gemessenen und berechneten Wasserspiegellagen zeigte auch für den Hochwasserbereich eine gute Übereinstimmung. Die maximalen Abweichungen zwischen den gemessenen und den gerechneten Wasserspiegellagen lagen im Bereich von ca. 10 cm.

Nach der Schlitzung des Altdeichs im Herbst 2009 ist das neu geschaffene Vorland im März 2010 das erste Mal überströmt worden. Dieses sowie weitere Hochwasserereignisse im Oktober 2010 und Januar 2011 boten die Gelegenheit, das Modell anhand von Wasserspiegelfixierungen in der Elbe sowie Durchflussmessungen in den Schlitzen zu validieren und somit die vorgegebene Rauheitsverteilung im Rückdeichungsgebiet zu überprüfen. Abbildung 6.3 zeigt einen Vergleich zwischen den am 24.01.2011 gemessenen und den mit dem kalibrierten

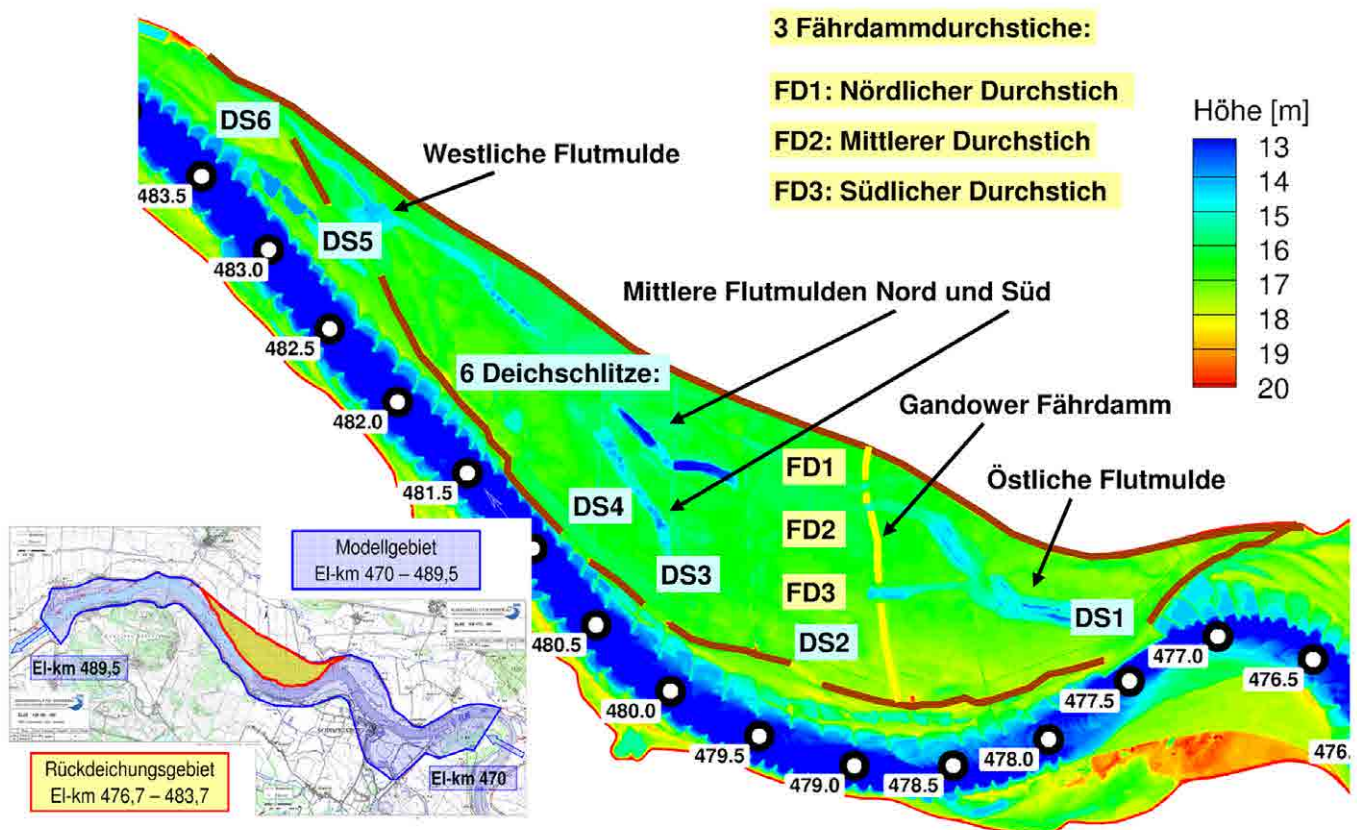


Abb. 6.1: Modellgebiet und Topografie des Rückdeichungsgebiets bei Lenzen



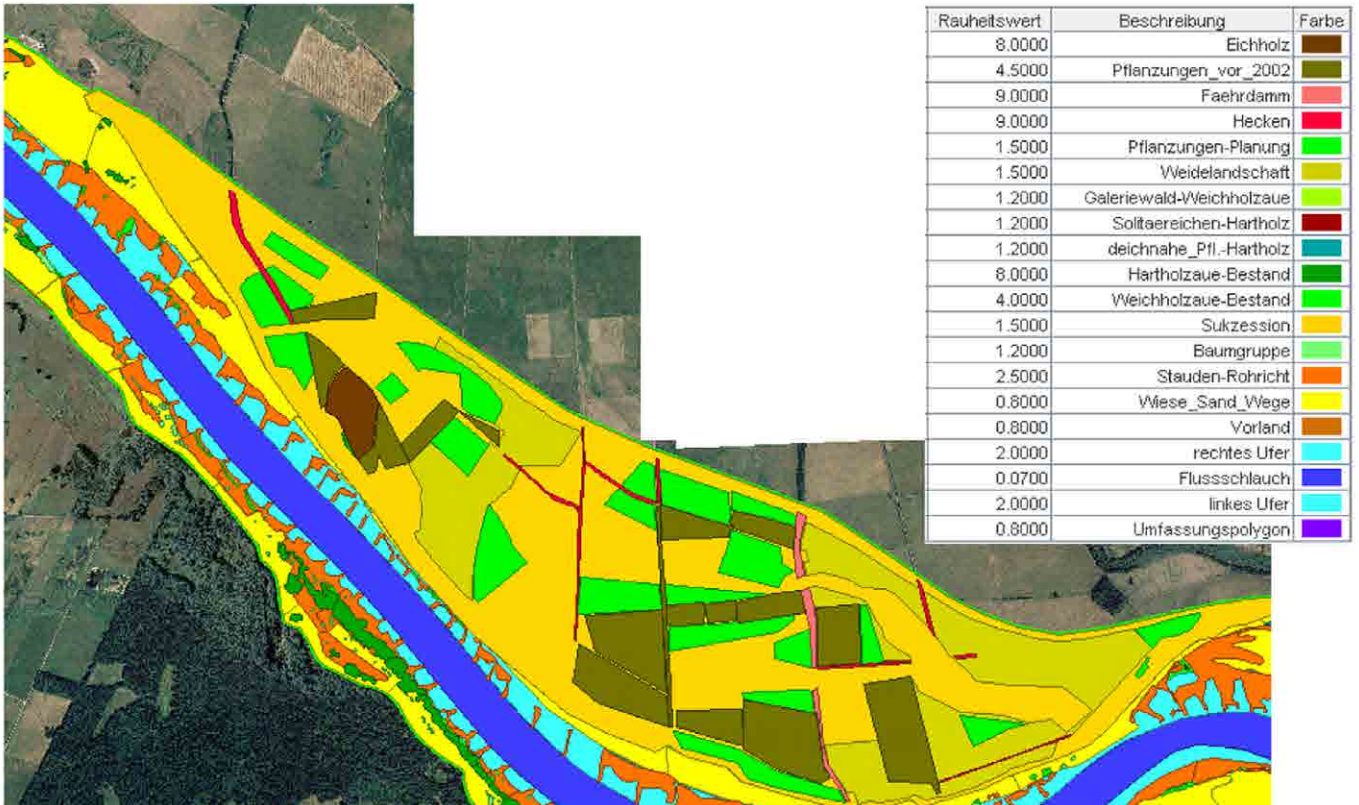


Abb. 6.2: Im Deichrückverlegungsgebiet definierte Rauheitszonen

Modell ermittelten Wasserspiegellagen. Die mit dem hydronumerischen Modell berechneten Wasserspiegel liegen durchgängig um durchschnittlich 5 cm höher als die gemessenen. Die Ursache dürfte in der zum Zeitpunkt des Hochwassers vorhandenen Wintervegetation liegen. Diese weist gegenüber der für die Modellkalibrierung zugrunde gelegten Sommervegetation einen geringeren Fließwiderstand auf. Somit ergeben sich im Winter bei gleichem Abfluss niedrigere Wasserspiegellagen. Neben

der nach der Deichrückverlegung erfolgten Fixierung vom Januar 2011 wurde zum Vergleich die mit dem kalibrierten Modell berechnete Wasserspiegellage für den Zustand vor der Deichrückverlegung dargestellt. Hier ist deutlich die wasserspiegelsenkende Wirkung der Maßnahme in einer Größe von 34 cm im Bereich des ersten Schlitzes bei Elbe-km 477,3 zu erkennen. Die nach oberstrom allmählich abnehmende Differenz beträgt am oberen Modellrand bei Elbe-km 470 immer noch etwa 20 cm.

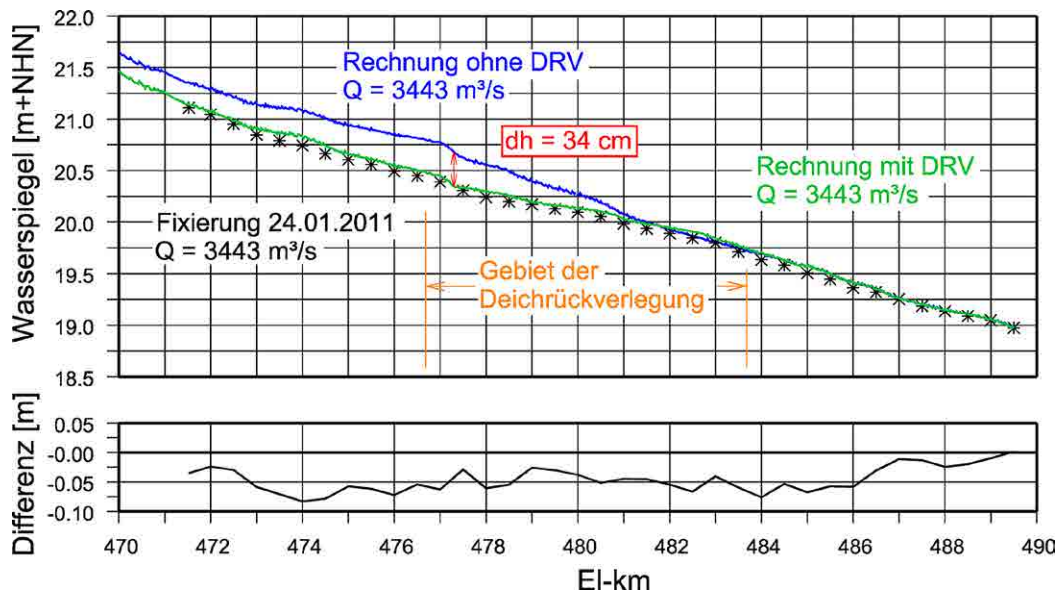


Abb. 6.3: Im März 2010 gemessene (\*) und berechnete Wasserspiegellagen für ein Abflussereignis nach erfolgter Deichrückverlegung (DRV) und für die Szenarien mit und ohne Deichrückverlegung berechnete Wasserspiegeldifferenzen

Da für die Szenarien zu den klimabedingten Extremhochwässern zum jetzigen Zeitpunkt noch keine Abflussdaten vorliegen, welche die im Rahmen des KLIMZUG-NORD Projekts verwendeten Klimaprojektionen berücksichtigen, wurde mit den in Tabelle 6.1 aufgeführten Abflüssen gerechnet.

Abbildung 6.4 zeigt die berechneten Wasserspiegellagen für den aktuellen HQ100 (4.512 m³/s) sowie für vier darüber liegende Abflüsse. Gegenüber dem aktuellen HQ100 liegt der Wasserspiegel bei dem höchsten betrachteten Abfluss von 5.000 m³/s um ca. 35 cm höher.

Zusätzlich wurde für den maximal angenommenen Abfluss von 5.000 m³/s eine Simulationsrechnung für den früheren Zustand ohne Deichrückverlegung durchgeführt (schwarze Linie). Damit würden sich Wasserstände ergeben, welche bis zu 45 cm über dem aktuellen Zustand mit dem zurückverlegten Hochwasserdeich liegen. Zum Vergleich wurden auch die Höhen des linkselbischen Hochwasserdeichs eingetragen (unveröffentlichte Geodaten der Bundesanstalt für Gewässerkunde 2009). Bei einem angenommenen Hochwasserabfluss von 5.000 m³/s beträgt der Freibord nur noch 50 bis 70 cm. Ohne die Deichrückverlegung ergäben sich in diesem Abschnitt noch geringere Freibordhöhen.

Tab. 6.1: Hauptwerte der Jahresreihe 1975 bis 2000 und vorläufige klimabedingte Extremabflüsse für die Szenarienrechnungen (Variante 1-4d)

Variante	1	2	3	4a	4b	4c	4d
	NQ50	MQ	HQ100neu	HQKlima1	HQ Klima2	HQ Klima3	HQ Klima4
Q [m³/s]	149	704	4.512	4.700	4.800	4.900	5.000

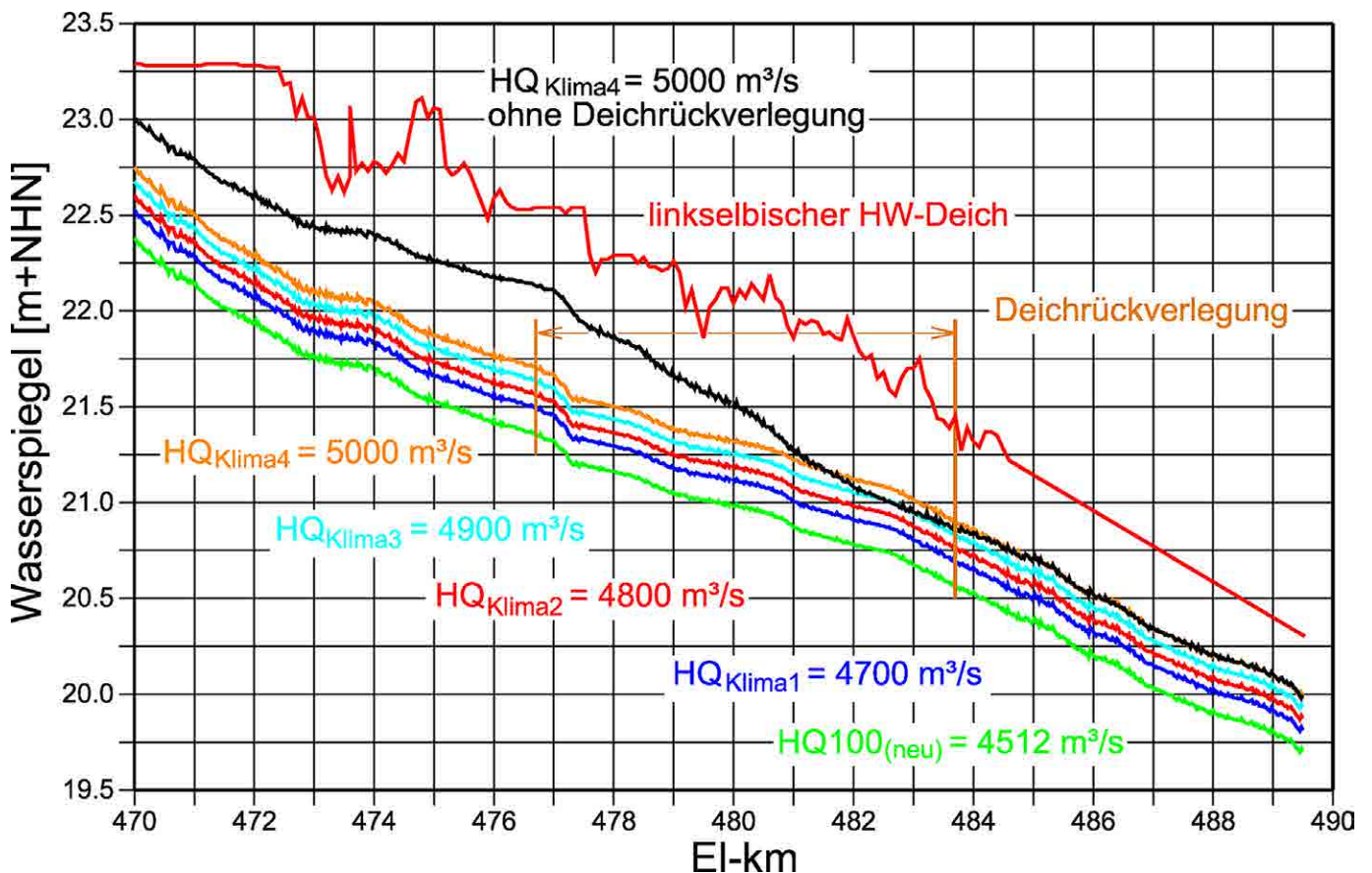


Abb. 6.4: Modellrechnungen für verschiedene Hochwasserereignisse (HQ100neu bis HQKlima4) für den heutigen Zustand sowie für das Hochwasserereignis HQKlima4 (5.000 m³/s) für den früheren Zustand ohne Rückdeichung

## 6.3 Modell Hitzacker

Anlass für die Untersuchungen in diesem Elbeabschnitt waren Vorüberlegungen der Biosphärenreservatsverwaltung, ob und ggf. in welchem Umfang Gehölzentwicklung auf den landeseigenen Flächen des Strachauer Werders (Elbe-km 518 bis 520) möglich sind, ohne dass der Hochwasserabfluss behindert wird. Dazu wurden die zwei in Abbildung 6.5 dargestellten Varianten untersucht, welche sich in der Größe der aufzuforstenden Fläche unterscheiden.

Die Kalibrierung für den Mittel- und Niedrigwasserbereich erfolgte mit zwei Methoden auf der Grundlage von fünf Wasserspiegelfixierungen, welche das gesamte Abflussspektrum abdeckten. Bei der ersten Methode wurde wie beim Modell Lenzen der Fließwiderstand über die Variation der Rauheitswerte (Bodenreibung) angepasst. Bei der zweiten Methode erfolgte die Anpassung des Fließwiderstands über die Variation der Wirbelviskosität (innere Reibung). Mit beiden Methoden wurden ähnlich

gute Kalibrierungsergebnisse erreicht. Die Abweichungen zwischen den berechneten und den gemessenen Wasserspiegellagen lagen im Bereich von ca. 10 cm.

Die Identifizierung der Biooptypen in den Vorlandbereichen erfolgte wiederum auf der Grundlage von Vegetationskartierungen (unveröffentlichte Geodaten der Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalau 2010) und Luftbildaufnahmen (unveröffentlichte Geodaten der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung 2003). Bei der Zuordnung der Rauheitswerte zu den verschiedenen Biooptypen wurde wie bei der Kalibrierung des Modells Lenzen auf Erfahrungswerte aus der Literatur (Habersack 2007/2008) zurückgegriffen. Abbildung 6.6 zeigt die im Bereich des Strachauer Werders definierten Rauheitszonen. Die Abweichungen bei der Kalibrierung im Hochwasserbereich betragen wiederum maximal 10 cm.

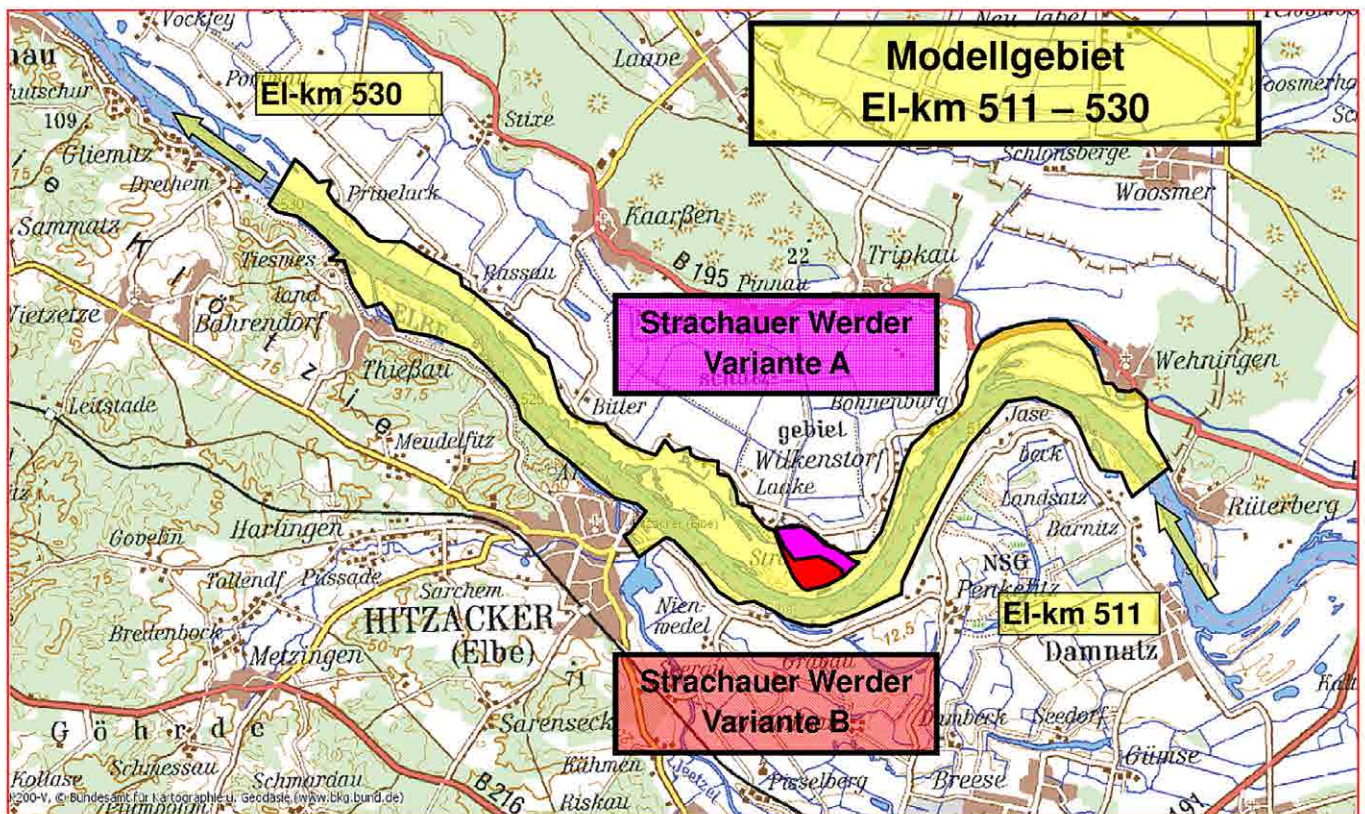


Abb. 6.5: Modellgebiet mit zwei Aufforstungsvarianten für den Strachauer Werder

Rauheitszonen im Modellgebiet:

Weidelandschaften	$k_S = 0,8 \text{ m}$
Baumgruppen	$k_S = 1,2 \text{ m}$
Sukzession	$k_S = 2,5 \text{ m}$
Weichholzaue-Bestand	$k_S = 4,0 \text{ m}$
Hartholz-Bestand	$k_S = 8,0 \text{ m}$

Rauheitsannahmen für das Aufforstungsgebiet:

Weichholzaue	$k_S = 4,0 \text{ m}$
Hartholzaue	$k_S = 10,0 \text{ m}$
Gebiet abgeriegelt	$k_S = \infty$

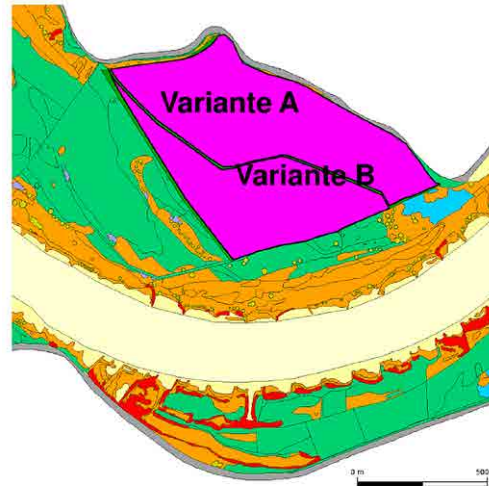


Abb. 6.6: Rauheitszonen im Bereich des Strachauer Werders

Für den durch die Aufforstungen hervorgerufenen Fließwiderstand wurden drei verschiedene Rauheitsannahmen getroffen (vgl. Abb. 6.6). Durch die Vorgabe der Rauheitswerte für eine Weichholzaue ( $k_S = 4 \text{ m}$ ) und eine Hartholzaue ( $k_S = 10 \text{ m}$ ) kamen der obere und der untere Grenzwert für den durch Wälder induzierten Fließwiderstand bei den Szenarienrechnungen zur Anwendung. Außerdem wurden Varianten mit einem vollständig abgeriegelten Aufforstungsgebiet untersucht. Auch wenn dieses Szenario unrealistisch ist, kann mit dieser Annahme die maximal mögliche Erhöhung der Hochwasserstände infolge der Aufforstung im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung abgeschätzt werden.

Abbildung 6.7 zeigt die sich infolge der Aufforstung für die kleine (A) und die große Variante (B) ergebenden Wasserspiegelanhebungen in der Strommitte bei einem Abfluss von  $3.500 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dargestellt sind die Berechnungsergebnisse für den obersten und den untersten Grenzwert des durch einen Wald induzierten Fließwiderstands sowie für das Worst-Case-Szenario mit vollständig abgeriegelten und damit nicht durchströmten Aufforstungsgebieten.

Setzt man für das aufgeforstete Gebiet den oberen Grenzwert für den Fließwiderstand eines Waldes (Hartholzaue) an, so ergibt sich gegenüber dem Ist-Zustand eine Wasserspiegeldifferenz von etwa  $2,5 \text{ cm}$  in der Strommitte bei einem Abfluss von  $3.500 \text{ m}^3/\text{s}$  (Variante B). Mit der unrealistischen Annahme, dass das aufgeforstete Gebiet nicht durchströmt werden kann, wird für die große Variante B eine maximal mögliche Wasserspiegelanhebung von knapp  $8 \text{ cm}$  berechnet. Für die teilweise Aufforstung (Variante A) ergibt sich hier eine Erhöhung der Wasserspiegel um gut  $3 \text{ cm}$ .

Etwas größere Differenzen sind zu verzeichnen, wenn man die Situation im Bereich des Deichs betrachtet. Abbildung 6.8 zeigt dazu eine flächenhafte Darstellung der sich im Bereich der Aufforstung einstellenden Wasserspiegeldifferenzen zwischen dem Ist-Zustand und den beiden Varianten bei einem Abfluss von  $3.500 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ausgegangen wurde hierbei wieder von der Bepflanzung mit einer Hartholzaue mit einem  $k_S$ -Wert von  $10,0 \text{ m}$ . Damit ergeben sich für die beiden Aufforstungsvarianten maximale Wasserspiegelanhebungen von  $2,5 \text{ cm}$  bzw.  $4,5 \text{ cm}$ .

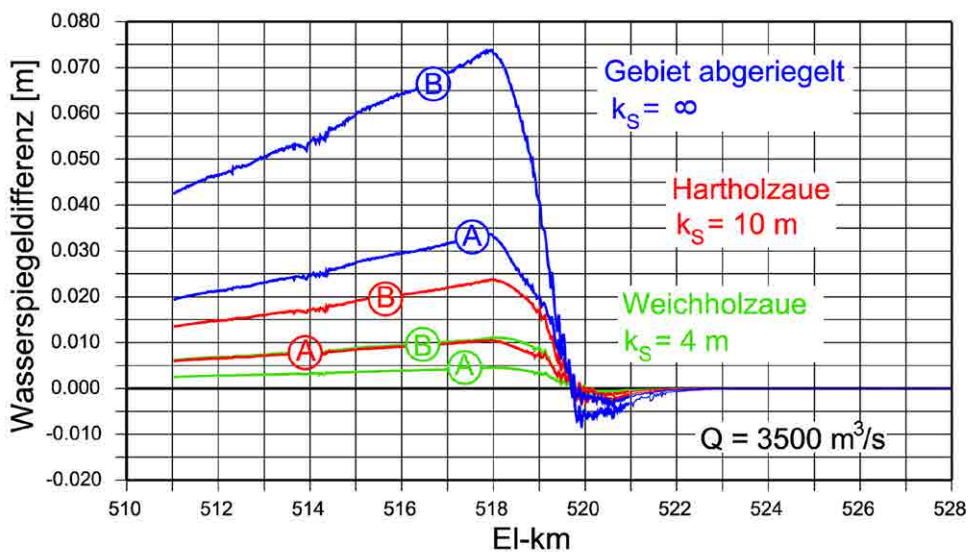
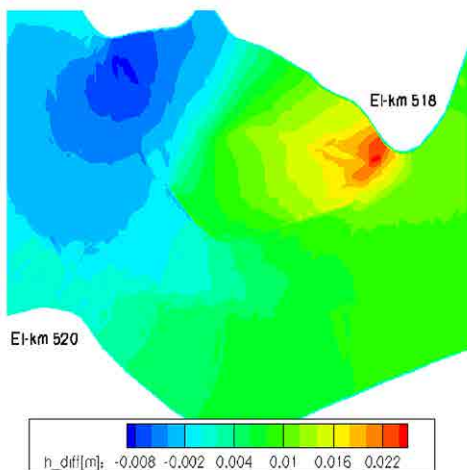


Abb. 6.7: Wasserspiegelanhebungen in Strommitte infolge der kleinen (A) und der großen (B) Aufforstungsvariante für den Strachauer Werder unter der Annahme verschiedener Fließwiderstände bei einem Abfluss von  $3.500 \text{ m}^3/\text{s}$

Variante A:  $dh(\max) = 2,5 \text{ cm}$



Variante B:  $dh(\max) = 4,5 \text{ cm}$

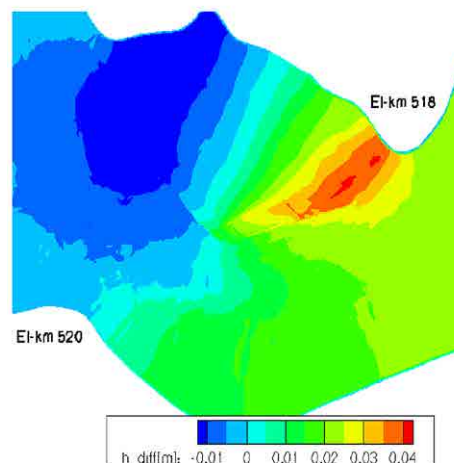


Abb. 6.8: Maximale Wasserspiegeldifferenzen bei Elbe-km 518: Hartholzaue ( $k_S = 10 \text{ m}$ )

Um der Entstehung dieser relativ geringen Differenzen entgegenzuwirken, wäre es denkbar, bei den in diesem Flussabschnitt vorhandenen Uferreihen Absenkungen

bzw. Durchstiche vorzusehen. Die hydraulische Wirkung dieser Maßnahmen könnte mit dem vorhandenen HN Modell untersucht und optimiert werden.

## 6.4 Fazit

Im Rahmen des Teilprojekts T3.2 „Anpassungsstrategien im Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue am Beispiel der Auelebensräume“ innerhalb des KLIMZUG-NORD Verbundvorhabens soll für zwei repräsentative Elbestrecken exemplarisch simuliert werden, wie sich die Wasserstände der Elbe unter klimabedingt veränderten Abfluss- und Vegetationsbedingungen entwickeln.

Die Elbestrecke Lenzen (Elbe-km 470 bis 489,5) weist als Besonderheit die im Jahr 2009 vollendete Rückverlegung des Hochwasserdeichs auf dem rechten Vorland auf. Die Modellkalibrierung erfolgte auf der Grundlage von Abflussereignissen, welche vor der Deichrückverlegung stattfanden. Nach der Schlitzung des Altdeichs wurde das neu geschaffene Vorland im März 2010 das erste Mal überströmt. Dieses sowie weitere Hochwasserereignisse im Oktober 2010 und im Januar 2011 boten die Gelegenheit, das Modell anhand von Wasserspiegelfixierungen in der Elbe und Durchflussmessungen in den Schlitzungen zu validieren und somit die für das Rückdeichungsgebiet vorgegebene Rauheitsverteilung zu überprüfen. Es zeigte sich, dass die infolge der Rückdeichung prognostizierten Wasserspiegelabsenkungen auch tatsächlich eintraten. Anhand von im ersten Halbjahr 2010 durchgeführten kontinuierlichen Wasserstandmessungen im Vorland konnte nachgewiesen werden, dass das instationär betriebene Modell auch die zeitlichen Veränderungen der Wasserstände korrekt abbildet. Da für die Szenarien zu den klimabedingten Extremhochwässern noch keine Abflussprojektionen vorliegen, wurde zunächst mit Abflusswerten von 4.700 bis 5.000  $\text{m}^3/\text{s}$  gerechnet. Die auf der Grundlage der aktuellen Biototypverteilung erfolgten Berechnungen ergaben für einen Abfluss von 5.000  $\text{m}^3/\text{s}$  einen minimalen Freibord des linksseitigen Elbedeichs von ca. 50 cm. Ohne die Deichrückverlegung hätten sich in diesem Abschnitt minimale Freibordhö-

hen in der Größenordnung von nur 20 cm eingestellt. Das Modell der Elbestrecke Hitzacker (Elbe-km 511 bis 530) weist als Besonderheit eine im Bereich Strachauer Werder angedachte Aufforstung (Elbe-km 518 bis 520) in zwei Varianten auf, welche sich in der Größe der zu bepflanzenden Fläche unterscheiden. Die Modellkalibrierung erfolgte auf der Grundlage von fünf Abflussereignissen, wobei verschiedenen Kalibrierungsmethoden zum Einsatz kamen. Mit dem geeichten Modell wurden bei einem Abfluss von 3.500  $\text{m}^3/\text{s}$  für die große Aufforstungsvariante Wasserspiegelanhebungen zwischen etwa 1 cm für die Weichholzaue, ungefähr 2,5 cm für die Hartholzaue und ca. 7,5 cm für die unrealistische Annahme eines nicht durchströmten Aufforstungsgebiets als Worst-Case-Szenario berechnet. Für die kleine Aufforstungsvariante ergaben sich für die vorher genannten Fälle Wasserspiegelanhebungen von 0,5 cm, 1 cm und 3,5 cm. Um den entstehenden Wasserspiegelanhebungen entgegenzuwirken, wäre es denkbar, bei den in diesem Flussabschnitt vorhandenen Uferreihen Absenkungen bzw. Durchstiche vorzusehen.

Bezüglich des Einflusses der klimabedingten Vegetationsänderungen auf die Wasserspiegellagen wurde mit dem Projektpartner vereinbart, hier keine weiteren Untersuchungen durchzuführen. Die Begründung liegt in der Unsicherheit bei der Vorhersage von klimabedingten Veränderungen der Auenvegetation und der sich daraus ergebenden Fließwiderstände. Im Vergleich dazu sind die Einflüsse der jahreszeitlich bedingten Änderungen des Bewuchses auf den Fließwiderstand und damit die Wasserspiegellagen wesentlich bedeutender und letztlich auch besser quantifizierbar. Das Gleiche gilt für menschliche Eingriffe in Form einer veränderten Nutzung der Vorlandflächen.



# 7 Bodenökologische Untersuchungen in Elbauen – Entstehung und Entwicklung der Böden in der Mänderschleife Wehningen

*Frank Krüger, Mario Tucci, Brigitte Urban*

## 7.1 Einleitung

Die Ableitung von Anpassungsstrategien an den Klimawandel zum Erhalt der Biodiversität und von Ökosystemdienstleistungen im Überflutungsbereich der Elbauen erfordert zunächst Detailkenntnisse zu Entstehung, Eigenschaften und rezenten Entwicklungen im Auenvorland.

Dafür hat sich die Mänderschleife Wehningen im Landkreis Lüneburg als sehr geeignet erwiesen. Das Untersuchungsgebiet Wehninger Werder liegt rechtselbisch an der unteren Mittelelbe zwischen den Stromkilometern 512,75 und 514,50. Das 140 ha umfassende Vorland wurde von Weniger (2010) bodenkundlich detailuntersucht. Die Nutzung erfolgt extensiv als Mähwiese mit zwei Mahdterminen im Frühjahr und Spätsommer. Während der erste Schnitt in der Regel zu Grassilage verarbeitet wird, dient der zweite Schnitt meistens der Heugewinnung.

Das prägende bodenbildende Substrat der Elbauen, auch des Wehninger Werders, ist der Auenlehm bzw. Fluvilehm oder Organofluvilehm (Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden 2005), der nach Caspers & Schwarz (1998) seit dem späten Atlantikum, zum größten Teil jedoch im Subatlantikum abgelagert wurde (Urban in von Haaren et al. 2006). Nach Weniger (2010) beträgt die Auenlehmdecke des Wehninger Werders zwischen 0,5 und 1,8 m. Oberflächennahe Sande sind vorwiegend auf rezenten und historischen Uferwällen zu finden.

Die Untersuchung der Vorlandgenese durch Auswertung historischer Karten von Weniger (2010) verdeutlichte, dass der Wehninger Werder in einen elbfernen, alten und einen elbnahen, jungen Teil zu gliedern ist, was durch Datierungsversuche von Kunz et al. (2013) bestätigt wurde. Diese Gliederung beruhte auf wasserbaulichen Maßnahmen, die in ihrer Summe dazu führten, dass der Lauf der Elbe nach Süden verlagert wurde. Abbildung 7.1 veranschaulicht die Stromverlagerung anhand eines Vergleichs eines Ausschnitts der „CARTE – Von der Situation der Elbe“ (Michaelsen 1726) mit einem rezenten Luftbild aus den 1990er-Jahren. Diese Stromverlagerung hatte zur Folge, dass neue Sedimentationsräume mit verhältnismäßig sehr jungen Böden entstanden sind. Kunz et al. (2013) ermittelten Ablagerungszeiträume für Flusssande im jungen Auenabschnitt zwischen 90 und 180 Jahren, während für die Flusssande unterhalb der Auenlehmdecke des alten Abschnitts ein Alter von 1.050 Jahren ermittelt wurde. Die Verbreitung der jungen, flussnahen Auenböden ist Abbildung 7.2 (Weniger 2010) zu entnehmen.

Das Überflutungsregime (vgl. Abb. 7.3) ist maßgeblich durch die Topografie des Werders und seine unterstromige Anbindung an die Elbe geprägt. Bei steigenden Wasserspiegeln der Elbe erfolgt über die Altarme ein rückwärtiger Einstau ins Vorland, wobei zunächst nur die Flutrinne der jungen Aue, das historische Flussbett der Elbe, überflutet wird. Durch die Anlage eines Wehres, das den sogenannten „Alten Haken“ von der Elbanbindung trennt, sowie die historischen Uferwälle entlang des ehemaligen Elbverlaufs und weiterer anthropogen bedingter Verwallungen, erfolgt die Überstauung der alten Auen deutlich später. Erst bei mittleren Hochwasserabflüssen wird das gesamte Gebiet von oberstrom überflutet. Die Auswirkungen des Klimawandels auf das Abflussgeschehen der Elbe sind bisher unklar. Einerseits wird für die Region eine Veränderung der Niederschlagsverteilung mit zunehmender Anzahl von Trockentagen und zugleich höheren Intensitäten an niederschlagsreichen Tagen im Sommer diskutiert (vgl. Kap. 2 in diesem Bericht sowie Rechid et al. 2014), andererseits wird das Hochwassergeschehen der unteren Mittel-elbe vom gesamten Einzugsgebiet geprägt. Die Zunahme von Extremereignissen im Einzugsgebiet kann dazu führen, dass Hochwässer an der Mittel-elbe vermehrt auftreten.

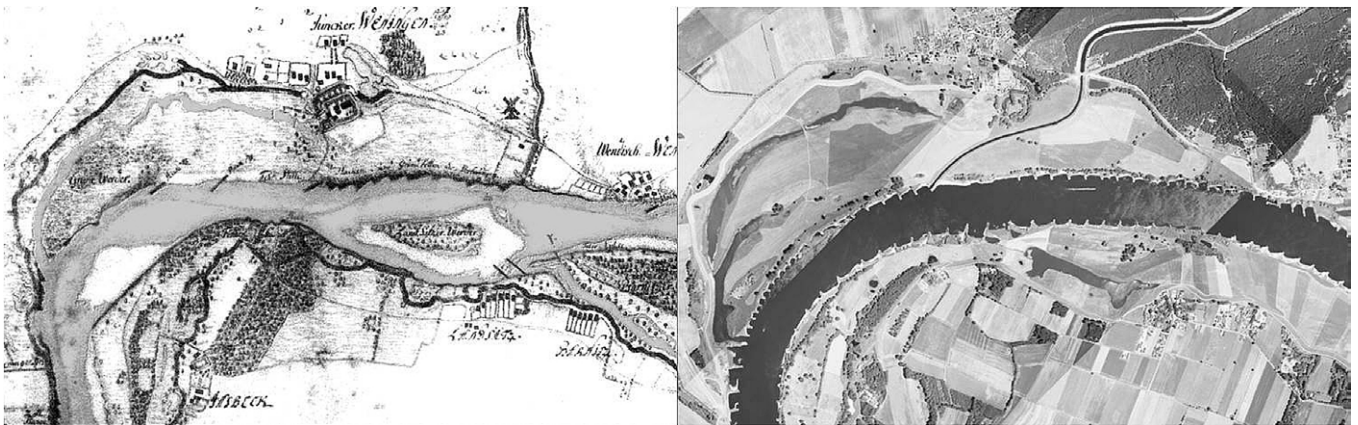


Abb. 7.1: Links: Historische Karte (Michaelsen 1726), rechts: rezente Karte vom Wehninger Werder und dem Elbverlauf (CIR Luftbild 1999; bereitgestellt von der Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalau, Hitzacker).

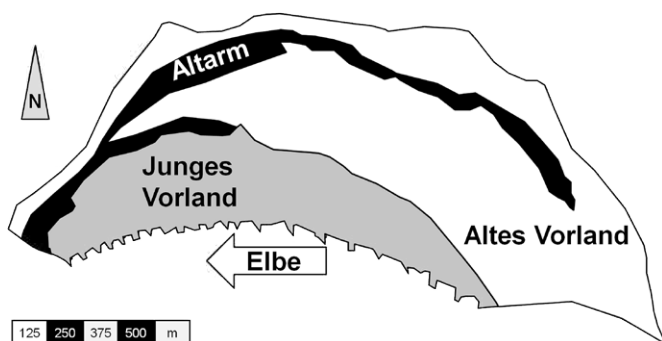


Abb. 7.2: Unterschiedlich alte Auenabschnitte des Wehninger Werders ermittelt durch Auswertung historischer Karten von Weniger 2010.



Mittelwasserabfluss

Doppelter Mittelwasserabfluss

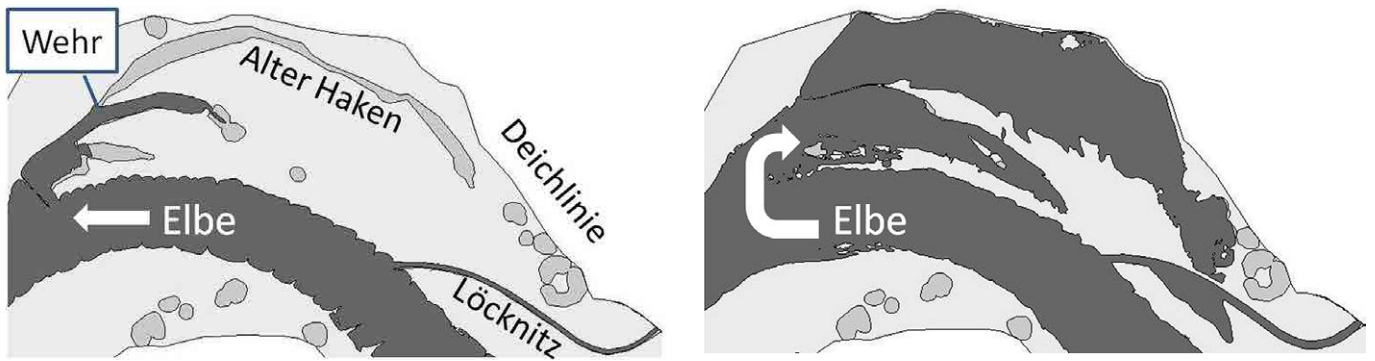


Abb. 7.3: Simulierte Wasserstände des Wehninger Werders (auf Grundlage der Flusshydrologischen Software FLYS der Bundesanstalt für Gewässerkunde).

## 7.2 Methodisches Vorgehen und Ergebnisse

### 7.2.1 Standorteigenschaften von Auenböden

#### 7.2.1.1 Auswahl und Lage der Standorte

Unter Kenntnis der Genese des Wehninger Werders mussten zur Charakterisierung der Standorteigenschaften sowohl Böden der jungen als auch der alten Aue berücksichtigt werden. Da Auenböden vom schwankenden Grund- und Flusswasser geprägt sind, sollten sowohl sehr hoch als auch sehr tief gelegene Standorte untersucht werden. Darüber hinaus mussten die Standorte ebenfalls einen Ost-West Gradienten widerspiegeln, da

dies die wesentlichen Rückstau- und Überströmungsrichtungen sind. Abbildung 7.4 zeigt die Lage sämtlicher Bodenprofile auf einer Karte der digitalen Modellierung der Topografie. Die Daten der Standorte 1 - 8 wurden dabei von Weniger (2010) erhoben, der Standort 10 wurde von Jockheck (2012) und der Standort 11 von Wegener (2013) untersucht.

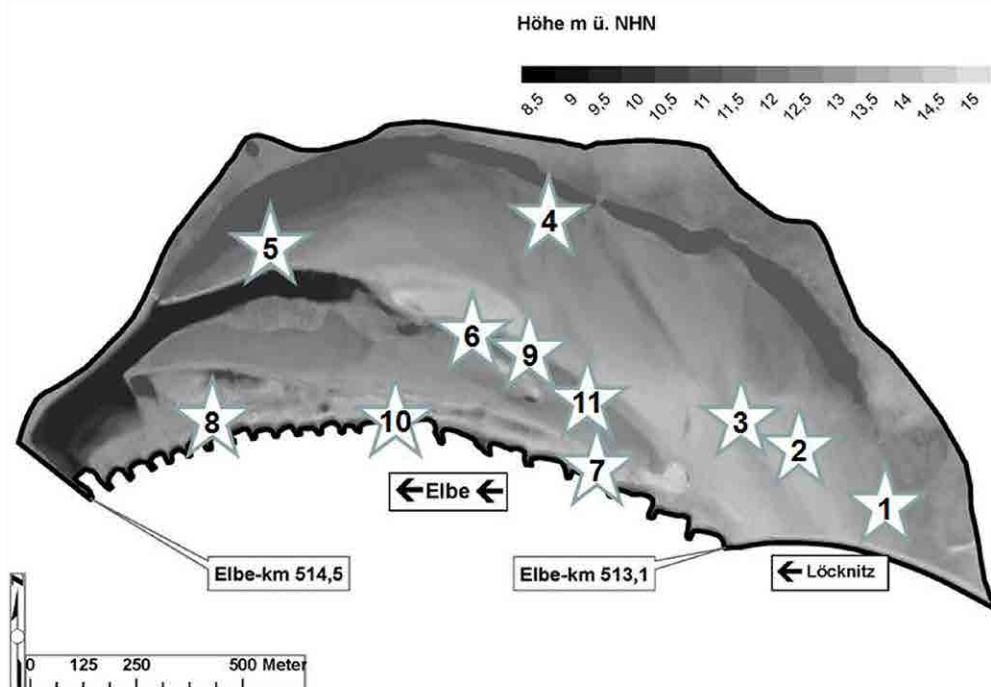


Abb. 7.4: Lage der Boden-Untersuchungsflächen verändert nach Weniger (2010).

## 7.2.1.2 Standorteigenschaften in der alten und jungen Aue des Wehninger Werders

Sowohl in der alten als auch der jungen Aue gibt es grundwassernahe und hoch gelegene Standorte. Die wesentlichen Unterschiede bestehen im bodenbildenden Substrat. Tabelle 7.1 fasst Standorteigenschaften aller Bodenhorizonte zusammen.

Zusammenfassend weisen die Standorte in der jungen Aue gegenüber denen der alten Aue Eigenschaften junger Böden auf. Dies sind höhere pH-Werte (vor allem in flusssnahen Standorten und im Unterboden), ein höherer Aktivitätsgrad an Eisenoxiden und vor allem höhere Kohlenstoffgehalte.

Tab. 7.1: Ausgewählte Standorteigenschaften (Mediane) von Böden der alten und jungen Aue auf dem Wehninger Werder (FeO = oxalatlösliche Eisenoxide; FeD = dithionitlösliche Eisenoxide, FeO/FeD = Aktivitätsgrad der Eisenoxide).

	Ton (%)	Kohlenstoff (%)	pH-Wert	FeO/FeD
Junge Aue Oberböden	38,5	6,1	5,4	0,8
Junge Aue Unterböden	18	1,2	6,2	0,7
Alte Aue Oberböden	34	4,2	5,4	0,7
Alte Aue Unterböden	21	0,5	5,9	0,6

## 7.2.2 Kohlenstoffvorräte und Ausgasung

### 7.2.2.1 Ermittlung von Kohlenstoffvorräten

Die horizontbezogenen bodenkundlichen Analysen, die die Ermittlung der Lagerungsdichten beinhalteten, machten es möglich, zusammen mit den Kohlenstoffgehalten, die Kohlenstoffvorräte zu ermitteln. Dies erfolgte für Flächengrößen von einem Quadratmeter bis in eine Tiefe von einem Meter. Tabelle 7.2 zeigt die Profilmummern (vgl. Abb. 7.4), die Bodensubtypen und die Kohlenstoffvorräte.

Den Daten aus Tabelle 7.2 ist zu entnehmen, dass die Kohlenstoffvorräte in der jungen Aue deutlich größer sind als diejenigen des alten Auenabschnitts. Dabei ist bei den Standorten des jeweiligen Abschnitts keine Abhängigkeit der Kohlenstoffvorräte vom (heutigen) hydromorphen Zustand zu erkennen. Weder in der alten noch in der jungen Aue sind die Auengleye diejenigen

Standorte mit den größten Vorräten. Sie weisen allerdings in ihren obersten Horizonten durchgehend die höchsten Gehalte auf. Vielmehr ist vor allem in der alten Aue auf dem Überflutungsgradienten von West nach Ost (Profile 5-1) eine deutliche Abnahme der Kohlenstoffvorräte zu beobachten. Auch in der jungen Aue (Profile 6, 9 und 11) zeigt der am höchsten gelegene und damit zum spätesten Zeitpunkt überflutete Standort die geringsten Vorräte, was auf eine deutliche Abhängigkeit vom Überflutungsregime und damit verbundenen Sedimenteinträgen schließen lässt. Die höchsten Kohlenstoffvorräte befinden sich in Ufernähe, wobei nicht die sandigen Uferwälle, sondern dahinter gelegene strömungsberuhigte Senken oder Plateaus die stärksten Anreicherungen erfahren haben.

Tab. 7.2: Kohlenstoffvorräte ausgewählter Bodensubtypen auf dem Wehninger Werder nach Weniger 2010, Jockheck 2012 und Wegener 2013.

Auenabschnitt	Leit-Profilnummer	Bodensubtyp	Kohlenstoffvorrat, kg/m <sup>3</sup>
Junge Aue	6	Auengley*	24
	7	Gley-Paternia	13
	8	Gley-Tschernitza*	30
	9	Auengley	27
	10	Gley-Tschernitza	41
	11	Auengley	22
Alte Aue	1	Norm-Vega	12
	2	Norm-Vega*	13
	3	Gley-Vega	14
	4	Auengley*	17
	5	Gley-Vega	18

\*Standorte der Flux (Ausgasungsraten)-Messungen klimarelevanter Gase

Auengley: ein grundwasserbeeinflusster Boden in Auenlage

Gley-Paternia: ein ufernaher Boden mit geringer Humusanreicherung, oft mit Bänderungen, schwach vom Grundwasser beeinflusst

Gley-Tschernitza: ein Boden mit mächtigem Oberboden, reich an organischer Substanz und sehr locker gelagert, schwach vom Grundwasser beeinflusst

Norm-Vega: ein typischer Auenboden aus braunem Auenlehm

Gley-Vega: ein brauner Auenboden mit schwachem Grundwassereinfluss

## 7.2.2.2 Kohlenstoffdynamik (CO<sub>2</sub>-Fluxes und bodenbiologische Parameter)

Die punktuelle Messung der CO<sub>2</sub>-Ausgasungsraten (Fluxes) am Wehninger Werder fand von Juni 2010 bis Juni 2012 unter Verwendung einer dynamischen Messkammer (LI-COR LI-8100A) statt. Das Messintervall betrug eine Woche. Zusätzlich zum Standort „Profilnummer 2“ (LP 2 Norm-Vega; Grünland, Wiese-Feuchtwiese), welcher das

ältere und hoch gelegene Vorland im Untersuchungsgebiet repräsentiert, wurden die Flux-Messungen zu Beginn des Jahres 2011 auf den Standort „Profilnummer 6“ (LP6 Auengley; Vegetation: Knickfuchsschwanz, Rohrglanzgras und Hahnenfuß) ausgeweitet (vgl. Tab. 7.2). Der Standort Profil 6 repräsentiert das jüngere Vorlandareal im Unter-

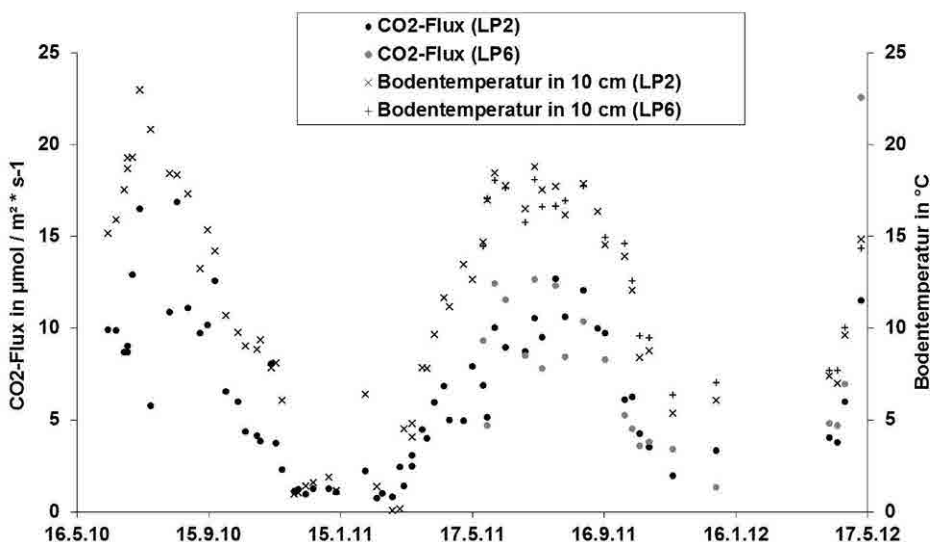


Abb. 7.5: CO<sub>2</sub>-Flux und Bodentemperatur der Standorte Leit-Profilnummer 2 (Norm-Vega) und Leit-Profilnummer 6 (Auengley).

suchungsgebiet und ist 1,54 m tiefer gelegen als Profil 2. Im Vergleich besitzt er einen fast doppelt so hohen Kohlenstoffgehalt im Oberbodenhorizont (Masse-%). Die gemessenen CO<sub>2</sub>-Emissionen zeigen einen deutlich ausgeprägten saisonalen Verlauf, wie in Abbildung 7.5 dargestellt.

Die größten beobachteten Emissionsraten treten in den Sommermonaten auf, während sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Wintermonaten auf sehr niedrigem Niveau stabil darstellen (vgl. Abb. 7.5). Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind an beiden Standorten deutlich mit der Bodentemperatur in 10 cm Tiefe korreliert (vgl. Abb. 7.6).

Die Standorte zeigen im Jahresverlauf im Vergleich zueinander keine signifikanten Größenunterschiede des CO<sub>2</sub>-Fluxes (vgl. Abb. 7.5). Die Betrachtung der Ausgasungsraten in Abhängigkeit von der Bodentemperatur in 10 cm Tiefe zeigt vergleichbare Ergebnisse (vgl. Abb. 7.6).

Um die räumliche und bodengenetische Variabilität am Wehninger Werder noch stärker zu berücksichtigen, wurden zwei weitere Standorte in das Beprobungsprogramm aufgenommen (Profil 4, Profil 8). Die hier durchgeführten Messungen zeigten, dass die Ausgasungen vergleichbar mit den Standorten Profil 2 und Profil 6 sind. Umgekehrt weist die Höhe des CO<sub>2</sub>-Fluxes der untersuchten Standorte während des Untersuchungszeitraums keine deutliche Verbindung zum Boden-Kohlenstoffvorrat auf.

Eine Modellierung des Kohlenstoffhaushalts im Oberboden (0 - 10 cm) des Wehninger Werders wurde mit dem Modell „DNDC“ (De-Nitrification De-Composition) für die Jahre 2009 bis 2012 mit den im Projektzeitraum gesammelten Boden- und Klimadaten durchgeführt. Das Modell DNDC berechnet auf der Grundlage detaillierter ökologischer Eingangsdaten (u. a.: Klimadaten, Boden-

kennwerte, Bewirtschaftung, Vegetation) Eigenschaften wie die Bodentemperatur, die Bodenfeuchte oder das Redoxpotenzial. Mithilfe dieser errechneten Eigenschaften können im zweiten Modellteil beispielsweise Kohlenstoffdioxid- oder Methanemissionen aus dem System „Pflanze-Boden“ vorhergesagt werden.

Das Modell zeigt eine Funktion des Ökosystems als Kohlenstoffquelle auf. Die jährliche Kohlenstofffreisetzung der modellierten Jahre 2009 bis 2012 weist dabei ein Mittel von 0,62 t C/ha auf (vgl. Tab. 7.3). Der wichtigste Austragspfad ist hierbei die heterotrophe Bodenatmung und der stärkste Eintragspfad sind neugebildete Wurzeln und Pflanzenteile. Die in Tabelle 7.3 dargestellten Ergebnisse der Modellierung weisen zudem auf einen Zusammenhang zwischen der mittleren Jahreslufttemperatur und der Kohlenstofffreisetzung hin. Dies wird durch die Erkenntnisse aus den vorangegangenen CO<sub>2</sub>-Flux Untersuchungen unterstützt.

Ergänzend müssen sedimentgebundene Kohlenstoffeinträge durch Hochwasserereignisse betrachtet werden, welche nicht im DNDC-Modell berücksichtigt werden konnten. Die ermittelten rezenten Kohlenstoffeinträge für ein Hochwasserereignis betragen im Median 0,4 t C/ha (0,06 bis 3,05 t C/ha). Sie können in dieser Höhe zu einem ausgeglichenen, in Bereichen des Wehninger Werders mit hohen Sedimentationsraten zu einer Anreicherung von Kohlenstoff führen. Ohne den Eintrag von Sedimenten durch Hochwasserereignisse zeigen die modellierten Jahresbilanzen einen leichten Verlust von Kohlenstoff im Oberboden. Dies verdeutlicht den nachhaltigen Einfluss der Überflutungsereignisse auf den Kohlenstoffhaushalt des Wehninger Werders unter der aktuellen extensiven Bewirtschaftungsweise mit zweischüriger Mahd.

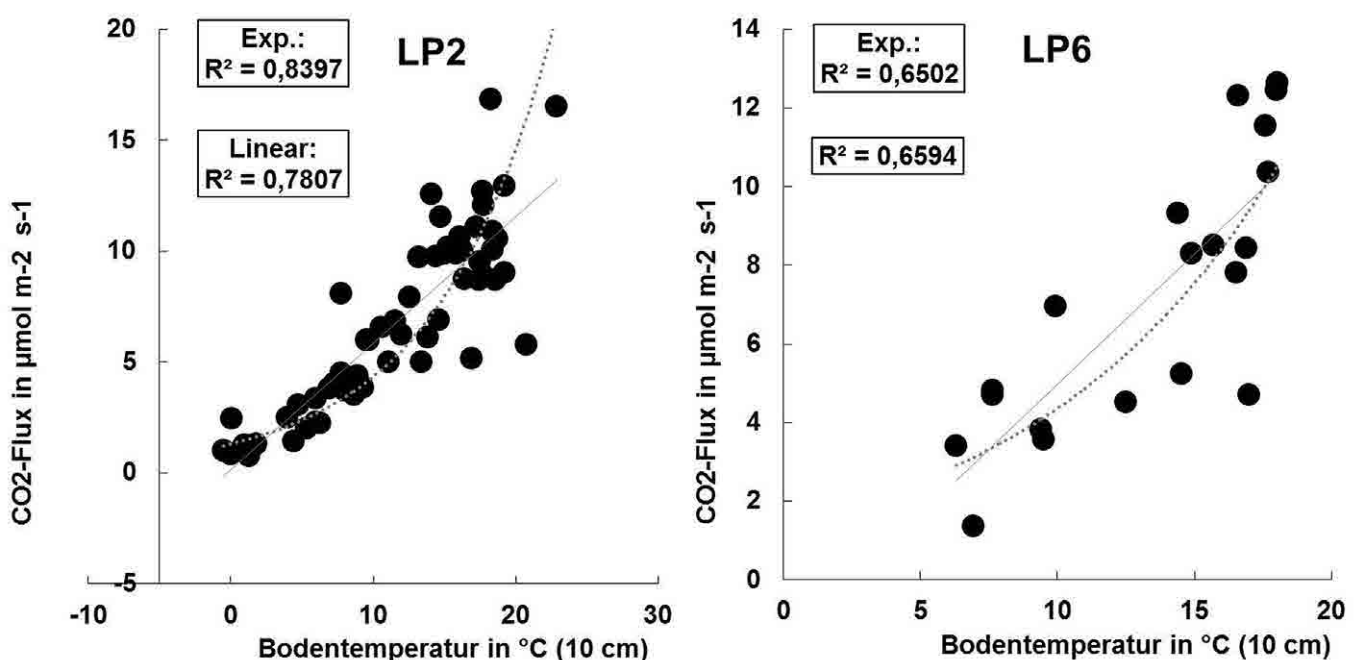


Abb. 7.6: Zusammenhang zwischen CO<sub>2</sub>-Flux und Bodentemperatur in 10 cm Tiefe, LP2 und LP6.

Tab. 7.3: Ergebnisse der Kohlenstoffmodellierung mit dem Modell DNDC während des Untersuchungszeitraumes. Kohlenstoffvorratsänderung des Oberbodens (0 - 10 cm) bei zweischüriger Mahd, sowie ohne Mahd. Ergänzt werden die Spannweite des Kohlenstoffeintrages durch Hochwasserereignisse, sowie durchschnittliche jährliche Klimadaten angegeben.

Jahr	Kohlenstoffvorratsänderung in t C/ha*a			Summe Wasserbilanz mm/a	Jahresdurchschnitts-temperatur °C
	2 x Mahd	Ohne Mahd	Eintrag durch Hochwasserereignis		
2009	-0,66	0,496	0,06 bis 3,05 (Median: 0,4)	+37	9,62
2010	-0,39	1,314		+28	8,16
2011	-0,87	-0,818		-90	9,97
2012	-0,57	0,545		+3	9,37

Die Modellierungsergebnisse (unter der gegebenen Landnutzung) deuten darauf hin, dass die Böden des Wehninger Werders einen relativ stabilen Kohlenstoffspeicher darstellen. Des Weiteren indizieren sie, dass eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur sowie eine Verringerung von Sedimenteinträgen durch Hochwasserereignisse den Kohlenstoffhaushalt zum Negativen verändern können.

An den vier Standorten, an denen die zuvor beschriebene CO<sub>2</sub>-Ausgasung ermittelt wurde (vgl. Tab. 7.2), wurden

an insgesamt fünf Terminen (August, September, Oktober 2011 und April und August 2012) Mischproben in einer (0 - 20 cm, 2012) bzw. zwei (0 - 15 cm; 15 - 30 cm, 2011) Bodentiefen entnommen, die Bodenatmung (Basalatmung, BA) und die mikrobielle Biomasse (Cmic) mit dem BSBdigi Respirometer der Firma SOLUTEC sowie die organischen Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte mit einem CHN Analyzer der Firma Perkin Elmer mit jeweils drei Replikationen gemessen. Die Horizontabfolge und die Korngrößenzusammensetzung (Textur) wurden aus Weniger (2010) entnommen (vgl. Tab. 7.4).

Tab. 7.4: Bodenmikrobiologisch untersuchte Standorte LP2 und LP4 (Alte Aue), LP6 und LP8 (Junge Aue) mit tiefenrelevanten Horizontsymbolen, Textur\* (Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden 2005), pH-Wert und organischem Kohlenstoffgehalt in 0 - 15 cm, 15 - 30 cm und 0 - 20 cm sowie Corg-Gehalten der Horizonte nach Weniger (2010).

Bodentyp (Profilbezeichnung)	Tiefe [cm]	Horizont	*Textur (Weniger 2010)	pH CaCl2	Corg % (Weniger 2010)	Corg % 0-15 cm	Corg % 15-30 cm	Corg % 0-20 cm
Normvega (LP2)	0 - 17 17 - 78	aAh aM	Ls3 Slu	5,5 5,3	3,4 0,8	3,6	1,9	3,6
Auengley (LP4)	0 - 8 8 - 20 20 - 105	aGo-oAh aGo-aAh aM-aGo	Tu3 Tu3 Tu4	5,3 5,4 6,0	7,5 3,2 0,8			5,5
Auengley (LP6)	0 - 18 18 - 45	aGo-oAa aoM-aGo	Tu3 Tu3	5,7 5,6	7,2 5,0	8,1	4,6	7,9
Gley-Tschernitza (LP8)	0 - 11 11 - 45	aoAxh llaoAxh	Ls3 Ls3	6,8 6,5	5,2 5,5			6,5

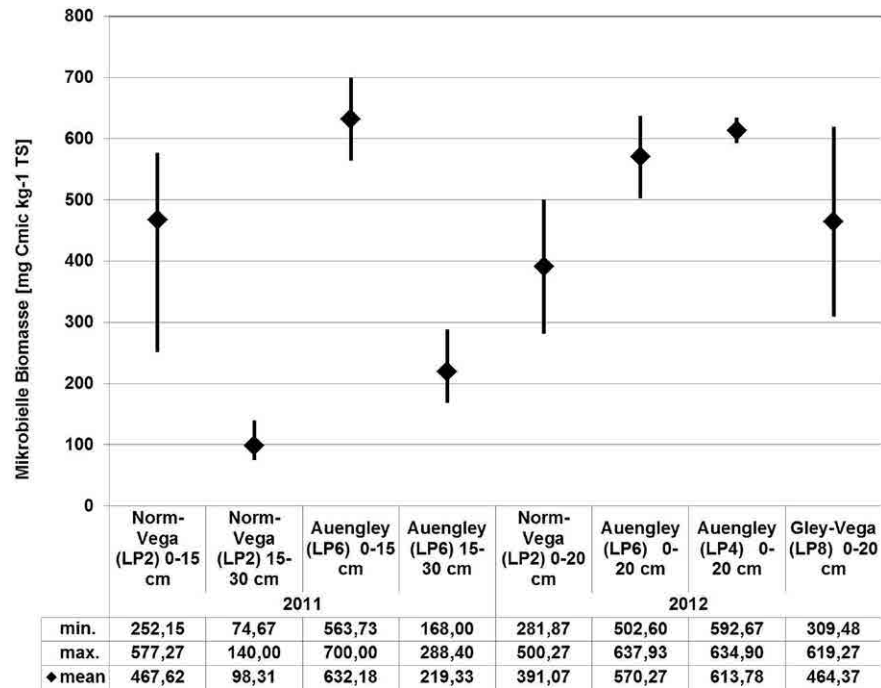


Abb. 7.7: Minimum, Maximum und Mittelwerte der mikrobiellen Biomasse der Oberböden bezogen auf die Trockensubstanz (TS) des Bodens der Leitprofile LP2 und LP6 (2011: n=9) und LP4, LP6 und LP8 (2012: n=6), Grafik erstellt von Dalia Farghaly.

Die mikrobielle Biomasse, die die Masse aller Bodenbakterien und -pilze in mg Kohlenstoff pro kg Boden beschreibt, wird als Kernparameter zur Beschreibung des Stoffumsatzes in Böden und von standörtlichen Veränderungen herangezogen. Die mikrobielle Biomasse ist sehr eng mit der Textur und dem pH-Wert korreliert (Höper & Kleefisch 2001). Mit zunehmendem Sandgehalt nimmt die mikrobielle Biomasse von Böden ab, mit zunehmendem Ton- und Schluffgehalt nimmt sie demgegenüber zu.

Die ermittelten Werte für die mikrobielle Biomasse der in 2011 beispielhaft in zwei Tiefenstufen untersuchten Leitprofile LP2 und LP6 bestätigen deren Abhängigkeit von standörtlichen Parametern. Das feinkörnigere Bodenprofil LP6 weist in der jeweiligen Tiefenstufe höhere mikrobielle Biomasseanteile auf als das sandigere Profil LP2 (vgl. Abb. 7.7). Beide Standorte lassen jeweils in der obersten Bodentiefe höhere mikrobielle Biomassegehalte als in der darunter liegenden Tiefenstufe erkennen, was wahrscheinlich auf die Verteilung der organischen Substanz zurückzuführen ist (vgl. Tab. 7.4). Ein Einfluss des pH-Werts konnte nicht festgestellt werden.

Der Abgleich der mittleren Gehalte der mikrobiellen Biomasse für die jeweilige Textur in der Bodentiefe 0 - 20 cm (vgl. Abb. 7.7, Tab. 7.4) mit den von Höper & Kleefisch (2001) aufgestellten Cmic-Wertebereichen (Qualitätsziele) im Oberboden von Grünlandböden ist in Tabelle 7.5 dargestellt.

Die Mittelwerte der mikrobiellen Biomasse der Norm-Vega (LP2), der Auengley-Standorte (LP4 und LP6) und der Gley-Tschernitza (LP8) fügen sich durchgehend in die jeweiligen von Höper & Kleefisch (2001) für die Bodenarten aufgestellten Cmic-Wertebereiche ein. Aus

diesen ersten Ergebnissen lässt sich ableiten, dass die Qualitätsziele für die mikrobielle Biomasse im Oberboden von Grünlandböden an den untersuchten Standorten im derzeitigen Status Quo erreicht werden.

Zur Abschätzung der C-Dynamik und mikrobiellen Verfügbarkeit des Kohlenstoffs der Grünlandoberböden wurde das Verhältnis aus mikrobiellem Biomassekohlenstoff zum organischen Kohlenstoff bestimmt (Cmic/Corg [mg Cmic g<sup>-1</sup> Corg]). Die Mittelwerte des Cmic/Corg-Quotienten der Oberböden (0 - 20 cm) liegen für die Norm-Vega (LP2), den Auengley (LP6) und die Gley-Tschernitza (LP8) bei 0,7 %, für den Auengley (LP4) bei 1,1 %, was insgesamt auf eine mäßige Verfügbarkeit des organischen Kohlenstoffs hindeutet. Der am Standort LP4 ermittelte höhere Cmic/Corg-Quotient, der auch die höchste mikrobielle Biomasse aufweist (vgl. Tab. 7.5), kann möglicherweise mit der Nutzungsvorgeschichte dieses „Altauenstandortes“ (Weniger 2010) als Gehölz bestandene Fläche bis zum Ende des 19. Jahrhunderts und einer damit andersartigen Zusammensetzung der organischen Substanz in Beziehung gesetzt werden. Vergleiche der auf dem Wehninger Werder ermittelten Cmic/Corg-Quotienten mit denen schwermetallbelasteter und mit organischen Schadstoffen belasteter und unbelasteter Grünlandböden in 0 - 10 cm und 10 - 20 cm (Höper & Kleefisch 2001) zeigen für die Standorte LP2, LP6 und LP8 einen ähnlich niedrigen Cmic/Corg-Quotienten wie die Oberbodenwerte der Bodendauerversuchsfläche im Überschwemmungsbereich bei Gorleben. Eine Abhängigkeit zum mittleren Grundwasserstand bzw. dem Überflutungsgeschehen der Elbauenstandorte am Wehninger Werder, wie von Rinklebe & Langer (2006) für eine Auenbodensequenz an der Elbe ermittelt, kann mit den bisherigen Untersuchungen für diesen bodenbiologischen Parameter nicht schlüssig hergeleitet werden.

Tab. 7.5: Ermittelte Cmic-Gehalte [mg Cmic kg<sup>-1</sup> Boden] und Bodenarten für 0 - 20 cm Tiefe und Einstufung in Bodenarten zugeordnete Wertebereiche nach Höper & Kleefisch (2001).

Bodentyp (Profilbezeichnung, LP)	Bodenart (0 - 20 cm)	mg Cmic kg <sup>-1</sup> Boden (0 - 20 cm)	Bodenart für Wertebereiche der Cmic im Oberboden von Grünlandböden (Höper & Kleefisch 2001)	Wertebereich in 0 - 20 cm (Höper & Kleefisch 2001) Cmic kg <sup>-1</sup>
Norm-Vega (LP2)	Ls3, Slu	391	Uu, Ut, Uls, Ls, Lts, Lt2, Lu, Ts3, Ts4	320 - 560
Auengley (LP 4)	Tu3	614	Lt3, Tu, Ts2, Tl, Tt, Hn	560 - 1000
Auengley (LP6)	Tu3	570		
Gley-Tschernitza (LP8)	Ls3	464	Uu, Ut, Uls, Ls, Lts, Lt2, Lu, Ts3, Ts4	320 - 560

Mithilfe des metabolischen Quotienten  $qCO_2$ , der dem Verhältnis zwischen Basalatmung und mikrobieller Biomasse [ $CO_2-C\ g^{-1}\ Cmic\ h^{-1}$ ] entspricht, wurde in einem weiteren Auswertungsschritt der physiologische Zustand der Mikroorganismengemeinschaft charakterisiert. Der  $qCO_2$  zeigt auf, in welchem Maß die Bodenmikroorganismen das organische Substrat zum Aufbau der eigenen Biomasse nutzen, bzw. es zu  $CO_2$  veratmen. Je niedriger der  $qCO_2$  ist, desto effizienter sind somit die mikrobiellen Umsatzleistungen. Der  $qCO_2$  der Norm-Vega (LP2) ist mit 2,8 am höchsten, der des Auengleys (LP4) mit 1,8 am niedrigsten, während sich der  $qCO_2$  der Standorte

LP6 und LP8 im Bereich zwischen 2,1 und 2,3 befindet. Der relativ niedrige  $qCO_2$  des LP4 steht im Einklang mit den ebenfalls im Standortvergleich höchsten Cmic-Gehalten und dem höheren Cmic/Corg-Quotienten, was auf vergleichsweise günstigere Bedingungen für die Bodenmikroflora hindeutet. Demgegenüber sind die Mikrolebensraumbedingungen am trockensten Standort der Norm-Vega (LP2) leicht eingeschränkt. Die nach Höper & Kleefisch (2001) empfohlenen Qualitätsziele für Grünlandböden von  $qCO_2 < 2$  für die Texturen der Standorte LP4 und LP6 und von  $qCO_2 < 3$  für LP2 und LP8 werden an allen Standorten erreicht.

## 7.2.3 Rezente Sedimenteinträge

Die Ermittlung der Sedimenteinträge erfolgte mithilfe von Kunstrasenmatten. Diese wurden vor dem Eintreten des Hochwassers im Gelände installiert und nach dem Abfließen eingesammelt. Vier Parallelen der Größe 30 x 40 cm wurden pro Standort eingesetzt. Berücksichtigt wurden Standorte in der alten und jungen Aue, elbnahe sowie elbferne Standorte, hoch gelegene Plateaus und Flutrinnen/Senkenstandorte. Zwischen 2007 und 2011 wurden insgesamt 19 Sedimentproben gewonnen. Nur während des Extremereignisses im Winter 2010/2011 erfuhr der Plateaustandort (Profilnummer 2, vgl. Tab. 7.2 und Abb. 7.4) Einträge. Die Spannbreite der Sedimenteinträge lag zwischen 50 und 2.700 g/m<sup>2</sup>, im Median bei 350 g/m<sup>2</sup>. Lediglich im Uferbereich wurden Sedimenteinträge > 1.000 g/m<sup>2</sup> gemessen, die bei angenommenen Lagerungsdichten des Bodens zwischen 0,5 und 1 g/cm<sup>3</sup>, in Sedimentationsraten von 1 - 2 mm je Hochwasserereignis resultieren. Sowohl in der alten wie auch in der jungen Aue wurden Sedimenteinträge ermittelt, die aktuell für Bodenbildungsprozesse irrelevant sind, wohl aber im Falle einer Sedimentkontamination zur Futtermittelbelastung beitragen können.

Die medianen Kohlenstoffgehalte lagen bei sieben Sedimenten des Wehninger Werders aus den Jahren 2009 - 2010 bei 11,3 %. Mediane pH-Werte (sieben Hochflutsedimente der unteren Mittelelbe des Jahres 2008) lagen bei 7,3. Die Quecksilbergehalte von Sedimenten des Wehninger Werders (n=7) lagen bei 3,7 mg/kg (Median). Unter Berücksichtigung der medianen Einträge ergäbe sich eine Quecksilber-Fracht von 1,3 mg/m<sup>2</sup>. Dies bedeutet, dass bei einer angenommenen Ernte von 200 g TS/m<sup>2</sup> Grünlandvegetation eine Verschmutzung durch ca. 5 g Sediment ausreicht, um die Futtermittelgrenzwerte bzgl. der Quecksilber-Höchstgehalte zu überschreiten. Insbesondere die relativ hohen pH-Werte und Kohlenstoffgehalte verdeutlichen die Entstehung der Böden aus den Hochflutsedimenten. Allerdings ist die ständige Erneuerung auf die Uferbereiche beschränkt. Hier wären durch vermehrt auftretende Hochwässer auch die stärksten morphologischen Veränderungen zu erwarten, wie auch Befunde von Rommel (2005, 2010) bestätigen. Rommel (2005, 2010) ermittelte durch topografische Höhenvergleiche von historischen und aktuellen Querprofilen die stärksten Aufhängungen im Uferbereich der Elbauen.

## 7.3 Schlussfolgerungen

Aus den Befunden lässt sich schlussfolgern, dass die vorgefundene Standortvielfalt des Wehninger Werders zu einem großen Anteil auf flussbauliche Maßnahmen zurückzuführen ist, die erst eine neuerliche Entstehung von Böden ermöglichte.

Die Ermittlung der rezenten Sedimenteinträge verdeutlichte, dass insbesondere die flussnahen jungen Böden den rezenten Sedimenten noch sehr ähnlich sind und gleichfalls die größten Kohlenstoffreservoir aufweisen. Die Sedimente stellen nach wie vor das bodenbildende Substrat dar. Das Charakteristikum einer morphologisch aktiven Aue ist momentan allerdings auf die Uferbereiche beschränkt, sodass in den zentralen Auen die Standorteigenschaften unveränderlich scheinen.

Die Untersuchungen zum Kohlenstoffumsatz mittels  $\text{CO}_2$ -Ausgasung und Modellierungsergebnissen verdeutlichen die Bedeutung der Einträge von organischer Substanz mit Überflutungsereignissen und den Einfluss der extensiven Nutzung. Die bodenmikrobiologischen Parameter zeigen eine enge Beziehung zur standörtlichen Korngrößenverteilung. Die  $\text{CO}_2$ -Ausgasungsraten sind abhängig von den Temperaturverläufen. Unterschiede im Kohlenstoffvorrat spiegeln sich nicht in den Ausgasungs-

raten wider, was als Indiz für einen schwer abbaubaren, sedimentbürtigen Kohlenstoffanteil angesehen werden kann. Der ermittelte gute Ist-Zustand der bodenbiologischen Parameter sollte vor dem Hintergrund sich weiterhin verändernder Klimaparameter zukünftig mit einem Monitoring überprüft werden. Detailuntersuchungen zum Einfluss nachweislich akkumulierender Schadstoffe auf die den Kohlenstoffhaushalt bestimmende Bodenmikroflora werden ebenfalls als sinnvoll angesehen.

Vordringliche Maßnahme zur Wahrung der Biodiversität in Elbauen unter Klimawandel ist die Schaffung neuer, morphologisch aktiver Bereiche. Nur morphologische Veränderungen, gegeben durch Sedimenteinträge und Erosion, führen zur ständigen Veränderung und Erneuerung der Auenböden und begründen eine auentypische Standortvielfalt. Diese selbsterhaltenden, auenregenerativen Prozesse können durch Maßnahmen wie Anschlüsse von Altarmen (am wirkungsvollsten von oberstrom her), Abtragung von Uferwällen oder durch Aufweitung des Auenquerschnitts (Deichrückverlegungen) erreicht werden und damit nicht nur einen Beitrag zur Erhaltung der Biodiversität leisten, sondern gleichfalls auch dem Hochwasserschutz dienen.

## Danksagung

Die Autoren bedanken sich beim Labor-Team der Arbeitsgruppe und insbesondere bei Isa Schierholz für die Durchführung der aufwandsintensiven Analysen der Basalatmung und mikrobiellen Biomasse.



# 8 Schadstoffregime in Auenböden der Elbe

Frank Krüger, Brigitte Urban

## 8.1 Einleitung

Das Management der Elbauen wird in vielfältiger Weise durch die Schadstoffbelastung der Böden beeinflusst. Vor allem die hohen Dioxingehalte (Umlauf et al. 2005) unterstromig der Mulde- und der Saalemündung in die Elbe, aber auch Schwermetalle (Krüger et al. 2005) und weitere Kontaminanten (Witter et al. 1998, 2003) der Böden, die zu Höchstwertüberschreitungen bei Futter- und Lebensmitteln (Schulz et al. 2004, 2005) führen können, stellen für die Landwirtschaft eine Herausforderung dar. Die Elbanrainer haben für die landwirtschaftliche Nutzung des Vorlands Nutzungsempfehlungen (Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2012) formuliert, die helfen sollen, den Schadstofftransfer in die menschliche Nahrungskette zu minimieren.

Anpassungsmaßnahmen an die Folgen des Klimawandels sind in der Elbtalaue nur unter Berücksichtigung der Belastungsproblematik möglich. Vor diesem Hintergrund wurden im KLIMZUG-NORD Projekt Schadstoffuntersuchungen angeregt. Sie sollten dazu beitragen, diejenigen Flächen, die den höchsten Schadstofftransfer durch partikelgebundene Kontaminationen erwarten lassen, zu identifizieren (sogenannte Belastungs-Hot Spots). Diese Flächen könnten bevorzugt alternativen Nutzungen zugeführt werden. Des Weiteren sollten Studien zur Mobilisierung von Schwermetallen und Arsen durchgeführt werden, um deren Freisetzung in Böden bei höheren Temperaturen und längeren Überflutungsphasen, wie sie mit dem Klimawandel erwartet werden können, zu überprüfen.

Wesentliche Untersuchungen zur Schadstoffproblematik wurden auf dem 140 ha großen Wehninger Werder (untere Mittelelbe zwischen den Stromkilometern 512,75 und 514,50) durchgeführt.

## 8.2 Identifikation der Belastungs-Hot Spots

### 8.2.1 Hypothesen und Konventionen zur Ableitung einer Strategie zur Identifikation von Belastungs-Hot Spots

Der Ermittlung von Belastungs-Hot Spots liegen mehrere Konventionen und Hypothesen zugrunde:

- Die Oberbodenbelastung von Grünlandböden wird in einer standardisierten Bodenprobe von der Geländeoberfläche bis in 10 cm Tiefe überprüft.
- Bodenbelastungen sind das Ergebnis des Eintrags von kontaminierten Sedimenten.
- Der Sedimenteintrag ist zeitlich variabel.
- Die Sedimentkontamination ist zeitlich variabel.

### 8.2.2 Zeitliche Belastungsentwicklung von Dioxinen und Schwermetallen

In einem flussnahen (hinter dem ersten Uferwall gelegenen) Auenboden-Tiefenprofil der unteren Mittelelbe bei Pevestorf (vgl. Abb. 8.1), haben Götz et al. (2007) die Dioxingehalte ermittelt und über <sup>137</sup>Cäsium-Datierungen eine zeitliche Einordnung vorgenommen. Aus diesen Untersuchungen geht hervor, dass an der Mittelelbe die höchsten Dioxingehalte in den 1950er- bis 1960er-Jahren aufgetreten sind. Die jüngsten bodenbildenden Sedimente zeigen dagegen deutlich geringere Kontaminationen. Aktuelle Angaben zu den Dioxingehalten in Hochflutsedimenten wurden von Stachel et al. (2011) veröffentlicht, wonach derzeit in frischen Sedimenten der unteren Mittelelbe zwischen 27 und 49 ng WHO (2005) TEQ/kg (Toxizitätsäquivalente der World Health Organisation von 2005) gefunden werden. Das ist im Vergleich zu den Gehalten in früheren Jahrzehnten wenig (Götz et al. 2007), im Vergleich mit dem für Speisefische abgeleiteten Orientierungswert in Schwebstoffen und

Sedimenten von 5,5 ng WHO (2005) TEQ/kg (nach Heise et al. 2008) aber deutlich zu viel.

An dem Bodenprofil in Pevestorf konnte die zeitliche Belastungsentwicklung von Schwermetallen und Arsen aufgezeigt werden. Die Gesamtmetallgehalte wurden mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) vom Helmholtz Zentrum für Umweltforschung (Herrn P. Morgenstern) sowie mittels Quecksilber-Feststoffanalyzer (AMA-254, LECO) bestimmt. Die Tiefenprofile der Quecksilber- und Zinkgehalte (vgl. Abb. 8.1) zeigen exemplarisch (für Metalle) einen abweichenden Verlauf von dem der Dioxine. Das Quecksilberprofil zeigt historisch zwei Maxima. Das ältere – äquivalent der Dioxinkonzentrationen – tritt am Ende der 1950er- und zum Beginn der 1960er-Jahre auf, das jüngere ist Mitte der 1980er-Jahre zu verzeichnen. Das Zinkprofil zeigt dagegen maximale Konzentrationen in den 1960er- und 1970er-Jahren.

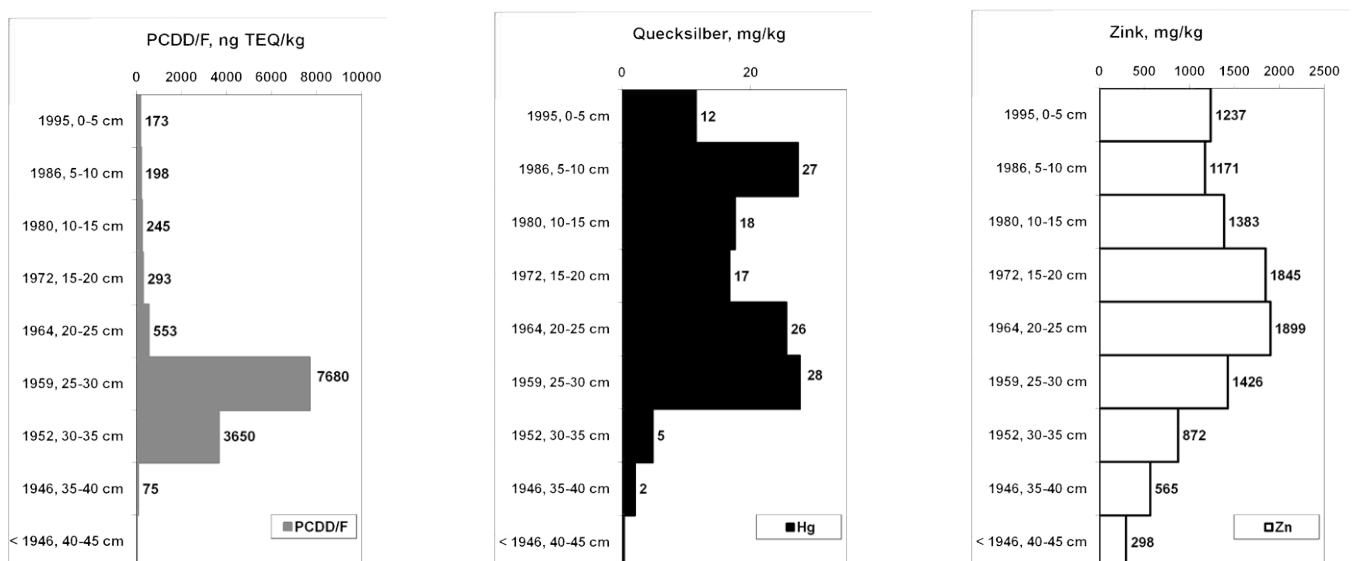


Abb. 8.1: Dioxin- (Götz et al. 2007), Quecksilber- und Zinkgehalte im Tiefenprofil des Pevestorfer Auenbodens

Diese Untersuchungen verdeutlichen,

- dass Dioxine und Schwermetalle unterschiedliche Belastungsentwicklungen durchlaufen haben, weil sie sich auf Produktionen unterschiedlicher Industriezweige zurückführen lassen (Quecksilber stammt z. B. aus der Chloralkalielektrolyse, während Dioxine aus der Leichtmetallproduktion stammen).
- dass Schwermetalle und Arsen nicht als Tracer für Dioxine in Elbauenböden fungieren können, weil sie ihre Belastungsspitzen zu anderen Zeitpunkten hatten.
- dass jüngste Bodenhorizonte von weniger stark belasteten Sedimenten gebildet werden. Dies liegt an der verbesserten Qualität aktuell eingetragener Sedimente gegenüber den historischen Sedimenten.
- dass höchste Dioxin- und Schwermetallgehalte historisch begründet sind und von jüngeren Sedimenten bedeckt wurden.

Da die Probennahme des Pevestorfer Auenbodens bereits 1995 erfolgte und somit die zeitliche Belastungsentwicklung in Auenböden nicht bis heute nachvollzogen werden konnte, wurden vergleichbare Untersuchungen auf dem Wehninger Werder angelegt. Es wurden sowohl Dioxin- wie Metallgehalte in einem ufernahen, humusreichen Auenboden (vgl. Kap. 7 in diesem Bericht, Profil 8) untersucht, deren jüngste Sedimenteinträge im Vergleich mit allen anderen Standorten des Werders mit 1.600 bis 2.700 g/m<sup>2</sup> am höchsten waren. Hier wurden die Quecksilbergehalte ebenfalls mittels Feststoffanalyser analysiert. Die Metallmessungen erfolgten mittels

Totalreflexions-Röntgenfluoreszenzanalyse nach Königswasseraufschluss. Das Institut Koldingen GmbH wurde mit der Dioxinanalytik beauftragt. Abbildung 8.2 zeigt das elbnahe Bodenprofil mit den Quecksilber- und Dioxingehalten. Sowohl aus dem Dioxinpeak als auch aus dem Verlauf der Quecksilbergehalte lassen sich durch Analogieschlüsse zu den Erkenntnissen aus der Arbeit von Götz et al. (2007) zumindest grobe zeitliche Einordnungen des Sedimentationsgeschehens der letzten 50 bis 60 Jahre vornehmen.

Die Schadstoffprofile des jungen Auenbodens auf dem Wehninger Werder unterscheiden sich von denjenigen aus Pevestorf, da die Sedimenteinträge unterschiedlich waren. Die höchsten Dioxingehalte auf dem Wehninger Werder erreichen lediglich ein Niveau von 2.500 ng TEQ/kg, weil sie mit starken hochwasserbedingten Sandeinträgen einhergingen, die sich sowohl beim Dioxin als auch beim Quecksilber verdünnend auf das Kontaminationsniveau auswirken.

Diese Untersuchungen zeigen, dass sich die Verbesserung der Sedimentqualität in der Elbe auf die Böden niederschlägt. Allerdings weichen die Qualitäten der obersten Bodenhorizonte immer noch von denen der rezenten Sedimente ab. Eine aktuelle Sedimentqualität, wie sie Stachel et al. (2011) für Dioxine mit 27 - 49 ng TEQ/kg und die Flussgebietsgemeinschaft (FGG)-Elbe für Quecksilber mit 1,65 mg/kg (im Median des Jahres 2011) an der unteren Mittel-Elbe finden, wird einerseits durch Bioturbation in den Böden selbst überprägt, weil wühlende Bodenorganismen die jüngsten Hochflutablagerungen sogleich mit älterem Bodenmaterial vermischen. Genauso wahrscheinlich ist es andererseits, dass sich die Qualität von Hochflutsedimenten (Quecksilber: 3,7 mg/kg im Median auf dem Wehninger Werder) durch die Remobilisierung von „Altlasten“, also ererbter Vorbelastungen, von der Qualität rezenter Elbsedimente unterscheidet. Zumindes zeigen die frischen Sedimente von der Messstation der Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGG-Elbe) in Schnackenburg im Verlauf des Jahres 2011 eine Reduzierung der Quecksilbergehalte im Januar/Februar, also während der Hochwasserzeiten, von 3 auf 1,5 mg/kg im Dezember.

Die Untersuchungen an beiden Standorten verdeutlichen, dass die historisch begründeten, sehr hohen Schadstoffgehalte durch jüngere Sedimente mit besserer Qualität überdeckt wurden. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass aktuelle Schadstoff-Hot Spots an Standorten mit unterbundenem und oder sehr geringem Sedimenteintrag zu finden sind.

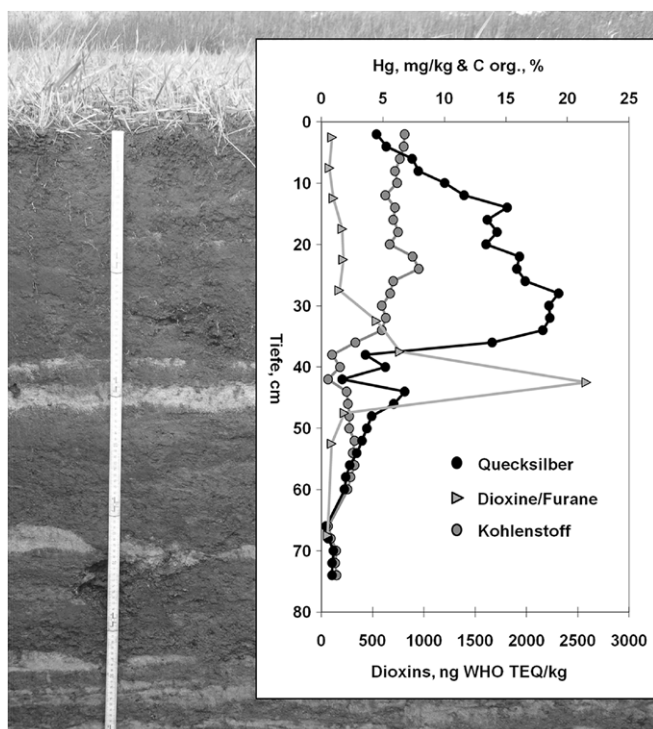


Abb. 8.2: Dioxin- und Quecksilbergehalte eines ufernahen, humosen Auenbodens (Gley-Tschernitzza, Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden 2005) des Wehninger Werders

## 8.2.3 Ermittlung von Metallmustern zur Identifizierung von Dioxin-Hot Spots

Die zeitlichen Belastungsentwicklungen von Dioxinen und Spurenmetallen verliefen so unterschiedlich (vgl. Abb. 8.1 und 8.2), dass Metallgehalte als Tracer zur Abschätzung von Dioxinkontaminationen in Oberböden der Elbaue ausscheiden. Die Untersuchung der zeitlichen Veränderung von Metallmustern zeigte jedoch, dass es möglich sein sollte, alte (hochgradig mit Dioxin belastete) Sedimente von jungen zu unterscheiden. Abbildung 8.3 zeigt die historische Entwicklung der Blei/Zink-Verhältnisse eines Auenbodens in Pevestorf. Dieser Verlauf führte zur Hypothese, dass Böden, die vom Eintrag junger Sedimente abgeschnitten sind oder einen sehr geringen Sedimenteintrag bei Hochwasser erfahren, ein relativ enges Blei/Zink (Pb/Zn)-Verhältnis aufweisen müssten. Sind Böden in der standardisierten Probennahmetiefe von 0 -10 cm durch ein relativ enges Pb/Zn-Verhältnis gekennzeichnet, so sollten in dieser Tiefenstufe die höchsten Dioxingehalte enthalten sein.

Zur Überprüfung oben genannter Hypothese wurden zusätzlich 12 Oberbodenproben (0 -10 cm) aus dem rezenten Überflutungsbereich zwischen Schnackenburg und Hitzacker gewonnen und hinsichtlich der Metall- und Dioxingehalte analysiert, um die hypothetische Indikatorfunktion von Metallmustern zu überprüfen (Haensch 2013). Unter den Probennahmestandorten finden sich Plateau-, Senken- und Flutrinnenstandorte mit unterschiedlicher Entfernung zur Elbe. Die Bodenproben wurden als Mischproben aus 10 Einstichen (0 -10 cm) hergestellt und aus homogenen 100 m<sup>2</sup>-Flächen gewonnen.

Es wurden Dioxingehalte zwischen 109 und 1.407 ng WHO TEQ/kg gefunden. Die Schwankungsbreite für ausgewählte Schwermetallgehalte liegt z. B. für Quecksilber zwischen 3,8 - 16,9 mg/kg, für Arsen zwischen 24 - 119 mg/kg, für Kupfer zwischen 57 - 304 mg/kg, für Zink zwischen 108 - 1.330 mg/kg und für Blei zwischen 78 - 445 mg/kg. Die Analyseergebnisse bestätigten, dass die höchsten Dioxin- und Metallgehalte in Flutrinnen bzw. Senkenpositionen auftreten. Erwartungsgemäß lassen sich

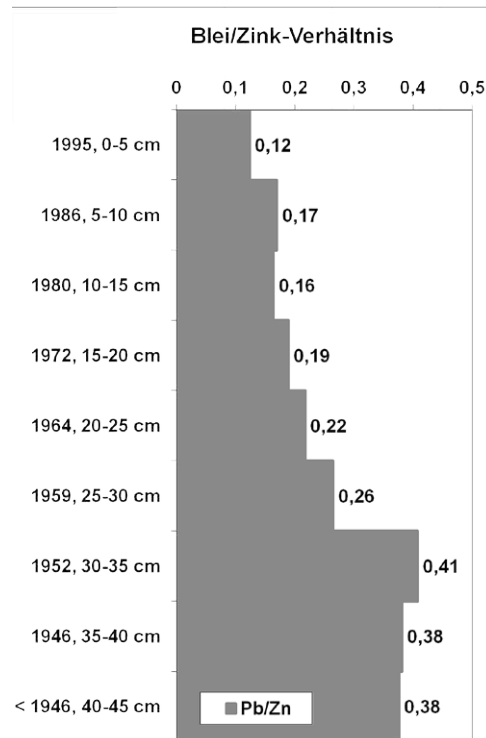


Abb. 8.3: Zeitliche Entwicklung der Blei/Zink-Verhältnisse (im Vergleich zu den Dioxingehalten siehe Abb. 8.1) eines Auenbodens in Pevestorf

die Senkenstandorte differenzieren in solche, die sowohl höchste Metall- als auch Dioxingehalte aufweisen und andere, die nur noch durch hohe Metallgehalte auffällig sind. Die Anwendung des Pb/Zn-Verhältnisses identifiziert diejenigen Standorte unter den Senken/Flutrinnen, die aktuell die Dioxin-Hot Spots darstellen (vgl. Abb. 8.4).

Demnach sind Dioxin-Hot Spots an der unteren Mittel-Elbe Standorte in Senkenlage mit geringem oder unterbrochenem Sedimenteintrag. Dieser spiegelt sich auch in verhältnismäßig geringmächtigen Humusanreicherungs-horizonten wider. Geochemisch charakterisierbar sind diese Oberböden durch ein enges Pb/Zn-Verhältnis und

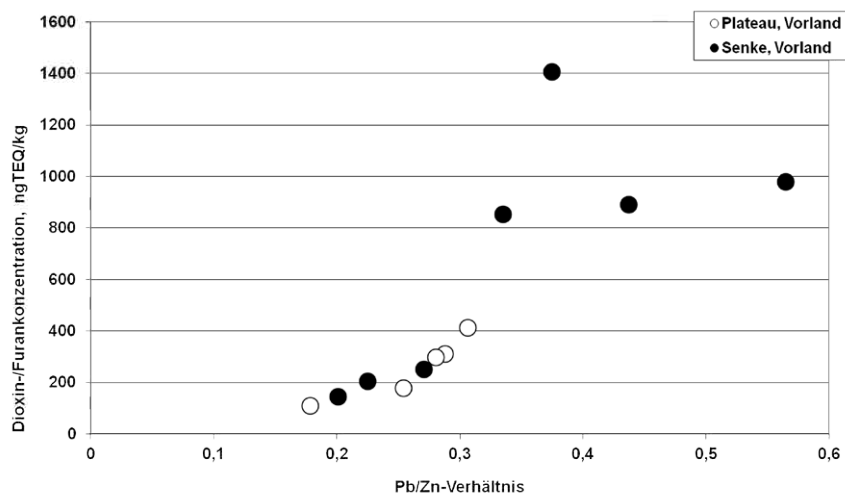


Abb. 8.4: Beziehung zwischen dem Pb/Zn-Verhältnis und dem Dioxingehalt in Oberböden des Überflutungsbereichs der unteren Mittel-Elbe

z. B. hohe Quecksilbergehalte. Die Illustration erfolgt in den rechtseibischen Auen zwischen km 513 - 515 (vgl. Abb. 8.5), wo von Weniger (2010) mithilfe der Auswertung historischer Karten eine Gliederung in einen alten und jungen Auenabschnitt vorgenommen wurde. Dabei sind die Böden des jungen Auenabschnitts durch höhere Humusgehalte, höhere pH-Werte und größere Anteile gering entwickelter pedogener Eisenoxide gekennzeichnet. Diese Merkmale deuten auf eine Bodenentwicklung aus jungen Sedimenten hin. Im Hinblick auf die Belastungs-

situation ist bezeichnend, dass die Flutrinne des jungen Auenabschnitts zwar noch einen Quecksilber-Hot Spot, nicht aber einen Dioxin-Hot Spot darstellt, weil die jüngeren, „dioxinärmeren“ Sedimente schon den Oberboden bilden. Anders sieht es dagegen im flussfernen, alten Auenabschnitt aus, dessen Senkenlage, gekennzeichnet durch schwache rezente Sedimentation, sowohl einen Schwermetall-Hot Spot als auch einen Dioxin-Hot Spot darstellt.

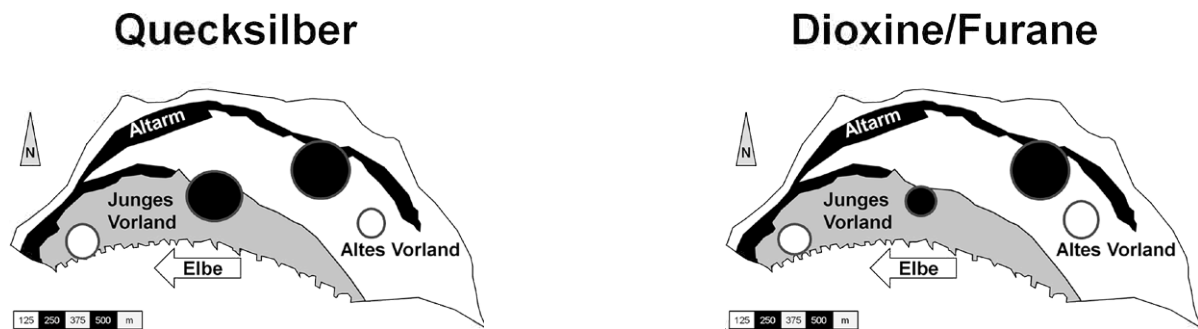


Abb. 8.5: Darstellung relativer Quecksilber- (links) und Dioxingehalte (rechts) in Oberböden am Beispiel der Überschwemmungsflächen zwischen Elbe-km 513 - 515. Die Größe der Kreise illustriert die relative Belastungshöhe, weiße Kreise stehen für Plateaustandorte, schwarze Kreise für Senken und Flutrinnen.

## 8.3 Mobilisierung von Spurenmetallen

### 8.3.1 Ziel der Mobilisierungsuntersuchungen

Ziel der Mobilisierungsuntersuchungen war es, die Mobilität von ausgewählten Schwermetallen (Eisen und Zink) und Arsen unter längeren Überflutungs- und höheren

Temperaturbedingungen, wie sie durch den Klimawandel erwartet werden können, auf unterschiedlich hoch kontaminierten, repräsentativen Standorten zu untersuchen.

### 8.3.2 Methodik

Die Mobilisierungsstudien wurden in Lysimetern mit einer ungestörten 30 cm langen Bodensäule durchgeführt. Die Probenentnahme erfolgte auf dem Wehninger Werder (Elbe-km 513 - 515) an einem mäßig kontaminierten Plateaustandort sowie an einem hochgradig kontaminierten Flutrinnenstandort (vgl. Abb. 8.4 sowie Profile 2 und 11 in Kap. 7 in diesem Bericht). Sowohl am hochgelegenen Plateaustandort als auch am tief gelegenen Flutrinnenstandort wurden zwei Bodensäulen gewonnen. Zur Steuerung der Raum- und Bodentemperaturen wurden die Lysimeter in einer Klimakammer aufgebaut (vgl. Abb. 8.6). Die Lysimeter wurden am basalen Ausflusshahn mit einem Steigrohr verbunden, welches es erlaubte, den Wasserstand im Lysimeter zu kontrollieren. Jeweils eine der Bodensäulen wurde in 10 cm Tiefe mit einem Thermometer ausgestattet. Jedem Lysimeter wurden zwei Redoxelektroden eingesetzt, eine in 10 cm und

eine in 20 cm Tiefe. In den gleichen Tiefen erfolgte der Einbau von Mikro-Saugsonden (TYP SMS, Rhizosphere, Wageningen) zur Gewinnung der Bodenlösung. Die Messung des Redoxpotenzials wurde mittels WTW pH-Meter 3110 durchgeführt. Die notwendige Ag/AgCl-Referenzelektrode wurde jeweils zum Messtermin im Steigrohr platziert. Der Einstau erfolgte mit Leitungswasser bis zur Geländeoberfläche (Röhr 2013).

Die bodenkundliche Beschreibung der Standorte wurde von Wegener (2013) vorgenommen. Der Flutrinnenstandort ist ein hoch belasteter Auenboden aus Ton mit 16 % Humus im oberen Bereich des Lysimeter-Bodenprofils und 12 bis 8 % Humus im unteren Teil. Der Plateaustandort ist ein mäßig belasteter Auenboden aus Lehm mit knapp 7 % Humus im oberen und 5 % Humus im unteren Bereich des Lysimeters.

Die Ableitung des Versuchsdesigns beruhte auf der Auswertung der aktuellen Überflutungsdauer sowie der Ableitung einer Anfangstemperatur, die an sommerlichen Wassertemperaturen orientiert wurde. Da Redoxprozesse von mikrobiologischer Aktivität abhängen, wurden sommerliche Überflutungsszenarien ausgewertet. Durchschnittliche Überflutungszeiträume betragen im hydrologischen Sommerhalbjahr zwischen 1990 und



Abb. 8.6: Klimakammer mit Auenboden-Lysimetern

2010 am Plateaustandort 1,5 Tage, am Flutrinnenstandort 20,5 Tage, die Lufttemperaturen schwankten zwischen 10 °C und 20 °C, die Wassertemperaturen zwischen 15 °C und 17 °C (Röhr 2013). Aufgrund der langen Verweilzeit des Wassers in den Auen durch Rückstau und die niedrigeren Wasserstände gegenüber dem Fluss wurden leicht erhöhte Anfangstemperaturen von 18 °C (Luft) gewählt, die zu 15 °C Bodentemperatur führten. Die Versuchsdauer wurde aufbauend auf Prozessstudien von Brümmer (1974) und Frohne et al. (2011), die entweder nach 15 Tagen sulfidische Festlegung von gelösten Eisenionen beobachteten bzw. deren Redoxpotenziale nach 15 bis 20 Tagen stagnierte (Overesch et al. 2008), auf 20 Tage festgelegt.

Probennahmen erfolgten mithilfe von 50 ml Laborspritzen am 2., 5., 7., 9., 12., 14., 16., 19. und 20. Tag nach Einstau. Weil die Überflutungsphasen der Plateaustandorte deutlich kürzer ausfallen, wurden diese lediglich bis zum 9. Tag untersucht.

Nach Abschluss des ersten Versuchs wurde das Bodenwasser abgelassen. Die gleichen Bodensäulen wurden nach einer Trockenphase erneut eingestaut. Die Versuchsbedingungen lagen dann bei 23 °C Luft- und 18 °C Bodentemperatur.

## 8.3.3 Ergebnisse und Diskussion

### 8.3.3.1 Entwicklung des Redoxpotenzials

Abbildung 8.7 zeigt exemplarisch die Verläufe der Redoxpotenziale von Lysimeter 1 (Flutrinne) sowie Lysimeter 4 (Plateau) in jeweils zwei Tiefenstufen während beider Überflutungsphasen. Die absolute Höhe der Potenziale ist typisch für Flussauenböden (Schwartz 2001). Sie repräsentieren allerdings lediglich das Potenzial an einem lokal begrenzten Ort innerhalb der Bodensäule. Da Böden mit ihrem wasser- und/oder luftgefüllten Porenraum heterogen sind, kann insgesamt von einer größeren Spannbreite der Redoxpotenziale ausgegangen werden. Plausibel ist daher, dass in der Tiefenstufe 10 cm die jeweils niedrigeren Potenziale gefunden werden, da die zur Reduktion notwendigen Humusgehalte dort jeweils größer sind. Auffällig ist, dass die Potenziale am Plateaustandort im Vergleich zur Flutrinne viel schneller fallen. Dies könnte einerseits mit der bodeneigenen Heterogenität zu erklären sein. Andererseits könnte es bedeuten, dass die organische Substanz des Plateaustandorts, die wahrscheinlich einen anderen Mineralisierungsgrad aufweist, für die Mikroorganismen leichter verfügbar ist.

Auffällig ist, dass auch während der zweiten Flutungsphase die Potenziale beim Plateaustandort viel schneller sinken. Dies ist wahrscheinlich auf die höhere Bodentemperatur (18 °C) zurückzuführen. Beim Plateaustandort indizieren die Potenziale nach einer dreiwöchigen Trockenphase ein sauerstoffreiches Milieu, während die einwöchentliche Trockenphase des Flutrinnenstandorts nicht zu

einer Potenzialerhöhung führte. Wahrscheinlich führen auch die hohen Tongehalte des Flutrinnenstandorts zu einer deutlich schlechteren Durchlüftung, sodass die Reduktionsprozesse im feineren Porensystem mehr oder weniger ununterbrochen fortliefen.

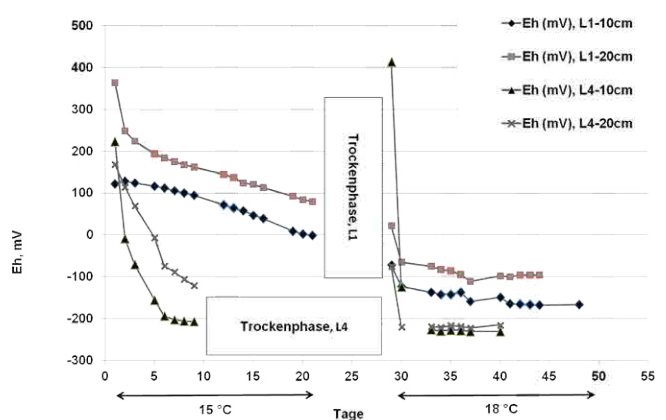
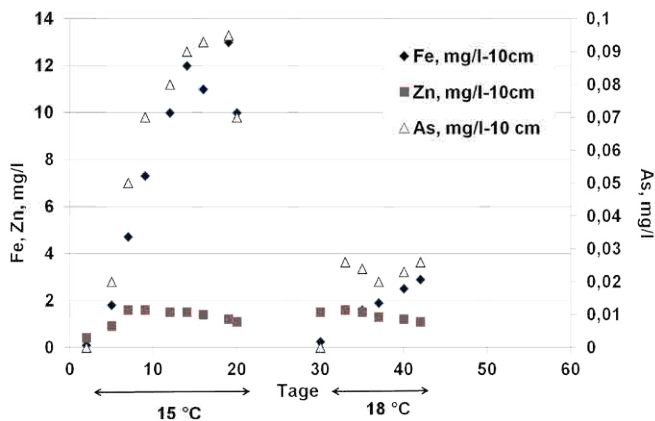


Abb. 8.7: Entwicklung der Redoxpotenziale in monolithischen Lysimetern eines Flutrinnenstandorts (L1) sowie eines Plateaustandorts (L4) des Wehninger Werders

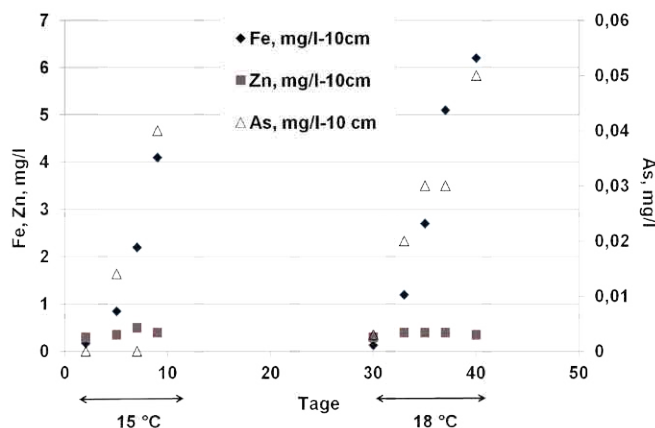
### 8.3.3.2 Entwicklung der mobilisierten Metallgehalte

Die überflutungsbedingte Reduktion der Eisenoxide in den Flussauenböden macht sich an beiden Standorten erwartungsgemäß in einer Zunahme der Eisengehalte in der Bodenlösung bemerkbar (vgl. Abb. 8.8). Dabei steigen die Eisengehalte in der ersten Flutungsphase am Flutrinnenstandort und mit ihnen die Arsengehalte in der Bodenlösung schneller an als am Plateaustandort, was vermutlich auf die höheren leichtlöslichen Eisenoxidgehalte des Bodens zurückzuführen ist. Das spezifisch am Eisenoxid gebundene Arsen geht gleichfalls stärker in Lösung. Nach dem vierzehnten Versuchstag ist am Flutrinnenstandort zu beobachten, dass die weitere Mobilisierung verlangsamt wird. Zum Teil erniedrigte

Metallgehalte könnten auch als Indiz für den Beginn einer sulfidischen Festlegung gedeutet werden. Bis zum neunten Versuchstag ist auch beim Plateaustandort eine lineare Zunahme der Metallgehalte von Eisen und Arsen zu beobachten, allerdings mit niedrigeren Konzentrationen. Eine Zunahme der Zinkgehalte in den Böden ist nur während der ersten Versuchstage festzustellen. Die Gehalte sinken anschließend kontinuierlich, fallen allerdings nicht auf ihr Ausgangsniveau zurück. Die Mobilisierung des Zinks scheint unabhängig von der weiteren Reduktion der Eisenoxide zu sein, und auch die Temperaturerhöhung in der zweiten Versuchsphase bleibt ohne Einfluss auf die mobilisierten Gehalte.



Die Länge der Trockenphase hat maßgeblichen Einfluss auf die Ergebnisse der zweiten Flutungsphase. Das Ablassen des Bodenwassers führte zur Entleerung der großen Poren und auch zum Entzug eines Teils der bis dahin mobilisierten Metallgehalte. Allen Lysimetern mussten 4,5 l zur neuerlichen Aufsättigung zugeführt werden. Die hohen Potenziale am Plateaustandort zum Beginn der zweiten Flutungsphase deuten auf ein oxisches Milieu hin, sodass eine erneute Reduktion von Eisenoxiden einsetzen konnte. Damit ging erneut die Freisetzung von Metallen einher. Wahrscheinlich führten die höheren Temperaturen zur stärkeren Freisetzung von Eisen und Arsen.



Der erneute Einstau mit Temperaturerhöhung führte auch am Flutrinnenstandort zur weiteren Reduktion von Eisenoxiden. Allerdings weisen die Eisen- und Arsengehalte in der Bodenlösung beim Flutrinnenstandort deutlich niedrigere Werte auf. Das liegt vermutlich an zwei gegenläufigen Prozessen im heterogenen Porensystem. Zum einen ist damit zu rechnen, dass bei zunehmend sinkenden Redoxpotenzialen die Auflösung von Eisenoxiden voranschreitet, andererseits werden mobile Metalle zunehmend sulfidisch gebunden.

Abb. 8.8: Zeitlicher Verlauf der mobilisierten Eisen-, Arsen- und Zinkgehalte eines Flutrinnenstandorts (links) und eines Plateaustandorts (rechts) des Wehninger Werders bei unterschiedlichen Temperaturen in Lysimeterversuchen

## 8.4 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Böden der Elbtalau sind hochgradig mit Dioxinen, Schwermetallen und anderen Schadstoffen belastet. Ihr Vorkommen und ihre Verteilung in den Auen werden durch Sedimentationsvorgänge geprägt. Hochdynamische Standorte zeigen aufgrund der Verbesserung der Sedimentqualität meist auch bessere Bodenqualitäten. Daraus ist zu schlussfolgern, dass eine Förderung der Sedimentation in den Teilbereichen der Aue, die heute vom hochwassergebundenen Sedimentationsgeschehen abgeschnitten sind, helfen kann, die Situation zu verbessern. Des Weiteren muss gefordert werden, nach Alternativen zur derzeitigen Grünlandnutzung für das Vorland zu suchen. So gäbe es z. B. die Möglichkeit, Auwald zu fördern, wo er nicht negativ auf das Abflussverhalten wirkt. Die energetische Nutzung des Aufwuchses wäre denkbar, ebenso die Verfütterung an Tierarten, deren Produkte nicht für den menschlichen Verzehr gedacht sind.

Des Weiteren bleibt festzustellen, dass höhere Temperaturen und längere Überflutungszeiten die Quellenfunktion von Böden für gelöste Metalle unter reduzierten Bedingungen erhöhen können. Insbesondere häufigere und längere Überflutungen von Plateaustandorten, die bis dato im Sommerhalbjahr eher selten betroffen sind, können zu zusätzlichen Metallfreisetzungen führen. In Flutrinnenstandorten ist dagegen die Temperaturerhöhung für zusätzliche Metallfreisetzungen im Hochwasserfall von größerer Relevanz. Bei lang andauernden Überflutungen ist mit einer sulfidischen Festlegung der Metalle zu rechnen. Diese Tatsachen bleiben allerdings hinsichtlich ihrer Bedeutung für ein Auenmanagement gegenüber dem partikulären Schadstofftransport zurück.

## 8.5 Forschungsbedarf

Weiterer Forschungsbedarf ergibt sich hinsichtlich der Nutzungsalternativen für das Auengrünland. Es sollten durch Modellierungsarbeiten diejenigen Überflutungsflächen lokalisiert werden, an denen Auwaldpflanzungen oder auch Nutzungen mit erhöhter Rauigkeit keinen Abflusswiderstand darstellen. Darüber hinaus muss bei weiteren alternativen Nutzungen des Grünlands

der Schadstofftransfer überprüft werden, damit andere Schutzgüter keine Beeinträchtigungen erfahren. Um die Quellen- oder Senkenfunktion von Auenböden für Schwermetalle und Arsen zu quantifizieren, bleibt zu klären, welches Ausmaß der Austausch mobilisierter Metalle mit dem Überflutungswasser bzw. dem Grundwasser im Boden annehmen kann.



# 9 Landwirtschaft in der Elbtalaue – Strukturen und Entwicklungen vor dem Hintergrund des Klimawandels

*Enno Eiben, Jürgen von Haaren*

## 9.1 Einleitung

Landwirtschaft in der morphologischen Aue der Unteren Mittelbe hat zwei typische Ausprägungen: In den Bereichen, die deichgeschützt sind, überwiegt der Ackerbau. Auf den ungeschützten Bereichen erfolgt Grünlandnutzung. Die Landwirtschaft im Allgemeinen dient nicht nur der Erzeugung von Nahrungs- und Futtermitteln sowie Bioenergie, sondern erfüllt vielfältige weitere Aufgaben wie Landschaftspflege, Hochwasserschutz, Erhalt von Kulturlandschaften und den von diesen abhängigen (seltenen) Pflanzen und Tieren. Sowohl der Hochwasser- als auch der (Kultur-)Landschafts- und der Naturschutz sind Handlungsfelder, die von der Landwirtschaft profitieren, diese aber auch einschränken können (vgl. Tab. 9.1).

Tab. 9.1: Beispiele für Wechselwirkungen zwischen Landwirtschaft und anderen Handlungsfeldern

Handlungsfeld	Vorteile für Handlungsfelder durch Aktivitäten der Landwirtschaft	Einschränkungen für die Landwirtschaft durch Handlungsfelder
Hochwasserschutz	Grünlandnutzung verhindert eine Verbuschung im Vordeichsbereich und trägt zur Freihaltung des Hochwasserabflussprofils bei	Überflutung von Poldern verhindert die Nutzung und/oder zerstört den Aufwuchs
(Kultur-) Landschaftsschutz	Bewirtschaftung pflegt und erhält typisch-regionale Kulturlandschaften	Entwicklung hinsichtlich (Wasser-, Energie-, PSM-) Effizienz wird kritisch gesehen (eben, groß, rechteckig, reguliert)
Naturschutz	Lebensraum für Fauna mit Vorliebe für Weite; Rast-, Ruhe- und Futterstandorte auf Acker und Grünland; Erhalt vielfältiger Flora (Grünlandstandorte); Nährstoffentzug durch Mahd oder Beweidung	Flächenkonkurrenz; Extensivierung; Bewirtschaftungseinschränkungen (reduzierte Einnahmen pro Fläche erfordert Wachstum der Betriebsgröße und/oder Intensivierung auf anderen Flächen); Flächenvorlieben des Naturschutzes (klein, heterogen, verschachtelt); Bewirtschaftung wird erschwert (steigende Kosten, größere Umwelteinwirkungen)

Naturschutzvorgaben und aus den Hochwasserereignissen resultierende Schadstoffbelastungen in den Überschwemmungsgebieten der Elbe erschweren die landwirtschaftliche Nutzung, da der Landwirt als Produkthaftender (Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch [§§ 1, 3, 13, 17, 23, 57 LFBG], Futtermittelverordnung [§§ 23, 25, 29 FuttMV], Düngemittelrecht [Düngemittelgesetz, Düngemittelverordnung]) zu vorsorgender Bewirtschaftung angehalten ist (Heuer et al. 2007, LWK 2010, 2012, 2013a, b, c). Teilweise werden die Flächen trotz geringen landwirtschaftlichen Ertrags nicht aus der Bewirtschaftung genommen, da sie als Flächennachweis für Gülleausbringung (außerhalb des Geltungsbereichs des Gesetzes über das Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue [NEIbtBRG]) oder für Stallbauvorhaben gebraucht werden oder aber mit Milchquoten belegt sind.

Zudem kann die Landwirtschaft in der Aue durch veränderte klimatische Bedingungen beeinträchtigt werden, sowohl im deichgeschützten als auch im Deichvorland-Bereich. Trockenheit in der Vegetationsperiode und Hochwasserereignisse mit Überschwemmungen und Nässeschäden verringern den Ertrag und die Qualität der Ernte; Sedimentation und Erosion führen zu Futtermittelschmutzungen und Bewirtschaftungserschwernissen. Höhere Temperaturen können neue Pflanzen- und Tierkrankheiten, Schaderreger und Beikräuter begünstigen, auf die sich die Landwirtschaft einstellen muss.

Grünland hat einen vergleichsweise hohen, kontinuierlichen Wasserbedarf. Die Evaporation ist zwar durch die dichte Bodenbedeckung gering, die Interzeption aber hoch. Wenn die Wasserversorgung nicht gesichert ist, kann es zu Trockenschäden (kurzfristig) kommen, die mehrere Jahre Folgeauswirkungen haben und zu Ver-

schiebungen in der Grünlandartenzusammensetzung führen können (langfristig). Das hat wiederum Folgen für die Futterqualität und damit auch Auswirkungen auf die Tiergesundheit. Extensives Grünland ist dabei weniger anfällig als intensives Grünland (vgl. Eitzinger et al. 2009). Mildere Temperaturen bedeuten bessere Lebensbedingungen für Schädlinge, wie Engerlinge, die das Wurzelsystem beeinträchtigen (vgl. ebenda), auch kann es vermehrt zu Gräserkrankheiten (z. B. Rostpilz) kommen (vgl. Diepolder 2007, zit. in Eitzinger et al. 2009). Auf diese Vielzahl von Veränderungen sollten sich die Bewirtschafter aufgrund der Unsicherheiten nach Möglichkeit in Form von No-Regret-Maßnahmen anpassen.

Auf der anderen Seite bietet der Klimawandel (längere Vegetationsperioden, höhere Temperaturen etc.) auch Chancen, indem neue Kulturarten und Anbausysteme (evtl. mehrere Ernten pro Jahr) Eingang in die hiesige landwirtschaftliche Nutzung finden und die Wertschöpfung im Raum erhöhen können. Ein höherer CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Atmosphäre kann bei C3-Pflanzen das Wachstum (durch erhöhte Photosynthese) verbessern (Hörmann & Chmielewski 1998, Piao et al. 2007, Gill et al. 2002), vorausgesetzt, alle anderen Ertragsfaktoren befinden sich im Optimum. Dieses muss sich nicht zwingend in erhöhten Erträgen widerspiegeln (Bunce 2004, Nie et al. 1992). Zu hohe Temperaturen können die Wachstumsbedingungen bei einigen Kulturen auch verschlechtern (z. B. bei Kartoffeln).

Die Auenvegetation – und damit auch die landwirtschaftliche Nutzung – ist eng mit dem Wasserstand der Elbe und dem Grundwasserstand verknüpft. Die möglichen, zukünftigen Abflusswerte der Elbe schwanken in den Projektionen der Klima-Niederschlag-Abfluss-Model-

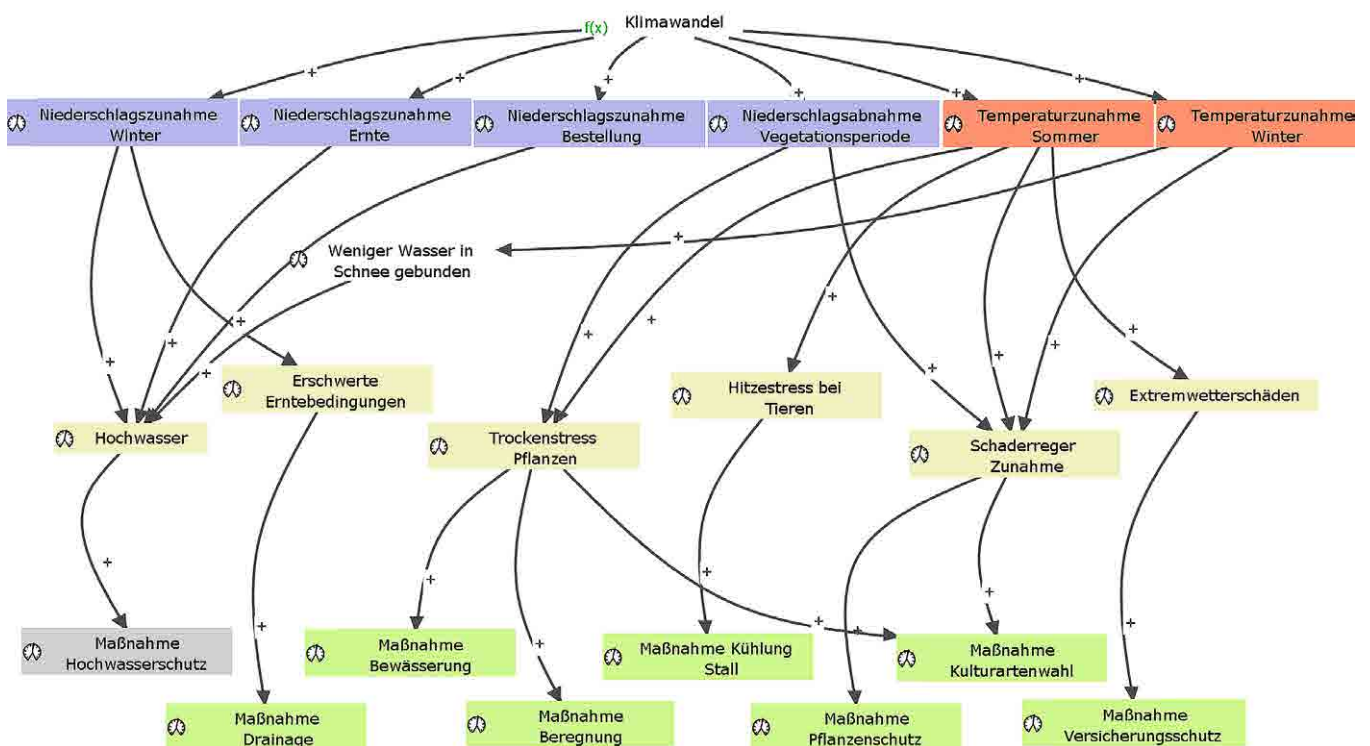


Abb. 9.1: Klimawandel hat Auswirkungen auf Niederschlagsgeschehen (blau) und Temperatur (rot), daraus ergeben sich Betroffenheiten für die Landwirtschaft (gelb) und mögliche Gegenmaßnahmen des Landwirts (grün) bzw. der Gesellschaft (grau).

lierer. Manche gehen im hydrologischen Sommer in naher Zukunft (2021 - 2050) von einer Änderung von -15 bis +5 % am Pegel Neu Darchau aus (Lingemann et al. 2013), für die ferne Zukunft (2071 - 2100) von -25 bis 0 % (ebenda). Nach Bastola (2013) ist eine Ermittlung zukünftiger Abflüsse eines Einzugsgebiets derzeit nicht sicher möglich. Diese zentrale Einflussgröße ist damit nur schwer abschätzbar.

Zudem wird die Entwicklung der Landwirtschaft von weiteren, z. T. kaum vorhersehbaren Faktoren beeinflusst, u. a. durch den weiter voranschreitenden landwirtschaftlichen Strukturwandel (Rückgang der Betriebszahlen in

Niedersachsen von 6,9 % in den Jahren 2007 bis 2010 (ML o. J.), Rückgang der Betriebszahlen in Deutschland zwischen 2000 und 2010 um 1/3 auf 300.000 (AID Infodienst o. J.) sowie Änderungen in der neuen EU-Förderperiode 2014 bis 2020.

Unter sich ändernden Klimabedingungen müssen nicht nur die Betriebe selbst, sondern ggf. auch die flankierenden agrarpolitischen Maßnahmen (Agrarumweltmaßnahmen, Vertragsnaturschutz, Agrarstrukturverbesserungen und einzelbetriebliche Förderung) einen Anpassungsprozess durchlaufen.

## 9.2 Beschreibung der Landwirtschaft in der Elbtalaue

### Entwicklung der Landwirtschaft

Zur Analyse der landwirtschaftlichen Nutzung (vgl. Abb. 9.4), der damit verbundenen Agrarförderung und Naturschutzprogramme in der Gemeinde Amt Neuhaus und (den Gemeinden) der Dannenberger Marsch liegen unterschiedliche Datensätze und Auswertungen mit unterschiedlichen Bezugsräumen/Maßstäben, teilweise zurückreichend bis in das Jahr 1960, vor. Aktuelle Analysen stützen sich auf statistische Erhebungen und Landwirtschaftszählungen (vgl. LWK 2008 bis 2013, LSKN o. J. c) sowie Befragungen (2011, 2012) und Antragsdaten (2011, 2012) von Beispielbetrieben mit Flächen in der rezenten Aue der Elbe. Seit 1960 hat sich in den Gemeinden der Dannenberger Marsch die Zahl der Betriebe (Haupt- und Nebenerwerb) auf 152 halbiert, im Amt Neuhaus (ab 1995) ist die Zahl um ein Drittel auf 51 zurückgegangen (vgl. Abb. 9.2). Dabei ist der Nebenerwerbsanteil bezogen auf die jeweilige Gesamtzahl der Betriebe in der Gemeinde Amt Neuhaus höher als in den Gemeinden der Dannenberger Marsch. Zwischen 1995 und 2010 ist in beiden Gebieten ein Rückgang im Nebenerwerb zu beobachten (vgl. Niedersächsisches Landesamt für Statistik – Referat 34 – Landwirtschaft o. J., LSKN o. J. d).

Die Anzahl der Hauptbetriebe in der Gemeinde Amt Neuhaus ist zwischen 1995 und 2010 stabil geblieben, in den Gemeinden der Dannenberger Marsch ist eine weitere Abnahme zu erkennen (vgl. ebenda). Die durchschnittliche Flächengröße je Betrieb nimmt gleichzeitig zu (vgl. Abb. 9.3).

In den Gemeinden der Dannenberger Marsch ist die mittlere Betriebsgröße seit 1960 um 91 % gewachsen. Das entspricht einem mittleren Flächenzuwachs pro Betrieb von 90 ha auf durchschnittliche 100 ha. In Amt Neuhaus sind seit 1995 die Betriebsgrößen um 56 % gewachsen, im arithmetischen Mittel sind sie ca. doppelt so groß wie in der Dannenberger Marsch (vgl. Niedersächsisches Landesamt für Statistik – Referat 34 – Landwirtschaft (o. J.), LSKN o. J. c). Flächenzuwachs ist vermutlich Ursache und/oder Folge und/oder Bedingung für erfolgreiche bzw. weiterhin existierende Betriebe im betrachteten Gebiet. Wesentlich ist der Strukturwandel durch Aufgabe von Betrieben. Diese Aufgabe findet i. d. R. im Generationswechsel statt. Häufig fehlt auch bei gut wirtschaftenden Betrieben ein Hofnachfolger, sodass die Betriebe auslaufen.

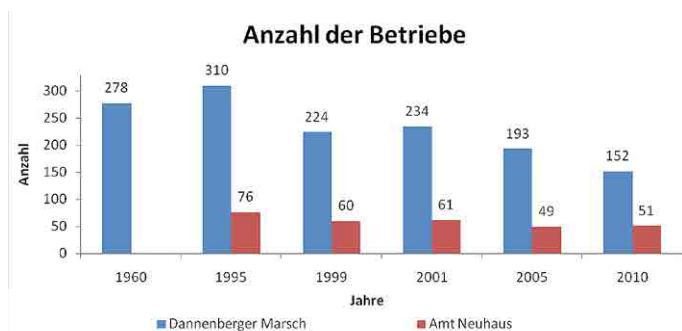


Abb. 9.2: Anzahl der Betriebe (Haupt- und Nebenerwerb) in den Gemeinden der Dannenberger Marsch (Gemeinden Damnatz, Gusborn, Langendorf, Dannenberg, Hitzacker) und in der Gemeinde Amt Neuhaus (Quellen: Niedersächsisches Landesamt für Statistik – Referat 34 – Landwirtschaft (o. J.), Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen (o. J.))

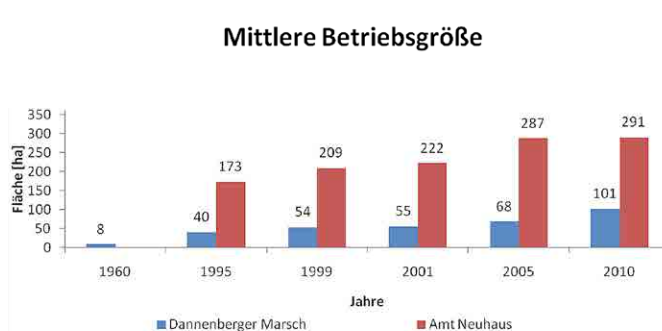


Abb. 9.3: Mittlere Betriebsgrößen in den Gemeinden der Dannenberger Marsch (Gemeinden Damnatz, Gusborn, Langendorf, Dannenberg, Hitzacker) und im Amt Neuhaus (Quellen: Niedersächsisches Landesamt für Statistik – Referat 34 – Landwirtschaft (o. J.), Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen (o. J.))

Die sehr unterschiedliche Agrarstruktur im Amt Neuhaus und in der Dannenberger Marsch hat historische Ursachen. Rechtseibisch handelt es sich bei den Betrieben um die Nachfolgeorganisationen der Landwirtschaftlichen Produktionsgenossenschaften, sowie Betriebsgründungen von Wieder- und Neueinrichtern, linkselbisch um eine historisch gewachsene, kleinstrukturierte, bäuerliche Landwirtschaft.

Bei der Tierhaltung (vgl. LSKN o. J. c) zeigt sich in der Dannenberger Marsch eine rückläufige Tendenz. Schwerpunkt ist dort (nach Individuenzahlen) die Schweinehaltung. Im Amt Neuhaus zeigt sich eine steigende Tendenz in den Tierzahlen. Dabei ist im Amt Neuhaus die Rinderhaltung bedeutend, mit deutlich wachsenden Herdengrößen. Dazu passend ist die Zunahme von Maisanbau (vgl. LWK 2008 bis 2013) zur Deckung des Grundfutterbedarfs, aber auch für die Versorgung von Biogasanlagen (vgl. LSKN o. J. c).

Der Haupterwerbsanteil in beiden Gebieten ist zwischen 1995 und 2010 gestiegen. Dabei ist der Zuwachs in Amt Neuhaus ausgeprägter als in der Dannenberger Marsch (DAN: von 50 % auf 57 %, AN: von 20 % auf 42 %) (vgl. LSKN o. J. d).

Getreide und Mais sind neben der Grünlandnutzung die wichtigsten Anbauprodukte des betrachteten Gebiets, in der Dannenberger Marsch sind zudem Zuckerrüben und

Kartoffeln verbreitet (vgl. LWK 2008 bis 2013). Der Vergleich der landwirtschaftlichen Nutzung (Acker, Grünland unterschiedlicher Futterwertqualitäten) auf Grundlage von Geodaten im Bereich der Dannenberger Marsch zwischen 1992 und 2003/04 zeigt durch den Anstieg des Ackeranteils und die Zunahme des Anteils höher energetischer Grünländer eine Intensivierungstendenz (Eiben 2010). Dieser Trend ist auch im Vordeichsbereich der Dannenberger Marsch zu erkennen (Eiben 2013). Seit der letzten Kartierung der Biotoptypen ist annähernd eine Dekade vergangen, und Beobachtungen der letzten Jahre zeigen, dass sich dieser Trend umgekehrt hat (von Haaren m.d. 2013). Die verbreitete Inanspruchnahme der Agrarumweltmaßnahmen (die eine Extensivierung der Nutzung mit sich führen) in diesem Bereich lässt keine andere Vermutung zu. Eine neue Biotoptypenkartierung im Bereich der Elbtalauaue könnte Aufschluss über die tatsächliche, aktuelle Nutzung geben. Betriebsbefragungen in den Jahren 1992 (Landwirtschaftskammer Hannover 1993) und 2006 (Heuer et al. 2007) von 18 Betrieben im Bereich der Dannenberger Marsch zeigen bei der Grünlandnutzung zwei Tendenzen:

1. Die Fläche der Weidenutzung stagniert annähernd, es gibt Verschiebungen zugunsten extensiverer Varianten.
2. Die Fläche der Wiesenutzung hat zugenommen, besonders in den intensiveren Varianten.

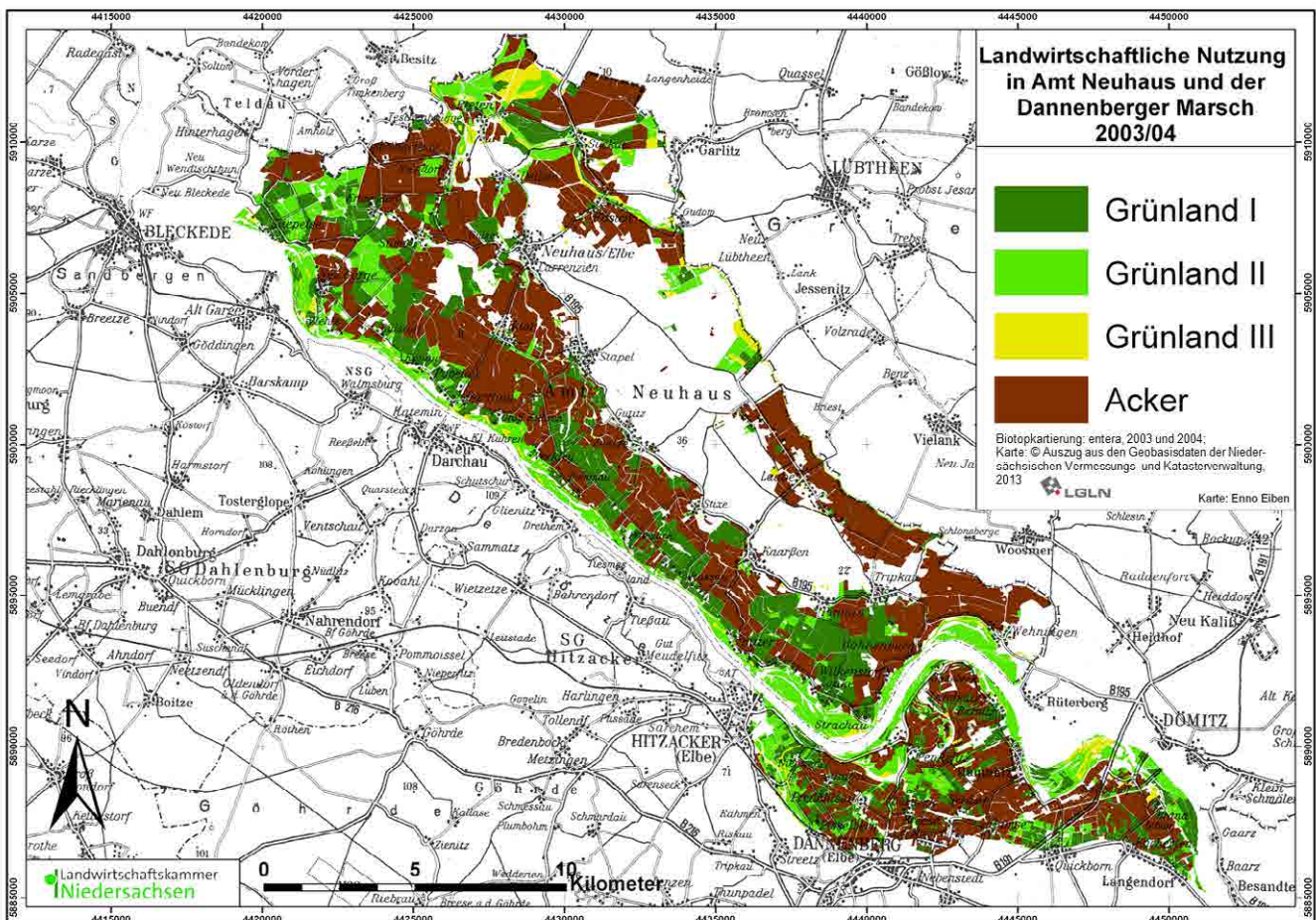


Abb. 9.4: Landwirtschaftliche Nutzung in Amt Neuhaus und der Dannenberger Marsch (Biotopkartierung: entera 2004; Kartengrundlage: Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung 2013)

## Rechtliche Rahmenbedingungen

Aufgrund vielfältiger Nutzungs- und Schutzansprüche erfolgt die Pflanzen- und Tierproduktion unter Berücksichtigung zahlreicher gesetzlicher Vorgaben. Durch den Status „Biosphärenreservat“ mit den entsprechenden Rahmenbedingungen, aber auch den verschiedenen Möglichkeiten von Vertragsnaturschutzvarianten und anderen Förderungen, werden die Landwirte in der Niedersächsischen Elbtalau stärker in ihren Entwicklungsspielräumen beeinflusst und haben gleichzeitig andere

Möglichkeiten als in weniger geschützten Gebieten. Zielrichtung aus Naturschutzsicht ist im Allgemeinen eine Extensivierung der Landnutzung und eine Begrenzung der tierischen Produktion, im Besonderen der flächenunabhängigen Veredelung. Eine Zusammenstellung der rechtlichen Rahmenbedingungen und der Fördermöglichkeiten ermöglicht einen Überblick zu den wichtigsten Gesetzen, Verordnungen und weiteren Vorgaben (Eiben & Mersch 2013).

## Agrarumweltmaßnahmen (AUM): Niedersächsisches Agrar-Umweltprogramm (NAU) und Kooperationsprogramm Naturschutz (KoopNat)

Ein Großteil der landwirtschaftlichen Betriebe in der Elbtalau nimmt am Niedersächsischen Agrar-Umweltprogramm (NAU) und dem Kooperationsprogramm Naturschutz (KoopNat) teil (zusammengefasst: Agrarumweltmaßnahmen (AUM)). Dabei handelt es sich um freiwilligen Vertragsnaturschutz, bei dem der Landwirt als Ausgleich für Erschwernisse, wie z. B. bei Extensivierungsmaßnahmen mit Bewirtschaftungsaufgaben und Ertragsminderungen, Ausgleichszahlungen erhält. Bei fünf Beispielbetrieben, die an Befragungen im Projekt teilgenommen haben, schwankt der Anteil der Betriebsflächen mit AUM zwischen 33 % und 100 % (ein ökologisch wirtschaftender Betrieb). Davon liegen zwischen 12 % und 53 % AUM auf Grünlandflächen der rezenten Aue. Zwischen 80 % und mehrheitlich 100 % der Grünlandflächen in der rezenten Aue der Beispielbetriebe sind mit AUM belegt (Eiben 2012). Daran lässt sich erkennen, dass die Betriebe in der Elbtalau an einer Kooperation mit dem Naturschutz sehr interessiert sind und dass die Grünlandnutzung in der rezenten Aue in Kombination mit NAU und KoopNat unter

den aktuellen Umständen die bevorzugte landwirtschaftliche Praxis darstellt. Zu beachten ist, dass die Beanspruchung dieser Zahlungen die Betriebe in eine mehr oder minder große Abhängigkeitsposition gegenüber der aktuellen Agrar-Politik befördert. Die exogenen Limitierungen (naturschutzfachliche Auflagen, Schadstoffbelastungen aus anderen Regionen und vergangenen Epochen) verhindern aber eine Befreiung aus dieser Abhängigkeit. Damit wird unfreiwillig der – von einigen Bevölkerungsteilen außerhalb der Landwirtschaft sicherlich kritisch betrachtete – Bereich der Agrarförderungen aufrechterhalten oder gar gestärkt; mit negativer Wirkung für das Ansehen der Landwirtschaft. Dieses kann Folgen für die landwirtschaftliche Interessenvertretung nach sich ziehen, wodurch die Position der Landwirtschaft geschwächt wird, mit Folgen für die Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln und Energie. Eine produktive und damit von externen Finanzquellen unabhängige Landwirtschaft ist auch auf Grenzstandorten, wie Teile des Grünlands im Überflutungsbereich der Elbe es sind, anzustreben.

## 9.3 Mögliche Entwicklungstendenzen für die künftige Landwirtschaft in der Elbtalau

### Wasserregime

Unter Einwirkung der Klimaveränderung wird es im Bereich der Niedersächsischen Elbtalau zu höheren Temperaturen im Allgemeinen und zu einer Umverteilung der Niederschläge zugunsten des Winterhalbjahrs kommen (vgl. Kap. 2 in diesem Bericht). Das Niederschlags- und Abflussgeschehen im Einzugsgebiet der Elbe ist maßgeblich verantwortlich für die Wasserstände an der Unteren Mittelalbe. Die Wasserstände der Elbe beeinflussen ihrerseits die Grundwasserstände und damit die Verfügbarkeit und Nachlieferung von Grundwasser in die durchwurzelte Bodenzone der morphologischen Aue. Es ist damit zu rechnen, dass sich sowohl lokalklimatische Veränderungen als auch einzugsgebietsweite klimatische Veränderungen auf die Nutzung der Auen an der unteren Mittelalbe auswirken. So ist es z. B. wahrscheinlich, dass mit der Vergrößerung des Grundwasserflurabstandes Veränderungen der Standorteigenschaften einhergehen mit

Konsequenzen für die Vegetation (vgl. Kap. 4 in diesem Bericht). Die unterschiedlichen Grünlandwertstufen (Unterteilung des Grünlands nach Energiegehalt und Futterqualität) kommen alle bei feuchten Standortbedingungen vor (Analyse von 52 Grünland-Biototypen (Drachenfels 2011) nach Feuchtebeschreibung). Trockenere Standortbedingungen bedeuten für die Grünlandwirtschaft in der Tendenz schlechtere Wachstumsbedingungen. Die landwirtschaftlichen Standorte der Aue sind bezüglich der geringen Grundwasserflurabstände und der Wasserverfügbarkeit in niederschlagsarmen Zeiten in einer verhältnismäßigen Gunstlage. Auf der anderen Seite werden diese Standorte aber auch bei Hochwasser in den Vordeichsflächen durch Überflutungen direkt und in den deichgeschützten Bereichen durch Überflutungen mit Qualmwasser indirekt beeinträchtigt.

## Gemeinsame Agrarpolitik (GAP)

Die agrarpolitischen Rahmenbedingungen für die nächste Förderperiode 2014 bis 2020 werden aller Wahrscheinlichkeit nach aufgrund der langwierigen Abstimmungsgespräche auf EU-Ebene später in Kraft treten als ursprünglich geplant. 2014 wird eine Übergangsphase bilden. Ab 2015 werden die Direktzahlungen der 1. Säule aufgeteilt in eine Basis- und eine Greening-Prämie. Bis 2019 soll die Basisprämie in vier Schritten bundeseinheitlich gestaltet sein. Die Greening-Prämie soll 30 % der Direktzahlungen ausmachen und verpflichtet zu Umweltleistungen (Grünlandumbruchverbot, Fruchtartenvielfalt, Vorhalt ökologischer Vorrangflächen auf 5 % der Betriebsflächen [ab 2017 evtl. 7 % [vgl. LWK o. J. b]]). Eine Kulisse für benachteiligte Gebiete soll erstellt werden, in der Dauergrünland mit 40 €/ha\*a unterstützt wird (vgl. LWK o. J. b). Die rezente Elbtalaue könnte Teil einer solchen Kulisse sein, wenn sie als „benachteiligtes Gebiet“ abgegrenzt wird, in dem die Gefahr besteht, dass die Bewirtschaftung aufgegeben wird.

## Entwicklung der Märkte

Wie sich die Marktpreise entwickeln, kann nicht vorausgesagt werden. Die Weltbevölkerungszunahme von aktuell ca. 7,1 Mrd. Menschen auf 9,1 Mrd. Menschen im Jahr 2050 (vgl. DGVN o. J.) und der Verlust landwirtschaftlich nutzbaren Bodens durch Versiegelung und Degradation lassen einen Anstieg der Preise realistisch erscheinen. Im

Zu erkennen ist, dass kleinere Betriebe eher von den neuen Regeln profitieren, ebenso Junglandwirte. Die Vorgaben zur Fruchtartenvielfalt (drei verschiedene Kulturpflanzen; davon Hauptkultur max. 70 %; keine weniger als 5 % Flächenanteil) werden einige Betriebe vor Probleme stellen (vgl. Deutscher Bauernverband o. J.).

Für die Beispielbetriebe zeigen sich im Vergleich zwischen 2012 und den Planungen zur GAP für die Jahre 2015 - 2020 folgende Entwicklungstendenzen: ackerbetonte Großbetriebe haben die größten Einschnitte (bis zu einem Drittel), kleinere Betriebe haben Reduzierungen im geringen einstelligen Prozentbereich zu erwarten. Je nach Höhe des Grünlandanteils kann im Vergleich von 2012 zu 2015 - 2020 sogar ein Zuwachs der Betriebsprämie möglich sein (berechnet mit dem GAP-Prämienrechner der LWK Niedersachsen [LWK o. J. a]).

Klimawandel wird Nordost-Niedersachsen voraussichtlich trotz Einschränkungen im Vergleich zu vielen Gebieten der Welt ein landwirtschaftlicher Gunstraum bleiben, wenn (weiterhin) die entsprechenden Voraussetzungen für Landwirtschaft erhalten und geschaffen werden.

## 9.4 Weitere Herausforderungen

Die derzeitigen Entwicklungen im Biosphärenreservat sind gekennzeichnet durch Konflikte zwischen den Ansprüchen der ländlichen Bevölkerung, den vor Ort wirtschaftenden Betrieben und den Zielvorstellungen der Naturschutzverwaltungen (Biosphärenreservatsverwaltung, Untere Naturschutzbehörde, Oberste Naturschutzbehörde). Dabei geht es u. a. um Infrastrukturmaßnahmen wie den Bau einer Brücke bei Neu Darchau („schlechte Erreichbarkeit“ wird unter anderem als wichtige Ursache einer Strukturschwäche angesehen [vgl. BBSR o. J.]), die Rückdeichung bei Preten, die Schlitzung von Poldern (Sückau West), die ordnungsgemäße Gewässerunterhaltung an der Rögnitz, die Flurneueordnung Jasebeck mit dem Schutzkonzept für den Penkefitzer See, die Schaffung von Kernzonen (Naturdynamikbereichen) mit einer Gesamtfläche von 1.700 ha sowie um Flächenverluste von bisherigen landwirtschaftlichen Flächen und die Nutzung von landeseigenen Flächen.

Die skizzierten Entwicklungen lassen vermuten, dass die Interessen von Landwirtschaft und Naturschutz künftig noch weiter auseinandergehen könnten. Ein im Sommer trockeneres und wärmeres und im Winter feuchteres und wärmeres Klima (vgl. Kap. 2 in diesem Bericht) wird in

der Landwirtschaft den Ruf laut werden lassen, dass eine Regulation des Wasserhaushalts, sei es durch Begrenzung, Bewässerung, Gewässeränderung bzw. -ausbau, stattfindet, um Erträge, Qualitäten – aber auch Standorte – zu sichern. Der Naturschutz möchte Eigendynamik und sieht seine Ziele durch eine, für einige Biotop schädliche, Grundwasserstandsabsenkung und durch intensive Landwirtschaft bedroht. Bei langfristig steigenden Erzeugerpreisen ist mit einer weiteren Intensivierung der Landwirtschaft in der Gemeinde Amt Neuhaus und der Dannenberger Marsch zu rechnen. Steigende Rohstoffnachfrage aufgrund steigender Weltbevölkerungszahlen, die „überdurchschnittliche Bedeutung“ (HWWI 2011a, HWWI 2011b, LSKN o. J. a, LSKN o. J. b) der Landwirtschaft in Verbindung mit der tendenziellen Strukturschwäche (LSKN o. J. a, LSKN o. J. b, NIW o. J. a, NIW o. J. b, NIW o. J. c) in der Region spricht gegen landwirtschaftlichen Rückzug und Extensivierung. Wie eine Arbeit zu möglichen Vorrangflächen für die Landwirtschaft der Landwirtschaftskammer Niedersachsen zeigt (von Haaren & Spindelndreher 2013), gehören große Flächenanteile im Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue aufgrund der guten Auenböden, der großen arrondiert gelegenen Schlaggrößen (Amt Neuhaus), der

gut strukturierten Betriebe, der geregelten Oberflächenwasserverhältnisse und einer – im Klimawandel zunehmend wichtiger werdenden – sicheren (Beregnungs-) Wasserversorgung zu den besten Produktionsflächen in Nordost-Niedersachsen. Diese Gunst sollte ausgenutzt werden, auch um Importe aus Gebieten mit deutlich höherem Beregnungsbedarf und deutlich angespannteren Wasserhaushaltslagen zu reduzieren.

Intensivierungsbestrebungen der Landwirtschaft und Naturschutz beherbergen ein reichhaltiges Konfliktpotential. Die aus Naturschutzsicht berechtigten Bestrebungen, den Intensivierungstendenzen in der Landwirtschaft über

Extensivierungsmaßnahmen (entweder über hoheitliche Beschränkungen, Verbote oder durch freiwilligen Vertragsnaturschutz mit finanziellen Anreizen) entgegenzuwirken, können entweder die sozialen Spannungen im Raum verschärfen oder aber dem Land hohe Kosten verursachen (Öffentliche Ausgaben ELER Maßnahme 214: Jahr 2011: 30 Mio. €, 2012: 46 Mio. € (vgl. entera 2012, 2013)). Ein dritter Weg ist die verstärkte Einbeziehung der betroffenen Stakeholder vor Ort in die Entscheidungsprozesse, um konsensfähige Lösungen zu entwickeln. Weiterhin ist ein intensiver(er) Austausch für gegenseitiges Verständnis zwischen den unterschiedlichen Parteien notwendig.

## 9.5 Anpassungsmaßnahmen der Landwirtschaft in der Elbtalaue

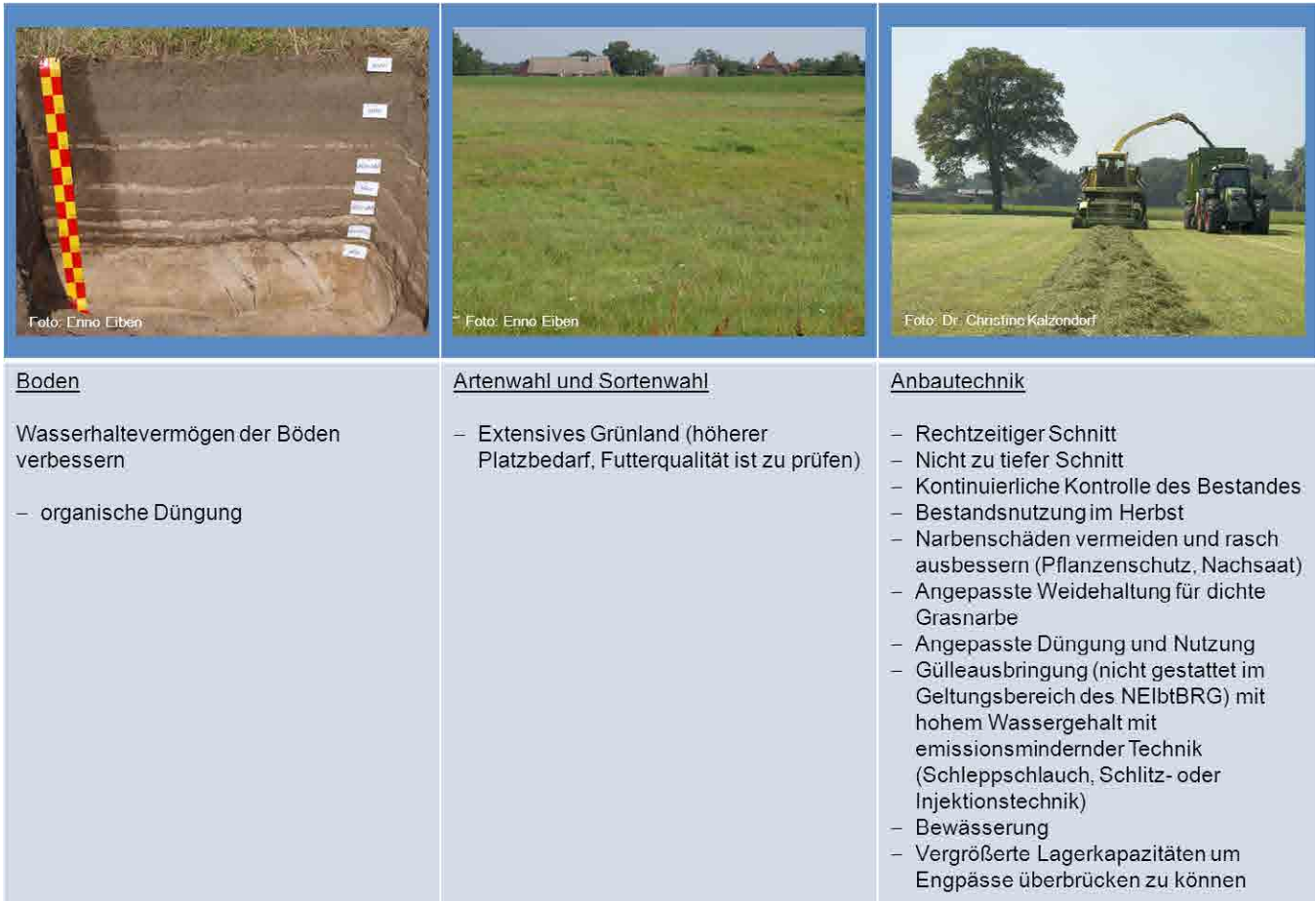
Die Abstimmung der Interessen von Landwirtschaft, Naturschutz, Wasserwirtschaft und anderer ist ein wichtiger Aspekt und bekommt mit dem Klimawandel eine neue Dimension. Wenn in Zukunft ein Rückgang der Niederschläge in der Vegetationsperiode und gleichzeitig eine Tendenz zur Zunahme der Starkregenereignisse im Einzugsgebiet der Elbe zu erwarten sind (vgl. Kap. 2 in diesem Bericht), wird das Wassermanagement zum Kernthema (Extremhochwasser im Juli/August 2002 und im Juni 2013). Probleme mit Vernässungsschäden entlang der Rognitz als Folge mangelnder Gewässerunterhaltung, diskutiert im Rahmen des „Arbeitskreises

Rognitz“, sowie die Folgen der jüngsten Hochwasserereignisse machen deutlich, dass es umfangreicherer Lösungen zum Wassermanagement bedarf. Neben einem geeigneten Hochwasserschutz und einem regelbaren Abflussmanagement ist gleichzeitig über Maßnahmen zum Wasserrückhalt in Trockenzeiten nachzudenken, beispielsweise in Form von Aufstau in Entwässerungsgräben durch Wehre (vgl. Kap. 4 in diesem Bericht sowie Dziwiaty et al. 2009) oder durch Beregnung aus dem reichhaltigen Grundwasservorkommen in den Marschen, wobei die Existenz grundwasserabhängiger Biotope dabei nicht beeinträchtigt werden darf.



<u>Boden</u>	<u>Artenwahl</u>	<u>Anbautechnik</u>
<p>Verringerung der unproduktiven Verdunstung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erhöhung der Infiltration</li> <li>– Bedeckung des Bodens (Mulchsaat: Stroh, Zwischenfrüchte)</li> <li>– Bodenbearbeitungsintensität verringern</li> <li>– Bodenbearbeitung möglichst zeitnah vor Saat durchführen</li> </ul> <p>Wasserhaltevermögen der Böden verbessern</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erhöhung des Humusgehaltes: keine Abfuhr von Ernterückständen, organische Düngung, Zwischenfruchtanbau, reduzierte Bodenbearbeitung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– marktbedingt nur geringe Anpassungsmöglichkeiten</li> <li>– Winterkulturen bevorzugen</li> </ul> <p><u>Sortenwahl</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– frühreife Getreidesorten wählen</li> <li>– Sortenunterschiede im Wasserbedarf bestehen, sind aber kaum erforscht (Forschungsbedarf)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bodenverdichtung vermeiden (gute Durchwurzelung)</li> <li>– Bestandesdichte nicht überziehen</li> <li>– ausreichende Nährstoffversorgung und optimalen pH-Wert sicherstellen</li> <li>– rechtzeitige Düngung vor Trockenphasen, ggf. platzierte Ausbringung der Dünger</li> <li>– bedarfsgerecht und nicht zu früh beregnen</li> <li>– optimaler Pflanzenschutz</li> </ul>

Abb. 9.5: Maßnahmen zur Reduktion des vermeidbaren Wasserverlusts im Ackerbau (nach Grocholl 2011)



### Boden

Wasserhaltevermögen der Böden verbessern

- organische Düngung

### Artenwahl und Sortenwahl

- Extensives Grünland (höherer Platzbedarf, Futterqualität ist zu prüfen)

### Anbautechnik

- Rechtzeitiger Schnitt
- Nicht zu tiefer Schnitt
- Kontinuierliche Kontrolle des Bestandes
- Bestandsnutzung im Herbst
- Narbenschäden vermeiden und rasch ausbessern (Pflanzenschutz, Nachsaat)
- Angepasste Weidehaltung für dichte Grasnarbe
- Angepasste Düngung und Nutzung
- Gülleausbringung (nicht gestattet im Geltungsbereich des NEIbtBRG) mit hohem Wassergehalt mit emissionsmindernder Technik (Schleppschlauch, Schlitz- oder Injektionstechnik)
- Bewässerung
- Vergrößerte Lagerkapazitäten um Engpässe überbrücken zu können

Abb. 9.6: Anpassungsmaßnahmen in der Grünlandbewirtschaftung (nach Diepolder 2007, zit. in Eitzinger et al. 2009, erweitert)

Von allen zu erwartenden Folgen des Klimawandels ist Wassermangel in der Vegetationsperiode ein zentrales Problem in der Landwirtschaft Nordost-Niedersachsens. Die Abbildungen 9.5 und 9.6 zeigen anbautechnische Maßnahmen, die ein Landwirt für den Ackerbau und die Grünlandnutzung ergreifen kann, um den vermeidbaren Wasserverlust zu reduzieren.

In einem Arbeitskreis mit Landwirten der Region wurden denkbare Anpassungsoptionen an die Folgen des Klimawandels ermittelt und diskutiert. Auch hierbei wurde Wasser als entscheidender Produktionsfaktor identifiziert. Es wurden folgende Möglichkeiten zur Anpassung an die regionalen Folgen des Klimawandels benannt:

- Optimierung des Wasserhaushalts auf Schlag-ebene (Beregnung, gesteuerter Grabenstau [vgl. AQUARIUS-Projekt o. J.], Drainage, bei Bedarf leistungsfähige Vorfluter) (Konfrontation Entwässerungsleistung vs. Naturschutzbelange).
- Speicherbeckenbau für Grundwassersubstitution und Beregnung (vgl. AQUARIUS-Projekt o. J.).
- Züchtung angepasster Sorten (Kartoffeln, Mais), die eine bessere Wasserausnutzung haben („more crop per drop“ (FAO o. J.)).
- Eiweißpflanzenanbau, beispielsweise kann inzwischen das wärmebedürftige Soja (LWK 2013d) in diesen Breiten wirtschaftlich angebaut werden und damit eine Stütze für den Eiweißbedarf in der Futterproduktion sein. Durch weiteren Temperaturanstieg zur Vegetationsperiode kann der Anbau dieser Pflanze noch sinnvoller werden.
- Optimierungen in der Agrarstruktur zum Einsatz von Kreis- und Linearberegnungsanlagen, dabei abgestimmte Planungsverfahren nutzen (vgl. von Haaren 2011, von Haaren & Mersch 2014; „Dynamischer Kulturlandschaftsplan Obere Wipperaue“), um gleichzeitig Verbesserungen für den Naturschutz zu erzielen, besonders durch Biotopvernetzung.
- Änderungen in der Betriebsstruktur (z. B. erneuerbare Energien, Tourismus, Energietourismus, Arche-Konzept) mit dem Ziel der Diversifizierung und gleichzeitiger Risikostreuung (Problem: erhöhter Aufwand, ggf. hohe Erstinvestitionen notwendig, daher kann die Gewinnspanne einzelner Bereiche durch veränderte Faktorauslastung sinken).
- Naturschutzprogramme wie Agrarumweltmaßnahmen ggf. klimawandelbedingt anpassen (z. B. Ergebnisorientierung auf Zielerreichbarkeit prüfen) und betriebsindividuell optimal einsetzen.



- Durch überbetriebliche Zusammenarbeit lassen sich neue Erzeugerstrukturen schaffen, die die Ausnutzung der Betriebsfaktoren optimieren und damit Stückkosten reduzieren.
- Ausbildungsbetriebe können dazu beitragen, Jugendlichen aus der Region berufliche Perspektiven zu eröffnen und Fachkräfte zu gewinnen (besonders gesucht bei der Tierhaltung). Die Problematik um die Hofnachfolge kann entschärft werden (kann auch als Maßnahme gegen die Struktur- schwäche angesehen werden).
- Alternative Nutzungskonzepte in der Aue, um der Dioxin- und Schadstoffproblematik zu begegnen, z. B. Monovergärung von Grünlandschnitt (Heuer et al. 2011), Färsenmast (Ende 2013).

Auf einzelbetrieblicher Ebene bietet ein in KLIMZUG-NORD entwickeltes systemdynamisches Beratungsmodell Möglichkeit zu Analyse und Optimierung. Es berücksichtigt die drei Bereiche der Nachhaltigkeit (Ökologie, Soziales, Ökonomie) eines landwirtschaftlichen Betriebes. Es kann genutzt werden, um mit echten Betriebsdaten und potenziellen Klimawandelauswirkungen und Marktentwicklungen (Erträge, Preise, etc. können entsprechend der Annahmen variiert werden) die Auswirkungen auf den Betrieb und Anpassungsmaßnahmen durchzuspielen, um betriebsinterne (Kulturen, Vieh, Arbeitskräfte,...) sowie betriebsexterne (AUM, Förderung) Anpassungen zu überprüfen (vgl. Kap. 10 in diesem Bericht). So können angepasste Lösungen sowie Nutzungsalternativen mit den betroffenen Landwirten entwickelt und damit gleichzeitig deren Gespür für Entscheidungen verbessert werden. Dabei wäre es auch denkbar, dass Vertreter des Naturschutzes, Berater und Landwirt gemeinsam simulieren und Anpassungsmaßnahmen erproben, um gegenseitiges Verständnis anzuregen.



# 10 Entwicklung eines Beratungssystems zur flexiblen Anpassung an den Klimawandel und die wechselnden Anforderungen des Marktes für landwirtschaftliche Betriebe im Bereich der Niedersächsischen Elbtalaue

*Enno Eiben*

## 10.1 Einleitung

Bei der landwirtschaftlichen Betriebsführung gibt es eine Vielzahl von Vorgaben, Optionen, Prozessen und Wechselwirkungen. Wenn sich der Landwirt Gedanken über den Zustand und die Entwicklungsmöglichkeiten seines Betriebs macht, baut er auf sein Fachwissen, seine Erfahrung, sein Bauchgefühl und auf die Ergebnisse sektoraler Betriebszweiganalysen. Durch die möglichen Auswirkungen des Klimawandels kommt eine Reihe von Unsicherheitsfaktoren hinzu, die bei Planungen ebenfalls berücksichtigt werden sollten und die ggf. betriebliche Anpassungen erforderlich machen. Um den Betriebsleiter dabei zu unterstützen, wurde im Rahmen von KLIMZUG-NORD bei der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK), Bezirksstelle Uelzen, mit der Software Consideo Modeler (CONSIDEO o. J.) ein Beratungsmodell entwickelt, welches einem modifizierten Balanced-Scorecard-Konzept (vgl. Kaplan & Norton 1992) folgt. Es basiert auf einem Nachhaltigkeitsbegriff, welcher die Ökonomie, die Ökologie und das Soziale berücksichtigt und systemdynamisch vernetzt. Das Beratungsmodell wird im Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue erprobt.

Zu den bekanntesten bestehenden Beratungssystemen dieser Art gehören RISE (Häni et al. 2002, zit. in KTBL 2009) auf Basis von MS Access, KSNL (Bachmann 2006, Breitschuh & Eckert 2006, Eckert 2006, Matthes 2006, Breitschuh et al. 2008, alle zit. in KTBL 2009) auf Basis von MS Excel und das DLG-Zertifizierungssystem „Nachhaltige Landwirtschaft – zukunftsfähig“ auf Basis von REPRO (Hülsbergen 2003, zit. in KTBL 2009) und MANUELA (von Haaren 2008, zit. in KTBL 2009). Alle drei haben gegenüber dem hier entwickelten System einen großen Entwicklungsvorsprung und wurden – teils international – an Betrieben erprobt. Einige allgemein anerkannte Indikatoren (z. B. Fruchtartenvielfalt, N-, P-, K-Saldo) sind in allen Systemen vorhanden und finden sich deswegen wie manches sinnvolle Vorgehen (z. B. Normalisierungstechnik, Gesamtindex [beide Hülsbergen 2007, zit. in KTBL 2009, erweitert]) in diesem Modell. Die Indikatoren finden sich auch in den vorangegangenen Indikatorensystemen zur Bewertung der Verträglichkeit der landwirtschaftlichen Nutzung für die Umwelt (REPRO, KUL/USL, INDIGO, SALCA, MODAM), beschrieben in KTBL (2009) und Roedenbeck (2004), den Vorgängern der oben erwähnten bestehenden Beratungssysteme. KUL/USL sowie REPRO wurden um die Jahrtausendwende um soziale und ökonomische Bereiche erweitert (vgl. KTBL 2009).

Die Herangehensweise zur Konstruktion im KLIMZUG-NORD Modell geschah rückwärts:

1. wichtigste Ziele in den drei Nachhaltigkeitsbereichen finden,
2. je Ziel direkt beeinflussende Faktoren sammeln, in logische Verknüpfung zu den Zielen bringen („+“= je mehr desto mehr bzw. je weniger desto weniger, „-“= je mehr desto weniger bzw. je weniger desto mehr), und Faktoren gewichten,
3. kaskadenartig dieses Vorgehen für alle Faktoren fortführen
  - ◆ ein qualitatives Modell ist erstellt
4. Faktoren mit quantitativen Werten umschreiben, hinterlegen, unterfüttern, Gewichtungen in Formeln beschreiben
  - ◆ ein quantitatives Modell ist erstellt

Der Vorteil bei diesem Vorgehen ist, dass ein Indikator zwar nach einer Perspektive bewertet wird, aber die Ausprägung des Indikators unterschiedliche Auswirkungen auf unterschiedliche Bereiche hat. Als Beispiel: Wenn der Anteil an extensiv geführten Grünländern an der Betriebsfläche hoch ist, ist das Biodiversitätspotenzial hoch (gut für Teilbereich Ökologie) und der Arbeitszeitaufwand je Hektar gering (gut für Teilbereich Soziales), aber die Futtermenge (und damit die zur Fütterung von Tieren benötigte Energie) geringer. Damit können weniger Tiere mit Futter versorgt werden. Weniger Tiere bedeuten weniger Einkommen, was schlecht für den Teilbereich Ökonomie ist. Um dann ein ausreichendes Einkommen zu haben, muss der Betrieb sich vergrößern und/oder den Anbau auf anderen Flächen intensivieren (Anbau von z. B. intensivem Grünland, Ackergras oder Mais ◆ weniger gut für Biodiversitätspotenzial ◆ weniger gut für Teilbereich Ökologie).

An diesem Beispiel werden die Systemdynamik innerhalb des Modells und damit der Mehrwert gegenüber anderen Modellen deutlich. Da nicht bekannt ist, wie sich die Zukunft entwickelt, kann mit Annahmen gearbeitet werden. Durch Ausprobieren werden Auswirkungen sichtbar und das Gespür des Landwirts für Entscheidungen wird gestärkt.

## 10.2 Zielsetzung

Das Modell versucht, das komplexe System „landwirtschaftlicher Betrieb“ ganzheitlich zu erfassen und gegenüber sektoralen Auswertungen (z. B.: Betriebszweiganalyse zur Milchproduktion), die soziale und ökologische Komponenten häufig auslassen, einen Wissenszuwachs zu generieren. Die Interaktion der unterschiedlichen Ziele und Faktoren ist in dem Modell möglich. Dabei soll nicht an den Grenzen des Sozialen, Ökonomischen und Ökologischen gestoppt werden: beispielsweise wirkt sich eine hohe biologische Vielfalt auf den Flächen des Landwirts positiv auf die Sicht der Kunden auf den Betrieb aus, wenn damit geworben wird. Dieses kann Vorteile bei der Vermarktung bieten.

Ziele der Modellbildung sind:

- den Ist-Zustand eines Betriebs (Bereiche: Ökonomie, Ökologie, Soziales) einzuschätzen und Entwicklungsalternativen für einen Betrieb – wenn die Grundlagendaten erst mal eingegeben sind – ohne aufwendige Kalkulationen zu erproben (vgl. Tab. 10.3) (vgl. Abb. 10.1: „Veränderung, Optimierung, Spielerei“),
- mögliche Veränderungen und Voraussetzungen (z. B. reduzierte Erträge durch Sommertrockenheit als Folge des Klimawandels) im Betrieb virtuell durchzuspielen und die Folgen zu quantifizieren (vgl. Abb. 10.6),
- Systemzusammenhänge zu erkennen,
- Ansatzpunkte zur wirkungsvollsten Optimierung zu finden (wenn die Faktoren bekannt sind, die sich auf besonders viele andere Faktoren auswirken und eventuell zusätzlich selbstverstärkende Schleifen in dem Bereich vorhanden sind, ist dort ein guter Ansatzpunkt) (vgl. Abb. 10.3),
- das Modell als eine Art Kompass für die „Marschrichtung“ des Betriebs zu nutzen. An der Notengebung (vgl. Tab. 10.3) und den betrieblichen Kennzahlen (vgl. Tab. 10.2: Aussagen zu Arbeitszeit, Vielfältigkeit, Nährstoffe,...) erkennt der Betriebsleiter Stärken oder Defizite des Betriebes. Daran – und je nachdem, in welchem Bereich seine persönlichen Vorlieben liegen – kann er erkennen, in welchem Bereich (Ökologie, Ökonomie, Soziales) er noch Verbesserungsbedarf hat oder ob er tatsächlich in allen Bereichen gut aufgestellt ist, der Betrieb also auf dem „richtigen Weg“ ist.

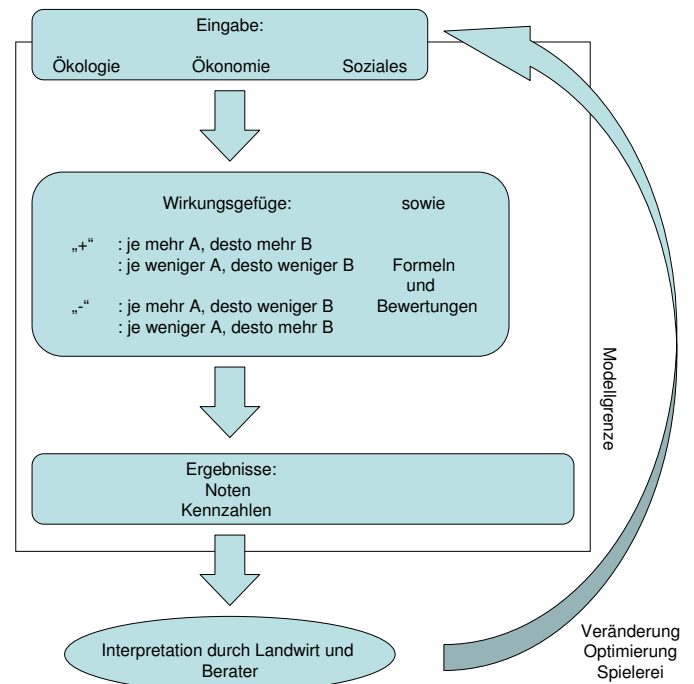


Abb. 10.1: Modellschema

Das Abbilden des Ist-Zustands eines Betriebs ist entscheidend, um Szenarien durch veränderte Einflussfaktoren, wie u. a. durch Klimawandel verändertes Pflanzenwachstum, gesellschaftliche Zielvorstellungen durch Rechtsnormen und Förderpolitik oder veränderte Preise und Kosten auf das komplexe System „landwirtschaftlicher Betrieb“ wirken zu lassen. Daraus können Anpassungsoptionen und Schwellen-Grenzwerte entwickelt werden, damit die Betriebe auch in Zukunft bestehen und ihre vielfältigen gesellschaftlichen Funktionen erfüllen können (z. B. Wie groß muss die Förderung je Hektar sein, wenn Auflagen im Schutzgebiet zu Extensivierung und damit zu geringeren Einnahmen führen, damit ein Betrieb weiter existieren kann und nicht von erfolgreicheren Betrieben übernommen wird?).

## 10.3 Vorgehen/Eingangsdaten

Im Rahmen eines Arbeitskreises der Landwirtschaftskammer Niedersachsen wurden die wichtigsten Ziele mit Landwirten aus der Gemeinde Amt Neuhaus und der Dannenberger Marsch ermittelt, die ein Betriebsleiter in Bezug auf nachhaltige Bewirtschaftung verfolgen sollte. Unter der Supervision von Kai Neumann (CONSIDEO GmbH) wurden sie dann durch Experten der LWK Niedersachsen zueinander in Relation gesetzt. In diesem Arbeitskreis wurden die Grundzüge des Modells mit 78 Faktoren/Zielen erzeugt (bspw. das Ziel „zufriedener Landwirt“ wird durch folgende Faktoren direkt beeinflusst: soziale Anerkennung [5 %], Pause und Erholung [10 %], Rentabilität [8 %], etc. Diese Faktoren werden wiederum durch andere Faktoren direkt beeinflusst.). Ein weiteres Beispiel zeigt Abbildung 10.2.

Nach weiterer Bearbeitung des Basismodells konnten schon erste Schlussfolgerungen bezüglich der wichtigsten Einflussfaktoren auf einen Betrieb benannt werden. Für jeden Faktor wurden die Beeinflussung durch direkt oder indirekt mit ihm verbundene Faktoren analysiert und die vier wirkungsvollsten (verstärkenden) selektiert. Je häufiger ein Faktor in Abbildung 10.3 genannt wird, desto wichtiger ist er für das Modell und damit aus der Sicht der Experten für einen Betrieb. Anhand der Faktoren mit den häufigsten Nennungen können am wirkungsvollsten Veränderungen am Betrieb durchgeführt werden, da sie auf viele andere Faktoren innerhalb des Betriebs Wirkung zeigen und eine Optimierung weiterreichende Folgen hat als am Optimierungspunkt an sich.

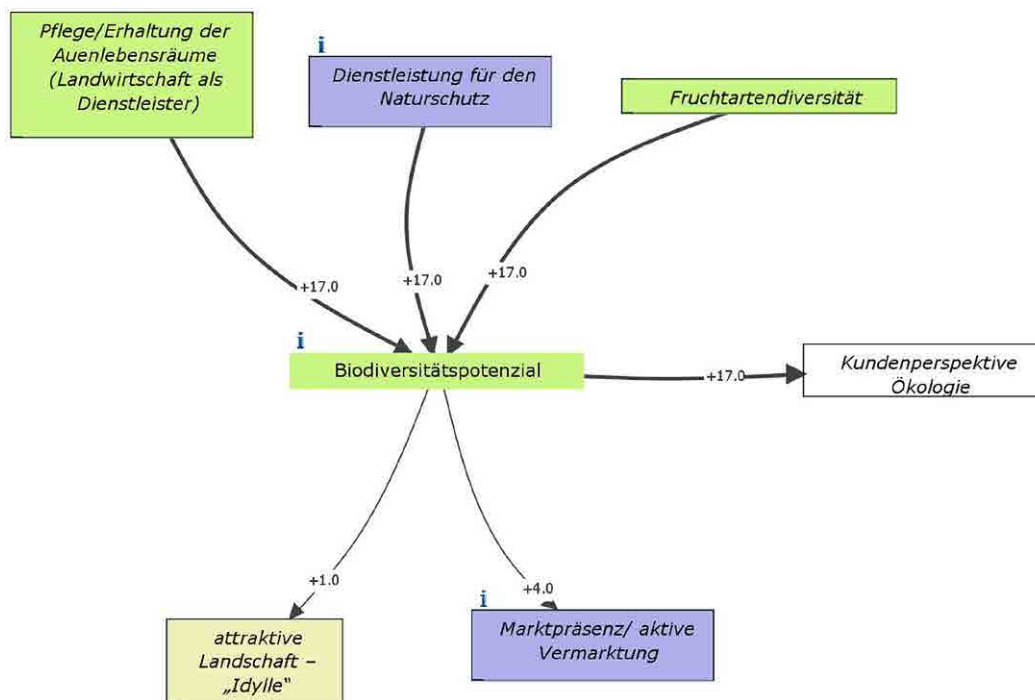
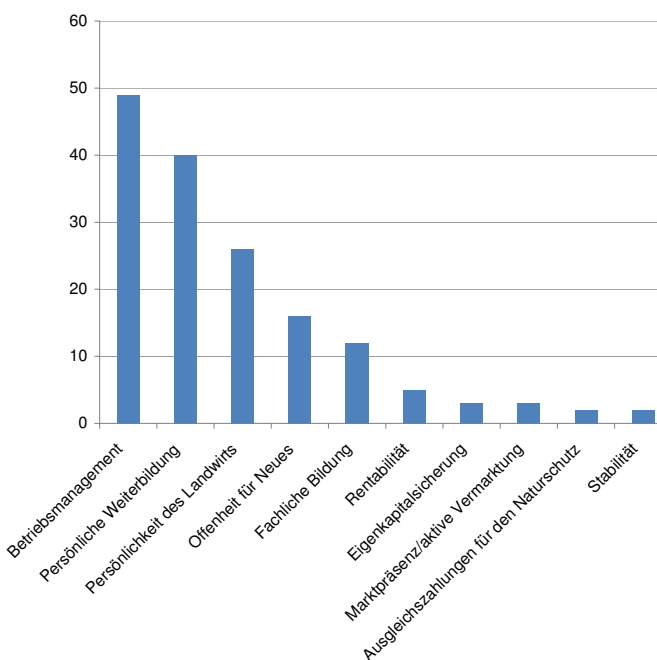


Abb. 10.2: Ausschnitt aus der anfänglichen Version des Modells: Fokus Biodiversitätspotenzial



Demnach ist das Betriebsmanagement der wirkungsvollste Ansatzpunkt, um Optimierungen innerhalb eines Betriebs zu bewirken (vgl. Abb. 10.3).

Durch die Erweiterung des zunächst qualitativen Modells (z. B. „zufriedener Landwirt“ wird zu 3 % durch „Betriebsgröße“ beeinflusst) zu einem quantitativen (z. B. „Betriebsgröße“ wird mit Hektarwerten hinterlegt), in das reelle Werte eingehen, kann ein Betrieb in seinem Ist-Zustand abgebildet werden (vgl. Abb. 10.4). Dies ist die Basis, um Veränderungen und deren Auswirkungen durchzuspielen.

Abb. 10.3: Zwischenergebnis: Häufigkeiten der Nennung als einer der wichtigsten Faktoren (gekürzt)

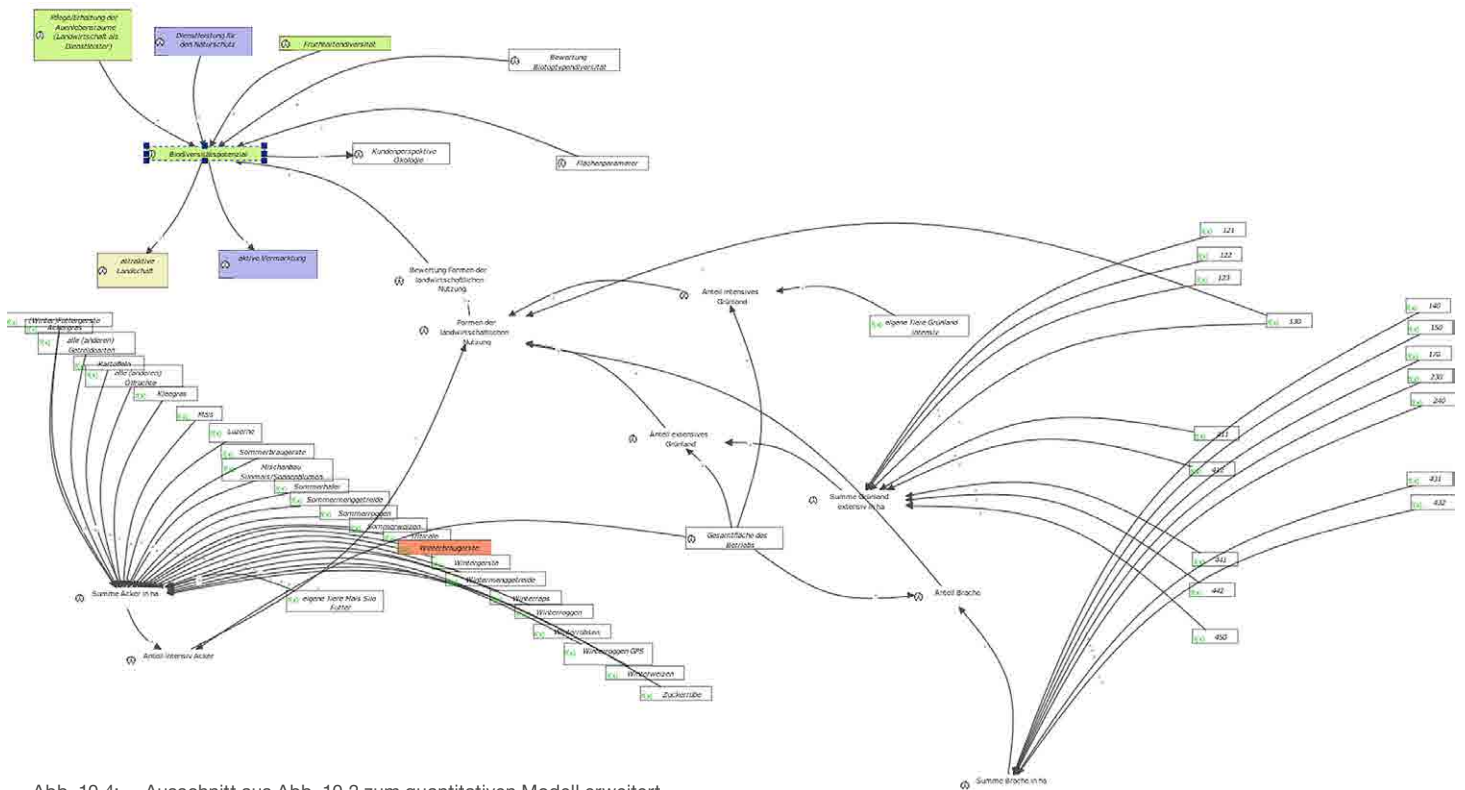


Abb. 10.4: Ausschnitt aus Abb. 10.2 zum quantitativen Modell erweitert

Dafür wurden Schritt für Schritt über 1.122 Faktoren integriert, die die Ziele quantitativ umschreiben, diese logisch verknüpfen und mit Formeln versehen. In der aktuellsten Version sind diese Faktoren/Ziele in 91 Submodelle unterteilt. Abbildung 10.5 zeigt einen Ausschnitt eines Submodells. In diesem werden die auf den landwirtschaftlichen Flächen eines Betriebs kartierten Biotoptypen (entera 2004) in Fläche und Anzahl im Verhältnis zur Gesamtfläche in Relation gesetzt (SHANNON-Index, erweitert) (Remmert 1989, Meudt 1998). Damit kann ein Maß der Diversität bestimmt werden, welches Rückschlüsse auf die biologische Vielfalt auf den landwirtschaftlichen Flächen

des Betriebs zulässt. Im Modell können u. a. Eingaben zu angebauten Kulturen und Tierzahlen gemacht werden, die sich auf Deckungsbeiträge, Arbeitszeitstunden und Nährstoffbilanzen auswirken. Erträge, Erlöse und Kosten können über Eingabemasken variiert werden (vgl. Abb. 10.6). Eine Vielzahl von Zwischenergebnissen und betrieblichen Kennwerten gibt Auskunft über den Betrieb oder zu Auswirkungen einer Veränderung (vgl. Tab. 10.2). Eingaben und im Modell berechnete Zwischenergebnisse werden bewertet, die Bewertungen werden modellintern weiterverarbeitet.

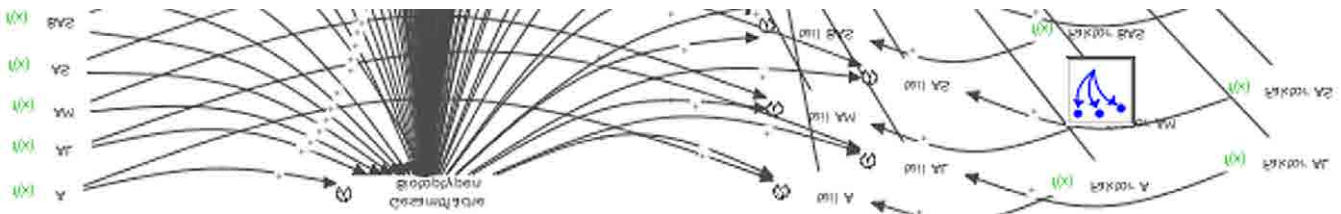


Abb. 10.5: Ausschnitt der Verbindungen zur Berechnung der Biotoptypendiversität (nach SHANNON, Remmert 1989, Meudt 1998 erweitert) auf den Betriebsflächen

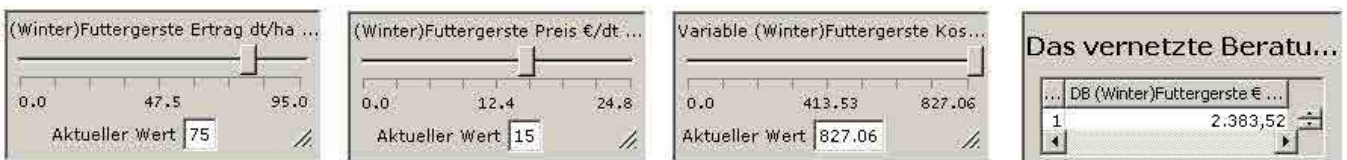


Abb. 10.6: Eingabemaske zu Erträgen, Preisen, Kosten (Ausschnitt)

In Tabelle 10.1 sind die zu tätigen Eingaben und deren Form der Ermittlung aufgelistet. Die Eingaben haben sich im Verlauf der Modellbildung aus den ursprünglichen Zielen ergeben. Sie untermauern, umschreiben und erfassen das Maß der Ziele und Faktoren, wie sie auf dem zu untersuchenden Betrieb vorkommen.

Im Jahr 2013 laufen die Regeln zu den aktuellen Agrarförderprogrammen aus. Neue Programme werden 2015 erwartet. Die Auswirkungen der kommenden EU-Förderung in Verbindung mit potenziellen Erträgen, Kosten, Arbeitszeiten, Gewinnen, etc. können näherungsweise überschlagen werden und darauf Anpassungen erprobt werden.

Tab. 10.1: Modelleingaben

<b>Faktor</b>	<b>Quelle</b>
Arbeitskräfte und Familien AK	Fragebogen
Kulturen	GFN
Vieh (Art, Tierplätze, Durchgänge pro Jahr, Haltungsformen, Milchleistung)	Fragebogen, HIT
DB je Vieh	Mittelwert oder Fragebogen
Erträge je Kultur	Mittelwerte oder Fragebogen
Preise je Kultur	Mittelwerte oder Fragebogen
Kosten je Kultur	Mittelwerte oder Fragebogen
Agrarumweltmaßnahmen (NAU, KoopNat)	Umweltflächen
Fest- und Gemeinkosten	Mittelwert oder Fragebogen
Zahlungsanspruch	
Cross-Compliance Sanktionen in %	Fragebogen
Entnahmen für Lebenshaltung etc.	Mittelwert je Familie oder Fragebogen
Stundenlohn Fremd AK	Mittelwert oder Fragebogen
€/h für Lohnansatz	Mittelwert oder Fragebogen
Arbeitsstunden pro Person und Jahr für Lohnansatz	Mittelwert oder Fragebogen
Regionale Pachtpreise für Pachtansatz	Mittelwert oder Fragebogen
Aktiva je Hektar und Zinssatz für Zinsansatz	Mittelwert oder Fragebogen
Berechnung (nur ökonomisch betrachtet)	Fragebogen
Flächengeometrien	GIS - Dateien
Erosion	Fragebogen
Erosionsgefährdung	GIS - Dateien LBEG
Berechnungsbedarf	GIS - Dateien LBEG
Anteil konservierenden Anbaus	Fragebogen
Anbau-, Vermarktungs- und Kontrollmaßnahmen	Fragebogen
Biotoptypen (Typ, Fläche, Häufigkeit)	GIS-Dateien Biotoptypenkartierung Entera
Soziales (Urlaub, Zufriedenheit, Ausbildung bzw. Integration besonderer sozialer Gruppen)	Fragebogen
Weiterbildung	Fragebogen
Betriebszweige etc.	Fragebogen
Verpachtung	nachträgliche Eingabe
Nährstoffsalden	Fragebogen, Nährstoffvergleich
Stickstoffbindung in kg/ha*a für Klee gras und Luzerne	Mittelwerte
Kosten N, P, K € je kg	Mittelwert
Wirtschaftsdünger: Lagervolumen, Ausbringung, Nährstoffgehalte, N Wirksamkeit	Fragebogen
Deichvorlandflächen	GIS - Dateien
Eigentum- und Pachtflächen von GL und Acker	Fragebogen
Hofnachfolge	Fragebogen



Tab. 10.2: Auswahl von im Modell produzierten Kennwerten

### Für welche Fragestellungen kann das Modell Kennwerte produzieren?

Bin ich mit meiner Mitarbeiterzahl gut ausgestattet? Wie muss sich die Anzahl verändern bei Betriebsumstellungen?  
 Was ist mein Deckungsbeitrag (DB) je Kultur, Tier und der „DB“ meines Wirtschaftsdüngers?  
 DB in €/h je Kultur und Tierart (z.B.: Kartoffel, Winterweizen, Sauenhaltung, Milchkühe, ...)  
 Welchen Erlös würde ich erzielen bei Verkauf des Grundfutters?  
 Welchen Nährstoffentzug habe ich durch den Anbau?  
 Wie ist meine Nährstoffbilanz, wenn ich meinen Wirtschaftsdünger ausbringe?  
 Welche Kosten habe ich, wenn ich das mineralisch ausgleichen möchte?  
 Welche Kosten habe ich durch Beregnung?  
 Welche Arbeitsbelastung habe ich im Anbau, welchen in der Tierhaltung?  
 Welche Energie benötige ich?  
     Für Grundfutter  
     Für Krafftutter  
     Nach Tieren  
 Welches Energiedargebot habe ich?  
 Mit welchem Anbau kann ich meinen Bedarf decken?  
 Reicht mein Grünland?  
 Reicht mein Mais?  
 Wie viel bleibt für Biogas (noch in Prüfung)?  
 Wird der Futtermittelbedarf durch eigenen Anbau gedeckt?

Wie viele Großvieheinheiten (GVE) habe ich (total und je ha)?  
 Wie viel Nährstoffe liefern nur die Tiere (total und je ha/a)?  
 Gülle- und Mistanfall?  
     Berechnetes Lagervolumen?  
     Berechnete Lagerdauer?  
     Benötigtes Lagervolumen für 6 und 10 Monate Lagerdauer?  
 Durchschnittliche Förderung je ha und Jahr KoopNat, NAU?  
 Wie ist die Kulturarten- und Biotoptypendiversität auf meinen Flächen?  
 Ökonomische Kennwerte (DB, Gewinn, Lohnkosten, Betriebsprämie, Ausgleichszahlungen für Naturschutz, Fest- und Gemeinkosten)  
 Grobe Vollkostenrechnung (Lohn-, Pacht- und Zinsansatz)  
 Welchen Wert hat mein Tierbestand?  
 Wie viel bringt mir Verpachtung?  
     Welche Lohnkosten kann ich durch Verpachtung einsparen?  
     Wie viel AKh kann ich durch Verpachtung einsparen?  
 Kennwerte zur Existenzfähigkeit: Eigenkapitalbildung gesamt, in % des Gewinns und pro Hektar LF  
 Anteile an Gesamtfläche: Vordeichbereich, Grünland, Grünland mit AUM, AUM, Hackfrucht, Winterkultur

**Für die Bereiche Ökologie, Ökonomie, Soziales und die Gesamtbewertung werden Noten vergeben. Dafür wird jeder Faktor im Betrieb mit seinen vielseitigen Verknüpfungen und Wechselwirkungen hinsichtlich dieser Bereiche analysiert.**

Das Modell wird eine Beratung in einzelnen Betriebszweigen nicht ersetzen. Es trägt jedoch die einzelnen Bereiche zusammen und ermöglicht eine Gesamtschau des Betriebs mit den potenziellen Wirkungen der einzelnen Faktoren aufeinander. Der Betriebsleiter erhält einen Überblick über den Zustand und die dynamischen Zusammenhänge auf seinem Betrieb. Ideen zu Anbau, Tierhaltung, etc. können sofort (geradezu spielerisch) in das Modell eingegeben und daraus resultierende Auswirkungen abgelesen werden. Das Modell ist offen für Anpassungen und Erweiterungen.

Tabelle 10.3 zeigt die Werte eines fiktiven Betriebs. In Zeile 2 ist die Bewertung des Betriebs im aktuellen Zustand zu erkennen. Die Bewertung kann zwischen 0 (schlecht) und 1 (gut) liegen. Es wird beispielhaft eine Ertragsreduktion von 30 % in allen Kulturen angenommen (315 dt/ha Kartoffeln anstatt 450 dt/ha, 350 dt/ha Mais anstatt 500 dt/ha, 35 dt/ha Sommerweizen anstatt 50 dt/ha, etc.), die durch Wassermangel in der Vegetationsperiode, Vernäsungen oder durch Schaderreger verursacht sein könnte. Die Bewertungen verändern sich. Da in Submodellen betriebliche Kennzahlen ausgegeben werden, können sinnvolle Anpassungen ausgewählt werden.

In diesem Beispiel würden weniger rentable Kulturen reduziert (ermittelt nach €/h: z. B.: Winterroggen Ganzpflanzensilage = - 30,12 €, Sommerbraugerste = 20,66 €), im Rahmen der rechtlichen Vorgaben ein hoher Anteil Blühstreifen angelegt (200 ha) und die Arbeitskräftezahl moderat reduziert (um 3 Personen, da die Analyse „Verhältnis Stundenleistung der Arbeitskräfte zu Stundenanzahl benötigte Arbeitszeit“ mit 1,76 deutlich über 1 liegt). Diese Anpassungen sind nur eine Option und müssen nicht das Optimum darstellen. Die Wirkung der Anpassungsmaßnahme auf den Betrieb ist in der vierten Zeile zu erkennen.

Anhand dieses Beispiels wird deutlich, dass naturschutzfachliche Faktoren im Modell berücksichtigt werden, um die ökologischen Einflussgrößen mit den ökonomischen und sozialen Einflussgrößen zu vernetzen. Da es sich um ein landwirtschaftliches Modell handelt, bietet es dem Naturschutz die Möglichkeit, landwirtschaftliche Anforderungen und Nöte zu erkennen. Andersherum kann der Landwirt direkte und indirekte Vorteile naturschutzfachlicher Maßnahmen nachvollziehen.

Tab. 10.3: Modellergebnisse (auf Modellbasis vom 02.07.2013) eines Beispielbetriebs im Ist-Zustand, nach Ertragsdepression in allen Kulturen und mit einer möglichen Anpassung

	"Note"	Sozial	Ökologie	Ökonomie
Ist-Zustand	0,614	0,613	0,613	0,618
- 30 % Ertrag	0,592	0,608	0,618	0,550
200 ha Blühstreifen, 3 Arbeitskräfte weniger, Reduktion der weniger rentablen Kulturen	0,603	0,610	0,628	0,572

## 10.4 Leistung des Modells für die Klimafolgenanpassung in der Region

Die Auenvegetation, die Erträge der angebauten Ackerkulturen oder auch die Milchleistungen der Kühe können eine Reaktion auf den Klimawandel zeigen. Die Landwirte müssen sich an die langfristig zu erwartenden Veränderungen anpassen. Im Modell können diese Veränderungen unkompliziert integriert werden, um die möglichen Auswirkungen auf die Landwirtschaft mit ihren vielfältigen Wechselbeziehungen zur Fläche zu

ermitteln. Frühzeitige Anpassungsmaßnahmen können mit den Betriebsleitern diskutiert und eingeleitet werden. Dafür kann das entwickelte Modell eine Hilfestellung sein. Politisch sind in Anlehnung an die modellierten Ergebnisse des Beratungssystems Anpassungsmaßnahmen und Förderprogramme für die betroffenen Landwirte in diesem Gebiet zu entwickeln.

## 10.5 Offene Fragen, weiterer Forschungsbedarf

Anhand der genannten Ergebnisse und Erfahrungen lässt sich der folgende Forschungsbedarf formulieren:

- Anschluss oder Integration von Pflanzenwachstums- und Ertragsmodellen
- Modellierung von größeren Zeiträumen
- Anschluss an Klimamodelle und Niederschlags-Abfluss-Modelle
- Integration weiterer naturschutzfachlicher und ökologischer Komponenten zur besseren Verständigung und optimierter Zusammenarbeit zwischen Naturschutz und Landwirtschaft

# 11 Ergebnisdokumentation „Akteursanalyse Elbtalaue-Wendland“

*Juliane Ette, Manuel Gottschick (Projektlaufzeit März 2012 bis März 2013)*

## 11.1 Einleitung

Im Feld der Nachhaltigkeitspolitik gewinnt die Beteiligung von Akteuren bei öffentlichen Entscheidungsverfahren zunehmend an Bedeutung. Der Grund hierfür liegt in den zunehmend komplexer werdenden gesellschaftlichen Problemstrukturen, unter anderem verursacht durch die Klimawandelproblematik (Feindt & Newig 2005). Durch die vielfältigen Auswirkungen des Klimawandels sehen sich gesellschaftliche, den Raum gestaltende Akteure komplexeren Strukturen und Ansprüchen gegenübergestellt. Partizipation ist somit schon heute ein wichtiger Bestandteil von Planungs- und Entscheidungsprozessen für eine nachhaltige Entwicklung sowie für die Entwicklung von Strategien zur Anpassung an den Klimawandel. In dem hier vorgestellten Projekt wird die potenzielle, zukünftige Entwicklung von Partizipation in regionalen Akteursnetzwerken im Zusammenhang mit der Anpassung an den Klimawandel und der nachhaltigen Entwicklung in den Blick genommen. Im Fokus steht dabei die Frage, welche Bedeutung eine Zunahme von Partizipationsverfahren auf die langfristige Effektivität von Partizipation hat. Wir gehen davon aus, dass bei einer Zunahme von Partizipationsverfahren in einer Region immer wieder dieselben Personen derselben Interessengruppen beteiligt werden. Daher wurde die Frage thematisiert, welchen Einfluss die Zusammensetzung der beteiligten Akteure auf die Innovationsfähigkeit hat und für die regionale Entwicklung in Richtung Anpassung an den Klimawandel und Nachhaltigkeit bedeutet. Nach Feindt et al. kann davon ausgegangen werden, dass durch das vielseitige Engagement der Akteure eine gewisse Routine und Ermüdung seitens der Beteiligten eintritt und diese sich somit nicht mehr im Sinne einer Verständigungsorientierung über Innovationen zu einer nachhaltigen Entwicklung auseinandersetzen können (Feindt et al. 2008).

Veränderungen in den Planungs- und Entscheidungsprozessen bringen neue Herausforderungen für die regionalen Akteure, insbesondere wenn sich die Beteiligungsverfahren in Anzahl, Intensität und Abfolge mehren.

Unter Partizipationsverfahren werden in diesem Projekt auch regionale Netzwerke, in denen haupt- und ehrenamtliche Akteure formell und informell zusammenkommen, verstanden. Dieser Informationsaustausch und die Willens- und Meinungsbildung in Netzwerken sind wichtige Prozesse, die die formalen und informellen Partizipationsverfahren beeinflussen (Walk 2008, Walk 2013). Es besteht die Annahme, dass schon heute in ausgewählten Regionen diese Herausforderungen empirisch belegt werden können. Hierzu macht dieses Projekt einen ersten Versuch.

Unsere Untersuchungsregion ist die niedersächsische Region Elbtalaue-Wendland (vgl. Abb. 11.1). Die Region befindet sich im Nordosten Niedersachsens. Sie umfasst sechs Samtgemeinden, eine Gemeinde und eine Stadt aus den Landkreisen Lüneburg und Lüchow-Dannenberg und grenzt an die Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Sachsen-Anhalt.

Die Region Wendland-Elbetal bildet mit der Elbe und ihren Elbtalauen eine naturräumliche Einheit. Innerhalb dieser durch den Naturschutz geprägten Region liegen das Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue und der Naturpark „Elbhöhen-Wendland“. Insgesamt ist die strukturschwache und ländliche Region naturräumlich durch Land- und Forstwirtschaft strukturiert. Die Region wird geprägt durch eine engagierte Bevölkerung mit einem starken politischen Interesse.

In diesem Raum sind vier Netzwerke verankert, welche zu den Themenschwerpunkten

1. Bioenergie (Bioenergie-Region),
2. nachhaltige Entwicklung (Biosphärenreservat),
3. Anpassung an den Klimawandel (KLIMZUG-NORD) sowie
4. Regionalentwicklung (LEADER)

jeweils mit spezifischen Netzwerkstrukturen arbeiten.

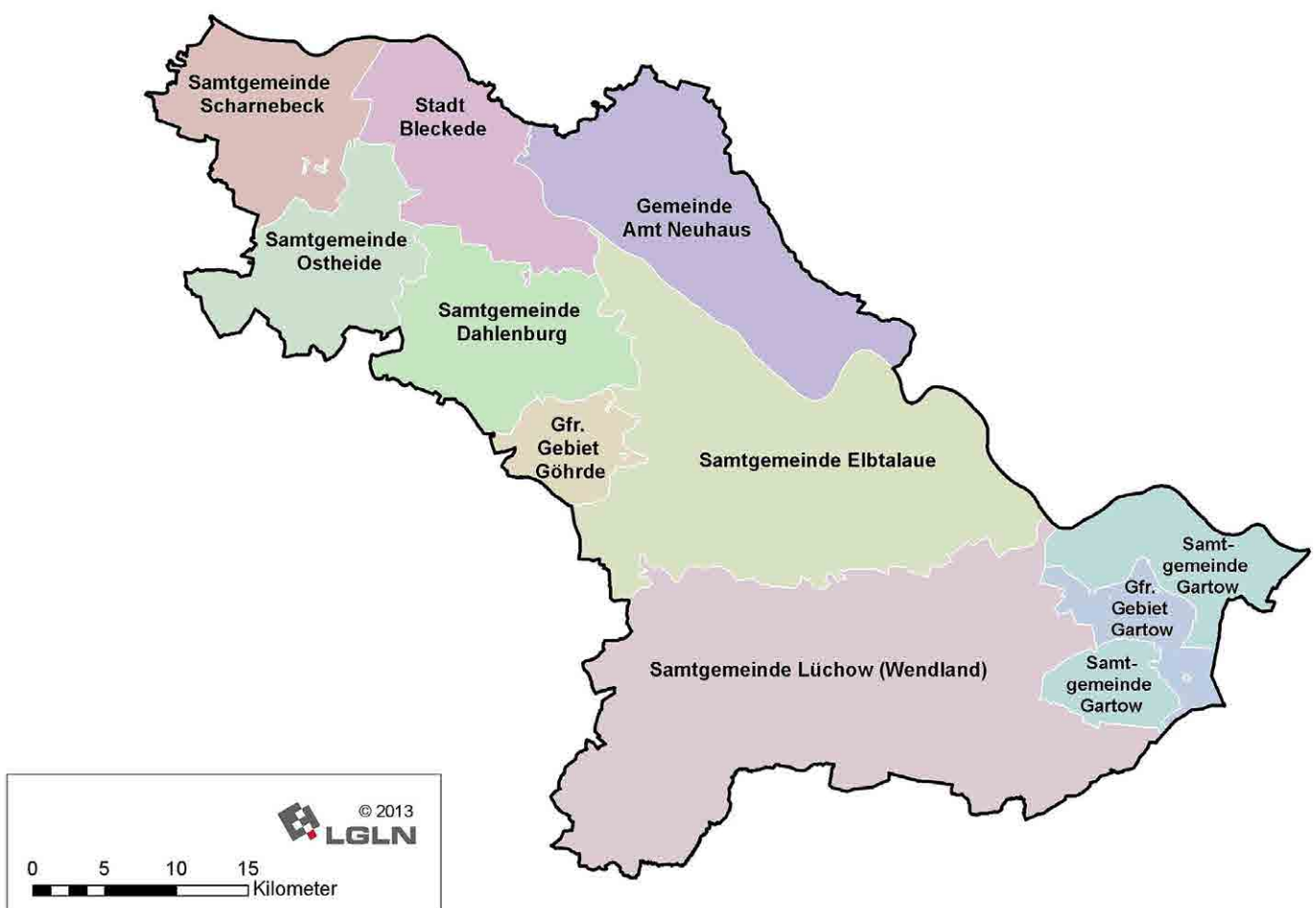


Abb. 11.1: Region Elbtalaue-Wendland (Kartografie: Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalaue)

Nach der Definition von KLIMZUG-NORD repräsentieren Modellregionen unterschiedliche Raumtypen, in welchen innovative Projekte mit einer multifunktionalen Ausrichtung durchgeführt werden. Die Entwicklung und Erprobung neuer Konzepte, Sach- oder Verfahrenslösungen sollen übertragbar auf ähnliche Raumtypen sein. In der Regel werden die Projekte (meist mit einem klaren Zeitfenster) durch einen politischen Rahmen und finanzielle Förderung begleitet, die es ermöglichen, Maßnahmen direkt umzusetzen.<sup>1</sup> Die unterschiedlich ausgerichteten Themenschwerpunkte der Netzwerke stellen an räumlich und institutionell begrenzte Modellregionen neue und divergierende Anforderungen, die beispielsweise in potenziellen Flächenkonkurrenzen bestehen. Sie beziehen über lange Zeiträume regionale, haupt- und ehrenamtliche Akteurinnen und Akteure zu unterschiedlichen Themen in unterschiedlichen Strukturen ein. Dabei haben etliche Akteure Rollen in mehreren Netzwerken.

## 11.2 Methoden

Um die Vielfalt und die Komplexität der in der Region aktiven Akteure und Netzwerkstrukturen zu erfassen, wurden nach einer Internet- und Dokumentenrecherche 16 Vorabtelefonate durchgeführt. Die Auswahl der Interviewpartner erfolgte nach folgenden Kriterien: Einfluss der von den Akteuren vertretenen Institution auf die Entwicklung der Region im Rahmen von Entscheidungsprozessen und die Funktion der Akteure in der jeweiligen Institution.<sup>2</sup> Es wurden Akteure aus den Bereichen Landes- und Kommunalverwaltung, Vorstände und Beiräte aus der Bioenergie-Region und dem Biosphärenreservat sowie Behörden, Arbeitsgruppen- und Verbandsmitglieder aus den Bereichen Naturschutz und Landwirtschaft interviewt. In den telefonischen Interviews wurde eine erste Einschätzung zu den regionalen Netzwerkstrukturen bzgl. Kommunikation in den Netzwerken, Zusammenarbeit und Zusammensetzung der Netzwerke abgefragt. Auf Grundlage der durch die Telefoninterviews gewonnenen Informationen wurde der Interviewleitfaden für 8 persönliche Interviews entwickelt. Der Interviewleitfaden wurde den Akteuren vorab zur Vorbereitung auf das Interview und für ein transparentes Vorgehen zur Verfügung gestellt. Ziel war eine möglichst heterogene Stichprobe von besonders zentralen haupt- und ehrenamtlichen Akteuren, die alle in der Region vertretenen Sektoren abdecken.

Mit den erläuterten Strukturen stellt die Region Elbtal-ae-Wendland einen Untersuchungsrahmen, in welchem die zuvor genannten Fragestellungen ergänzend und spezifischer geprüft werden können:

- Welche Gemeinsamkeiten zeichnen die Netzwerke aus?
- Wie werden die Effektivität und die Begrenzungen der Zusammenarbeit von zentralen Netzwerkakteurinnen und Netzwerkakteuren eingeschätzt?
- Wie ist die Innovationsfähigkeit der Netzwerke zwischen Flexibilität und Stabilität einzuschätzen?

Die folgende Ergebnisdokumentation ist eine Zusammenfassung der im Projekt gewonnenen Einblicke und Kenntnisse. Die Ergebnisse werden in einem ausführlichen Kontext in zwei Veröffentlichungen mit jeweils spezifischen Themenschwerpunkten ausgearbeitet (vgl. Gottschick & Ette 2013, Ette & Gottschick 2013).

Befragungsinhalte der persönlichen Interviews waren:

- Motivation der Akteure,
- Vernetzung im eigenen Akteursnetzwerk,
- Zufriedenheit mit den Netzwerkstrukturen,
- Stabilität von Netzwerken sowie
- Zusammenarbeit bzw. Abgrenzung zwischen den Netzwerken.

Anhand von Netzwerkkarten (vgl. Abb. 11.2), welche auf Grundlage der Telefoninterviews für jede Person erstellt wurden, sollten die Kommunikations- und Kooperationsbeziehungen im Interview visualisiert und qualitativ bewertet werden. Hierdurch wurden ein Einblick in das Spektrum der in den Netzwerken aktiven Personen sowie detaillierte persönliche Informationen über ihre Kommunikationsbeziehungen, ihre Verankerung im Netzwerk und eine Übersicht über die Vernetzung der unterschiedlichen Netzwerke in der Region gewonnen. Die Interviews wurden per Audio aufgezeichnet, mit der Software Atlas.ti transkribiert und qualitativ ausgewertet (Mayring 2008). Für den vorliegenden Beitrag wurden aus dem umfassenden Textcorpus die folgenden deduktiv entwickelten Codierungen ausgewertet: Kommunikationsbeziehungen), Vorteile der Netzwerkzusammenarbeit für eine nachhaltige Regionalentwicklung, Synergien/

1 Diese Definition ist jedoch nicht in allen Punkten auf die Modellregion Biosphärenreservat anzuwenden, da das Biosphärenreservat nicht durch Fördermittel getragen wird und nicht in einem klaren Zeitfenster institutionalisiert ist.

2 Im Rahmen des Projekts, welches als Vorstudie für einen ursprünglich umfassenderen Projektantrag zum Thema Partizipation und Netzwerke geplant war, wurden Akteure interviewt, welche in ihrem Einfluss und ihrer Funktion eine besondere Rolle in den Netzwerken innehaben. Es wurde versucht, ein möglichst ausgewogenes Verhältnis zwischen haupt- und ehrenamtlichen Akteuren zu schaffen, was jedoch aufgrund der begrenzten Interviewzahl nicht gelungen ist bzw. möglich war.

Hemmnisse der Netzwerkzusammenarbeit, Innovationsfähigkeit, Offenheit der Netzwerke für neue Akteure/Ideen sowie Flexibilität/Stabilität der Netzwerke.

Im Rahmen der persönlichen Interviews wurden die Akteure zu ihren Kommunikationsbeziehungen innerhalb ihres Netzwerks und zu den anderen Netzwerken befragt. Diese wurden mit der Methode der Egozentrierten-Netzwerkanalyse<sup>3</sup> erhoben, indem die Kommunikationsbeziehungen auf Akteursnetzwerkkarten (vgl. Abb. 11.2) visualisiert wurden.

Fehlte auf der Karte ein Akteur, konnte die Karte von den Akteuren durch Nennung weiterer wesentlicher Akteure in ihrem Wirkungskreis noch erweitert werden. Folgende Attribute der Akteure wurden auf der Netzwerkkarte dargestellt: (1) Netzwerkzugehörigkeit, (2) Wichtigkeit der Akteure und (3) der Name der Akteure. Diese Attribute werden in den Kreisen der Netzwerkkarten dargestellt. Die farbliche Markierung bildet die Netzwerkzugehörigkeit der Akteure ab. Sind in einem Kreis mehrere Farben abgebildet, so ist der Akteur in mehreren Netzwerken vertreten. Durch die Größe der Kreise wird die Wichtigkeit/der Einfluss der Akteure deutlich. So stellt ein großer Kreis hohe Wichtigkeit in einem Netzwerk dar und ein

kleinerer Kreis eine geringere Wichtigkeit. In der Mitte der Kreise wurde der Name der Akteure angezeigt. Die Kreise wurden auf den Karten so angeordnet, dass der befragte Akteur mit seinem engsten Netzwerk auf einem inneren Kreis dargestellt wurde und weitere Akteure aus anderen Netzwerken auf einem zweiten äußeren Kreis abgebildet wurden. Gab es seitens des befragten Akteurs Änderungswünsche bzgl. der Attribute, Netzwerkzugehörigkeit, Wichtigkeit oder der Anordnung der Akteure in der Karte, konnte er diese direkt auf der Netzwerkkarte vornehmen und für sich reflektieren. Im Anschluss wurden die Akteure dann gebeten, die Kommunikationsbeziehungen zu den genannten Akteuren qualitativ zu bewerten und farblich zu markieren. Die Farbe Grün steht für „sehr gut“, die Farbe Blau für „gut“ und die Farbe Rot für eine „eher schwierige“ Kommunikationsbeziehung zu den Akteuren. Ziel dieser Erhebung war es, einen Einblick in die Kommunikationsqualität sowie in die Beziehungsstruktur der im Modellgebiet aktiven Akteure zu erhalten. Durch die Visualisierung der Akteursbeziehungen auf den Netzwerkkarten erlangt der Interviewte selbst einen Blick auf die Struktur seiner Akteursbeziehungen und kann im Laufe des Interviews Änderungen daran vornehmen (vgl. Herz 2013, Schaper et al. 2012).

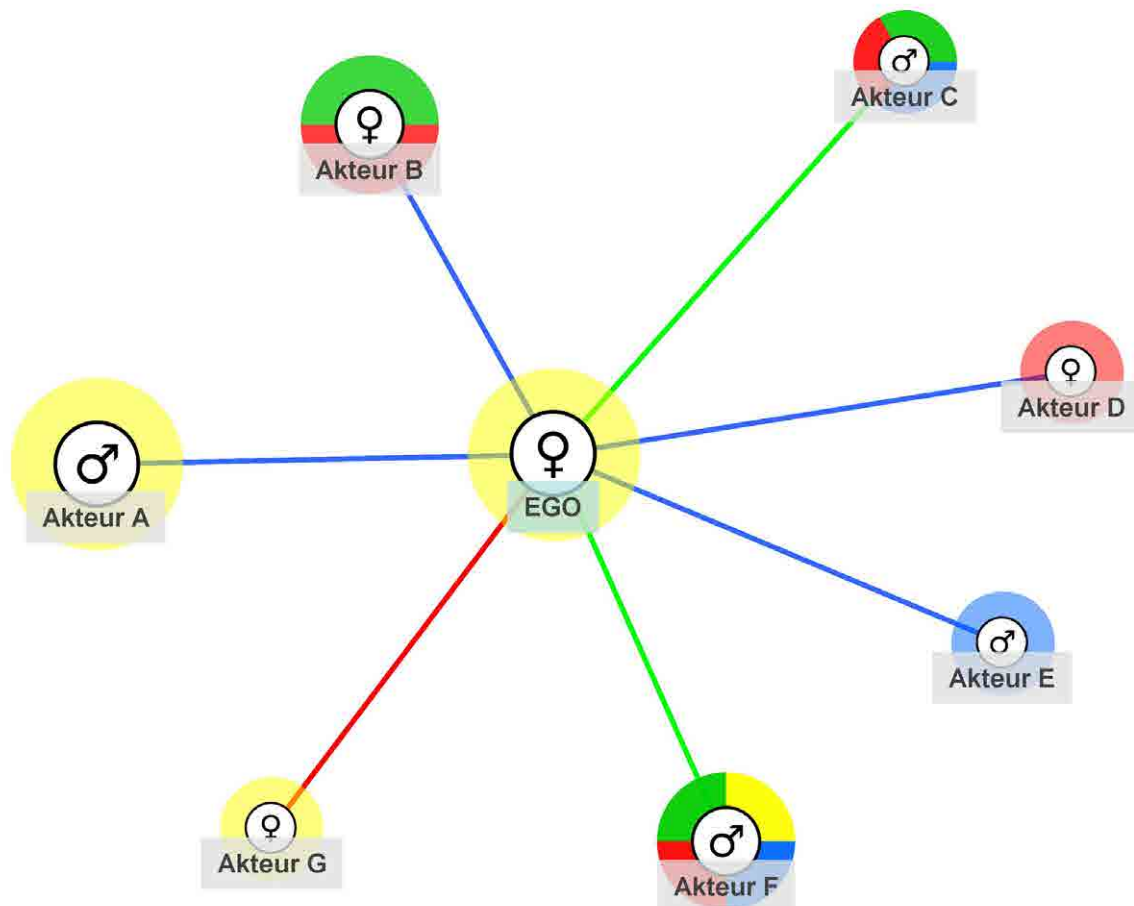


Abb. 11.2: Beispiel einer Akteursnetzwerkkarte

3 Mithilfe der egozentrierten Netzwerkanalyse werden spezielle Formen persönlicher Netzwerke analysiert, deren Strukturen und Daten bspw. mithilfe qualitativer Interviews erhoben werden. Bei der Analyse steht das Ego, die Zielperson im Mittelpunkt des Netzwerks. Von ihr werden Informationen zu persönlichen Netzpersonen, die sogenannten Alteri, und deren Beziehungen zueinander abgefragt. Aus diesen Informationen wird das jeweilige persönliche Netzwerk des Ego konstruiert (Herz 2012). Mit dieser Methode können so die Gesamtstrukturen und Beziehungen zusammenhängender Netzwerke erfasst und analysiert werden.

## 11.3 Darstellung der Ergebnisse

Die Netzwerkstrukturen in der Region setzen sich aus zahlreichen unterschiedlichen kleinen und größeren Netzwerken zusammen. Die hier durchgeführte Analyse fokussiert sich auf vier Netzwerke<sup>4</sup>: Das erste Netzwerk bildet die **Bioenergie-Region**, welche das Ziel hat, den heimischen Primärenergiebedarf zu 100 % zu decken (Wirtschaftsförderung Lüchow-Dannenberg/Region Aktiv Wendland-Elbetal e.V. 2008). Das zweite Netzwerk ist die **LEADER Region Elbtalau**. Es hat zum Ziel, Strategien und Projekte zu unterstützen, die einen Beitrag zur zukunftsfähigen und nachhaltigen Entwicklung des ländlichen Raums leisten. LEADER Regionen sind eigens ausgewiesene Förderregionen, die durch EU-Mittel unterstützt werden. Das **Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalau** bildet das dritte Netzwerk, mit dem Ziel einer nachhaltigen Gebietsentwicklung. Um dieses Ziel zu erreichen, sollen die Komponenten Ökologie, Ökonomie und Soziales in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander entwickelt werden. Biosphärenreservate sind

rechtsverbindlich festgesetzte, zu schützende und zu entwickelnde Modellregionen, in denen Strategien des Zusammenlebens von Mensch und Natur modellhaft entwickelt und erprobt werden. Ein Instrument zur Umsetzung dieses Ziels ist die Vernetzung mit der Region. Durch seine Rechtsverbindlichkeit unterscheidet sich das Biosphärenreservat von den anderen Netzwerken. Es beruht auf behördlichen Verwaltungsstrukturen und nicht auf Organisationsstrukturen, die ihrerseits von Fördermitteln abhängig sind (Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalau 2009). Das vierte und jüngste Netzwerk ist das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Projekt **KLIMZUG-NORD** (2009 - 2014). Ziel ist die Entwicklung von Strategien zur Anpassung an den Klimawandel in der Metropolregion Hamburg. Die in diesem Projekt ausgearbeitete Modellregion „Elbtalau“ ist räumlich identisch mit dem Biosphärenreservat.

Tab. 11.1: Übersicht über die untersuchten Netzwerke in der Region Elbtalau-Wendland

Netzwerke Lenkungsgruppen	Akteur	Themen	Ziele
Bioenergie-Region Wendland Elbetal			
Vorstand Region Aktiv e.V.	Kommunen, Landwirtschaft, Naturschutzorganisationen, Wirtschaftsförderung	Bioenergie und Naturschutz, Fachtourismus und Bioenergiedörfer, Mobilität mit Biogas, Bildung und Qualifizierung, Optimierung und Effizienz	Förderung erneuerbarer Energien und Deckung des heimischen Primärenergiebedarfs zu 100 %
LEADER			
AG Elbtalau Wendland	Landkreise, Tourismus und Wirtschaft, Naturschutz, Landesbehörden und Ministerien	Tourismus und Kultur, Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Energie, Dorfentwicklung, Natur und Landschaft	Entwicklung von kommunalen Entwicklungsstrategien, Steuerung von Planungsprozessen, Projektbegleitung
LAG (Lokale Aktionsgruppe) Elbtalau	Kommunen, Wirtschafts- und Sozialpartner, Landesbehörden	Tourismus und Kultur, Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Energie, Integriertes Auenmanagement, Dorfentwicklung und Wirtschaft, Natur und Landschaft	Entwicklung und Durchführung von LEADER Projekten
Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalau			
Biosphärenreservatsbeirat	Land, Gemeinden, Landkreise, Kammern und Verbände, Landwirtschaft, Umweltbildungseinrichtungen, Hochschulen	Naturschutz nachhaltige Raumnutzung	Gebietsentwicklung und -erhaltung im Schutzgebiet, Multiplikator, Beratung, Informations- und Kommunikationsplattform
KLIMZUG-NORD Modellregion und Teilprojekt 3.2	Wissenschaftler /innen und Mitarbeiter/innen der Biosphärenreservatsverwaltung	Entwicklung des Biosphärenreservats, i. W. der Flussauen, im Kontext der sich ändernden klimatischen Bedingungen; im Speziellen: Hydrologie, Boden- und Vegetationskunde, Landwirtschaft, Naturschutz, Regionalentwicklung, Öffentlichkeitsarbeit, Kommunikation und Bildung	Sensibilisieren für Klimawandel und Entwicklung von Anpassungsmöglichkeiten, Austausch und Ausgleich landwirtschaftlicher, naturschutzfachlicher sowie wasserwirtschaftlicher Interessen, dabei Unterstützung durch wissenschaftliche Begleitforschung

4 Für Informationen im Internet siehe: [www.bioenergie-wendland-eltal.de](http://www.bioenergie-wendland-eltal.de); [www.eltalau.niedersachsen.de](http://www.eltalau.niedersachsen.de); [www.klimzug-nord.de](http://www.klimzug-nord.de); [www.eltalau.de](http://www.eltalau.de).

In jedem Netzwerk existieren Lenkungsgruppen, welche sich mit planerischen und inhaltlichen Aspekten der Netzwerke befassen. Im Folgenden werden die wichtigsten regionalen Gruppen vorgestellt. Sie spiegeln einen Teil der in der Region existierenden Arbeitsgruppen wider, eine vollständige Darstellung aller vorhandenen Netzwerke würde an dieser Stelle zu weit führen. Die in den Netzwerken gebündelten Kompetenzen werden in netzwerkübergreifenden Arbeitsgruppen zu unterschiedlichen Themenschwerpunkten zusammengebracht. Arbeits- bzw. Lenkungsgruppen bilden hierbei eine wichtige Kommunikationsstruktur, in welcher sich die Netzwerke über ihre Interessen und Ziele austauschen und spezielle Themengebiete bearbeiten können (vgl. Tab. 11.1).

Zum Netzwerk der Bioenergie-Region gehört die Lenkungsgruppe Gesamtvorstand Region Aktiv e.V. Der Gesamtvorstand – wie auch die folgenden Lenkungsgruppen – bildet eine wichtige Schnittmenge bedeutender Interessengruppen in der Region. Er ist der Ideengeber und strategische Kopf in der Bioenergie-Region. Durch die Zusammensetzung der Vorstandsmitglieder fließen die unterschiedlichen Sichtweisen und Ziele wichtiger regionaler Entscheidungsträger in die Umsetzung der Bioenergieprojekte mit ein. Dabei stützt er sich auf Handlungsempfehlungen fachlicher Arbeitsgruppen, die konkrete Projektvorschläge machen.

Eine weitere wichtige Lenkungsgruppe in der Region ist die AG Elbtalaue-Wendland. Sie bildet einen Zusammenschluss regionaler Vertreterinnen und Vertreter aus den Samtgemeinden des Landkreises Lüchow-Dannenberg und aus Kommunen des Landkreis Lüneburgs. Oberstes Ziel dieser Lenkungsgruppe ist eine nachhaltige Regionalentwicklung. Dabei konzentrieren sie sich auf die Erarbeitung querschnittsorientierter regionaler Entwicklungskonzepte auf der Grundlage der Vorschläge regionaler Akteure. Nach einem erfolgreich eingereichten regionalen Entwicklungskonzept im EU-LEADER + Wettbewerb wurde die Region zur LEADER+ Region Elbtalaue.

Mit dieser LEADER Förderung bildete sich die Lokale

Aktionsgruppe Elbtalaue (LAG), die als zentrales Steuerungs- und Entscheidungsgremium für die LEADER Mittel der Region fungiert. Sie berät und beschließt über Förderprojekte, bringt neue Aspekte in die Gesamtstrategie ein und entwickelt so die Ziele für die Region weiter. Die fachlichen Arbeitskreise der LAG geben Empfehlungen hinsichtlich der Zielsetzungen und der notwendigen Maßnahmen, um die Ziele zu erreichen. Unterstützung bekommt die Region durch das Regionalmanagement. Seine Aufgaben bestehen in der Betreuung der Projekte, Organisation von Sitzungen, der internen Verwaltung sowie der Informationsweitergabe an externe Stellen.

Für das Biosphärenreservat bildet neben der Biosphärenreservatsverwaltung der Biosphärenreservatsbeirat eine weitere wichtige Institution in der Region. Er wirkt bei der Erhaltung und Weiterentwicklung des Gebiets mit und ist ein wichtiges Bindeglied zwischen Biosphärenreservat und Bevölkerung vor Ort. Er ist Austauschplattform für Behörden und weitere Kooperationspartner im Biosphärenreservat.

Das Netzwerk „Modellregion Elbtalaue“ ist als eines von fünf KLIMZUG-NORD Modellgebieten Teil des Forschungsprojekts und hat in der Region keine Lenkungsgruppe. Koordiniert wird die Modellregion Elbtalaue von Mitarbeitern der Biosphärenreservatsverwaltung. Während die Netzwerkbildung bzw. Verankerung in der Region eher langsam verläuft, findet auf der Ebene der Metropolregion Hamburg eine Vernetzung mit Akteuren des administrativen und ehrenamtlichen Naturschutzes und der Wissenschaft statt.

Um den netzwerkübergreifenden Austausch zwischen allen Netzwerken noch effektiver zu gestalten und zu intensivieren, haben die Regionalmanagerinnen der Bioenergie-Region, der LEADER Region sowie vom Biosphärenreservat einen regelmäßigen informellen Informationsaustausch in Form eines Treffens organisiert. Hieraus ergeben sich wichtige und kostbare Synergien für die Netzwerke, da so jeder seine Kompetenzen in die Netzwerkarbeit der anderen mit einbringen kann.

## 11.4 Befunde zur Funktionalität der Netzwerke

Im Folgenden wird die Funktionalität der bestehenden Netzwerke (vgl. Tab. 11.1) zuerst anhand der in den Interviews genannten Gemeinsamkeiten beschrieben. Anschließend werden sowohl die Aussagen zur Effektivität der Vernetzung dargestellt als auch die Aussagen zur Begrenzung der Zusammenarbeit. Die dann folgende Beschreibung der Innovationsfähigkeit bezieht sich vor allem auf die Brüche in der Netzwerkarbeit durch Wechsel der Förderperioden und Förderthemen. Anschließend werden die Aussagen zur persönlichen Belastung durch die Netzwerkarbeit aufgeführt. Darauf folgend wird eine detaillierte Bewertung der Kommunikationsqualität in den Netzwerken vorgenommen und hierbei auf die Ergebnisse

der Akteursnetzwerkkarten Bezug genommen. Im Anschluss daran werden die Faktoren für eine nachhaltige Regionalentwicklung vorgestellt.



## Gemeinsamkeiten der Netzwerke

Wie im vorhergehenden Kapitel dargestellt, widmen sich die einzelnen Netzwerke unterschiedlichen Themen. Trotz der vielseitigen fachlich unterschiedlichen Ausrichtungen verbinden die Netzwerke Gemeinsamkeiten: „es gibt einige zentrale Punkte, die uns einen“ (P5-9)<sup>5</sup>. Gemeinsam wird das Ziel verfolgt, die Region Wendland-Elbetal im Sinne einer nachhaltigen und integrativen Entwicklung weiterzubringen und dafür zukunftsfähige Konzepte und Strategien in die Praxis umzusetzen (P3-13). Die Anpassung an den Klimawandel wurde nicht genannt. Die Akteure betonen, dass jedes Netzwerk seinen eigenen

Schwerpunkt hat und seine spezifischen Kompetenzen in die gemeinsame Netzwerkarbeit einbringt, um das gemeinsame Ziel zu erreichen (P1-11).

Die Vereinbarkeit der unterschiedlichen Themenschwerpunkte, Interessen und Sichtweisen manifestiert sich in verschiedenen Produkten, die die Netzwerke übergreifend erarbeiten. Die Arbeitsergebnisse umfassen hierbei Diskussions- und Positionspapiere wie auch konkrete Projekte zur Vereinbarung von Energiepflanzenanbau und Biodiversität, sowie Konzepte oder Wettbewerbsbeiträge für die Einwerbung von Fördermitteln.

## Effektivität der Vernetzung

Insgesamt wird von den Interviewpartnern der Eindruck vermittelt, dass die Effektivität der Vernetzung sowohl innerhalb der Netzwerke als auch zwischen den Netzwerken zufriedenstellend ist. Die thematische Abgrenzung spielt dabei eine große Rolle. Beispielsweise ist zwar in dem Regionalentwicklungskonzept (REK) das Thema Bioenergie mit aufgeführt, wird aber in dem darauf aufbauenden LEADER Projekt nicht umgesetzt, sondern dem Netzwerk Bioenergie-Region anvertraut. Gleiches gilt für das Thema Natur und Landschaft. Dieses wird aus Sicht des REK der Biosphärenreservatsverwaltung überlassen (P4-12,28). Bezüglich der Netzwerkstruktur und Prozessgestaltung wird der konstruktive Umgang mitei-

einander hervorgehoben (P3-73). Dabei ist es hauptamtlich wirkenden Personen möglich, ganz gezielt zu einzelnen Veranstaltungen zu kommen oder die Aufgaben unter anderen Hauptamtlichen aufzuteilen, um sich dann später gegenseitig zu informieren (P8-104,108). Beides reduziert die individuelle Arbeitszeit für Netzwerktreffen erheblich. Für die regionalen Akteursgruppen sind Arbeitskreis- und Arbeitsgruppentreffen wichtige Informations- und Austauschplattformen. Sie schätzen den Mehrwert und die Nutzung der Synergien durch die Zusammenarbeit. Doppelarbeit wird vermieden, und Aufgaben werden an fachlich kompetente Akteure und Arbeitsgruppen delegiert.

## Begrenzungen der Zusammenarbeit

Neben der Effektivität der Vernetzung wurden im Interview gezielt die Hemmnisse und Begrenzungen bei der Zusammenarbeit angesprochen. Die Befunde lassen sich in die Bereiche „Themen“, „Personen“, „Struktur“ und „Prozess“ unterteilen. Die oben positiv erwähnte thematische Abgrenzung der bestehenden Netzwerke Regionalentwicklung, Bioenergie, Natur und Landschaft ist nicht frei von Konflikten. Dabei wird deutlich, dass es weniger um sachliche Abgrenzungsprobleme geht, als vielmehr um Konkurrenzen. Erwähnt werden Konkurrenzen zwischen Personen bzw. Institutionen zu der Frage, wer sich wie mit welchem Thema profilieren darf (P3, P5). Eine solche Konkurrenz könnte zwar auch positive Effekte haben, erwähnt werden jedoch nur die hemmenden Auswirkungen: „die könnten eine schlagkräftige Gruppe sein, stattdessen beschränken sie sich darauf, sich gegenseitig die Butter vom Brot zu nehmen“ (P5-61). Die thematische Abgrenzung (genannt wurden Qualitäten und Zielrichtungen) wird allerdings auch als hilfreich beschrieben, um Konkurrenzen aus dem Weg zu gehen (P3-17). Wenn die Abgrenzung erfolgt ist, wird diese jedoch auch als Hemmnis für die themenübergreifende Zusammenarbeit genannt (P8-8). Die Schwierigkeit einer themenübergreifenden Zusammenarbeit könnte – wie

oben erwähnt – weniger an der sachlichen Abgrenzung liegen als vielmehr an den verschiedenen Interessenlagen, die mit den Themen verbunden sind (P1-71).

Während also die thematischen Abgrenzungen kontrovers in ihren Vor- und Nachteilen gesehen werden, stehen bei der Beschreibung der Abgrenzung durch Strukturen die Nachteile im Vordergrund der Interviewaussagen. Konkret erwähnt werden Probleme bei der Zusammenarbeit der Landkreise untereinander und auch der Landkreise mit den Netzwerken (P2-105, P3-73). Dies bezieht sich auf unterschiedliche Regelungen und auf Fragen der Finanzierung. Weiterhin wird auch die Zusammenarbeit zwischen und mit den Fachbehörden kritisiert (P1-71). Die Verwaltungsstruktur, aber auch die Arbeitsweise der Verwaltung wird als Hemmnis für die innovative Netzwerkarbeit beschrieben (P2-17,57). Zur besseren Überwindung dieser strukturellen Hemmnisse wird eine Schnittstellenmanagerin als besonders hilfreich angesehen.

5 Quellenangabe der Interviewdokumente. „P“ steht für Interviewperson, und die Zahlen geben die Zeilen der Transkripte in Atlas.ti wieder.

## Innovationsfähigkeit

Mehr auf den Prozess bzw. auf die Organisation bezogen ist das Problem der Kapazitätsgrenze der Akteure. Als besonderes Problem wird dabei die Zusammenarbeit von ehrenamtlich und hauptamtlich tätigen Personen erwähnt, ohne dass dies genauer erläutert wird (P2-81). Die Kapazitätsgrenze der Akteure wird deutlich benannt und als wichtiger begrenzender Faktor für die Anzahl der Aktivitäten und neuen Initiativen in einer Region gesehen (P1-103). Ein wichtiger Punkt für die Arbeitsbelastung ist dabei die Häufigkeit ähnlicher Treffen, die zudem räumlich weit in der Region verteilt stattfinden (P2-97, P5-101). Zwar wird von Einzelnen versucht, Treffen räumlich und zeitlich zusammenzulegen, aber auch der – als utopisch gekennzeichnete – Wunsch geäußert, einmal im Monat an zwei Tagen alle Treffen an einem Ort abhandeln zu können.

Bei der Auswertung nach der Innovationsfähigkeit, d.h. der Netzwerkdynamik im Wechselspiel von Veränderung und Stabilität, fallen besonders die in den Interviews erwähnten Förderperioden auf. Dabei finden sich je nach Akteur und Kontext sowohl positive als auch negative Einschätzungen über die Wirkung von Förderperioden. Dies betrifft in unserer Fallstudie das LEADER Netzwerk. Generell ist, über einen längeren Zeitraum betrachtet, das Entstehen und Vergehen von Projekten bzw. Projektförderungen immer mit Brüchen verbunden. Den Nachteilen einer Diskontinuität im Prozess, mit dem Verlust von Personen bzw. ihren Kompetenzen und Beziehungen, stehen die Vorteile einer neuen Motivation, dem Aufbrechen von Verkrustungen und der Möglichkeit von Pfadwechseln im Sinne einer Innovationsfähigkeit gegenüber.

Mit Bezug auf das LEADER Netzwerk wurde der Übergang als „relativ fließend“ (P4-56) beschrieben. Neue Personen, neue Themen und eine straffere Organisation werden als Vorteile gesehen. Im Vorfeld des neuen Umbruchs wird jedoch von demselben Akteur die Zukunft als besonders schwierig und unklar dargestellt. Andere beschreiben den Umbruch als ganz normal und als Vakuum, bei dem alle warten und dann Monate brauchen, um wieder in Gang zu kommen (P2-69).

In dem Netzwerk von „Region Aktiv“, aus dem das Netzwerk „Bioenergie-Region“ hervorgegangen ist, wird neben der thematischen Veränderung auch die Veränderung der Organisationsstruktur thematisiert. Der sogenannte Gesamtvorstand wurde stark verkleinert. Dies wird von manchen interviewten Personen positiv beurteilt und ist, von außen betrachtet, ein Zeichen für eine gute Innovationsfähigkeit. Andere bemängeln, dass vor allem „der Naturschutz“ von „der Wirtschaft“ verdrängt würde. Weiterhin sei durch die geringere Anzahl von Personen im Netzwerk „ein Teil der Innovationskraft verloren“ (P2-45) gegangen und in gewissem Maße die Demokratie und Vernetzung (P5-49), was sich auch in der Formulierung „Supershow von Alphetieren“ (P5-49) wiederfindet.

Ein wesentlicher Faktor für die Stabilität der Netzwerke sind die sogenannten „Schlüsselakteure“ oder „die Motoren“ in Akteursnetzwerken, die sich durch ein besonderes Engagement in Krisenzeiten auszeichnen und das Netzwerk zusammenhalten (P7-94) (P8-14).

Problemimmanent in engagierten Netzwerken ist, dass von den Akteuren immer mehr Probleme und Aufgaben gesehen werden, als Zeit und Ressourcen der Aktiven vorhanden sind. Insofern sind die engagierten, aufmerksamen Akteure immer mit Abgrenzung und Priorisieren beschäftigt bzw. tendieren dazu, mehr Aufgaben zu übernehmen als sie in einer angemessenen Arbeitsbelastung übernehmen sollten (z. B. P1-71). Die Netzwerke leben vom privaten Engagement, auch vom privaten Engagement von Hauptamtlichen; wobei die Hauptamtlichen durch ihre klarere Profession und Funktion sich tendenziell leichter abgrenzen können (P3-121, P7-124). Dabei scheint generell das persönliche Ziel- und Zeitmanagement entscheidend für eine gute Ausgewogenheit zu sein (P1-111, P5-101). Das im Interview erwähnte, medizinisch diagnostizierte Burn-out von (ehemaligen) Akteuren wird im Interview auch auf die persönlichen Belastungen von Netzwerkarbeit bezogen und es wird die hohe Arbeitsbelastung ehren- und hauptamtlich engagierter Personen betont. Wie aus den Interviewdaten zu entnehmen ist, achten sowohl ehren- als auch hauptamtliche Akteure bewusst darauf, dass die Belastung durch die Netzwerkarbeit nicht zu hoch wird.

Gute Netzwerkarbeit hat ihren Ursprung häufig in guten freundschaftlichen Beziehungen, „es menscht überall“ (P5-49). Umstrukturierungen des Netzwerks, die von außen durch die Förderlandschaft erzwungen werden, können im Umkehrschluss auch Auswirkungen auf die persönlichen Beziehungen haben: „...dann geht da schon ein bisschen was verloren von Förderperiode zu Förderperiode...“ (P2-85). Dies scheint auch ein wichtiger Faktor für die persönliche Belastung der Netzwerkarbeit bei der Betrachtung längerer Zeiträume zu sein.

## Bewertung der Kommunikationsqualität

Bei der Befragung wurde unterschieden in Kommunikationsstrukturen und Kommunikationsbeziehungen. Die Kommunikationsbeziehungen wurden auf den Akteursnetzwerkarten visualisiert und mündlich von den Befragten erläutert. Bei beiden Kategorien wurden die Akteure gebeten, die Bewertung getrennt nach den internen Strukturen und Beziehungen in ihrem eigenen Netzwerk sowie extern zu den anderen Netzwerken vorzunehmen. Erschwert wurde die Auswertung, da manche Akteure nicht klar einem Netzwerk zuzuordnen waren. Dementsprechend konnten die Akteure auch nicht immer klar unterscheiden, welches das interne und welche die externen Netzwerke sind. Meist betrachteten sie in dem Fall ihr eigenes konstruiertes Netzwerk, in welchem sie sich bewegen, wie bspw. ihre Institution, die sie in diesem Netzwerk vertreten. Auf Grundlage der Aussagen und der Akteursnetzwerkarten ergibt sich folgendes Ergebnis:

Bezüglich der Kommunikationsstrukturen ist bei den Akteuren überwiegend Zufriedenheit festzustellen. Über E-Mail, Telefon und auf regelmäßigen Treffen findet ein zufriedenstellender Austausch zwischen den Akteuren statt. Dies gilt sowohl für die Kommunikationsstrukturen in den Netzwerken als auch zu den anderen Netzwerken. Es wird jedoch erwähnt, dass die Rückkopplung zwischen Arbeitsgruppen und Netzwerken nicht immer zufriedenstellend ist (P4-48).

Auch die Kommunikationsbeziehungen werden sowohl innerhalb als auch extern zu den anderen Netzwerken überwiegend „gut“ bis „sehr gut“ bewertet (P5-25). Trotz der häufig unterschiedlichen fachlichen Interessenlagen der Netzwerke herrschen ein offenes Gesprächsklima und transparente Prozesse (P3-61).

Was jedoch bei der Auswertung der Akteursnetzwerkarten zu den Kommunikationsbeziehungen überrascht, ist, dass nicht alle Akteure gegenseitig eine Bewertung vornehmen. So wird bspw. von einem Akteur eine Person genannt, die jedoch für den Genannten selbst keine Relevanz hat. Dies kam von insgesamt 28 möglichen Verbindungen viermal vor. Davon besteht ein Fall zwischen zwei Mitgliedern aus zwei verschiedenen Netzwerken und drei Fälle innerhalb eines Netzwerks. Insgesamt stimmen von den 28 möglichen Verbindungen 16 nicht miteinander überein. Das heißt, dass sie in ihren Bewertungen unterschiedlich sind. Dabei fallen zwei sehr stark auseinander. Eine Seite hat die Kommunikationsbeziehungen als „sehr gut“ bewertet, während die andere Seite sie als „schwierig“ eingestuft hat.

Diese zum Teil doch sehr unterschiedlichen Bewertungen der Kommunikationsbeziehungen können darauf zurückgeführt werden, dass jeder einzelne Akteur für sich sein eigenes personalisiertes Netzwerk schafft. Durch die unterschiedlichen Kommunikationsbeziehungen zu den anderen Akteuren ist jedes einzelne (ego-zentrierte) Netzwerk anders ausgeprägt. Die zwei stark voneinander abweichenden Beurteilungen der Kommunikationsbeziehungen lassen sich evtl. damit begründen, dass einer der Akteure sich eher an schwierige Diskussionen mit dem anderen Akteur erinnert, während der andere diesen eine nicht so hohe Relevanz beimisst. Grundsätzlich haben Individuen unterschiedliche subjektive Wahrnehmungen, die gekoppelt sind mit ihren Kognitionen, Motivationen, Interessen und Zielen innerhalb ihres Handlungsfelds und Handlungsspielraumes.

## 11.5 Fazit/Maßnahmenvorschläge – Mögliche Konsequenzen aus den Befunden für die Klimafolgenanpassung in der Region

Als gemeinsames Ziel wird in den Interviews als Leitorientierung das Erreichen einer nachhaltigen Entwicklung genannt. Es wird jedoch im weiteren Verlauf der Interviews nicht weiter konkretisiert und nicht darauf eingegangen. Es werden zwar gegensätzliche Leitbilder angesprochen, wie bspw. Naturschutz und Landwirtschaft, aber eine systematische Leitbildentwicklung für die Region ist nicht erkennbar. Aus den Ergebnissen lässt sich schließen, dass die nachhaltige Entwicklung für die Region kaum konzeptionell und operational entwickelt ist. Auch die Anpassung an den Klimawandel ist in den Netzwerken kaum Thema. Ein gemeinsam entwickeltes Nachhaltigkeitsleitbild würde die konzeptionellen Schwächen mindern und ist wichtig, um Kontroversen bei der Operationalisierung zu mindern. Davon würden auch die Entwicklung und Bewertung von Strategien zur Anpassung an den Klimawandel profitieren. Ein Grund für die geringe Thematisierung der regionalen Auswirkungen des Klimawandels könnte eine Übersättigung der Region mit Themen sein. Wie dargestellt, sind in der Region sehr viele thematisch unterschiedlich ausgerichtete Netzwerke aktiv. Das Netzwerk KLIMZUG-NORD müsste in der Region erst noch seine Nische zwischen den divergierenden Interessen und Themenkonkurrenzen finden, um ins Blickfeld der aktiven Akteure in der Region zu gelangen. Die Biosphärenreservatsverwaltung nimmt hierbei eine wichtige Rolle als Multiplikator ein.

Die Netzwerke scheinen eine hohe Funktionalität aufzuweisen, die Voraussetzung für einen effektiven Umgang mit der hohen Themenkomplexität ist. Insgesamt scheint das Zusammenspiel von staatlichen und nicht-staatlichen Akteuren in den Netzwerken von klaren und akzeptierten Regeln geprägt zu sein. Herausforderungen bestehen in der länder- und kreisübergreifenden Zusammenarbeit und beziehen sich auf Verantwortlichkeiten und Fragen der Finanzierung von Projekten, Prozessen und Netzwerken. Weitere Defizite wurden in den Interviews nicht benannt. Allerdings war in den Interviews auch nicht die Rede von konkreten Entscheidungsverfahren. Daher bezogen sich die Beispiele der Zusammenarbeit von staatlichen und nicht-staatlichen Akteuren nur auf Netzwerkprozesse, die einen mittelbaren Einfluss auf formale Entscheidungen haben.

Insofern ist mit Blick auf die Art und Qualität von Partizipation nicht eine konkrete Entscheidung im Fokus der Interviews gewesen, sondern die partizipativen Prozesse der Meinungsbildung und Problemrahmung. In den Interviews wird von den Akteuren der Punkt Kommunikation und Kooperation in und zwischen den Netzwerken als gut beschrieben. Eine einzige Einschränkung machen die Akteure bei der Frage der Repräsentation. So ist die Beteiligung eines ehrenamtlichen Naturschutzvertreters im Gesamtvorstand für die eine Akteursgruppe ausreichend und für die andere Akteursgruppe ein Zeichen der Unterrepräsentation.

Es wurde die Annahme geäußert, dass es in der hier untersuchten Region schon Anzeichen dafür gibt, dass eine lang andauernde Partizipation zu einer gewissen Ermüdung, Verringerung der Innovationsfähigkeit und mangelnder Verständigungsorientierung führen könnte. Diese Anzeichen können zwar identifiziert und beschrieben werden, haben jedoch nicht das Ausmaß und die Intensität wie anfänglich erwartet. Entscheidend dafür sind die Förderperioden, die die Netzwerke immer wieder dazu zwingen, alte Pfade zu verlassen, neue Themen aufzugreifen und das Netzwerk der neuen Förderlandschaft anzupassen. Dies kann als politische Strategie verstanden werden, um Netzwerke in Regionen dynamisch und lebendig zu halten. Gleichzeitig hat sich gezeigt, dass die persönliche Belastung ein wichtiges Hemmnis für Dynamik und Innovation ist. Neben der generellen Arbeitsbelastung in aktiven Netzwerken ist die Belastung durch Brüche durch Förderperioden und die Schwierigkeit der Abgrenzung von ehrenamtlich Aktiven besonders bedeutsam.

Für die Verankerung des Themas „Anpassung an den Klimawandel“ in den vorhandenen Netzwerken statt einer Etablierung eines neuen Netzwerks hat die Analyse der Partizipationslandschaft wertvolle Hinweise geliefert. Es ist deutlich geworden, dass zum ersten die Netzwerkstrukturen in der Region in Bezug auf Personen und Themen stabil etabliert und vor allem auch weitestgehend austariert sind. Zum zweiten ist die innere Dynamik der jeweiligen Netzwerke durch die Förderperioden so stark, dass es kaum Offenheit für weitere Unruhe durch neue Netzwerke oder Themen gibt. Und drittens sind die potenziell aktiven Personen in der Region schon in die vorhandenen Netzwerke eingebunden, sodass das Rekrutierungspotenzial für ein neues Netzwerk gering ist. Eine Möglichkeit ist es, die Struktur der vorhandenen Netzwerke zu nutzen, um so weit wie möglich für das Thema Klimaanpassung zu sensibilisieren und Synergien zu den etablierten Themen aufzuzeigen. Im Vorfeld einer neuen Förderperiode dürften sich dann neue Möglichkeiten bieten, um das Anpassungsthema in der Region zu verankern. Darüber hinaus werden sich aufgrund politischer Strategien, welche auf der Verwaltungsebene umgesetzt werden müssen, neue Herausforderungen für die Netzwerke ergeben, um das Thema in der Region zu verankern.

Insgesamt hat sich gezeigt, dass die Analyse der Partizipationslandschaft, d.h. sowohl die übergreifende Betrachtung der Netzwerkfunktionalität in dieser Region als auch die längerfristige Betrachtung der Netzwerkdynamik, wichtige Erkenntnisse im Kontext einer nachhaltigen regionalen Entwicklung und zur Entwicklung von Strategien zur Anpassung an den Klimawandel liefert. Partizipationsforschung sollte daher in Zukunft mehr Augenmerk auf die zeitlichen Netzwerkbrüche und Schnittstellen zwischen Netzwerken in Regionen legen.

# 12 **Bewertung des partizipativ entwickelten Leitbildes zur Klimaanpassung der Samtgemeinde Gartow**

*Thomas Zimmermann, Jörg Knieling*

## 12.1 **Einleitung**

Leitbilder sind anschauliche und übergeordnete Zielvorstellungen zur Steuerung der zukünftigen räumlichen Entwicklung eines Gebiets auf unterschiedlichen Maßstabsebenen. Sie bilden damit den Beginn eines Meinungsbildungs- und Entwicklungsprozesses. Ihre Wirkung entfalten sie sowohl durch die grafische Darstellung einer Vision als auch durch ihre Operationalisierung. Die Darstellung eines wünschenswerten Idealzustands erfüllt eine wichtige Funktion. Sie kann die angesprochenen Menschen und Institutionen überzeugen und damit ihr Handeln leiten. Aufgrund des hohen Abstraktionsgrads ist die Leitbildvision in ein ausdifferenziertes Zielsystem einzubinden und durch konkrete Handlungsanleitungen und Maßnahmenprogramme zu konkretisieren (Dehne 2005). Damit geben Leitbilder Orientierung für zukünftige Entscheidungen, wobei sie Handlungsspielräume offenlassen (Baker et al. 2012, Potschin et al. 2012). Vor dem Hintergrund der Unsicherheiten in den Projektionen zu den klimatischen Veränderungen erscheinen sie damit als ein geeignetes Instrument für die Klimaanpassung. Darüber hinaus dienen Leitbilder in der Raumordnung dazu, „die Aspekte der Fachplanungen zu einem koordinierenden System zusammenzufügen“ (Knieling 2000). Ähnliche Aufgaben stellen sich auch bei einer strategischen Herangehensweise im Bereich der Klimaanpassung, bei der es sich ebenfalls um ein querschnittsorientiertes Politikfeld handelt (Massey & Bergsma 2008).

Der folgende Beitrag beschreibt und bewertet das Leitbild zur Klimaanpassung der niedersächsischen Samtgemeinde Gartow. Dazu leitet das zweite Kapitel Kriterien aus der Literatur ab. Das dritte Kapitel beschreibt dann das Leitbild mit seinem Entstehungsprozess und bewertet mithilfe der Kriterien das entstandene Dokument. Zusammenfassend betrachtet Kapitel 4 die Ergebnisse und zieht Schlussfolgerungen.

## 12.2 Kriterien für die Bewertung von Leitbildern im Kontext der Klimaanpassung

Das folgende Kriterienset für die Bewertung von Leitbildern thematisiert inhaltliche, strukturelle und auf den Erstellungsprozess bezogene Aspekte. Inhaltlich stehen Leitbilder zur Klimaanpassung aufgrund der besonderen Eigenschaften des Politikfelds vor der Herausforderung, dass sie aufgrund der Langfristigkeit der Aufgabe und den daraus folgenden Unsicherheiten bezüglich räumlicher Veränderungen (Biermann 2007) kreativ mit möglichen zukünftigen Entwicklungen umgehen müssen. Darüber hinaus sollten sie naturräumliche Zusammenhänge, die den Bezugspunkt für die klimatischen Veränderungen bilden (Greiving & Fleischhauer 2008), berücksichtigen.

Das Kriterium Integration thematisiert darüber hinaus auch, inwieweit das Leitbild auf die unterschiedlichen administrativen Ebenen mit Zuständigkeiten für die Umsetzung von Klimaanpassungsmaßnahmen eingeht. Die strukturellen Aspekte basieren auf der eingangs geschilderten Definition von Leitbildern und greifen die Steuerungsfunktion auf. Das Kriterium Vision nimmt die Anschaulichkeit des beschriebenen Zustands in den Blick. Ein ausdifferenziertes Zielsystem wird als weitere Voraussetzung für die Erfüllung der Steuerungsfunktion angesehen (Dehne 2005). Den Entwicklungsprozess thematisiert das Kriterium Legitimation.

### Kreativität

Aus den langen Zeiträumen, die zwischen den Treibhausgasemissionen als Ursache des Klimawandels und ihren Folgewirkungen liegen, folgt für die Klimaanpassung die Notwendigkeit eines langfristigen, generationenübergreifenden Denkens (Biermann 2007). Entsprechend sollte die Vision eines Leitbildes weit in die Zukunft reichen. Daraus ergeben sich vielfältige Unsicherheiten sowohl hinsichtlich klimatischer Veränderungen und dem Umgang mit ihnen als auch weiterer, z. B. sozio-ökono-

mischer, Rahmenbedingungen. Letztere beeinflussen die gesellschaftliche Betroffenheit von den Folgen der klimatischen Veränderungen. Daher sollten Leitbilder zur Klimaanpassung gewohnte gedankliche Pfade verlassen. Dem trägt das Kriterium Kreativität Rechnung. Es bewertet, inwieweit die Vision eines Leitbildes von gegenwärtig bestehenden Vorstellungen der räumlichen Entwicklung abweicht.

### Integration

Die Berücksichtigung naturräumlicher Zusammenhänge und unterschiedlicher administrativer Ebenen bilden spezifische Herausforderungen an die Klimaanpassung. Bezugspunkt der Auswirkungen von klimatischen Veränderungen sind meist naturräumliche Zusammenhänge, wie Flusseinzugsgebiete, und selten administrative Grenzen. Klimaanpassungskonzepte und damit auch die vorgeschalteten Leitbilder sollten daher territoriale Zuständigkeiten überschreiten und naturräumliche Zusammenhänge berücksichtigen (Greiving & Fleischhauer

2008, Ritter 2007). Darüber hinaus sind unterschiedliche politische und planerisch-administrative Ebenen für die unterschiedlichen Themenbereiche der Klimaanpassung zuständig, sodass Leitbilder auch entsprechende Aspekte thematisieren sollten (Knieling et al. 2011). Das Kriterium Integration thematisiert dementsprechend die Behandlung von naturräumlichen Zusammenhängen und die Berücksichtigung der Zuständigkeit von unterschiedlichen administrativen Ebenen.

### Vision

Das Kriterium Vision bewertet, inwieweit der angestrebte Zielzustand im Sinne der eingangs dargestellten Definition anschaulich und übergeordnet dargestellt wird. Eine entsprechende Ausgestaltung trägt aufgrund der damit verbundenen Überzeugungskraft wesentlich zur Wirkung des Leitbildes bei. Eine daraus abgeleitete Anforderung an das Leitbild ist zunächst die bildhafte Beschreibung des Zielzustands. Eine grafische Visualisierung kann

dabei die Darstellung unterstützen (Dehne 2005). Die Vision sollte darüber hinaus sowohl über einen konkreten Bezug zum Planungsraum verfügen und beschreiben, wie er sich an die Folgen der klimatischen Veränderungen anpasst (Baker et al. 2012, Berke 2009). Eine weitere Anforderung an eine überzeugende Vision ist ihre Zusammenfassung in einem Slogan, z. B. in Form einer Metapher (Faludi 1996).

## Zielsystem

Um seine orientierende Wirkung für die Akteure zu entfalten, sollte ein Leitbild neben der überzeugenden Vision auch Ziele, Handlungsanleitungen und Maßnahmen benennen. Alternativ kann das Leitbild auch in weitere Planungsstufen mit eingebunden werden (Dehne 2005). Entsprechende Aspekte bewertet das Kriterium Zielsystem. Anforderungen an die Ziele sind ihre klare und umfassende Formulierung sowie ihre Ausrichtung an der spezifischen Situation des Planungsraums (Berke & French 1994, Norton 2005, Preston et al. 2011). Unterschieden wird dabei zwischen abstrakten und konkreten

Zielen. Erstere sind richtungsweisend und mindern durch Darstellung genereller Ansprüche zunächst Probleme (von Gleich et al. 2010, Fürst 2008). Die konkreten Ziele operationalisieren die abstrakten Ziele und geben damit Handlungs- und Gestaltungsanleitungen vor. Leitlinien skizzieren grundlegende Ansätze zur Umsetzung der Ziele und definieren damit Spielräume für die betroffenen Akteure (Berke 2009). Darüber hinaus sollte ein Leitbild oder ein folgendes Planungsdokument auch Maßnahmen, d.h. Handlungen zur Erreichung der vereinbarten Ziele, benennen (Baker et al. 2012, Potschin 2010).

## Legitimation

Die Entwicklung eines Leitbildes zur Klimaanpassung in einem partizipativen Prozess ermöglicht unterschiedlichen Interessengruppen, ihre Anliegen und ihr Wissen in Anpassungsprozesse einzuspeisen und damit die Entscheidungsgrundlagen zu verbessern (Smit & Pili-fosova 2003, Greiving & Fleischhauer 2008, Blanco & Alberti 2009). Gleichzeitig leistet die Beteiligung potenziell Betroffener einen Beitrag zur Legitimation späterer

Entscheidungen, die auf der Grundlage des Leitbildes getroffen werden (Weingart 2006). Dementsprechend bewertet das Kriterium Legitimation die Beteiligung relevanter Anspruchsgruppen am Erstellungsprozess und die Möglichkeit zu einem gleichberechtigten Einbringen ihrer Anliegen.

## 12.3 Das klimaangepasste Leitbild der Samtgemeinde Gartow als Fallbeispiel

Als Fallbeispiel dient im Folgenden das klimaangepasste Leitbild für die Samtgemeinde Gartow im nordöstlichen Niedersachsen (vgl. Abb. 12.1). In der dünn besiedelten Samtgemeinde sind die Stadt Schnackenburg, der Flecken Gartow sowie die Gemeinden Gorleben, Hühbeck und Prezelle administrativ zusammengeschlossen. Die Elbe, die in den vergangenen Jahren mehrfach Hochwasser führte, bildet im Norden eine natürliche Grenze. An sie schließt südlich die Elbtalaue mit einer hohen naturschutzfachlichen Bedeutung an. Auf den südlich und südwestlich anschließenden Flächen dominieren land- und forstwirtschaftliche Nutzungen.

Das Leitbild entstand in einem partizipativen Prozess mit den Bürgerinnen und Bürgern der Samtgemeinde, die breit über die Presse und gezielt mit Briefen des Bürgermeisters eingeladen wurden. Drei Veranstaltungen, die innerhalb von vier Wochen im Frühjahr 2010 durchgeführt wurden, dienten der Erkundung möglicher Entwicklungs-

alternativen. Zunächst wurden die Teilnehmenden über die zu erwartenden Klimaänderungen und daraus resultierende Folgen informiert. Darauf aufbauend analysierten Arbeitsgruppen in einem zweiten Workshop mögliche Auswirkungen der veränderten klimatischen Parameter. Chancen infolge des Klimawandels sahen sie dabei vor allem für den Tourismus. Von dem steigenden Waldbrandrisiko geht ihrer Ansicht nach dagegen die größte Bedrohung sowohl für walddnahe Siedlungsbereiche als auch die Land- und Forstwirtschaft aus. Es folgen die Beeinträchtigung der Wasserqualität durch vermehrte Algenproduktion und die Gefahr von Dürreperioden mit ihren Auswirkungen auf die Land- und Forstwirtschaft. Der anschließende Szenario-Workshop baute auf den identifizierten Chancen und Risiken für die Samtgemeinde auf. In ihm identifizierten drei Arbeitsgruppen zukünftige Entwicklungen und damit einhergehende Nutzungsveränderungen.



Abb. 12.1: Lage der Samtgemeinde Gartow



Dazu nutzte jeweils eine der drei Arbeitsgruppen eine vorgegebene Strategie der Klimaanpassung:

- „Abwarten“ geht davon aus, dass kein geplantes Vorgehen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels entwickelt und umgesetzt wird. Maßnahmen werden dementsprechend reaktiv aus der jeweiligen Situation heraus (ad hoc) getroffen.
- „Anpassen“ setzt voraus, dass proaktiv Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels ergriffen werden. Im Rahmen der Strategie werden durch die Folgen des Klimawandels gefährdete Nutzungen im Rahmen von Aktionsplänen entweder aus gefährdeten Bereichen verlagert oder verändert, um die Auswirkungen zu minimieren.
- „Schützen“ nimmt an, dass Schutzmaßnahmen gegen negative Klimafolgen ergriffen werden. Bestehende Landnutzungen, insbesondere Infrastrukturen und Siedlungsbereiche, sollen unverändert erhalten werden und zukünftig weiterbestehen.

Zunächst beschrieben die Arbeitsgruppen Bilder für die zukünftige Entwicklung der Samtgemeinde, die sie aus den Anpassungsstrategien ableiteten. Darüber hinaus enthalten die Szenarien Maßnahmen zur Umsetzung der Zukunftsbilder und eine Folgenabschätzung. Zum Abschluss des Workshops bewerteten die Teilnehmenden die einzelnen Szenarien im Hinblick auf ihre Eignung für den Umgang mit den Folgen des Klimawandels in der Samtgemeinde. Begleitende qualitative und quantitative Erhebungen vor und nach den drei Veranstaltungen dienten dazu, Lerneffekte bei den Teilnehmenden zu analysieren.

Die Ergebnisse des Szenario-Workshops bildeten die Grundlage für einen Leitbildentwurf, der an der Hafencity Universität Hamburg im Rahmen einer Diplomarbeit erstellt wurde (Ahrens 2010). Eine weitere öffentliche Veranstaltung im November 2010 bot den Bürgerinnen und Bürgern die Möglichkeit, das Ergebnis zu diskutieren. Die Anregungen flossen in die überarbeitete Version des Leitbildes ein, sodass der Rat der Samtgemeinde im Dezember 2010 das Leitbild beschloss.



Abb. 12.2: Aufbau des Leitbildes

Den Kerninhalt des Leitbildes gibt der Slogan „Entwicklung im Einklang mit der Natur“ wieder. Darüber hinaus besteht es aus einer ausformulierten langfristigen Vision, Zielen und Strategien für die Umsetzung (vgl. Abb. 12.2) sowie einer Leitbildkarte (vgl. Abb. 12.3). Thematisch deckt das Leitbild die Handlungsfelder Siedlungsentwicklung, Infrastruktur, Land- und Forstwirtschaft, Tourismus sowie Naturschutz und Landschaftsbild ab.

Am Beispiel des Handlungsfeldes Siedlungsentwicklung werden im Folgenden die einzelnen Bestandteile vorgestellt. Hier beschreibt die Vision kompakte ländliche Siedlungen, in denen:

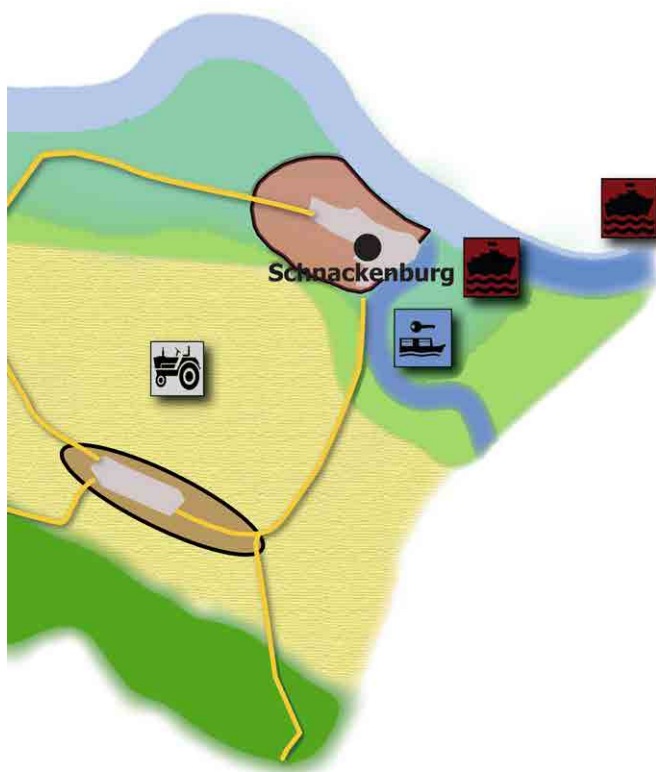
- die Gebäude vor den Auswirkungen von Extremwetterereignissen geschützt sind.
- verschattete Bereiche Ausgleich während längerer Hitzeperioden bieten.
- Freiflächen zum Schutz vor Waldbränden an den Siedlungsrändern als Kinderspielplätze dienen.
- auf versiegelten Flächen anfallendes Niederschlagswasser gespeichert wird.

Außerhalb der Siedlungen bieten vor der Deichlinie hochwassersichere Bauformen attraktive Ferienwohnungen für Touristen.

Das Ziel des Leitbildes im Handlungsfeld Siedlungsentwicklung besteht darin, aus Extremereignissen resultierende Personen- und Sachschäden zu verhindern. Für das Handlungsfeld Wasser konkretisiert das Leitbild das Ziel mit der Umsetzung eines effektiven Regenwassermanagements und dem Schutz der Siedlungen vor Überschwemmungen durch die Elbe. Um die Ziele zu erreichen, benennt das Leitbild verschiedene baulich-räumlich ausgerichtete Umsetzungsstrategien:

- Bestandsorientierte Entwicklung von Siedlungen durch Wiedernutzung brach gefallener Grundstücke und Gebäude sowie die Verhinderung von Neuausweisungen von Bauflächen,
- Sicherung und Entwicklung von Pufferflächen zu Forsten und Gewässern auf der Grundlage einer Gefährdungskartierung und Konzepten für die Gestaltung der Bereiche,
- Umsetzung von Schutzmaßnahmen gegen Hochwasserschäden auch hinter Schutzeinrichtungen,
- Beschattung des Freiraums durch heimische Laubbäume auf der Grundlage eines entsprechenden Konzepts,
- Prüfung der Dimensionierung von Hochwasserschutzanlagen und gegebenenfalls Anpassung an neue Erfordernisse zum Schutz vor Siedlungen bei gleichzeitiger Rückverlegung von Deichen in unbesiedelten Bereichen der Samtgemeinde,
- Entwicklung eines Konzeptes für die Bewirtschaftung von Niederschlagswasser in den größeren Ortslagen, das technische und gestalterische Fragestellungen integriert behandelt.

Darüber hinaus thematisiert das Leitbild auch die Bewusstseinsbildung für die zunehmende Gefährdung durch die klimatischen Veränderungen, um Eigeninitiative zur Vorsorge zu animieren (Zimmermann & Knieling 2010).



## Legende

- Erholungsgebiet Auenwald/Deichrückbau
- Erholungsgebiet Flussbett Seege
- Grünland
- landwirtschaftliche Nutzflächen
- Fährverbindung nach Wittenberge
- Hausbootliegeplätze
- klimaangepasster Siedlungsbereich
- klimaangepasste Verkehrswege

**KLIMZUG-NORD**  
Strategische Anpassungsansätze  
zum Klimawandel in der Metropolregion Hamburg

**HCU** | Hafencity Universität  
Hamburg

Abb. 12.3: Ausschnitt aus der Leitbildkarte

## 12.4 Bewertung des Leitbildes

Mithilfe der Kriterien, die in Kapitel 12.2 aus der Literatur abgeleitet wurden, wird im Folgenden das beschriebene

Leitbild im Hinblick auf seine Eignung für die Klimaanpassung bewertet.

### Kreativität

Das Kriterium Kreativität erfüllt das Leitbild punktuell, indem es vereinzelt innovative Ansätze aufgreift. Deutlich wird das an dem nach Nutzungen differenzierten Umgang mit der aus Hochwassern resultierenden Überschwemmungsgefährdung. Bei bestehenden Siedlungen steht der Schutz durch baulich-technische Maßnahmen im Vordergrund. Damit folgt es dem traditionellen ingenieurbasierten Hochwasserschutz. Der Ansatz strebt danach, Überschwemmungen besiedelter und bewirtschafteter Bereiche vor allem durch baulich-technische Maßnahmen zu verhindern (Kruse 2010). Der innovative Ansatz des Leitbildes zeigt sich vor allem in der Thematisierung des Umgangs mit den möglichen Gefahren, die aus dem Versagen bzw. Überschwemmen von Schutzanlagen resultieren (Greiving 2003). Entsprechende Aspekte greifen bereits der Slogan „Entwicklung im Einklang mit der

Natur“ und das Ziel der hochwassersicheren Bauformen für touristische Zwecke vor der Deichlinie auf. Deutlicher wird das auf der Ebene der Strategie. Sie zielt sowohl auf die Umsetzung von baulichen Schutzmaßnahmen gegen Hochwasserschäden hinter Schutzeinrichtungen als auch auf Bewusstseinsbildung, um Eigenvorsorge bei den Bürgerinnen und Bürgern anzuregen. Auch die angestrebte Rückverlegung von Deichen in den unbesiedelten Bereichen ist ein innovativer Ansatz. Entsprechende Strategien werden zwar seit dem Ende der 1990er-Jahre vielfach gefordert (BBR 1998, Greiving 2003), jedoch bisher kaum umgesetzt. Damit verknüpft das Leitbild beim Umgang mit der Hochwassergefährdung von Siedlungen etablierte Herangehensweisen mit bisher kaum umgesetzten Vorstellungen.

### Integration

Naturräumliche Zusammenhänge greift das Leitbild nicht auf. Ursächlich dafür ist, dass es für die Samtgemeinde Gartow in ihren bestehenden administrativen Grenzen erstellt wurde und entsprechende Aspekte nicht gezielt in den Erstellungsprozess eingebracht wurden. Gerade aufgrund der Lage an der Elbe und verschiedener Nebenflüsse erscheint das als ein inhaltlicher Mangel des Leitbildes. Kaum thematisiert es Umsetzungsaspekte in

Form von Maßnahmen. Dementsprechend stehen auch Zuständigkeiten nicht im Fokus. Dennoch gehen die Ausführungen zu den Umsetzungsstrategien partiell auf sie ein. Hier wird deutlich, dass die Samtgemeinde kaum über Steuerungsmöglichkeiten verfügt. Vielfach verweist der Leitbildtext bei den Umsetzungsstrategien auf andere administrative Ebenen bzw. privatwirtschaftliche Akteure.

### Vision

Das klimaangepasste Leitbild für die Samtgemeinde Gartow beinhaltet die verschiedenen Bestandteile einer Vision. Den angestrebten Zustand beschreibt es textlich. Die Leitbildkarte veranschaulicht die Vision kartografisch und stellt den Bezug zum Planungsraum her. In der textlichen Beschreibung der Zukunftsvision wird der konkrete Raumbezug im Handlungsfeld Tourismus am deutlichsten. Hier bezieht sich der Text auf Teilräume der Samtgemeinde und benennt sie. Die Beschreibung der

Vision in den anderen Handlungsfeldern geht zwar auf Themenfelder ein, die für die Samtgemeinde relevant sind. Sie verzichtet jedoch auf örtliche Bezüge, sodass sie auch auf andere Räume übertragbar ist. Gleiches gilt für den Slogan „Entwicklung im Einklang mit der Natur“. Er erscheint für viele ländliche Gemeinden geeignet und stellt keinen spezifischen Bezug zur Klimaanpassung oder zur Samtgemeinde her.

### Zielsystem

Ein umfassendes Zielsystem enthält das Leitbild nur in Ansätzen. Für die fünf Handlungsfelder bestimmt es jeweils ein bis drei abstrakte Ziele, die eine Entwicklungsrichtung für die Samtgemeinde vorgeben. Beispielfähig sei im Handlungsfeld Siedlungsentwicklung auf die

Vermeidung von Personen- und Sachschäden, die aus klimawandelbedingten Extremereignissen resultieren, verwiesen. Eine vergleichbare Form weisen die Ziele in den anderen Handlungsfeldern auf. Im Text sind sie nicht immer deutlich zu erkennen. Zur Klarheit trägt jedoch bei,

dass sie eine anschließende Tabelle in Stichpunktform für die einzelnen Handlungsfelder aufführt. Hinsichtlich der spezifischen Ausrichtung auf den Planungsraum berücksichtigen die Ziele zwar die identifizierten Defizite, nehmen jedoch auf die Samtgemeinde bzw. Teilräume in ihrer Ausgestaltung keinen Bezug. Die abstrakten Vorgaben operationalisiert das Leitbild nicht durch konkrete Ziele. Andererseits können die Umsetzungsstrategien,

die beispielhaft für das Handlungsfeld Siedlungsentwicklung beschrieben wurden, als Leitlinien aufgefasst werden. Auf die Akteure in der Samtgemeinde können sie handlungsleitend wirken. Auf die Beschreibung von konkreten Maßnahmen zur Umsetzung der Ziele verzichtet das Leitbild. Sie sind auch nicht zwingend erforderlich, da sie in einer anschließenden Planungsphase entwickelt werden können.

## Legitimation

Für spätere Entscheidungen, die auf der Grundlage des Leitbildes getroffen werden, ist seine Legitimation entscheidend. Hinsichtlich der Beteiligung relevanter Anspruchsgruppen am Erstellungsprozess ist die personelle Selektivität der Teilnehmenden an den einzelnen Veranstaltungen hervorzuheben. Lokale Vertreterinnen und Vertreter der Landwirtschaft beteiligten sich nicht, wodurch in der von landwirtschaftlich genutzten Flächen geprägten Samtgemeinde eine relevante Anspruchsgruppe fehlte. Inwieweit der Vertreter der Landwirtschaftskammer das kompensieren konnte, ist fraglich. Darüber hinaus beeinträchtigte auch die unausgeglichene räumliche Verteilung der Herkunft der Teilnehmenden die Legitimität der Ergebnisse. Deutlich wurde dies am Beispiel von diskutierten Deichrückverlegungen, die zunächst eine hohe Zustimmung fanden. Direkt Betroffene waren jedoch nicht anwesend und konnten deshalb ihre spezifischen Interessen nicht einbringen. In gewisser Weise bildete die Lokalpolitik ein Korrektiv, indem sie die fehlende Akzeptanz für solche Strategien in der abschließenden Diskussion thematisierte.

Damit die Beteiligten ihre Anliegen gleichberechtigt in die Entwicklung der Szenarien und des daraus entwickelten Leitbildes einbringen konnten, wurden bei der Szenarien-Entwicklung Kartenabfragen genutzt. Damit bestand für alle Teilnehmenden die Möglichkeit einer gleichberechtigten Teilnahme. Die abschließende Festlegung des wünschenswerten Szenarios erfolgte mithilfe einer Abstimmung, in der jeder Teilnehmende über das gleiche Stimmrecht verfügte. Den Leitbildentwurf diskutierten die Teilnehmenden sowohl in Kleingruppen als auch im Plenum. Gerade solche offenen Diskussionsformen hinderten einige Akteure aufgrund von bestehenden hierarchischen Beziehungen zwischen einzelnen Mitgliedern möglicherweise daran, ihr Anliegen einzubringen. Sie konnten somit nicht gleichberechtigt berücksichtigt werden. Maßgeblich dafür war die mangelnde Anonymisierung von Beiträgen.

## 12.5 Zusammenfassende Bewertung und Fazit

Das hier vorgestellte und bewertete Leitbild für die Samtgemeinde Gartow bildet aufgrund seiner Entstehung in einem partizipativen Verfahren einen Schritt hin zu einer klimaangepassten Entwicklung der Samtgemeinde. Es zeigt eine Vision für die Entwicklung Gartows im Klimawandel auf und formuliert darauf aufbauend Ziele für die gemeindliche Entwicklung. In Ansätzen thematisieren Strategien die Umsetzung. An der Stelle werden allerdings die Schwächen des Leitbildes deutlich. Die Umsetzung behandelt das Leitbild lediglich peripher. Deutlich wird das am Fehlen von konkreten Maßnahmen, für deren Umsetzung Zuständige, finanzielle Mittel und Umsetzungszeiträume benannt werden. Entsprechende Punkte können auch in anschließenden Planungen thematisiert werden, wobei den Autoren entsprechende Aktivitäten nicht bekannt sind. Damit ist fraglich, inwieweit das Dokument seinem Anspruch gerecht wird, eine klimaangepasste Entwicklung der Samtgemeinde anzustoßen.

Allerdings sind für eine entsprechende Entwicklung der Samtgemeinde nicht allein die Vereinbarungen maßgeblich, die das Leitbild festhält. Dem kommunikativen Planungsverständnis folgend beeinflussen auch die Prozesse zwischen den Akteuren bei der Erstellung des Dokuments ihr Handeln (Healey 1996). Sie ändern Einstellungen und Verhaltensweisen, was sich in späteren Entscheidungen widerspiegeln sollte. Der intensive Beteiligungsprozess mit der Analyse der Auswirkungen der klimatischen Veränderungen in der Samtgemeinde, der Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Handlungsoptionen und der Diskussion des Leitbildentwurfs schuf hierfür die Grundlage. Dies verdeutlicht die Begleitforschung, die Lerneffekte bei den Beteiligten identifizierte. Der partizipative Prozess steigerte dementsprechend das Fach- und Verfahrenswissen der Teilnehmenden sowie das Verständnis für die Ansichten anderer Anspruchsgruppen. Auch gewannen die Teilnehmenden soziale Fähigkeiten. Durch Sensibilisierung für Anpassungserfordernisse an den Klimawandel und veränderte Ansichten kann demnach auch der partizipative Prozess zukünftige Entscheidungen beeinflussen (Albert et al. 2012).

# 13

## **KLIMAGespräche – Kommunikation von Klimawissen in Vereinen, Verbänden und Interessen- gruppen**

*Christiane Schreck, Christine Katz*

Die Verwaltung des Biosphärenreservats Niedersächsische Elbtal führte im Rahmen des KLIMZUG-NORD-Projekts Öffentlichkeitsarbeit zum Thema Klimawandel in den Landkreisen Lüchow-Dannenberg und Lüneburg durch. Die daraus gewonnenen Erfahrungen zeigen, dass die öffentliche Aufmerksamkeit derzeit dem Klimaschutz gilt, während das Thema Anpassung an die Folgen des Klimawandels wenig präsent ist. Es wurde ein Aufklärungs-, Sensibilisierungs- und Kommunikationsbedarf darüber identifiziert, welche meteorologischen Veränderungen und welche möglichen Folgen für die Region zu erwarten sind. Festgestellt wurde, dass es einen Brückenbaubedarf zwischen den vorhandenen wissenschaftlichen Erkenntnissen über den Klimawandel und der praktischen Anpassung an seine Folgen, denn es zeigte sich eine große Diskrepanz zwischen Theorie und Praxis. Dies legte nahe, eine Maßnahme zu entwickeln, die über die bloße Informationsweitergabe und einen einseitigen Wissenstransfer hinausgeht und versucht, regionale Akteur/innen in ihrem unmittelbaren Handlungsfeld für Klimafolgen zu sensibilisieren.

Im Folgenden wird aufgezeigt, warum ein Bedarf für die Entwicklung dieser Maßnahme besteht. Es wird geschildert, wie sich das Format KLIMAGespräch mit seinen Kernelementen entwickelt hat, und es werden wesentliche inhaltliche sowie kommunikative Aspekte dargelegt. Ein Ausblick schließt den Beitrag ab.

## 13.1 Auf dem Weg vom Wissen zum Handeln – eine Annäherung an die Herausforderung Klima(wandel)

Während der Weltklimarat einen großen politischen Handlungsbedarf sieht (IPCC 2007), um die globale Erderwärmung zu begrenzen, scheint der einzelne Mensch den Klimawandel zwar als globales Problem wahrzunehmen, aber nicht konkret auf das eigene Leben zu beziehen<sup>6</sup>. Zudem wird der eigene Lebensstil nicht mit den teilweise drastischen Auswirkungen andernorts in Bezug gesetzt. Handlungs- und Verantwortungsspielräume werden zu wenig ausgeschöpft.

Weltweit betrachtet und bezogen auf die Klimaparameter Temperatur und Niederschlag können die Auswirkungen des Klimawandels für die in der Metropolregion Hamburg (MRH) liegenden Naturräume derzeit als moderat eingeschätzt werden (vgl. Kap. 2 in diesem Bericht), was nicht zwingend dringliche oder schnelle regionale Anpassungsmaßnahmen erfordert. Im Rahmen der Informations- und Öffentlichkeitsarbeit zum Thema Klimawandel wurde von Regionalakteur/innen häufig angezweifelt, dass eine Anpassung an den Klimawandel überhaupt notwendig sei und wenn ja, an welche Veränderungen sie sich überhaupt anpassen sollten. Diese Zweifel sind verständlich, wenn Menschen keine direkten Auswirkungen des Klimawandels für sich feststellen. Zudem motivieren solche Fragestellungen wenig zum Handeln.

Tatsache ist aber, dass die Auswirkungen von Extremwetterereignissen grundsätzlich schwer abschätzbar sind und darüber hinaus bedeutende Folgen haben können (z. B. Verluste durch Überschwemmungen). Des Weiteren kann die Über- oder Unterschreitung von Schwellenwerten (Tipping Points) zu irreversiblen Folgen führen. Von Bedeutung ist auch, dass die Klimaprojektionen keine exakten Zahlen liefern, sondern Bandbreiten, wobei innerhalb dieser Bandbreiten die Wahrscheinlichkeit des

Eintretens gleich groß ist. Beispielsweise sind für die Elbtalau bis 2050 Temperaturerhöhungen sowohl um 0,9 °C als auch um 2,1 °C<sup>7</sup> oder um einen beliebigen Wert dazwischen wahrscheinlich (vgl. Kap. 2 in diesem Bericht), was je nachdem, welche Temperatur eintritt, sehr unterschiedliche Auswirkungen für die Stoffwechselfunktionen von Lebewesen haben kann, zumal angenommen wird, dass die klimatischen Veränderungen ab Mitte dieses Jahrhunderts mit großer Geschwindigkeit geschehen werden.

Der Klimawandel oder, konkreter gesagt, die Veränderungen maßgeblicher, unser Leben bestimmender Faktoren wie beispielsweise Temperatur (Wärme) und Feuchtigkeit (Wasser), sind sehr komplex und mit vielen Unwägbarkeiten verbunden. Dennoch können auch ohne ein vollständiges Verständnis sämtlicher Wirkzusammenhänge kluge vor- und fürsorgende Entscheidungen getroffen werden. Damit sich die Menschen in einer Region konkret in ihren wirtschaftlichen, ökologischen, sozialen und kulturellen Praktiken angemessen anpassen können, ist es sinnvoll, Überforderungen und Ohnmachtsgefühle durch Komplexität zu vermeiden und Zuständigkeiten festzulegen. In diesem Kontext entstand die Idee, Regionalakteure/innen zu motivieren, selbst ihren Informations- und Handlungsbedarf und ihre Handlungs- und Gestaltungsspielräume zu ermitteln. Privatpersonen und Organisationen bzw. Gruppen im nichtstaatlichen Bereich übernehmen als regionale Akteur/innen gesellschaftspolitische Verantwortung mit ihrem Alltagshandeln, ihrem Wahlverhalten im Kontext unserer repräsentativen Demokratie und mit ihrem Engagement beispielsweise in Parteien, Verbänden und Vereinen. Letztere wurden in diesem Kontext als Zielgruppe für das Format KLIMAGespräche identifiziert.

## 13.2 Das Format KLIMAGespräch entsteht – Entwicklung und Kernelemente

Auftakt für die Informations- und Bildungsarbeit, die im Folgenden KLIMAGespräche genannt wird, war ein Vortrag über die möglichen Folgen des globalen Klimawandels für die Region bei einem regionalen Arbeitskreis (Handlungsfelder: Regionalentwicklung, Landwirtschaft, Forst, Energie), an den sich eine lebhaft Diskussionsanschluss. Das dialogische Vorgehen legte nahe, dass ein Erfahrungsaustausch einer individuellen und kollektiven Wissensgenerierung dienlich ist, dabei eigene Handlungsspielräume sichtbar werden und Vertrauen in die eigene Selbstwirksamkeit entstehen kann.

Die KLIMAGespräche wurden im Rahmen des wissenschaftsbasierten KLIMZUG-NORD-Projekts aus dem Praxisalltag einer Behörde heraus entwickelt. Sie sind damit direkt an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Praxis angesiedelt. Die jeweiligen neuen Forschungserkenntnisse und Anpassungserfordernisse konnten bei diesem Kommunikationsformat fortlaufend berücksichtigt werden. Die Verortung der KLIMAGespräche im Bereich Naturschutz und zur Regionalentwicklung ergab sich aus den inhaltlichen Schwerpunkten des KLIMZUG-NORD-Teilprojekts im Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalau.

<sup>6</sup> Dies gilt v.a. für die westlichen Industrienationen (Kleinhückelkotten 2012).

<sup>7</sup> Nach DIN-Norm werden Temperaturänderungen in Kelvin angegeben. In diesem Fall können aber auch Grad Celsius angegeben werden, was hier aus Gründen der Verständlichkeit geschieht.

Impulsgebend und wegweisend für die Entwicklung des Kommunikationsformates KLIMAGespräch waren:

- Das Lernverständnis der vermittelnden Seite (wie lerne ich, wie macht Lernen Spaß?), Intuition und die Erfahrungen aus dem KLIMZUG-NORD Teilprojekt und der Modellregion Elbtalaue,
- Kenntnisse über Prinzipien der qualitativen Sozialforschung,
- die deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel, die das politische Ziel verfolgt, die Verletzlichkeit gegenüber dem Klimawandel zu verringern und die Resilienz natürlicher, gesellschaftlicher und ökonomischer Systeme zu erhalten oder zu steigern, wofür die Generierung relevanten Wissens, Kommunikations- und Dialogprozesse, Bewusstseinsbildung und Information und die Entwicklung von Strategien als nötig erachtet werden (Die Bundesregierung 2008),
- die Ziele des nationalen Aktionsplans für Deutschland UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)“ 2005-2014 (Nationalkomitee der UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ 2011), die Bonner Empfehlungen für BNE nach 2014 ([www.bne-portal.de](http://www.bne-portal.de)), sowie die Aufgaben und Ziele der Umweltinformation und BNE im UNESCO-Biosphärenreservat „Flusslandschaft Elbe“,
- die Naturbewusstseinsstudie 2011 (Kleinhüchelkotten et al. 2012), die darlegt, dass die Bereitschaft für das Engagement zum Schutz der Natur hoch ist, was für ein bürgerschaftliches Engagement im Kontext der Anpassung an den Klimawandel Bedeutung hat,

- ethische Aspekte, da es bei der Kommunikation von naturschutzfachlichen und anderen die Umwelt betreffenden Belangen sowohl um ökologische und ökonomische Aspekte als auch um Glück und Gerechtigkeit geht (Eser et al. 2011).

Zentrale Elemente der KLIMAGespräche waren die aufsuchende Bildungsarbeit, das Anknüpfen an die jeweiligen Arbeitszusammenhänge der Akteur/innen und der situative Lernzugang:

Die Akteur/innen wurden in ihrem gewohnten Aktionsbereich aufgesucht (z. B. Gasthaus, Vereinsheim) und als Expert/innen ihrer jeweiligen Tätigkeitsbereiche und persönlichen Leidenschaften (z. B. gärtnerisches Fachwissen, intrinsische Motivation bei Hobbys oder ehrenamtlicher Arbeit) adressiert. Im Sinne eines gegenseitigen Lehr- und Lernprozesses wurden die Beteiligten der KLIMAGespräche so gleichermaßen zu Vermittler/innen und Lernenden. Diese Erfahrungen galt es diskursiv verfügbar zu machen, woraus sich ein zweiseitiger Vorteil ergab: Die Akteure/innen fühlten sich ernst genommen und als „Fachleute“ verstanden. Die vermittelnde Seite erhielt Kenntnisse über Erfahrungswissensbestände und Erkenntnisse, die einer nachhaltigen und klimaangepassten Gebietsentwicklung dienlich sein können.

Einen Überblick über den Verlauf der stattgefundenen KLIMAGespräche und deren Kernelemente ist Tabelle 13.1 zu entnehmen.

Tab. 13.1: Kernelemente und Prozessverlauf der KLIMAGespräche

Inhaltlicher Input	Diskursthemen	Gewinn	Wie könnte es weiter gehen?
KLIMZUG-NORD	Klimawandel weltweit und regional	Gegenseitig kennengelernt	in Kontakt bleiben
Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue	Klimawandel und die Bedeutung im Leben der Anwesenden: Beobachtungen, Erfahrungen	Aufmerksamkeit auf den Klimawandel gelenkt	weiterer Austausch
Wetterbeobachtung, Phänologie, Klimaprojektion	grundsätzliche gesellschaftliche, ökonomische und ökologische Entwicklungen (Rahmenbedingungen)	Aufmerksamkeit auf die Themen der Praxisakteure gelenkt	konkrete Beiträge identifizieren
mögliche Folgen der meteorologischen Veränderungen	Abschätzen von Verwundbarkeiten	Verständnisfragen geklärt	Verantwortlichkeiten klären
Klimaschutz und Anpassung an die Folgen des globalen Klimawandels	Identifizieren von möglichen Anpassungsoptionen und Verantwortlichkeiten	Wissen generiert	Kompetenzen wahrnehmen
hilfreiche Adressen und Literatur	eigene Gestaltungsmöglichkeit Anpassung aktiv und reaktiv	Einzelmaßnahmen, Nachhaltigkeit und Änderung des Lebensstils diskutiert	Kompetenzen besetzen

## 13.3 Klönschnack und Fachberatertreffen – KLIMAGespräche fanden statt

Es fanden neun KLIMAGespräche in den Handlungsfeldern Regionalmanagement, Landwirtschaft, Energie, Forsten, Avifaunistik, Floristik, Garten- und Obstbau, Imkerei, Bau und Kulturlandschaftsentwicklung statt. Bei den facettenreichen und kontrovers geführten Diskussionen spannte sich der Gesprächsbogen inhaltlich vom globalen (Klima)Wandel, über die möglichen Folgen in der Region, über multifaktorielle Einflussfaktoren (Landnutzung, Klimawandel, Förderpolitik...), bis zur Schilderung persönlicher Beobachtungen im eigenen Umfeld.

Obwohl die Werbungsphase für die KLIMAGespräche zäh verlief (Es wurden diverse Vereins- und Verbandsvertreter/innen angesprochen. Einige Male kristallisierte sich schon in den Vorgesprächen heraus, dass das Thema nicht attraktiv genug ist; einige angesprochene Akteur/innen haben sich nicht zurückgemeldet), waren die Treffen gut besucht und von lebhaften, interessanten und kritischen Gesprächen geprägt. Im Folgenden wird kurz darauf eingegangen, wie die KLIMAGespräche inhaltlich aufgenommen wurden und welche kommunikationsrelevanten Erkenntnisse daraus gezogen werden können.

### Inhaltliche Aspekte

Nahezu alle Akteur/innen bezeichneten die Auswirkungen des globalen Klimawandels als Randaspekt bzw. als untergeordneten Faktor angesichts anderer derzeitiger wirksamerer Einflussfaktoren. Beeinträchtigungen durch Überschwemmungen, langanhaltende Trockenperioden, milde Winter oder Extremregenereignisse wurden allerdings genannt, wobei diese Ereignisse nicht eindeutig dem Klimawandel zugeordnet wurden. Generell erwies es sich für die Anpassungssensibilisierung zielführender, anhand eines konkreten Überschwemmungsereignisses oder eines trockenen Frühjahres über den Klimawandel zu sprechen, als ihn als allgemeines Phänomen abzuhandeln.

Die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf ein Handlungsfeld wurden immer im Zusammenhang mit anderen Einflussfaktoren diskutiert. Als derzeitige Schlüsselfaktoren für nachteilige Veränderungen wurden von den Teilnehmenden der Strukturwandel in der Landwirtschaft, der demografische Wandel, die EU-Saatgutverordnung und die Verantwortung anderer Länder für die Verminderung klimawirksamer Stoffe genannt.

In den einzelnen Handlungsfeldern wurde über konkrete Anpassungsmöglichkeiten, über Nachhaltigkeit und Lebensstil-Änderungen diskutiert. Die Teilnehmenden hielten die Vielfalt eines Systems („wenn das Nahrungsangebot groß genug ist“, „wenn die genetische Vielfalt groß genug

ist“) für besonders relevant, da eine Diversifizierung die Widerstandsfähigkeit bzw. das Anpassungsvermögen z. B. von Flora und Fauna erhöhe. Empörung und Hilflosigkeit waren dort spürbar, wo vermutet wurde, dass negative Auswirkungen auf das eigene Handlungsfeld durch andere Akteure verursacht werden und die Beeinträchtigungen nur auf einer übergeordneten Ebene lösbar seien (z. B. EU-Agrarpolitik). Als bedeutsam für die Entwicklung von Anpassungsoptionen wurde von den Teilnehmenden der Erfahrungsschatz der verschiedenen Generationen eingeschätzt (Bezugsquellen von besonderem Saatgut, Wissen über die Landwirtschaft „wie sie früher war“, Wissen über traditionelle Handwerkstechniken).

In fast allen KLIMAGesprächen wurde der derzeitige Energiepflanzenanbau, insbesondere die „Vermaisung“ der Landschaft, negativ eingestuft (z. B. Verlust von Bruthabitaten für den Ortolan, fehlendes Nahrungsangebot für die Honigbiene, Beeinträchtigung des Landschaftsbildes). Befürchtungen wurden dahingehend geäußert, dass die Beeinträchtigungen für die biologische Vielfalt durch die intensive landwirtschaftliche Produktion durch den Energiepflanzenanbau nochmals verstärkt werden würden.

Alle Akteur/innen äußerten ein großes Interesse an der nachhaltigen Entwicklung der Region und den diesbezüglichen Aktivitäten im Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue.

### Kommunikationsaspekte

Bei den KLIMAGesprächen ging es darum, zu verstehen, wie unser eigenes Leben und die eigenen Tätigkeiten mit dem globalen Klimawandel verbunden sind und wie dieser dadurch von uns beeinflusst wird. Sie eröffneten für diese Zusammenhänge einen Raum für intensive Diskussionsprozesse und konnten dazu beitragen, Ansatzpunkte für Anpassungsmöglichkeiten zu erkennen und diskursiv weiterzuentwickeln. Der auf der Seite der

teilnehmenden Akteur/innen anzutreffende Spannungsbogen aus Wissbegier und Ratlosigkeit verweist auf den enormen Bedarf an Information und Möglichkeiten, sich auszutauschen. Die KLIMAGespräche lieferten dafür eine Grundlage, aber auch einen Rahmen, um den Dialog über regionale Klimafolgen und Anpassung produktiv vor Ort und an der Situation der Akteure orientiert fortzuführen.



## 13.4 Wie kann es weitergehen? – Ausblick

Die positiven Merkmale der KLIMAGespräche lassen sich wie folgt zusammenfassen: Bei allen Beteiligten konnten Bezüge zum eigenen Handlungsfeld hergestellt werden – eine wesentliche Voraussetzung dafür, dass handlungspraktisches Wissen individuell, aber auch bezogen auf die Gruppe entstehen kann. Der offene und informelle Austausch unterstützt diesen Prozess. Die Diskussion über die vielfältigen Einflussfaktoren (Landnutzung, Klimawandel, Förderpolitik...) auf (ökologische) Systeme ermöglicht eine differenzierte Betrachtung klimabedingter Veränderungen, die die Sensibilisierung für Anpassungsnotwendigkeiten erleichtert. Last but not least sind die KLIMAGespräche ohne viel zusätzlichen Aufwand realisierbar. Es bedarf dafür allerdings einer Person, die sowohl Kenntnisse über die regionalen Klimaprojektionen als auch Kommunikationskompetenzen besitzt.

Im Literaturverzeichnis sind zahlreiche Internet-Links und weiterführende Literatur zu finden.

Auch nach Ablauf des KLIMZUG-NORD-Projekts sollten entsprechende Gespräche weitergeführt werden. Wir halten dafür die Ausrichtung an folgenden Aspekten für wichtig:

- Aktualisieren des Klimawissens
- Informationsaustausch
- Wie wollen die regionalen Akteur/innen informiert bzw. in die nachhaltige Entwicklung des Biosphärenreservats Niedersächsische Elbtalaaue mit eingebunden werden?
- Welche Beiträge zur Klimafolgenanpassung können von den Akteur/innen identifiziert werden?
- Welche Ressourcen werden dafür benötigt, welche Kosten entstehen?
- Welche Verantwortungs-/Zuständigkeitsbereiche und Handlungsebenen lassen sich identifizieren; wer ist entscheidungsbefugt? Wer kann angesprochen werden, wenn man nicht unmittelbar zuständig ist?

### Danksagung

Allen an den KLIMAGesprächen Beteiligten sei herzlich gedankt.



# 14 „Wem und wie sag' ich's denn am besten?“ – Bildung und Kommunikation zur Anpassung an regionale Folgen des Klimawandels

*Christine Katz, Christiane Schreck*

Ohne Wissen und Transparenz über die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels und über mögliche Gegenmaßnahmen, ohne Einsicht in die Notwendigkeit, vorausschauend zu handeln, wird es keine breite Akzeptanz für klimabezogene Handlungsziele und deren politische Umsetzung geben. Ausgehend davon setzen die politischen wie auch die Forschungsaktivitäten in Deutschland stark auf Dialog, auf Aufklärung durch gezielte Informationsportale und -bündelung, auf frühzeitige Einbindung und unterstützende Netzwerkbildung relevanter Akteur/innen sowie auf kompetenzfördernde Bildungsmaßnahmen für die fachliche und allgemeine Öffentlichkeit. Dies war auch eines der wesentlichen Anliegen im Forschungsverbund KLIMZUG-NORD. Insbesondere die Aktivitäten des Querschnittprojekts „Bildung und Kommunikation“ zielten darauf ab, große Teile der Bevölkerung der Metropolregion Hamburg (MRH) über die projizierten klimatischen Veränderungen zu informieren, für die eigene Betroffenheit und ein Problembewusstsein zu sensibilisieren und Anstöße für eine Auseinandersetzung mit den klimabedingten Folgen für die Region zu geben. Konkret sollten Informationen zu den regionalen Auswirkungen des Klimawandels geliefert und Ideen, bzw. Handlungsoptionen der Anpassung im unmittelbaren Lebens- und Berufsumfeld aufgezeigt werden. Dafür wurden Bildungsmodule und Kommunikationsformate für und mit Akteur/innen, Multiplikator/innen und Zielgruppen auch außerhalb der Schule entwickelt.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Die an der Leuphana Universität durchgeführten Arbeiten wurden von Frau Prof. Dr. Heike Molitor, HNE Eberswalde, wissenschaftlich und von Frau Prof. Dr. Brigitte Urban, Leuphana, fachthemenspezifisch und administrativ begleitet.

Doch wie erreicht man wen mit welchen Themen? Und vor allem: mit welcher konkreten Zielsetzung? Warum sollen Menschen für das Thema Klimaanpassung sensibilisiert werden, warum und woran sollen sie sich gezielt anpassen, und wer genau kann oder soll das tun?

Der folgende Beitrag setzt sich mit diesen Fragen anhand der Erfahrungen, die mit Kommunikations- und Bildungsaktivitäten im Rahmen von KLIMZUG-NORD und in der

Modellregion Elbtalaue gemacht wurden, auseinander. Die KLIMZUG-NORD-Modellregion Elbtalaue entspricht räumlich betrachtet dem 570 km<sup>2</sup> großen Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue, welches Teil des UNESCO-Biosphärenreservats „Flusslandschaft Elbe“ ist und im Osten der Metropolregion Hamburg, in den Landkreisen Lüneburg und Lüchow-Dannenberg, liegt (<http://www.elbtalaue.niedersachsen.de>).

## **14.1 Wen soll und will man adressieren? Wer möchte Informationen und will sich anpassen?**

### **14.1.1 Organisierte regionale Akteur/innen und Multiplikator/innen**

Viele der in regionale Gestaltungsprozesse eingebundenen Akteure der MRH melden für ihr Aufgabengebiet einen Informationsbedarf in Bezug auf die aktuellen regionsspezifischen Wirkungen des Klimawandels an (z. B. Katz & Molitor 2014, Katz & Schoenberg 2014; vgl. auch Kap. 13 in diesem Bericht). Dennoch sind sie nicht generell über bereits existierende Netzwerke oder Kanäle für die Klimathematik erreichbar und ansprechbar. Denn ohne ein Bewusstsein für die eigene Betroffenheit ist auch zunächst nicht einsehbar, wozu ein zusätzlicher Arbeitszusammenhang zu „Klimaanpassung“ eingerichtet, wofür gemeinsame Strategien entwickelt werden sollen. Trifft man auf bestehende Netzwerke verschiedener Akteursgruppen in der Region (z. B. zur Abstimmung künftiger Prioritäten des Naturschutzes) oder werden neue aufgebaut (z. B. zur Kooperation in Bezug auf wasserwirtschaftliche Regelungsprobleme) ist man mit der Aufgabe, für regionale Klimafolgen und die Notwendigkeit der Entwicklung geeigneter Anpassungsmaßnahmen zu sensibilisieren, mit einer vielfältigen Gemengelage an Problemsichten, Intentionen, Wissensbedarfen und Mitgestaltungsansprüchen konfrontiert. Als eine der Hauptschwierigkeiten erweist sich oftmals das unterschiedlich ausgeprägte Bewusstsein der Akteur/innen für die Relevanz der zu erwartenden lokalen Klimafolgen im eigenen Handlungs- und Zuständigkeitsbereich. Dies erschwert die Festlegung einer gemeinsamen Zielrichtung. Aus der Risikoforschung weiß man u. a., dass die Risikoeinschätzung umso höher ausfällt, je mehr man sich selbst, die eigene Familie oder Freunde, das eigene Zuständigkeitsfeld von den Folgen betroffen sieht. Umgekehrt werden Risiken, die durch eigenes Handeln kontrollierbar und damit auch reduzierbar erscheinen, in der Regel geringer eingeschätzt (u. a. Frewer et al. 2002, Karger & Wiedemann 1998, Kaspersen et al. 2003, 2004, Ropeik 2004). Liegt die Betroffenheit in der Zukunft – wie bzgl. Klimafolgen in der Modellregion für die meisten Handlungsfelder –, erschwert das die Risikowahrnehmung zusätzlich. Diese Muster spiegeln sich auch bei den verschiedenen Akteurs- und Zielgruppen der Elbtalaue wider. Zur unterschiedlichen Risikoeinschätzung von

Klimafolgen gesellt sich i. d. R. ein weiterer, die gemeinsame Zielbestimmung beeinträchtigender Aspekt: Zwischen den Akteur/innen der Handlungsfelder Regionalentwicklung (z. B. Tourismus), Naturschutz, Wasserwirtschaft und Landwirtschaft existieren Interessenkonflikte, die sich durch die zukünftigen klimabedingten Veränderungen vermutlich noch verschärfen dürften.

Bei der Kommunikation von regionalen Klimafolgen ist also eine der unabdingbaren Voraussetzungen zur kooperativen Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen, vorab mit den beteiligten Akteur/innen die unterschiedlichen Betroffenheiten und Anpassungsnotwendigkeiten (woran?) sowie Interessen und damit auch Zielsetzungen gemeinsamen Handelns sowie die Zuständigkeiten und Möglichkeiten zur Mitgestaltung zu klären. So trivial das zunächst klingen mag, so herausfordernd ist die Umsetzung im konkreten Einzelfall. Und, es ist eine besondere Herausforderung, in einem Biosphärenreservat mit diesen unterschiedlichen Interessen produktiv umzugehen. Eine Landwirtin, die wegen der Bodenverhältnisse auf künstliche Beregnung angewiesen ist, wird durch die für zukünftige Sommer projizierte Niederschlagsreduktion vor weitreichende existentielle betriebliche Entscheidungen gestellt. Sie sieht also für sich einen anders gelagerten Wissens- und Regelungsbedarf, als eine Fachfrau im Bereich des Naturschutzes, die neben aktuellen Erkenntnissen über klimabedingte Änderungen im heimischen Artenspektrum vor allem an einer Reform naturschutzrechtlicher Vorgaben interessiert ist. Zielt die Vermittlung im ersten Fall insbesondere auf entscheidungsunterstützende Information, steht im skizzierten zweiten Beispiel neben dem Wissenserwerb die Mitgestaltung rechtlicher Vorgaben im Vordergrund. Darüber hinaus rühren bspw. in einem Biosphärenreservat, in dem Nutzungsinteressen per se an Grenzen stoßen bzw. u. U. zur Disposition stehen, die mit dem Klimawandel ausgelösten Dynamiken an alte Konflikte zwischen Schutz und Nutzung.

Eine unumgängliche Voraussetzung für die Kommunikation klimarelevanter Erkenntnisse und zur Sensibilisierung für die Notwendigkeit, Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln, ist es deshalb, kontextspezifisch anzusetzen. Das heißt, zunächst werden die jeweiligen Akteur/innen

über die potenzielle Betroffenheit ihres Verantwortungsbereiches aufgeklärt. Darauf aufbauend werden in einem gemeinsamen Prozess Merkmale klimaverträglicher und zukunftsfähiger Regionalentwicklung erarbeitet und Maßnahmen zur regionalen Anpassung an die Folgen des Klimawandels entwickelt.

## 14.1.2 Allgemeine Bevölkerung

Dass für alle Akteur/innen, die für spezifisch vom Klimawandel betroffene Handlungsfelder (z. B. Stadt-, Regional-, Umweltplanung, Land-, Forst-, Wasserwirtschaft, Naturschutz, Tourismus) zuständig sind, ein erhöhter Druck besteht, Anpassungsaufgaben zu übernehmen, ist leicht nachvollziehbar. Doch wie verhält es sich mit der allgemeinen Bevölkerung? Hier verläuft die Auseinandersetzung über mögliche Folgen und Anpassungserfordernisse schleppend. Denn die tiefgreifenden Veränderungen werden nicht hierzulande, sondern eher in den sogenannten, Ländern des Südens vermutet. Lüneburger Schüler/innen der 9. Klasse (Hauptschule) und 10. Klasse (Gymnasium) schätzen beispielsweise die Betroffenheit ihrer Region durch den Klimawandel als ziemlich gering und technisch beherrschbar ein (Katz & Kleinhüchelkotten 2011). Deutschlandweite Umfragen belegen außerdem, dass den wenigsten Menschen klar zu sein scheint, welche Handlungsoptionen im privaten Bereich bestehen, um den Umgang mit den Auswirkungen des Klimawandels aktiv mitzugestalten und weitere negative Veränderungen zu vermeiden. Auch ist das Interesse, sich mit der Thematik zu befassen, innerhalb der Bevölkerung recht unterschiedlich ausgeprägt (Etscheid 2008, Wippermann & Calmbach 2008, BMU & UBA 2010, BMU & BfN 2010, Kleinhüchelkotten 2012). Neben unzureichendem Wissen ist sicherlich ein weiterer Grund, dass nicht alle Gesellschaftsmitglieder gleichermaßen von den Klimafolgen betroffen sind (oder sein werden) und nicht jede/r die Zuständigkeit oder reale Möglichkeit besitzt oder aber einen Gewinn daraus ziehen kann, sich anzupassen.

Gemäß des emanzipatorischen Anspruches des Ansatzes „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ und im Sinne partizipativer politischer Bildung erscheint es dennoch sinnvoll, Klimaanpassung auch als Aufgabe der Allgemeinbildung zu realisieren (Peter et al. 2011). Denn aufzuklären darüber, wie sich die Klimaveränderungen vor Ort auf die Wasser-, Boden- und Luftverhältnisse auswirken werden und was damit auf die Regionen und ihre verschiedenen wirtschaftlichen Handlungsbereiche zukommen wird, ist eine wesentliche, wenn auch nicht ausreichende Voraussetzung zum gesellschaftlichen Mitgestalten. Selbstbestimmung und Selbstwirksamkeit in Beteiligungsprozessen zu erleben und individuelle wie auch kollektive Handlungsoptionen zu erkennen, sind ebenfalls wichtige Bedingungen politischer Teilhabe. Dazu zählt auch, zu erfahren, wie man sich direkt (über Bürger/innenpartizipation) oder indirekt (über die Auseinandersetzung mit politischen Akteur/innen) an der Entwicklung von Maßnahmen zur Bewältigung der Klimafolgen beteiligen kann. Formate, in denen diese Art von beteiligungsorientiertem Erfahrungs- und Handlungswissen und politischen Gestaltungskompetenzen generiert werden kann, in denen persönliche und politische Gestaltungsspielräume sichtbar und erlebbar gemacht werden, sind in (klimabezogenen) Bildungskontexten bislang noch zu wenig verbreitet (Katz & Molitor 2014, WBGU 2011).

## 14.2 Was wurde bisher gemacht, was ist weiterhin zu tun?

Das Thema Klimaschutz ist in der Modellregion Elbtalauwe präsent. Die bestehenden regionalen, nationalen und internationalen biosphärenreservatsbezogenen Netzwerke (z. B. AGR – Arbeitsgemeinschaft der Biosphärenreservate in Deutschland) sind einer Entwicklung von Maßnahmen zur Klimafolgenanpassung in der Region durchaus zuträglich. Das Konzept der Partnerbetriebe (regionale Wirtschaftskreisläufe), die Bestrebungen, weitere Naturdynamikbereiche auszuweisen (zum Schutz und zur Entwicklung der biologischen Vielfalt) und das Junior Ranger-Projekt bieten hierfür konkrete Ansatzpunkte. Eine wirksame gemeinsame Linie der beteiligten Akteur/innen bezüglich einer Klimafolgenanpassungsstrategie gibt es aber bislang nicht.

Ziel von Bildungs- und Kommunikationsaktivitäten war und ist es daher:

- für die Klimawandel-bedingte „eigene“ Vor-Ort-Betroffenheit zu **sensibilisieren**,
- über regionale Klimafolgen (z. B. Erkenntnisse aus KLIMZUG-NORD und den anderen Forschungsprojekten) **aufzuklären**,
- **konkrete Handlungsmöglichkeiten** sichtbar zu machen, beschreibbare Wege aufzuzeigen, Lust auf Engagement zu wecken (Eigenverantwortlichkeit, politische Bildung).

## 14.2.1 Kommunikation von Klimawissen in Vereinen, Verbänden und Interessengruppen: Aufsuchende situative Vermittlungsarbeit bei Akteur/innen

Im Rahmen sog. **KLIMAGespräche** wurden zur nachhaltigen, klimaangepassten Gebietsentwicklung im Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalau und in den Landkreisen Lüchow-Dannenberg und Lüneburg Vereine, Verbände und Interessensgruppen mit Bezug zu Naturschutz und Regionalentwicklung in ihrem gewohnten Aktionsbereich aufgesucht (Vereinsheim, Gaststätte), als Expert/innen ihres Tätigkeitsbereichs adressiert und an ihre Handlungssituationen angeknüpft (situativer Zugang). Die vorgestellten Klimaprojektionen für die Metropolregion Hamburg wurden didaktisch „übersetzt“ und in Bezug zu den jeweiligen Handlungsfeldern gesetzt. Es wurde davon ausgegangen, dass bei den regionalen Akteur/innen

dadurch Impulse für eine Wahrnehmung des Themas Klimawandelanpassung gesetzt werden können und in einem iterativen dialogischen Prozess „Klima“-Wissen zum jeweiligen Handlungsfeld generiert werden kann. Das Kommunikationsformat KLIMAGespräch wurde fortlaufend an die Erfordernisse und Ansprüche der Teilnehmenden angepasst. Insgesamt fanden neun KLIMAGespräche zu unterschiedlichen Themen statt. Eine Fortführung und Weiterentwicklung erscheint sowohl mit Blick auf die Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen als auch zum Aufbau und zur Weiterführung eines Netzwerkes aus engagierten Akteur/innen sinnvoll (vgl. Kap. 13 in diesem Bericht).

## 14.2.2 (Landschafts-)Planung und Naturschutz im Klimawandel – mögliche Methoden und Verfahren für das regionale Management: Weiterbildungsveranstaltung für Multiplikator/innen

Eine zentrale Erkenntnis aus der Klimaanpassungsforschung ist, dass die Bandbreiten der projizierten regionalen Klimaveränderung und die dem Klimawandel innewohnenden Unsicherheiten in Planungs- und Managementzusammenhängen, wie beispielsweise bei der Gebietsentwicklung eines Biosphärenreservats, zu berücksichtigen sind. Obwohl in ökologischen als auch in gesellschaftlichen Systemen stets mit Unsicherheiten, einem beträchtlichen Erfahrungsschatz und umfangreichem Wissen umgegangen werden muss, stellt der globale Klimawandel eine ungewohnte zusätzliche Herausforderung dar. Diesem kann mit flexibel gehaltenen Planungs- und Managementoptionen begegnet werden (Wilke 2011). Neben der Verwendung herkömmlicher Instrumente und Maßnahmen bieten sich mit dem **Malik Sensitivitätsmodell**<sup>9</sup> Prof. Vester<sup>9</sup> und der **Planspielmethode**<sup>10</sup> auch systemorientierte Managementmethoden und Werkzeuge an, die derzeit nicht oder nur wenig in der praktischen Naturschutzarbeit und in anderen Umweltbereichen berücksichtigt werden. Mit **MARISCO** (Luthardt & Ibisch 2013, Ibisch et al. 2012)<sup>11</sup> steht eine adaptive Methode für das Risiko-Management im Naturschutz zur Verfügung. Darüber hinaus wurden für die

**interaktive (Landschafts-)Planung**<sup>12</sup> Softwarelösungen und beteiligungsorientierte Maßnahmen entwickelt, die zur Bewältigung von bzw. Anpassung an Klimafolgen interessant sein können.

Im Rahmen einer Weiterbildung der Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalau für Multiplikator/innen aus Wissenschaft und Praxis wurden oben genannte Methoden und Verfahren praxisnah vorgestellt, und es wurde über ihre Verwendung in der Klimaanpassung diskutiert. Deutlich wurde, dass solche Instrumente Potenzial für eine in der (administrativen) Praxis eher noch ungewohnte Art der Wissensgenerierung besitzen und dazu beitragen könnten, neue Wege zu beschreiten. Denn die Anwender/innen dieser Methoden werden zu aktiven Gestalter/innen und können so einen erleichterten Zugang zu prozessorientiertem und vernetztem Denken erfahren.

Perspektivisch böte es sich z.B. an, Lern- und Erprobungswerkstätten zu gründen, um die Tauglichkeit solcher Verfahren für Klimaanpassungsprozesse in der Region zu testen bzw. sie weiter zu entwickeln und die Verfahren gezielt im Gebietsmanagement zu erproben.

9 Malik Management Zentrum St. Gallen AG: <http://malik-management.com/de>

10 Duale Hochschule Baden-Württemberg, Stuttgart, Zentrum für Managementsimulation: <http://www.dhbw-stuttgart.de>; Gesellschaft für Planspiele in Deutschland, Österreich und der Schweiz e.V.: <http://www.sagsaga.org>

11 Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde: [www.hnee.de/inkabnaturschutz](http://www.hnee.de/inkabnaturschutz); Centre for Economics and Ecosystem Management: [www.centreforeconomics.org](http://www.centreforeconomics.org)

12 IP Syscon: <http://www.ipsyscon.de>, Leibniz Universität Hannover, Institut für Freiraumentwicklung: <http://www.freiraum.uni-hannover.de/oppermann.html>

## 14.2.3 Einbindung der Allgemeinen Öffentlichkeit: Beteiligungsorientierte Bildungsmodule

Eine geeignete Ansprache zu Klimaanpassung ist im Falle berufsbezogener Akteur/innen, die sich über ihr Amt, ihre Funktion oder ihre organisatorische Kommunikation bzw. institutionelle Zugehörigkeit adressieren lassen, u. U. einfacher zu bewerkstelligen, als mit der sog. allgemeinen Öffentlichkeit z. B. im Rahmen außerschulischer Bildungsarbeit. Der Wunsch, „alle“ erreichen zu wollen, riskiert letztlich, niemanden anzusprechen oder allenfalls diejenigen, die bereits für das jeweilige Thema sensibilisiert sind. So ist es jedem einsichtig, dass ein 70-jähriger Rentner anders angesprochen werden will (und muss!) als eine 30-jährige Jungunternehmerin. Bei einigen Zielgruppen wirkt die moralische Argumentation, andere fühlen sich dadurch abgestoßen. Einige werden durch die Darstellung von Gefahren aufgerüttelt und motiviert, selbst aktiv zu werden. Bei anderen führen Schreckensszenarien eher zu Ohnmachtsgefühlen (Kleinhüchelkotten 2012).

Will man Kinder und Jugendliche erreichen, erleichtert der Weg über die Schule und darüber organisierte klimabezogene Bildungsaktivitäten den Zugang auch zu denjenigen, die sonst eher wenig mit dem Thema konfrontiert werden. Für den außerschulischen „Freizeit“-Bereich gestaltet sich dies deutlich schwieriger. Wenn überhaupt, werden dort vor allem Jugendliche aus der sogenannten bildungsnahen Mittelschicht oder bereits natur- und umweltschutzinteressierte Familien erreicht.<sup>13</sup>

In Untersuchungen von KLIMZUG-NORD über die außerschulische klimabezogene Umweltbildung in der Metropolregion Hamburg wurde herausgefunden, dass das Vermittlungsziel der individuellen Verhaltensveränderungen gegenüber einem emanzipatorischen Bildungsanspruch, z. B. politische Einmischung zu initiieren, in den Bildungsaktivitäten dominierte (Katz & Marwege 2010, Katz & Molitor 2014). Weiterhin verdeutlichten Vertreter/innen von (Umwelt-)Bildungseinrichtungen und/oder für (umweltbezogene) Bildungsaktivitäten Zuständige, dass in Bezug auf den Klimawandel keine spezifischen neuen oder anderen Vorgehensweisen zum Einsatz kommen und zum Thema Klimaanpassung nahezu keine Angebote existieren würden (Katz & Molitor 2014).

Vom Querschnittprojekt Bildung und Kommunikation von KLIMZUG-NORD wurden Bildungsbausteine entwickelt, die zum einen versuchen, die Thematik „Klimawandel, regionale Folgen und Anpassungsnotwendigkeiten“ als politische Mitgestaltungsaufgabe zu präsentieren und zum anderen beabsichtigen, anders als rein kognitiv für die eigene Verantwortung und Betroffenheit zu sensibilisieren (vgl. Katz 2014). Dabei verschiedenen Ansprüchen unterschiedlicher Zielgruppen v. a. auch außerhalb der bereits „vor“-sensibilisierten Gruppen gerecht zu werden,

erwies sich als große Herausforderung. In Zusammenarbeit mit dem Regionalen Umweltbildungszentrum SCHUBZ Lüneburg, dem Ausstellungsbüro Eva Siekierski, Studierenden des 1. Leuphana-Semesters (Studium Generale) und des Komplementärstudiums der Universität Lüneburg wurden beteiligungsorientierte Bildungsmaßnahmen für den schulischen und außerschulischen Bereich für 10- bis 17-jährige Jugendliche (GPS-geführte Klimaanpassungstour durch Lüneburg, Rap-Song, Szenische Darstellung, Filmwettbewerb, Klimakampagne (über Fotowettbewerb), Theaterworkshop, theaterpädagogische Aktivitäten, vgl. Katz et al. 2014) erarbeitet. Die außerschulischen Angebote zielen auf Jugendliche in Jugendzentren und/oder anderen Einrichtungen der (sozialen) Jugendarbeit. Dazu wurde mit Vertreter/innen dieser Einrichtungen zusammengearbeitet.

In Kooperation mit der VHS Region Lüneburg wurde eine Weiterbildung für Senior/innen zu Klimaweisen durchgeführt, in der klimabezogene Kenntnisse vermittelt, didaktische und praktische Anleitungen für die Vermittlung geliefert und konkrete „Lehr-/Lern-Bausteine“ zum Klimawandel in der Region zur direkten Verwendung für den KiTa- und schulischen Kontext konzipiert wurden.

Neben der Zielsetzung, den Wissenserwerb und das Erleben von Selbstwirksamkeit durch selbstbestimmte und beteiligungsorientierte Lernsettings zu verbessern, wurden zur Sensibilisierung auch einige Formate mit provozierenden bzw. kreativ-künstlerischen Elementen erarbeitet. Ein auf den Klimawandel in **Lüneburg bezogener Rap „Wir sind regeneriert“** wurde textlich und musikalisch von Schüler/innen zwischen 11 und 13 Jahren gemeinsam mit einer Musikpädagogin komponiert und öffentlich präsentiert. Die **szenische Darstellung „Fail & Hope“**, die zeigt, was der Klimawandel auszulösen vermag, entstand unterstützt von einer Lehrkraft aus der Auseinandersetzung von Schüler/innen der Sekundarstufe I mit klimarelevanten Themen. Es handelt sich dabei um inszenierte „Blitzlichter“, deren öffentliche Aufführung in mehreren Akten filmisch dokumentiert wurde.

Die in Kooperation mit Studierenden in der Abschlussphase ihres Studiums zum/zur Illustrator/in der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW) entstandenen **Klimanovellen** (Comics) bereiten wissenschaftliche Inhalte visuell und narrativ so auf, dass ein anderer Zugang zu den komplexen Forschungstätigkeiten auch für Personen ohne wissenschaftlichen Hintergrund entsteht. Die Comics richten sich an keine bestimmte Zielgruppe; es gibt bislang keine Erfahrung mit einem ähnlichen Format. Sie wurden jedoch bereits erfolgreich in Unterrichtsfächern eingesetzt.

13 Am besten erreicht werden Jugendliche, die ein starkes Eigeninteresse mitbringen und von ihren Eltern frühzeitig an entsprechende Aktivitäten herangeführt wurden (sog. postmaterielle Milieus, Etscheid 2008, Wippermann & Calmbach 2008).

„**Kühlschrank auf fürs Klima!**“ sind drei mit Studierenden entwickelte ironisch gefärbte Aktionen zur Sensibilisierung für regionale Klimafolgen und Anpassungsansätze. Sie können unterschiedlich im Rahmen eines Workshops oder zur Initiierung eines Dialogs verwendet werden und kamen bereits mehrfach in Bildungskontexten zum Einsatz. „**Wir retten Lüneburg**“ und „**Was können wir tun?**“ sind zwei theaterpädagogische Formate, die mit Studierenden aus dem Komplementärstudium der Leuphana

Universität für die freie Jugendarbeit entwickelt wurden. Die Ideen setzen v. a. an den Emotionen, die das Thema Klimawandel auslöst, an und wollen darüber nicht nur einen persönlichen Zugang zu dem komplexen und abstrakten Thema und der eigenen Rolle dabei erreichen, sondern auch mit und an der inneren Orientierung sowie den individuellen und kollektiven Stärken und Ressourcen zum Umgang mit Klimafolgen vor der eigenen Haustüre arbeiten.

## 14.3 Fazit

Klimawandel und die Anpassung an seine Folgen bedürfen nicht einer völlig anderen Art der Kommunikation und/oder Bildungsmaßnahmen, allerdings sind einige bestehende Methoden zu wenig bekannt und erprobt. Darüber hinaus geraten hier jedoch die aus Kommunikations- und Bildungskontexten bekannten Fallstricke und oftmals übergangenen Probleme wie unspezifische Adressierung, unscharfe Zielsetzungen, Inputorientierung statt aktive Wirklichkeitsaneignung, Bevormundung statt Ermächtigung, zu wenig am unmittelbaren Kontext ansetzend, zu starke kognitive Ausrichtung, zu wenig Anknüpfung an die Emotionalität, unweigerlich in den Blickpunkt.

Als besonders herausfordernd erwies es sich im Fall der allgemeinen Bildung, Formate zu finden, die auch bislang wenig adressierte Zielgruppen – wie z. B. Jugendliche außerhalb der Mittelschicht – ansprechen könnten. Eine Vernetzung mit Akteur/innen, die Zugang zur Zielgruppe besitzen (z. B. die Jugendsozialarbeit) und/oder Erfahrungen mit der nicht kognitiven Vermittlung haben (aus dem künstlerisch-kreativ, erlebnisorientiert-spielerischen Bereich), zeigt sich hier genauso hilfreich wie eine stärkere Einbindung der Kenntnisse aus dem Bereich der Psychologie, der Kommunikations- und der Risikoforschung.

Für Akteur/innen, die berufsbedingt eingebunden bzw. in Vereinen, Verbänden oder Interessensgruppen organisiert sind und angesprochen werden sollen, hat sich das Format der aufsuchenden Informationsvermittlung als sinnvolle Methode erwiesen, die weiterentwickelt werden sollte (vgl. Kap. 13 in diesem Bericht). Systemdynamische, prozessorientierte Verfahren und Methoden, die eine Fehlerregulierung zulassen und die Gestaltungskompetenzen der Akteur/innen nutzen, sollten ebenso verstärkt eingesetzt werden.

Unabdingbare Voraussetzung für ein Gelingen jeder Kommunikation und Bildungsveranstaltung ist eine genaue Bestimmung der dabei anvisierten Ziele, ein möglichst breites „Milieu“-Wissen über die Werthaltungen, Interessen und Ansprüche der Zielgruppe, Kenntnisse von Formaten und inhaltlichen Zugängen, die an deren Lebenswelten anknüpfen sowie Transparenz und Glaubwürdigkeit in Bezug auf die Faktenlage und ihre Deutungen sowie hinsichtlich der Grenzen und Möglichkeiten der tatsächlichen Mitgestaltung bzw. Beteiligung.

Als förderlich hat sich dabei erwiesen, auf die lokalen Besonderheiten des Klimawandels vor Ort einzugehen,

- die bereits beobachtbaren Folgen des Klimawandels allgemein und mit Bezug zum eigenen Leben sichtbar zu machen;
- nicht nur auf die Gefährdungen einzugehen, sondern den Umgang damit herauszustreichen;
- die (strukturellen) Machtverhältnisse und die individuelle Verantwortung (politische und ethische Aspekte) nicht auszublenden;
- genau zu überprüfen, welche (Beteiligungs-)Verfahren geeignet sind;
- prozessorientiertes Handeln als Lernaufgabe zu verstehen (permanenter Aushandlungsprozess);
- zu vermitteln, dass fehlerfreundliches Arbeiten möglich und notwendig ist, dass Nachsteuern nicht bedeutet, das Gesicht zu verlieren; Methoden zu entwickeln, die sich laufend nachjustieren lassen;
- auf kleine Maßnahmenschritte zu setzen, anstatt an den globalen überkomplexen Herausforderungen als Aufgabe zu scheitern.



# 15 **Synopse: Potenzielle Folgen des Klimawandels für das Modellgebiet Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue und mögliche strategische Anpassungsansätze**

*Johannes Prüter*

Die Beobachtungen der meteorologischen Wetterdienste und die Sachstandsberichte des Zwischenstaatlichen Ausschusses zum Klimawandel belegen, dass wir uns in einem anthropogenen Klimawandel befinden. Dessen Richtung ist erkennbar und dessen Ausmaß und Auswirkungen werden sich je nach Entwicklungspfad zur zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts noch mehr oder weniger stark beschleunigen.

Die zugrunde liegenden Modellierungen basieren auf einer Vielzahl von Annahmen bezüglich der weltweiten technischen, wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung und jeweils entsprechender zukünftiger Trends in den Emissionen von Treibhausgasen u. a. m. Für die verschiedenen Emissionsszenarien werden Bandbreiten möglicher zukünftiger Klimaentwicklungen abgebildet. Angesichts der vielen offenen Fragen hinsichtlich der Entwicklungen regional wie global sind sie mit erheblichen Unsicherheiten behaftet.

Trotz dieser Unsicherheiten muss in den Regionen gehandelt werden, wenn Vorsorge und Verantwortung Leitprinzipien für Nachhaltigkeit in der Regionalentwicklung werden sollen:

- im **Klimaschutz**, um eigene Beiträge zur mindern- den Beeinflussung der den Klimawandel antrei- benden Kräfte zu entwickeln,
- in der **Klimafolgenforschung**, um absehbare Entwicklungen verstehen und Anpassungsmaß- nahmen begründen zu können,
- in der **Klimaanpassung**, um neuen Problemlagen und negativen Entwicklungen mit geeigneten Strategien begegnen zu können.

Der KLIMZUG-NORD Verbund hat für die Metropolregion Hamburg insbesondere in den Themen Klimafolgenforschung und Klimaanpassung Grundlagen erarbeitet und neue Impulse gesetzt. Zusammengefasst finden sich die Arbeitsergebnisse dieses thematisch breit aufgestellten Projekts im „Kursbuch Klimaanpassung, Handlungsoptionen für die Metropolregion Hamburg (KLIMZUG-NORD Verbund 2014).

Für einzelne Teilbereiche der Metropolregion, so auch für die „Elbtalau“, wurden Klimaprojektionen erarbeitet, die Perspektiven bis zum Ende dieses Jahrhunderts aufzeigen. Zudem wurden bereits erkennbare Veränderungen im saisonalen Verlauf biologischer Prozesse (Phänologie) ebenfalls regionsspezifisch dokumentiert.

Die ökologisch-analytisch ausgerichteten Untersuchungen innerhalb des Modellgebiets „Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalau“ konzentrierten sich auf die von Grünland geprägten Auenlandschaften mit den noch vergleichsweise naturnah ausgestalteten rezenten Überschwemmungsgebieten. Bei den ökologisch ausgerichteten Untersuchungen ging es hier vorrangig um den Stoff- und Wasserhaushalt der Auenböden, speziell auch um die Schadstoffverteilung und -mobilisierung, und mögliche Veränderungen im Zuge des Klimawandels. Es ging ferner um artenreiches Auengrünland und Auswirkungen möglicher Klimaveränderungen auf die Standortbedingungen, die Konkurrenzkraft ausgewählter Arten sowie die Vegetationszusammensetzung. Zudem wurden mit dem Abflussgeschehen der Elbe und der landwirtschaftlichen Nutzung die zwei wesentlichen Einflussfaktoren für die Entwicklung der Auenlebensräume mit in den Fokus genommen.

Die Ergebnisse dieser Arbeiten werden im vorliegenden Bericht in jeweils gesonderten Beiträgen dargestellt. Die Biosphärenreservatsverwaltung in Hitzacker hat die Arbeiten im Gebiet koordiniert und in engen Bezug zu den regulären Aufgaben des Managements eines Großschutzgebiets gebracht, das dem Anspruch einer Modellregion nachhaltiger Entwicklung folgt.

Bei der Kommunikation der Befunde zu Klimawandel und -anpassungsbedarf in der Region zeigt sich, dass das Abflussgeschehen der Elbe, insbesondere die in jüngerer Zeit gehäuft auftretenden Extrema im Hoch- und Niedrigwasserabfluss, in der Wahrnehmung vieler Menschen eine weit größere Rolle spielen, als die möglichen direkten Folgen des Klimawandels.

Daher werden inzwischen vorliegende erste Projektionen zum zukünftigen Abflussgeschehen an der unteren Mittelelbe, die aus dem zeitgleich laufenden Bundesförderprojekt KLIWAS („Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt“, BfG 2013) stammen, in den vorliegenden Aussagen hier mit referiert.

Auch einige der im Folgenden angesprochenen Anpassungsstrategien nehmen eher Bezug zu diesen möglicherweise indirekten Folgen des Klimawandels als zu den unmittelbar absehbaren Änderungen des regionalen Klimageschehens.

## Klimawandel in der Elbtalau – was ist zu erwarten?

Der projizierte Klimawandel im Nordosten Niedersachsens kann im Ergebnis der regionalen Klimaprojektionen nach Art und Ausmaß wie folgt zusammengefasst werden (vgl. Kap. 2 in diesem Bericht):

Die durchschnittliche Jahrestemperatur wird allen Projektionen zufolge ansteigen, im Winter relativ stärker als im Sommer. Für die bodennahe Lufttemperatur könnte die Zunahme der Mittelwerte im Winterhalbjahr bis zum Ende des Jahrhunderts bis über 4,5 K (Anmerkung: Temperaturänderungen werden nach Konvention stets in Kelvin (K) angegeben, eine Änderung um 1 K entspricht einer Änderung um 1 °C; s. weiterführende Erläuterung im Glossar) betragen, im Sommerhalbjahr bis zu 2,9 K. Eis- und Frosttage im Winter werden demnach seltener. Hitzetage mit über 30 °C Maximaltemperatur im Sommer und Tropentage/-nächte, bei denen die Temperatur nicht unter 20 °C fällt, werden zunehmen. Das gilt auch für die Trockentage mit Niederschlagsmengen unter 1 mm. Für die Niederschläge zeichnet sich entsprechend ab, dass, verstärkt in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts, saisonale Veränderungen auftreten: Abnahmen im Sommerhalbjahr möglicherweise bis zu -25 %, Zunahmen im Zeitraum Herbst bis Frühjahr. Die Jahressummen an

Niederschlägen werden insgesamt absehbar zunehmen. Auch deuten die Projektionen darauf hin, dass für Starkniederschläge im Sommer wie im Winter zukünftig höhere Intensitäten erwartet werden können, was der Erwartung häufigerer Extremwetterlagen entspricht.

Auswirkungen dieser projizierten Klimaveränderungen sind schon heute im jahreszeitlichen Verlauf der Vegetationsentwicklung, d.h. bei Auswertungen zum Eintrittsdatum bestimmter phänologischer Erscheinungen (z. B. Blühzeitpunkte, herbstliche Blattverfärbung), erkennbar (vgl. Kap. 3 in diesem Bericht). Insgesamt geht der Trend hin zu einer deutlichen Verlängerung der Vegetationsperiode, was im Wesentlichen der thermischen Entwicklung geschuldet sein dürfte.

## Abflussgeschehen der Elbe – was ist wahrscheinlich?

Im Rahmen des Bundesforschungsprojekts KLIWAS (BfG 2013) wurden unter Nutzung verschiedener Modelle für das Einzugsgebiet der Elbe (Ensemble-Ansatz) Klima- und Abflussprojektionen vorgenommen. Danach geht man im Ergebnis dieses Projekts bezüglich der Niederschlagsentwicklung für die nahe Zukunft (2021 - 2050) im Vergleich zum Referenzzeitraum (1961 - 1990) von nicht eindeutigen Trends aus. Für die fernere Zukunft (2071 - 2100) zeichnen sich jedoch auch hier robustere Signale ab: eine Abnahme der Sommerniederschläge (bis zu -25 %) und eine entsprechende Zunahme der Niederschläge im Winter (bis zu +25 %). Mögliche Änderungen im Niedrigwasserabfluss sind folglich überwiegend im hydrologischen Sommer (Mai bis Oktober) zu erwarten. Für den Pegel Neu Darchau werden für den Zeitraum 2071 - 2100 Änderungen zwischen 0 % und -25 % projiziert. In ähnliche Richtung deuteten auch bereits die von Hattermann et al. (2005) veröffentlichten Ergebnisse von Modellierungen im deutschen Einzugsbereich der Elbe im Rahmen des GLOWA-Elbe Projekts.

Extreme Hochwasserabflüsse traten in der jüngeren Vergangenheit im August 2002, Januar/Februar 2003, April 2006, Januar 2011 und Juni 2013 auf. Wenn es auch nicht eindeutig zu belegen ist, so liegt es doch nahe, dass die in vielen Fällen ursächlichen extremen Niederschläge im Einzugsgebiet der Elbe grundsätzlich im Zusammenhang mit erhöhten Energiegehalten der Atmo-

sphäre zu verstehen sind. Die Erfahrung zeigt allerdings, dass Verlauf und Höhe von Hochwasserwellen an einem bestimmten Flussabschnitt nicht nur von klimatischen Einflüssen abhängen, sondern von einer Fülle sonstiger Faktoren, wie z. B. Talsperrensteuerung oder Polderflutungen, direkt beeinflusst werden können (Busch et al. 2013, Hatz & Busch 2013). Hinzu kommt eine Vielzahl von Wirkfaktoren im gesamten Flusseinzugsgebiet (z. B. Biotopausstattung, Grad der Bodenversiegelung, Flächennutzung, Grad der Bodenverdichtung, Bewirtschaftung von Grund- und Oberflächenwasser; u. a. van der Ploeg et al. 2006, Wechsung et al. 2005), die Wasserrückhalt und Wasserabfluss in Art und Intensität maßgeblich steuern. Folglich kann von den Klimaprojektionen nicht allein auf zukünftig mögliche Änderungen im Abflussgeschehen und in der Entwicklung der Wasserspiegellagen geschlossen werden.

Um die Mechanismen des Hochwasserabflusses in einer vielgestaltigen Flussaue zu verstehen, sind zweidimensionale Strömungsmodelle hilfreich. Sie wurden in zwei ausgewählten Abschnitten des Modellgebiets eingesetzt und belegen hier beispielhaft, welchen Einfluss Aufweitungen des Abflussprofils, morphologische Veränderungen im Überschwemmungsgebiet und unterschiedlicher Gehölzaufwuchs auf die Wasserspiegellagen im Hochwasserfall haben können (vgl. Kap. 6 in diesem Bericht).

## Folgen des Klimawandels für die Auenlandschaft – was kann passieren?

Wenn Art und Ausmaß des Klimawandels bis Ende unseres Jahrhunderts so erfolgen, wie es die vorliegenden Projektionen wahrscheinlich machen, wird es Auswirkungen auf die Bodenfunktionen der Aue, auf Arten, Biotope und Ökosysteme und selbstverständlich auch auf deren Nutzungsfähigkeit geben. Entscheidend für die Bodenfunktionen und damit für die Standortbedingungen der Vegetation in einer Flussaue ist jedoch nicht nur das unmittelbar einwirkende Klima, sondern auch die Hoch- und Niedrigwasserdynamik des Flusses. Sedimentation, Bodenbildung und spezifische Bodenfunktionen (z. B. Kapazität zur Kohlenstoffbindung) im Überschwemmungsgebiet der Elbe werden vom Zusammenspiel dieser externen Einflüsse maßgeblich gesteuert. Das gilt entsprechend auch für Ablagerung und Mobilisierung von Schadstoffen (Schwermetalle, chlororganische Verbindungen), die für die Bewirtschaftung nutzungsbedingter Auenlebensräume eine große Bedeutung haben (vgl. Kap. 8 und Kap. 9 in diesem Bericht).

Für nah am Fluss gelegene Böden mit aktuell hoher Sedimentationsdynamik zeichnet sich ab, dass deren Gehalte an chlororganischen Schadstoffen im Oberboden inzwischen niedriger liegen als diejenigen in entfernter gelegenen Senken des Überschwemmungsgebiets, wo

stark kontaminierte Sedimente aus der Mitte des letzten Jahrhunderts noch oberflächennäher anstehen. Höhere Temperaturen und häufigere Überflutung können die Mobilisierung von oberflächennäher vorkommenden Schwermetallablagerungen fördern.

Insgesamt höhere Jahresmitteltemperaturen und mögliche längere Trockenphasen im Sommerhalbjahr mit geringer Wasserführung der Elbe würden dazu führen, dass höhere Grundwasserflurabstände und entsprechender Trockenstress für die Vegetation häufiger auftraten und möglicherweise auch länger andauerten. Umgekehrt werden höhere Temperaturen und höhere Niederschläge im Winterhalbjahr absehbar zu feuchteren Verhältnissen führen, was die Nutzungsfähigkeit der Flächen (z. B. Befahrbarkeit) beeinflussen kann. Das im Projekt eingesetzte und mit gebietsspezifischen Daten gespeiste Bodenwasserhaushaltsmodell weist auf diese Bezüge hin und liefert Hinweise auf die Dimensionen.

Für die Vegetation der Auenwiesen kann es in diesem Gemenge variabler standörtlicher Einflussfaktoren ebenfalls zu Veränderungen kommen. Plausibel erscheint der Trend einer Verschiebung der Vegetationseinheiten entsprechend dem hydrologischen Gradienten. Das heißt, dass auf topografisch höher gelegenen Standorten im Überschwemmungsgebiet im Mittel trockenere Verhältnisse eintreten als bisher und sich hier entsprechend

Trockenheit tolerierende Vegetationseinheiten einstellen würden. Die von höheren Mittelwasserständen bzw. von regelmäßigeren Überflutungen abhängigen Pflanzengesellschaften würden sich weiter hin zu den tiefer liegenden Auenbereichen verlagern.

Auswirkungen auf die Nutzungsfähigkeit des Auengrönlands und die Futterqualität des Aufwuchses sind denkbar. Verschiebungen in den Artenspektren durch veränderte Konkurrenzsituationen sind langfristig zu erwarten, ließen sich aber in den mehrjährigen Feld- und Laborexperimenten unter simulierten Bedingungen nicht eindeutig nachweisen (vgl. Kap. 5 und Kap. 4 in diesem Bericht). Sollten sich im Bereich der unteren Mittelbe die langfristig zu beobachtenden Trends der sedimentationsbedingten Aufhöhung der Aue einerseits und der Eintiefung des Flusslaufs andererseits fortsetzen, so wird der mittlere Abstand zwischen Wasserspiegel und Auenflächen weiter zunehmen, was für die von Feuchtigkeit besonders abhängigen Ökosysteme die o. g. Entwicklungstrends noch verstärken dürfte (Rommel 2010, Vollmer et al. 2013).

Für das Management des Modellgebiets Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue insgesamt stellt sich die Frage, ob und ggf. inwieweit der absehbare Klimawandel den im Gesetz über das Biosphärenreservat vom 14.11.2002 (NElbtBRG) festgeschriebenen Schutzzweck beeinflussen wird.

Grundsätzlich dient das Biosphärenreservat dem Schutzzweck, eine auf das Miteinander von Mensch und Natur ausgerichtete einheitliche Erhaltung und Entwicklung des Gebiets mit seinen landschaftlichen, kulturellen, sozialen und ökonomischen Werten und Funktionen sicherzustellen, d. h. im Grundsatz einer nachhaltigen Entwicklung.

Im Einzelnen dient das Großschutzgebiet auch der Erhaltung und Entwicklung der charakteristischen Lebensräume sowie der natürlich und historisch gewachsenen Arten- und Biotopvielfalt, einschließlich Wild- und früherer Kulturformen wirtschaftlich genutzter oder nutzbarer Tier- und Pflanzenarten.

Die Herausforderung, die angesichts des Klimawandels mit diesen Naturschutzziele im engeren Sinne, mit dem Auftrag zur „Erhaltung und Entwicklung“ von Biotopen und Biozönosen, grundsätzlich verbunden ist, wurde inzwischen vielfach beschrieben (u. a. Mosbrugger et al. 2012, Rabitsch et al. 2010, Weiß et al. 2011).

Mögliche Konsequenzen für die Elbtalaue lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Es wird Arealveränderungen insbesondere bei solchen Arten geben, deren Vorkommen maßgeblich von klimatischen Parametern bestimmt wird. Es wird im Gebiet zu Artenverlusten, aber auch zur Neuetablierung von Arten kommen, wobei sich synökologische Zusammenhänge (z. B. Konkurrenzbeziehungen, Räuber-Beute-Systeme, phänologische Bezüge, Kalamitäten) in den Lebensgemeinschaften erheblich wandeln können. Bei der Fülle möglicher Einflussfaktoren zeichnet sich als Grundtendenz ab, dass an höhere Temperaturen und längere Trockenphasen angepasste Arten günstigere

Bedingungen vorfinden werden. Problematischer wird es voraussichtlich für Arten, die von einem ausgeglichenen Wasserhaushalt, insbesondere von kontinuierlich hohen Grundwasserständen, abhängig sind. Spezialisten in der Tierwelt werden stärker betroffen sein als Generalisten. Für Arten, die hier schon heute nahe ihrer Arealgrenzen vorkommen, werden entsprechende Veränderungen vermutlich als erstes erkennbar.

Mögliche großräumige Arealverschiebungen lassen sich mit dem Konzept der „climate envelopes“ beschreiben. Dabei wird das aktuelle Verbreitungsgebiet von Arten mit möglichen bestimmenden Klimaparametern in Beziehung gesetzt und im Ergebnis einer Simulation dargelegt, bei welchen Arten sich Korrelationen abzeichnen und wie sich deren Areal einem neuen räumlichen Klimamuster entsprechend anpassen würde. Eine solche Auswertung wurde beispielhaft für die Vogelwelt von Huntley et al. (2007) publiziert.

Wenn dies so zuträfe, ergäbe sich für die wertgebenden Vogelarten des europäischen Vogelschutzgebiets „Niedersächsische Mittelbe“(gemäß Anhang I der EU-Vogelschutzrichtlinie) die Konsequenz, dass eine Art ihr Areal in das Gebiet ausweiten und entsprechend zunehmen würde. Für sechs Arten wäre ein Schwund der Population wahrscheinlich. Für sieben Arten sind keine Veränderungen zu projizieren, für die restlichen der insgesamt 29 aufgeführten Arten ist keine Aussage möglich. Bei den wertbestimmenden 41 Zugvogelarten im Sinne des Artikels 4, Abs. 2 der EU-Vogelschutzrichtlinie ergibt sich ein Verhältnis wie folgt:

- Zuwanderung/Zunahme: eine Art
- Abnahme/Abwanderung: 15 Arten
- Gleichbleibende Verhältnisse: 15 Arten
- keine Aussage möglich: für 10 Arten (Keienburg & Schreck 2010; interne Auswertung der Biosphärenreservatsverwaltung).

Bei der Wertung auch dieser Ergebnisse ist allerdings zu berücksichtigen, dass für die Erhaltung und Entwicklung von Arten und Lebensraumtypen im Biosphärenreservat direkte (einschließlich der indirekt klimainduzierten) Landnutzungsänderungen bis auf Weiteres sicher noch bedeutsamer sind als die unmittelbar einwirkenden Veränderungen im Klimageschehen (Dziwiaty & Bernardy 2011, Flade 2013, Prüter & Keienburg 2012). Steuerungsmechanismen im Interesse einer die Naturgüter schonenden nachhaltigen Landbewirtschaftung sind daher für das Erreichen des o. g. Schutzzwecks nach wie vor entscheidend. Unmittelbare klimainduzierte Folgen für die Landwirtschaft betreffen vor allem den zukünftigen Landschaftswasserhaushalt mit zu erwartenden stärkeren Amplituden zwischen Vernässung und ebenso unerwünschten extrem trockenen Situationen (vgl. Kap. 9 und Kap. 10 in diesem Bericht).

## Anpassung an den Klimawandel im Biosphärenreservat – was kann getan werden?

Aus dem laufenden Management des Modellgebiets „Biosphärenreservat“ gemäß Biosphärenreservatsplan (BRV 2009) ergeben sich hinsichtlich der am Schutzzweck orientierten Ziele u. a. die in der nachstehenden Übersicht stichwortartig zusammengefassten Anpassungsoptionen. Sie werden in dem Maße relevanter, wie der projizierte

Klimawandel in der Elbtalaue landschaftsökologisch neue Rahmenbedingungen setzt. Sie werden fachlich unterlegt durch die Ergebnisse aus dem KLIMZUG-NORD Projektverbund und fließen kontinuierlich ein in die Kommunikation mit Interessenvertretern und Entscheidungsträgern in der Region.

Tab. 15.1: Anpassungsoptionen an den Klimawandel im Aufgabenbereich der Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalaue unter Bezugnahme auf Maßnahmen im Handlungsfeld 5.6 „Biodiversität und Naturschutz“ gemäß der „Empfehlung für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ (MU 2013)

Zielsetzung/ Anpassungsoption im Naturschutz	Maßnahmen u. a.	Bezug zu Maßnahmen im Handlungsfeld 5.6 „Biodiversität und Naturschutz“ gemäß MU (2013)
Schaffung an die Folgen des Klimawandels angepasster naturschutzfachlicher Planungsgrundlagen	Präzisierung von Klimaanpassungsstrategien in der Fortschreibung des Biosphärenreservatsplans (BRV 2009) und in der Managementplanung, Entwicklung flexibler Planungsmethoden	Nr. 699: Berücksichtigung der Zielsetzung in naturschutzfachlichen Strategien und Planungen
Förderung der Resilienz (Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen) von Ökosystemen	Einrichtung von Naturdynamikbereichen, Vorhalten von Flächen für auendynamische Prozesse, Renaturierung des Landschaftswasserhaushalts	Nr. 715: Zulassen der natürlichen Dynamik von Ökosystemen
Förderung der Ökosystemstabilität, Grundlegende Reduzierung von Belastungen	Reduzierung der Schadstoff-Belastungen in Gewässersedimenten, Anlage von Gewässerrandstreifen, Gewässersanierung	Nr. 714: Minderung bestehender Beeinträchtigungen; Intensivierung von Entwicklungsmaßnahmen zu mehr Naturnähe
Förderung der Durchgängigkeit von Landschaften	Biotopverbund, Wiederanbindung von Altarmen, Fließgewässerrenaturierung, Ausweisung ökologischer Vorrangflächen, Etablierung von Randstreifen bzw. Blühstreifen in der Agrarlandschaft	Nr. 709: Minimierung des Zerschneidungseffektes für Lebensräume Nr. 711: Wiederherstellung der Durchgängigkeit von Fließgewässern und Auen
Ausweitung/Neuschaffung geeigneter Habitats	Revitalisierung von Flussauen, Ausweitung von Überschwemmungsgebieten, Neuanlage von Flachgewässern zur Vernetzung isolierter Amphibienpopulationen (z. B. Rotbauchunke), Translocierung von mit Heldbocklarven befallenen Eichenholz zur Ausweitung isolierter Vorkommen	Nr. 708: Schaffung und Erhaltung von Trittsteinbiotopen und Strukturvielfalt in der gesamten Landschaft Nr. 713: Vorhalten ausreichend großer Flächen mit Biotopschutzfunktion
Neue Strategien im Nutzflächenmanagement	Verbesserungen des Wasserrückhalts, ggf. Schaffung von Einstaumöglichkeiten, Anpassung von Förderprogrammen bzw. Agrarumweltmaßnahmen	Nr. 712: naturnahe Bewirtschaftung von Nutzflächen im Biotopverbund
Intensivierte Nutzung der Instrumente Forschung und Monitoring	Förderung inter- und transdisziplinärer Zusammenarbeit (vgl. KLIMZUG-NORD), Intensivierung von Forschungs- und Monitoringprogrammen	Nr. 691: Verbesserung des Wissensstands
Information und Bildung	„KLIMAGespräche“, Workshops zum Thema Klimaanpassung, Ausstellungsentwicklung, Bildungsmaterialien und -programme, Publikation von Fachbeiträgen	Nr. 717: Informations- und Öffentlichkeitsarbeit

Der im landwirtschaftlichen Bereich erwartete Anpassungsbedarf bezieht sich vornehmlich auf das Wassermanagement in der Elbtalau. Als strategische Zielsetzungen werden ein geeigneter Hochwasserschutz ebenso wie ein regelbares Abflussmanagement genannt, das gleichzeitig die Förderung der Wasserretention in Trockenphasen umfasst. Konzepte zur Gewässerentwicklung sind zu erarbeiten und fachübergreifend abzustimmen. Die Gewässerunterhaltung ist planvoll durchzuführen und bei Bedarf veränderten Rahmenbedingungen anzupassen.

Was einen verbesserten Wasserrückhalt in der Fläche angeht, sind auch positive Auswirkungen auf die Naturschutzziele zu erwarten. Hinsichtlich der Forderung, Auenstandorte verstärkt in die Berechnung einzubeziehen, zeichnen sich hingegen Konflikte ab. Eine Risikominderung für landwirtschaftliche Betriebe durch Diversifizierung im Ackerbau und in der Tierhaltung ließe wiederum zahlreiche Synergien erwarten. Auch die Möglichkeiten alternativer Nutzungskonzepte für das Auengrünland (z. B. energetische Verwertung des Aufwuchses) sollten trotz der z. T. noch bestehenden Probleme ökonomischer Tragfähigkeit weiter verfolgt werden.

Eine betriebliche Beratung, die im umfassenden Sinne auf eine nachhaltige Betriebsführung hinwirkt, indem sie u. a. Erhaltung und Entwicklung der biologischen Vielfalt, Gewässerschutz und Anpassungen an den Klimawandel besondere Bedeutung beimisst (vgl. Maßnahmenbündel 5.3 „Landwirtschaft“ in der Empfehlung für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels, MU 2013), ist erforderlich. Das an der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Betriebsstelle Uelzen, entwickelte Beratungssystem zeigt dafür einen möglichen methodischen Zugang auf (vgl. Kap. 10 in diesem Bericht).

Die Impulse und Chancen, die von der Arche-Region „Flusslandschaft Elbe“ als erste ihrer Art in Deutschland für die Erhaltung alter und im Bestand gefährdeter Nutztierassen ausgehen, könnten in der landwirtschaftlichen Entwicklung verstärkt Beachtung finden. Der Klimawandel wird zu erhöhtem Anpassungsbedarf auch in der Tierhaltung führen (Krankheiten bzw. Resistenzen, Futtermittelverwertung, Haltungsmöglichkeiten), wodurch Eigenschaften alter und z. T. robuster Nutztierassen möglicherweise neue Wertschätzung erfahren.

Im Netzwerk der zertifizierten Partnerbetriebe des Biosphärenreservats sind bereits landwirtschaftliche Betriebe vertreten, für die Ressourcenschutz, Naturschutz und gesellschaftliche Verantwortung Leitmotive für betriebliche Entscheidungen sind. Sie leisten damit auch einen wesentlichen Beitrag zu Klimaschutz und Klimaanpassung.

Die Landwirtschaft trägt in den Überschwemmungsgebieten traditionell zur Offenhaltung der Landschaft bei und schafft damit eine wichtige Voraussetzung für den Hochwasserabfluss. Auch die Verantwortlichen für Wasserwirtschaft, Deichsicherheit, Naturschutz und Tourismus, Flächeneigentümer und Kommunen haben in der Elbtalau ihre jeweils spezifischen Interessen an der

Gestaltung des Deichvorlands. Wenn sich im Zuge des Klimawandels extreme Hochwasserlagen verstärken bzw. häufen sollten, wird ein fachübergreifendes Flächenmanagement immer wichtiger. Vor diesem Hintergrund hat die Biosphärenreservatsverwaltung in enger Abstimmung mit dem Niedersächsischen Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz aktuell ein neues Konzept zum „integrierten Auenmanagement“ entwickelt, das auf effektive tragfähige Strukturen der Zusammenarbeit abzielt. Es wird vorgeschlagen, dass die Interessenvertretungen auf der Ebene kommunaler Bezugsräume in sogenannten „Auenpflegeverbänden“ zusammenarbeiten und in bestmöglichen Kenntnissen der Verhältnisse vor Ort Vorschläge für ein geeignetes Flächenmanagement und für erforderliche Eingriffe bzw. Maßnahmen unterbreiten und die Flächenentwicklung dokumentieren.

Eine solche Kooperationsstruktur schafft geeignete Voraussetzungen für partizipative Prozesse und lässt erwarten, dass sie auch zukünftigen, möglicherweise weiter gehenden Anforderungen einer gesellschaftlich getragenen Klimaanpassung gerecht werden kann. Die Entwicklung und Pflege entsprechender Kooperationsstrukturen und Netzwerke ist entscheidend dafür, dass die Themen Klimaschutz und Klimaanpassung in der regionalen Diskussion präsent bleiben. Kommunale Initiativen zum Klimaschutz oder befristete Kooperationsprogramme wie z. B. die „Bioenergie-Region“ können dafür wesentliche Beiträge leisten.

Bildungs- und Informationsarbeit zu den Themen Klimaschutz und Klimaanpassung stehen in unserem Land grundsätzlich vor der Herausforderung, dass die Folgen der bekannten weltweiten Fehlentwicklungen in ihrer extremen Ausprägung überwiegend anderswo zu beobachten sind. Konkrete Prognosen der bei uns zu erwartenden Entwicklung sind nicht möglich, Projektionen zukünftigen Klimageschehens sind immer noch von großen Bandbreiten und entsprechenden Unsicherheiten geprägt. Folglich werden tradierte Lebensstile, Ressourcennutzung und -verbrauch nur sehr verhalten hinterfragt. In einem Biosphärenreservat, einer designierten „Modellregion“ für nachhaltige Entwicklung, sind dennoch gerade in diesem Themenbereich besonders günstige Rahmenbedingungen gegeben, die als besondere Ansprüche an die eigene Bildungs- und Informationsarbeit verstanden werden müssen: Das von der UNESCO getragene Weltnetz der Biosphärenreservate mit aktuell 621 anerkannten Gebieten in fast allen Klimazonen der Erde muss als besondere Möglichkeit genutzt werden, die wechselseitigen Beziehungen zwischen der regionalen und der globalen Ebene im Handeln und im Umgang mit den Folgen des Handelns einprägsam und verständlich werden zu lassen.



# Glossar

## 123

**<sup>137</sup>Cäsium-Datierungen:** <sup>137</sup>Cäsium ist ein radioaktives Isotop, das durch Kernwaffentests und Atomkraftwerks-Unfälle (Tschernobyl, auch Fukushima) in die Umwelt gelangte. Untersuchungen der Tiefenverteilung von radioaktiver Strahlung in Böden und Sedimenten, hervorgerufen durch <sup>137</sup>Cäsium, zeigen einen charakteristischen Verlauf. Es finden sich hohe Strahlungsintensitäten in der Mitte der 1960er-Jahre (Kernwaffentests) und in der Mitte der 1980er-Jahre (Tschernobyl-Unfall), die eine zeitliche Einordnung erlauben.

**2D-HN-Modell:** Zweidimensionales hydrodynamisches-numerisches Modell zur Simulation von Fließvorgängen. Das zweidimensionale Modell beschreibt die Verteilung der Zustandsgrößen in der horizontalen Ebene und arbeitet dabei mit tiefengemittelten Parametern.

## ABC

**Aerosol:** Ein Aerosol ist ein Gemisch aus festen oder flüssigen Schwebeteilchen und einem Gas. Die Schwebeteilchen heißen Aerosolpartikel und haben eine typische Größe zwischen 0,01 und 10 µm. Aerosolpartikel in der Atmosphäre stammen zum einen aus natürlichen Quellen wie z. B. Asche und Schwefeldioxid (aus dem in der Atmosphäre Sulfataerosole entstehen) aus Vulkanen, Mineralstaub aus Wüstengebieten oder Meersalz. Sie können zum anderen durch menschliche Aktivitäten in die Atmosphäre gelangen, wie z. B. Ruß und Schwefeldioxid aus der Verbrennung fossiler Rohstoffe oder Mineralstaub durch Winderosion landwirtschaftlich genutzter Flächen. Die Aerosolpartikel streuen und absorbieren die einfallende Sonnenstrahlung und reduzieren dadurch den Strahlungsfluss an der Erdoberfläche. Die direkte Wirkung von Aerosolen besteht daher in einer Abkühlung der oberflächennahen Luftschicht. Die indirekte Wirkung resultiert aus dem Einfluss der Aerosolpartikel auf die Wolkenbildung und den Niederschlag.

**Aktivitätsgrad von Eisenoxiden:** Die Aktivität von Eisenoxiden wird als Quotient von oxalatlöslichem zu dithionitlöslichem Eisen ausgedrückt. Je näher der Quotient an 1 liegt, desto größer ist die Aktivität, das heißt, der Anteil leichtlöslicher Eisenoxide ist sehr hoch.

**Altdeich:** Bisheriger Hochwasserdeich, welcher durch einen neuen, vorgelagerten oder landeinwärts liegenden Deich ersetzt wurde. Im betrachteten Fall wurde der Altdeich bei Lenzen mit Schlitten versehen, sodass er im Hochwasserfall durchströmt werden kann.

**Aue:** nach bodenkundlicher Definition ist die Aue der Bereich entlang eines Flusses, der durch Sedimentation bei Überflutungen entstanden ist. Die Aue wird in einen rezenten Bereich (der zwischen Deich und Fluss liegt und der direkten Überflutung nach wie vor ausgesetzt ist) und einen fossilen Bereich (der durch Deiche von den direkten Überflutungen abgeschnitten ist) unterteilt.

**Befahrbarkeit:** Bei Überschreiten einer Saugspannung von -100 hPa in 35 cm uGOK sind landwirtschaftliche Flächen nicht befahrbar ([www.bodenmessnetz.ch](http://www.bodenmessnetz.ch)).

**Belastungs-Hot Spots:** Orte mit den höchsten Bodenbelastungen.

**Bioturbation:** Durchmischung von Boden durch Lebewesen.

## DEF

**Deduktiv/Deduktion:** Bei der Deduktion ist die Hypothese der Ausgangspunkt einer empirischen Untersuchung. Kategoriensysteme, wie sie in dieser Untersuchung gebildet wurden, können dabei entweder induktiv (aus dem empirischen Material) oder deduktiv (theoriegeleitet) an das Material herangetragen werden.

**Dioxine und Furane:** Polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane. Es handelt sich um eine Stoffgruppe aus sehr vielen Einzelverbindungen, von denen 17 als Umweltgifte anzusehen sind. Ihr gemeinsames Vorkommen wird in einer Summe als Toxizitätsäquivalent ausgedrückt. Dabei werden die ermittelten Stoffkonzentrationen mit einem spezifischen Faktor, dem Toxizitätsäquivalent (TEQ), multipliziert. Dieser TEQ drückt die Toxizität des Einzelstoffs in Relation zum giftigsten Dioxin, dem 2,3,7,8-Tetrachlor-Dibenzodioxin, oder auch Seveso-Dioxin, aus. Die Summe aller Dioxine und Furane wird demnach als Summe ihrer Toxizitätsäquivalente ausgedrückt, z. B. 100 ng TEQ/kg, dabei ist allein aus dieser Konzentration die Zusammensetzung des Dioxin- und Furangemischs nicht mehr ersichtlich.



**Dithionitlösliches Eisen:** Eisenanteil im Boden, der durch ein relativ starkes Reaktionsmittel (Dithionitlösung) freigesetzt werden kann. Dithionitlösliches Eisen charakterisiert die kristallinen Eisenoxide.

**Emissionsszenarien:** Emissionsszenarien liegen unterschiedliche Annahmen zu möglichen Pfaden globaler sozioökonomischer und technischer Entwicklungen zugrunde. Die im Rahmen von KLIMZUG-NORD verwendeten Emissionsszenarien sind vom IPCC entwickelte und im „Special Report Emission Scenarios (SRES)“ publizierte Szenarien zur möglichen Entwicklung der Emissionen von Treibhausgasen und Aerosolen im 21. Jahrhundert. Die Referenzszenarien A1B, B1 und A2 repräsentieren neben A1FI, A1T und B2 die entsprechenden Szenarienfamilien A1, A2, B1 und B2. Das A1B Szenario geht von starkem Wirtschaftswachstum, rascher Entwicklung neuer Technologien, sowie einem ausgewogenen Energiemix aus. Das B1 Szenario geht von einer raschen Konvergenz der Volkswirtschaften und einem schnellen Übergang zur Dienstleistungs- und Informationsgesellschaft aus. Der Ressourcenverbrauch wird reduziert. Die Treibhausgasemissionen sind niedriger als im A1B Szenario. Das A2 Szenario geht von sehr heterogenen Volkswirtschaften und einer stark steigenden Weltbevölkerung aus. Wirtschaftswachstum und technologische Entwicklung sind langsamer als im A1B und B1 Szenario. Die Treibhausgasemissionen sind zur Mitte des 21. Jahrhunderts ähnlich, gegen Ende des 21. Jahrhunderts höher als im A1B Szenario.

**Evaporation:** Verdunstungshöhe von unbewachsener Erdoberfläche (Bodenverdunstung) (DIN 4049-3).

**Evapotranspiration:** Summe aus Bodenverdunstung und Transpiration (DIN 4049-3).

**Evenness:** Ausgewogenheit der Verteilung von Arten, d.h.: Pflanzenbestände, in denen viele Arten gleiche Deckungsanteile haben, besitzen eine hohe Evenness, wohingegen Pflanzenbestände, in denen einzelne oder wenige Arten hohe Deckungsanteile haben und somit dominant sind, eine geringe Evenness aufweisen.

**FFH-Richtlinie:** Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (Richtlinie 92/43/EWG), seit 1992 geltende europäische Richtlinie zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen. Ziel ist die Schaffung eines zusammenhängenden Netzes von Schutzgebieten (NATURA 2000).

**Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGG Elbe):** Zusammenschluss der zehn Elbanrainer-Bundesländer zur gemeinsamen Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie und Europäischen Hochwasserschutzrichtlinie.

**Freibord:** Der Freibord bezeichnet den Abstand zwischen einem Wasserspiegel und einer höher liegenden Kante eines Bauwerks, meistens die Oberkante eines Deichs oder Ufers.

**Frische Wiesen:** wachsen auf Standorten mit einem Feuchtegehalt zwischen feucht und trocken.

**Furane:** siehe Dioxine.

## GHI

**Gley-Tschernitza:** Eine Gley-Tschernitza ist ein Auenboden, gekennzeichnet durch den Einfluss von Grundwasser im Unterboden und einen mächtigen, lockeren, humosen Oberboden.

**Gradientenanalyse:** Analyse der Anordnung von Pflanzenarten, Pflanzenpopulationen, Artengruppen, Pflanzengesellschaften oder Vegetationsaufnahmen entlang von ökologischen Gradienten.

**Habitat:** Lebensraum, einschließlich der dort lebenden Arten und der dort herrschenden ökologischen Bedingungen.

**Hochflutsedimente:** Sedimente, die bei Hochwasserereignissen in die Auen transportiert werden.

**Holozän:** jüngstes nacheiszeitliches Erdzeitalter (von ca. 10.000 Jahren v. Chr. bis heute).

**HQ:** Der Hochwasserabfluss HQ gibt analog zum NQ den höchsten Abfluss gleichartiger Zeitabschnitte (Monat, Halbjahr, Jahr) innerhalb eines betrachteten Zeitraums (Zeitreihe) wieder.

**HQ100:** Unter HQ100 versteht man die Abflussmenge eines Gewässers, die im statistischen Mittel einmal alle 100 Jahre erreicht oder überschritten wird. Dieser Wert ist relevant für die Dimensionierung von hochwasserrelevanten Anlagen wie Dämmen und Brücken. Diese Abflussmenge wird nicht direkt gemessen, sondern anhand sogenannter Niederschlags-Abfluss-Modelle (NA-Modelle) aus den Parametern des Einzugsgebiets und dem Gang der Jahresniederschläge errechnet.

**IPCC:** Intergovernmental Panel on Climate Change – Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen – wurde im November 1988 vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) und der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) als zwischenstaatliche Institution ins Leben gerufen, um für politische Entscheidungsträger den Stand der wissenschaftlichen Forschung zu Klima und Klimaänderungen sowie Vermeidungs- und Anpassungsstrategien zusammenzutragen.

**Kelvin:** Abkürzung: K; SI Basiseinheit der absoluten Temperatur. Die absolute Temperatur, auch thermodynamische Temperatur, ist eine Temperaturskala, die sich auf den physikalisch begründeten absoluten Nullpunkt bezieht, welcher bei  $-273,15\text{ °C}$  liegt. Zudem wird Kelvin zur Angabe von Temperaturdifferenzen verwendet. Das Kelvin ist so definiert, dass die Differenz zwischen zwei Temperaturwerten von einem Kelvin und einem Grad Celsius gleich groß ist (z. B. eine Temperaturänderung von  $4\text{ °C}$  auf  $5\text{ °C}$  entspricht genau einem Kelvin (Temperaturänderungen werden in Deutschland nach DIN 1345 in Kelvin angegeben, es ist jedoch auch die Verwendung von  $\text{°C}$  erlaubt.).

**Klima:** Klima ist die statistische Beschreibung der physikalischen Zustände der Atmosphäre über einen zur Charakterisierung notwendig hinreichend langen Zeitraum (nach der Weltorganisation für Meteorologie WMO 30 Jahre); es wird charakterisiert durch die statistische Verteilung (z. B. Mittelwerte, Häufigkeitsverteilungen, Extremwerte) meteorologischer Parameter (z. B. Temperatur, Niederschlag). Im Gegensatz zum Wetter (s. Wetter) wird das Klima durch physikalische, biologische und chemische Prozesse im gesamten Klimasystem bestimmt.

**Klimagradient:** Veränderung eines oder mehrerer klimatischer Parameter entlang einer bestimmten Strecke.

**Klimaindizes:** Klimaindizes sind aus Klimaparametern wie zum Beispiel Temperatur und Niederschlag abgeleitete Kennwerte, die Zustand und Veränderungen des Klimasystems beschreiben. Ein Klimaindex beschreibt jeweils nur einen Aspekt des Klimas. Es gibt eine Vielzahl von Klimaindizes für verschiedene Fragestellungen. Teilweise existieren ähnliche oder identische Bezeichnungen für unterschiedliche Definitionen. Deshalb ist die Definition immer mit anzugeben.

## Definitionen verwendeter Klimaindizes

- **Sommertage:**  
Tagesmaximumtemperatur  $> 25\text{ °C}$
- **Hitzetage:**  
Tagesmaximumtemperatur  $\geq 30\text{ °C}$
- **Tropennächte/-tage:**  
Tagesminimumtemperatur  $> 20\text{ °C}$
- **Eistage:**  
Tagesmaximumtemperatur  $< 0\text{ °C}$
- **Frosttage:**  
Tagesminimumtemperatur  $< 0\text{ °C}$

- **Spätfrosttage:**  
Tagesminimumtemperatur  $< 0\text{ °C}$  für April, Mai, Juni, Juli
- **Tage  $> 5\text{ °C}$ :**  
Tagesmitteltemperatur  $> 5\text{ °C}$
- **Maximum Periode  $> 5\text{ °C}$ :**  
Anzahl maximal zusammenhängender Tage mit Tagesmitteltemperatur  $> 5\text{ °C}$
- **Trockentage:**  
Tagesniederschlag  $< 1\text{ mm}$
- **Niederschlagstage  $\geq 20\text{ mm}$ :**  
Tagesniederschlag  $\geq 20\text{ mm}$

**Klimamodell:** Ein Klimamodell ist eine numerische Abbildung des Klimasystems, die auf den physikalischen, chemischen und biologischen Prozessen in seinen Komponenten (z. B. Atmosphäre, Ozean, Land, Eis und Vegetation) und ihren Wechselwirkungen basiert. Das Klimasystem kann von Modellen unterschiedlicher Komplexität dargestellt werden, d.h. für jeden Bestandteil oder eine Kombination von Bestandteilen kann ein Modellspektrum oder eine Modellhierarchie bestimmt werden, die sich in Aspekten unterscheidet wie der Anzahl der räumlichen Dimensionen, dem Ausmaß, in welchem physikalische, chemische oder biologische Prozesse explizit dargestellt werden, oder bis zu welchem Grad empirische Parametrisierungen verwendet werden. Atmosphären-Ozean-Zirkulationsmodelle gekoppelt mit Land, Boden und Biosphäre – sogenannte Erdsystemmodelle – bieten die bislang umfassendste Darstellung des Klimasystems. Klimamodelle werden als Forschungsinstrument verwendet, um das Klima zu untersuchen und Klimaprojektionen zu erstellen, aber auch für operationelle Zwecke, einschließlich monatlicher, saisonaler und jahresübergreifender Klimaprognosen (s. Prognose).

**Klimaprojektion:** Klimaprojektionen sind Abbildungen möglicher Klimaentwicklungen für die nächsten Jahrzehnte und Jahrhunderte auf der Grundlage verschiedener Annahmen zur Entwicklung der Bevölkerung, der menschlichen Kultur, der Technologie und der Wirtschaft und daraus folgender Konzentrationen von Treibhausgasen und Aerosolen in der Atmosphäre. Sie basieren meist auf Klimamodellsimulationen, die ausgehend von unterschiedlichen realistischen Ausgangsbedingungen für ein bestimmtes Emissionsszenario mehrere gleich wahrscheinliche Entwicklungen, auch genannt Realisierungen des Klimas abbilden.

**Klimasystem:** Das Klimasystem umfasst die Komponenten Atmosphäre, Ozean, Land, Eis, Vegetation usw. Die Prozesse im Klimasystem unterliegen zahlreichen Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Komponenten. Das Klimasystem verändert sich über die Zeit unter dem Einfluss seiner eigenen inneren Dynamik und durch externe Kräfte wie Vulkanausbrüche, solare Schwankungen und menschlich induzierte Einflüsse wie die Änderung der Zusammensetzung der Atmosphäre und die Landnutzung.

**Klimavariabilität:** Klimavariabilität bezeichnet die zeitlichen und räumlichen Schwankungen des Klimas um einen mittleren Zustand herum. Diese Schwankungen beruhen auf freien (internen) oder erzwungenen (externen) Wechselwirkungen. Interne Wechselwirkungen im Klimasystem können innerhalb eines Subsystems oder zwischen verschiedenen Subsystemen (z. B. Atmosphäre, Ozean, Land, Eis und Vegetation) auftreten. Externe Wechselwirkungen können natürliche Ursachen haben, wie z. B. Erdrotation, Neigung der Erdoberfläche, solare Variabilität, Vulkaneruptionen oder auf sehr langen Zeitskalen die Kontinentaldrift. Zum anderen können sie anthropogenen Ursprungs sein, wie durch Emissionen von Treibhausgasen und Aerosolen in die Atmosphäre oder Änderungen von Landnutzung und Landmanagement.

**Königswasseraufschluss:** Königswasser ist ein Gemisch aus Salzsäure und Salpetersäure im Verhältnis 3:1. Es wird in der Umweltanalytik eingesetzt, um Metalle von der Bodenmatrix abzulösen und messbar zu machen.

**Lernsetting:** Rahmen für Lernveranstaltungen, d.h. bezieht sich auf Ziele, Theoriebausteine und Didaktik.

**Lysimeter:** Lysimeter sind großvolumige Gefäße, die mit Boden gefüllt sind. An ihrem Grund befindet sich ein Hahn, über den Sickerwasser gewonnen werden kann. Lysimeter dienen der Untersuchung landwirtschaftlicher und wasserwirtschaftlicher Bodenparameter, insbesondere auch von Stoffausträgern.

## MNO

**morphologische Aue:** Die gesamte Fläche einer Flussaue, die ursprünglich, vor der Eindeichung, überflutet werden konnte.

**MQ:** Als mittleren Abfluss MQ bezeichnet man die durchschnittliche Abflussmenge eines Gewässers, bemessen auf ein Normaljahr – also den langjährigen Durchschnitt.

**No-Regret-Maßnahmen:** Anpassungsmaßnahmen unter Unsicherheitsbedingungen, die auch bei Nichteintreten des wahrscheinlichen Ereignisses positive Wirkungen haben bzw. schadlos sind. Sie sind flexibel zu gestalten.

**NQ:** Der Niedrigwasserabfluss NQ gibt den niedrigsten Abfluss gleichartiger Zeitabschnitte (Monat, Halbjahr, Jahr) innerhalb eines betrachteten Zeitraums wieder. Dazu wird der Zeitabschnitt und der Zeitraum (Jahresreihe) der Angabe hinzugefügt. Wurde kein Zeitabschnitt angegeben, so ist das volle Jahr gemeint.

**Oxalatlösliches Eisen:** Eisenanteil im Boden, der durch ein relativ schwaches Reaktionsmittel (Oxalatlösung) freigesetzt werden kann. Oxalatlösliches Eisen charakterisiert somit die schwach auskristallisierten Eisenoxide.

## PQR

**Partizipation:** Partizipation liegt dann vor, wenn (1) eine transparente Kommunikation im Vordergrund steht und authentisch nach Kompromissen und Interessenausgleich gesucht wird, dabei geht es (2) um allgemeingültige Regelungen, die (3) unter Beteiligung von nicht-staatlichen Gruppen von staatlichen Stellen getroffen oder explizit gebilligt werden. Die (4) zugrunde liegenden Machtverhältnisse sind dabei verteilt, unklar oder erkennbar durch die Partizipation verschoben und (5) alle offensichtlichen Anspruchsgruppen haben ausgewogen auf den Prozess und die Entscheidung Einfluss nehmen können.

**Perzentil:** Perzentile dienen dazu, die Verteilung einer großen Anzahl von Datenpunkten zu untersuchen. Der Wert des  $i$ . Perzentils ist dabei so definiert, dass  $i$  Prozent der Daten kleiner sind als der Wert des  $i$ . Perzentils. Beispiele: Das 1. Perzentil der Tagesmitteltemperaturen im Winter in Hamburg beträgt ca.  $-8\text{ °C}$ . Das bedeutet, dass 1 % der Wintertage eine Tagesmitteltemperatur kleiner als  $-8\text{ °C}$  haben. Das 40. Perzentil der Tagesmitteltemperaturen im Winter beträgt ca.  $0\text{ °C}$ . Daher haben 40 % der Wintertage eine Tagesmitteltemperatur kleiner als  $0\text{ °C}$ .

**Prognose:** Eine Prognose ist eine Vorhersage zukünftiger Ereignisse, Zustände oder Entwicklungen. Wettervorhersagen sind möglich, da sich das Wetter hauptsächlich in der Atmosphäre abspielt und der Anfangszustand der Atmosphäre relativ gut bestimmbar ist; Klimaprognosen versuchen Vorhersagen des Klimas auf saisonaler, jahresübergreifender oder dekadischer Zeitskala. Da die Entwicklung des Klimas sehr stark von den Ausgangsbedingungen des Klimasystems abhängt, welche nur teilweise durch Messungen erfasst werden können, ist die Vorhersage der zukünftigen Entwicklung des Klimas nur schwer bis gar nicht möglich. Deshalb können v. a. auch auf der Zeitskala von Jahrzehnten und Jahrhunderten nur Klimaprojektionen (s. Klimaprojektion) erstellt werden, die unter der Annahme eines bestimmten Emissionsszenarios für unterschiedliche realistische Ausgangsbedingungen des Klimasystems mehrere gleich wahrscheinliche Entwicklungen (s. Realisierung) des Klimas abbilden.

**Realisierung:** Unter der Annahme eines bestimmten Emissionsszenarios können mehrere Klimasimulationen erstellt werden, die sich nur in den Anfangsbedingungen unterscheiden und gleich wahrscheinliche Entwicklungen des Klimas projizieren. Diese werden hier als Realisierung bezeichnet.

**Redoxelektroden:** Elektroden zur Messung des Redoxpotenzials.

**Redoxpotenzial:** Das Redoxpotenzial ist ein Maß für das Verhältnis der Aktivität aller oxidierten und reduzierten Stoffe, gemessen als Spannungsdifferenz zwischen einer Platinelektrode und einer Bezugselektrode.

## STU

**Saugspannung:** Negativer Druck des Bodenwassers relativ zum atmosphärischen Druck zur Kennzeichnung der Bindungsintensität des Wassers der ungesättigten Bodenzone [hPa]. (Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden 2005).

**TEQ:** Toxizitätsäquivalent, siehe Dioxine und Furane.

**Tracer:** Tracer sind Indikatoren oder Leitsubstanzen, die stellvertretend für andere Stoffe deren Verbreitung und den Verbleib anzeigen.

**Transpiration:** Verdunstungshöhe von Pflanzenoberflächen aufgrund biotischer Prozesse (DIN 4049-3).

**Treibhausgase:** Gase in der Atmosphäre (natürlichen und anthropogenen Ursprungs), die einen Teil der langwelligen Ausstrahlung der Erdoberfläche absorbieren und entsprechend ihrer Temperatur langwellige Strahlung emittieren. Der zur Erdoberfläche gerichtete Anteil erwärmt als atmosphärische Gegenstrahlung die Erdoberfläche. Diese Eigenschaft verursacht den Treibhauseffekt. Wasserdampf, Kohlendioxid, Lachgas, Methan und Ozon sind die Haupttreibhausgase in der Erdatmosphäre. Außerdem gibt es eine Anzahl von ausschließlich vom Menschen produzierten Treibhausgasen in der Atmosphäre, wie die Halogenkohlenwasserstoffe und andere chlor- und bromhaltige Substanzen.

**Trockenstress:** Bei Unterschreiten einer Saugspannung von -500 hPa können Gräser Trockenstress erleiden (Feddes et al. 2004). Dieser Grenzwert bezeichnet den Punkt, an dem eine optimale Aufnahme von Bodenwasser durch die Pflanze nicht mehr gegeben ist. Ein Absterben der Pflanze resultiert nicht zwangsläufig.

**Uferrehne:** Eine Uferrehne ist ein böschungsnaher bzw. uferbegleitender Wall aus Feinteilen, der natürlich entstanden ist.

**uGOK:** unterhalb Geländeoberkante.

## VWXYZ

**Vegetationsperiode:** Vegetationsperiode oder Wachstumszeit bezeichnet den Zeitabschnitt des Jahres, in dem die Pflanzen photosynthetisch aktiv sind.

**Verständigungsorientierung/Verständigungsorientiertes Handeln:** Darunter ist eine offene und transparente Kommunikation zwischen Akteuren zu verstehen, die sich ohne strategische und taktische Hintergedanken (Zwang, Belohnung, Manipulation) auf den Austausch ihrer Interessen und Ziele einlassen.

**Wasserspiegelfixierung:** Eine einem bestimmten Abfluss zugeordnete Messung der Höhenlage des Wasserspiegels im Längsschnitt.

**Wetter:** Das Wetter ist der physikalische Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort und wird charakterisiert durch messbare Parameter wie z. B. Lufttemperatur, Luftdruck und Niederschlag.

**WHO (2005) TEQ:** Es existieren mehrere Systeme zur Berechnung der Dioxintoxizität einer Probe. Diese Systeme nutzen unterschiedliche Toxizitätsäquivalents-Faktoren. Die World Health Organisation (WHO) veröffentlichte 2005 letztmalig Toxizitätsäquivalente.

# Literaturverzeichnis

## Kapitel 1

- Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalaue (2009): Biosphärenreservatsplan Niedersächsische Elbtalaue. – Hitzacker, 296 S.
- Deutscher Rat für Landespflege (2010): Biosphärenreservate sind mehr als Schutzgebiete – Wege in eine nachhaltige Zukunft. – Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege, Heft 83, S. 5-85.
- Horsten, Th., Krahe, P., Nilson, E., Belz, J. U., Ebner von Eschenbach, A. D., Larins, M. (2011): Änderungen von Wasserhaushaltskomponenten im Elbegebiet – Herausforderungen und Lösungsansätze. – Tagungsband KLIWAS – Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland; 2. Statuskonferenz 2011, BMVBS Berlin, S. 93-97.
- Landkreis Lüchow-Dannenberg (Hrsg., 2010): Integriertes Klimaschutzkonzept Landkreis Lüchow-Dannenberg, Status quo – Potenziale – Ziele – Maßnahmen. – Lüchow, 156 S.
- MaB-NK – Deutsches MaB-Nationalkomitee (2007): Kriterien für die Anerkennung und Überprüfung von Biosphärenreservaten der UNESCO in Deutschland. – Bonn-Berlin, 67 S.
- Mosbrugger, V., Brasseur, G. Schaller, M., Stribny, B. (Hrsg., 2012): Klimawandel und Biodiversität – Folgen für Deutschland. – Wissenschaftl. Buchges. Darmstadt, 432 S.
- Moser, H. (2013, mdl.): Hydrologie und Klima. – Vortrag „Flusskonferenz Elbe“, 5. März 2013, Magdeburg.
- MU – Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (2013): Klimapolitische Umsetzungsstrategie Niedersachsen. – Hannover, 87 S.
- Prüter, J. (2009): UNESCO-Biosphärenreservate als „Lernlandschaften Bildung für nachhaltige Entwicklung“ – Ziele und Beiträge zur Umsetzung am Beispiel des Biosphärenreservats Niedersächsische Elbtalaue. – In: Lucker, T., Kölsch, O. (Bearb.): Naturschutz und Bildung für nachhaltige Entwicklung, Fokus: Außerschulische Lernorte. – Naturschutz und Biologische Vielfalt 74, S. 121-132.
- Prüter, J., Garbe, H., Gemperlein, J., Hollerbach, A., Puhmann, G. (2013): UNESCO Biosphärenreservat „Flusslandschaft Elbe“. – In: Konold, W., Böcker, R., Hampicke, U. (Hrsg.): Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege, 28. Erg. Lfg., III-3.10, S. 1-20.
- Prüter, J., Keienburg, T. (2012): Biosphärenreservat „Flusslandschaft Elbe“, Teilvorhaben „Leitfaden Bioenergie und Naturschutz“. – BfN-Skripten 316, S. 55-60.
- Walter, A., Precht, F., Preyer, R.-D. (2004): MAB – Ein Programm im Wandel der Zeit. – In: Deutsches MAB-Nationalkomitee (Hrsg.): Voller Leben – UNESCO-Biosphärenreservate – Modellregionen für eine Nachhaltige Entwicklung. – Springer-Verlag Berlin-Heidelberg, S. 10-12.
- Wechsung, F. (2011): Wirkungen des globalen Wandels auf den Wasserkreislauf im Elbeeinzugsgebiet – eine zusammenfassende Darstellung der Projektergebnisse. – Schlussbericht zum Verbundvorhaben GLOWA-Elbe III, Potsdam, Leipzig.

## Kapitel 2

- Chmielewski, F.-M. (2001): Rezente Veränderungen der Lufttemperatur und Niederschlagshöhe in Berlin-Dahlem. – Agrarmeteorologische Schriften, Heft 09, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, HU Berlin.
- Hollweg, H. D., Böhm, U., Fast, I., Hennemuth, B., Keuler, K., Keup-Thiel, E., Lautenschlager, M., Legutke, S., Radtke, K., Rockel, B., Schubert, M., Will, A., Woldt, M., Wunram, C. (2008): Ensemble Simulations over Europe with the Regional Climate Model CLM forced with IPCC AR4 Global Scenarios. – M & D Technical Report 3.
- Jacob, D., Bülow, K., Kotova, L., Moseley, C., Petersen, J., Rechid, D. (2012): Regionale Klimaprojektionen für Europa und Deutschland – Ensemble Simulationen für die Klimafolgenforschung. – CSC Report 6, Climate Service Center Hamburg.
- Jacob, D., Göttel, H., Kotlarski, S., Lorenz, P., Sieck, K. (2008): Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland mit dem Klimamodell REMO. – Forschungsbericht 204 41 138 Teil 2, im Auftrag des UBA, Dessau.

Jacob, D., Nilson, E., Tomassini, L., Bülow, K. (2009): REMO climate of the 20th century run. – BfG project, 0.088° resolution, World Data Center for Climate.

Keuler, K., Lautenschlager, M., Wunram, C., Keup-Thiel, E., Schubert, M., Will, A., Rockel, B., Boehm, U. (2009a): Climate Simulation with CLM – Climate of the 20th Century run no. 2, Data Stream 2: European region MPI-M/MaD. – World Data Center for Climate. DOI: 10.1594/WDCC/CLM\_C20\_2\_D2.

Keuler, K., Lautenschlager, M., Wunram, C., Keup-Thiel, E., Schubert, M., Will, A., Rockel, B., Boehm, U. (2009b): Climate Simulation with CLM – Scenario A1B run no. 1, Data Stream 2: European region MPI-M/MaD. – World Data Center for Climate. DOI: 10.1594/WDCC/CLM\_A1B\_1\_D2.

Keuler, K., Lautenschlager, M., Wunram, C., Keup-Thiel, E., Schubert, M., Will, A., Rockel, B., Boehm, U. (2009c): Climate Simulation with CLM – Scenario A1B run no. 2, Data Stream 2: European region MPI-M/MaD. – World Data Center for Climate. DOI: 10.1594/WDCC/CLM\_A1B\_2\_D2.

Keuler, K., Lautenschlager, M., Wunram, C., Keup-Thiel, E., Schubert, M., Will, A., Rockel, B., Boehm, U. (2009d): Climate Simulation with CLM – Scenario B1 run no. 1, Data Stream 2: European region MPI-M/MaD. – World Data Center for Climate. DOI: 10.1594/WDCC/CLM\_B1\_1\_D2.

Keuler, K., Lautenschlager, M., Wunram, C., Keup-Thiel, E., Schubert, M., Will, A., Rockel, B., Boehm, U. (2009e): Climate Simulation with CLM – Scenario B1 run no. 2, Data Stream 2: European region MPI-M/MaD. – World Data Center for Climate. DOI: 10.1594/WDCC/CLM\_B1\_2\_D2.

Lautenschlager, M., Keuler, K., Wunram, C., Keup-Thiel, E., Schubert, M., Will, A., Rockel, B., Boehm, U., 2009: Climate Simulation with CLM – Climate of the 20th Century run no. 1, Data Stream 2: European region MPI-M/MaD. – World Data Center for Climate. DOI:10.1594/WDCC/CLM\_C20\_1\_D2.

MPI-M (2006): Klimaprojektionen für das 21. Jahrhundert. – Max-Planck-Institut für Meteorologie.

Nakicenovic, N., Swart, R. (Hrsg., 2000): Emission Scenarios. – Cambridge University Press, UK, 570 S.

Rechid, D., Petersen, J., Schoetter, R., Jacob, D. (2014): Klimaprojektionen für die Metropolregion Hamburg. – Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, Band 1, TuTech Verlag, Hamburg.

## Kapitel 3

Ahas, R., Aasa, A., Menzel, A., Fedotova, G., Scheifinger, H. (2002): Changes in European spring phenology. – *Int. J. Climatol*, 22, S. 1727-1738.

Bruns, E. (2007): Phänologische Beobachtungsnetze heute und gestern. – *Promet*, 33, S. 2-6.

Chmielewski, F.-M. (1996): The international phenological gardens across Europe. Present state and perspectives. – *Phenol. Season*, 1, S. 19-23.

Chmielewski, F.-M. (2001): Rezente Veränderungen der Lufttemperatur und Niederschlagshöhe in Berlin-Dahlem. – *Agrarmeteorologische Schriften Heft 09*, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, HU Berlin.

Defila, C., Clot, B. (2001): Phytophenological trends in Switzerland. – *Int. J. Biometeorol.*, 45, S. 203-207.

Henniges, Y., Vollmer, I., Weber, R., Görgens, M., Chmielewski, F.-M. (2007): Der Klimawandel, eine Herausforderung für den norddeutschen Obstbau. – *Mitt. OVR* 62, S. 147-151.

Hurrell, J. W. (1995): Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation. – *Science*, 269, S. 676-679.

Lieth, H. (1974): Phenology and Seasonality Modeling. – Springer, Berlin-Heidelberg-New York.

Menzel, A. (2000): Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996. – *Int. J. Biometeorol.*, 44, S. 76-81.

Menzel, A. (2002): Phenology: Its importance to the global change community. – *Climatic Change*, 54, S. 379-385.

Menzel, A. (2003): Plant phenological anomalies in Germany and their relation to air temperature and NAO. – *Climatic Change*, 57, S. 243-263.

Menzel, A., Estrella, N., Fabian, P. (2001): Spatial and temporal variability of the phenological seasons in Germany from 1951 - 1996. – *Global Change Biology* 7, S. 657-666.

Menzel, A., Jakobi, G., Ahas, R., Scheifinger, H., Estrella, N. (2003): Variations of the climatological growing season (1951 - 2000) in Germany compared with other countries. – *Int. J. Climatol*, 23, S. 793-812.

- Menzel, A., Sparks, T. H., Estrella, N., Koch, E., Aasa, A., Ahas, R., Alm-Kübler, K., Bissolli, P., Braslavská, O., Briede, A., Chmielewski, F.-M., Crepinsek, Z., Curnel, Y., Dahl, Å., Defila, C., Donnelly, A., Filella, Y., Jatzczak, K., Mage, F., Mestre, A., Nordli, Ø., Peñuelas, J., Pirinen, P., Remisová, V., Scheifinger, H., Striz, M., Susnik, A., Van Vliet A. J. H., Wielgolaski, F.-E., Zach, S., Züst, A. (2006): European phenological response to climate change matches the warming pattern. – *Global Change Biology*, 12, S. 1969-1976.
- Rechid, D., Petersen, J., Schoetter, R., Jacob, D. (2014): Klimaprojektionen für die Metropolregion Hamburg. – Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, Band 1, TuTech Verlag, Hamburg.
- Rötzer, T., Chmielewski, F.-M. (2001): Phenological maps of Europe. – *Clim. Res.*, 18, S. 249-257.
- Schlünzen, K. H., Hoffmann, P., Rosenhagen, G., Riecke, W. (2010): Long-term changes and regional differences in temperature and precipitation in the metropolitan area of Hamburg. – *International Journal of Climatology*, 30, 8, S. 1121-1136.
- Schnelle, F. (1955): Pflanzen-Phänologie. – Akademische Verlagsgesellschaft Geest und Portig, Leipzig.
- Wanner, H., Brönnimann, S., Casty, C., Gyalistras, D., Luterbacher, J., Schmutz, C., Stephenson, D. B., Xoplaki, E. (2001): North Atlantic Oscillation – Concepts and studies. – *Surveys in Geophysics*, 22, S. 321-382.
- Hanke, J. M. (2012): Einfluss verschiedener Grundwasserstände, Niederschlagsreduktion und Konkurrenz auf das Wachstum von *Cnidium dubium* (Schkuhr) Thell. – MSc-Arbeit, Universität Hamburg, Hamburg.
- Hanke, J. M., Ludewig, K., Jensen, K. (eingereicht): Effects of water-level and competition on the endangered river corridor plant *Cnidium dubium* in the context of climate change.
- Korell, L. (2011): Vegetation des Auengrünlandes entlang des klimatischen Gradienten an der Mittel- elbe. – MSc-Arbeit, Universität Hamburg, Hamburg.
- Krause, B., Culmsee, H., Wesche, K., Bergmeier, E., Leuschner, C. (2011): Habitat loss of floodplain meadows in north Germany since the 1950s. – *Biodivers. Conserv.* 20, S. 2347-2364.
- Krüger, F., Schwartz, R., Kunert, M., Friese, K. (2006): Methods to calculate sedimentation rates of floodplain soils in the middle region of the Elbe River. – *Acta Hydroch. Hydrob.* 34, S. 175-187.
- Legendre, P., Legendre, L. F. J. (1998): *Numerical Ecology*, 2. Auflage, Elsevier, Amsterdam.
- Leyer, I. (2002): Auengrünland der Mittel- elbe-Niederung. – Gebrüder Borntraeger, Stuttgart.
- Ludewig, K., Donath, T. W., Zelle, B., Eckstein, R. L., Mosner, E., Horchler, P., Otte, A., Jensen K. (in Bearbeitung): Effects of reduced summer precipitation on the forage quality of floodplain meadows at the Elbe and Rhine Rivers.
- Ludewig, K., Korell, L., Löffler, F., Scholz, M., Mosner, E., Jensen, K. (akzeptiert): Vegetation patterns of floodplain meadows along the climatic gradient at the Middle Elbe River. – *Flora*.
- Naiman, R. J., Décamps, H., Pollock, M. (1993): The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. – *Ecol. Appl.* 3, S. 209-212.
- Sala, O., Chapin, F., Armesto, J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L., Jackson, R., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D., Mooney, H., Oesterheld, M., Poff, N., Sykes, M., Walker, B., Walker, M., Wall, D. (2000): Biodiversity – Global biodiversity scenarios for the year 2100. – *Science* 287, S. 1770-1774.
- Walther K. (1977): Die Vegetation des Elbtales – Die Flußniederung von Elbe und Seege bei Gartow (Kr. Lüchow-Dannenberg). – Paul Parey, Hamburg/Berlin.
- Yahdjian, L., Sala, O. E. (2002): A rainout shelter design for intercepting different amounts of rainfall. – *Oecologia* 133, S. 95-101.



## Kapitel 5

- Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. – 5. Auflage, herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten. – Hannover.
- Chmielewski, F.-M. (2003): Phenology and Agriculture. – In: Schwartz, M. (Hrsg.): Phenology: An Integrative Environmental Science. – Tasks for Vegetation Science, Volume 39, 505-522.
- DVWK (1996): Merkblätter zur Wasserwirtschaft 238/1996 – Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. – Bonn, Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser.
- Feddes, R. A., de Rooij, G. H., van Dam, J. C. (2004): Unsaturated-zone Modeling. – Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Krahe, P. et al. (in Vorber.): Untersuchung zu den Auswirkungen des Globalen Klimawandels auf das Abflussregime der Elbe. Abflussprojektionen und -szenarien für gewässerkundliche und verkehrswasserwirtschaftliche Klimafolgenanalysen. – BfG-Bericht.
- Leyer, I. (2002): Auengrünland der Mittelelbe-Niederung. – Dissertationes Botanicae, Bd. 363, Cramer in der Gebr. Borntraeger-Verl.-Buchh.
- NORM DIN 4049, Teil 3 – Hydrologie: Begriffe zur quantitativen Hydrologie.
- NORM DIN 4220: Bodenkundliche Standortbeurteilung – Kennzeichnung, Klassifizierung und Ableitung von Bodenkennwerten (normative und nominale Skalierungen).
- Rechid, D., Petersen, J., Schoetter, R., Jacob, D. (2014): Klimaprojektionen für die Metropolregion Hamburg. – Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, Band 1, TuTech Verlag, Hamburg.
- Weniger, T. (2010): Untersuchungen zur Auenbodenentwicklung und zu ausgewählten Standorteigenschaften in der Mäanderschleife Wehninger Werder. – Diplomarbeit Universität Lüneburg, 109 S.
- [www.bodenmessnetz.ch](http://www.bodenmessnetz.ch/urteil/kriterien). URL: <http://www.bodenmessnetz.ch/urteil/kriterien> (zuletzt aufgerufen 19.11.2013).
- Zepp, H. (1995): Klassifikation und Regionalisierung von Bodenfeuchteregime-Typen. – Relief, Boden, Paläoklima, Bd. 9. Berlin: Gebr. Borntraeger.

## Kapitel 6

- Habersack (2007/2008): Vorlesung Computergestützte Gewässermodellierung. – TU Wien: Wintersemester 2007/2008, unveröffentlichtes Manuskript.
- Jankowski, J., Alexy, M. (2011a): Bericht zum KLIMZUG-NORD-Teilprojekt 3.2: 2D-HN Modell für El-km 470 – 489,5 unter Verwendung definierter Rauigkeits- und Abflussszenarien. – BAW Karlsruhe, unveröffentlichtes Gutachten.
- Jankowski, J., Alexy, M. (2011b): Bericht zum KLIMZUG-NORD-Teilprojekt 3.2: 2D-HN Modell für El-km 511 – 530 (Abschnitt Hitzacker). – BAW Karlsruhe, unveröffentlichtes Gutachten.

## Kapitel 7

- Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. – 5. Auflage, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 438 S.
- Caspers, G., Schwarz, C. (1998): Fluviale und äolische Prozesse im Gebiet der unteren Elbe bei Neuhaus (Niedersachsen) seit dem Weichsel-Spätglazial. – Mitt. Geol. Inst. Univ. Hannover 38, S. 49-64.
- Haaren, J. von, Streun, M., Urban, B., Evers, M., Brock, J., Rubach, H. (2006): Auswirkungen anorganischer Stoffeinträge auf die landwirtschaftliche Nutzung in den Hochwasser beeinflussten Auenbereichen der niedersächsischen Elbe. Mögliche Konsequenzen und Alternativen. – Technical Report FLOWS, EU-Projekt INTERREG NORTH SEA REGION, Uelzen und Suderburg, 94 S.
- Höper, H., Kleefisch, B. (2001): Untersuchungen bodenbiologischer Parameter im Rahmen der Boden-Dauerbeobachtung in Niedersachsen. Bodenbiologische Referenzwerte und Zeitreihen. – Arbeitshefte Boden 2001/4, 94 S.
- Jockheck, J. M. (2012): Ausprägung der historischen Belastungsgeschichte unter besonderer Berücksichtigung des Quecksilbers in unterschiedlichen Bodenprofilen der unteren Mittelelbe. – Diplomarbeit Universität Lüneburg. 67 S.
- Kunz, A., Pflanz, D., Weniger, T., Urban, B., Krüger, F., Chen, Y-G. (2013): Optically stimulated Luminescence Dating of young fluvial Deposits of the Middle Elbe River Flood Plains using different Age Models. – Geochronometria 41(1), S. 36-56.
- Michaelsen G. D. (1726): Von der Situation der Elbe. Elbe-Strombaukarte. – Niedersächsisches Hauptstaatsarchiv Hannover.

- Rechid, D., Petersen, J., Schoetter, R., Jacob, D. (2014): Klimaprojektionen für die Metropolregion Hamburg. – Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, Band 1, TuTech Verlag, Hamburg.
- Rinklebe, J., Langer, U. (2006): Microbial diversity in three floodplain soils at the Elbe River (Germany). – *Soil Biology & Biochemistry* 38, S. 2144-2151.
- Rommel, J. (2005): Quantifizierung der Geländehöhenveränderungen im Vorland der freifließenden deutschen Elbe. – Bericht der Bundesanstalt für Wasserbau, 150 S.
- Rommel, J. (2010): Aspekte der Ufer und Vorlandhöhenänderung der freifließenden deutschen Elbe. – Bericht der Bundesanstalt für Wasserbau, 255 S.
- Wegener, M. (2013): Bewertung der Filtereigenschaften zweier Auenbodenstandorte an der unteren Mittel-elbe. – Bachelorarbeit Universität Lüneburg, 58 S.
- Weniger, T. (2010): Untersuchungen zur Auenbode-  
nentwicklung und zu ausgewählten Standortei-  
genschaften in der Mäanderschleife Wehningen.  
– Diplomarbeit Universität Lüneburg, 109 S.
- Heise, S., Krüger, F., Förstner, U., Baborowski, M., Götz, R., Stachel, B. (2008): Bewertung von Risiken durch feststoff-gebundene Schadstoffe im Elbeeinzugsgebiet. – Erstellt im Auftrag der Hamburg Port Authority (HPA) und cofinanziert durch die FGG-Elbe, Hamburg, 349 S.
- Krüger, F., Meissner, G., Gröngroft, A., Grunewald, R. (2005): Flood induced heavy metal and arsenic contamination of Elbe River floodplain soils. – *Acta hydrochim. hydrobiol.* 33, 5, S. 455-465.
- Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2012): Merkblatt Elbe – Bewirtschaftung von Grünlandflächen im Deichvorland der Elbe in Niedersachsen. – 4 S.
- Overesch, M., Düster, L., Greef, K., Rinklebe, J., Mansfeldt, T. (2008): Ermittlung und Beurteilung des Mobilisierungspotentials von Arsen in Böden. – Länderfinanzierungsprogramm „Wasser, Boden und Abfall“, Projekt B 4.07, Abschlussbericht.
- Röhr, L. (2013): Untersuchung der Schwermetall- und Arsenmobilität in Auenböden der Mäanderschleife Wehningen unter variablen Temperatur- und Überflutungsbedingungen. – Masterarbeit, Ostfalia HAW, 142 S., unveröffentlicht.

## Kapitel 8

- Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. – Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 5. Aufl., 438 S.
- Brümmer, G. (1974): Redoxpotentiale und Redoxprozesse von Mangan-, Eisen- und Schwefelverbindungen in hydromorphen Böden und Sedimenten. – *Geoderma* 12, S. 207-222.
- Frohne, T., Rinklebe, J., Diaz-Bone, R., Du Laing, G. (2011): Controlled variation of redox conditions in a floodplain soil: Impact on metal mobilization and biomethylation of arsenic and antimony. – *Geoderma* 160, S. 414-424.
- Götz, R., Bauer, O.-H., Friesel, P., Herrmann, T., Jantzen, E., Kutzke, M., Lauer, R., Paepke, O., Roch, K., Rohweder, U., Schwartz, R., Sievers, S., Stachel, B. (2007): Vertical profile of PCDD/Fs, dioxin-like PCBs, other PCBs, PAHs, chlorobenzenes, DDX, HCHs, organotin compounds and chlorinated ethers in dated sediment/soil cores from floodplains of the river Elbe, Germany. – *Chemosphere* 67, S. 592-603.
- Haensch, M. (2013): Untersuchungen zur Eignung von Schwermetallen und Arsen als Tracer für Dioxine an der unteren Mittel-elbe. – Diplomarbeit, Leuphana Universität Lüneburg, 107 S., unveröffentlicht.
- Schulz, A. J., Wiesmüller, T., Appuhn, H., Stehr, D., Severin, K., Landmann, D., Kamphues, J. (2004): Dioxin concentration in milk, faeces and tissues of cows related to feed contamination. – *Organohalogen compounds*, Vol. 66, S. 2027-2034.
- Schulz, A. J., Wiesmüller, T., Appuhn, H., Stehr, D., Severin, K., Landmann, D., Kamphues, J. (2005): Dioxin concentration in milk and tissues of cows and sheep related to feed and soil contamination. – *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 89, S. 72-78.
- Schwartz, R. (2001): Die Böden der Elbeaue bei Lenzen und ihre möglichen Veränderungen nach Rückdeichung. – Dissertation, Hamburger Bodenkundliche Arbeiten, Band 48, 391 S.
- Stachel, B., Mariani, G., Umlauf, G., Götz, R. (2011): Dioxine und PCBs in Feststoffen aus der Elbe, ihren Nebenflüssen und der Nordsee (Längsprofilaufnahme 2008). – Bericht der Flussgebietsgemeinschaft Elbe, 104 S.
- Umlauf, G., Bidoglio, G., Christoph, E. H., Kamphues, J., Krüger, F., Landmann, D., Schulz, A. J., Schwartz, R., Severin, K., Stachel, B., Stehr, D. (2005): The situation of PCDD/Fs and dioxin like PCBs after the flooding of River Elbe and Mulde in 2002. – *Acta hydrochim. hydrobiol.* 33, 5, S. 543-554.

- Wegener, M. (2013): Bewertung der Filtereigenschaften zweier Auenbodenstandorte an der unteren Mittelelbe. – Bachelorarbeit Universität Lüneburg, 58 S.
- Weniger, T. (2010): Untersuchungen zur Auenbodenentwicklung und zu ausgewählten Standorteigenschaften in der Mäanderschleife Wehningen. – Diplomarbeit, Leuphana Universität Lüneburg, 109 S., unveröffentlicht.
- WHO (World Health Organisation) 2005: van den Berg, M. et al. (2006): The 2005 World Health Organization Re-evaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds. *Toxicological Sciences* 93(2), S. 223–241.
- Witter, B., Francke, W., Franke, S., Knauth, H. D., Miehlich, G. (1998): Distribution and mobility of organic micropollutants in River Elbe Floodplains. – *Chemosphere*, Vol. 37, No 1, S. 63-78.
- Witter, B., Winkler, M., Friese, K. (2003): Depth distribution of chlorinated and polycyclic aromatic hydrocarbons in floodplain soils of the River Elbe. – *Acta hydrochim. hydrobiol.* 31, 4–5, S. 411-422.
- Deutscher Bauernverband (o. J.): [http://www.bundestag.de/bundestag/ausschuesse17/a10/anhoe-rungen/2012\\_10\\_22\\_GAP-Reform/Stellungnahmen/A-Drs\\_\\_983-B\\_Bauernverband.pdf](http://www.bundestag.de/bundestag/ausschuesse17/a10/anhoe-rungen/2012_10_22_GAP-Reform/Stellungnahmen/A-Drs__983-B_Bauernverband.pdf), Abruf: 04.09.2013.
- DGVN – Deutsche Gesellschaft für die Vereinten Nationen (o. J.): <http://menschliche-entwicklung-staerken.dgvn.de/bevoelkerung/bevoelkerungsentwicklung/>, Abruf: 23.07.2013.
- Drachenfels, O. v. (2011): Kartierschlüssel für Biotop-typen in Niedersachsen unter besonderer Berücksichtigung der gesetzlich geschützten Biotope sowie der Lebensraumtypen von Anhang I der FFH-Richtlinie, Stand März 2011. – *Naturschutz Landschaftspfl. Niedersachs.*
- Dziewiaty, K., Neuschulz, F., Kaatz, M., Wittig, I. (2009): „Aktionsplan Weißstorch im Dichtezentrum Elbe“ – Vorstudie. – unveröffentlichter Abschlussbericht, Aktenzeichen: 25244 – 33/0.
- Eiben, E. (2010): Dannenberger Marsch: Vergleich der landwirtschaftlichen Nutzung in den Jahren 1992 und 2003/2004, unveröffentlicht.
- Eiben, E. (2012): Analyse der Inanspruchnahme von Vertragsnaturschutzprogrammen und Ermittlung deren ökonomischer Bedeutung für die Bewirtschaftung des Auengrünlands von Beispielbetrieben in der niedersächsischen Elbtalaue, unveröffentlicht.
- Eiben, E. (2013): Dannenberger Marsch: Vergleich der landwirtschaftlichen Nutzung der Vordeichsbereiche in den Jahren 1992 und 2003/2004, unveröffentlicht.
- Eiben, E., Mersch, I. (2013): Nutzung im Biosphären-reservat Niedersächsische Elbtalaue unter besonderer Berücksichtigung der Schadstoffbelastung sowie der Möglichkeiten zur Teilnahme an Agrarumweltmaßnahmen und Vertragsnaturschutz, unveröffentlicht.
- Eitzinger, J., Kersebaum, K. C., Formayer, H. (2009): *Landwirtschaft im Klimawandel – Auswirkungen und Anpassungsstrategien für die Land- und Forstwirtschaft in Mitteleuropa.* – Clenze.
- Ende, B. (2013): Beweidungsmanagement auf Vordeichflächen mit Färsenvornutzung und Färsenmast zur Etablierung einer rentablen und im Sinne der Verbrauchersicherheit hochwertigen Rindfleischproduktion. Versuchszeit: 2011 - 2013. – *Landwirtschaftskammer Niedersachsen.*

## Kapitel 9

AID Infodienst (o. J.): [http://www.aid.de/downloads/anzahl\\_landwirtschaftlicher\\_betriebe\\_2012.pdf](http://www.aid.de/downloads/anzahl_landwirtschaftlicher_betriebe_2012.pdf), Abruf 02.08.2013.

AQUARIUS-Projekt – dem Wasser kluge Wege ebnen!: [http://www.bwk-niedersachsen.de/fileadmin/Dokumente/Veranstaltungen/Seminare/2013\\_Hannover/7\\_vanStraaten\\_Grundwasser\\_und\\_Basisabfluss.pdf](http://www.bwk-niedersachsen.de/fileadmin/Dokumente/Veranstaltungen/Seminare/2013_Hannover/7_vanStraaten_Grundwasser_und_Basisabfluss.pdf), [http://www.bwk-niedersachsen.de/fileadmin/Dokumente/Veranstaltungen/Seminare/2013\\_Hannover/9\\_Ostermann\\_Projekte\\_Feldberegnung.pdf](http://www.bwk-niedersachsen.de/fileadmin/Dokumente/Veranstaltungen/Seminare/2013_Hannover/9_Ostermann_Projekte_Feldberegnung.pdf). Abruf: 04.09.2013.

Bastola, S. (2013): Hydrologic impacts of future climate change on Southeast US watersheds. – *Regional Environmental Change*, DOI 10.1007/s10113-013-0454-2.

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (o. J.): [http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Sonderveroeffentlichungen/2006/DL\\_Leitbilder.pdf](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Sonderveroeffentlichungen/2006/DL_Leitbilder.pdf), S. 16, Abruf 10.09.2013.

Bunce, J. A. (2004): Carbon dioxide effects on stomatal response to the environment and water use by crops under field conditions. – *Oecologia* 140, S. 1-10, DOI 10.1007/s00442-003-1401-6.

- Entera (2004): Biotoptypen der Niedersächsische Elbtalaue. – unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalaue.
- Entera (2012): Zwischenbericht 2011 gemäß Art. 82 der Verordnung (EG) Nr. 1698/2005 zum PROFIL 2007 – 2013 Programm zur Förderung im ländlichen Raum, Niedersachsen und Bremen 2007 bis 2013. – Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.).
- Entera (2013): Zwischenbericht 2012 gemäß Art. 82 der Verordnung (EG) Nr. 1698/2005 zum PROFIL 2007 – 2013 Programm zur Förderung im ländlichen Raum, Niedersachsen und Bremen 2007 bis 2013. – Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.).
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (o. J.): <http://www.fao.org/english/newsroom/focus/2003/water.htm>, Abruf 25.09.2013.
- Gill, R. A., Polley, H. W., Johnson, H. B., Anderson, L. J., Maherali, H., Jackson, R. B. (2002): Nonlinear grassland responses to past and future atmospheric CO<sub>2</sub>. – *Nature* 417, S. 279-282.
- Grocholl, J. (2011): Effiziente Wassernutzung im Ackerbau Nord-Ost-Niedersachsens: Möglichkeiten zur Anpassung an den prognostizierten Klimawandel - Literaturübersicht. Landwirtschaftskammer Niedersachsen: <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/6/nav/203/artic-le/16132.html>, Abruf 18.10.2013
- Haaren, J. von, Spindelndreher, D. (2013): Bewertung von Vorranggebieten Landwirtschaft am Beispiel Nordostniedersachsen. – Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg.).
- Haaren, M. von (2011): Der Dynamische Kulturlandschaftsplan: Ein Instrument der Landentwicklung zur Förderung von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel. – Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg.).
- Haaren, M. von, Mersch, I. (2014): Dynamischer Kulturlandschaftsplan „Obere Wipperaue“ – Ein Instrument zur Integration unterschiedlicher Landnutzungsstrategien auf Gemarkungsebene. – In: Urban, B., Becker, J., Mersch, I., Meyer, W., Reichid, D., Rottgardt, E. (Hrsg.): Klimawandel in der Lüneburger Heide – Kulturlandschaften zukunftsfähig gestalten, Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, Bd. 6, TuTech-Verlag, Hamburg, S. 70-73.
- Heuer, H.-J., Ende, B., Flögel, F.-J. (2011): Machbarkeitsuntersuchung zur Monovergärung von Grassilagen schadstoffkontaminierter Standorte am Beispiel der eingesetzten Biomasse von Grassilagen aus dem Deichvorland der Elbe – Eine Alternative zur Lebensmittel- und Futtermittelproduktion? – Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg.).
- Heuer, H.-J., Haaren, J. von, Wojahn, M., Ende, B., Schröter, U., Behrens, R., Streun, M., Kiehne, S. (2007): Analyse zur Feststellung der Betroffenheit landwirtschaftlicher Betriebe in der Elbtalaue aufgrund der Dioxinbelastung auf den Außendeichflächen. – Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg.).
- Hörmann, G., Chmielewski, F.-M. (1998): Auswirkungen auf Landwirtschaft und Forstwirtschaft. – In: Lozan, J. L., Grassl, H., Hupfer, P. (Hrsg.): Warnsignal Klima: Wissenschaftliche Fakten. – Hamburg.
- HWWI – Hamburgisches Weltwirtschaftsinstitut (2011a): Kreisportrait Landwirtschaft und Klimawandel im Landkreis Lüchow-Dannenberg: [http://www.hwwi.org/fileadmin/hwwi\\_relaunch/themenfelder/Projekte/KLIMZUG-NORD/Handout\\_Kreisportrait\\_Luechow-Dannenberg.pdf](http://www.hwwi.org/fileadmin/hwwi_relaunch/themenfelder/Projekte/KLIMZUG-NORD/Handout_Kreisportrait_Luechow-Dannenberg.pdf), Abruf 25.09.2013.
- HWWI – Hamburgisches Weltwirtschaftsinstitut (2011b): Kreisportrait Landwirtschaft und Klimawandel im Landkreis Lüneburg: [http://www.hwwi.org/fileadmin/hwwi\\_relaunch/themenfelder/Projekte/KLIMZUG-NORD/Handout\\_Kreisportrait\\_Lue- neburg.pdf](http://www.hwwi.org/fileadmin/hwwi_relaunch/themenfelder/Projekte/KLIMZUG-NORD/Handout_Kreisportrait_Lue- neburg.pdf), Abruf 25.09.2013.
- Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen (o. J.): Struktur der landwirtschaftlichen Betriebe.
- Landwirtschaftskammer Hannover (1993): Betroffenheitsanalyse Dannenberger Marsch – Studie über die Auswirkungen von Naturschutzmaßnahmen auf landwirtschaftliche Betriebe in der Dannenberger Marsch. – Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Landkreises Lüchow-Dannenberg.
- Lingemann, I., Nilson, E., Carambia, M., Krahe, P. (2013): Änderungen des Wasserhaushalts der Elbe im 21. Jahrhundert. – In: Veranstaltungsband zum Kolloquium “Die Zukunft des Wasserhaushaltes im Elbeeinzugsgebiet”, 29.-30. November 2012, der Bundesanstalt für Gewässerkunde. – Online verfügbar unter: [http://doi.bafg.de/BfG/2013/Veranst6\\_2013.pdf](http://doi.bafg.de/BfG/2013/Veranst6_2013.pdf) (Abruf 05.09.2013).

- LSKN – Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen (o. J. a): [www.lskn.niedersachsen.de/download/49181](http://www.lskn.niedersachsen.de/download/49181), Abruf 10.09.2013.
- LSKN – Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen (o. J. b): [www.lskn.niedersachsen.de/download/49182](http://www.lskn.niedersachsen.de/download/49182), Abruf 10.09.2013.
- LSKN – Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen (o. J. c): [http://www.lskn.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation\\_id=25698&article\\_id=87592&psmand=40](http://www.lskn.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=25698&article_id=87592&psmand=40), Abruf 11.07.2013.
- LSKN – Landesbetrieb für Statistik und Kommunikationstechnologie Niedersachsen (o. J. d): [www.lskn.niedersachsen.de/download/75471](http://www.lskn.niedersachsen.de/download/75471), Abruf 11.07.2013.
- LWK – Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2008 bis 2013): Interne Auswertungen der Anbaujahre 2008 bis 2012.
- LWK – Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2010): Merkblatt: Grünlandbewirtschaftung von Überschwemmungsflächen im Bereich der Elbtalniederung der Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein. – Oldenburg.
- LWK – Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2012): Merkblatt: Hinweise zur Bewirtschaftung von Überschwemmungsflächen in Niedersachsen. – Oldenburg.
- LWK – Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2013a): Merkblatt: Bewirtschaftung von Grünlandflächen im Deichvorland der Elbe in Niedersachsen. – Oldenburg.
- LWK – Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2013b): Dokumentationsliste 2013 zum Merkblatt „Bewirtschaftung von Grünlandflächen im Deichvorland der Elbe in Niedersachsen“. – Oldenburg.
- LWK – Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2013c): Spezialberatung: Nachhaltige Produktion auf geschädigten Standorten. – Oldenburg.
- LWK – Landwirtschaftskammer Niedersachsen (o. J. a): GAP-Prämienrechner: <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/betriebumwelt/nav/360/article/19108.html>, Abruf: 04.09.2013.
- LWK – Landwirtschaftskammer Niedersachsen (o. J. b): <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/6/nav/360/article/22438.html>, Abruf: 23.07.2013.
- LWK – Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Fachbereich Ökologischer Landbau (2013d): Versuchsbericht „Ökologischer Sojabohnenanbau in Niedersachsen“, Versuchszeitraum: 2009 bis 2012. – Oldenburg.
- ML – Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (o. J.): [www.ml.niedersachsen.de/download/63184](http://www.ml.niedersachsen.de/download/63184), Abruf 10.09.2013.
- Nie, D., H. H., Mo, G., Kirkham, M. B., Kanemasu, E. T. (1992): Canopy photosynthesis and evapotranspiration of rangeland plants under doubled carbon dioxide in closed-top chambers. – *Agricultural and Forest Meteorology* 61, S. 205-217.
- Niedersächsisches Landesamt für Statistik – Referat 34 – Landwirtschaft (o. J.): Agrarstatistik; Landwirtschaftszählung, Auswahl einzelner Jahre von 1960 bis 1999.
- NIW – Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung (o. J. a): <http://www.niw.de/uploads/profile/Amt%20Neuhaus%20%28355049%29.pdf>, Abruf 10.09.2013.
- NIW – Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung (o. J. b): <http://www.niw.de/uploads/profile/Elbtalaue,%20SG%20%28354406%29.pdf>, Abruf 10.09.2013.
- NIW – Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung (o. J. c): [http://www.niw.de/uploads/profile/Uebersicht\\_Bev\\_prog\\_2010\\_2030\\_VE.pdf](http://www.niw.de/uploads/profile/Uebersicht_Bev_prog_2010_2030_VE.pdf), Abruf 10.09.2013.
- Piao, S., Friedlingstein, P., Ciais, P., De Noblet-Ducoudré, N., Labat, D., Zaehler, S. (2007): Changes in climate and land use have a larger direct impact than rising CO<sub>2</sub> on global river runoff trends. – *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: S. 15242-15247, DOI10.1073/pnas.0707213104.

## Kapitel 10

CONSIDEO (o. J.): <http://www.consideo-modeler.de> (14.03.2013)

Entera (2004): Biotoptypen der Niedersächsische Elbtalaue. – unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalaue.

Kaplan, R. S., Norton, D. P. (1992): The Balanced Scorecard – Measures that drive Performance. – In: *Harvard Business Review*, S. 71-79.

KTBL (2009): Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebe. – Schrift 473, Darmstadt.

Meudt, M. (1998): Weiterentwicklung und Anwendung eines Umweltindikatoren- und Politikinformationssystems für die Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland, dargestellt am Beispiel der Treibhausproblematik. – Dissertation an der Universität Bonn.

Remmert, H. (1989): Ökologie – ein Lehrbuch. – Berlin.

Roedenbeck, I. A. E. (2004): Bewertungskonzepte für eine nachhaltige und umweltverträgliche Landwirtschaft – Fünf Verfahren im Vergleich. – BIOGUM, Universität Hamburg.

## Kapitel 11

Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalau (2009): Biosphärenreservatsplan mit integriertem Umweltbericht. – Hitzacker.

Ette, J., Gottschick, M. (2013): Nachhaltige Regionalentwicklung. Bestandsaufnahme komplementärer Akteursnetzwerke in der Region Wendland-Elbetal. – BIOGUM Forschungsbericht, herausgegeben von BIOGUM. Hamburg: BIOGUM – Universität Hamburg. Draftversion für die Akteure.

Feindt, P. H., Gottschick, M., Mölders, T., Müller, F., Sodtke, R., Weiland, S. (Hrsg., 2008): Nachhaltige Agrarpolitik als reflexive Politik. Plädoyer für einen neuen Diskurs zwischen Politik und Wissenschaft. – Berlin, edition sigma.

Feindt, P. H., Newig, J. (2005): Partizipation Öffentlichkeitsbeteiligung Nachhaltigkeit. Perspektiven der politischen Ökonomie. – Marburg, Metropolis-Verlag.

Gottschick, M., Ette, J. (2013): Etablierte Partizipationslandschaften. Hemmnis für Innovationen zur nachhaltigen regionalen Entwicklung und zur Anpassung an den Klimawandel. – In: Knierim, A., Baasch, S., Gottschick, M. (Hrsg.): Partizipation und Klimawandel – Ansprüche, Konzepte und Umsetzung. – München, ökom verlag.

Herz, A. (2013): Ego-zentrierte Netzwerkanalyse zur Erforschung von Sozialräumen. – <http://sozialraum.de/ego-zentrierte-netzwerkanalysen-zur-erforschung-von-sozialraeumen.php>, Zugriff am 19.06.2013.

Mayring, P. (2008): Qualitative Inhaltsanalyse – Grundlagen und Techniken. – Weinheim, Beltz - Deutscher Studien Verlag.

Schaper, J., Gottschick, M., Suhari, M. (2012): Klimaanpassungskommunikation: Theoriebasierte Analyse im Rahmen regionaler Governance. Am Beispiel der Grundwasserproblematik in der Ostheide im Rahmen von KLIMZUG-NORD. – BIOGUM Forschungsbericht, herausgegeben von BIOGUM. Hamburg BIOGUM – Universität Hamburg.

Walk, H. (2008): Partizipative Governance. Beteiligungsformen und Beteiligungsrechte im Mehrebenensystem der Klimapolitik. – Wiesbaden, VS Verlag.

Walk, H. (2013): Herausforderungen für eine integrative Perspektive in der sozialwissenschaftlichen Klimafolgenforschung. – In: Knierim, A., Baasch, S., Gottschick, M. (Hrsg.): Partizipation und Klimawandel – Ansprüche, Konzepte und Umsetzung. – München: oekom verlag.

Wirtschaftsförderung Lüchow-Dannenberg/Region Aktiv Wendland-Elbetal e.V. (2008): Wir wachsen nachhaltig mit unserer Energie – Regionalentwicklungskonzept der Region Wendland-Elbetal zur Bewerbung für den Wettbewerb „Bioenergie-Regionen“.

## Kapitel 12

Ahrens, F. (2010): Leitbild zur Klimaanpassung der Samtgemeinde Gartow. – Diplomarbeit an der HafenCity Universität Hamburg.

Albert, C., Zimmermann, T., Knieling, J., von Haaren, C. (2012): Social learning can benefit decision-making in landscape planning: Gartow case study on climate change adaptation, Elbe valley biosphere reserve. – Landscape and Urban Planning, 105(4), S. 347-360.

Baker, I., Peterson, A., Brown, G., McAlpine, C. (2012): Local government response to the impacts of climate change: An evaluation of local climate adaptation plans. – Landscape and Urban Planning, 107(2), S. 127-136.

BBR – Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (1998): Leitfibel vorbeugender Hochwasserschutz. Modellvorhaben zum vorbeugenden Hochwasserschutz Rhein-Maas im Rahmen der transnationalen Zusammenarbeit in der Raumordnung (INTERREG IIC). – Bonn.

Berke, P. (2009): Integrating Bio-conservation and Land Use Planning: A Grand Challenge for the Twentieth First Century. – Vermont Journal of Environmental Law, Vol. 10, No. 3, S. 407-434.

- Berke, P., French, S. (1994): The Influence of State Planning Mandates on Local Plan Quality. – *Journal of Planning Education and Research*, 13(4), S. 237-250.
- Biermann, F. (2007): 'Earth system governance' as a crosscutting theme of global change research. – *Global Environmental Change*, 17(3/4), S. 326-337.
- Blanco, H., Alberti, M. (2009): Building capacity to adapt to climate change through planning. – *Progress in planning*, 71(4), S. 158-169.
- Dehne, P. (2005): Leitbilder in der räumlichen Entwicklung. – In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): *Handwörterbuch der Raumordnung*. – Hannover, S. 608-614.
- Faludi, A. (1996): Framing with images. – *Environment and Planning B*, 23(1), S. 93-108.
- Fürst, D. (2008): Planung als politischer Prozess. – In: Fürst, D., Scholles, F. (Hrsg.): *Handbuch Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung*, Rohn, Dortmund, S. 48-69.
- Greiving, S. (2003): Im Hochwasserschutz ist ein Umdenken von der Gefahrenabwehr zum Risikomanagement erforderlich. – In: Roch, I. (Hrsg.): *Flusslandschaften an Elbe und Rhein. Aspekte der Landschaftsanalyse, des Hochwasserschutzes und der Landschaftsgestaltung*. – VWF, Berlin, S. 129-143.
- Greiving, S., Fleischhauer, M. (2008): Raumplanung: in Zeiten des Klimawandels wichtiger denn je! Größere Planungsflexibilität durch informelle Ansätze einer Klimarisiko-Governance. – *RaumPlanung* (137), S. 61-66.
- Healey, P. (1996): The communicative turn in planning theory and its implications for spatial strategy foundation. – *Environment and Planning B*, 23(2), S. 217-234.
- Knieling, J. (2000): Leitbildprozesse und Regionalmanagement: Ein Beitrag zur Weiterentwicklung des Instrumentariums der Raumordnungspolitik. – Lang, Frankfurt am Main.
- Knieling, J., Fröhlich, J., Schaerffer, M. (2011): Climate Governance. – In: Frommer, B., Buchholz, F., Böhm, H. R. (Hrsg.): *Anpassung an den Klimawandel – regional umsetzen! Ansätze zur Climate Adaption Governance unter der Lupe – oekom*, München, S. 26-43.
- Kruse, S. (2010): Vorsorgendes Hochwassermanagement im Wandel. Ein sozial-ökologisches Raumkonzept für den Umgang mit Hochwasser. – VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- Massey, E., Bergsma, E. (2008): Assessing adaptation in 29 countries. – Institute for Environmental Studies, Amsterdam.
- Norton, R. (2005): More and Better Local Planning: State-Mandated Local Planning in Coastal North Carolina. – *Journal of the American Planning Association*, 71(1), S. 55-71.
- Potschin, M., Klug, H., Haines-Young, R. (2010): From vision to action: Framing the Leitbild concept in the context of landscape planning. – *Futures*, 42(7), S. 656-667.
- Preston, B., Westaway, R., Yuen, E. (2011): Climate adaptation planning in practice: an evaluation of adaptation plans from three developed nations. – *Mitigation and Adaption Strategies for Global Change*, 16(4), S. 407-438.
- Ritter, E. H. (2007): Klimawandel – eine Herausforderung für die Raumplanung. – *Raumforschung und Raumordnung*, 65(6), S. 531-538.
- Smit, B., Pilifosova, O. (2003): From Adaptation to Adaptive Capacity and Vulnerability Reduction. – In: Smit, B., Klein, R., Huq, S. (Hrsg.): *Climate Change, Adaptive Capacity and Development*. – Imperial College Press, London, S. 11-28.
- von Gleich, A., Brand, U., Stührmann, S., Gößling-Reisemann, S., Lutz-Kunisch, B. (2010): Leitorientierte Technologie- und Systemgestaltung. – In: Fichter, K., von Gleich, A., Pfriem, R., Siebenhüner, B. (Hrsg.): *Theoretische Grundlagen für erfolgreiche Klimaanpassungsstrategien*. – nordwest2050 Berichte, Heft 1. Bremen/Oldenburg, S. 130-140.
- Weingart, P. (2006): Erst denken, dann handeln? Wissenschaftliche Politikberatung aus der Perspektive der Wissens(chaft)soziologie. – In: Falk, S., Rehfeld, D., Römmele, A., Thunert, M. (Hrsg.): *Handbuch Politikberatung*. – VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, S. 35-44.
- Zimmermann, T., Knieling, J. (2010): Klimaangepasstes Leitbild für die Samtgemeinde Gartow „Entwicklung im Einklang mit der Natur“. – Hamburg (unveröffentlicht).

## Kapitel 13

Avifaunistische Arbeitsgemeinschaft Lüchow-Dannenberg (im Erscheinen): *Tagungsband 40 Jahre Avifaunistische Arbeitsgemeinschaft Lüchow-Dannenberg e.V. 2008*. – Lüchow-Dannenger Ornithologische Jahresberichte 18, 2010, Küsten.

- Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalau (Hrsg., o. J.): Wiesenvögel in der Elbtalau, Teil 1: Situation und Schutzmaßnahmen u. Teil 2: Beobachten und bestimmen, Hitzacker.
- Conradi, G., Fachhochschule Lübeck (2011): Entwicklung einer klimaangepassten Reetdachkonstruktion. KLIMZUG-Nord Teilprojekt 2.4 – Innovation im Bauen zur Klimaanpassung. – TuTech Innovation GmbH (Hrsg.), HH-Harburg.
- Deutscher Imkerbund e.V (Hrsg., 2001): Bienenhaltung und Naturschutz. – Merkblatt 5.1. Vortrag von Prof. Dr. Dustmann (Beirat f. Honigfragen u. Wissenschaft d. Dtsch. Imkerbundes e.V.), Dtsch. Imkertag am 05.10.1986, in Plön, revidierte Fassung von 2000, Wachtberg.
- Deutscher Wetterdienst, Abt. Klimaüberwachung (2011, 2013): Phänologie – Klima und Pflanzen. – Faltblatt 02/2011 u. 07/2013, Offenbach.
- Die Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Am 17. Dezember 2008 vom Bundeskabinett beschlossen.
- Elbe-Jeetzel-Zeitung (18.11.2011): Große Dürre, kaum Bruten. Extreme Trockenheit setzte den Wiesenvögeln zu. – Bericht auf Avifaunisten-Tagung.
- Eser, U., Neureuther, A.-K., Müller, A. (2011): Klugheit, Glück, Gerechtigkeit. Ethische Argumentationslinien in der nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. – Gutachten im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz. – Naturschutz und Biologische Vielfalt, H. 107, Bonn-Bad Godesberg.
- Fink, M., Klaering, H.-P., George, E. (2009): Gartenbau und Klimawandel in Deutschland. – In: Dirksmayer, W., Sourell, H. (Hrsg.): Wasser im Gartenbau. – Tagungsband zum Statusseminar am 9. und 10. Februar 2009 im Forum des vTI in Braunschweig. – Landbauforschung, Sdh. 328, S. 1-9.
- Flade, M. (2012): Von der Energiewende zum Biodiversitäts-Desaster – zur Lage des Vogelschutzes in Deutschland. – In: Vogelwelt 133, S. 149-158, AULA-Verlag Wiebelsheim.
- Henniges, Y., Vollmer, I., Weber, R. W. S., Görgens, M., Chmielewski, F.-M. (2007): Der Klimawandel, eine Herausforderung für den norddeutschen Obstbau. – In: Mitt. OVR 62, 5/2007, Jork, S. 156-160.
- Höhne, F., Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (2012): Heutiger Wert alter Apfelsorten – erste Ergebnisse einer Sortensichtung in Gülzow. – In: Mitt. OVR 67, 05/2012, Jork, S. 187-193.
- Interessengemeinschaft Bauernhaus e. V. (Hrsg., 2013): Der Holznagel. – Zeitschrift der Interessengemeinschaft Bauernhaus, 2/2013 u. 05/2013, Lilienthal.
- IPPC (2007): Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) 2007: Klimaänderungen 2007, Synthesebericht, Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger, verabschiedet auf der XXVII. IPCC-Vollversammlung, Valencia, Spanien, 12.-17. November 2007).
- Kleinhüchelkotten, S. (2012): Zielgruppengerechte Kommunikation zu Klimawandel und Klimaschutz. Kommunikationshandbuch. – Ausarbeitung für Klimzug-Nord, erstellt unter Mitwirkung von Sina Michalik, H.-Peter Neitzke, Holger Seifferth. ECOLOG-Institut für sozial-ökologische Forschung und Bildung, Hannover.
- Kleinhüchelkotten, S., Neitzke, H.-P., ECOLOG-Institut für sozial-ökologische Forschung und Bildung unterstützt durch Borgstedt, S. & T. Christ, Sinus-Institut (2012): Naturbewusstsein 2011 - Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt. – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin & Bundesamt für Naturschutz, Bonn (Hrsg.).
- Luedeling, E., Blanke, M., Gebauer, J. (2009): Auswirkungen des Klimawandels auf die Verfügbarkeit von Kältewirkung (Chilling) für Obstgehölze in Deutschland. – In: Erwerbs-Obstbau 51, 3, Springer-Vlg. Berlin Heidelberg, S. 81-94.
- Lüneburger Landeszeitung (08.04.2013): Bienen müssen nicht verhungern. Langer Winter macht fleißigen Tieren zu schaffen – Imker können durch zusätzliches Futter helfen.
- Lüneburger Landeszeitung (14.08.2012): Maiseinöde regt Imker auf. Kritik an Biogas-Produktion – Umsatteln auf Wildblumen böte Bienen genug Nahrung.
- Lüneburger Landeszeitung (30.08.2013): Schlechtes Jahr für die Bienen. Langer Winter und nasskaltes Frühjahr lassen Honigerträge um die Hälfte einbrechen.
- Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz Niedersachsen (Presseinformation vom 15.05.2013): Auftakt zum Dialog über die Entwicklung einer neuen niedersächsischen Naturschutzstrategie.



- Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz Niedersachsen (Zugriff am 28.05.2013): Landwirtschaft, Garten- und Obstbau, [http://www.umwelt.niedersachsen.de/umweltbericht/klima/klimawandel\\_und\\_anpassung/auswirkungen\\_klimawandels/landwirtschaft\\_garten\\_und\\_obstbau/landwirtschaft-garten--und-obstbau--88608.html](http://www.umwelt.niedersachsen.de/umweltbericht/klima/klimawandel_und_anpassung/auswirkungen_klimawandels/landwirtschaft_garten_und_obstbau/landwirtschaft-garten--und-obstbau--88608.html)
- Mitschke, A. (2012): Hamburger avifaunistische Beiträge. Atlas der Brutvögel in Hamburg und Umgebung – Kartierungen im Rahmen des bundesweiten Atlasprojektes ADEBAR und aktueller Stand der km<sup>2</sup>-Kartierungen in Hamburg. – Band 39, Hamburg.
- Mosbrugger, V., Brasseur, G., Schaller, M., Stribny, B. (Hrsg., 2012): Klimawandel und Biodiversität. Folgen für Deutschland. – Darmstadt.
- Nationalkomitee der UN-Dekade „Bildung für Nachhaltige Entwicklung“ im Auftrag der Deutschen UNESCO-Kommission (Hrsg., 2011): UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ 2005 - 2014. Nationaler Aktionsplan für Deutschland 2011.
- Schreck, C., Biosphärenreservatsverwaltung Nds. Elbtalau (2011): Anpassungsstrategien im Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalau am Beispiel der Auenlebensräume. KLIMZUG-NORD Teilprojekt 3.2. – TuTech Innovation GmbH (Hrsg.), HH-Harburg.
- Schroeder, A. (2012): Fit Bee sucht Ursachen – und Lösungen. – In: BBZ Imkerei 30, Badischer Landwirtschafts-Verlag GmbH, Freiburg.
- Sudfeldt, C. (DDA), Gottschalk, T. K. unter Mitarbeit von Kaba, G., Müller, B., Reiners, T. E. (alle JLU Gießen) (19.11.2010): Abschlußbericht des F+E-Vorhabens „Verbreitungsanalyse von Vogelarten und Analyse des Einflusses des Klimawandels“ (FKZ 3508 82 0300) im Auftrage des BfN.
- Umweltbundesamt, FG I 1.7 Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (Hrsg., 2011): Themenblatt: Anpassung an Klimaänderungen in Deutschland. Anpassung an den Klimawandel – Boden. Stand Juli 2011.
- Vogelkundliche Arbeitsgemeinschaft Lüneburg (2012): Lüneburger Avifauna Brief 2/2012: <http://www.nabu-lueneburg.de/arbeitsgruppen/avifauna/>
- Wahl, J., Dröschmeister, R., Langgemach, T., Sudfeldt, C. (2011): Vögel in Deutschland – 2011. – Dachverband Deutscher Avifaunisten, Bundesamt für Naturschutz und Länderarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten, Münster.
- Weber, R. W. S., ESTEBURG-Obstbaumzentrum Jork (2011): Anpassung der Sonderkultur Obstbau an den Klimawandel. KLIMZUG-Nord Teilprojekt 3.4 – Anpassungsstrategie an den Klimawandel in der Sonderkultur Obstbau der Niederelbe-Marschen. – TuTech Innovation GmbH (Hrsg.), HH-Harburg.

## Links

### Avifaunistik & Floristik

Arbeitsgruppe Vogelbeobachtung (Avifauna) des NABU Lüneburg: <http://www.nabu-lueneburg.de/arbeitsgruppen/avifauna/>

Avifaunistische Arbeitsgemeinschaft Lüchow-Dannenberg e.V.: <http://www.vogelwelt-wendland.de>

Botanischer Arbeitskreis Lüchow-Dannenberg: <http://www.flora-wendland.de>

### Garten-, Obstbau & Bienen

Niedersächsisches Ministerium für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Bienenkunde: [http://www.laves.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation\\_id=20073&article\\_id=73177&psmand=23](http://www.laves.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=20073&article_id=73177&psmand=23)

ESTEBURG Obstbauzentrum Jork: <http://www.esteburg.de>

„FIT BEE“ - ein Verbundprojekt zu Wechselwirkungen zwischen Einzelbiene, Bienenvolk, Bienenkrankheiten und Umwelteinflüssen: <http://fitbee.net/startseite>

Leuphana Universität Lüneburg, Institut für Ökologie: Gärten und Biodiversität. Die Bedeutung von Stadt- und Schrebergärten zur Förderung der Biodiversität von Bienen und Wespen und deren Ökosystemfunktionen: <http://www.leuphana.de/professuren/oekosystemfunktionen/forschung-projekte/gaerten.html>. Zugriff am 28.05.2013

Kreisimkerverein Lüneburg e.V.: <http://imkerverein-lg.de/>

Kleingärtner-Bezirksverband Lüneburg e.V.: [www.gartenfreunde-lueneburg.de](http://www.gartenfreunde-lueneburg.de)

Landesverband Hannoverscher Imker e.V.: <http://www.imkerlvhannover.de>

Landesverband Niedersächsischer Gartenfreunde e.V.: [www.gartenfreunde-niedersachsen.de](http://www.gartenfreunde-niedersachsen.de)

Lüneburger Streuobstwiesen e.V.: <http://www.streuobst-lueneburg.de/>

Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Institut für Bienenkunde Celle: [http://www.laves.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation\\_id=20087&article\\_id=73995&psmand=23](http://www.laves.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=20087&article_id=73995&psmand=23)

### **Bauen, Bauernhaus & Kulturlandschaft**

Interessengemeinschaft Bauernhaus e. V.: [www.igbauernhaus.de](http://www.igbauernhaus.de)

Biosphärenreservat, Leader-Region, Nachhaltigkeit & Umweltbildung

Bildung für nachhaltige Entwicklung: [www.bne-portal.de](http://www.bne-portal.de)

Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalae: <http://www.elbtalae.niedersachsen.de>

Deutsche UNESCO-Kommission e.V.: <http://www.unesco.de/>

EU-Leader-Region Elbtalae: <http://www.elbtalae.de/desktopdefault.aspx/tabid-6666/>

### **Wetterbeobachtung, Phänologie, Klimaprojektionen, Klimafolgen- und Anpassungsforschung**

Climate Service Center: <http://www.climate-service-center.de/>

Deutscher Wetterdienst: <http://www.dwd.de>

KLIMZUG-Nord: <http://klimzug-nord.de/>

Max-Planck-Institut für Meteorologie: [www.mpimet.mpg.de](http://www.mpimet.mpg.de)

Norddeutscher Klimaatlas: <http://www.norddeutscher-klimaatlas.de/>

## **Kapitel 14**

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, UBA – Umweltbundesamt (Hrsg., 2010): Umweltbewusstsein in Deutschland 2010. – Berlin und Dessau.

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, BfN – Bundesamt für Naturschutz (Hrsg., 2010): Naturbewusstsein 2009. Bevölkerungsumfrage zu Natur und biologischer Vielfalt. – Berlin und Bonn.

Etscheid, M. (2008): Wie ticken Jugendliche? Die Sinus-Milieustudie U27. – BDKJ-Journal 2, S. 4-13.

Frewer, L. J., Miles, S., Marsh, R. (2002): The media and genetically modified foods: Evidence in support of social amplification of risk. – Risk Analysis 22 (4), S. 701-711.

Ibisch, P., Kreft, S., Luthardt, V. (Hrsg., 2012): Regionale Anpassung des Naturschutzes an den Klimawandel. Strategien und methodische Ansätze zur Erhaltung der Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen in Brandenburg.

Karger, C. R., Wiedemann, P. (1998): Kognitive und affektive Komponenten der Bewertung von Umwelttrisiken. – Z. Exp. Psych. 45 (4), S. 334-344.

Kasperson, J. X., Kasperson, R. E. et al. (2003): The social amplification of risk: Assessing fifteen years of research and theory. – In: Pidgeon, N., Kasperson, R. E., Slovic, P. (Hrsg.): The social amplification of risk. – Cambridge University Press, Cambridge, S. 13-46.

Kasperson, R. E., Renn, O. et al. (2004): The social amplification of risk: A conceptual Framework. – In: Slovic, P. (Hrsg.): The Perception of risk. – Earthscan, London, S. 232-245.

Katz, C. (2014): Lernen und Lehren: Zur beteiligungsorientierten Gestaltung von Bildungsaktivitäten im Bereich Klimawandel und -anpassung. – In: Beese, K., Fekkak, M., Katz, C., Körner, C., Molitor, H. (Hrsg.): Anpassung an regionale Klimafolgen kommunizieren. Konzepte, Herausforderungen und Perspektiven. – oekom Verlag, München, S. 211-222.

Katz, C., Kleinhüchelkotten, S. (2011): Wie sehen Schülerinnen und Schüler den Klimawandel? Ergebnisse des Seminars ‚Quantitative Befragung zur Wahrnehmung des Klimawandels und seiner Folgen‘ an der Leuphana Universität Lüneburg. – Unveröffentlichter Arbeitsbericht, Hannover und Lüneburg.

Katz, C., Marwege, R. (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“. – Unveröffentlichtes Manuskript.

Katz, C., Molitor, H. (2014): Klimaanpassung – (k)ein Thema in umweltrelevanten Bildungsorganisationen? – In: Beese, K., Fekkak, M., Katz, C., Körner, C., Molitor, H. (Hrsg.): Anpassung kommunizieren?! Konzepte, Fallstricke und Perspektiven von Bildung, Kommunikation und Wissenstransfer für eine regionale Anpassung an den Klimawandel. – München, oekom Verlag.

Katz, C., Molitor, H., Urban, B. (2014): Zielgruppenorientierte Kommunikation und Bildungsangebote zum Thema Klimafolgen – (in Vorbereitung).

Katz, C., Schoenberg, W. (2014): Kommunikation und Bildung zu Klimafolgen und -anpassung: Neue Herausforderungen – „alte“ Schwierigkeiten? – (in Vorbereitung).

Kleinhüchelkotten, S. (2012): Zielgruppengerechte Kommunikation zu Klimawandel und Klimaschutz. Kommunikationshandbuch. – Ausarbeitung für Klimzug-Nord, erstellt unter Mitwirkung von Sina Michalik, H.-Peter Neitzke, Holger Seifferth. – ECOLOG-Institut für sozial-ökologische Forschung und Bildung, Hannover.

Luthardt, V., Ibsch, P. (Hrsg., 2013): Naturschutz-Handeln im Klimawandel: Risikoabschätzungen und Management in Brandenburg.

Peter, H., Moegling, K., Overwien, B. (Hrsg., 2011): Politische Bildung für nachhaltige Entwicklung. Bildung im Spannungsfeld von Ökonomie, sozialer Gerechtigkeit und Ökologie. – Prolog-Verlag, Immenhausen.

Ropeik, D. (2004): The consequences of fear. – EMBO reports 5, S. 56-60.

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderungen (2011): Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. – Berlin.

Wilke, C. (2011): Planungs- und Managementstrategien des Naturschutzes im Lichte des Klimawandels. Abschlussbericht zum F+E-Vorhaben (FKZ 3508 82 0800) „Planungs- und Managementstrategien des Naturschutzes im Lichte des Klimawandels“. – Naturschutz und Biologische Vielfalt 109, Bonn.

Wippermann, C., Calmbach, M. (2008): Wie ticken Jugendliche? – Bund der Deutschen Katholischen Jugend, Misereor (Hrsg.), Verlag Haus Altenberg, Düsseldorf.

## Links

Centre for Ecomics and Ecosystem Management:  
<http://www.centreforecomics.org>

Duale Hochschule Baden-Württemberg, Stuttgart,  
Zentrum für Managementsimulation:  
<http://www.dhbw-stuttgart.de>

Gesellschaft für Planspiele in Deutschland, Österreich und der Schweiz e.V.:  
<http://www.sagsaga.org>

Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde:  
[www.hnee.de/inkabbnaturschutz](http://www.hnee.de/inkabbnaturschutz)

IP Syscon: <http://www.ipsyscon.de>

Leibniz Universität Hannover, Institut für Freiraumentwicklung: <http://www.freiraum.uni-hannover.de/oppermann.html>

Malik Management Zentrum St. Gallen AG:  
<http://malik-management.com/de>

## Kapitel 15

BfG – Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg., 2013): Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt – Entwicklung von Anpassungsoptionen. – Ausgewählte vorläufige Ergebnisse zur 3. Statuskonferenz am 12./13.11.2013 – Koblenz.

BRV – Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalaue (2009): Biosphärenreservatsplan Niedersächsische Elbtalaue. – Hitzacker, 296 S.

Busch, N., Rademacher, S., Hammer, M., Hatz, M., Meißner, D., Stürmer, W., Ackermann, S., Maurer, T. (2013): Wirkungen von Deichbrüchen, von gesteuerten und ungesteuerten Rückhaltungen sowie von geplanten Maßnahmen auf das Hochwasser im Mai/Juni 2013 an der Elbe. – BfG, Kurzbericht, Koblenz.

Dziwiaty, C., Bernardy, P. (2011): Leitfaden Bioenergie und Naturschutz. – Herausgegeben von der Biosphärenreservatsverwaltung Mittel-Elbe in Zusammenarbeit mit der Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalaue, 2. überarb. Auflage, Hitzacker, 64 S.

Flade, M. (2012): Von der Energiewende zum Biodiversitäts-Desaster – Zur Lage des Vogelschutzes in Deutschland. – Vogelwelt 133, S. 149-158.

Hattermann, F., Krysanova, V., Wechsung, F. (2005): Folgen von Klimawandel und Landnutzungsänderungen für den Landschaftswasserhaushalt und die landwirtschaftlichen Erträge im Gebiet der deutschen Elbe. – In: Wechsung, F., Becker, A., Gräfe, P. (Hrsg.): Auswirkungen des globalen Wandels auf Wasser, Umwelt und Gesellschaft im Elbegebiet, Weißensee-Verlag, Berlin, S. 151-164.

Hatz, M., Busch, N. (2013): Beeinflussung von Hochwassern der Elbe durch den Betrieb von Talsperren in Tschechien und Thüringen. – In: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Die Zukunft des Wasserhaushalts im Elbeinzugsgebiet, Veranstaltungen 6/2013, Koblenz, S. 90-95.

- Huntley, B., Green, R. E., Collingham, Y., Willis, S. G. (2007): A climatic atlas of European breeding birds. – Durham, Sandy and Barcelona: Durham University, RSPB and Lynx Edicions.
- KLIMZUG-NORD Verbund (Hrsg., 2014): Kursbuch Klimaanpassung. Handlungsoptionen für die Metropolregion Hamburg. – TuTech Verlag, Hamburg.
- Mosbrugger, V., Brasseur, G., Schaller, M., Stribny, B. (Hrsg., 2012): Klimawandel und Biodiversität – Folgen für Deutschland. – Wissenschaftl. Buchges., Darmstadt.
- MU – Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (Hrsg., 2013): Empfehlung für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels. – Hannover, 220 S.
- Ploeg, R. van der, Ehlers, W., Horn, R. (2006): Schwerlast auf dem Acker. – Spektrum der Wissenschaft, 8/2006, S. 80-88.
- Prüter, J., Keienburg, T. (2012): Biosphärenreservat „Flusslandschaft Elbe“, Teilvorhaben „Leitfaden Bioenergie und Naturschutz“. – In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Biosphärenreservate als Modellregionen für Klimaschutz und Klimaanpassung. – BfN-Skripten 316, S. 55-60.
- Rabitsch, W., Winter, M., Kühn, E., Kühn, I., Götzl, M., Essl, F., Gruttke, H. (2010): Auswirkungen des rezenten Klimawandels auf die Fauna in Deutschland. – Naturschutz und Biologische Vielfalt, Bd. 98, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.
- Rommel, J. (2010): Aspekte der Ufer- und Vorlandhöhenänderung entlang der freifließenden deutschen Elbe. – unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.
- Vollmer, S., Quick, I., König, F. (2013): Hydromorphologische Entwicklung der Binnenelbe. – In: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Hrsg.): Geomorphologische Prozesse unserer Flussgebiete, 15. Gewässermorphologisches Kolloquium am 13./14. November 2012, Koblenz.
- Wechsung, F., Becker, A., Gräfe, P. (Hrsg., 2005): Auswirkungen des globalen Wandels auf Wasser, Umwelt und Gesellschaft im Elbegebiet. – Weißensee-Verlag, Berlin.
- Weiß, C., Reich, M., Rode, M. (2011): Teilprojekt 4 Naturschutz. – In: Gross, G. et al. (Hrsg.): Klimafolgenmanagement in der Metropolregion Hannover-Braunschweig-Göttingen. – GeoBerichte 18, S. 103-116.



# Beteiligte Autorinnen und Autoren und Institutionen

## Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalaue

*Leitung:*

Dr. Johannes Prüter

*Mitarbeit:*

Dipl.-Ing. Landschaftsökologie Christiane Schreck

Dipl.-Umweltwiss. Tobias Keienburg

Biosphärenreservat  
Niedersächsische  
Elbtalaue



## Bundesanstalt für Wasserbau

Abteilung Wasserbau im Binnenbereich

Dipl.-Ing. Matthias Alexy

Dr.-Ing. Jacek Jankowski



Bundesanstalt für Wasserbau  
Kompetenz für die Wasserstraßen

## HafenCity Universität Hamburg

Arbeitsgebiet Stadtplanung und Raumentwicklung

*Leitung:*

Prof. Dr. Jörg Knieling

*Mitarbeit:*

Dipl.-Ing. Thomas Zimmermann

HCU

HafenCity Universität  
Hamburg

## Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Uelzen

Dipl.-Geogr. Enno Eiben

Dipl.-Geogr. Imke Mersch

Dipl.-Ing. agr. Jürgen von Haaren

Dipl.-Geogr. Monika von Haaren

Landwirtschaftskammer  
Niedersachsen

## Leuphana Universität Lüneburg

Fakultät Nachhaltigkeit, Institut für Ökologie,  
Abteilung Landschaftswandel

*Leitung:*

Prof. Dr. Brigitte Urban

*Mitarbeit:*

Dipl.-Biol. Frank Krüger

M.Sc. Mario Tucci

Zentrum für Angewandte Gesundheitswissenschaften,  
Sektion Umwelt, Nachhaltigkeit und Gesundheit

*Leitung:*

Prof. Dr. Brigitte Urban

*Mitarbeit:*

Dr. Christine Katz

  
**LEUPHANA**  
UNIVERSITÄT LÜNEBURG

## Max-Planck-Institut für Meteorologie und Climate Service Center Hamburg



### *Leitung:*

Dr. Daniela Jacob

### *Mitarbeit:*

Dipl. Geogr. Juliane Petersen

Dr. Diana Rechid

## Technische Universität Hamburg-Harburg (TUHH)



### Institut für Wasserressourcen und Wasserversorgung

#### *Leitung:*

Prof. Dr.-Ing. Wilfried Schneider

#### *Mitarbeit:*

Dipl.-Ing. Moritz Scharnke

## Universität Hamburg

### FB Biologie, Biozentrum Klein Flottbek und Botanischer Garten

#### *Leitung:*

Prof. Dr. Kai Jensen

#### *Mitarbeit:*

M.Sc. Jana M. Hanke

M.Sc. Lotte Korell

Dipl.-Biol. Kristin Ludewig

### FB Geowissenschaften, Meteorologisches Institut

#### *Leitung:*

Prof. Dr. K. Heinke Schlünzen

#### *Mitarbeit:*

Dr. Robert Schoetter

### Forschungsschwerpunkt BIOGUM

#### *Leitung:*

Prof. Dr. Volker Beusmann

#### *Mitarbeit:*

Dipl.-Umweltwiss. Juliane Ette

Dr.-Ing. Manuel Gottschick







## KLIMZUG-NORD Kursbuch und Berichte aus den Modellgebieten

Im „Kursbuch Klimaanpassung. Handlungsoptionen für die Metropolregion Hamburg“ sind die wesentlichen Ergebnisse des fünfjährigen Verbundvorhabens KLIMZUG-NORD zusammengefasst. Das Kursbuch wird begleitet und ergänzt von sechs Berichten aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, die vertiefende Informationen liefern.

KLIMZUG-NORD Verbund (Hrsg.) (2014): Kursbuch Klimaanpassung.  
Handlungsoptionen für die Metropolregion Hamburg,  
TuTech Verlag, Hamburg.  
ISBN: 978-3-941492-66-0

Rechid, Diana; Petersen, Juliane; Schoetter, Robert; Jacob, Daniela (2014): Klimaprojektionen für die Metropolregion Hamburg. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten,  
Band 1, TuTech Verlag, Hamburg.  
ISBN: 978-3-941492-67-7

Kruse, Elke; Zimmermann, Thomas; Kittel, Anne; Dickhaut, Wolfgang; Knieling, Jörg; Sörensen, Christiane (Hrsg.) (2014): Stadtentwicklung und Klimaanpassung: Klimafolgen, Anpassungskonzepte und Bewusstseinsbildung beispielhaft dargestellt am Einzugsgebiet der Wandse, Hamburg. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten,  
Band 2, TuTech Verlag, Hamburg.  
ISBN: 978-3-941492-68-4

Nehlsen, Edgar; Kunert, Lisa; Fröhle, Peter; Knieling, Jörg (Hrsg.) (2014): Wenn das Wasser von beiden Seiten kommt – Bausteine eines Leitbildes zur Klimaanpassung für Elmshorn und Umland. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten,  
Band 3, TuTech Verlag, Hamburg.  
ISBN: 978-3-941492-69-1

Schlünzen, K. Heinke; Linde, Marita (Hrsg.) (2014): Wilhelmsburg im Klimawandel. Ist-Situation und mögliche Veränderungen. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten,  
Band 4, TuTech Verlag, Hamburg.  
ISBN: 978-3-941492-70-7

Prüter, Johannes; Keienburg, Tobias; Schreck, Christiane (Hrsg.) (2014): Klimafolgenanpassung im Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalau – Modellregion für nachhaltige Entwicklung. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten,  
Band 5, TuTech Verlag, Hamburg.  
ISBN: 978-3-941492-71-4

Urban, Brigitte; Becker, Jürgen; Mersch, Imke; Meyer, Wibke; Rechid, Diana; Rottgardt, Elena (Hrsg.) (2014): Klimawandel in der Lüneburger Heide – Kulturlandschaften zukunftsfähig gestalten. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten,  
Band 6, TuTech Verlag, Hamburg.  
ISBN: 978-3-941492-72-1

Der Bericht „Klimafolgenanpassung im Biosphärenreservat Niedersächsische Elbtalaue – Modellregion für nachhaltige Entwicklung“ dokumentiert die Ergebnisse der Untersuchungen und Aktivitäten, die im Rahmen des Verbundprojekts KLIMZUG-NORD in der Niedersächsischen Elbtalaue durchgeführt wurden. Der Schwerpunkt der Tätigkeiten lag dabei auf den Auenlebensräumen der Elbe und ihrer Nebenflüsse, durch die das Untersuchungsgebiet geprägt wird.

Gemäß dem Anspruch einer „Modellregion für nachhaltige Entwicklung“ spannten die Tätigkeiten im Biosphärenreservat einen weiten Bogen von naturwissenschaftlich-technischen Untersuchungen und Modellen bis hin zu sozialwissenschaftlich-kommunikativen Projektansätzen.

Zu den Untersuchungsgegenständen zählten u. a. das regionale Klimageschehen, Veränderungen der Vegetations- und Bodenökologie bzw. des Wasserhaushalts sowie die Entwicklung der landwirtschaftlichen Flächennutzung. Bei der Analyse der regionalen Akteursnetzwerke, der Entwicklung eines Leitbildes zur Klimaanpassung, der Durchführung von KLIMAGesprächen mit Vereinen und Verbänden sowie der Umsetzung von Bildungsmaßnahmen zur Klimaanpassung standen partizipative und kommunikative Handlungsoptionen im Vordergrund.

Das Verbundprojekt KLIMZUG-NORD wird gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), die Freie und Hansestadt Hamburg und die Metropolregion Hamburg.

Gefördert durch das



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



ISBN: 978-3-941492-71-4