



# Klimafolgenforschung in Niedersachsen

## 2009 - 2013





**KLIFF** - Klimafolgenforschung in Niedersachsen

# Abschlussbericht

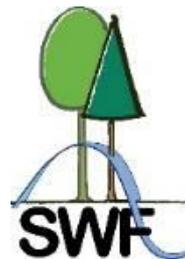
## 2009 bis 2013

Gefördert durch das



Niedersächsisches Ministerium  
für Wissenschaft und Kultur

Koordination:



Sektion Waldökosystemforschung im Zentrum für Biodiversität und  
nachhaltige Landnutzung



GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT  
GÖTTINGEN

**August 2014**

**Herausgeber:**

**Gesamtkoordination KLIFF: Prof. Dr. Friedrich Beese und Dr. Stella Aspelmeier**

**Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur unter den Förderkennzeichen ZN 2455, 2523 und 2715 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.**

## Vorwort und Dank

Nach einer Laufzeit von fünf Jahren wurde der Forschungsverbund KLIFF - Klimafolgenforschung Niedersachsen - abgeschlossen. Die Ergebnisse wurden auf vielen Seiten in Form von Aufsätzen, Berichten, Dissertationen sowie als Master- und Bachelorarbeiten niedergelegt. Es kann daher nicht die Aufgabe des hier vorliegenden Abschlussberichts sein, die Fülle von Informationen wiederzugeben. Vielmehr soll in sehr gestraffter Form ein Überblick über die geleisteten Arbeiten gegeben werden, verbunden mit einer vollständigen Auflistung der Einzelarbeiten.

Ein langjähriges und aufwändiges Projekt wie KLIFF, dass das Ziel verfolgte, einen hohen Grad der Integration innerhalb und zwischen den verschiedenen Forschungsthemen zu erreichen kann nur dann erfolgreich durchgeführt werden, wenn neben der Expertise der Projektteilnehmer auch externes Wissen einfließt. Begleitet wurde die Arbeit des Forschungsverbundes von einem Wissenschaftlichen Beirat, dessen Mitglieder die einzelnen Bereiche unterstützten. Den Mitgliedern Prof. Dr. Friedrich-Wilhelm Gerstengarbe (QT1), Prof. Dr. Stefan Greiving (QT2), Prof. Dr. Hans-Joachim Weigel (FT3), Prof. Dr. Joachim Krieter (FT4), Prof. Dr. Ernst-Detlef Schulze (FT5), Prof. Dr. Axel Bronstert (FT6) und Prof. Dr. Ulrich C.E. Zanke (FT7) gilt unser herzlicher Dank für das Gelingen des Projektes.

Dem Land Niedersachsen unter Federführung des Ministeriums für Wissenschaft und Kultur danken wir für die umfangreiche Finanzierung des Vorhabens sowie die fachgerechte und hilfsbereite Betreuung durch Frau Dr. Silke Bertram und Dr. Martin Berger.

Die Zusammenführung der vielfältigen Aktivitäten wäre ohne das Engagement der Mitglieder der Lenkungsgruppe nicht möglich gewesen. Daher gilt mein Dank Prof. Dr. Daniela Jacob (QT1), Prof. Dr. Dietmar Scholich (QT2), Prof. Dr. Andreas von Tiedemann (FT3), Prof. Dr. Dr. Matthias Gauly (FT4), Prof. Dr. Uwe Haberlandt (FT6), Dr. Andreas Wurpts und Hanz. D. Niemeyer (FT7).

Ganz besonders möchte ich mich bei Frau Dr. Stella Aspelmeier bedanken, ohne deren unermüdlichen Einsatz der reibungslose Ablauf der Gesamtkoordination nicht denkbar gewesen wäre. Gleiches gilt auch für drei Mitarbeiter der Sektion Ökosystemforschung. Dr. Gustav Wiedey behielt stets die Übersicht über die Finanzen, Frau Ursula Seele war bei der Abfassung der Berichte unentbehrlich und Dr. Walter Stick-an sorgte für die mediale Aufbereitung der Ergebnisse. Auch ihnen herzlichen Dank.

Friedrich Beese  
(Sprecher der Lenkungsgruppe)



---

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>Querschnittsthema 1: Klima (QT1)</b> <i>Aslan Belli, Nikolaus Groll, Uwe Haberland, Gerrit Lohmann, Johannes Merklein, Christopher Moseley, Manfred Mudelsee, Oleg Panferov, Ralf Weisse, Daniela Jacob</i>	<b>10</b>
<b>3.</b>	<b>Forschungsthema 3: Pflanzenproduktion (FT3)</b> <i>Jelena Bacanovic, Laura Breitsameter, Jana Bürger, Barbara Edler, Maria Finkh, Konstanze Gebauer, Bärbel Gerowitt, Annett Gummert, Holger Hoffmann, Rainer Georg Jörgensen, Peter Juroszek, Joachim Kakau, Benno Kleinhenz, Stefan Lukas, Bernward Märländer, Reiner Meyhöfer, Björn Niere, Margit Paustian, Kristian Peters, Hans-Michael Poehling, Paolo Racca, Thomas Rath, Magdalena Siebold, Horst- Henning Steinmann, Ludwig Theuvssen, Christine Tölle-Nölting, Bernd Ulber, Mark Varrelmann, Andreas von Tiedemann</i>	<b>21</b>
<b>4.</b>	<b>Forschungsthema 4: Tierproduktion (FT4)</b> <i>Gerhard Brewes, Sven Dänicke, Janina Demeler, Heiko Hansen, Jo- hannes Isselstein, Sven König, Maria Martinsohn, Ulrich Meyer, Martin Potthoff, Georg von Samson-Himmelstjerna, Bernd Schröder, Nicole Wrage, Matthias Gauly</i>	<b>36</b>
<b>5.</b>	<b>Forschungsthema 5: Wald und Waldlandschaften (FT5)</b> <i>Caroline Carsjens, Martin Gabriel, Dietrich Hertel, René Hertwig, Lari- ssa Kirmair, Florian Knutzen, Anne Kotzur, Edgar Kreilkamp, Christoph Leuschner, Ina Meier, Hilmar Müller-Haubold, Markus Müller, Marc Overbeck, Rodica Pena, Andrea Polle, Rüdiger Prasse, Nguyen Ngoc Quynh, Christine Rachow, Michael Reich, Michael Rode, Stefan Schütz, Sarah Seifert, Hermann Spellmann, Janine Sybertz, Gustav Wiedey, Friedrich Beese</i>	<b>46</b>
<b>6.</b>	<b>Forschungsthema 6: Binnengewässer – KLIFWA (FT6)</b> <i>Markus Anhalt, Jörg Dietrich, Anne Fangmann, Kristian Förster, Co- rinna Forberg, Marlene Gelleszun, Birgit Gerkensmeier, Martin Gocht, Agnes Haas, Sven van der Heijden, Maria Herold, Anke Heuer, Joseph Hölscher, Florian Krause, Stephan Lange, Günter Meon, Nadine Maier, Thomas Ptak, Britta Restemeyer, Karl-Heinz Rosenwinkel, Martin Sau- ter, Volker Spering, Karoline Stein, Franziska Verworn, Markus Wallner, Uwe Haberlandt</i>	<b>64</b>

---

	Seite
<b>7. Forschungsthema 7: Küste und Küstenschutz – A-Küst (FT7)</b>	<b>84</b>
<i>Cordula Berkenbrink, Gerd Bruss, Pushpa Dissayanake, Iris Grabemann, Sebastian Grashorn, Nikolaus Groll, Maria Herold, Ralf Kaiser, Heiko Knaack, Philip Kreye, Katina Kuhn, Maike Kuhn, Karsten Lettmann, Gesa Lüdecke, Roberto Mayerle, Günter Meon, Marco Miani, Thomas Ptak-Fix, Gerhard Riedel, Anne Ritzmann, Torsten Schlurmann, Anke Schmidt, Meinfried Striegnitz, Hans von Storch, Ralf Weisse, Mirjam Willert, Jörg-Olaf Wolff, Anna Zorndt, Hanz D. Niemeyer, Andreas Wurpts</i>	
<b>8. Querschnittsthema 2: Raumplanung KLIFF-IMPLAN (QT2)</b>	<b>104</b>
<i>Enke Franck, Ortwin Peithmann, Jan Spiekermann, Dietmar Scholich</i>	
<b>9. Vernetzung und Transfer</b>	<b>118</b>
<i>Stella Aspelmeier, Veit Ebermann, Ivika Rühling, Friedrich Beese</i>	
<b>Anhänge</b>	<b>124</b>
<b>1. Mitglieder der Lenkungsgruppe, Koordinatoren, wissenschaftliche Beiräte und beteiligte Einrichtungen</b>	<b>125</b>
<b>2. Qualifizierungsarbeiten in KLIFF</b>	<b>129</b>
a. Übergreifende Arbeit und Arbeiten im QT1	130
b. Arbeiten im FT3	131
c. Arbeiten im FT4	133
d. Arbeiten im FT5	136
e. Arbeiten im FT6	138
f. Arbeiten im FT7	139
g. Arbeiten im QT2	141
<b>3. Veröffentlichungen aus KLIFF</b>	<b>142</b>
a. Veröffentlichungen aus QT1	143
b. Veröffentlichungen aus FT3	147
c. Veröffentlichungen aus FT4	161
d. Veröffentlichungen aus FT5	168
e. Veröffentlichungen aus FT6	176
f. Veröffentlichungen aus FT7	180
g. Veröffentlichungen aus QT2	188
h. Veröffentlichungen aus Gesamtkoordination und Wissenstransfer	193

# 1. Einleitung: KLIFF – Klimafolgenforschung in Niedersachsen

*Stella Aspelmeier, Friedrich Beese*

Sektion Waldökosystemforschung im Zentrum für Biodiversität und Nachhaltige Landnutzung, Georg-August-Universität Göttingen

In seiner 129. Sitzung am 18.10.2007 hat der Niedersächsische Landtag unter dem Thema: Herausforderung Klimawandel: Regierungskommission „Klimaschutz“ und Forschungsverbund „Klimafolgenforschung“ eine Entschließung angenommen, um die notwendige Auseinandersetzung mit dem Klimawandel stärker in das politische und gesellschaftliche Blickfeld zu bringen.

In der Folge wurde eine Regierungskommission „Klimaschutz“ berufen, deren Aufgabe darin bestand im Rahmen der niedersächsischen Nachhaltigkeitsstrategie Handlungsempfehlungen zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel und seine Folgen zu erarbeiten.

Die Aufgabe des Forschungsverbundes „Klimafolgenforschung“ bestand in der Erweiterung der Wissensgrundlage zur der Anpassung an den Klimawandel und seine Folgen. Insbesondere sollten die Regionalisierung von Klimamodellen und Klimaprojektionen verbessert, die regionale und lokale Auswirkungen des Klimawandels in Niedersachsen untersucht und Anpassungsstrategien und –Maßnahmen zum Schutz und zur Vorbeugung vor Klimafolgen erarbeitet werden. Die Resultate dieser Forschung sollten, soweit dies zeitlich möglich war in die Empfehlungen der Regierungskommission einfließen.

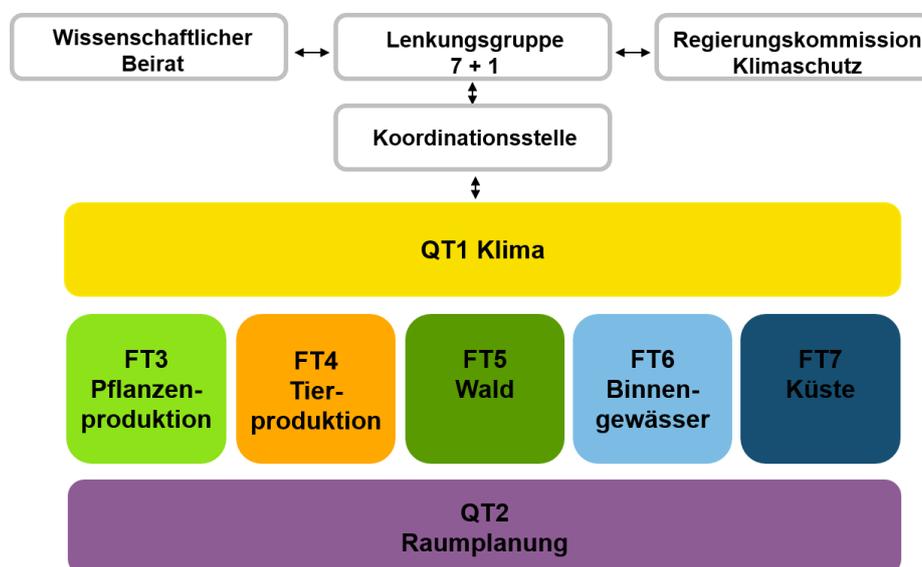


Abbildung 1: Struktur des Forschungsverbundes KLIFF – KLimaFolgenForschung in Niedersachsen

In einem kompetitiven, zweistufigen Verfahren wurden aus ursprünglich 24 eingereichten Skizzen für mögliche Forschungsvorhaben 12 Gruppen eingeladen, um Vollerträge für integrierte Projekte zu stellen. Aus diesen Anträgen wurden 6 Konsortien zur Förderung ausgewählt. Da die bewilligten sechs Projekte unabhängig voneinander entwickelt worden waren, wurde ihnen von Gutachtern die Auflage gemacht,

eine weitgehende Integration vorzunehmen und darüber hinaus die räumliche Planung als zusätzliches Vorhaben einzubeziehen. In gemeinsamen Sitzungen und nach inhaltlichen Abstimmungen wurde die in der Abbildung 1 gezeigte Struktur für den Forschungsverbund Klimafolgenforschung in Niedersachsen - KLIFF - entwickelt, die sich über die gesamte Laufzeit des Vorhabens als überaus sinnvoll erwiesen hat.

Die geforderte Vernetzung erfolgte auf drei Ebenen. Die breite Basis stellten die Teilprojekte (TP) dar, die in ihrem Ansatz grundlagen- und erkenntnisorientiert waren. Ihre Integration erfolgte auf der Ebene der Forschungsthemen (FT). Auf dieser Ebene wurden auch Sektor-spezifische Anpassungsstrategien entwickelt. Auf der dritten Ebene wurden Sektor-übergreifende Themen behandelt. Im QT1 Klima, in dem Modellierer der ursprünglich beantragten Einzelverbände zusammengefasst waren, wurden regionalisierte Klimaprojektionen für die Forschungsthemen erarbeitet. Das QT2 Raumplanung bewertete die Ergebnisse der Forschungsthemen im Hinblick auf ihre raumplanerische Relevanz und entwickelte Möglichkeiten, das Instrumentarium der Regionalplanung für Anpassungsmaßnahmen vorzubereiten. Die Integration des gesamten Verbundes wurde durch die Lenkungsgruppe, die sich aus den Sprecherinnen und Sprechern aller QT und FT zusammensetzte, den Koordinatorinnen und Koordinatoren der einzelnen QT / FT und der Gesamtkoordination des Verbundes geleistet.

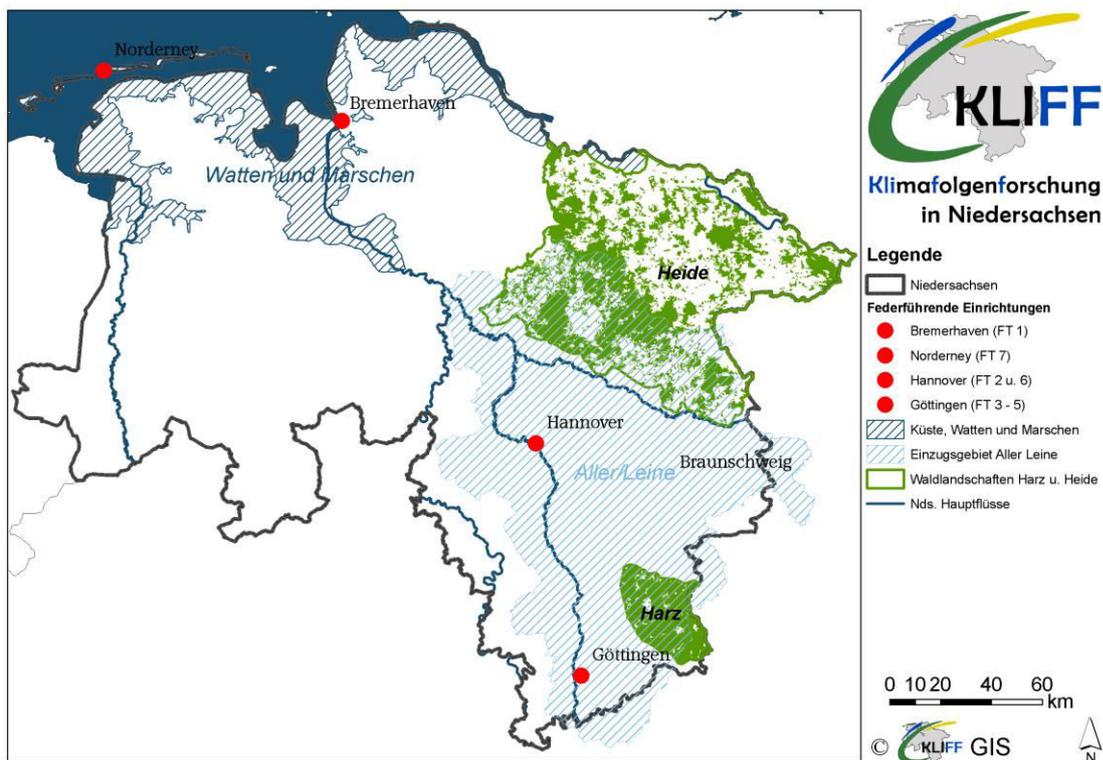


Abbildung 2: KLIFF - Modellregionen

Insgesamt arbeiteten in KLIFF 25 Universitäten und andere Forschungseinrichtungen mit einer Vielzahl von Mitarbeitern.

KLIFF nahm seine Arbeit am 1.1.2009 auf. Die erste Phase lief über einen Zeitraum von drei Jahren. Nach einer positiv verlaufenen Zwischenbegutachtung im Herbst 2011 konnte das Vorhaben für zwei weitere Jahre fortgesetzt werden.

Die Besonderheit von KLIFF bestand darin, dass mit einem integrierten Ansatz die großen und besonders klimasensitiven Bereiche Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft und Küstenschutz im Zentrum der Analyse standen. Dabei ging es nicht allein um die Reaktionen der betroffenen Systeme auf den Klimawandel, sondern insbesondere auch um die Folgen für ihre Leistungen (system services) für den Menschen.

Die Anpassung an den Klimawandel und seine Folgen setzt eine Analyse der Verwundbarkeit voraus. Beides lässt sich sinnvoll nur sektor- und regionalspezifisch lösen. Daher wurde in KLIFF kein Niedersachsenweiter, sondern ein regionaler Ansatz verfolgt, für den repräsentative Regionen ausgewählt wurden (Abb. 2). Die Untersuchungen konzentrierten sich auf die Waldregionen in Harz und Heide, das Aller-Leine Einzugsgebiet und die Niedersächsische Küste mit der Wesermündung.

In allen Querschnitts- und Forschungsthemen hatten wissenschaftlich forschende, häufig auch grundlagenorientierte Arbeiten einen hohen Stellenwert. Neben Experimenten und Freilanduntersuchungen nahm die Weiterentwicklung regionaler Modelle zur Abschätzung der Klimafolgen auf einzelnen Systeme und Sektoren breiten Raum ein.

Ergebnisse aus KLIFF wurden bisher in mehr als 160 wissenschaftlichen Fachartikeln, Büchern und Konferenzbänden und in etwa 340 Beiträgen auf internationalen und deutschen wissenschaftlichen Konferenzen veröffentlicht. Der Prozess ist noch nicht abgeschlossen, an weiteren Veröffentlichungen wird gearbeitet.

Die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses war in allen FT und QT wichtiger Bestandteil der Arbeit: 26 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben in KLIFF promoviert, 26 Dissertationen sind noch in Arbeit. Außerdem wurden 36 Diplom- und Master- und 51 Bachelorarbeiten abgeschlossen.

Aber nicht nur die wissenschaftliche Forschung, auch der Transfer der Ergebnisse in die Öffentlichkeit und zu den betroffenen Akteuren war wichtiger Bestandteil der Arbeit in KLIFF. Etwa 40 populärwissenschaftliche Artikel wurden bisher in praxisrelevanten Zeitschriften veröffentlicht und ca. 125 Vorträge auf Veranstaltungen für Akteure gehalten.

Der Sprecher von KLIFF war Mitglied der Regierungskommission Klimaschutz und hat so die Ergebnisse in die Empfehlungen für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel (NMU 2012) getragen. Auch aus verschiedenen KLIFF QT- und FT wurde aktiv in Arbeitskreisen der Regierungskommission mitgearbeitet, das QT Klima hat das entsprechende Kapitel in den Empfehlungen in Zusammenarbeit mit KLIMZUG-Nord verfasst.

## **2. Querschnittsthema 1: Klima (QT1)**

*Aslan Belli<sup>1</sup>, Nikolaus Groll<sup>2</sup>, Uwe Haberland<sup>1</sup>, Gerrit Lohmann<sup>3</sup>, Johannes Merklein<sup>4</sup>, Christopher Moseley<sup>5</sup>, Manfred Mudelsee<sup>3</sup>, Oleg Panferov<sup>4</sup>, Ralf Weisse<sup>2</sup>, Daniela Jacob<sup>6</sup>*

<sup>1</sup>Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau, Leibniz-Universität Hannover

<sup>2</sup>Helmholz-Zentrum Geesthacht

<sup>3</sup>Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung Bremerhaven

<sup>4</sup>Büsgen-Institut, Abt. Bioklimatologie, Georg-August-Universität Göttingen

<sup>5</sup>Max-Planck Institut für Meteorologie, Hamburg

<sup>6</sup>Climate Service Center, Hamburg

Zur Abschätzung regionaler Klimafolgen müssen die unterschiedlichen Einflüsse (Impakte) des veränderten Klimas auf natürliche und menschengemachte (Öko-) Systeme und die Wechselwirkungen innerhalb der Systeme untersucht werden. Diese Untersuchungen können mit sogenannten Klima-Impaktmodellen (in der deutschen Literatur manchmal auch „Wirkmodelle“ genannt) durchgeführt werden. Solche Modelle können Klima-Ökosystem-Wechselwirkungen in z.B. Wald- und Ackerflächen oder ein Wassereinzugsgebiet simulieren und modellieren. Die Modelle arbeiten auf entsprechend kleinen räumlichen Skalen (lokal, regional), sind zeitlich hoch aufgelöst (Stunden, Tage) und benötigen entsprechend aufbereitete Klimadaten als Antrieb. Die Anwendung solcher, mit regionalisierten Modelldaten aus den Klimaprojektionen angetriebenen Impaktmodelle ist wissenschaftlich weitgehend innovatives Neuland und eine wichtige Grundlage zur Entwicklung regionaler und lokaler Anpassungsstrategien.

Hauptziel des QT1 war es deshalb, den an KLIFF beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern regionalisierte Klimamodelldaten als Grundlage für ihre Untersuchungen und als Antrieb für die von ihnen verwendeten Impaktmodelle zu liefern. Da die unterschiedlichen und zum Teil auch in KLIFF erst entwickelten Impaktmodelle Klimadaten in unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Auflösung als Antrieb benötigen, arbeiteten in QT1 mit den Klimatologen auch Modellierer aus verschiedenen anderen Disziplinen zusammen, um optimale Datengrundlagen für die verschiedenen Sektoren zu schaffen. Die Weiterentwicklung von Methoden zur Regionalisierung der Daten für die verschiedenen Zwecke stand dabei im Mittelpunkt. Zudem war es ein wichtiges Forschungsziel, das Spektrum der Klimaänderungssignale möglichst vollständig zu erfassen, um die Unsicherheiten der Klimaprojektionen so genau wie möglich abzuschätzen und ihre Verwendbarkeit für verschiedene Impaktmodelle zu testen.

### **Zentrale Ergebnisse**

KLIFF gehörte zu den ersten regionalen Klimaforschungsprojekten, die konsequent und von Beginn an den sogenannten Ensemble-Ansatz verfolgten – also den Einsatz

mehrerer Emissionsszenarien, Globaler und Regionaler Klimamodelle und Modellläufe. Da aufgrund begrenzter Kapazitäten nicht alle FT ein ganzes Ensemble aus Klimasimulationen in ihren Klima-Impaktmodellen verwenden konnten, wurde nach der Analyse der Nutzerziele und Nutzeranforderungen sowie der existierenden Daten eine Empfehlung für die in allen FT zu benutzende Referenz-Klimaprojektion und die Zeitperioden ausgesprochen: als Basis für alle Arbeiten in KLIFF wurden die Szenarien A1B im REMO-Lauf 1 (UBA) oder CLM vorgegeben und zusätzlich die Nutzung des 2. REMO-A1B-Laufes (BFG) und / oder eines weiteren Szenarios (B1) empfohlen. Für die Analyse des Klimaänderungssignals wurden folgende 30-jährige Klimaperioden empfohlen: als Referenzperiode für das heutige Klima wurde 1971–2000 ausgewählt, für Zukunftsklimata wurde der Abschnitt 2021-2050 und das Ende des 21. Jahrhunderts mit 2071–2100 festgesetzt. Diese Empfehlungen waren mit dem parallel laufenden BMBF-Projekt KLIMZUG-Nord abgestimmt.

Die entsprechenden für Niedersachsen regionalisierten Klimasimulationen und daraus auf die Bedürfnisse der Datenanwender zugeschnittene Datenprodukte wurden bereitgestellt. So lieferte QT1 unter Anderem regionale Klimamodelldaten wie die täglichen Niederschlagssummen und Tagesmittel, -minima und -maxima der 2m-Temperatur. Um die Bearbeitung und Verwendung der Klimadaten für die Wissenschaftler aus anderen Disziplinen zu erleichtern, wurde für den KLIFF-internen Gebrauch ein "Einsteiger-Tutorial für REMO-Datennutzer" erstellt.

### Klimaänderungen in Niedersachsen

Die Ergebnisse zur bisherigen und zukünftigen Entwicklung des Klimas in Niedersachsen wurden in der Broschüre „Klimawandel-Herausforderung für Staat und Gesellschaft“ des Ministeriums für Umwelt und Klimaschutz (MU) sowie im Kapitel 4 "Klimaentwicklung und Klimaszenarien" der „Empfehlung für eine niedersächsische

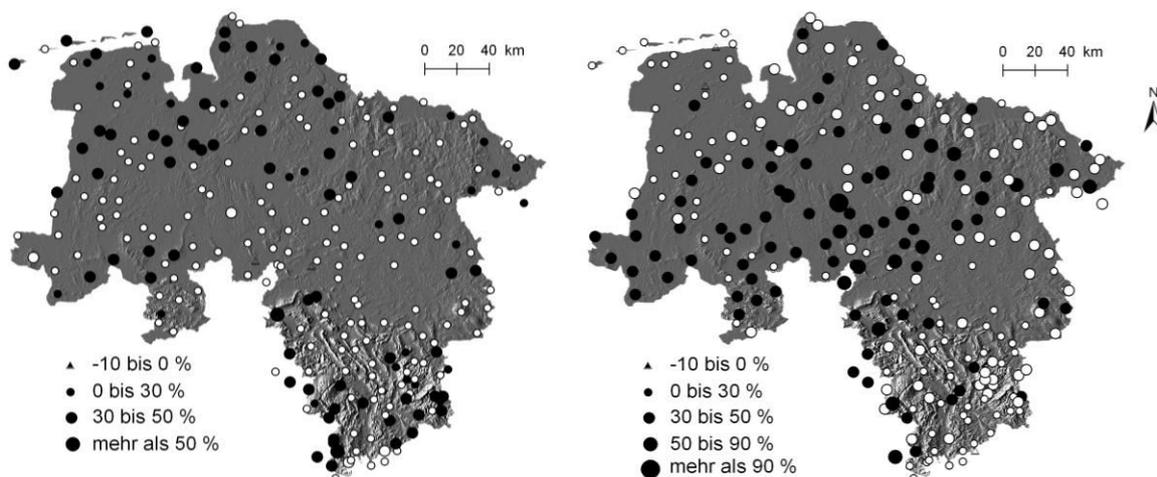


Abbildung QT1-1: Räumliche Verteilung von Niederschlagstrends in Niedersachsen im Zeitraum von 1951 bis 2005, links: täglicher Niederschlag im Winter, rechts: Trockendauer im Sommer, (Kreise = positive Trends, Dreiecke = negative Trends, ausgefüllte Symbole = signifikante Trends, Größe der Symbole zeigt Stärke der Trends). Aus Haberlandt et al. 2010.

Strategie zur Anpassung an den Klimawandel“ (Regierungskommission Klimaschutz, MU 2012) ausführlich dargestellt und sollen hier nur kurz zusammengefasst werden.

### *Bisherige Klimaänderung in Niedersachsen*

Zur Einschätzung bereits heute sichtbarer Klimaänderungen wurde eine Trendanalyse von Niederschlag und Temperatur für langjährig beobachtete Wetterstationen des DWD in Niedersachsen durchgeführt. Demnach hat sich die Jahresmitteltemperatur von 1951 bis 2005 um 1,3 °C erhöht, die Anzahl der jährlichen Frosttage nahm in diesem Zeitraum um 23 ab. Die Niederschlagsänderungen zeigten deutliche regionale und saisonale Muster. Besonders für Winter und Herbst konnten von 1951 bis 2005 signifikante Zunahmen der Niederschläge gezeigt werden, speziell im Norden und Süden des Landes (Abb. QT1-1). Im Sommer dagegen nahm die Trockendauer in der Mitte Niedersachsens signifikant zu (Haberlandt et al. 2010). Temperaturzunahmen wurden, bezogen auf die Jahreszeiten, besonders im Frühling, Sommer und Winter beobachtet.

### *Projizierte zukünftige Klimaänderung in Niedersachsen*

Bei den Simulationen, die für KLIFF herangezogen wurden, handelt es sich um räumlichen Verfeinerungen (Downscaling) der Klimaszenarien des globalen Atmosphären-Ozean Modellsystems ECHAM5-MPIOM auf eine Auflösung von ca. 10 km für REMO bzw. ca. 18 km für CLM (das statistische Klimamodell WETTREG ist stationsbasiert). Insgesamt bildet ein Ensemble aus 13 Klimasimulationen die Basis für die hier vorgestellten Daten.

Im Mittel der 13 Simulationen ist bis zur Mitte des Jahrhunderts mit einem Anstieg der Jahresmitteltemperatur um etwa 1°C zu rechnen (im Vergleich zu 1971-2000), bis zum Ende des Jahrhunderts sogar mit einem Anstieg um etwa 2,5°C. Die Vegetationsperiode verlängert sich um ca. 23 bzw. ca. 60 Tage, während die Anzahl der Frosttage um etwa 31,5% bzw. 66% abnimmt. Temperatur und Niederschlagsänderungen zeigen deutliche saisonale Unterschiede.

Die Analyse der Daten zeigt auch, dass sich im Vergleich zum heutigen Klima (repräsentiert durch die Kontrollsimulation 20C3M) in Niedersachsen die Lufttemperaturen zur Mitte und zum Ende des 21. Jahrhunderts unter dem A1B Szenario am stärksten im Winter und am wenigsten im Frühling erhöhen (Abb. QT1-2, links, Panferov et al., 2011). Für die hier nicht dargestellten Jahresniederschläge wird im 21. Jahrhundert keine signifikante Änderung projiziert. Die saisonale Verteilung zum Ende des 21. Jahrhunderts zeigt jedoch eine Umverteilung: die Niederschläge im Winter nehmen zu und die Niederschläge im Sommer nehmen ab (Abb. QT1-2, rechts).

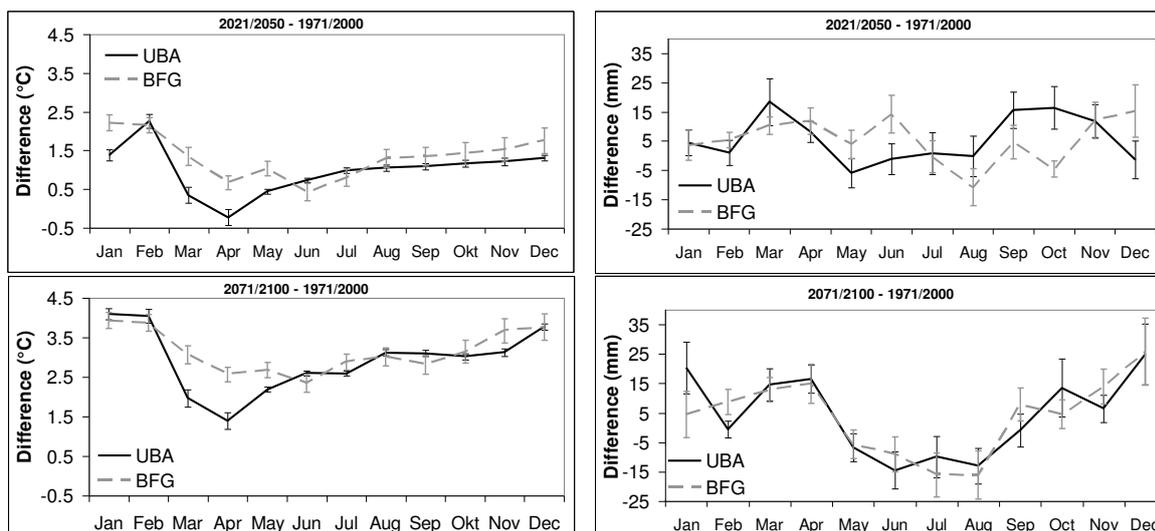


Abbildung QT1-2: Vergleich der monatlichen Differenz der Mitteltemperaturen (links) und Niederschlagssummen (rechts) der klimatologischen Perioden 2021-2050 bzw. 2071-2100 zur Referenzperiode 1971-2000, gemittelt über Niedersachsen. Die Klimadaten sind mit dem regionalen Klimamodell REMO (Simulationen von UBA und BFG) berechnet (Panferov et al., 2011, mit FT5).

### Indikatoren und Extremereignisse

Aus dem Ensemble der regionalen REMO/CLM-Modelle lassen sich auch Aussagen über das Änderungsausmaß charakteristischer Wetterperioden und Extremereignissen bis zum Zeitraum 2071-2100 herleiten. Dazu sind im Folgenden Kastengrafiken (Box Plots) gezeigt, die außer der Streubreite der Daten auch den rot eingezeichneten Ensemblemittelwert darstellen. In Abb. 5 (links) ist die sehr deutliche Zunahme der thermischen Vegetationsperiode (VEG) um fast 60 Tage und zugleich die sehr deutliche Abnahme der Frosttage um 66% sowie der Spätfrosttage nach dem 1. April um 90% zu sehen. Passend dazu nehmen Gesamtschneefall und Schneetage im gleichen Zeitraum jeweils um ca. 68 Prozent ab (QT1-3, rechts).

Die Anzahl der Starkniederschlagstage (Tagessumme > 20mm) steigt bis Ende des Jahrhunderts im Jahresmittel um 37%, mit nur geringen Zunahmen im Sommer, dafür aber Anstiegen von 43 bis 76% in Winter, Frühling und Herbst (QT1-4, links). Sehr viel weniger ausgeprägt stellt sich die Änderung der Windgeschwindigkeit bis zum Ende des 21. Jahrhunderts dar (QT1-4, rechts). Hier werden maximal 5% Anstieg für die Wintermonate projiziert. Die Aussagen zur Windgeschwindigkeit sind jedoch nicht ausreichend robust, da die Modelle im Hinblick auf den Wind bisher nur unzulänglich validiert sind.

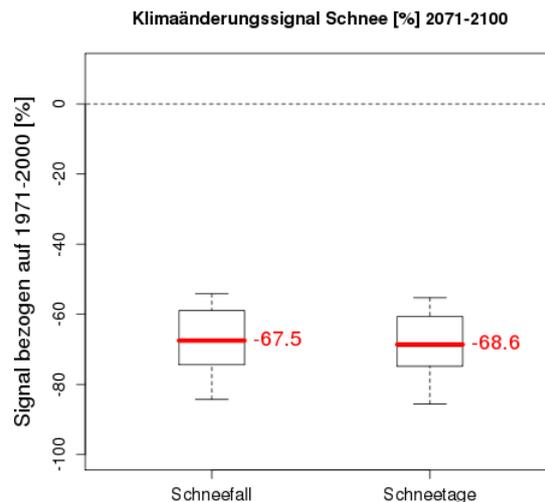
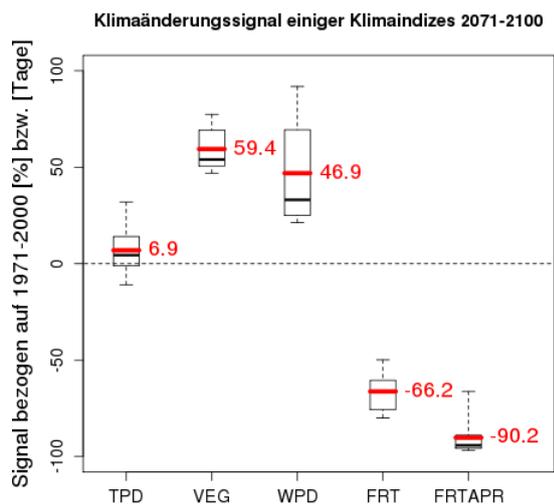


Abbildung QT1-3: **(links)** Änderungen von 5 Klimaindizes im Gebietsmittel über Niedersachsen für den Zeitraum 2071 – 2100 relativ zum Referenzzeitraum 1971-2000: Länge der Dauer der Trockenperioden zwischen April und September in Prozent (TPD); Länge der thermischen Vegetationsperiode in Tagen (VEG); rel. Wärmeperiodendauer in Prozent (WPD); rel. Anzahl der Frosttage in Prozent (FRT), rel. Anzahl der Spätfröste in Prozent (FRTAPR). Mittelwerte sind rot eingezeichnet. **(rechts)** Relative Änderung der Jahressummen des Schneefalls und der Anzahl der Schneetage im Jahr, jeweils in Prozent im Gebietsmittel über Niedersachsen, der Zeitraum 2071-2100 relativ zum Referenzzeitraum 1971-2000. Dargestellt sind Kastengrafiken mit Mittelwerten (rot).

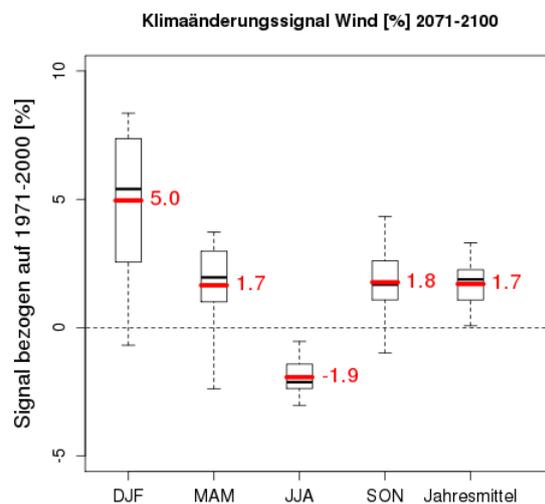
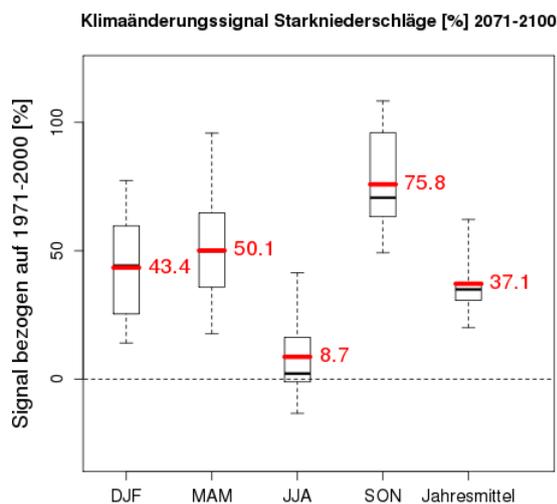


Abbildung QT1-4: **(links)** Relative Änderung in der Anzahl der Starkniederschlagstage (Tagessumme > 20 mm) in Prozent im Gebietsmittel über Niedersachsen, für den Zeitraum 2071-2100 relativ zum Referenzzeitraum 1971-2000. Dargestellt sind Kastengrafiken und Mittelwerte (rot) für Winter (DJF), Frühjahr (MAM), Sommer (JJA), Herbst (SON) und der Jahresmittelwert. **(rechts)** Relative Änderung der Windgeschwindigkeit in Prozent im Gebietsmittel über Niedersachsen, für den Zeitraum 2071-2100 relativ zum Referenzzeitraum 1971-2000.

## Verwendung von Klimaprojektionen für die Impakt-Modellierung

### *Unsicherheiten in Klimasimulationen und Impaktmodellierung*

Die Abschätzung von Unsicherheiten der regionalen Klimamodellierung und der Auswirkungen dieser Unsicherheiten auf die Ergebnisse unterschiedlicher Impaktmodelle (Aussagen über Klimafolgen) waren ein zentrales Thema der intensiven Zusammenarbeit innerhalb des QT1, aber auch des gesamten KLIFF-Forschungsverbundes. Für die adäquate Abschätzung der Unsicherheiten der Klimamodellierung stellt der Ensemble-Ansatz ein passendes Instrument dar.

Abb. QT1-2 und 5 zeigen beispielhaft die Erfassung von Unsicherheiten im Projekt KLIFF durch den Vergleich unterschiedlicher Modellrealisierungen (hier REMO). Die REMO UBA (1. Realisierung) und BFG (2. Realisierung) Simulationen zeigen unterschiedliche Niederschlagsmuster in der Periode 2021-2050. Für 2071-2100 projizieren beide Simulationen eine starke Niederschlagszunahme im Winter und Frühling und eine starke Abnahme im Sommer (Abb. QT1-2, rechts). Die räumlichen Variationen des jährlichen Klimaänderungssignals dagegen sind innerhalb Niedersachsens vernachlässigbar. Die räumlichen Unterschiede in monatlichen und saisonalen Werten des Klimaänderungssignals (2071-2100 minus 1971-2000) zwischen den beiden Modellsimulationen sind dagegen sehr deutlich (Abb. QT1-5).

Die genaue Analyse solcher Unterschiede ist nötig, um die Unsicherheiten in Klimasimulationen abschätzen zu können und die Daten als Basis für Untersuchungen zu den Auswirkungen des Klimawandels in verschiedenen Sektoren nutzbar zu machen.

So zeigte sich eine große Diskrepanz zwischen den hohen Anforderungen der komplexen Impaktmodelle an die sie antreibenden Daten und der realen Qualität bisheriger Daten. Sowohl die Daten regionaler und globaler Klimaprojektionen, als auch die Genauigkeiten der nichtklimatischen Daten (z.B. der Bodentyp in der Wald-Modellierung) reichen oft noch nicht aus, um realistische lokale Prognosen der zukünftigen Schadensereignisse mit Klima-Impaktmodellen zu erstellen. In diesen Fällen muss genau abgewogen werden, welche Interpretationen der Modellergebnisse zulässig sind. Neue Ansätze in der Modellierung müssen zukünftig entwickelt werden, oder es müssen andere, nicht auf Impaktmodellen basierende Methoden zur Abschätzung der Auswirkungen des Klimawandels und zur Entwicklung von Anpassungsstrategien genutzt werden. Analysen und Vorschläge zum Umgang mit Unsicherheiten wurden in speziellen, von KLIFF geleiteten Sitzungen bei der ECCA - 1st European Climate Change Adaptation Conference - in Hamburg (2013) und bei der KLIFF-Tagung „Vom globalen Klimawandel zur regionalen Anpassungsstrategien“ in Göttingen (2013) vorgestellt und diskutiert. Der Umgang mit Unsicherheiten wurde eng mit KLIMZUG-Nord abgestimmt.

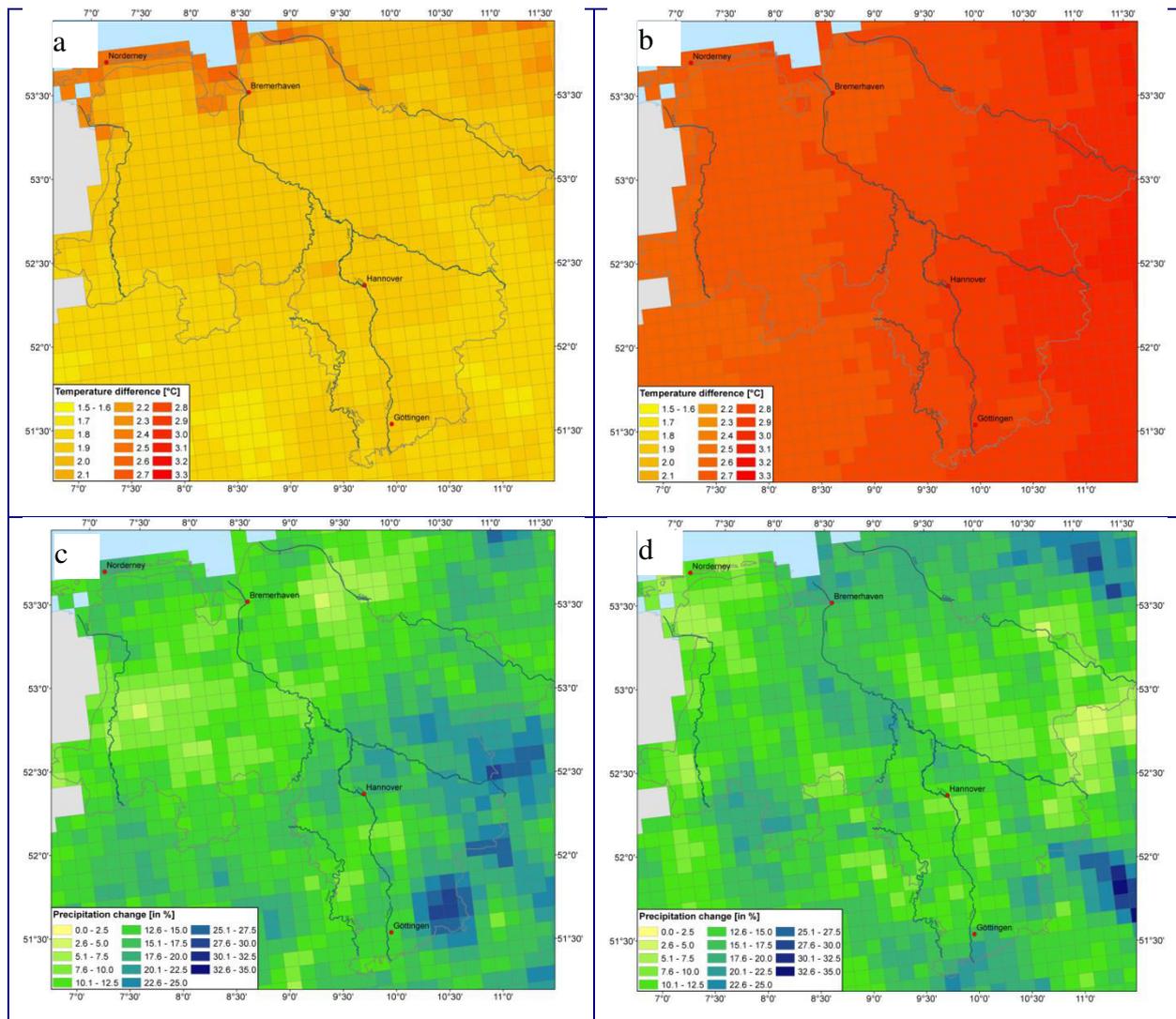


Abb. QT1-5: Räumliche Verteilung der relativen Änderungen der mittleren saisonalen (MAM) Lufttemperaturen (a,b) und Niederschlagssummen (c,d) für den Frühling in Niedersachsen für die klimatologische Periode 2071-2100 im Vergleich zur Referenzperiode 1971-2000. Modelliert mit der 1. Realisierung von REMO UBA (a,c) und der 2. Realisierung BFG (b,d). (Zusammenarbeit mit FT5).

### Modelldaten-Bias und Bias-Korrektur

Im Laufe der Projektarbeit stellten sich Fragen nach dem Bias der Modellergebnisse und nach möglichen Korrekturverfahren als besonders wichtig für die Belange der Impaktmodellierer heraus. Ein Bias in Klimamodelldaten bezeichnet eine systematische Abweichung der modellierten von den gemessenen Werten einer klimatologischen Variablen. So waren besonders die für die nahe Vergangenheit modellierten Sommer-Niederschläge des REMO-Datensatzes gegenüber den interpolierten Beobachtungsdaten des REGNIE-Datensatzes des DWD (Deutscher Wetterdienst 2011) deutlich zu hoch (s. Abb. QT1-6), ähnlich verhalten sich auch die Daten des CLM (hier nicht gezeigt). Da die größten Abweichungen zwischen Modell und Beobachtung im Gebiet des Harzes und an den Küsten auftraten und damit in zwei Modellregionen von KLIF, erschien hier eine Bias-Korrektur sinnvoll.

Angeregt durch einen Workshop des QT1 mit den Anwendern entstand in Zusammenarbeit mit anderen Forschungsthemen eine Arbeit, die unterschiedliche Verfahren zur Bias-Korrektur vorstellt, Anwendungen aus KLIFF-Forschungsthemen und anderen Projekten zeigt und schließlich vorschlägt, die Korrekturmöglichkeiten des Bias in Betrachtungen zu den Unsicherheiten in Klimaprojektionen einfließen zu lassen (Mudelsee et al. 2010). Für die einheitliche Datengrundlage in KLIFF wurde beschlossen, die bereits veröffentlichte Korrekturmethode von Piani et al. (2010) anzuwenden. Entsprechend wurden die oben genannten Modelldaten zu den Niederschlägen auch in der Bias-korrigierten Version bereitgestellt. Sie zeigen so eine deutlich verbesserte Anpassung an die beobachteten Daten (Abb. QT1-6). Bias-korrigierte tägliche Niederschlagsdatensätze stehen bisher aus den REMO-Simulationen für die Kontrollsimulation C20 und das Szenario A1B in jeweils 2 Realisierungen (C20\_1, C20\_2, A1B\_1, A1B\_2) und in einer Realisierung der CLM-Simulationen (C20\_1 und A1B\_1) zur Verfügung. Für die Temperaturdaten wurde empfohlen, die Originaldaten zu verwenden, da der Temperatur-Bias von REMO in Niedersachsen relativ gering ist. Es steht aber für Niedersachsen ein Beobachtungsdatensatz der Temperatur auf Tagesbasis zur Verfügung, der für eine Bias-Korrektur modellierter Temperaturen verwendet werden kann (Haberlandt et al. 2010).

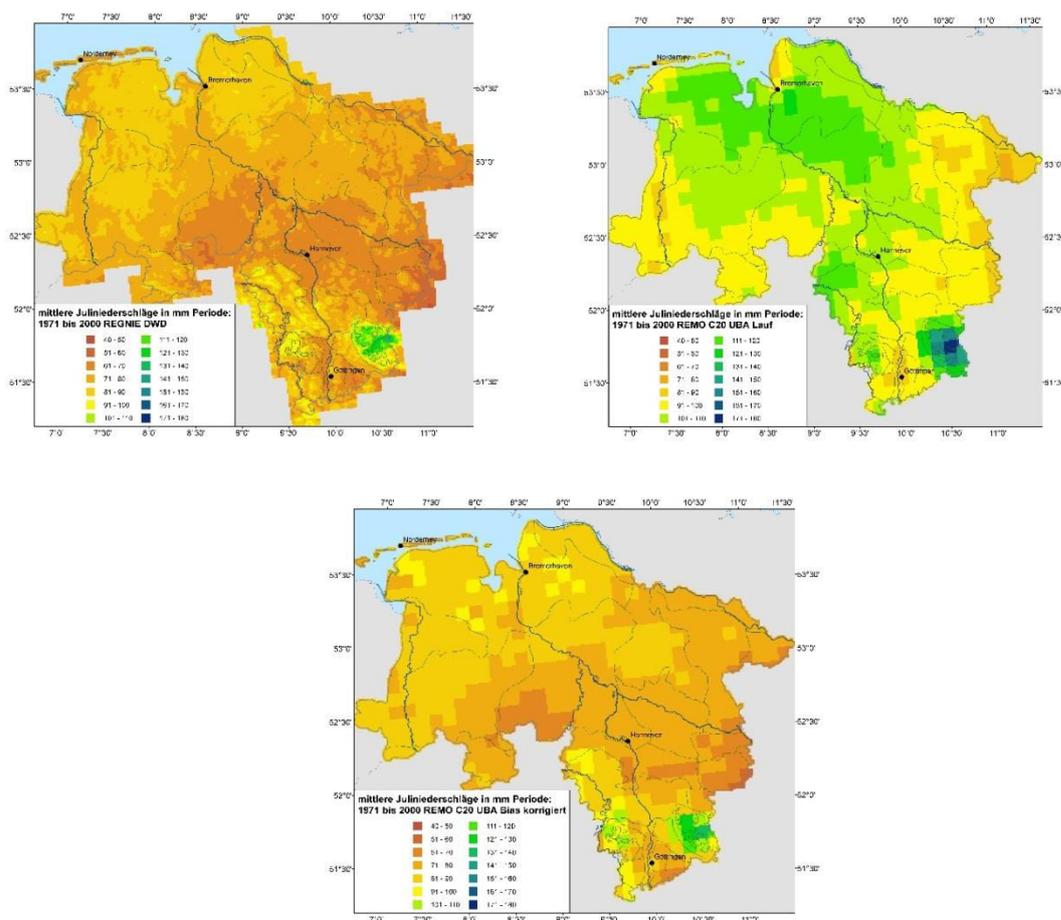


Abbildung QT1-6: Juliniederschläge in mm der Periode 1971-2000 für Niedersachsen. Links oben: REGNIE nach Daten des DWD, rechts oben: REMO C20 UBA Lauf des Szenario A1B ohne Biaskorrektur; unten: REMO C20 UBA Lauf des Szenario A1B mit Biaskorrektur (Karten erstellt durch C. Döring, FT5)

Die Auswertung der Klimasimulationen durch Klima- und Impaktmodellierer machte deutlich, dass auch die Verwendung Bias-korrigierter Daten bei der Betrachtung von Unsicherheiten der Ergebnisse von Impaktmodellen berücksichtigt werden muss. Dies wurde zwischen QT1 und den Modellierern der verschiedenen Fachrichtungen eingehend diskutiert.

#### *Modellierung zukünftiger Sturmflutereignisse in den Küstenregionen der Nordsee in Zusammenarbeit mit dem Forschungsthema Küste / Küstenschutz*

In Zusammenarbeit mit dem Thema Küste wurden marine bodennahe Windfelder zur Seegangs- und Sturmflutrechnung für die Bewertung der Belastung von Küstenschutzwerken simuliert, validiert und bereitgestellt. Hier wurde ein statistisches Modell entwickelt, das einen Zusammenhang zwischen der Windgeschwindigkeit und dem Luftdruck über der Nordsee mit den Wasserständen an der Küste herstellt. Das Modell gibt das Sturmflutgeschehen an der deutschen Küste vergleichsweise gut wieder. Zukünftige Veränderungen der Häufigkeit und Höhe von Sturmfluten weisen aber, abhängig von der verwendeten Klimasimulation, noch eine erhebliche Bandbreite auf.

#### *Stochastische Niederschlagsmodellierung für die Hochwassersimulation im Thema Binnengewässer*

Eine Herausforderung für Klima-Impaktanalysen ist die Bereitstellung langer Reihen zeitlich hoch aufgelöster Niederschlagsdaten für Hochwassersimulationen, da diese Daten von den regionalen Klimamodellen bisher nicht direkt bereitgestellt werden. Dafür bietet sich ein statistisches Downscaling der Daten globaler Klimamodelle mit einem stochastischen Niederschlagsmodell an, dessen Parameter mit Hilfe von Großwetterlagen abgeschätzt werden. Voraussetzung hierfür ist eine trennscharfe und objektive Klassifizierung solcher Großwetterlagen und deren gute Reproduzierbarkeit durch das jeweils verwendete globale Klimamodell. Diese Voraussetzungen wurden in Zusammenarbeit mit dem FT6 Binnengewässer anhand von Daten aus Niedersachsen überprüft. Das stochastische Niederschlagsmodell simuliert die beobachteten Werte in stündlicher Auflösung gut, überschätzt allerdings Extremwerte leicht.

#### *Modellierung zukünftiger Sturmereignisse und ihrer Folgen und Entwicklung von Indikatoren für zukünftige Wald-Risikofaktoren in Zusammenarbeit mit dem Thema Wald*

Die in KLIFF verwendeten Klimaprojektionen weisen auf eine erhöhte Häufigkeit von Wetterextremen im 21. Jahrhundert hin. Um Anpassungsstrategien für die Bewirtschaftung von Waldlandschaften zu erarbeiten, müssen der Einfluss der Wetter- und Klimaextreme, ihre Kombinationen und die zugehörigen zu erwartenden Folgen auf die Waldentwicklung quantitativ eingeschätzt werden. Im Rahmen von KLIFF wurden

deshalb mehrere Methoden zur Nutzung von Klimaprojektionen zur Untersuchung zukünftiger Risiken für den Wald (Windschaden, Sommertrockenheit und Insektenbefall) von QT1 und FT5-Wald gemeinsam entwickelt und getestet.

Stürme sind ein Hauptschadensfaktor für Waldökosysteme in Mittel- und Nordeuropa. Während die Ursachen für die Schäden in extremen Windgeschwindigkeiten und der Böigkeit liegen, hängt die tatsächliche räumliche Verteilung der Schäden von verschiedenen modifizierenden Faktoren wie dem Relief und der Waldstruktur ab. Zur Modellierung der regionalen Verteilung der Windwurftrisiken wurde ein 3D-Strömungsmodell (SCADIS, SCALar Distribution) benutzt, das diese Faktoren berücksichtigen kann. Klimamodelldaten aus REMO und CLM wurden hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit von derzeitigen und zukünftigen extremen Windgeschwindigkeiten für den Solling mit seiner ausgeprägten Topographie ausgewertet und dienen als Grundlage für die Modellierung. So konnten abhängig von Geschwindigkeit und Richtung der Stürme konkrete Risiko-Gebiete ermittelt werden. Starke Unterschiede können hier aber bereits bei geringen Veränderungen der Windrichtung auftreten. Auch der Einfluss der Jahreszeit ist deutlich, so macht es einen großen Unterschied, ob Stürme im Sommer oder im Winter auftreten.

Auch bei den Berechnungen anderer biotischer und abiotischer Risiken wurden Faktoren wie die Topographie, das Klima, die Bodenbedingungen und der Zustand der Bäume berücksichtigt. Separate und gemeinsame Effekte von Baumart, Bestandesstruktur, Bodentyp und Klimabedingungen wurden quantifiziert. Die Untersuchungen zeigten, dass Unsicherheiten bei den Klimaprojektionen und auch bei den nicht-klimatischen Daten, wie z.B. den Boden- oder Bestandesdaten, die Interpretation der Ergebnisse auf kleineren zeitlichen und räumlichen Skalen erheblich einschränken. Auch die Verwendung der absoluten Werte ist nur eingeschränkt möglich. Deshalb wurde entschieden zur möglichst robusten Abschätzung zukünftiger Risiken durch Windwurf, Trockenstress, Feuer und Insektenbefall die modellierte Veränderung des Risikos relativ zur Gegenwart (als Trend) und aggregiert über 30 Jahre anzugeben. Dazu wurden räumlich und zeitlich gemittelte Risiko-Indikatoren entwickelt und getestet. Die Grundlage können dabei sowohl einzelne Extremereignisse, als auch „gefährliche Kombinationen“ sein. So ist z.B. Sommertrockenheit nach einem Wintersturm ein Indikator für ein erhöhtes Risiko des Schädlingsbefalls oder wassergesättigter Boden während eines solchen Sturms ein Indikator für ein erhöhtes Windwurfisiko. Die Ergebnisse zeigen, dass die Risiken durch Stürme, Trockenheit und Insekten für alle Baumarten steigen werden, wobei ältere Bäume generell stärker betroffen sein werden als junge und Fichten stärker gefährdet sein werden als Kiefern (Ergebnisse s, Forschungsthema 5: Wald). Es konnte auch gezeigt werden, dass Vorschädigungen durch Stürme das Risiko für zukünftigen Schäden z.B. durch Borkenkäferbefall beeinflussen und dass diese Rückkopplungen berücksichtigt werden müssen. Dies gilt auch für den Einfluss des Waldmanagements. Die Verwendung dieser Indikatoren führt zur Vermeidung zusätzlicher Unsicherheiten, die durch Auswahl und Anwendung unterschiedlich komplexer Impaktmodelle entstehen würden. Bei der Modellierung dieser einfachen Indikatoren müssen jedoch die Unsicherheiten, die in den Modell- und Beobachtungsdaten enthalten sind, in jedem Fall be-

rücksichtigt werden. Die Indikatoren sind eher für größere Skalen interpretierbar. Dadurch wird eine Verwendung der Modellergebnisse zur Planung konkreter Anpassungsstrategien auf kleinen räumlichen und zeitlichen Skalen erschwert.

### *Literatur*

- Deutscher Wetterdienst (2011) Abteilung Hydrometeorologie: REGNIE (REgionalisierte NIEderschläge) Verfahrensbeschreibung & Nutzeranleitung , interner Bericht im DWD, Offenbach.
- Haberlandt U., Belli A., Hölscher J. (2010) Trends in beobachteten Zeitreihen von Temperatur und Niederschlag in Niedersachsen. *Hydrologie & Wasserbewirtschaftung*, 54(1): 28-36.
- Moseley C., Panferov O., Döring C., Dietrich J., Haberlandt U., Ebermann V., Rechid D., Beese F., Jacob D. (2012) Klimaentwicklung und Klimaszenarien. in: Empfehlung für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Regierungskommission Klimaschutz.
- Panferov O., Mudelsee M., Döring C., Moseley C., Jacob D., Lohmann G. (2011) Climate change projections for Lower Saxony, Germany, in the 21st century, EGU, Geophys. Res. Abstr., EGU2011-14020.
- Piani C., Haerter J.O., Coppola E. (2010) Statistical bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe. – *Theor. Appl. Climatol.*, 99, 187–192.
- Mudelsee M., Chirila D., Deutschländer T., Döring C., Haerter J.O., Hagemann S., Hoffmann H., Jacob D., Krahe P., Lohmann G., Moseley C., Nilson E., Panferov O., Rath T., Tinz B., (2010) Climate Model Bias Correction und die Deutsche Anpassungsstrategie. *Mitteilungen DMG*, 3: 2–7.

### **3. Forschungsthema 3: Pflanzenproduktion – Pflanzenschutz (FT3)**

*Jelena Bacanovic<sup>1</sup>, Laura Breitsameter<sup>2</sup>, Jana Bürger<sup>2,3</sup>, Barbara Edler<sup>2</sup>, Maria Finkh<sup>1</sup>, Konstanze Gebauer<sup>4</sup>, Bärbel Gerowitt<sup>3</sup>, Annett Gummert<sup>5</sup>, Holger Hoffmann<sup>6</sup>, Rainer Georg Jörgensen<sup>1</sup>, Peter Juroszek<sup>7</sup>, Joachim Kakau<sup>8</sup>, Benno Kleinhenz<sup>9</sup>, Stefan Lukas<sup>1</sup>, Bernward Märländer<sup>5</sup>, Reiner Meyhöfer<sup>4</sup>, Björn Niere<sup>10</sup>, Margit Paustian<sup>11</sup>, Kristian Peters<sup>3</sup>, Hans-Michael Poehling<sup>4</sup>, Paolo Racca<sup>9</sup>, Thomas Rath<sup>6</sup>, Magdalena Siebold<sup>7</sup>, Horst-Henning Steinmann<sup>2</sup>, Ludwig Theuvssen<sup>11</sup>, Christine Tölle-Nölting<sup>4</sup>, Bernd Ulber<sup>12</sup>, Mark Varrelmann<sup>5</sup>, Andreas von Tiedemann<sup>7</sup>*

<sup>1</sup> Fakultät für Ökologische Agrarwissenschaften, Universität Kassel

<sup>2</sup> Georg-August-Universität Göttingen, Zentrum für Biodiversität und Nachhaltige Landnutzung, CBL

<sup>3</sup> Universität Rostock, Professur Phytomedizin

<sup>4</sup> Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Universität Hannover

<sup>5</sup> IFZ – Institut für Zuckerrübenforschung Göttingen

<sup>6</sup> FG Biosystem- und Gartenbautechnik, Leibniz Universität Hannover

<sup>7</sup> Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Allgemeine Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz

<sup>8</sup> Hochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Integrierter Pflanzenschutz

<sup>9</sup> ZEPP – Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz, Bad Kreuznach

<sup>10</sup> Julius-Kühn-Institut, Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik, Braunschweig

<sup>11</sup> Georg-August-Universität Göttingen, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Lehrstuhl Betriebswirtschaftslehre des Agribusiness

<sup>12</sup> Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Agrar-entomologie

Hauptziel dieses Forschungsthemas war die Untersuchung der Folgen des Klimawandels für den Pflanzenschutz an den wichtigsten Kulturpflanzen des Ackerbaus und die Entwicklung von Anpassungsempfehlungen in diesem Bereich. Schaderreger, seien es Insekten, Nematoden, Pilze oder Viren, haben genau wie auch Unkräuter bestimmte Anforderungen an Temperatur und Feuchte. So können sie direkt vom Klimawandel beeinflusst werden – sowohl in positiver, als auch in negativer Hinsicht. Da für viele Schaderreger die Eckdaten ihrer Umweltaforderungen (Minimal-Temperaturen, Optimal-Temperaturen, Ansprüche an Feuchte usw.) noch nicht bekannt waren, wurden in KLIFF viele dieser Daten in verschiedenen Experimenten in Klimakammern, Klimakäfigen, Gewächshäusern und Freilanduntersuchungen ermittelt.

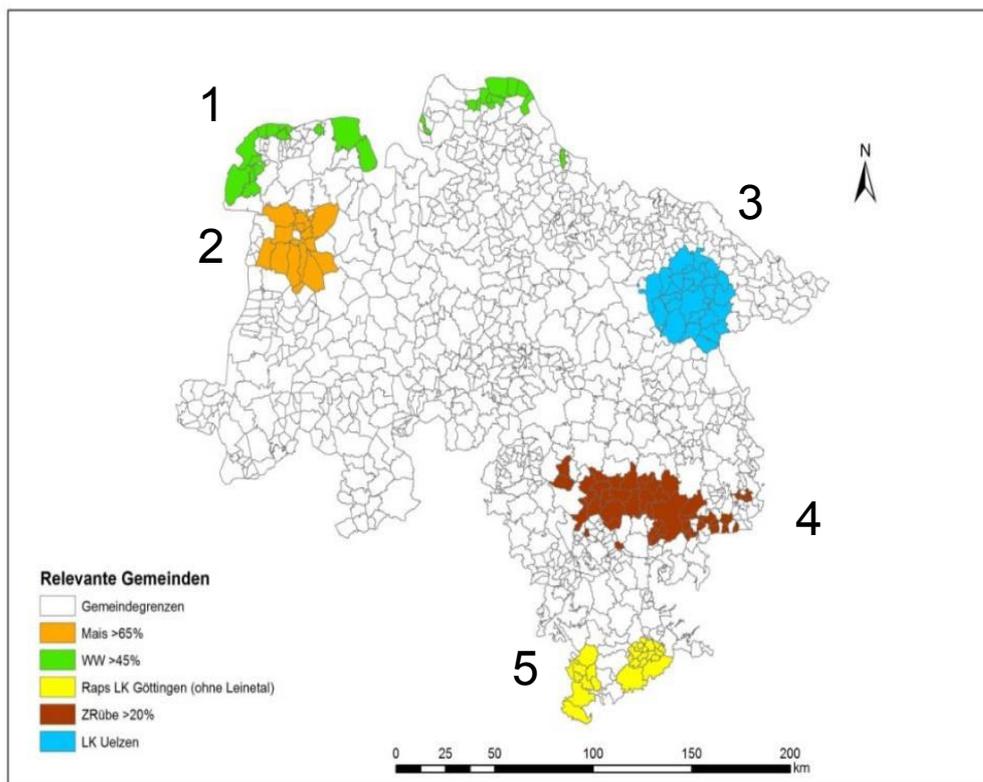


Abbildung FT3-1: Ausgewählte Modellregionen Niedersachsens und dort vorherrschende Anteile einzelner Kulturen an den Fruchtfolgen, um Risikoanalysen im Bereich des Pflanzenschutzes durchzuführen und bei verändertem Risiko Anpassungsstrategien im direkten und indirekten Pflanzenschutz an den projizierten Klimawandel vorzuschlagen (Karte: Susanne Stein, CBL).

Die Forschungen konzentrierten sich auf die Feldfrüchte Mais, Raps, Weizen und Zuckerrübe in fünf Modellregionen mit für Niedersachsen typischen Fruchtfolgen (Abb. FT3-1):

1. Gemeinden mit mehr als 45% Winterweizen im Marschgebiet der Nordseeküste (grün)
2. Gemeinden mit mehr als 65% Mais in der Region Süd-Oldenburg (orange)
3. Landkreis Uelzen (Zuckerrübe-Weizen-Fruchtfolge mit Kartoffeln, blau)
4. Gemeinden mit mehr als 20% Zuckerrübe im Landkreis Hildesheim sowie der komplette Landkreis Wolfenbüttel (braun)
5. Gemeinden mit mehr als 25% Raps im Landkreis Göttingen (ohne das Leinetal mit der Stadt Göttingen, dem Flecken Bovenden und der Gemeinde Friedland, gelb)

Die Kulturpflanzen wurden nur in den Regionen betrachtet, in denen sie fester Bestandteil der Fruchtfolge sind. Zudem wurden für Winterweizen, Winterraps, Zuckerrübe und Mais verschiedene Aussattermine, die z.T. heute schon üblich sind, berücksichtigt, um eine möglichst große Bandbreite in den Risikoanalysen und Anpassungsempfehlungen abzudecken. Zusätzlich wurden Untersuchungen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Schädlinge im Nacherntebereich (Lagerschädlinge) untersucht.

Mögliche Änderungen der zukünftigen Pflanzenentwicklung (Ontogenese), wichtiger Entwicklungsabschnitte der Schaderreger (z.B. Infektionswahrscheinlichkeit von Pflanzenkrankheiten, Anzahl Generationen von Schadinsekten) und Ereignisse (z.B. Erstauftreten von Krankheiten, Zuflug von Schadinsekten in den Bestand) wurden mit Klimaimpaktmodellen simuliert. Die Ergebnisse dienten der Risikoanalyse. Die bereits bewährten und z.T. neu entwickelten Modelle zur Simulation wichtiger Entwicklungsabschnitte oder Ereignisse wurden mit mittel- und langfristigen Klimaprojektionen angetrieben (Klimamodell REMO Lauf A1B, stündliche Daten für Niederschlag und Lufttemperatur), um mittelfristige (2021-2050) und langfristige (2071-2100) Änderungen im Vergleich zu den gegenwärtigen (1971-2000) Klimabedingungen zu projizieren. Aussagen zu Krankheiten und Schädlingen, bei denen keine Simulationsmodelle vorliegen, basieren auf KLIFF-Versuchsergebnissen, Literaturergebnissen und Expertenwissen. Mit dieser Methodik wurde das Auftreten der wichtigsten Schaderreger an jeder der oben genannten Kulturpflanzen analysiert.

Im Fokus der Untersuchungen zur Entwicklung der Unkräuter in den vier Ackerbaukulturen standen 17 Arten, die als wärmeliebend und potentiell invasiv eingestuft wurden und die das Potential haben, in den Kulturen hohe Schäden zu verursachen. Auch hier wurden experimentelle Untersuchungen durchgeführt. Die potentielle zukünftige Verbreitung der Arten unter den Bedingungen des Klimawandels wurde mittels korrelativer Verbreitungsmodellierung (bioklimatische Nische) projiziert. Die Modellierung umfasst die Jahre von 1950-2000 als Bezugszeitraum, Projektionen erfolgen für die Periode von 2070-2100. Die Bezugsperiode weicht vom allgemein für KLIFF vereinbarten Bezugszeitraum 1970-2000 ab, weil nur für diesen Zeitraum sehr hochaufgelöste und aufbereitete historische Klimadaten zur Verfügung standen.

Wenn auf Basis der Modellierungen oder Experteneinschätzungen Veränderungen im Schaderregeraufkommen in den niedersächsischen Modellregionen festgestellt wurden, wurden Anpassungsmaßnahmen sowohl im direkten als auch im vorbeugenden Pflanzenschutz erarbeitet. Als Grundlage dieser Anpassungsmaßnahmen diente dabei der *Status quo* im Pflanzenschutz, abgeleitet aus den Empfehlungen der Bezirksstellen der Landwirtschaftskammer der einzelnen Modellregionen und dem Archiv der wöchentlich erscheinenden Fachzeitschrift „Land & Forst“.

Auch der Boden war Thema der Forschungen. Hier wurden Auswirkungen des Klimawandels auf die Bodenfunktionen untersucht und Möglichkeiten des vorbeugenden Pflanzenschutzes durch die Bodenbearbeitung getestet. In einem weiteren Themenkomplex wurden abiotische und biotische Auswirkungen auf den Obst- und Gemüsebau mit Klima-Impaktmodellen simuliert und mögliche Anpassungsmaßnahmen erarbeitet.

Ein wichtiges Thema war die Analyse der ökonomischen Auswirkungen der so ermittelten Klimafolgen für die Betriebe. Die Ergebnisse aus dem KLIFF-FT3 wurden über entsprechende praxisrelevante Publikationen und Beratertage an die Fachpraxis vermittelt.

## Ergebnisse

### Beispielhafte Ergebnisse zu Schaderregern und Unkräutern

Insgesamt wurden die Untersuchungen zu 28 als bedeutend identifizierten Krankheiten und Schädlingen an Mais, Winterraps, Winterweizen und Zuckerrübe durchgeführt. Dazu kam die detaillierte Untersuchung von 17 als potentiell gefährlich eingestuften Unkrautarten. Für alle wurden Risikoanalysen erstellt, gegebenenfalls detaillierte Anpassungsempfehlungen für den Pflanzenschutz entwickelt und in entsprechender Literatur auch für die Akteure veröffentlicht (Wissenstransfer). Hier sollen beispielhaft nur einzelne Ergebnisse vorgestellt und ein zusammenfassendes Fazit aus den Forschungen gezogen werden.

Abbildungen FT3-2 und FT3-3 zeigen am Beispiel einiger wichtiger Maiskrankheiten, wie zukünftig steigende mittlere Tagestemperaturen die jährliche Anzahl der Tage erhöhen, an denen die Temperaturen über den Minimalanforderungen für eine Infektion liegen oder sogar optimale Werte erreichen.

Nur für die *Fusarium*-Arten ändert sich die Anzahl der im für eine Infektion der Maispflanzen günstigen Temperaturbereich liegenden Tage nicht, da ihre Temperaturanforderungen bereits heute ganzjährig erfüllt werden. Für *Exserohilum turcicum*, *Ustilago maydis* und *Sphacelotheca reiliana* hingegen erhöht sich die Anzahl dieser Tage bis zur Mitte des Jahrhunderts um ca. 15%, bis zum Ende des Jahrhunderts sogar um fast 30% (Abb. FT3-3). Bei diesen Krankheiten ist also mit zunehmendem Befall und damit auch zunehmenden Ernteverlusten zu rechnen, falls keine Anpassungsmaßnahmen erfolgen. Mit einer weiteren Erhöhung des Infektionsdrucks ist zu rechnen, falls sich die Anzahl der Tage mit mittleren Temperaturen im für eine Infektion optimalen Bereich erhöht. Sollte hingegen für einzelne Arten die maximale Temperatur für eine Infektion vermehrt überschritten werden, würde das Risiko sinken. Für verschiedene Schädlinge, Pathogene und Unkräuter wurden diese Kardinalwerte der Temperaturen innerhalb von KLIFF experimentell ermittelt.

Abb. FT3-4 zeigt, wie aus den Temperatur- und Feuchteanforderungen eines Pathogens und den von Klimamodellen projizierten zukünftigen Daten für Temperatur und Luftfeuchte Risikokarten für den Befall der betroffenen Feldfrucht erstellt werden können. Hier ist für unterschiedliche Regionen Niedersachsens dargestellt, zu welchem Kalendertag im Basisszenario in der nahen und in der fernen Zukunft mit dem Befall der Zuckerrüben mit der *Cercospora*-Blattfleckenkrankheit, einer Pilzerkrankung, zu rechnen ist. Demnach wird sowohl das erste Auftreten der Krankheit in einer Region, als auch der Beginn der Befallskontrolle, wenn 50% aller Schläge befallen sind, deutlich früher im Jahr einsetzen. In Bezug zum heutigen mittleren Erstauftreten der Krankheit in Niedersachsen am 16. Juli (Tag 198) würde die ersten Infektionen im Zeitraum 2071 bis 2100 schon um den 23. Juni, also 23 Tage früher stattfinden. Der Termin zum Aufruf der Befallskontrolle würde sich im selben Zeitraum vom 23. Juli (Tag 205) um 25 Tage auf den 28. Juni verfrühen. Ohne geeignete Anpass-

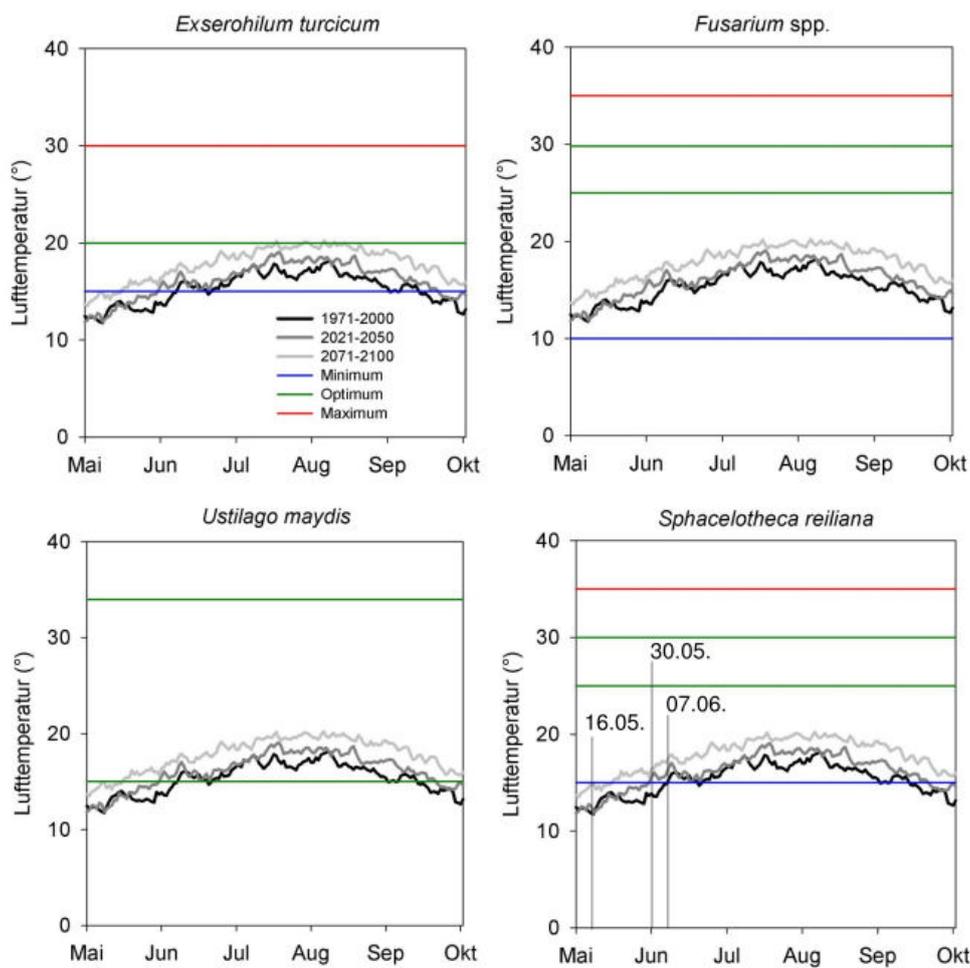


Abb. FT3-2: Vergleich der Tagesdurchschnittstemperaturen von Mai-Oktober in Region 2 in verschiedenen Zeiträumen (1971-2000, 2021-2050, 2071-2100) mit dem Infektionstemperaturbereich (Minimum, Optimum, Maximum) wichtiger Maispathogene. Von *Ustilago maydis* ist nur der Optimaltemperaturbereich bekannt.

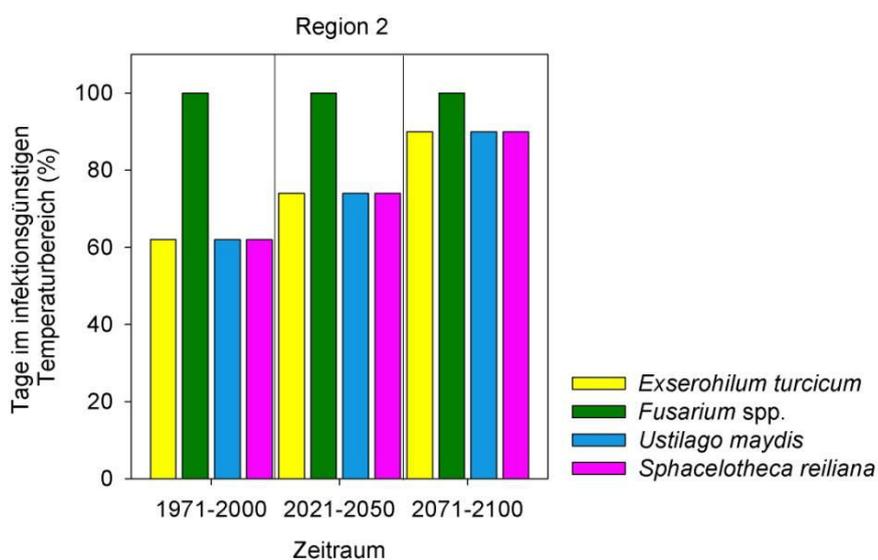


Abb. FT3-3: Anteil Tage im günstigen Temperaturbereich (Min-Max) für die Infektion wichtiger Maispathogene im Zeitraum Mai-Oktober (%) in verschiedenen Zeiträumen. Quelle: KLIFF (REMO- Daten).

sungsmaßnahmen wäre zukünftig mit einem erheblich höheren Schadenspotential durch diese Krankheit zu rechnen.

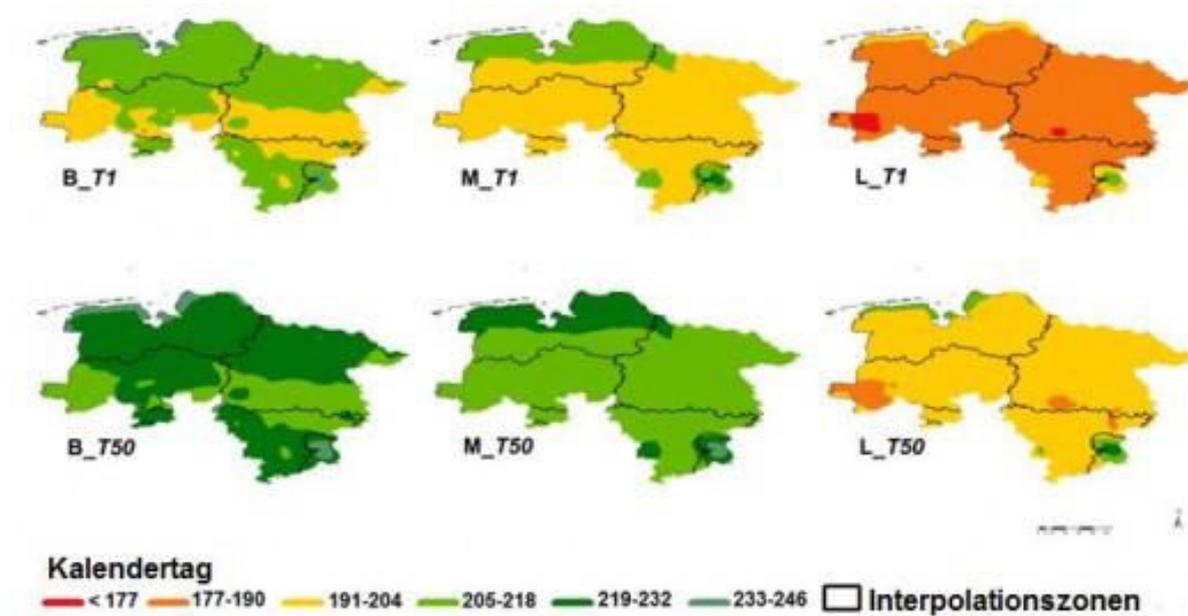


Abb.FT3-4: Ergebnisse von CERCbet1 (Cercospora Blattfleckenkrankheit an der Zuckerrübe) auf Basis der Projektionen des Klimamodells REMO dargestellt als Risikokarte mit regionaler Einteilung von Niedersachsen in Interpolationszonen. Abgebildet sind die Termine T1 (Erstauftreten) und T50 (Start Befallskontrolle) in den drei Zeitfenstern B (1971-2000), M (2021-2050) und L (2071-2100). Die Ergebnisse sind in Richerzhagen et al. (2011) veröffentlicht.

Tabelle FT3-1 zeigt am Beispiel von Raps, welche Arten von Unkräutern und Ungräsern laut der Modellierung und laut Expertenmeinung als zukünftig relevant eingestuft werden. Für diese Arten wurden Anpassungsempfehlungen erstellt.

Aus den für die Schad- und Krankheitserreger und für Unkräuter und Ungräser ermittelten Risiken für den Feldbau wurden für jede der 4 behandelten Ackerfrüchte Anpassungsempfehlungen zum Pflanzenschutz abgeleitet. Zu verschiedenen Möglichkeiten des indirekten Pflanzenschutzes durch unterschiedliche Methoden der Bodenbearbeitung oder den Einsatz suppressiver Zwischenfrüchte wurden zusätzliche Experimente durchgeführt, deren Ergebnisse ebenfalls in die Empfehlungen einfließen. Auch der Einfluss des Klimawandels auf Bodenfunktionen wie die Dekomposition und die Suppression von Krankheitserregern wurden in diesem Zusammenhang untersucht. So zeichnet sich bei potentiell höheren Temperaturen im Winter eine beschleunigte Mineralisation des Stickstoffs aus der Streu von Mais und eine Verlagerung großer Stickstofffrachten in den Boden ab. Dies deutet einerseits auf eine bessere Stickstoff-Versorgung für Nutzpflanzen zu Beginn der Wachstumsperiode hin, birgt aber gleichzeitig eine erhöhte Gefahr des Stickstoff-Austrages durch Auswaschung.

Tabelle FT3-1: Zukünftig als relevant eingestufte Unkraut-/Ungrasarten im Raps in den jeweiligen Regionen. (\*): für diese Arten werden nach Ergebnissen der Verbreitungsmodellierung in Region 1 und 5 im Vergleich zu anderen Gebieten in Niedersachsen sehr gut geeignete Umweltbedingungen erwartet.

Region	Laut Modellierung zukünftig relevante Arten <sup>1</sup>	Nach Expertenaussage zukünftig relevante Gattungen	Nach Expertenaussage bisher relevante und zunehmende Arten und Gattungen
1	<i>Chenopodium album</i> (*) <i>Polygonum aviculare</i> <i>Polygonum persicaria</i>  In geringerem Ausmaß <i>Polygonum convolvulus</i>	Kamille Knöterich Storchschnabel	Ackerfuchsschwanz Gänsefuß Kamille Knöterich Stiefmütterchen Storchschnabel
5	<i>Calystegia sepium</i> <i>Chenopodium album</i> <i>Convolvulus arvensis</i> <i>Polygonum aviculare</i> <i>Polygonum persicaria</i>	Mohn Stiefmütterchen	Ehrenpreis Gänsefuß Hirtentäschel Mohn Knöterich Stiefmütterchen Storchschnabel Wegrauke

<sup>1</sup>Eine Modellierung erfolgte lediglich für die in KLIFF festgelegten Fokusarten.

Mögliche Anpassungsstrategien an veränderte Schaderregerbedingungen sind zeitlich angepasste oder zusätzliche Fungizid-, Herbizid- und Insektizid-Maßnahmen, angepasste Bodenbearbeitung (z.B. Pflugeinsatz und zusätzliches Grubbern, Mulchen, etc.), veränderte Aussaatzeiten und der Einsatz stresstoleranter (z.B. gegen Hitze, Trockenheit) und gegen Schaderreger widerstandsfähiger Sorten.

Tabelle FT3-2 zeigt als ein Beispiel die für die fünf Modellregionen vorgeschlagenen mittel- und langfristigen Anpassungsmaßnahmen im Weizenanbau in den fünf Modellregionen.

Tabelle FT3-2: Direkte und indirekte Anpassungsmaßnahmen (AS) im Weizen nach Schaderreger, Saattermin, Region und Zeitraum auf Basis des Status quo in der KLIF Basisperiode 1971-2000. R = Region, Mittel = 2021-2050, Lang = 2071-2100.

Schaderreger	AS Art	AS Maßnahmen	Saattermin	Region	Zeitraum
<i>Blumeria graminis</i>	Direkt	Fungizid bereits im Herbst oder zeitig im Frühjahr (BBCH 25-29)	September	Alle	Lang
	Indirekt	Späte Aussaat (November), Sortenresistenz/Sortenmischungen			
<i>Puccinia triticina</i>	Direkt	Fungizidapplikation im Herbst oder zeitig im Frühjahr (spätestens BBCH 32)	Alle	Alle	Lang
	Indirekt	Sortenresistenz/Sortenmischungen			
<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>	Direkt	frühere und häufigere Bekämpfung (evtl. eine zusätzliche Behandlung) ab BBCH 32 bei Weizen nach Weizen in Mulchsaat	Alle	Alle	Lang
	Indirekt	Sortenresistenz, Bodenbearbeitung, nicht Weizen nach Weizen in Mulchsaat			
<i>Mycosphaerella graminicola</i>	Direkt	zusätzliche Behandlung ab BBCH 30, Fungizideinsatz in BBCH 32 Standard	Alle	Alle	Lang
	Indirekt	Sortenresistenz			
<i>Fusarium</i> spp.	Direkt	Nicht notwendig	September	4,5	Lang
	Indirekt	Spätsaat ab 15. Oktober, Weizen nicht nach Mais oder Pflugeinsatz nach Mais, Sortenresistenz, Stoppeln häckseln			
<i>Oculimacula</i> spp.	Direkt	Nicht notwendig			
	Indirekt	Pflug, Sortenresistenz			
Blattläuse	Direkt	Evtl. Insektizidbehandlung im Herbst Standard oder eine Behandlung mehr??			
	Indirekt	Natürliche Gegenspieler fördern, IPM und Entscheidungshilfeprogramme weiterentwickeln			
Unkräuter	Direkt	Nicht notwendig, je nach Saattermin heute schon ggf. zusätzliche Maßnahme notwendig bei Frühsaaten (September)			
	Indirekt	Stoppelbearbeitung, Pflug, späte Aussaat (November), weite Fruchtfolge, Wechsel von Winterung/Sommerung			

Die Analyse der ökonomischen Auswirkungen verschiedener Faktoren machte deutlich, dass im Vergleich der Effekte von Ertragsschwankungen, Produktpreisschwankungen, Pflanzenschutz-Gesamtkosten (s. Tab. FT3-3) und Saatgutkosten die Produktpreisschwankungen den bei Weitem größten Einfluss auf die Deckungsbeiträge der Betriebe haben. Ertragsschwankungen haben jedoch von den klimabeeinflussten Effekten den größten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Produktionsverfahren. Das Ergebnis macht deutlich, dass der Ertragsstabilisierung durch effiziente Pflanzenschutzmaßnahmen auch weiterhin eine zentrale Bedeutung zukommt.

Tabelle FT3-3: Gesamtkosten Pflanzenschutz im Basisszenario der Regionen 1 bis 5 (€ ha<sup>-1</sup>).

Produktionsverfahren	Einheit	Region 1	Region 2	Region 3	Region 4	Region 5
Weizen	€ ha <sup>-1</sup>	237,4		150,1	179,3	162,5
Stoppelweizen	€ ha <sup>-1</sup>	237,4			179,3	162,5
Wintergerste	€ ha <sup>-1</sup>	136,9			172,8	129,3
Winterraps	€ ha <sup>-1</sup>	177,0				175,6
Zuckerrüben	€ ha <sup>-1</sup>			125,2	143,6	
Silomais	€ ha <sup>-1</sup>		97,4			
Triticale	€ ha <sup>-1</sup>		111,0			
Roggen	€ ha <sup>-1</sup>		80,4			
Kartoffeln	€ ha <sup>-1</sup>			149,7		

### Zusammenfassung zu Krankheiten und Schädlingen: Risikoanalyse und Anpassungsmaßnahmen im Ackerbau

#### *Weizen*

Blattkrankheiten im Weizen (*Blumeria graminis*, *Puccinia triticina*, *Pyrenophora tritici-repentis* und *Mycosphaerella graminicola*) würden nach den Modellierungen in Zukunft früher auftreten und eine zusätzliche frühere Fungizidapplikation notwendig machen, um den Infektionsdruck zum Wachstumsstadium BBCH 32 auf das heutige Niveau ohne Fungizideinsatz zu reduzieren. Der Einsatz resistenter bzw. toleranter Sorten könnte diesen Effekt ausgleichen, vor allem mit einer möglichst breiten Resistenzausprägung der Sorten im Jugendalter (Wachstumsstadium BBCH 0-30), was angesichts des zu erwartenden züchterischen Fortschritts und innovativer Technologien über einen Zeitraum von etwa 60-80 Jahren realisierbar erscheint.

Bei einigen Krankheiten sind nur geringfügige Veränderungen oder gar eine Verminderung zu erwarten, wie dem Halmbruch und eingeschränkt auch beim Ährenfusarium-Risiko zu BBCH 55-65. Die Veränderungen sind abhängig von den Regionen und werden durch den Aussaattermin in der Regel deutlich beeinflusst. Hierin zeigen sich bereits wichtige Anpassungsmöglichkeiten.

Die Entwicklungsbedingungen von Blattläusen werden durch eine Erwärmung zwar grundsätzlich begünstigt, dieser Effekt wird aber durch negative Wirkungen von Wetterextremen wie Hitze und Trockenheit auf die Populationsdynamik der Blattläuse im Sommer wieder beeinträchtigt. Steigende Temperaturen fördern den Zuflug von Blattläusen im Herbst und deren sekundäre Ausbreitung im Bestand und somit auch deren Virusübertragung. Die Behandlungs- bzw. Kontrollwürdigkeit der Blattläuse im Herbst dürfte dadurch zukünftig steigen. Aufgrund des ungleichmäßigen Auftretens der Wetterextreme wird es allerdings zu starken Schwankungen der Populationen zwischen den Jahren kommen. Dieser Herausforderung muss sich der Pflanzenschutz durch zuverlässige Prognoseverfahren, effektive Pflanzenschutzmittel und die Einbeziehung natürlicher Regulationsmechanismen stellen.

## Winterraps

Im Winterraps muss das Augenmerk vor allem auf der vermehrten Schaderregerkontrolle im Herbst liegen. Ein erhöhtes Risiko besteht hier bei *Leptosphaeria maculans*, der Kohlflye (*Delia radicum*) und dem Rapserrdfloh (*Psylliodes chrysocephala*). Für *Leptosphaeria* ergeben sich ab Vegetationsbeginn eher ungünstigere Befallsbedingungen. Diese Effekte sind weitgehend unabhängig von den Regionen zu erwarten. Weiterhin gilt es, durch Anbau resistenter Sorten der Anreicherung von *Verticillium longisporum* im Boden entgegenzuwirken. Die mittlere Infektionswahrscheinlichkeit mit *Sclerotinia* wird jedoch in Zukunft bei beiden betrachteten Aussaatterminen, vor allem langfristig, deutlich abnehmen. Bei einer zukünftig abnehmenden mittleren Infektionswahrscheinlichkeit wird der Benutzung von Entscheidungshilfen (Modell SkleroPro) eine größere Bedeutung zukommen, um die Anzahl unnötiger Pflanzenschutzmittel-Applikationen zu reduzieren. Der Einsatz von biologischen Präparaten zur Reduktion des Inokulums im Boden (CONTANS WG) könnte als Baustein des integrierten Pflanzenschutzes zusätzlich zu einer Reduktion der *Sclerotinia*-Infektionsgefahr beitragen.

Bei den Stängel- und Blütenschädlingen ist zu beachten, dass der Raps zukünftig zu einem relativ späteren Entwicklungsstadium vom Erst- und Hauptzuflug der Schädlinge im Frühjahr getroffen werden könnte, da er sich in einem wärmeren Klima schneller entwickeln wird als die Schädlinge früher zufliegen können. Die Larven des Rapsstängelrüsslers haben zwar ein höheres Schadpotential mit früherem Zuflug der Adulten, trotzdem ist langfristig die Bedeutung des Schädlings als gleichbleibend zu beurteilen. Der Kohltriebrüssler, der vor allem kleine Pflanzen schädigt, wird zukünftig auf etwas größere Pflanzen treffen. Beim Rapsglanzkäfer ist der Zuflug zu BBCH 51 auch langfristig gegeben, so dass das Schadpotential als gleichbleibend zu beurteilen ist.

Bei einer zukünftigen Erwärmung wird die Entwicklung der Kohlflye erheblich beschleunigt. Wenn die Aussaattermine auch zukünftig Mitte-Ende August liegen, wird der junge Winterraps langfristig von der vierten Generation getroffen werden. Frühere Saaten könnten von der dritten und vierten Generation getroffen werden und die Kohlflye somit für mehr Schäden sorgen. Laut diesen Simulationen zur beschleunigten Entwicklung der Kohlflye und dem Auftreten einer zusätzlichen Generation wird die Bekämpfung bzw. die Anwendung vorbeugender Maßnahmen in Zukunft, vor allem langfristig, noch wichtiger.

## Zuckerrübe

Bei der Zuckerrübe wird die Bekämpfung der Blattkrankheiten *Cercospora beticola* und *Ramularia beticola* vermutlich eine zusätzliche Fungizidmaßnahme erfordern, während den zunehmenden Problemen durch die bodenbürtigen Pathogene *Rizomania*, *Rhizoctonia solani* und *Heterodera schachtii* vor allem durch Züchtung und Anbau resistenter/toleranter Sorten begegnet werden muss. Unabhängig vom Aussaattermin der Zuckerrübe könnte es vor allem langfristig zu einem um ca. 2 bis

4 Wochen früheren Erstauftreten (= 1 % befallene Felder in der Region) der Blattkrankheiten in beiden betrachteten Regionen kommen. Im Vergleich zu *Cercospora* findet das Erstauftreten von Rost und Mehltau mittel- und langfristig später, von *Ramularia* hingegen früher statt. Somit bleibt *Cercospora* in Zukunft zwar die Leitkrankheit im Zuckerrübenanbau, jedoch nimmt die relative Bedeutung von *Ramularia* zu. Gerade bei einer Kombination Spätaussaat und frühes Erstauftreten der Krankheiten ist die Pflanze langfristig einem erhöhten Infektionsdruck in jungen Stadien sogar vor dem Erreichen von 20 Blättern ausgesetzt. Als Anpassungsreaktion bietet sich in Zukunft eine frühere Aussaat an, um dem verfrühten Krankheitsdruck entgegenzuwirken. Dies wird aber von der Befahrbarkeit des Bodens abhängen, was bei der Verschiebung der Niederschläge ein Problem darstellen kann.

Bezüglich der viralen Wurzelbärtigkeit der Zuckerrübe, *Rizomania*, haben die Untersuchungen ergeben, dass durch einen möglichen Klimawandel weder zu erwarten ist, dass die pflanzliche Resistenzstabilität negativ beeinträchtigt wird, noch dass die Vektorübertragung des Virus gefördert wird. Das Krankheitsrisiko in Niedersachsen könnte demnach in Zukunft gleichbleibend sein. Daher muss diese Krankheit auch in Zukunft mit Hilfe von resistenten/toleranten Zuckerrübensorten kontrolliert werden. Hinsichtlich der Späten Rübenfäule der Zuckerrübe, verursacht durch den Pilz *Rhizoctonia solani* AG2-2IIIB, zeigte sich ein Anstieg des Befalls in Abhängigkeit von Bodentemperatur und Luftfeuchtigkeit im Bestand, unabhängig vom Genotyp. Allerdings war dieser Anstieg bei den resistenten Genotypen weitaus geringer ausgeprägt. Aufgrund der Bodenbürtigkeit des Erregers und des bisher unvorhersehbaren räumlichen und zeitlichen Befalls, verursacht durch unbekanntere physikalische und biologische Faktoren, kann mit den bisher erhobenen Daten noch keine Prognose eines veränderten Auftretens durch den erwarteten Klimawandel gegeben werden. Sortenresistenz wird auch in Zukunft das Mittel der Wahl für eine integrierte Bekämpfung dieser Krankheit sein.

Durch zukünftige Erwärmung des Bodens in den Regionen 3 und 4 könnte es zu einer schnelleren Entwicklung des Rübenzystenematoden *Heterodera schachtii* sowie einer erhöhten Anzahl von Generationen pro Jahr kommen, was langfristig zum Aufbau von höheren Populationsdichten im Boden und somit zu höheren Ertragsverlusten führen würde. Seit dem Ende der Zulassung des Nematizid-Einsatzes ist eine direkte Bekämpfung von *Heterodera schachtii* nur durch den Anbau von resistentem Senf und Örettich als Zwischenfrucht und resistenten Sorten als Hauptfrucht möglich. Um den Populationsaufbau im Boden zu begrenzen und gleichzeitig einen höheren Rübenantrag zu realisieren, werden in Anbaugebieten mit Befall zur Zeit auf mehr als 50 % der Anbaufläche tolerante Zuckerrübensorten angebaut. Bei steigenden Temperaturen und höherem Befallsdruck bedarf der Anbau toleranter Sorten eines gezielten Resistenzmanagements, um die Selektion von Pathotypen zu verhindern.

## Mais

Ein Vergleich der Temperaturansprüche der Pathogene an Mais für die Infektion mit den Tagesdurchschnittstemperaturen von Mai bis Oktober in Region 2 in der Basisperiode sowie in 2021-2050 und 2071-2100 zeigt, dass vor allem *Exserohilum turcicum* und die Brandpilze von erhöhten Tagesdurchschnittstemperaturen profitieren könnten. Für *Fusarium* hingegen sind die Temperaturen schon heute überwiegend im günstigen Temperaturbereich. Das zukünftige Infektionsrisiko der betrachteten Maispathogene ist aufgrund der projizierten durchschnittlichen Temperaturerhöhung in der Modellregion 2 somit als zunehmend einzuschätzen. Allerdings wurden die Feuchtigkeitsbedingungen für die Infektion bisher nicht berücksichtigt. Der Maisanbau wird in Zukunft eventuell Fungizid-Anwendungen gegen *Exserohilum turcicum* und *Fusarium* spp. erfordern, jedoch ist auch die Sortenwahl ein wichtiges vorbeugendes Werkzeug zur Eindämmung sowohl dieser Pathogene, als auch der Brandpilze *Ustilago maydis* und *Sphacelotheca reiliana*.

Viele der Mais befallenden Schadinsekten werden von der zukünftigen Erwärmung profitieren, indem sie sich schneller entwickeln und höhere Populationsdichten aufbauen können. Dies wird allerdings stark überlagert durch die Effekte des zunehmenden Maisanbaus, was der Hauptgrund für die Ausbreitung des Maiszünslers in den letzten Jahren von Süddeutschland in Richtung Norden ist. Unter wärmeren Bedingungen könnte aber mit dem vermehrten Auftreten der bivoltinen Rasse auch in Niedersachsen (Region 2) gerechnet werden.

Der Westliche Maiswurzelbohrer ist seit 2007 im Süden Deutschlands etabliert. In Zukunft muss allein aufgrund des verstärkten Maisanbaus mit einer weiteren Ausbreitung auch nach Niedersachsen gerechnet werden. Vor allem in Region 2 mit intensivem Maisanbau könnte dieser auf enge Maisfruchtfolgen angewiesene Schädling dann Probleme bereiten. Die Klimaansprüche für eine Ansiedelung des Maiswurzelbohrers sind bereits jetzt in ganz Niedersachsen erfüllt. Ein weiterer Anstieg der mittleren Temperaturen würde aber sowohl die Vermehrung als auch den Beginn des Larvenfraßes an den Wurzeln begünstigen. Somit werden vor allem die Schädlinge in Zukunft in Niedersachsen Probleme im Maisanbau bereiten, so dass Insektizid-Einsätze gegen *Ostrinia nubilalis* (Maiszünsler) und ein Verzicht auf Mais-Monokulturen gegen *Diabrotica vergifera vergifera* (Westlicher Maiswurzelbohrer) notwendig werden könnten. Diese Entwicklung ist aber im Wesentlichen nicht klimatisch, sondern durch den verstärkten Anbauumfang von Mais bedingt.

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass es im niedersächsischen Ackerbau einerseits zu Verschiebungen im zeitlichen Auftreten der Schaderreger und damit in der Anwendung von Fungizid- und Insektizid-Applikationen kommen wird, andererseits aber die zukünftige Bedeutung von vorbeugenden Maßnahmen im Pflanzenschutz steigen wird, um das Befallsrisiko zu minimieren. Wesentliche Voraussetzung für hohe Produktivität in der Pflanzenproduktion wird auch zukünftig der technologische Stand in Anbautechnik und Pflanzenschutz sein, deren weiterer Fortschritt in den hier vorgestellten Projektionen nicht berücksichtigt wurde.

## Unkräuter

Bei den Unkräutern lassen sich auf der Basis der Modellergebnisse folgende mögliche Reaktionsmuster identifizieren:

- Wärmeliebende Profiteure (*Amaranthus retroflexus*, z. T. *Convolvulus arvensis*, *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crus-galli*, *Polygonum persicaria*, *Setaria viridis*, *Xanthium stramonium*)
- Wärmeliebende Arten, die verschlechterte Bedingungen vorfinden bzw. potenzielle Einwanderer, deren Einwanderung möglicherweise ausbleibt (*Iva xanthiifolia*, *Nicandra physalodes*, in Teilen: *Abutilon theophrasti*)
- Generalisten mit Verschlechterungstendenz (*Polygonum convolvulus*, *Viola arvensis*)
- Weitestgehend unbeeinträchtigte Arten (*Datura stramonium*, *Solanum nigrum*, *Polygonum aviculare*)

Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass sowohl in den Experimenten als auch in den Modellierungen nur eine Auswahl von Umwelt- bzw. Standortvariablen berücksichtigt werden konnte, so dass in diesem Bericht lediglich Tendenzen aufgezeigt werden können. Sich ändernde Landnutzungsformen (Bewirtschaftungstechniken, Kulturartenspektrum) werden möglicherweise die aufgezeigten Tendenzen verstärken oder auch abmildern können, in jedem Fall aber erheblich beeinflussen.

Faktoren, die schwer prognostiziert werden können, aber dennoch das zukünftige Unkrautmanagement beeinflussen werden, sind:

- die Entwicklung von Herbizid-Resistenzen bei Unkrautarten
- die Markteinführung neuer Herbizid-Präparate mit verändertem Wirkspektrum und veränderten Anwendungsvoraussetzungen in Bezug auf Temperatur, Strahlung und Bodenfeuchte
- der Züchtungserfolg bei den Kulturpflanzen im Hinblick auf Toleranz gegenüber Umweltstress und im Hinblick auf die Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern
- die Einführung neuer Agrartechnik im Hinblick auf die Unkrautbekämpfung
- der Landschaftskontext (Anteil der nach Ökolandbau-Richtlinien bewirtschafteten Flächen im Umkreis), die Art der Bodenbearbeitung, und die Gestaltung der Fruchtfolgen.

Das Unkrautmanagement der Zukunft abzubilden fällt noch schwerer als die Eignung eines Gebietes für die Verbreitung bestimmter Arten vorauszusagen. So ist die Unkrautbekämpfung einerseits eine Reaktion auf bestehende Bekämpfungsprobleme und wird sich an ändernde Bedingungen anpassen müssen. Andererseits ist die Unkrautbekämpfung auch ein Treiber für Veränderungen des Unkrautspektrums, wie sich an der Selektion von schwer bekämpfbaren oder gar Herbizid-resistenten Populationen gezeigt hat. Die Wahl der Bekämpfungsmaßnahmen ist darüber hinaus stark den Märkten und den Zulassungsbedingungen für Herbizide unterworfen. Vor diesem

Hintergrund können etwaige Anpassungsreaktionen nur mit großer Vorsicht abgeschätzt werden.

### *Abiotische Schäden im Obst- und Gemüsebau*

Um hoch relevante Einflüsse des Klimawandels auf den Gartenbau ("Knock-Out-Effekte") zu ermitteln, wurden mittels hochaufgelöster simulierter Zeitreihen Trends von Klimaeffekten (z.B. der Vernalisation (Induktion der Blüte durch Kälteperioden), Schäden durch Spätfrost oder Trockenstress) abgeschätzt. Hierfür wurden in Zusammenarbeit mit QT1 eine Bias-Korrektur entwickelt und die Unsicherheiten aus Klima- und Impaktmodellen untersucht.

Die Ergebnisse zeigen auf regionaler Ebene keine Zunahme der Risiken für die Produktion:

- das zukünftige Blütenfrostrisiko für Äpfel wird nicht steigen.
- die Projektionen der Temperatur zeigte die niedrigste Unsicherheit, gefolgt von den Phänophasen und dem Blütenfrostrisiko - alle Größen zeigen die geringsten Unsicherheiten für den Zeitraum 2078-2087.
- der zukünftige Energiebedarf deutscher Gewächshäuser wird mit hoher Sicherheit abnehmen, insbesondere in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts.
- ein Trockenstressmodell wurde für Kopfsalat entwickelt.
- obligat vernalisierende Pflanzen wiesen eine verzögerte Vernalisierung und teils kürzere Kulturdauer auf.

### Schlussfolgerungen

Zentrales Ergebnis der Untersuchungen im FT3 - Pflanzenproduktion ist, dass sich die Pflanzenproduktion in Niedersachsen in Zukunft an den Klimawandel und seine Folgen anpassen muss und dazu auch in der Lage ist. Die Landwirte werden unter Nutzung der schon jetzt gegebenen Möglichkeiten verschiedene Anpassungsstrategien zum vorbeugenden und gezielten Handeln verfolgen. Mögliche Anpassungsstrategien an veränderte Schaderregerbedingungen sind zeitlich angepasste oder zusätzliche Fungizid-, Herbizid- und Insektizid-Maßnahmen, angepasste Bodenbearbeitung (z.B. Pflugeinsatz und zusätzliches Grubbern, Mulchen, etc.), veränderte Aussaatzeiten und der Einsatz stresstoleranter (z.B. gegen Hitze und Trockenheit) und gegen Schaderreger widerstandsfähiger Sorten.

Einige Anpassungsstrategien könnten zusätzliche Kosten verursachen. Die ökonomische Analyse hat allerdings deutlich gemacht, dass Preisveränderungen und Ertragsschwankungen weitaus größere Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der Produktionsverfahren haben als variierende Pflanzenschutz- oder Saatgutkosten. Im Vergleich der Effekte wird deutlich, dass die Produktpreisschwankungen den größten Einfluss auf die Deckungsbeiträge haben. Ertragsschwankungen haben von den klimabedingten Effekten den größten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Produktionsverfahren, weswegen der Stabilisierung der Erträge auch durch effiziente Pflan-

zenschutzmaßnahmen zentrale Bedeutung zukommt. Die Wirkung auf den Deckungsbeitrag ist in allen Regionen aufgrund der unterschiedlichen Standortbedingungen verschieden. So sind die Effekte auf die leistungsfähigeren Produktionsverfahren und für die leistungsstärkeren Standorte geringer. Je höher der Deckungsbeitrag ist, desto geringer ist der Effekt durch Ertrags-, Produktpreis- und Kostenschwankungen. Unter den heutigen Bedingungen sind die Produktionsverfahren Weizen und Zuckerrübe attraktiver als Mais und Raps. Trotz eines möglicherweise veränderten Schaderregerauftretens wird auch in Zukunft durch technologische Fortschritte im Bereich der Pflanzenzüchtung, des Pflanzenbaus, der Agrartechnik und des Pflanzenschutzes mit zunehmenden Erträgen zu rechnen sein. Bei den dadurch erhöhten Deckungsbeiträgen werden die Folgen von klimabedingten Veränderungen der Schaderregersituation abnehmende Bedeutung haben. Tiefgreifende Einschnitte in die Wirtschaftlichkeit und Produktivität der Pflanzenproduktion in Niedersachsen sind bei diesem Szenario nicht zu erwarten.

Landwirte sind es gewohnt, sich jährlich neu auf wechselnde klimatische Bedingungen einzustellen und ihre agronomischen Maßnahmen daran anzupassen. Daher ist nach den vorliegenden Ergebnissen nicht zu erwarten, dass sich durch den Klimawandel mittelfristig gravierende Änderungen der Fruchtfolgen und deren Produktivität in Niedersachsen ergeben werden. Volatile Märkte und politische Rahmenbedingungen werden auch in Zukunft die weitaus bedeutsameren Determinanten des wirtschaftlichen Erfolgs der Ackerbaubetriebe sein. Marktpreise und Marktnachfrage bestimmen ebenso nachhaltig die Produktionsverfahren wie der agrotechnische Fortschritt. Die weitere Entwicklung dieser Faktoren ist allerdings noch schwieriger vorherzusehen als die hier betrachteten möglichen Klimaveränderungen. Legt man die Erfahrungen aus der Vergangenheit zugrunde (siehe zum Beispiel die Ausdehnung des Raps- und Maisanbaus durch Energiegesetzgebung) wird allerdings deutlich, dass die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und der technische Fortschritt gegenüber den prognostizierten Klimaschwankungen den dominierenden Einfluss auf die zukünftige landwirtschaftliche Produktion haben werden.

#### **4. Forschungsthema 4: Tierproduktion (FT4)**

*Gerhard Brewes<sup>1</sup>, Sven Dänicke<sup>2</sup>, Janina Demeler<sup>3</sup>, Heiko Hansen<sup>4</sup>, Johannes Isselstein<sup>5</sup>, Sven König<sup>6</sup>, Maria Martinsohn<sup>4</sup>, Ulrich Meyer<sup>2</sup>, Martin Potthoff<sup>7</sup>, Georg von Samson-Himmelstjerna<sup>3</sup>, Bernd Schröder<sup>1</sup>, Nicole Wrage<sup>5</sup>, Matthias Gauly<sup>8</sup>*

<sup>1</sup>Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

<sup>2</sup>Institut für Tierernährung, Friedrich-Loeffler-Institut Braunschweig

<sup>3</sup>FB Veterinärmedizin Freie Universität Berlin

<sup>4</sup>Institut für Betriebswirtschaft, Johann Heinrich von Thünen-Institut Braunschweig

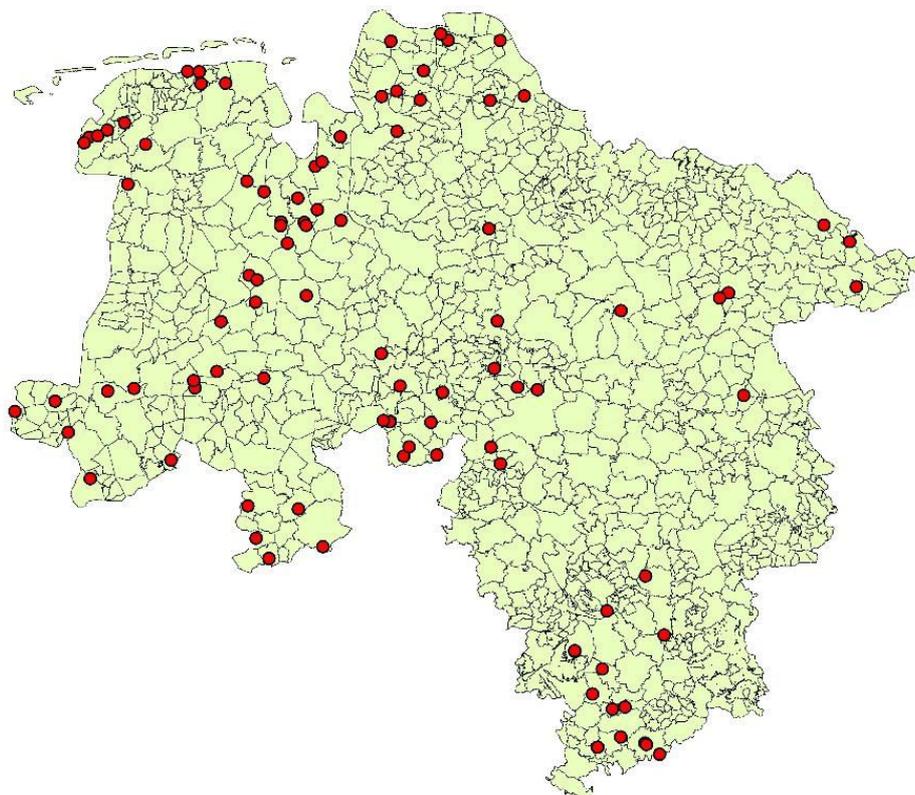
<sup>5</sup>Abt. Graslandwissenschaft Georg-August Universität Göttingen

<sup>6</sup>FB Ökologische Agrarwissenschaften Universität Kassel

<sup>7</sup>Zentrum für Biodiversität und nachhaltige Landnutzung, Georg-August Universität Göttingen

<sup>8</sup>Dept. für Nutztierwissenschaften Georg-August Universität Göttingen

In der Tierproduktion standen die Auswirkungen des projizierten Klimawandels auf die Rinderhaltung und Milchproduktion im Zentrum. Untersucht wurden Auswirkungen auf Produktivität, Fruchtbarkeit und Gesundheit der Tiere in verschiedenen Produktionssystemen. Dabei standen 88 Milchviehbetriebe im Fokus intensiver Untersuchungen, in denen die Systeme und verfahrenstechnischen Abläufe auf ihre Sensitivität gegenüber dem Klimawandel betrachtet wurden. Es wurden aber insgesamt Daten von etwa 200 Betrieben analysiert.



*Abb. FT4-1: Verteilung der im Fokus der Untersuchungen stehenden 88 KLIFF-Milchviehbetriebe in Niedersachsen (Karte: C. Mönning, FT3).*

Weiter waren die Auswirkungen des Klimawandels, besonders die Folgen erhöhter Temperaturen und zunehmender Trockenperioden im Sommer, auf die Futterqualität von Grünland und dessen Belastung mit Parasiten Gegenstand der Forschungen. Ebenfalls untersucht wurden die physiologischen Effekte veränderter Futterqualitäten auf die Verdauung und Verwertung veränderter Futterqualitäten. Die Ergebnisse wurden regional für die Küstenregion, das Aller-Leine Einzugsgebiet und die Lüneburger Heide analysiert. In diesem Forschungsthema wurden ein breites Spektrum von Methoden von Untersuchungen im Freiland und den Ställen, Analysen der Milch und experimentellen Arbeiten mit Grünlandpflanzen in Klimakammern bis hin zur Arbeit mit Fistelrindern und künstlichen Pansen angewandt. Mit statistischen Methoden wurden die Einflüsse verschiedener zeit- und klimaabhängiger Variablen getestet, um die bedeutenden Einflussfaktoren zu ermitteln.

Als Grundlage der sozioökonomischen Analyse der Auswirkungen für die Landwirte wurden Betriebsdaten erfasst und Befragungen durchgeführt. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen wurden Handlungsempfehlungen abgeleitet und über Bera-tertage und praxisrelevante Publikationen an die Fachpraxis vermittelt.

#### Zentrale Ergebnisse:

Die wesentlichen Risiken der Klimaerwärmung für die Produktion von Milch in den Graslandregionen Niedersachsens liegen in einer eingeschränkten Hitzetoleranz der auf maximale Milchproduktion hin gezüchteten Tiere. Dazu kommen die unklare Entwicklung pathogener Belastungen und eine möglicherweise beeinträchtigten Bereitstellung von ausreichenden Mengen und Qualitäten von Futter.

#### *Auswirkungen des Klimawandels auf Leistungseigenschaften beim Milchrind*

Zur Untersuchung der Auswirkungen von Hitzestress auf Tiergesundheit und Milchproduktion wurde der Temperatur-Luftfeuchte-Index (THI) herangezogen, der beide Faktoren kombiniert und so eine deutlich besseres Maß für die „gefühlte Hitze“ liefert, als die Betrachtung der einzelnen Größen. Für verschiedene Produktionsmerkmale wie z.B. die Milchmenge und den Eiweißgehalt der Milch sowie für funktionale Merkmale im Produktionsprozess der Milch (z.B. Besamungserfolg der Kühe, die somatische Zellzahl in der Milch als Qualitätsmerkmal) wurde ein THI von 60 als „Hitzestressschwelle“ ermittelt (Abb. FT4-1). Hitzestress hatte auch negative Auswirkungen auf Besamungsbullen, bei denen Verringerungen der Qualität und Quantität der Spermien nachgewiesen wurden.

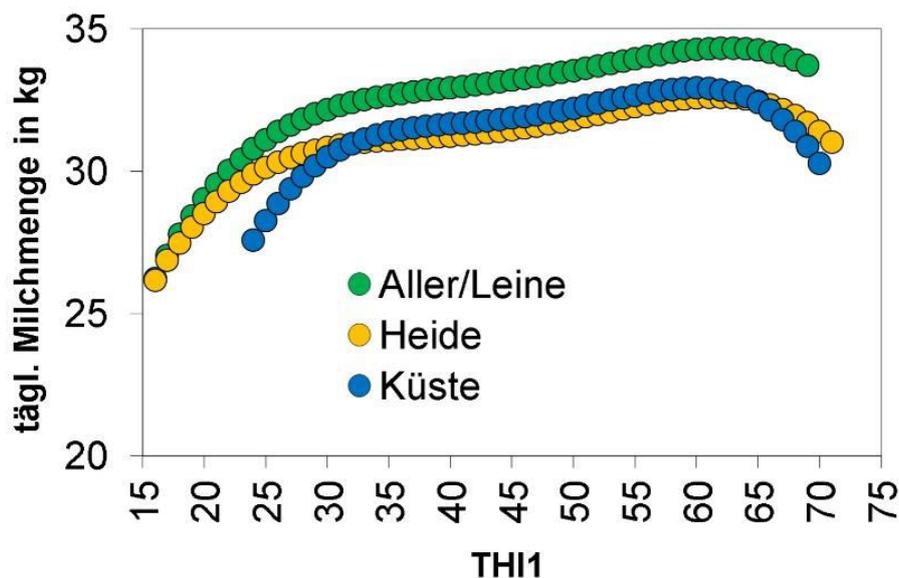


Abbildung FT4-1: LSQ-Mittelwerte für die tägliche Milchmenge in Abhängigkeit des THI für verschiedene Regionen Niedersachsens

Die mit dem Überschreiten dieser Schwelle verbundenen Einbrüche bei Leistungs- und Fruchtbarkeitsparametern spiegeln die Sensitivität von Hochleistungskühen gegenüber Umwelteinflüssen wieder. Im Bereich der Produktionsmerkmale konnte für eine Vielzahl genetischer Parameter gezeigt werden, dass sich die Varianzen, also das Potential genetischer Vielfalt, mit steigendem THI verringert. Das bedeutet, Hitzestress verhindert eine deutliche Ausdifferenzierung des genetischen Potentials (bzw. der Vielfalt) in den Herden. Auch zeigte sich, dass es für viele züchtungsrelevante Parameter deutliche Zusammenhänge zwischen Umwelteinflüssen (hier Hitzestress) und der genotypischen Ausstattung der Tiere gibt, sogenannte Genotyp-Umwelt-Interaktionen. Für die betrieblichen Haltungsformen mit Weidegang war so z. B. die enge Koppelung von Euterentzündungen und reduzierter Fruchtbarkeit mit dem Faktor Hitzestress nachweisbar.

Möglichkeiten der Anpassung gibt es vor allem im Hinblick auf die Züchtung der Tiere, in der die Hitzetoleranz einen höheren Stellenwert erhalten sollte. Es konnte gezeigt werden, dass es bei genom-basierten Züchtungsverfahren möglich ist, Kandidaten mit den gewünschten Eigenschaften für einige Merkmale schon früh, das heißt vor der Ausprägung dieser Merkmale, zu selektieren. So konnten wichtige Impulse für eine verbesserte Zuchtwertschätzung von Milchvieh geliefert werden.

#### *Einfluss der Produktionssysteme*

In 88 in Kooperation mit der Landwirtschaftskammer Niedersachsen ausgewählten Betrieben wurden die Haltungssysteme „offener und geschlossener Stall“, jeweils mit oder ohne Weidegang, hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den THI untersucht. Es zeigte sich, dass THI-Schwellenwerte während der Sommermonate regelmäßig überschritten wurden und es deshalb zu Rückgängen von Milchleistung und –qualität und Verschlechterungen der Tiergesundheit kam. Insgesamt konnte von den ver-

schiedenen Haltungsklustern (Offenstall gegenüber geschlossenem Stall jeweils mit und ohne Weidegang) kein System identifiziert werden, welches Klimaschwankungen bzw. –extreme effektiver kompensiert als andere. Allerdings waren die Effekte hoher THI-Werte in Ställen ohne Dämmung im Dachbereich deutlicher ausgeprägt. Beobachtungen zeigen: haben Kühe die Wahl, so bevorzugen sie ganz unabhängig von der Witterung Stallbereiche mit Außenklima beziehungsweise Außenklimaeinfluss. In Ställen mit automatischem Melksystem, das den Kühen innerhalb gewisser Grenzen ermöglicht selbst zu entscheiden, wann und wie oft sie gemolken werden, konnte beobachtet werden, dass die Anzahl der täglichen Melksystembesuche bei Hitze anstieg, was zu einer Stoffwechselentlastung der Tiere führte. Darin kann auch im Hinblick auf die Klimapassung ein Vorteil solcher Systeme gesehen werden.

Die Datenanalysen zur Messung der Temperatur im Pansen laktierender (milchgebender) Milchkühe dauern noch an. Sie zielen darauf ab, bei einem möglichen Anstieg der Körpertemperatur unter ungünstigen Stallklimabedingungen Schwellenwerte für einsetzenden Hitzestress präzise zu ermitteln und Wechselwirkungen mit der Futter- und Wasseraufnahme zu analysieren. Zu diesem Zweck wurden auch die individuelle Futter- und Wasseraufnahme der Tiere (Aufnahmezeiten und –mengen) erfasst.

Abschließend lässt sich feststellen, dass bereits unter den gegenwärtigen Klimabedingungen negative Effekte durch Hitzestress auftreten. Besonders die zukünftig vorhergesagten Hitzeperioden und Wetterextreme können zu erheblichen Auswirkungen auf die Leistung und das Wohlbefinden von Milchkühen führen. Anpassungsmaßnahmen bieten sich vor allem im Bereich der Stalldämmung, durch eine Erhöhung des Luftaustauschs mittels Ventilatoren und Wasservernebelung an.

#### *Auswirkungen des Klimawandels auf die Futterwerte ausgewählter Pflanzen und damit Futteraufnahme und Stoffwechsel von Wiederkäuern*

Der Einfluss von durch Klimaänderungen in ihrer Nährstoffzusammensetzung veränderten Futterpflanzen auf die für die Verdauung wichtige Mikrobengemeinschaft im Pansen von Wiederkäuern wurde mit Hilfe einer Technik untersucht, die den Pansen simuliert (In-vitro). Es zeigte sich, dass Maisvarianten, die unter erhöhter CO<sub>2</sub>-Konzentration (550 ppm) angezogen wurden, zu höheren Ammoniakgehalten in der Pansenflüssigkeit führten als unter heutigen Bedingungen angezogener Mais. Dieser Effekt trat auch bei unter Trockenstress angezogenen Varianten auf, wobei es hier zusätzlich zu höheren pH-Werten in der Pansenflüssigkeit kam. Alle weiteren Parameter des mikrobiellen Vormagenstoffwechsels wiesen keine Unterschiede auf. Diese Befunde unterstreichen die hohe Anpassungsfähigkeit der mikrobiellen Gemeinschaft bei der Fermentation von Mais, der unter unterschiedlichen Klimabedingungen gewachsen ist. Der Mais steht damit von Seiten der Verstoffwechslung als wichtige Futterpflanze auch zukünftig nicht in Frage.

Trockenstress verändert bei Gräsern und Leguminosen die Nährstoffzusammensetzung, allerdings in Abhängigkeit von der Pflanzenart sehr unterschiedlich. Die Diffe-

renzen zwischen den Arten waren stärker ausgeprägt als die Unterschiede zwischen gestressten und nicht gestressten Pflanzen einer Art. Dies galt auch für die Parameter des Stoffwechsels: statt reiner Trockenstresseffekte dominierten Effekte der Pflanzenart sowie Wechselwirkungen zwischen den Einflussfaktoren Trockenstress und Pflanzenart. Dies bedeutet, jede Pflanzenart als Population reagiert sehr individuell. Leguminosen zeigten grundsätzlich häufigere und stärkere Effekte als Gräser. Auf die qualitative Zusammensetzung der mikrobiellen Population hatte der Trockenstress der Pflanzen bei der Fermentation der Gräser keinen Einfluss. Bei einigen Leguminosen veränderte sich aber die Zusammensetzung der Mikroorganismenpopulationen aufgrund von Trockenstress, bei anderen Arten zeigte sich kein Effekt.

Die hier festgestellten Einflüsse auf Kenndaten des mikrobiellen Vormagenstoffwechsels zeigen, dass verstärkte sommerliche Trockenperioden sich auf heimische Gräser und Leguminosen auswirken werden. In der Folge werden auch Wiederkäuer, als Konsumenten dieser Pflanzen, durch diese Klimaveränderung betroffen sein. Aufgrund der uneinheitlichen Ergebnisse können bisher keiner der untersuchten Pflanzenarten besondere Vor- oder Nachteile als Futtermittel unter Trockenstressbedingungen zugesprochen werden. Um den Einfluss auf das Gesamttier abzuschätzen, sind In-vivo-Fütterungsversuche nötig. Die vorliegenden Ergebnisse aus den durchgeführten In-vitro-Studien sind jedoch eine essenzielle Grundlage für kontrollierte In-vivo-Studien.

In guter Übereinstimmung mit den mikrobiologischen Untersuchungen im künstlichen Pansen zeigten Analysen, dass der Futterwert von Mais weder durch erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Atmosphäre, noch durch Trockenstress verändert wird. Das heißt, dass die heute gängigen, in großem Umfang auf Maissilage basierenden Fütterungsverfahren zumindest aus Sicht des Futterwertes, nicht geändert werden müssen. Diese Einschätzung wird durch toxikologische Untersuchungen der Maissilage sowie der Analyse der Roh Nährstoffverdaulichkeit nicht vollständig in Frage gestellt. Die Belastung von Maissilage mit Mykotoxinen (Pilzgiften) wurde durch Trockenstress oder erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentrationen während des Pflanzenwachstums nicht verändert. Die Roh Nährstoffverdaulichkeit für bestimmte Fraktionen des Futters war allerdings durch Hitzestress verringert. Letzteres konnte für kleine Wiederkäuer (Schafe) gezeigt werden. Trotz recht konstanter Daten für die Qualitäten der Pflanzensubstanz nach dem Anbau zeigte sich aber auch, dass es durch Hitze Effekte auf den Prozess der Silierung gibt, die Qualitätswirksam sein können.

Allerdings muss berücksichtigt werden, dass sich die Gesamtfuttermittelaufnahme durch die Tiere bei Hitzestress deutlich verringerte, was nachweislich nicht ohne Folgen für die Milchleistung und die -qualität blieb. Offenbar ist es für die Kompensationsfähigkeit der Tiere gegenüber Hitze am Tage wichtig, dass die vorangehenden Nachttemperaturen vergleichsweise kühl waren. Bleiben auch die Nachttemperaturen warm (über 21°C) können die Kühe weniger gut mit der Hitze des Tages umgehen.

Durch Fütterung mit Niacin (Nicotinsäure) und Konzentrat-Futtermitteln wird eine verbesserte Hitzetoleranz der Milchkühe erwartet. Fütterungsversuche dämpfen diese Erwartungen jedoch. Die Niacinzulage hatte keinen Einfluss auf Haut-, Unterhaut-

und Rektaltemperatur, erhöhte aber tendenziell die Atemfrequenz. Hohe Konzentrat-Anteile in der Futtermischung reduzierten allerdings sowohl die Haut- als auch die Pantentemperatur bei gleichzeitigem Anstieg der Säuregehalte. Niacin ist demnach nur in geringem Maße als Futterzusatzstoff zur Milderung von Hitzestress geeignet. Eher schon eine Erhöhung des Konzentrat-Anteils. Allerdings muss bedacht werden, dass aufgrund der Säurewirkung der Einsatz von Konzentrat-Futtermitteln in Wiederkäuerungen nur eingeschränkt möglich ist.

### *Futterproduktion auf Dauergrünland im Klimawandel*

Ein Vegetationshallenversuch unter kontrollierten Bedingungen zeigte für unterschiedlich diverse Graslandvegetationsmischungen, dass sich in Abhängigkeit von der Stärke eines Trockenstresses die Produktivität grundsätzlich verringert. Die Wassernutzungseffizienz der Pflanzen war bei moderatem Trockenstress erhöht, bei großem Trockenstress jedoch vermindert. Die Artenzahl zeigte eine nur geringe Wirkung auf die Produktivität der Bestände und auf die Reaktion gegenüber Trockenstress. Artenreiche Bestände waren dennoch leistungsfähiger als die Monokulturen, was aber vor allem auf das Vorkommen von Leguminosen in den Mischbeständen zurückzuführen war.

In verschiedenen niedersächsischen Regionen wurden diverse und monotone Graslandvegetationen künstlichem Trockenstress ausgesetzt. Im Mittel wurde der Grünlandertrag durch Trockenstress um weniger als fünf Prozent reduziert. Es traten jedoch erhebliche Unterschiede zwischen Standorten, Grasnarben, Düngungsstufen und Jahren auf; die Effekte dieser Faktoren waren zum Teil deutlich stärker als der des Trockenstresses. Der vergleichsweise geringe Effekt des Trockenstresses konnte auf eine bei Stress erhöhte Wasser- bzw. Regennutzungseffizienz zurückgeführt werden. Diversitätseffekte auf den Ertrag bzw. im Hinblick auf die Reaktion gegenüber Trockenstress wurden durch Standort und Düngung stark modifiziert. Auch unter Freilandbedingungen bestätigte sich, dass Diversitätseffekte weniger auf die Anzahl von Pflanzenarten als auf die funktionelle Zusammensetzung der Grasnarbe zurückzuführen sind. Wichtige Kriterien der Futterqualität waren durch Trockenstress kaum beeinflusst. Bei starkem Trockenstress wurden leicht erhöhte Rohprotein- und verringerte Faserkonzentrationen festgestellt, was sogar auf eine geringfügig verbesserte Futterqualität hinweist.

Die für die nächsten Jahrzehnte für Niedersachsen prognostizierte Zunahme von Trockenstressereignissen wird somit nicht zu drastischen Ertragseinbrüchen auf dem Grünland führen, da die Bestände zunächst mit einer verbesserten Wassernutzungseffizienz reagieren können und eine angepasste Düngung Trockenstresseffekte abschwächen kann. Die Reaktion der Grasnarben gegenüber Trockenstress wird aber durch Standortwirkungen modifiziert; die Berücksichtigung von Standortspezifika bei der Bewirtschaftung des Graslands wird damit offensichtlich wichtiger werden. Demgegenüber wird die Diversität der Grasnarbe für die Produktivität weniger entscheidend sein. Bei Reduktion der Stickstoffdüngung werden jedoch die Zusammenset-

zung der funktionellen Gruppen des Graslandes und insbesondere die Leguminosen eine größere Rolle spielen.

### *Leguminosen-basierte Graslandwirtschaft als Beitrag zur Grundfuttererzeugung*

Zur Untersuchung des Einflusses von Leguminosen wurde die agronomische Leistungsfähigkeit des Leguminosenbasierten Futterbaus entlang eines Klimagradients in Niedersachsen von subatlantisch bis subkontinental untersucht. Neue Leguminosenarten wie Hornklee, Gelbklee, Esparsette, Sumpfklee, Sichelluzerne sowie der etablierte Weißklee wurden dabei im Reinbestand und in Mischung mit Deutschem Weidelgras zeitweiligem Trockenstress ausgesetzt.

Während der Weißklee relativ stark im Ertrag auf Wassermangel reagierte, erwiesen sich die Sichelluzerne und besonders der Gelbklee als robuster und stabiler. Untersuchungen zu den Isotopenverhältnissen des Kohlenstoffs in den Pflanzen legen nahe, dass der Gelbklee physiologisch eine optimierte Wassernutzungseffizienz aufweist. Zudem unterschieden sich die Leguminosen unter Trockenstress deutlich in der Verteilung des aufgenommenen Kohlenstoffs zwischen Spross und Wurzel und in ihrer Durchsetzungsfähigkeit in einem Mischbestand.

Die Erträge der Leguminosen zeigten nach einer Trockenstressphase deutlich standortbedingte Unterschiede. Weißklee reagierte in Reinkultur aber auch in Mischung mit Deutschem Weidelgras an Standorten mit sandigen Böden bei langem und starkem Trockenstress mit starken Ertragseinbrüchen. Unter diesen Bedingungen könnte der Hornklee eine Alternative darstellen. Für Standorte mit lehmigen Böden erwiesen sich auch Esparsette und Sichelluzerne als mögliche Alternativen. Die Futterqualität ist in der Regel unter Bedingungen des Trockenstresses vermindert, dies zeigen insbesondere die niedrigeren Gehalte an Rohprotein. Deutliche Unterschiede bestanden allerdings zwischen den Leguminosenarten für deren Gehalte an Rohprotein und Strukturfasern. In Hinsicht auf eine bessere Verdaulichkeit zeigen vor allem Weißklee und Gelbklee gute Werte.

Es gibt Alternativen zu Weißklee, aber ihr Erfolg hängt stark von den standörtlichen Bedingungen und der Art der Bewirtschaftung ab. Weißklee zeigt unter starkem Trockenstress zwar bedeutende Rückgänge in den Erträgen, allerdings ist das Ertragsniveau deutlich höher als bei den alternativen Arten. Dies hängt mit dem Grad der züchterischen Bearbeitung der alternativen Arten zusammen, der in der Regel nicht sehr ausgeprägt ist. Es zeigte sich, dass die alternativen Arten durchaus andere und vielversprechende Anpassungsstrategien an zeitweiligem Trockenstress besitzen, die züchterisch genutzt werden können. Dabei gilt es, den Ertrag und die Qualität aber auch die Stickstofffixierung und Konkurrenzfähigkeit im Mischbestand weiter zu steigern, ohne die Robustheit gegenüber Trockenstress einzubüßen.

### *Risiken durch parasitäre Infektionserreger bei Rindern*

Die erwarteten neuen Wetterverhältnisse während der Weidesaison bedeuten nicht nur Veränderungen für die Weiderinder sondern auch für die freilebenden Parasitenpopulationen, die auf jeder Weide zu finden sind. Für drei ausgewählte Parasitengruppen, Leberegel, Lungenwürmer und Magen-Darm-Nematoden, wurde in drei sich mikroklimatisch unterscheidenden Regionen in Niedersachsen festgestellt, dass die Häufigkeit infizierter Rinder in Bezug auf alle Parasiten insbesondere im milden ausgeglichenen Küstenklima erhöht ist. Die aktuellen KLIFF-Erhebungen zeigen darüber hinaus für den Lungenwurm einen deutlichen Rückgang der Erkrankungen im Vergleich zu älteren Untersuchungen.

Ein zweiter Schwerpunkt bezog sich auf Überlebensparameter der freilebenden, infektiösen Parasitenstadien. In Zusammenarbeit mit anderen Teilprojekten konnten erfolgreich Methoden zur Wiedergewinnung von parasitischen Nematodenlarven aus Grünland und Boden entwickelt und validiert werden. Leguminosen fördern das Larvenvorkommen, wogegen Trockenstress letzteres im Grasland reduziert. Außerdem konnte eine nicht unerhebliche Reservoirfunktion des Bodens für Larven nachgewiesen werden. Bei Trockenstress und Hitze wurden verhältnismäßig mehr Larven im Boden gefunden. Der Boden kann offenbar aktiv als Rückzugsraum genutzt werden. Insgesamt wird aber die allgemeine Annahme, dass heiße und trockene Sommer die frei lebende Parasitenpopulation reduzieren, durch die Untersuchungen gestützt. Notwendige veterinärmedizinische Maßnahmen (Mittleinsatz) können allerdings zu einem Resistenzproblem als weiterem Klimafolgenaspekt führen. Im Teilprojekt konnte gezeigt werden, dass die Reduktion der Freilandstadien sukzessive den Anteil resistenter Parasiten, die die Behandlung im Rind überlebt haben, ansteigen lässt. Durch antiparasitäre Behandlungen wurde der Anteil an resistenten Parasiten in den nachfolgend weidenden Tieren erhöht.

Diese Untersuchungen machen deutlich, dass trotz des Risikos einer Parasiteninfektion ein rein präventiver und regelmäßiger Einsatz von Antiparasitika mit erheblichen Nachteilen verbunden ist. In vielen Ländern mit heißen Klimaphasen (z.B. Südafrika, Australien) wird bereits von großen wirtschaftlichen Verlusten aufgrund multipler Resistenzen berichtet. Wird durch den Klimawandel in Europa das Parasitenrefugium auf der Weide verringert verschärft sich die Anthelminthika-Resistenzproblematik, zumindest wenn keine selektiven Behandlungsregime eingesetzt werden, bei welchen durch Nichtbehandlung schwach befallener Tiere das Refugium für Parasiten im Tier und auch auf den Weideflächen bestehen bleiben kann.

### *Ökonomische Analysen zur Anpassung der Milchviehhaltung an Klimaveränderungen*

Die wirtschaftlichen Auswirkungen auf die Milchproduktion, die durch den Klimawandel in Niedersachsen entstehen, sollten auf einzelbetrieblicher Ebene dargestellt werden, um direkt mögliche Anpassungsmaßnahmen mit Betriebsleitern erörtern zu können. Für die Berechnungen wurden virtuelle regionstypische Betriebe generiert,

um den unterschiedlichen Regionen und Voraussetzungen in Niedersachsen gerecht zu werden.

In der Heide und im südwestlichen Niedersachsen werden danach für die Betriebe eher positive Effekte vom Klimawandel erwartet. In beiden Regionen profitieren Landwirte von relativ günstigen Lohnunternehmerkosten und erzielen zwischen Maissilagepreis und Vollkosten eine positive Gewinnspanne. Für Betriebe im Nordwesten liegen die Vollkosten auch bei steigenden Maisernten noch über dem Handelspreis für Maissilage. Offensichtlich erreicht die sommerliche Regenabnahme nicht das Ausmaß, um den Mais in seiner Entwicklung in dieser Wachstumsphase noch zu behindern. Die positiven Effekte der hier untersuchten Einflüsse auf den Betriebsgewinn basieren nahezu allein auf den höheren Maiserträgen. Auch wenn man berücksichtigt, dass der Maispreis bei höheren Erträgen fallen wird, werden immer noch moderate Betriebsgewinne in den entsprechenden Regionen ausgewiesen (Annahme eines Preisrückgangs um 25%).

Bezogen auf den Jahresgewinn eines Betriebs sind Extremwetterereignisse von entscheidender Bedeutung. Um dem gerecht zu werden, wurden empirische Erfahrungswerte mit den Klimaprojektionen verschnitten. So wurde veranschaulicht, dass jährliche Schwankungen und Extreme die durchschnittlichen Veränderungen über einen zukünftigen 30-Jahreszeitraum um ein Vielfaches über- bzw. unterschreiten.

Die Ergebnisse fanden sich auch in den Einschätzungen der Landwirte wieder. Allgemein wurden die Auswirkungen des Klimawandels für Milchbetriebe in Niedersachsen als moderat, die Anpassungsmöglichkeiten als machbar und vielfältig gesehen. Lediglich die zukünftigen Extremwetterereignisse, ihre Ausprägung und Häufigkeit, sahen die Milchviehhalter kritisch.

### Schlussfolgerungen

Eine Anpassung in der Rinderhaltung und Milchproduktion ist mit angemessenen und durchaus vertretbaren Aufwendungen zu erreichen. Neben der entsprechenden Ausgestaltung der Stallsysteme mit Lüftungs- und Kühlungssystemen ist die Änderung allgemeiner Fütterungs- und Züchtungsstrategien hin zu hitzetoleranten Tieren ein wichtiger Schritt zur Anpassung. Hier wurde das Merkmal des Temperatur-Feuchte Indexes THI in den Vordergrund gestellt und als ein mögliches zukunftsweisendes Maß für die Züchtungsziele ermittelt und überprüft.

Eine zunehmende Gefährdung der Viehbestände durch Parasiten kann durch entsprechendes Informationsmanagement mit Hilfe von Risikokarten und entsprechende Beratungs- und Fortbildungsangebote gut eingeschätzt und ggf. umgangen werden. Besonderes Augenmerk ist dabei auf mögliche Resistenzproblematiken im Rahmen tiermedizinischer Maßnahmen zu legen.

Im Futterbau und im Dauergrünland sind aufgrund der erwarteten eher moderaten Trockenstressphasen für die Pflanzen keine gravierenden Beeinträchtigungen der Futtermengen und -qualitäten zu erwarten. Periodische oder auch lokal stärker wirkende Trockenereignisse führen allerdings zu Reduktionen in Menge und Verdaulich-

keit der Futterpflanzen. Hier kann durch Einführung „neuer“, gegenwärtig weniger eingesetzter, Futterpflanzen effektiv gegengesteuert werden, eine Möglichkeit ist z.B. der Ersatz des empfindlicheren Weißklee durch robustere Leguminosen.

Die Analyse und Befragung von Milchviehbetrieben in Niedersachsen hat ergeben, dass die anstehenden Anpassungen an den Klimawandel die Betriebe nicht überfordern werden und sich die Produktionssysteme recht robust auch gegenüber potentiellen Gefährdungen darstellen. Sorgen bereiten den Landwirten allein Extremereignisse, die schwer einzuschätzen und zu prognostizieren sind.

## **5. Forschungsthema 5: Wald und Waldlandschaften**

*Caroline Carsjens<sup>1</sup>, Martin Gabriel<sup>2</sup>, Dietrich Hertel<sup>3</sup>, René Hertwig<sup>4</sup>, Larissa Kirmair<sup>5</sup>, Florian Knutzen<sup>3</sup>, Anne Kotzur<sup>5</sup>, Edgar Kreilkamp<sup>5</sup>, Christoph Leuschner<sup>3</sup>, Ina Meier<sup>3</sup>, Hilmar Müller-Haubold<sup>3</sup>, Markus Müller<sup>2</sup>, Marc Overbeck<sup>7</sup>, Rodica Pena<sup>1</sup>, Andrea Polle<sup>1</sup>, Rüdiger Prasse<sup>4</sup>, Nguyen Ngoc Quynh<sup>1</sup>, Christine Rachow<sup>2</sup>, Michael Reich<sup>4</sup>, Michael Rode<sup>4</sup>, Stefan Schütz<sup>2</sup>, Sarah Seifert<sup>6</sup>, Hermann Spellmann<sup>7</sup>, Janine Sybertz<sup>4</sup>, Gustav Wiedey<sup>8</sup>, Friedrich Beese<sup>8</sup>*

<sup>1</sup> Forstbotanik und Baumphysiologie, Büsgen-Institut, Georg-August Universität Göttingen

<sup>2</sup> Forstzoologie und Waldschutz, Georg-August Universität Göttingen

<sup>3</sup> Pflanzenökologie und Ökosystemforschung, Albrecht-Haller Institut für Pflanzenwissenschaften, Georg-August Universität Göttingen

<sup>4</sup> Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover

<sup>5</sup> Tourismusmanagement, Leuphana Universität Lüneburg

<sup>6</sup> Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Büsgen-Institut, Georg-August Universität Göttingen

<sup>7</sup> Abteilung Waldwachstum, Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen

<sup>8</sup> Sektion Waldökosystemforschung im Zentrum für Biodiversität und nachhaltige Landnutzung, Georg-August Universität Göttingen

Der Wald kann von Veränderungen des Klimas positiv und negativ betroffen sein, wobei positive Auswirkungen insbesondere auf den CO<sub>2</sub>-Anstieg, die Verlängerung der Vegetationsperiode und, in bisher kühl-feuchten Regionen, auf die bereits erfolgte und weiterhin projizierte Erhöhung der Temperaturen zurückzuführen sind. Flächenhaft bedeutsame Risiken für große Teile der Waldbestände unter den Bedingungen des zu erwartenden Klimawandels entstehen insbesondere durch zunehmende Trockenheit. Damit verbunden sind gleichzeitig steigende Risiken durch Schadinsekten und Pathogene oder Waldbrände. Wälder sind mehr als andere Formen der Landnutzung durch ihre Langlebigkeit und eine ausgeprägte Multifunktionalität gekennzeichnet. Sie sind nicht nur Grundlage der Forstwirtschaft, sondern erfüllen auch bedeutende Funktionen im Naturschutz, spielen eine wichtige Rolle im Wasserhaushalt der Regionen (Hochwasserschutz, Grundwasserschutz) und dienen als Erholungsraum und damit als Basis für den Tourismus.

Aufgrund unterschiedlicher standörtlicher Ausgangsbedingungen werden die mit dem Klimawandel verbundenen Risiken und Chancen in Niedersachsen regional ungleich verteilt bleiben. KLIFF-FT5 konzentrierte seine Untersuchungen auf die Regionen Lüneburger Heide und Harz (Niedersachsen), die beide deutlich höhere Waldanteile aufweisen, als der niedersächsische Durchschnitt. Vor dem Hintergrund des Klimawandels und einer zukünftig erhöhten Trockenstressgefährdung wird in der Forstwirtschaft insbesondere die Rolle der Rotbuche (*Fagus sylvatica*) kontrovers diskutiert (Holst et al. 2010, Müller 2013). Eine Zunahme von sommerlichem Trockenstress könnte sowohl die Vitalität von Altbäumen, als auch die Verjüngung von Buchenwäldern negativ beeinflussen. Ein Schwerpunkt dieses Forschungsthemas waren deshalb Forschungen zur Trockenstress-Sensitivität der Rotbuche als wichtigster Laubbaumart in Deutschland. Sie wurde entlang eines Transsektes von 12 alten Buchen-

wäldern vom feuchten Nordwesten der Lüneburger Heide (812 mm Niederschlag / Jahr, Unterlüß) zum deutlich trockeneren Osten (577 mm, Calvörde) untersucht (Abb. FT5-1). An fünf Standorten wurden je ein Bestand auf lehmigem und ein Bestand auf sandigem Boden untersucht. Hier und in zusätzlichen Experimenten an Jungbuchen arbeiteten Wissenschaftler aus 5 Teilprojekten eng zusammen, um den Wasserhaushalt der Untersuchungsflächen zu charakterisieren, die morphologischen, ökophysiologischen und molekularphysiologischen Anpassungsmechanismen der Buchen zu untersuchen und ihre genetische Ausstattung zu analysieren. Auch sogenannte flüchtige organische Verbindungen (volatile organic compounds VOC) wurden untersucht. Das sind Duftstoffe, die die Bäume abgeben. Schadinsekten können diese Duftstoffe wahrnehmen und so eventuell erkennen, welche Bäume z. B. durch Trockenheit geschwächt und so leichter zu befallen sind.

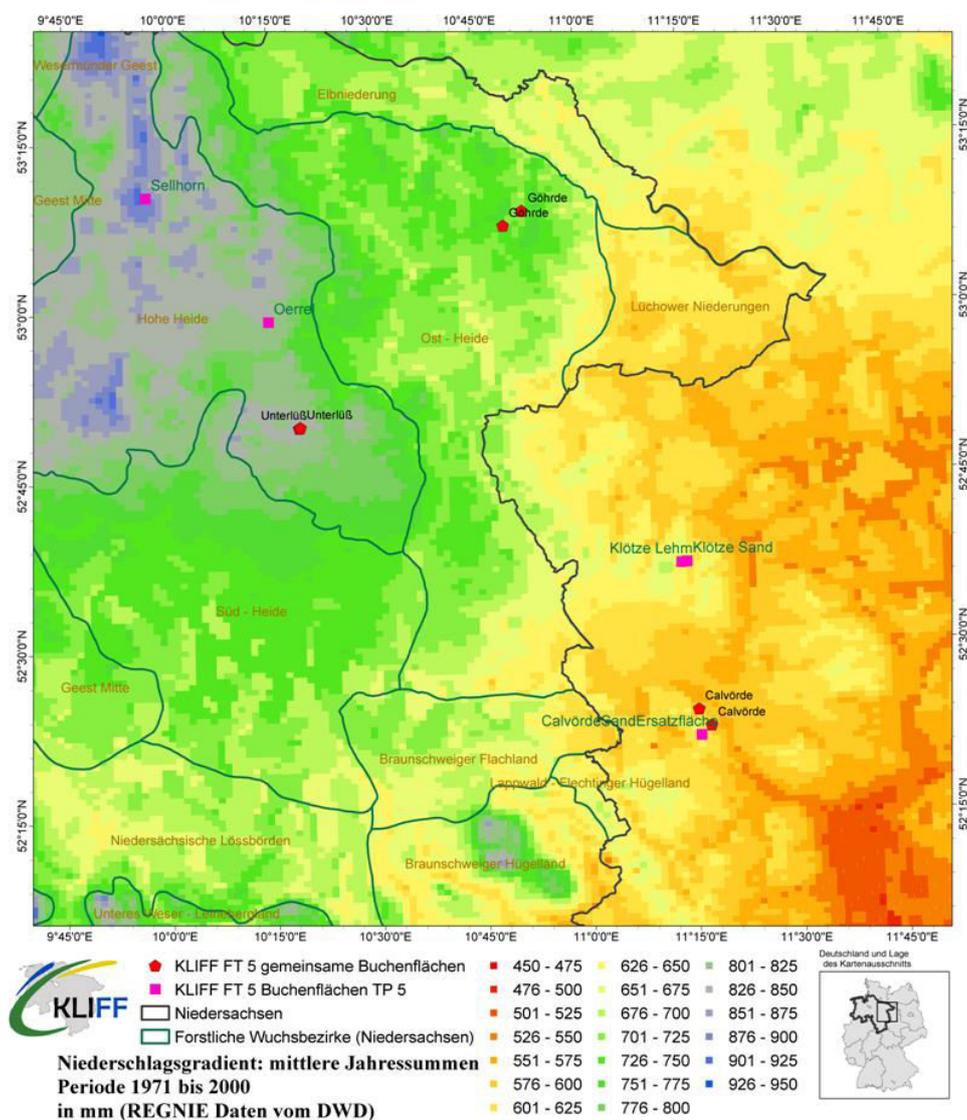


Abbildung FT5-1: Lage der 12 untersuchten Buchenaltbestände in der niedersächsischen Heide (untergliedert in forstliche Wuchsbezirke) und der angrenzenden Altmark. Farbiger Hintergrund sind die mittleren Jahressummen der korrigierten Niederschläge (REGNIE-Daten vom DWD.)

Ein zweiter Schwerpunkt war die Entwicklung der wissenschaftlichen Basis für die Entwicklung regionaler Anpassungsmaßnahmen in den Bereichen Forstwirtschaft, Naturschutz und Tourismus. Zur Abschätzung der Risiken für die Wälder wurden neben den oben genannten Forschungen Impaktmodelle entwickelt oder weiterentwickelt und eingesetzt, um die Risiken und Chancen, die der Klimawandel für die Wälder in den beiden Modellregionen Harz und Heide birgt, abschätzen zu können. Daraus wurden Anpassungsempfehlungen für die Forstwirtschaft abgeleitet und über Vorträge und Publikationen an die Akteure vermittelt. Im Naturschutz wurden Empfindlichkeitsanalysen für die ausgewählten Pflanzen- und Tierarten durchgeführt, wobei sowohl Expertenbefragungen, als auch Untersuchungen in klimaanalogen Räumen genutzt wurden. Hierbei werden Gegenden zum Vergleich herangezogen, in denen schon jetzt ein Klima herrscht, wie es in Harz und Heide in der Zukunft erwartet wird. Anpassungsempfehlungen im Bereich Tourismus, der sowohl im Harz, als auch in der Lüneburger Heide eine große Rolle spielt, wurden aufgrund detaillierter Analysen der Angebots- und Nachfragesituation und Befragungen von Akteuren und Touristen entwickelt.

Durch die konsequente Einbeziehung regionaler Akteure aus Forstwirtschaft, Naturschutz und Tourismus konnten die Belange der Praxis von Beginn an berücksichtigt und eine transparente Basis für die Akzeptanz der vorgeschlagenen Maßnahmen geschaffen werden.

## **Zentrale Ergebnisse**

### Die Buche im Klimawandel

#### *Ergebnisse der interdisziplinären Forschungen in Altbuchenbeständen entlang eines Transsekts abnehmender Niederschläge*

Entgegen der Erwartung ließ sich in den 12 Buchen-Altbeständen bei abnehmendem Niederschlag (im Jahr oder in der Vegetationsperiode) keine Reduktion der oberirdischen Netto-Primärproduktion (NPP) feststellen. In den ersten drei Untersuchungsjahren (2009-2011) zeigte sich auch für die Summe der oberirdischen Produktion (Erzeugung von Holz-, Blatt- und Fruchtmasse) keine signifikante Abnahme mit sinkenden Jahres-Niederschlägen. Allein die Niederschlagsmenge im Frühsommer (Juni und Juli) erwies sich als bedeutsam für die Höhe der oberirdischen NPP.

Weit deutlicher als der Effekt auf die absolute Höhe der NPP war der Einfluss der Niederschlagsmenge auf die Kohlenstoff-Allokation innerhalb des Baumes, also auf die Produktion von Stammholz, Blattmasse, Feinwurzelmasse und Früchten (Abb. FT5-2)

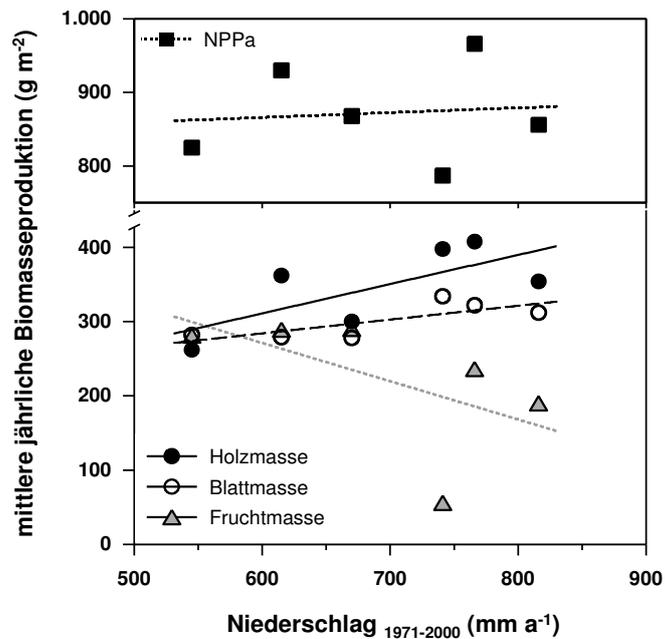


Abbildung FT5-2: Jährliche oberirdische Biomasseproduktion im Mittel der Untersuchungsjahre 2009-2011 in Beziehung zum durchschnittlichen klimatischen Niederschlagsangebot (1971-2000). Dargestellt ist das Mittel der Untersuchungsflächen je Standort.

Auf den trockeneren und wärmeren Standorten investierten die Altbuchen im Mittel der Untersuchungsjahre 2009-2011 vermehrt Kohlenstoff in die Produktion von Fruchtmasse, während feuchtere und kühlere Wachstumsbedingungen die Bildung von Blatt- und Holzbiomasse förderten. Im Boden reagierten die untersuchten Buchenbestände auf abnehmende Niederschläge mit einer signifikanten Erhöhung ihrer Feinwurzelbiomasse. In dem von uns untersuchten Transekt wurde eine Verdoppelung der Feinwurzelbiomasse von den feuchten zu den trockeneren Standorten hin registriert. Darüberhinaus wurde das Feinwurzelsystem auch vom Bodensubstrat beeinflusst: Die trockenheitsbedingte Zunahme an Feinwurzelbiomasse war auf den sandigen Böden doppelt so groß wie auf den lehmreicheren. Die jährlich gebildete Holzmasse ist allein wenig geeignet, um den Effekt von Trockenstress auf die Produktivität (NPP) der Buche zu erfassen. Holzanatomische Untersuchungen an Zweigen aus den Sonnenkronen und den Stämmen zeigten, dass Altbuchen bei abnehmendem Niederschlag kleinere Gefäße mit reduziertem Embolierisiko ausbilden, also eine Anpassung an die erhöhte Verdunstungsbeanspruchung durchführen (Abb. FT5-3). Geringere Gefäßdurchmesser reduzieren andererseits die Fähigkeit zur Wasserleitung zu den Blättern. Es ist bekannt, dass Veränderungen im Holz wie z. B. Reduktion der Gefäßweiten im Xylem sehr wichtig für die Anpassung an Trockenstress sind. Über die Grundlagen dieser Anpassung ist wenig bekannt.

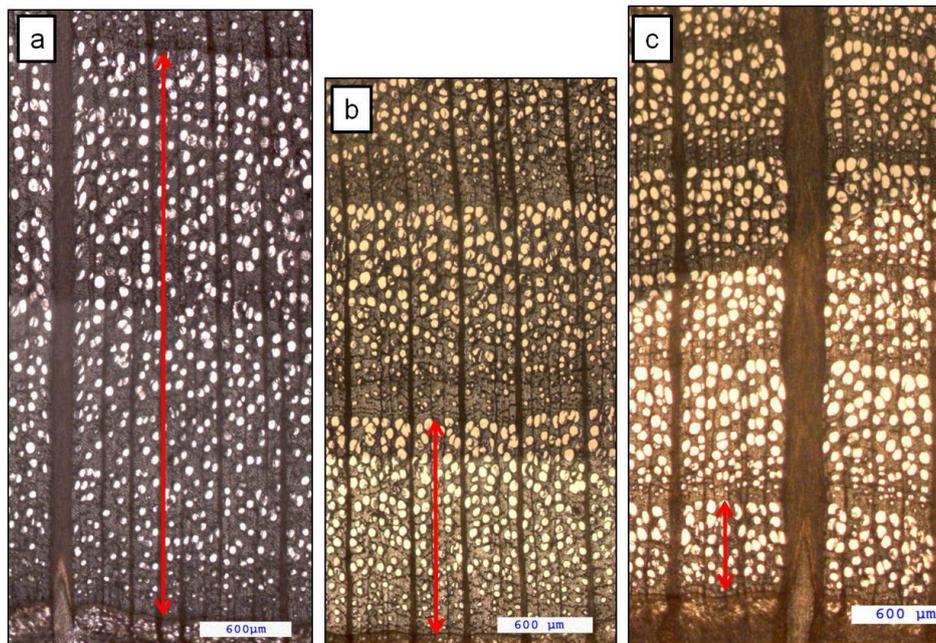


Abbildung FT5-3: Querschnitte von Rotbuchen auf Sand aus Unterlüss (a), Gohrde (b), und Calvörde (c). Der Jahring von 2009 ist mit Pfeilen markiert. Deutlich sichtbar wird auch, dass die früh gebildeten Gefäße andere Lumina aufweisen als die später im gleichen Jahr gebildeten.

In FT5 wurden aus den Buchen entlang des Transektivs Gruppen von Genen extrahiert, die für die Holzbildung unter Stress eine Rolle spielen. Diese Gene können als Marker für forstgenetische Analysen zur Trockenstress-Toleranz weiterentwickelt werden. Ferner wurde der Frage nachgegangen, welche Rolle die phänotypische Plastizität und genetische Variabilität bei der Antwort der Buche auf Trockenstress spielt. Es konnte experimentell gezeigt werden, dass die Jungpflanzen von feuchteren Standorten sehr stark mit einer Expression solcher Kandidatengene auf Trockenstress reagierten, die für Ihre Zusammenhänge mit diesem Stress bekannt sind. Bäume von trockenen Standorten zeigten hingegen bei gleicher Bodentrockenheit nur geringe Reaktionen. Diese Unterschiede in der Genregulation untermauern, dass bereits unter heutigen Klimabedingungen Unterschiede in der genetischen Anpassung auftreten. Die ausgewählten Gene sind daher wichtige Kandidaten für Trockenstressanpassungen der Buche. Es erscheint sinnvoll, in Zukunft bei forstgenetischen Analysen statt oder neben neutralen Markern die hier identifizierten Kandidatengene einzubeziehen, da eine Korrelation zwischen Trockenstresstoleranz und Genexpression gezeigt werden konnte.

Einige der holzbewohnenden Käferarten reagieren auf bestimmte flüchtige chemische Substanzen, die von gestressten Bäumen oder bei der Zersetzung von totem Holz abgegeben werden (VOC). Die Wahrnehmung dieser „Duftstoffe“ erleichtert den Tieren das Auffinden geeigneter Eiablageplätze. Unter für die Entwicklung der Käfer günstigen Umweltbedingungen kann das zu einer Massenvermehrung mit einem hohen Schadenspotential führen. Gesunde, vitale Bäume verfügen über aktive Abwehrmechanismen, mit denen sie Massenvermehrungen verhindern oder zumindest reduzieren können. Geraten die Bäume jedoch z. B. durch zunehmende sommerli-

che Trockenheit unter Stress, so kann das die Abwehrmechanismen der Bäume schwächen, so dass die Käfer sich stark vermehren können. Deshalb wurden die Buchenwälder und Jungbuchen in kontrollierten Experimenten auf Stressmarker in Form von VOC und auf das Auftreten von ausgewählten phytophagen und xylophagen Insekten hin untersucht. Um Volatile, die vom Stamm abgegeben werden, in einfacher und dennoch reproduzierbarer Weise messen zu können, wurde eine neue Absaugkammer entwickelt, welche auf ca. 1,5 m Höhe angebracht wird. Diese neu entwickelte Methode ermöglicht einen kostengünstigen und Personal sparenden Auf- und Abbau und wird nun im Rahmen anderer Forschungsvorhaben eingesetzt. Ein Vergleich Ergebnisse von Sand- und Lehmfleichen des feuchtesten hier untersuchten Standortes (Unterlüß) und des trockensten Standortes (Calvörde) zeigt, dass sowohl Niederschlagsmenge, als auch die Bodenart als bestimmende Größen des Wasserstatus der Bäume Einfluss auf die Anzahl der abgegebenen VOC haben. Es gilt nun aus diesem Cocktail informationstragender Marker (Infochemikalien) die VOCs zu identifizieren, die einen Schadbefall induzieren, damit im Bestand gezielt nach diesen Stressmarkern gesucht werden kann. So können gegebenenfalls Gegenmaßnahmen zum Schutz des Bestandes vor starkem Befall durch Schadinsekten eingeleitet werden. In einer weiteren Untersuchung konnten auf den besonders niederschlagsarmen Buchenstandorten in Calvörde im Jahr 2011 insgesamt 154 Käferarten bestimmt werden, 100 Arten kamen am lehmigen und 111 Arten am sandigen Standort vor. Von den insgesamt 154 Arten wurden 43 nur am lehmigen und 54 nur am sandigen Standort gefunden. Arten, die als Indikatoren für Trockenstress der Bäume angesehen werden können, wurden auf der Sandfläche häufiger gefunden.

### *Ergebnisse der Untersuchungen an Jungbuchen*

Für die Untersuchungen wurden in sechs verschiedenen Buchenpopulationen entlang des oben beschriebenen Niederschlagsgradienten (Calvörde Sand (CS) & Lehm (CL); Göhrde Sand (GS) & Lehm (GL); Unterlüß Sand (US) & Lehm (UL)) sowie einer Referenzfläche mit hohem Niederschlag (Harz (Ha)) Blattproben von 100 Bäumen pro Bestand (insgesamt 700 Bäume) entnommen. In jedem der Bestände sind zudem im Jahr 2009 insgesamt ca. 70.000 Bucheckern gesammelt worden. Aus diesen wurden im Gewächshaus Sämlinge herangezogen, mit denen im Herbst 2010 ein Translokationsexperiment etabliert wurde. Dafür wurden insgesamt 3.600 Buchensämlinge auf eine trockene Versuchsfläche (2.400 Sämlinge; Calvörde Sand) sowie eine feuchte Referenzfläche (1.200 Sämlinge; Harz) ausgepflanzt. Außerdem wurde ein Trockenstressexperiment mit insgesamt 800 Buchensämlingen unter kontrollierten Bedingungen in einer Klimakammer durchgeführt. Nach einem zweiwöchigen Wasserentzug wurde der Status der Pflanzen (normal, leicht beschädigt, stark beschädigt) aufgenommen.

An den Translokations-Pflanzen wurde in den Jahren 2011 bis 2013 das Austriebsverhalten studiert, wobei der Austrieb in 5 Stadien von der Winterruhe aller Knospen bis zur vollen Entwicklung aller Blätter eingeteilt wurde. Es zeigte sich, dass sich die

verschiedenen Populationen in ihrem Austrieb signifikant unterschieden und die Reihenfolge des Austriebs zwischen den einzelnen Populationen in allen untersuchten Jahren sehr stabil war, d.h. die Reihenfolge innerhalb der Saatherkünfte blieb immer die gleiche (Abb. FT5-4). Interessanterweise zeigten Populationen mit einer größeren geographischen Distanz teilweise ein ähnlicheres Austriebsverhalten als benachbarte Populationen.



Abbildung FT5-4: Austrieb der verschiedenen Buchenpopulationen im Translokationsexperiment am Standort Calvörde (Sandfläche) in den Jahren 2011 bis 2013. Dargestellt sind die Austriebs-Stadien über den Tagen des Jahres.

Unter kontrollierten Bedingungen untersuchte Jungpflanzen fünf verschiedener Herkünfte (vier von Flächen aus dem Transsekt, eine aus dem deutlich feuchteren Harz) zeigten in ihrem Verhalten gegenüber kontrollierten Trockenheitsbedingungen erwartungsgemäß Abnahmen der Biomasseproduktion bei zunehmender Trockenheit. Diese traten bei allen untersuchten Organen (Blätter, Spross, Fein- und Grobwurzeln) auf. Blattwasserpotential- und Turgormessungen wiesen darauf hin, dass der Blattwasserstatus maßgeblich durch die Herkunft beeinflusst wird. Voll aufgesättigte Pflanzen trockener Herkunft zeigten ein niedriges Turgorpotential und ein weniger negatives Gesamtwasserpotential als Jungbuchen feuchterer Herkünfte.

In einer vorläufigen Zusammenfassung der Ergebnisse des Trockenstressexperiments lässt sich folgern, dass die Jungbuchen in ihrer Biomasseerzeugung vor allem vom aktuellen Wasserangebot beeinflusst werden, während die Herkunft offenbar eine weniger wichtige Rolle spielt. Der Blattwasserstatus erwies sich dagegen stark von der Herkunft beeinflusst und wenig vom aktuellen Wasserangebot.

Die KLIFF-Ergebnisse stützen die Einschätzung der Buche als einer Baumart, die mit erheblicher Plastizität auf variable Umweltbedingungen reagieren kann. Offenbar reagieren die Photosynthese und damit die Assimilationsleistung der Krone weniger empfindlich auf reduzierte Sommerniederschläge als das Feinwurzelsystem und der bauminterne Verteilungsschlüssel für Kohlenhydrate. Erhöhte Feinwurzelproduktion auf trockenen Böden und häufigere Mastereignisse nach heißen und trockenen Sommern könnten den Holzertrag und die Konkurrenzkraft der Buche in einem künftig sommertrockeneren und wärmeren Klima reduzieren. Wie dendrochronologische Untersuchungen in anderen trockenheitsbeeinflussten Buchenbeständen Mittel- und

Ostdeutschlands zeigen, ist bei Sommerniederschlägen (Juni-August) unter 190 mm mit dauerhaften Wachstumsrückgängen und Vitalitätseinbußen zu rechnen, wenn die Böden nicht über eine hinreichend große nutzbare Wasserspeicherkapazität verfügen. Dass das Auftreten von Trockenstress bereits vermehrt der Fall ist, konnte an einer Vergleichsfläche zum KLIFF-Gradienten in Brandenburg gezeigt werden. In den vergangenen 50 Jahren erhöhte sich die Zahl der Tage an denen der Trockenheitsindex (aktuelle geteilt durch potentielle Transpiration  $T_a/T_p$ ) kritische Werte aufwies von 76 Tagen (1960-69) auf 350 Tage (2000-09).

Die Ergebnisse aus den eher grundlagenforschungsorientierten Teilprojekten haben zum besseren Verständnis der komplexen Zusammenhänge zwischen Umweltfaktoren und dem Wachstum beigetragen. Es gibt kein einzelnes Gen, das entscheidend für die Trockenstressanfälligkeit der Buchen ist. Trockenstress selber ist ein komplexes Phänomen und es konnte gleich eine Reihe von ganz unterschiedlichen Anpassungsmerkmalen daran gefunden werden. Die hohe genetische Diversität aller untersuchten Buchenpopulationen stellt eine gute Grundlage für eine Anpassung an den Klimawandel dar. Darüber hinaus eröffnet die große Plastizität dieser Baumart auch die Möglichkeit, Herkünfte zu finden, die im Hinblick auf Trockenheitsverträglichkeit über ein besseres Anpassungspotential verfügen, um diese in gefährdete Bestände einzubringen. Allerdings weisen einige Studien daraufhin, dass die prognostizierten rapiden Klimaänderungen die Anpassungsfähigkeit von Wäldern übersteigen könnten

#### Aufbereitung der Klima- und Standortdaten für die Klimafolgenforschung im Wald

Um forstbetriebliche Vorsorge betreiben zu können, benötigt die forstliche Praxis Entscheidungshilfen, die sich bis auf die Ebene der forstlichen Planungseinheit (Bestand) herunter skalieren lassen. Für die Abschätzung forstlicher Risiken und die Ableitung konkreter Maßnahmen wäre es deshalb wünschenswert, die Auswirkungen klimatischer Veränderungen möglichst präzise auf dieser Ebene, das heißt für Flächen von teilweise unter einem Hektar, abschätzen zu können. Basis dafür sollte die für die niedersächsischen Landesforsten vorhandene Standortkartierung (forstliche Bodenkartierung) sein. Demgegenüber steht aber die räumliche Auflösung vorhandener regionaler Klimaprojektionen. Die Auflösung der KLIFF zur Verfügung stehenden dynamischen Regionalmodelle beträgt im Fall von REMO ca. 10 x 10 km, bei CLM etwa 20 x 20 km pro Gitterzelle. Bei dieser groben räumlichen Auflösung können die kleinräumigeren topographischen Höhenunterschiede von Mittelgebirgen wie dem Harz nicht erfasst werden, die jedoch großen Einfluss auf das lokale Klima auf Bestandesebene haben. Zusätzlich standen Informationen der statistischen Regionalmodelle (WETTREG und STAR) zur Verfügung, die aber Klimaprojektionen nur für einen Teil der Stationen des deutschen Wetterdienst (DWD) bereitstellen. In enger Zusammenarbeit mit dem Querschnittsthema Klima (QT1) wurden Methoden zur weitergehenden Regionalisierung (Downscaling) der Klimadaten entwickelt und getestet. So konnten Veränderungen, die durch die Topografie bedingt sind, deutlich besser abgebildet werden (Abb. FT5-5).

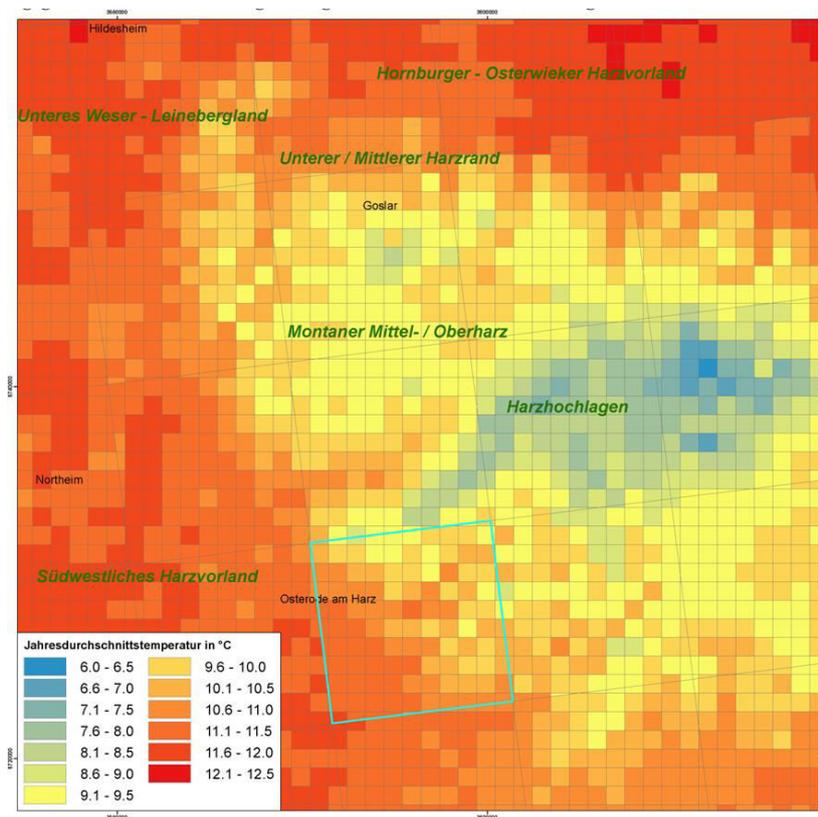


Abbildung FT5-5: In dieser Abbildung wurde das Veränderungssignal der Jahresdurchschnittstemperaturen von 1971-2000 bis 2071-2100 nach REMO UBA (Lauf 1) auf die DWD 1\*1 km Daten (1971-2000) addiert. Ohne diese Variante einer Höhenkorrektur gäbe es für jede der ca. 9\*9 km großen Gitterzellen von REMO nur einen einzigen Wert mit geringer räumlicher Differenzierung.

Entscheidend für die im Boden pflanzenverfügbare Wassermenge sind neben den Bodeneigenschaften die Durchwurzelungstiefe und die Wurzelverteilung. Es liegen für die verschiedenen Baumarten und Bodenbedingungen bisher nur wenige Untersuchungen vor, so dass bisher mit vereinfachten Annahmen gearbeitet werden muss. Um mit Hilfe von Modellen Handlungsoptionen und ihre Folgen abzuschätzen, ist neben der Modellwahl und Parametrisierung die Qualität der digitalen Eingangsdaten entscheidend. In der Vergangenheit gab es für die digitale forstliche Standortskarte keine Informationen über die für das Wachstum nutzbare Wasserspeicherkapazität der Böden, weshalb oft auf wesentlich „gröbere“ Kartenmaßstäbe zurückgegriffen wurde. Im FT5 wurde ein statistisches Modell zur Abschätzung dieser Speichergröße entwickelt. Gleichzeitig wurde die digitale Datenbasis im GIS (Geographisches Informations-System) niedersachsenweit gründlich überarbeitet, systematisch von Fehlern befreit und in ein konsequent EDV-taugliches Format überführt. Durch beide Beiträge ist der ohnehin schon vorhandene hohe praktische Nutzwert dieser digitalen Basisinformation nochmals deutlich gesteigert worden.

Zur Regionalisierung der nutzbaren Feldkapazität (nFK = pflanzenverfügbares Bodenwasser) wurde in FT5 ein Modell entwickelt, das als Grundlage zur Beschreibung des Risikos durch Wasserdefizit und als Eingangsgröße für ein vorhandenes,

klimasensitives Standort-Leistungsmodell (Albert, Schmidt, 2010) sowie für ein neues in KLIFF entwickeltes statistisches Modell zur Einschätzung des Borkenkäferbefallsrisikos dient. Die Parametrisierung des nFK-Modells erfolgte auf der Grundlage von 3.856 verorteten Bodenprofilen. Die Daten stammten überwiegend aus der forstlichen Standortkartierung im niedersächsischen Landeswald und von Forschungsprojekten der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt. Mit Hilfe des statistischen Modells ist es möglich, die nFK unter Einbeziehung von qualitativen Bodenparametern aus der forstlichen Standortkarte und der geografischen Lage hoch aufgelöst zu regionalisieren. In Verbindung mit klimatischen Kennwerten kann auf dieser Grundlage das Risiko durch Wasserdefizit auf der Ebene forstlicher Planungseinheiten eingeschätzt werden (Abb. FT5-6).

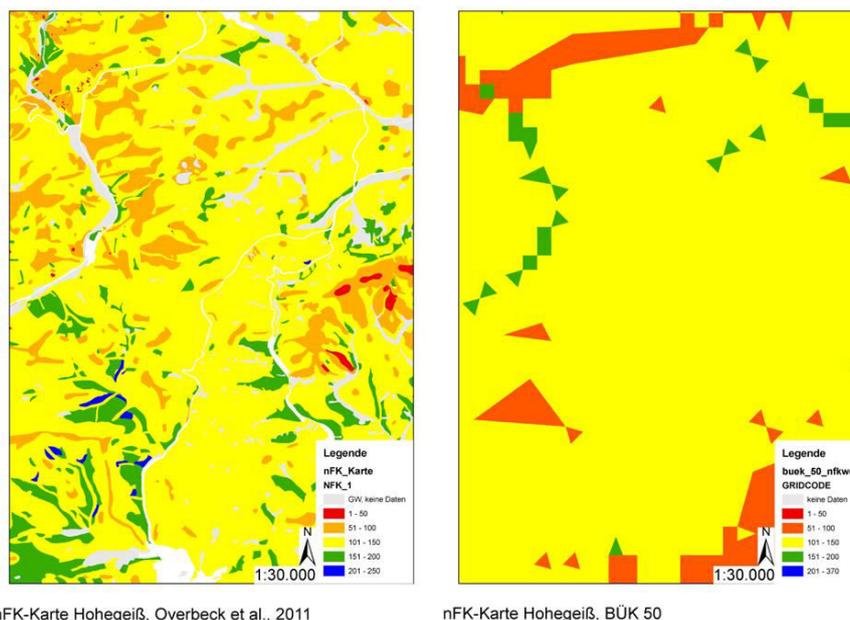


Abbildung FT5-6: Informationsgewinn durch die modellierte nFK-Schätzung auf der Basis der forstlichen Standortkartierung (links) im Vergleich zu den nFK-Angaben der Bodenübersichtskarte 1:50.000 (rechts) am Beispiel der Revierförsterei Hohegeiß im Harz.

Downscaling oder Regionalisierungsverfahren erhöhen zwar die räumliche (und gegebenenfalls zeitliche) Auflösung, erzeugen allerdings selber weitere Unsicherheiten. In der Folge sind regionale Klimamodelle für die präzisen Abschätzung kleinräumiger, lokaler Klimafolgen wie z. B. für einzelne Waldbestände derzeit nur von begrenztem Nutzen. Werden Klimafolgen für größere Gebiete abgeschätzt, dann haben die kleinräumigen Unterschiede weniger Gewicht. Diese Unsicherheiten müssen berücksichtigt und kommuniziert werden, wenn Klimafolgen mit Hilfe regionaler Klimamodelldaten und damit angetriebener Impaktmodelle abgeschätzt werden sollen. Die Analyse, Diskussion und Kommunikation der Unsicherheiten in den Modellketten und die Untersuchung der Folgen für die Aussagekraft der Impaktmodelle war ein wichtiges Thema und wurde wie oben dargelegt in enger Zusammenarbeit mit QT1 bearbeitet. Ergebnisse dazu wurden in speziellen Sessions auf der 1<sup>st</sup> European Climate

Change and Adaptation Conference (ECCA) 2013 in Hamburg, bei der von KLIFF ausgerichteten Konferenz 2013 in Göttingen und in Fachartikeln veröffentlicht.

Durch Einbeziehung verschiedener Methoden zur Untersuchung der Klimafolgen war es in KLIFF trotz dieser Schwierigkeiten möglich, räumlich differenzierte Anpassungsstrategien für den Waldbau zu entwickeln, wie nachfolgend gezeigt wird.

### Forstwirtschaftliche Bewertung der möglichen Auswirkungen des Klimawandels in Harz und Heide

Der Temperaturanstieg und die mögliche Abnahme der Niederschläge in der Vegetationszeit werden das zukünftige Angebot an für das Wachstum pflanzenverfügbarem Wasser beeinflussen. Tendenziell kann davon ausgegangen werden, dass Trockenstresssituationen, die die Wälder physiologisch schwächen, häufiger vorkommen könnten, damit ihre Artenzusammensetzung beeinflussen, die Produktivität verändern und die Risiken erhöhen.

#### *Chancen- und Risikoabschätzung für die Fichte im Harz*

Im niedersächsischen Harz dominiert derzeit die Baumart Fichte. Sie ist die ökonomisch bedeutsamste Baumart in Deutschland. Ein wesentlicher Bestandteil von Fichten-Waldökosystemen und zugleich der wichtigste biotische Schädling der Fichte ist der Buchdrucker (Borkenkäfer). Aufgrund der Klimaprojektionen muss durch zunehmende Temperaturen und wahrscheinlich auch zunehmender sommerlicher Trockenheit, vermehrt mit einer physiologischen Schwächung der Fichten und nachfolgend häufiger mit einer Massenvermehrung von Schädlingen wie dem Buchdruckers gerechnet werden. Für die mittelfristige Waldbauplanung wurde daher ein Modell zur Abschätzung der Befallswahrscheinlichkeit der Fichte durch Buchdrucker entwickelt. Es schätzt die Befallswahrscheinlichkeit für einen Fichtenbestand für die 10-jährigen Perioden der Forsteinrichtung in Abhängigkeit von der Temperatursumme in der Vegetationszeit, dem Alter und Mischungsanteil der Fichte, der nutzbaren Feldkapazität und der Exponiertheit in südwest- bis südöstlicher Richtung. Das Modell wurde mit Bestandes-bezogenen Hiebsauswertungen für Fichtenbestände im niedersächsischen Harz parametrisiert. Die Ergebnisse der einzelnen Risikoschätzungen wurden zu Risikokarten aufbereitet, die bereits in die aktuellen waldbaulichen Planung im Harz Eingang gefunden haben und dazu beitragen, die Risiken des Fichtenanbaus zu vermindern (Abb. FT5-7). Das Modell wurde zwischenzeitlich bereits weiter entwickelt, und an andere regionale Verhältnisse angepasst (Albert et al. 2013).

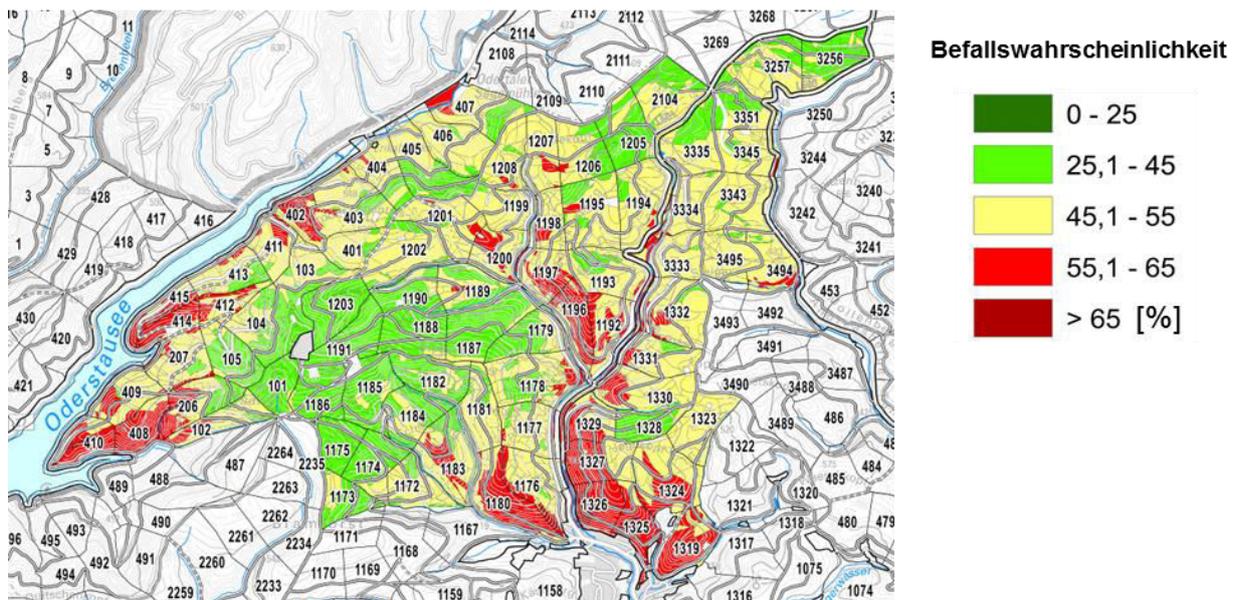


Abbildung FT5-7: Projizierte Befallswahrscheinlichkeit für 100-jährige Fichtenreinbestände bezogen auf das Jahr 2090 im Südosten der Odertalsperre im Harz (Klima Daten: Remo, A1B Run 2 BFG, 2071-2100).

Für den niedersächsischen Harz wurden zusätzlich die Risiken durch Wasserdefizit, Borkenkäferbefall und Windwurf auf Bestandesebene modellgestützt quantifiziert. Durch die differenzierte Schätzung einzelner Risikokomponenten konnten standortsabhängige Risikoprofile unterschieden werden. Es zeigte sich, dass es unter den idealisierten Bedingungen der Szenariosimulationen (der Waldumbau gelingt, die neu angebauten Baumarten erweisen sich als stabiler, die Maßnahmen sind betrieblich umsetzbar) grundsätzlich möglich ist, strukturarme Fichtenwälder innerhalb von 50 Jahren zu diversifizieren. Ob sie dadurch aber auch in der Realität stabiler werden, ist zu noch zu prüfen. Die Maßnahmen zur Verringerung des Risikos, wie beispielsweise die Reduzierung der Zielstärke, führen auch dazu, dass in den ersten 20 Jahren der Simulation sehr hohe Nutzungssätze und erhebliche Eingriffe in die Vorratsstrukturen vorgenommen werden müssten. Diese starken Nutzungen würden ihrerseits das Bestandesgefüge (die räumliche Struktur oder den Zusammenhalt der Bäume) destabilisieren und keine Rücksicht auf die Bestandeslagerung (keine scharfen „Angriffs-Kanten“ für den Wind durch räumlichen Wechsel besonders hoher oder niedriger Bestände) nehmen können. Ohne diese deutlichen Anpassungsmaßnahmen würde aber der Aufbau risikoanfälliger Fichten Stark- und Altholzvorräte weiter voranschreiten. Die Szenariosimulationen lassen es daher zur Risikobegrenzung und aus ökonomischen Gründen ratsam erscheinen, die vorhandenen Fichtenbestände kurzfristig nicht großräumig umzubauen, sondern die waldbauliche Anpassungsmaßnahmen auf die mit hohen Risiken behafteten Bereiche zu konzentrieren.

#### *Chancen- und Risikoabschätzungen für die Kiefer in der Heide*

In der eiszeitlich geprägten und forstgeschichtlich ganz anderen Region Heide ist nach der Aufforstung heute die genügsame und widerstandsfähige Kiefer die forstlich

bedeutendste Baumart. In dieser Region treten die Risiken durch Insekten und Windwurf in den Hintergrund, während das Risiko durch Wasserdefizit und durch Waldbrände an Bedeutung gewinnt. Zur Berechnung dieses Risikos wurde auf mehrere Klimaszenarien und regionale Klimamodelle zurückgegriffen, um bestandesbezogen das pflanzenverfügbare Wasser aus der Summe von Klimatischer Wasserbilanz und nutzbarer Feldkapazität in der Vegetationszeit zu bestimmen und den pflanzenphysiologische Trockenstress im Anhalt an vorläufige, auf Expertenwissen basierende baumartenspezifische Risikoklassen einzuschätzen. Es zeigte sich, dass insbesondere die Baumarten Fichte und Buche auf vielen Standorten zukünftig einem steigenden Risiko durch Wasserdefizit ausgesetzt sein werden, so dass ein Anbau als führende Mischbaumart oder Mischbaumart mit hohen Mischungsanteilen sowohl ökologisch, als auch ökonomisch für diese Baumarten nicht zu empfehlen ist. Für die Baumarten Eiche und Douglasie wird sich das Risiko durch Wasserdefizit vielerorts auf ein mittleres Niveau erhöhen, während die trockenheitstolerante Kiefer in Zukunft am wenigsten gefährdet erscheint und wieder an Bedeutung in der waldbaulichen Planung gewinnen wird. Einschränkend ist aber anzumerken, dass mit zunehmender Sommertrockenheit die Waldbrandgefährdung und die Häufigkeit von Massenvermehrungen der Kieferngrößschädlinge (Insekten wie: Nonne, Forleule, Kiefernspanner, Kiefernspinner, Kiefernbuschhornblattwespen) zunehmen könnte.

### *Risiko Windwurf*

Stürme gehören zu den bedeutendsten Risikofaktoren für die Forstwirtschaft und verursachen durch Holzentwertung und erhöhte Erntekosten Verluste. Zudem können schwere großflächige Stürme Holzmarktstörungen auslösen. Zur Berücksichtigung des Windwurfrisikos wurde für die Modellregionen das Windwurfrisiko in Zusammenarbeit mit QT1 mit einem bestehenden Modell (Schmidt et al. 2010) ermittelt. Die Wahrscheinlichkeit eines Sturmschadens wird hierbei in Abhängigkeit von der Baumart, den Baumdimensionen Brusthöhendurchmesser (BHD) und Höhe bei Zielstärke, der Exponiertheit (Kuppe, Hang, Tallage etc.) und Exposition (Himmelsrichtung) gegenüber der Hauptwindrichtung sowie der Vernässung des Standortes geschätzt. Mit dem Modell lassen sich sowohl die potenzielle Gefährdung von zielstarken Bäumen (als Entscheidungshilfe bei der Baumartenwahl), als auch die Gefährdung der aktuellen Bestockung (als Entscheidungshilfe für die forstlichen Pflege- und Nutzungsmaßnahmen) abschätzen.

### *Forstwirtschaftliche Schlussfolgerungen*

Ausgehend von den aktuellen waldbaulichen Ausgangssituationen und den von Klimamodellen projizierten möglichen Veränderungen der klimatischen Rahmenbedingungen sind Anpassungsmaßnahmen der Forstwirtschaft möglich und waldbaulich empfehlenswert. Entsprechend dem aktuellen Altersaufbau der Wälder haben dabei die Stabilisierung der vorhandenen Bestände und die Senkung bzw. Verteilung der Risiken Vorrang vor einem standortgemäßen Waldumbau, der sich ohnehin

durch den Altersaufbau der Wälder jährlich auf durchschnittlich 1 bis 2 % der Waldfläche beschränkt.

Wichtige Maßnahmen zur Stabilisierung der Wälder sind Durchforstungen, die in ihrer Eingriffsstärke und Wiederkehrzeit an das Wachstum der Baumarten angepasst sind und die Einzelbaumstabilität fördern, die Produktions- und Gefährdungszeiträume verkürzen und zusätzlich Mischbaumarten erhalten bzw. begünstigen. Zur Risikominderung tragen des weiteren standortsgemäße Naturverjüngungen, begrenzte Vorratshöhen, differenzierte Zielstärkennutzung, konsequenter Waldschutz und die rechtzeitige Etablierung von Nachwuchs bei. Die Grundlage des standortsgemäßen Waldumbaus muss eine neu ausgerichtet standörtliche Zuordnung der Baumarten bilden, die klimabedingte Veränderungen der Leistungsfähigkeit und Gefährdung der Baumarten ebenso berücksichtigt wie naturschutzfachliche Gesichtspunkte. Die geänderten ökonomischen Rahmenbedingungen lassen zunehmend die Rolle von Laubbäumen mit kurzen Umtriebszeiten wie Birke, Erle und Pappel attraktiver werden, da diese Arten teilweise gut an klimatische und standörtliche Extrembedingungen angepasst sind (Fischer et al., 2011).

Durch die differenzierte Schätzung einzelner Risikokomponenten konnten standortsabhängige Risikoprofile unterschieden werden. Der Klimawandel wird wahrscheinlich im überwiegend relativ nasskalten niedersächsischen Harz zukünftig nur auf einzelnen Teilflächen (wie z. B. schon jetzt trockenen Südhängen und Kuppen), zu negativen Folgen für die Waldwirtschaft führen. Auf vielen Flächen wird in Zukunft die Fichte weiterhin standortsgemäß bleiben und zukünftig in den höheren Lagen durch längere Vegetationsperioden sogar besser wachsen. Mit dem Temperaturanstieg werden sich gleichzeitig die Anbaumöglichkeiten für Baumarten wie Buche, Bergahorn, Eiche, Lärche, Tanne und Douglasie deutlich verbessern. Das führt dazu, dass sich durch den Klimawandel im Harz die waldbaulichen Gestaltungsmöglichkeiten zur Entwicklung strukturreicher, stabiler Mischbestände wesentlich erweitern werden. Waldbauliche Anpassungsmaßnahmen sollten auf die mit hohen Risiken behafteten Bereiche zu konzentriert werden.

In der Heide werden die negativen Auswirkungen des Klimawandels wahrscheinlich gravierender sein als im Harz und die waldbaulichen Gestaltungsmöglichkeiten zukünftig deutlich weiter einschränken. So zeigte sich, dass insbesondere die Baumarten Fichte und Buche auf vielen Standorten zukünftig einem steigenden Risiko durch Trockenstress ausgesetzt sein werden. Die grundlegenden Forschungen an Buchen zeigten, dass sie sich auf verschiedenen physiologischen und morphologischen Ebenen an Trockenstress anpassen. So reagieren sie auf reduzierte Sommerniederschläge z. B. mit erhöhter Feinwurzelproduktion und häufigeren oder stärker ausgeprägten Mastereignissen. Das reduziert jedoch den Holzertrag, besonders auf sandigen Böden. Da die genetische Plastizität der Buchenpopulationen erheblich ist (s.o.) besteht die Möglichkeit Herkünfte mit guter Anpassungsfähigkeit für Pflanzungen in gefährdeten Gebieten auszuwählen.

In der Heide könnten auch die Waldbrandgefährdung und die Häufigkeit von Massenvermehrungen der Kieferngrößschädlinge (Insekten wie: Nonne, Forleule, Kie-

fernspanner, Kiefernspinner, Kiefernbuschhornblattwespen) zukünftig zunehmen. Um den insgesamt steigenden Risiken entgegenwirken zu können, werden im Sinne einer Risikoverteilung vermehrt andere Baumarten die bisher dominierende Kiefer ergänzen. Hierzu zählen auch eingeführte Baumarten, wie Douglasie, Küstentanne oder Roteiche. Auf den vielen nur schwach wasserversorgten Standorten der Heide wird sich zukünftig aber die trockenheitstolerante Kiefer als führende Baumart behaupten.

Für die Wälder in den beiden Regionen ergeben sich somit aus dem Klimawandel nicht nur Risiken, sondern auch Chancen. Die anzustrebende weitere Mischwaldvermehrung wird zur Stabilisierung der Wälder beitragen und sie ökologisch aufwerten. Ihre Produktivität und Ertragsfähigkeit muss nicht zwangsläufig sinken, wenn mit den vorhandenen Wäldern sorgsam umgegangen wird und bei der zukünftigen Baumartenwahl und ihrer Mischung Leistungsgesichtspunkte nicht vernachlässigt werden.

### Naturschutz

Die Ergebnisse der Untersuchungen und Befragungen zum Naturschutz zeigen, dass im Harz besonders die Pflanzen- und Tierarten der Hochmoore und Moorheiden negativ vom Klimawandel betroffen sein werden. Auch in der Heide wird vor allem das Arteninventar der Feuchtbiotope, der Moore und Flussniederungen Einbußen erleiden.

Hervorzuheben ist, dass in Harz und Heide ein Großteil der Arten, die aktuell schon deutlich gefährdet sind, durch den Klimawandel besonders negativ betroffenen sein könnte (Abb. FT5-8). Die aktuelle Gefährdung ist dabei vor allem auf folgende Faktoren zurückzuführen: Entwässerung und Grundwasserabsenkungen, Eutrophierung, Nutzungsintensivierung, Fragmentierung und Isolation sowie Sukzession. Zum Schutz der zukünftig durch den Klimawandel gefährdeten Arten ist es daher vor allem notwendig, bereits bestehende Gefährdungsfaktoren zu beseitigen oder zumindest zu reduzieren. Dazu müssen bereits ergriffene Maßnahmen des Naturschutzes konsequent fortgeführt und insbesondere Maßnahmen zur Extensivierung der Landwirtschaft und der Wiedervernässung von Lebensräumen (z. B. im Bereich der Moore sowie der Bach- und Flussauen) forciert werden.

Unter den bereits bestehenden Schutzgebieten (Naturschutzgebiete, FFH-Gebiete und SPA-Gebiete), in deren Verordnungen Arten als Schutzzweck genannt werden, weisen mehr als 80 % Arten auf, die auf Grund des Klimawandels in Zukunft voraussichtlich negativ betroffen sein werden. Sie werden ihre Bedeutung für die Sicherung dieser Arten und Lebensräume jedoch nicht verlieren, sondern im Gegenteil, durch die verstärkte Gefährdung an Bedeutung gewinnen. Hierzu müssen allerdings, unter Berücksichtigung der erwarteten Standortsveränderungen, die dort verfolgten Ziele und die sich daraus ergebenden Managementpläne regelmäßig überprüft und gegebenenfalls angepasst werden (adaptiver Naturschutz). Dazu muss der Naturschutz ein konsequentes und frühzeitiges Monitoring etablieren, damit rechtzeitig reagiert werden kann. Zeichnet sich ab, dass in einem Naturraum ein Lebensraum klimabedingt nicht erhalten werden bzw. eine Art nicht überleben kann, muss auch die Auf-

gabe von Maßnahmen, Schutzzweck und gar Schutzgebieten in Erwägung gezogen werden.

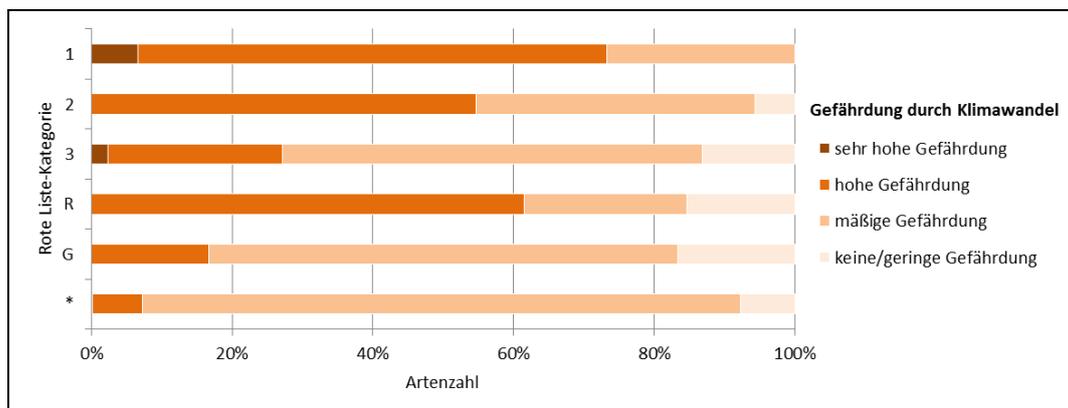


Abbildung FT5-8: Anteil der im niedersächsischem Harz durch den Klimawandel gefährdeten Pflanzenarten (n = 1009) für die Kategorien der aktuellen Roten Liste Niedersachsens; Rote-Liste-Kategorien: (1) Vom Aussterben bedroht, (2) Stark gefährdet, (3) Gefährdet, (R) Extrem selten, (G) Gefährdung anzunehmen, (\*) Derzeit nicht gefährdet.

## Tourismus

Im Rahmen eines Teilprojektes wurden aufbauend auf einer Analyse der Angebots- und Nachfragesituation die touristische Bedeutung der Wälder in den beiden Regionen herausgearbeitet. Mit Hilfe von Szenarien über die Entwicklung der Touristenströme in Abhängigkeit von Klimaveränderungen wurde das erforderliche Zielwissen erarbeitet. In enger Kooperation mit den beteiligten Akteuren (Tourismusorganisationen, Hoteliers etc.) wurden gemeinsam Mitigations- und Anpassungsstrategien (Adaptation) entwickelt (Transformationswissen). Die Ergebnisse sind in einem umfangreichen Leitfaden zusammengestellt worden, der auch anderen touristisch bedeutsamen Regionen eine Hilfe bieten soll, sich besser an den Klimawandel und die veränderten Bedürfnisse der Touristen anzupassen. Anhand konkreter Beispiele wird den Destinationen beispielhaft aufgezeigt, wie klimabedingte Chancen genutzt und gleichzeitig Risiken vermindert werden können, um so eine regional nachhaltige Tourismusentwicklung zu gewährleisten.

## Schlussfolgerungen: Bewertung der forstlichen Chancen und Risikoabschätzung

Angesichts der Ergebnisse zur Unsicherheit klimatischer Projektionen auf regionaler Ebene und der teilweise mangelnden Verfügbarkeit räumlicher Daten mag es fast wie ein Widerspruch erscheinen, dass gleichzeitig im FT5 Methoden entwickelt worden sind, die robust genug erscheinen, dass sie in die forstliche Praxis überführt werden können und im Harz von der Landesforstverwaltung bereits aktiv eingesetzt werden.

Statt die komplette Bandbreite aller von aktuellen Klimaprojektionen derzeit beschriebenen möglichen Klimaveränderungen zu berücksichtigen, wird lediglich eine plausibel erscheinende Annahme getroffen, die von einer eher mittleren Temperaturzunahme, in Kombination mit moderaten Abnahmen aktueller sommerlicher Niederschläge bei in etwa gleichbleibenden Jahresniederschlägen ausgeht. Dies entspräche etwa dem Durchschnitt des KLIFF-Ensembles für den Harz. Die beschriebenen Risiken für die derzeit im Harz dominierenden Fichtenbestände sind von den in der Forstwirtschaft derzeit genutzten statistischen Modellen transparent und plausibel nachvollziehbar simuliert worden. Das Risiko durch Schädlinge ist abhängig vom Anteil und dem Alter der Fichten modelliert worden und entspricht damit weitgehend dem bisherigen Erfahrungswissen. Bei der Modellierung von zukünftigen Sturmrisiken wurde von einem bisher bekannten, exemplarischen Sturm-Ereignis ausgegangen. Diese Einschränkung lässt sich vor dem Hintergrund weiterer Ergebnisse auch aus KLIFF erklären. Die Datenbasis, insbesondere, was die Informationen der forstlichen Standortkartierung betrifft, wurde durch die enge und gelungene Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Teilprojekten und der forstlichen Praxis deutlich gegenüber dem bisherigen Stand verbessert. Innerhalb von KLIFF ist es sowohl gelungen, eine neue, EDV-technisch eindeutige Lösung für die Nutzung der digitalen Standortkartierung zu gewährleisten, als auch Transfermethoden für die vorhandenen Profildaten zu entwickeln, dass daraus insgesamt ein einheitlicher Datensatz abgeleitet werden kann. Es wurden somit wichtige (Teil-) Schritte erarbeitet, für eine breitere und besser fundierte Datenbasis als Grundlage verbesserter langfristiger waldbaulicher Entscheidungen.

Ein Teil der Ergebnisse ist bereits in Form von Empfehlungen in die niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels eingegangen, andere werden von den niedersächsischen Landesforsten bereits direkt umgesetzt.

### Literatur

- Albert M., Fleck S., Plašil P., Nagel R., Suttmöller J., Ahrends B., Schmidt M., Evers J., Hansen J., Overbeck M., Schmidt W., Spellmann H., Meesenburg H. (2013) *Pilotstudie zu den lokalen Auswirkungen des Klimawandels auf die Forstwirtschaft in ausgewählten Regionen Sachsen-Anhalts*. (Abschlussbericht (Regionalstudie; FKZ U05/2011) im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt) Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt.
- Albert M., Schmidt M. (2010) Climate-sensitive modelling of site-productivity relationships for Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and common beech (*Fagus sylvatica* L.). In: *Forest Ecology and Management*. 259, pp. 739–749, DOI: 10.1016/j.foreco.2009.04.039.
- Holst J., Grote R., Offermann C., Ferrio J.P., Gessler A., Mayer H., Rennenberg H. (2010) Water fluxes within beech stands in complex terrain. In: *International Journal of Biometeorology*. 54 (1), pp. 23–36, DOI: 10.1007/s00484-009-0248-x.
- Müller M. (2013) A candidate gene-based association study to investigate potentially adaptive genetic variation in European beech (*Fagus sylvatica* L.): Eine Kandidatengenbasierte Assoziationsstudie zur Untersuchung potentiell adaptiver genetischer Variation bei der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.). Göttingen, Georg-August Universität, Diss., 2013.
- Schmidt M., Hanewinkel M., Kändler G., Kublin E., Kohnle U. (2010) An inventory-based approach for modeling single-tree storm damage-experiences with the winter storm of

1999 in southwestern Germany. In: Canadian journal of forest research. 40 (8), pp. 1636–1652.

## **6. Forschungsthema 6: Binnengewässer - KLIFWA**

*Markus Anhalt<sup>1</sup>, Jörg Dietrich<sup>2</sup>, Anne Fangmann<sup>2</sup>, Kristian Förster<sup>3</sup>, Corinna Forberg<sup>1</sup>, Marlene Gelleszun<sup>3</sup>, Birgit Gerkenmeier<sup>1</sup>, Martin Gocht<sup>3</sup>, Agnes Haas<sup>1</sup>, Sven van der Heijden<sup>2</sup>, Maria Herold<sup>4</sup>, Anke Heuer<sup>5</sup>, Joseph Hölscher<sup>1</sup>, Florian Krause<sup>2</sup>, Stephan Lange<sup>5</sup>, Günter Meon<sup>3</sup>, Nadine Maier<sup>2</sup>, Thomas Ptak<sup>4</sup>, Britta Restemeyer<sup>1</sup>, Karl-Heinz Rosenwinkel<sup>6</sup>, Martin Sauter<sup>4</sup>, Volker Spring<sup>6</sup>, Karoline Stein<sup>3</sup>, Franziska Verworn<sup>6</sup>, Markus Wallner<sup>2</sup>, Uwe Haberlandt<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz Hannover-Hildesheim

<sup>2</sup> Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau, Leibniz Universität Hannover

<sup>3</sup> Hydrologie, Wasserwirtschaft und Gewässerschutz, Technische Universität Braunschweig

<sup>4</sup> Angewandte Geologie, Georg-August-Universität Göttingen

<sup>5</sup> Ingenieurgesellschaft Prof. Dr.-Ing. W. Hartung + Partner mbH, Braunschweig

<sup>6</sup> Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, Leibniz Universität Hannover

Das Forschungsvorhaben untersuchte die Folgen des Klimawandels auf die Hydrologie und die Wasserbewirtschaftung. Mittels Simulationsmodellen wurden der gegenwärtige Zustand und zukünftigen Prognosen simuliert und die daraus gewonnenen Ergebnisse analysiert. Zusätzlich wurden Anpassungsstrategien erarbeitet. Das Forschungsthema Binnengewässer wurde in die 3 Fachsäulen, Wasserdargebot, Hochwasserrisiko und Gewässerbelastung unterteilt. Die wissenschaftliche und administrative Koordination förderte den Austausch wissenschaftlicher Ergebnisse zwischen den einzelnen Teilprojekten und war in Kombination mit einer weiteren Säule, welche für die wasserwirtschaftliche Planung und den Ergebnistransfer verantwortlich war, an der Datenaufbereitung und -bereitstellung beteiligt. Abbildung FT6-1 (links) zeigt die Vernetzung der einzelnen Teilprojekte.

Als Untersuchungsgebiet wurde primär das etwa 15.000 km<sup>2</sup> große Aller-Leine-Flusseinzugsgebiet ausgewählt, da es mit seinen physiographischen und klimatischen Charakteristiken repräsentativ für Niedersachsen ist (Abbildung 1, rechts). Des Weiteren sind die Mittelgebirgsregionen des Harzes sowohl für das Wasserdargebot als auch das Hochwassermanagement von großem Interesse.

Die Gliederung des Berichts orientiert sich weitestgehend an der Aufteilung in die verschiedenen Säulen und Teilprojekte. Der Teil Wasserdargebot zeigt Ergebnisse zu dem Wasserhaushalt, -bedarf, -verfügbarkeit, und der Grundwasserdynamik. Das Hochwasserrisiko diskutiert die Entwicklung von Hochwasserabflüssen und das daraus resultierende Schadenspotential, sowie Anpassungsstrategien zum Hochwassermanagement. Das Kapitel der Gewässerbelastung setzt sich aus Studien zu punktuellen Stoffausträgen, diffusen Stoffausträgen und der Fließgewässergüte zusammen.

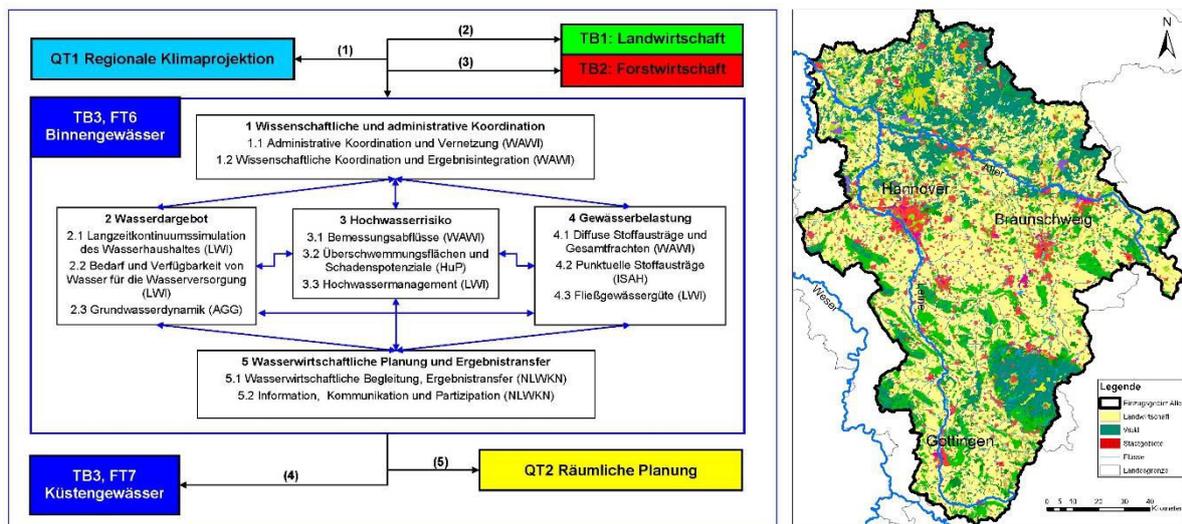


Abbildung FT6-1: Vernetzung der Teilprojekte (links). Aller-Leine-Einzugsgebiet mit Landnutzung und Gewässernetz (rechts).

## Zentrale Ergebnisse

### Wasserdargebot

Zur Quantifizierung von möglichen Auswirkungen des globalen Klimawandels auf den Wasserhaushalt des Aller-Leine-Einzugsgebiets wurde ein flächendifferenziertes hydrologisches Modell erstellt. Dieses Modell umfasst 4.500 Teilflächen, 62.000 Hydrotöpfe, 156 Pegelstationen, 6 Talsperren sowie zahlreiche weitere hydrologisch relevante Bauwerke. Als Modellsystem wurde das Wasserhaushaltsmodell PANTA RHEI verwendet (Riedel et al., 2011). Im Zuge des Projekts wurde das Modellsystem für die Klimafolgenforschung erweitert (z.B. Kreye et al., 2012; Förster et al., 2012). Es wurde ein sehr detailliertes Modell zur Beschreibung des Wasserhaushalts aufgebaut, welches für einen von der Kalibrierung unabhängigen Zeitraum aussagekräftig validiert werden konnte.

Auf Grundlage der A1B Emissionsszenarien der regionalen Klimamodelle REMO-BFG, REMO-UBA und 20 Realisationen von WETTREG2006 wurden anschließend Wasserhaushaltssimulationen für das Aller-Leine-Einzugsgebiet durchgeführt und ausgewertet. Da statistische Auswertungen von Zeitreihen aus Klimamodelldaten auf eine unterschiedliche Ausprägung von möglichen Klimaänderungen in den Jahreszeiten hinweisen, wurden die Saisonalitäten der Wasserhaushaltskomponenten im Detail betrachtet.

Abbildung FT6-2 zeigt für einige Referenzpegel die Mittelwerte der sogenannten Pardé-Koeffizienten, berechnet aus den 20 WETTREG2006-Realisationen. Der Pardé-Koeffizient (Pardé, 1963; Pfandner, 2006) für den Monat  $i$  im Wasserhaushaltsjahr  $j$  berechnet sich hier aus dem mittleren Abfluss des Monats  $i$  des Wasserhaushaltsjahrs  $j$  geteilt durch den mittleren Abfluss des Wasserhaushaltsjahrs  $j$ . Die Pardé-Koeffizienten wurden für jeden Pegel für jede der 20 WETTREG2006-Realisationen berechnet und anschließend gemittelt.

Das Ergebnis zeigt eine Zunahme der winterlichen Abflüsse insbesondere in den Monaten Januar und Februar (hohe Pardé-Koeffizienten). Der Übergang zu den nachfolgenden Frühjahrsmonaten ist dabei durch einen markanten Rückgang der Wasserführung gezeichnet. Unabhängig davon nimmt die Abflusshöhe des Winterhalbjahrs gegenüber dem Referenzzeitraum der Vergangenheit zu. Die Ergebnisse weisen damit auf eine insgesamt geringere Bedeutung saisonaler Schneedecken hin. Das Abflussverhalten geht damit, je nach Lage des untersuchten Teilgebiets, stärker in ein pluviales Regime über.

Um mögliche Änderungen der Wasserführung im Sommer einschätzen zu können, wurden zudem Niedrigwasserstatistiken durchgeführt. Die nach Pegeln und verschiedenen Zeiträumen differenzierte Auswertung weist zum jetzigen Zeitpunkt auf keine Änderung typischer Niedrigwasserkenngößen hin.

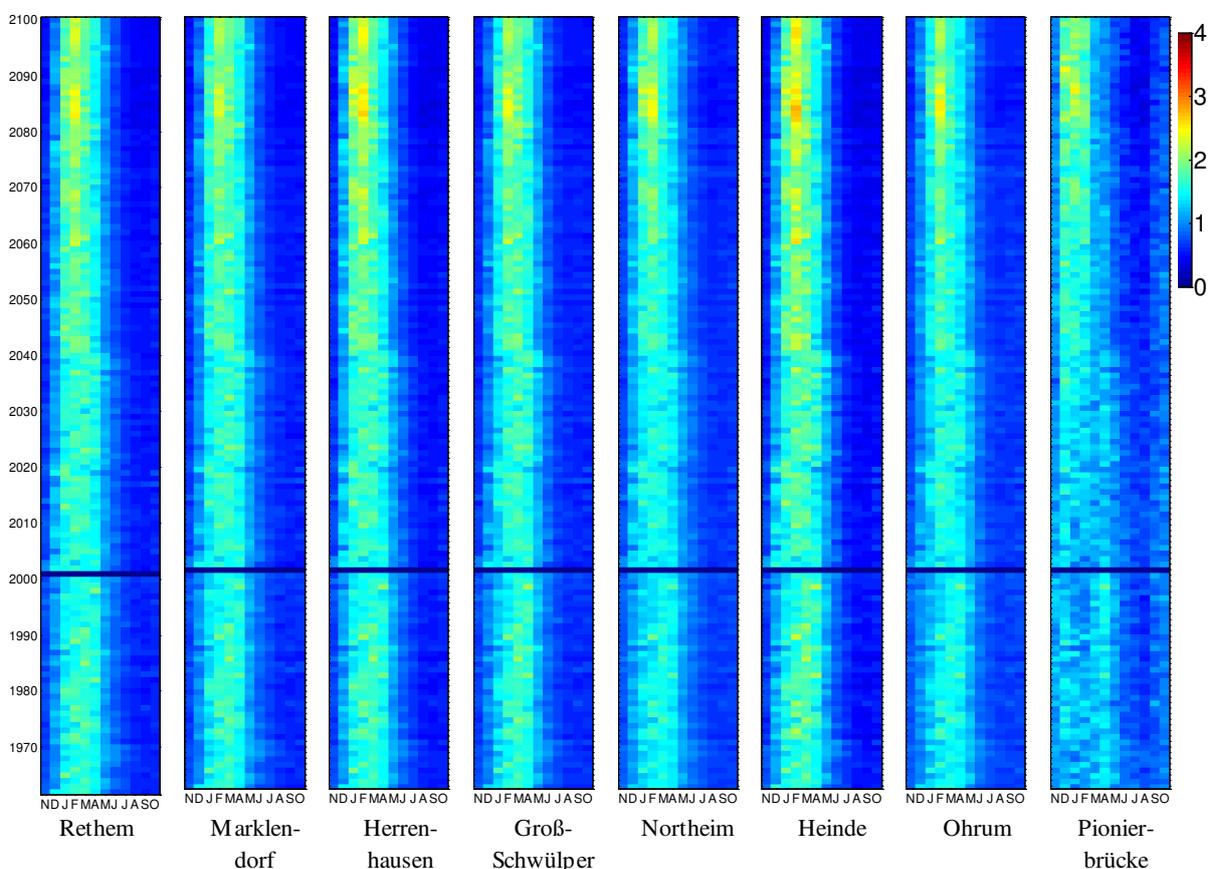


Abbildung FT6-2: Pardé-Koeffizienten für den Abfluss. Zeitraum 1961–2100, das Jahr 2000 (blaue Linie) ist der Übergang von 20C zu A1B. Dargestellt sind die Mittelwerte der Pardé-Koeffizienten aus je 20 WETTREG2006-Realisationen.

Aufbauend auf der Analyse einer klimabedingten Änderung des Wasserhaushalts erfolgte eine flächendifferenzierte Auswertung der Wasserhaushaltskomponenten für das Aller-Leine-Einzugsgebiet. Basis hierfür waren die Ergebnisse der 20 Realisationen von WETTREG2006. Zusätzlich wurde nach einer Analyse des Pro-Kopf-Verbrauchs, für die zeitliche Entwicklung der Bedarfsseite die demografische Entwicklung analysiert.

Wesentlich für die Wasserverfügbarkeit ist die Grundwasserneubildung. Eine Überprüfung der berechneten Grundwasserneubildung mit Beobachtungen ist kaum möglich, da Lysimeterstationen sehr selten sind. Die Bilanzierung rechnerischer Wasserflüsse in PANTA RHEI entspricht jedoch der Volumenbilanzierung eines konzeptionellen Grundwasserspeichers. Die zeitliche Änderung dieses Volumens korreliert mit Beobachtungen des Grundwasserstandes, die zahlreich vorhanden sind. Abbildung FT6-3 zeigt exemplarisch für ein Teilgebiet in der Südheide den mittels linearer Regression aus der Simulation abgeleiteten Grundwasserstand und Beobachtungen einer repräsentativen Grundwassermessstelle.

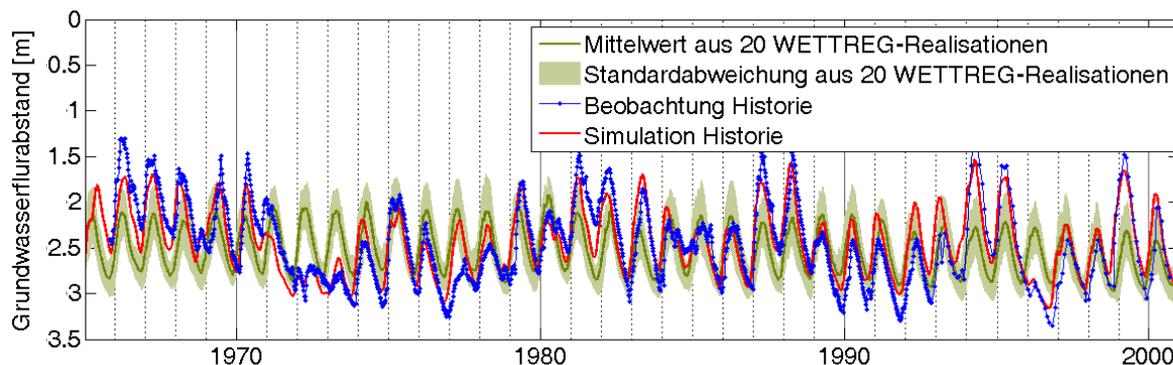


Abbildung FT6-3: Vergleich von beobachteten und mittels linearer Regression aus dem berechneten Grundwasserspeicher ermittelten Grundwasserflurabständen. (Korrelationskoeffizient  $R=0,87$ ).

Für insgesamt 58 untersuchte Grundwassermessstellen konnte im Mittel eine Korrelation von 0,82 erzielt werden. In den meisten Gebieten wurden auf Basis der durchgeführten Simulationen für die WETTREG-Realisationen keine Änderungen der Grundwasservorräte für die Zukunft ermittelt. Nur im Osten des Untersuchungsgebiets traten Abnahmen der Grundwasserstände auf. Im Mittelgebirgsraum rund um den Harz deuten die Simulationsläufe auf größere Schwankungen der Grundwasserstände hin. Die leichte Zunahme der Dynamik entsteht durch einen höheren Grundwasserstand im Winter, einhergehend mit einem niedrigeren Grundwasserstand im Sommer.

Der Wasserbedarf lässt sich in den des privaten, industriellen und landwirtschaftlichen Sektors gliedern. Im privaten Sektor wird ein Rückgang auf 120 Liter pro Einwohner und Tag bis zum Jahr 2020 erwartet. Regionale Bevölkerungsprognosen deuten auf einen starken Rückgang der Bevölkerung im ländlichen Raum und eine leichte Zunahme im urbanen Raum hin. Insgesamt wird erwartet, dass die Bevölkerung in Niedersachsen bis zum Jahr 2030 um 6% sinkt. Der industrielle Wasserbedarf wird in Kühl- und Brauchwasserbedarf unterschieden. Der Kühlwasserbedarf wird, im Zuge der zunehmenden Umstellung der deutschen Energiewirtschaft auf regenerative Quellen zurückgehen. In den vergangenen Jahren hat die Nutzungseffizienz von Brauchwasser in der industriellen Produktion deutlich zugenommen. Nachdem dieses Potential weitestgehend ausgereizt scheint, ist zukünftig eine Stagnation am wahrscheinlichsten. Der landwirtschaftliche Sektor ist damit der einzige, in

dem der Wasserbedarf für Bewässerungszwecke, insbesondere im Sommer, zunehmen kann.

Nach den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchungen ist eine Zunahme des Wasserbedarfs eher unwahrscheinlich. Regional begrenzte Wassermangelsituationen in der Pflanzenproduktion hingegen sind in der Vergangenheit insbesondere im Sommer bereits aufgetreten und könnten sich in der Zukunft verstärken. Dies deutet sich auch in einer Zunahme der sommerlichen Trockenheit in den Klimamodelldaten an. Die Ergebnisse können nur als eine erste Tendenz gesehen werden. Für Maßnahmenplanungen sind unbedingt weitere Klimaszenarien und Klimamodelle anzuwenden, um die Bandbreite möglicher Unsicherheiten besser bewerten zu können.

In dem Teilprojekt Grundwasserdynamik wurde speziell die Reaktion des Grundwassersystems auf veränderte klimatische Randbedingungen untersucht. Hierfür wurde ein prozessorientiertes, numerisches Simulationsmodell, HydroGeoSphere (Therrien et al., 2010), in hoher zeitlicher Auflösung auf unterschiedlichen Skalen angewandt.

In einem ersten Schritt wurden (hydro-) geologische Informationen gesammelt, ausgewertet und ein hydrogeologisches Konzeptmodell des Aller-Leine-Einzugsgebiets erstellt. Darauf aufbauend wurde das numerische 3D-Modell in HydroGeoSphere erstellt. Das Modell berücksichtigt sowohl die Sättigung als auch den Oberflächenabfluss.

Für großskalige Aussagen wurde ein Modell für das gesamte Aller-Leine-Einzugsgebiet erstellt, für Detailuntersuchungen ein räumlich feiner aufgelöstes 3D-Modell sowohl für das gesamte Teileinzugsgebiet der Böhme als auch für dessen nördlichen Teil. Bei letzterem wurde eine weitere räumliche Verfeinerung zur zusätzlichen Untersuchung von hydrologischen Prozessen im Hangbereich von Flussläufen implementiert. Das Modell des Gesamteinzugsgebiets Aller-Leine, sowie die beiden Ausschnittmodelle wurden anhand historischer Abfluss- bzw. Grundwasserstanddaten über einen Zeitraum von mehreren Dekaden kalibriert und validiert.

Die Simulationen im nördlichen Teileinzugsgebiet der Böhme wiesen darauf hin, dass zukünftige Starkregenereignisse zu prozentual mehr Abfluss, mehr überschwemmter Fläche, einer temporär erhöhten Grundwasserneubildung und infolge dessen zu mehr Basisabfluss führen können. Untersuchungen zu der Grundwasserneubildung des Gesamteinzugsgebiets der Böhme zeigten, dass sich die Grundwasserneubildung saisonal ändern wird. Grundlage der Simulationen zwischen 2002 und 2050 waren die Klimamodelldaten REMO-BfG und REMO-UBA des A1B Szenarios.

Das Modell des gesamten Aller-Leine-Einzugsgebiets wurde eingesetzt, um den Einfluss der Klimamodelldaten auf das Grundwasserdargebot zu untersuchen. Die Ergebnisse des BfG-Laufs deuten auf leichte regionale Änderungen der Grundwasserneubildung hin. Beim UBA-Lauf wird im Vergleich zur Referenzperiode deutlich weniger Grundwasserneubildung in den Teileinzugsgebieten Innerste und Fuhse simuliert. Abbildung FT6-4 zeigt die simulierte Änderung des Grundwasserstandes relativ zur Referenzperiode (1962–1999). Für beide REMO-Läufe ist ein ähnlicher Trend erkennbar: höhere Grundwasserstände im Süden und äußersten Norden. Die Aus-

sagen zu den Grundwasserständen aus den Teilprojekten Wasserverfügbarkeit und Grundwasserdynamik stimmen nicht in allen Details überein. Es muss allerdings beachtet werden, dass sowohl unterschiedliche Klimamodelle, Gebiete als auch Methoden zu Grunde gelegt wurden.

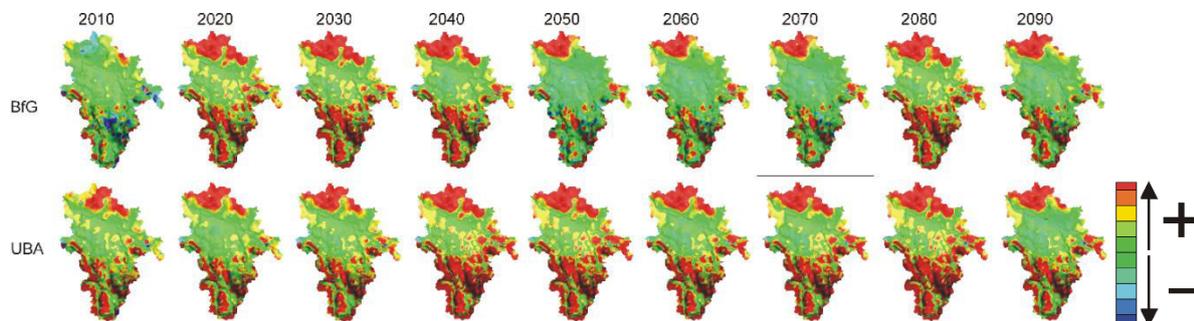


Abbildung FT6-4: Simulierte Änderung im Grundwasserstand für den BfG-Lauf (oben) und für den UBA-Lauf (unten) relativ zur Referenzperiode 1962–1999.

### Hochwasserrisiko

Zur Einschätzung bereits sichtbarer Veränderungen bezüglich des Hochwasserrisikos wurde in einem ersten Schritt eine Trendanalyse von Hochwasserindizes (maximal Abfluss, maxQd; Überschreitungsdauer 80%-Quantil, D80; Überschreitungsanzahl 80%-Quantil, N80) für langjährig beobachtete Pegel in Niedersachsen durchgeführt. Es zeigten sich überwiegend negative Trends für die Sommerhochwasser, die für ca. 30–40% aller Pegel signifikant sind und überwiegend positive Trends für Winterhochwasser, die jedoch nur für ca. 5–15% aller Pegel signifikant sind (Fangmann et al., 2013).

Trendanalysen basieren ausschließlich auf historisch beobachteten Daten und lassen daher nur bedingt Rückschlüsse auf zukünftige Gegebenheiten zu. Aus diesem Grund wurde das hydrologische Modell HBV-IWW (Wallner et al., 2013) für die Simulation von Hochwasserabflüssen der Vergangenheit und der Zukunft eingesetzt. Die Weiterentwicklung einer Kalibrierungsstrategie, basierend auf der Anpassung der simulierten Extremwertverteilung an die der beobachteten Verteilung (Haberlandt und Radtke, 2013), war in diesem Zuge einer der Arbeitsschwerpunkte.

Nach der Kalibrierung und Validierung des Niederschlag-Abfluss-Modells wurden mit Klimamodelldaten aus REMO-BFG und REMO-UBA (Szenario A1B) die Abflusszeitreihen der Vergangenheit (1971–2000), der nahen Zukunft (2021–2050) und der fernen Zukunft (2071–2100) simuliert. Aus diesen Simulationen wurden die Bemessungsabflüsse bestimmter Wiederkehrintervalle (HQ) ermittelt. Das HQ beschreibt den Spitzenabfluss, welcher statistisch gesehen alle n Jahre auftreten kann, das HQ100 tritt dementsprechend im Mittel alle 100 Jahre einmal auf. Für verschiedene HQ wurden anschließend die prozentualen Änderungen in den Hochwasserabflüssen ermittelt. Die Untersuchungen wurden an 41 Teileinzugsgebieten des Aller-Leine-

Einzugsgebiets durchgeführt, so dass für alle Gebiete die Änderungssignale ermittelt werden konnten (Abbildung FT6-5, links).

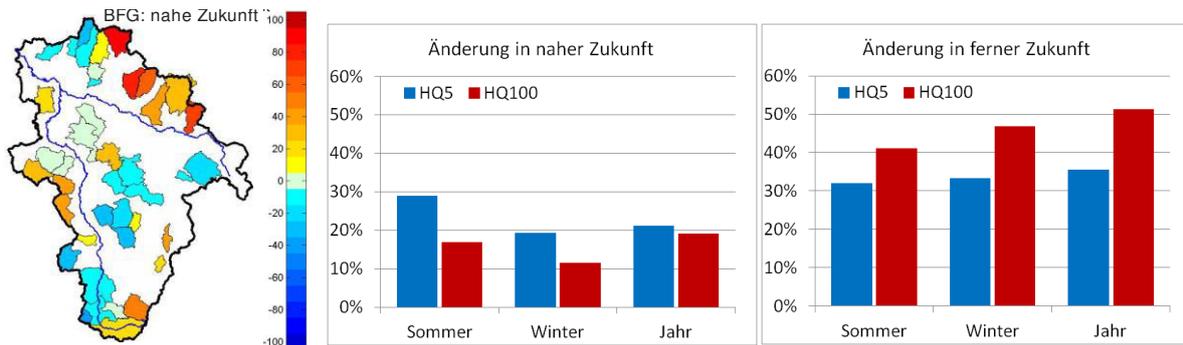


Abbildung FT6-5: Änderungssignal in Prozent des HQ100 der 41 Einzugsgebiete der nahen Zukunft für REMO-BFG (links). Über die 41 Gebiete und 2 REMO-A1B-Läufe gemitteltes Änderungssignal für das HQ5 und das HQ100 der nahen Zukunft (mitte) und der fernen Zukunft (rechts).

Die Änderungssignale der HQ100 sind nicht nur räumlich stark variabel sondern weichen auch zwischen REMO-BFG und REMO-UBA stark voneinander ab. Die hohe Variabilität der Ergebnisse zwischen den beiden REMO-Läufen deutet auf große Unsicherheiten in den Prognosen hin. Eine robustere Aussage liefert die Mittelung des Änderungssignals über alle Teilgebiete und über REMO-BFG und REMO-UBA (Abbildung 7, mitte und rechts). In der nahen Zukunft nehmen im Mittel die kleineren Hochwasser (HQ5) vor allem im Sommerhalbjahr stärker zu als die größeren Hochwasser (HQ100). Die mittlere Änderung der HQ5 variiert je nach Saison zwischen 19% und 29%, die des HQ100 zwischen 11% und 19%. Für die ferne Zukunft nehmen die Hochwasserabflüsse deutlich stärker zu als für die nahe Zukunft. Dieser Anstieg kann zum größten Teil den Simulationen aus dem REMO-UBA-Lauf zugeschrieben werden. Für das HQ100 des Gesamtjahrs wurde eine Erhöhung des mittleren Änderungssignals von 51% ermittelt. Die kleineren Hochwasser (HQ5) würden nach dieser Prognose um 32% bis 36% zunehmen.

Die Simulationen des hydrologischen Modells haben gezeigt, dass nach jetzigem Kenntnisstand die Hochwasser im Aller-Leine-Einzugsgebiet im Mittel zunehmen werden. Dies betrifft die ferne Zukunft im größeren Maße als die nahe Zukunft. Die Trendanalysen bestätigen dieses Ergebnis nur zum Teil. Auf Detailaussagen zu einzelnen Einzugsgebieten muss aus Gründen der Unsicherheiten in den Klimamodell-daten sowie der hydrologischen Modellierung verzichtet werden. Aber auch die Mittelung der hier erzielten Ergebnisse wird für quantitative Aussagen als nicht ausreichend empfunden. Eine Erhöhung der Anzahl der Ensembles globaler und regionaler Klimamodelle wäre ein wichtiger Schritt in Richtung robusterer Prognosen. Desweiteren sollten mehrere Niederschlag-Abfluss-Modelle zum Einsatz kommen, da die Simulation von Extremabflüssen eine große Herausforderung an das Modellkonzept und den Modellierer stellt und somit eine weitere Quelle für Unsicherheiten ist.

Mit den aus dem Niederschlag-Abfluss-Modell gewonnenen Bemessungsabflüssen wurden anschließend Überschwemmungsflächen und Schadenspotentiale der verschiedenen Perioden (Vergangenheit 1971–2000; nahe Zukunft 2021–2050; ferne Zukunft 2071–2100) simuliert. Hierfür wurden 58 hydraulische 1D-Modelle (HEC-RAS) mit einer Gesamtlängelänge von 994 km erstellt. Die hydraulische Berechnung erfolgte lamellenweise (40 Abflusslamellen je Gewässer), bei denen der Abfluss je Lamelle um 10% erhöht wurde. Die Energielinie als Ergebnis der hydraulischen Berechnung wurde mit dem DGM verschnitten, um die Überschwemmungsgrenzen und Wassertiefen zu erhalten. Durch den Verschnitt der Überschwemmungsgebiete mit den Flächennutzungsdaten wurden unter Anwendung von Vermögenswerten und Schadensfunktionen, in Abhängigkeit von den Wassertiefen, die Schadenspotentiale für die Lamellen ermittelt. Die Zuordnung der Schadenspotentiale zu den zugehörigen Abflüssen in einer umfangreichen Datenbank erlaubte die flexible Abfrage beliebiger Bemessungsabflüsse (z.B. HQ5, HQ100). Der jährlich zu erwartenden Schäden wurden für jedes Gebiet über das Integral der verschiedenen Jährlichkeiten (Wiederkehrintervalle) ermittelt. Die Änderungen der Schäden der Gesamtjahre zwischen der Vergangenheit und der nahen Zukunft bzw. der fernen Zukunft sind in Abbildung FT6-6 für die beiden REMO-A1B-Läufe (BFG/UBA) dargestellt.

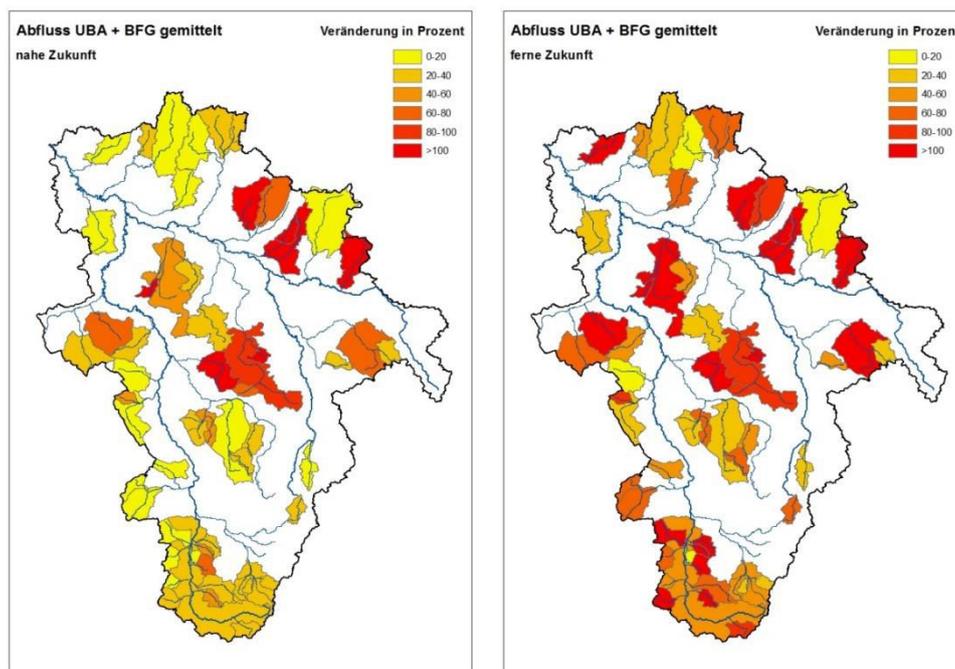


Abbildung FT6-6: Veränderung der jährlichen Schäden mit den gemittelten Abflüssen UBA und BFG der jährlichen Serie des Gesamtjahres der nahen Zukunft (2021–2050) und der fernen Zukunft (2071–2100).

Bei der Ermittlung des jährlich zu erwartenden Schadens haben Veränderungen bei den kleineren (häufigeren) Hochwasserereignissen einen größeren Einfluss als Veränderungen bei größeren (selteneren) Hochwasserereignissen, wie z.B. ein HQ100. Dies lässt sich hauptsächlich durch folgende zwei Punkte begründen. Der Wasserstand der Eintrittswahrscheinlichkeit kleinerer Ereignisse liegt oft an der Ausufe-

zungsgrenze. Bei einer Änderung in diesen Bereichen ist daher auch häufiger mit einer Über- bzw. Unterschreitung der Ausuferungsgrenze zu rechnen. Wird diese Grenze überschritten, kann es besonders in bebauten Bereichen zu erheblichen Schäden kommen, die bei Abflüssen knapp unter der Ausuferungsgrenze nicht auftreten. Zusätzlich fallen die kleineren Ereignisse bei der Integralbildung stärker ins Gewicht als die großen Ereignisse.

Bezogen auf das Gesamtjahr ergeben sich in der nahen Zukunft im Mittel über die 41 Einzugsgebiete Erhöhungen des jährlichen Schadens um rund 25% (Abbildung FT6-7). In der fernen Zukunft ergibt sich eine weitere Steigerung auf ca. 47% bezogen auf die Vergangenheit. Dabei findet die Veränderung für die Winterhalbjahre mit etwa 42% hauptsächlich in der nahen Zukunft statt. Für die ferne Zukunft wird nur noch eine Steigerung auf ca. 46% ermittelt. Im Sommerhalbjahr dagegen ist die Steigerung des jährlichen Schadens kontinuierlicher und nimmt von 22% in der nahen Zukunft auf 42% in der fernen Zukunft zu. Da die Ergebnisse direkt von denen der hydrologischen Modellierung abhängen, sind sie dementsprechend mit den gleichen Unsicherheiten behaftet.

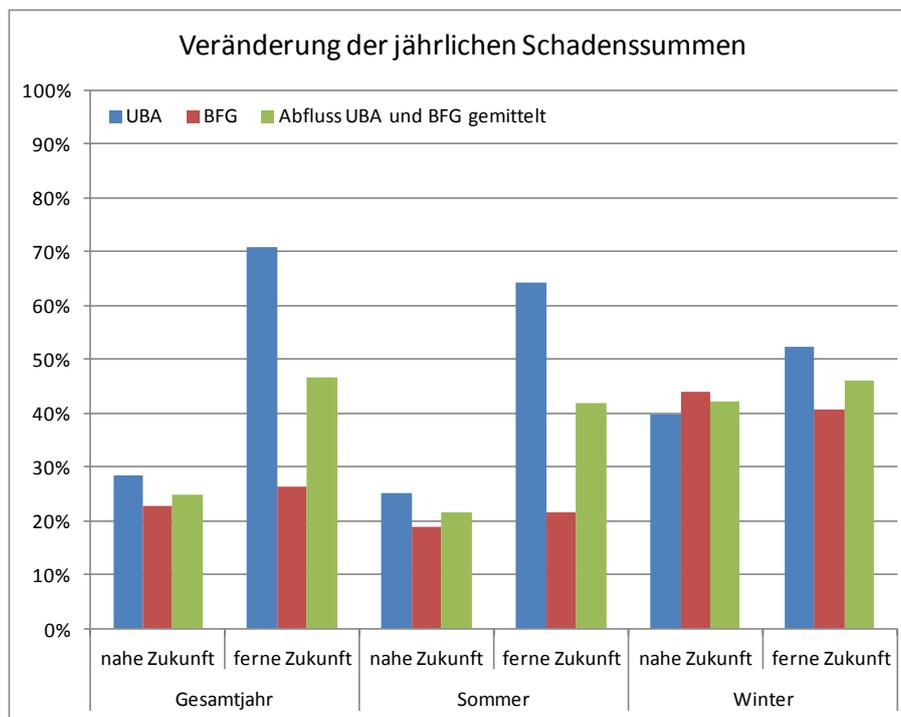


Abbildung FT6-7: Veränderung der jährlichen Schadenssummen aufsummiert über die 41 Gebiete, aufgeteilt nach den beiden REMO-A1B-Läufen UBA und BFG sowie dem gemittelten Abfluss aus UBA und BFG (nahe Zukunft 2021–2050; ferne Zukunft 2071–2100).

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt war die Abschätzung des Einflusses einer Änderung der klimatischen Rahmenbedingungen auf den Betrieb des aus sechs Speichern bestehenden Talsperrenverbundsystems im Westharz. Darauf aufbauend waren Möglichkeiten der Betriebsanpassung mit besonderem Augenmerk auf die veränderte Hochwasserbelastung und unter Berücksichtigung der Multifunktionalität der Talsperren zu ermitteln und zu bewerten.

Eine belastbare Modellierung für das Untersuchungsgebiet konnte nur in Form einer integrierten, zeitlich und räumlich hoch aufgelösten Langzeitkontinuumsimulation erfolgen. Ein Großteil des Teilprojekts befasste sich daher mit der integrierten Simulation des Verbundbetriebs mit dem Wasserhaushaltsmodell PANTA RHEI in Tages- und Stundenzeitschritten, da speziell bei Fragen bezüglich des Hochwassermanagements eine tägliche Auflösung der Simulationen alleine nicht ausreicht.

Die Modellierung mit Klimamodelldaten (REMO-UBA, Szenario A1B) gelang gut für diejenigen Talsperren, deren Einzugsgebiete vom Brocken unbeeinflusst sind und zeigte eine Verschiebung zu nasserem Wintern und trockeneren Sommern. Die Talsperren des Westharzes werden daher in Zukunft stärker für einen Ausgleich zwischen sehr nassen und sehr trockenen Perioden sorgen müssen. Das wird Auswirkungen auf ihr, aus Niedrigwasseraufhöhung, Energieerzeugung, Trinkwassergewinnung und Hochwasserschutz bestehendes Nutzungsspektrum haben. Dem Hochwasserschutz kommt dabei eine Schlüsselrolle zu, da der im Winter zusätzlich vorgehaltene Hochwasserschutzraum das speicherbare Wasservolumen für die trockeneren Perioden des Jahrs limitiert.

Als eines von vielen möglichen Zielen wurde für die Betriebsanpassung eine konstante Hochwassergefährdung der Unterlieger gewählt. Es konnte gezeigt werden, dass eine Anpassung des Betriebs mit dem vorhandenen System technisch machbar ist.

Durch die Abschätzung der Auswirkungen der Betriebsanpassung auf die anderen Nutzungen wurde untersucht in welchem Ausmaß die Anpassung tatsächlich wünschenswert ist. Diesem Vergleich diente eine Überführung der Nutzungen in monetäre Einheiten. Das Hochwasserrisiko konnte exemplarisch für die Ortslage Osterode unterhalb der Sösetalsperre ermittelt werden. Ein neu entwickeltes Verfahren zur Wertermittlung ermöglichte die Schätzung der Exposition anhand der Anzahl von Beschäftigten und Anwohnern. Der Einfluss des demografischen Wandels auf das Hochwasserrisiko war so abschätzbar. Für drei Talsperren des Verbunds zeigt die Untersuchung eine Erhöhung der Energie- und Trinkwasserproduktion durch das zukünftig größere Wasserdargebot im Winter. Dieser Zugewinn geht allerdings durch eine Anpassung des Hochwasserschutzes teilweise verloren.

Für die Sösetalsperre und die darunter befindliche Ortslage wurde daher ein Nutzen-Kosten-Vergleich für eine Projektion der fernen Zukunft (2071–2100) durchgeführt. Die Kosten der Betriebsanpassung in Form von entgangener Wertschöpfung wurde dem Nutzen in Form von verhinderten Hochwasserschäden gegenübergestellt. Die erste Spalte der Abbildung FT6-8 zeigt die gegenwärtigen Werte, die folgenden Spalten die Werte der fernen Zukunft ohne Betriebsanpassung und mit Betriebsanpassung. In der letzten Spalte ist die Differenz der Werte (ohne/mit Betriebsanpassung) zu sehen. Eine auf eine konstante Gefährdung abzielende Verminderung der zukünftigen Spitzenabgaben der Sösetalsperre auf das heutige Niveau führt zu einer Nutzen-Kosten-Relation im Bereich zwischen zwei und drei. Die Betriebsanpassung ist daher ökonomisch vorteilhaft.

Eine erweiterte Betrachtung stellt der Risikominderung durch die Betriebsanpassung den vom demografischen Wandel verursachten Rückgang des Risikos gegenüber. Während bei der Betrachtung der Gefährdung allein eine Konstanz des Hochwasserschutzes gegeben scheint, tritt bei der Betrachtung des Risikos eine deutliche Verbesserung des Schutzes hervor. Dies überrascht, ist aber durch den Bevölkerungsrückgang im ländlichen Raum zu erklären. Im Rahmen eines modernen Hochwasserrisikomanagements könnte daher auch eine Erhöhung der Gefährdung (d.h. der Abgaben) diskutiert werden, wenn Hochwasserschutz im Vergleich von Vergangenheit und Zukunft nicht als konstante Gefährdung, sondern als konstantes Risiko definiert wird.

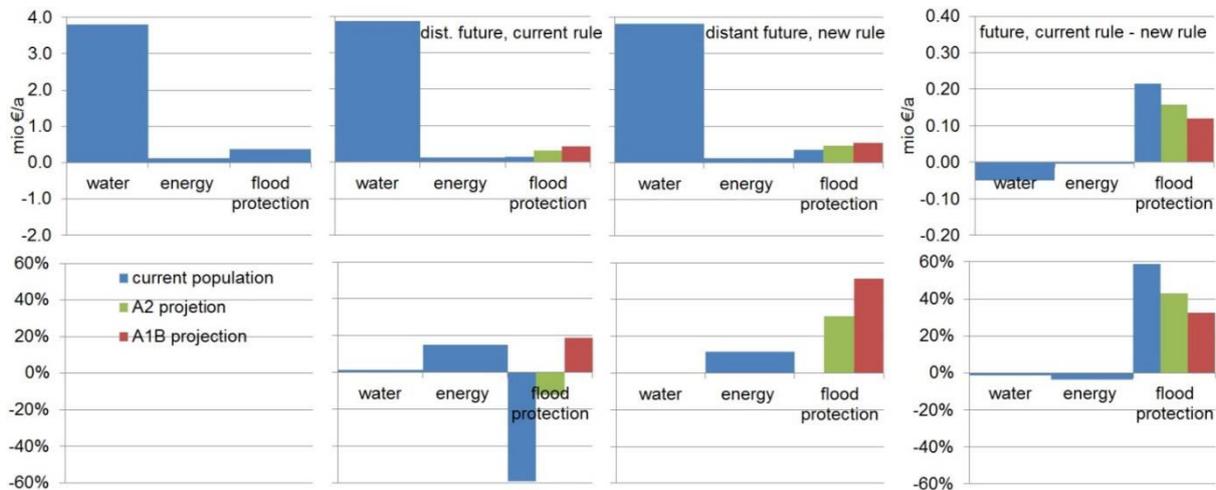


Abbildung FT6-8: Absolute (oben) und relative (unten) Werte für monetäre Änderungen der Nutzungen der Sösetalsperre. Ein Vergleich der fernen Zukunft (2071–2100) mit der Vergangenheit auf Grundlage von REMO-UBA für drei demografische Szenarien.

Die Verringerung der Spitzenabgaben ist nämlich mit Kosten verbunden; und die Nutzen-Kosten-Relation sinkt mit den geschützten Werten.

Da nur ein Klimamodelllauf die für die Fragestellung nötige Eignung aufwies, konnte die Unsicherheit der Klimamodelle nicht quantifiziert werden. Die genannten Zahlen müssen daher als Nachweis der prinzipiellen Möglichkeit der Ermittlung gesehen werden, nicht als belastbare Werte für wasserwirtschaftliche Planungen.

### Gewässerbelastung

Die Erfassung der punktuellen Stoffausträge aus Siedlungsgebieten ist ein wichtiger Bestandteil zur Beschreibung der Gewässerbelastung. In diesem Zusammenhang werden unter Punktquellen Stoffeinträge aus kommunalen Kläranlagen, Trennkanalisation sowie Einträge durch Mischwasserüberläufe verstanden.

Ziel war es, eine übertragbare Methodik zur Abbildung großer Einzugsgebiete zu entwickeln und dabei beim Modellaufbau ausschließlich auf Basis vorliegender bzw. verfügbarer Daten zu arbeiten. Aufgrund der großen Anzahl von Anlagen und Einleitungen war es nicht möglich, eine umfassende Datenaufnahme durchzuführen.

Stattdessen waren angepasste Methoden zu entwickeln, die zum einen die Modellkomplexität möglichst niedrig halten und zum anderen belastbare Aussagen bezüglich der Emission zulassen.

Hinsichtlich der Klassifizierung der Siedlungsgebiete zeigten grobe Auswertungen, dass über 90% der CSB- und Stickstoff- sowie 75% der Phosphoreinträge auf Kläranlagen der Größenklasse 4 und 5 entfallen. Zusätzlich wurden die Frachten in den einzelnen Teileinzugsgebieten bilanziert, um eine Bewertung in Bezug auf die Gewässer durchführen zu können. In Abbildung FT6-9 ist beispielhaft für den Parameter Phosphor im Teileinzugsgebiet der Innerste eine solche Bilanz abgebildet. Auf Grundlage dieser Auswertungen erfolgte eine Gliederung der Datenbasis. Die Anlagen mit erhöhter Relevanz für die Gesamtbetrachtung wurden ermittelt und in Kategorien eingeteilt.

Für die Kläranlagen wurde je nach Datenbestand durch Nachbemessung eine repräsentative Anlage aufgebaut, um eine funktionale Einheit zur Abbildung des Stoffumsatzes darzustellen und einen charakteristischen Tagesgang der Ablaufwerte zu simulieren. Generell wurde angenommen, dass die Einleitungsstellen an die Anforderungen in der Abwasserverordnung (AbwV) gebunden sind. Die Prognose zukünftiger Zustände der Kläranlagen unter veränderten klimatischen Randbedingungen ist stark von anthropogenen Einflüssen und technischen Eingriffen überlagert (MSR-Technik, Anlagenausbau etc.). Für den Eintragspfad Trennkanalisation wurden mittlere Konzentrationen aus der Literatur angesetzt (Brombach und Fuchst, 2003) und

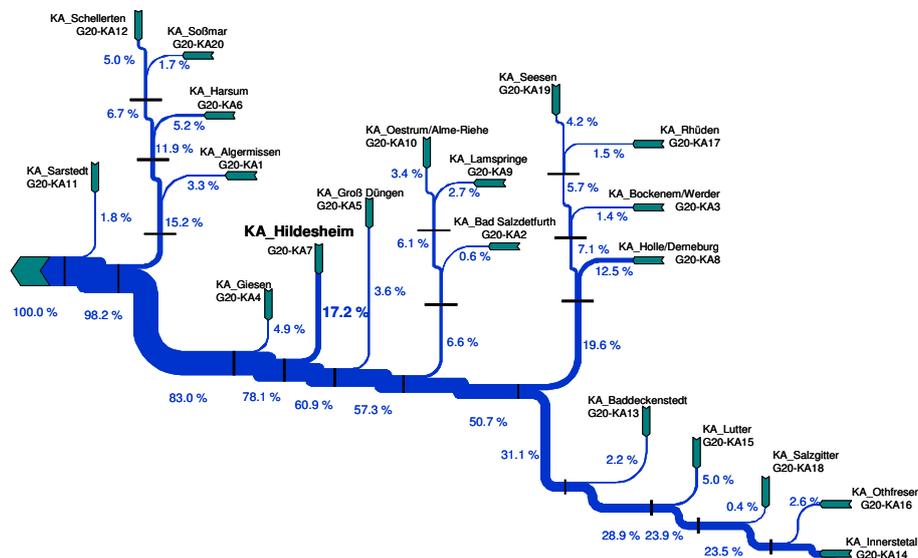


Abbildung FT6-9: Phosphorbilanz der Kläranlagen-Ablaufmengen im Gebiet der Innerste.

Frachten in grober zeitlicher Auflösung simuliert. Nur die Stadt Hildesheim weist einen wesentlichen Anteil an Mischkanalisation auf. Zur Abschätzung der Aussagequalität des entwickelten Modellkonzepts wurden daher Vergleiche mit einem Detailmodell durchgeführt, welche eine positive Übereinstimmung beider Ansätze zeigten.

Punktuelle Stoffausträge aus Kläranlagen werden in der Zukunft durch technischen Ausbau auf ähnlichem Niveau gehalten werden können wie gegenwärtig. Für Misch- bzw. Trennkanalisationen müssen weitere Untersuchungen mit einer besseren Datenlage erfolgen um allgemeine Aussagen treffen zu können.

Im Teilprojekt diffuse Stoffausträge und Gesamtfrachten wurden auf mittel- bis großskaliger Ebene Naturräume und Landnutzungssysteme auf die relative Sensitivität des Stoffaustrags untersucht. Um die Auswirkungen der Landnutzung und des Klimas auf den Wasser- und Stoffhaushalt zu simulieren, wurde das dynamische ökohydrologische Modell SWAT (Neitsch et al. 2005) verwendet. Repräsentative Teileinzugsgebiete Niedersachsens wurden in der räumlichen Auflösung der WRRL (10 km<sup>2</sup>) simuliert. Berücksichtigt wurden unterschiedliche Bewirtschaftungspraktiken (Düngung, Pflügen) und unterschiedliche Feldbewirtschaftungen. Während die Kalibrierung des Wasserhaushalts auf Tagesbasis erfolgte, konnte der Stoffhaushalt, aufgrund der vorliegenden Beobachtungsdaten, nur für Monatswerte kalibriert werden.

Repräsentativ für die unterschiedlichen Naturräume wurde der Wasserhaushalt für die Fuhse (Börde/Lössbörde), Böhme (Lüneburger Heide), Schunter (Börden/ Ostbraunschweigisches Hügelland) und Obere Leine (Weser- und Leinebergland) für einen Zeitraum von 15 Jahren (1980–1995) kalibriert und validiert (1996–2006). Zur Optimierung wurden Fruchtfolgen implementiert, welche aus Daten zu den Flächenanteilen der Feldfrüchte in einem Vierjahres-Intervall auf Ebene der Gemeinden für den Zeitraum von 1979 bis 2007 gewonnen wurden. Diese dynamische Landnutzung zeigte einen deutlichen Einfluss auf den Wasser- und Stoffhaushalt der Teilgebiete.

Für das Einzugsgebiet der unteren Fuhse wurde die Feldbewässerung in SWAT abgebildet. Vergleiche mit empfohlenen Bewässerungsmengen des Fachverbands Feldbewässerung e.V. (FVF Hannover 2013) für den Zeitraum von 1999 bis 2006 zeigten eine gute Übereinstimmung mit den simulierten Bewässerungsmengen. Die Implementierung der Feldbewässerung verbesserte zusätzlich das Wasserhaushaltsmodell.

In einem ersten Schritt wurde das Modell verwendet, um den Einfluss des Klimaszenarios A1B des REMO-UBA-Laufs auf die Niedrigwasser und den Bewässerungsbedarf zu simulieren. Während für die nähere Zukunft nur geringe Änderungen erwartet werden, ist in der fernen Zukunft (2071–2100) bei einem stärkeren Temperaturanstieg mit häufigerem Auftreten von Niedrigwasser zu rechnen. Unter Verwendung eines Referenzwertes für die Bewässerungsmenge von 25% der Grundwasserneubildungsmenge zeigt sich, dass für das Klimaszenario A1B die Anzahl der Jahre, in denen dieses Limit überschritten wird, zunimmt. Ebenso steigt die durchschnittliche Bewässerungsmenge in der fernen Zukunft (2071–2100) im Vergleich zu der nahen Zukunft und der Vergangenheit deutlich an (Abbildung FT6-10).

Unter Verwendung der verschiedenen Fruchtfolgen für die entsprechenden Teilgebiete und unter Berücksichtigung der Düngeempfehlung der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (LWK 2011) konnte die monatliche Nitratfracht in der oberen Fuhse simuliert werden. Unter Annahme einer gleichbleibenden Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Flächen und gleichbleibendem Stoffeintrag aus Punktquellen, konnte ein Anstieg der monatlichen Nitratfracht für die nahe und ferne Zukunft prognostiziert werden (Abbildung FT6-11).

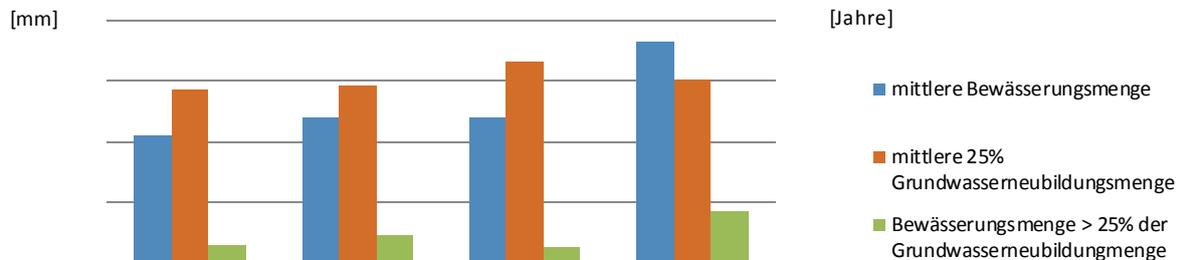


Abbildung FT6-10: Simulierte jährliche Bewässerungsmenge verglichen mit 25% der Grundwasserneubildung (Beobachtungsdaten, Kontrolllauf, mittlere und ferne Zukunft REMO-UBA A1B Szenario).

Die Prognosen können aufgrund der Nichtbeachtung der sozio-ökonomischen Entwicklung und der Anwendung nur eines Klimaszenarios nicht direkt für die wasserwirtschaftliche Planung eingesetzt werden. Hierfür wären weiterführende Untersuchungen notwendig.

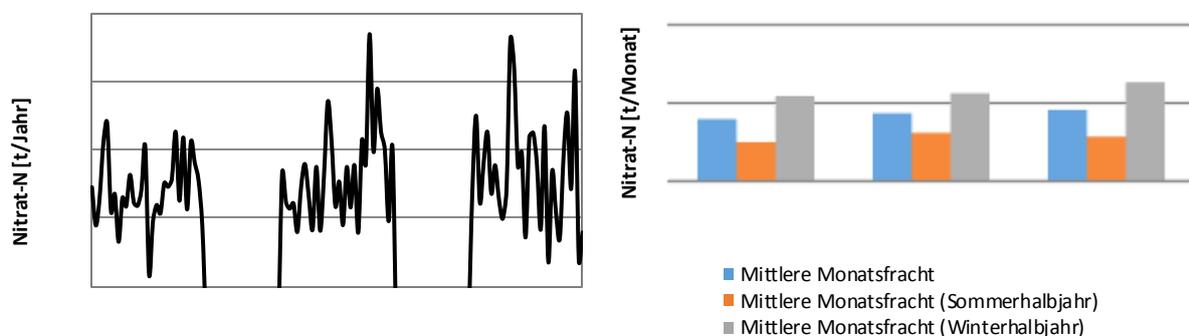


Abbildung FT6-11: Simulierte jährliche Nitratfracht für die obere Fuhse für den REMO-UBA-Lauf unter dem A1B Szenario (links). Simulierte mittlere Monatsfracht der Fuhse (rechts) für den Kontrolllauf (1971–2000), die nahe (2021–2050) und die ferne Zukunft (2071–2100).

Im Rahmen des Teilprojekts Fließgewässergüte wurde eine eindimensionale hydrodynamische Simulation der Wasserqualität für ausgewählte Teilstrecken im Aller-Leine-Einzugsgebiet durchgeführt. Mit diesen Simulationen sollten Aussagen über Tendenzen spezifischer Wasserqualitätsparameter bei sich ändernden Klimabedingungen gemacht werden. Da die Wassertemperatur einen entscheidenden Einfluss auf die Gewässergüte hat, wurde sie in der Untersuchung als zentraler Parameter betrachtet. Zusätzlich gilt die Lufttemperatur, welche in direkter Beziehung zur Was-

sertemperatur steht, als eine der robustesten Klimavariablen aus den Klimasimulationen.

Bei der Simulation der Wassertemperatur wird die Beschattung durch Ufervegetation meist nur als konstanter Modellparameter berücksichtigt. In Norddeutschland ist aber durch die Dominanz von Laubgehölzen von einer im Jahresgang variablen Beschattung der Fließgewässer auszugehen. Um eine belastbare Szenariensimulation mit einer variablen Beschattung zu ermöglichen, wurde die Ufergehölzvegetation der untersuchten Teilstrecke detailliert kartiert und die Vegetationsperioden im Untersuchungsgebiet aus Phänologiedaten des Deutschen Wetterdienstes ermittelt. Der Modellparameter für die Gewässerbeschattung wurde nach Li et al. (2012) unter Berücksichtigung von Gewässereigenschaften, Vegetationsparametern und Sonnenstand in Abhängigkeit der Vegetationsperiode berechnet. Die Untersuchungen erfolgten entlang einer ca. 38 km langen Teilstrecke der Böhme. Der Aufbau eines eindimensionalen Modells erfolgte anhand von Gewässer- und Geländevermessungsdaten des NLWKN. Zuflüsse zur Teilstrecke wurden im Rahmen der Teilprojekte punktuelle und diffuse Stoffausträge simuliert und als Randbedingungen übernommen. Als treibende Klimagrößen gingen Lufttemperatur, Globalstrahlung, relative Feuchte, Windgeschwindigkeit und Luftdruck in stündlicher Auflösung von der Station Soltau des Deutschen Wetterdienstes in das Modell ein. Für die Simulation der Wassertemperatur wurde ein eindimensionales Modell mit einem deterministischen Energiebilanz-Ansatz verwendet, welches sowohl die Strahlung, die Lufttemperatur und die Wassertemperatur aller Zuflüsse berücksichtigt. Mit einer vegetationsphasenabhängigen Beschattung konnten die beobachteten Wassertemperaturen durch das Modell sehr gut abgebildet werden.

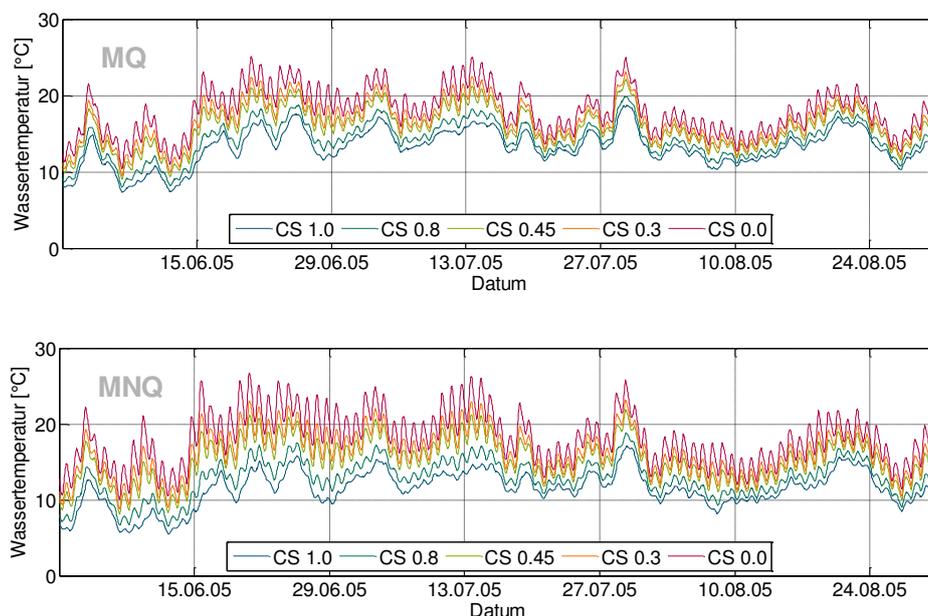


Abbildung FT6-12: Einfluss der Beschattung auf die Wassertemperatur bei stationärem Abfluss (CS – Beschattungsparameter „Canopy Shading“).

Um den Einfluss der Gewässerbeschattung auf die Wassertemperatur zu untersuchen, wurden stationäre und instationäre Simulationen mit unterschiedlichen Beschattungen (0, 30, 45, 80 und 100%) im Sommer durchgeführt. Bei geringer Beschattung ist die Wassertemperatur insgesamt höher als bei starker Beschattung. Zudem ist die Tagesamplitude deutlich größer (Abbildung FT6-12). Eine Erhöhung der Gewässerbeschattung um 20% bewirkt eine Reduzierung der mittleren Tagestieftemperatur um ca. 0,5 K und der mittleren Tagesmitteltemperatur um ca. 0,7 K. Die mittlere Tageshöchsttemperatur sinkt um ca. 0,8 K. Bei mittlerem Niedrigwasserabfluss ist die Tagesamplitude bei geringer Beschattung noch stärker ausgeprägt, was zu einem häufigeren Auftreten von besonders hohen Wassertemperaturen führt. Die maximale Differenz der Wassertemperatur zwischen vollständig beschatteten und unbeschatteten Verhältnissen betrug im Sommer 2005 bei mittlerem Abfluss etwa 8 K, bei Niedrigwasserabfluss 11 K.

Der Einfluss der Beschattung auf die Wassertemperatur scheint größer zu sein als die durch Klimawandel zu erwartende Wassererwärmung. Das Auftreten kritischer Wassertemperaturen kann durch den Ausbau der Ufergehölzvegetation deutlich reduziert werden (Abbildung FT6-13). Positive Nebeneffekte sind eine verbesserte Lösung von Sauerstoff im Gewässer durch geringere Wassertemperaturen, verringerte Makrophyten- und Algenentwicklung durch verringerten Strahlungseinfall sowie eine mögliche Reduzierung von Nährstoffeinträgen durch eine Vegetationspufferzone zwischen landwirtschaftlichen Nutzflächen und dem Fließgewässer. Daneben unterstützt ein Ausbau der Ufergehölzvegetation die Vernetzung aquatischer und terrestrischer Lebensräume und eine naturnahe Fließgewässerentwicklung.

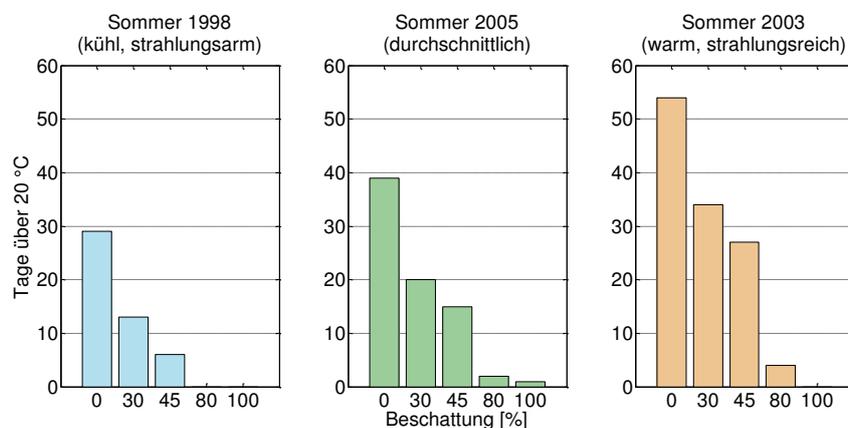


Abbildung FT6-13: Reduzierung des Auftretens kritischer Temperaturen durch Ausbau der Gewässerbeschattung.

### Wasserwirtschaftliche Planung und Ergebnistransfer

Eine Aufgabe dieses Teilprojekts bestand in der Zusammenstellung, Aufbereitung, Fortschreibung sowie Bereitstellung der von den Forschungsthemen benötigten wasserwirtschaftlichen Daten sowie Klima- und Geobasisdaten. Zum Erhalt der von den Projektpartnern erzeugten Daten und Ergebnissen wurde vom NLWKN zusätzlich

eine Sammlung der Metainformationen initiiert. Die daraus entstandene Übersicht ermöglicht eine Nutzung der Daten über das Projektende hinaus.

Eine weitere Funktion dieses Teilprojekts war der Ergebnistransfer von der Wissenschaft in die Fachpraxis und Verwaltung. Die Schwerpunkte des Ergebnistransfers lagen im Austausch zwischen den unterschiedlichen Arbeitsbereichen der Wasserwirtschaft wie z.B. einer umfangreichen Mitarbeit in den (Unter-) Arbeitskreisen der Regierungskommission Klimaschutz. Im Rahmen dieser Mitarbeit konnten zahlreiche Erkenntnisse in die Veröffentlichungen der Regierungskommission bzw. Landesregierung („Empfehlung für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels“ 2012 und in die „Klimapolitische Umsetzungsstrategie Niedersachsen“ 2013) einfließen.

Weiterhin fand ein Ergebnistransfer durch die Nutzung der Synergien zum thematisch eng verbundenen, praktisch ausgerichteten KliBiW-Projekt („Globaler Klimawandel – Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland“) statt.

Die Vernetzung mit anderen, zum Teil externen Forschungsprojekten ähnlicher Fragestellung wurde initiiert und erfolgreich fortgesetzt (z. B. Workshops der IMPLAN-AG: Implementierung von Ergebnissen aus KLIFF in der räumlichen Planung in Niedersachsen und des MARE-Projekts der Stadt Hannover: Managing Adaptive Responses to changing flood risk).

Die Verbesserung der Information, Kommunikation und Partizipation der niedersächsischen Öffentlichkeit gegenüber Hochwasserrisiken und der damit verbundenen Optimierung der Gefahrenabwehr war ein weiteres wichtiges Ziel des Teilprojekts. Die vorhandenen Sensibilisierungs- und Partizipationsmethoden wurden analysiert und ihre Schwachstellen bzw. fehlenden Angebote ermittelt. Experteninterviews und eine erstmalig in Niedersachsen durchgeführte Online-Bürger-Befragung zum Thema Klimawandel und Hochwasser erfassten den Ist-Zustand zur Sensibilität der Öffentlichkeit gegenüber Hochwasserrisiken und Klimawandel. In den Umfragen wurde z.B. ein erhöhter Informationsbedarf über Hochwasserrisiken in Niedersachsen deutlich. Basierend auf diesen Erkenntnissen wurde ein Maßnahmenkatalog zur praktischen Umsetzung von Sensibilisierungs- und Partizipationsmaßnahmen für die betroffenen Akteursgruppen entwickelt und im Internet unter [www.nlwkn.niedersachsen.de](http://www.nlwkn.niedersachsen.de) veröffentlicht. Im Rahmen von sechs Informationsveranstaltungen des NLWKN zur Umsetzung der Europäischen Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL), wurde den betroffenen Fachbehörden, Kommunen und Verbänden Informationsmaterial zum Thema „Hochwasserrisiken bewältigen – Bürger sensibilisieren – Akzeptanz schaffen“ mit dem Hinweis zum Maßnahmenkatalog an die Hand gegeben (Abbildung FT6-14).

Um dem hohen Informationsbedarf der Bevölkerung gerecht zu werden, wurde im Rahmen des KLIFF-Projekts eine Informations- und Kommunikations- (IuK) Plattform im Internet konzipiert und bereits in Teilen umgesetzt. Die o.g. Umfragen ergaben, dass das Internet ein bevorzugtes Informationsmedium darstellt. Die Inhalte orientieren sich an den ermittelten Bedürfnissen der Bevölkerung und Anregungen der Ex-

perten. Diese werden ab 2014 über die Website des NLWKN allen Bürgern und Akteuren des Hochwassermanagements zur Verfügung stehen.

Sensibilisierungs- und Partizipationsprozesse im Hochwasserbereich sind eine langfristige Aufgabe und werden auch als Teil der Schulbildung vorgeschlagen. Innerhalb von KLIFF wurde daher eine erste Kooperation mit der Universität Hildesheim (Institut für Geographie) zur Entwicklung von Lehrmaterialien für Klimawandel und Hochwasserrisiko realisiert.

Abbildung FT6-14: Informations-Flyer „Hochwasserrisiken bewältigen“.

## Schlussfolgerung

Ein Schwerpunkt des Forschungsprojekts war die (Weiter-) Entwicklung von Instrumentarien zur besseren Abschätzung des Einflusses veränderter Klimarandbedingungen auf Binnengewässer. Die im Folgenden zusammengefassten Strategien bilden einen Auszug der innerhalb von KLIFF entwickelten Methoden, welche für nachfolgende, weiterführende Forschungsvorhaben zur Verfügung stehen.

Neben der Verfeinerung der Abbildung klimarelevanter Prozesse in dem hydrologischen Modell PANTA RHEI (Kreye et al., 2012; Förster et al., 2012) entwickelten Wallner et al. (2013) und Haberlandt und Radtke (2013) neue Methoden für die effiziente und robuste Kalibrierung von hydrologischen Modellparametern für die Klimafolgenforschung. Zur Abschätzung der Grundwasserdynamik wurde ein detailliertes, numerisches 3D-Modell für das gesamte Aller-Leine-Einzugsgebiet erstellt. Gocht (2013) entwickelte eine einfache, an die Randbedingungen angepasste Methodik zur Abschätzung der Werte in Hochwasserrisikoanalysen. Für die Evaluierung punktueller und diffuser Stoffausträge (van der Heijden und Haberlandt, 2010) wurden Simu-

lationsmodelle für das Aller-Leine-Einzugsgebiet erstellt. Die Untersuchung des Einflusses der Ufervegetation auf die Wassertemperatur wurde durch ein hydrodynamisches Modell und eine naturgemäße Implementierung des Sonnenscheins und der Vegetationsperioden realisiert.

Die Anwendung der vorgestellten Methoden basiert in KLIFF lediglich auf einem Emissionsszenario (A1B) und, je nach Teilprojekt, einer sehr begrenzten Auswahl unterschiedlicher Klimamodelle (WETTREG2006, REMO-BfG, REMO-UBA). Innerhalb dieses Forschungsvorhabens können daher zwar erste Tendenzen gezeigt jedoch keine robusten Aussagen gemacht werden.

Der Wasserhaushalt wird sich demnach saisonal verschieben, wobei die Winterabflüsse zunehmen werden. Saisonale Schneedecken werden in der Zukunft voraussichtlich eine geringere Bedeutung haben. Die Änderung im Grundwasserstand wurde mittels verschiedener Modelle, Methoden und Klimamodelldaten berechnet, wobei die Ergebnisse in Teilen voneinander abweichen. Dies ist ein Indikator der Unsicherheiten, welche sowohl von den Klimamodelldaten als auch den ausgewählten Methoden ausgehen können.

Hochwasserereignisse sowie die daraus resultierenden Schäden pro Jahr werden im Mittel für das Aller-Leine-Einzugsgebiet zunehmen. Regionalspezifische Aussagen sind zum jetzigen Zeitpunkt allerdings nicht möglich. Die Bewirtschaftung der Talsperren im Westharz kann sehr wahrscheinlich an eine Änderung der Klimarandbedingungen angepasst werden. Dies wird Auswirkungen auf die Energie- und Trinkwasserproduktion haben.

Auch die technische Ausstattung der Kläranlagen wird es erlauben, Änderungen des Klimas auszugleichen. Bei den diffusen Stoffausträgern ist mit einem Anstieg der Nitratfracht zu rechnen. Für Fließgewässer wurde eine Strategie erarbeitet, welche eine Kompensation eines möglichen Temperaturanstiegs durch die Beschattung des Gewässers erlaubt.

Der Transfer der gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Praxis war eine weitere Aufgabe des Forschungsvorhabens. Neben dem Austausch mit Praktikern, Fachbehörden und anderen ähnlichen Forschungsprojekten wurden Konzepte zur Einbeziehung und Information der Bevölkerung erarbeitet.

Die Unsicherheiten in den Ergebnissen der Projektionen wurden von allen Teilprojekten thematisiert, da sie eines der Hauptprobleme darstellen, wenn es um die Ermittlung robuster Aussagen geht. Darüber hinaus sind aber auch die angewandten Methoden bzw. Modelle mit Unsicherheiten behaftet. In beiden Fällen ist ein größeres Ensemble aus mehreren Klimamodelldatensätzen und mehreren Impactmodellen empfehlenswert.

## Literatur

- Brombach H., Fuchs S. (2003) Datenpool gemessener Verschmutzungskonzentrationen in Misch- und Trennkanalisationen. *KA Abwasser, Abfall* 50 (4): 441–450.
- Elsholz M., Berger H. (2003) Hochwasserbemessungswerte für die Fließgewässer in Niedersachsen – Abflüsse in hydrologischen Landschaften über Regionalisierungsansätze. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hildesheim.
- Fangmann A., Belli A., Haberlandt U. (2013) Trends in beobachteten Abflusszeitreihen in Niedersachsen. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 57, H. 5, 196–205.
- Förster K., Gelleszun M., Meon G. (2012) A weather dependent approach to estimate the annual course of vegetation parameters for water balance simulations on the meso- and macroscale. *Adv. Geosci.*, 32, S. 15–21.
- FVF (Fachverband-Feldberechnung) (2013): Website [Online]. Available from <http://www.fachverband-feldberechnung.de/>
- Gocht M. (2013) Ein einfaches Verfahren zur Wertermittlung in Hochwasserrisikoanalysen. *Wasserwirtschaft* 9, 2013, S. 36–41.
- Haberlandt U., Radtke I. (2013) Derived flood frequency analysis using different model calibration strategies based on various types of rainfall-runoff data – a comparison. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 10(8): 10379–10417.
- van der Heijden S., Haberlandt U. (2010) Influence of spatial interpolation methods for climate variables on the simulation of discharge and nitrate fate with SWAT. *Adv. Geosci.* 27, 91–98.
- Kreye P., Gelleszun M., Meon G. (2012) Ein landnutzungssensitives Bodenmodell für die meso- bis makroskalige Wasserhaushaltsmodellierung. In: Weiler, M. (Hrsg.): *Wasser ohne Grenzen*. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung Heft 31.12, S. 25–30.
- Li G., Jackson C.R., Kraseski K.A. (2012) Modeled riparian stream shading: Agreement with field measurements and sensitivity to riparian conditions. *Journal of Hydrology* 428–429: 142–151.
- LWK, Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2011) Richtwerte für die Düngung in Niedersachsen. Stand Januar 2011.
- Neitsch S.L., Arnold J.G., Kiniry J.R., Williams J.R. (2005) *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation*. Blackland Research Center, Temple, Texas.
- Pardé M. (1963) *Fleuves et rivières*. Colin, Paris, 223 Seiten.
- Pfaundler M., Weingartner R., Diezig R. (2006) „Versteckt hinter den Mittelwerten“ – die Variabilität des Abflussregimes. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 50 (3), S. 116–123.
- Riedel G., Meon G., Förster K., Lange S., Lichtenberg T., Anhalt M. (2011) *Panta Rhei – Hydrologisches Modellsystem für Forschung und Praxis in Niedersachsen*. In: Blöschl G., Merz R. (Hrsg.) *Hydrologie & Wasserwirtschaft – von der Theorie zur Praxis*. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung Heft 30.11, S. 386.
- Therrien R., McLaren R., Sudicky E., Panday S. (2010) *HydroGeoSphere – A three-dimensional numerical model describing fully-integrated subsurface and surface flow and solute transport*. University of Waterloo and Université Laval, Canada.
- Wallner M., Haberlandt U., Dietrich J., (2013) A one-step similarity approach for the regionalization of hydrological model parameters based on Self-Organizing Maps. *Journal of Hydrology*, 494(0): 59–71.

## **7. Forschungsthema 7: Küste und Küstenschutz – A-Küst**

*Cordula Berkenbrink<sup>1</sup>, Gerd Bruss<sup>2</sup>, Pushpa Dissayanake<sup>1</sup>, Iris Grabemann<sup>3</sup>, Sebastian Grashorn<sup>4</sup>, Nikolaus Groll<sup>3</sup>, Maria Herold<sup>5</sup>, Ralf Kaiser<sup>1</sup>, Heiko Knaack<sup>1</sup>, Philip Kreye<sup>6</sup>, Katina Kuhn<sup>7</sup>, Maike Kuhn<sup>1</sup>, Karsten Lettmann<sup>4</sup>, Gesa Lüdecke<sup>7</sup>, Roberto Mayerle<sup>2</sup>, Günter Meon<sup>6</sup>, Marco Miani<sup>1</sup>, Thomas Ptak-Fix<sup>5</sup>, Gerhard Riedel<sup>6</sup>, Anne Ritzmann<sup>1</sup>, Torsten Schlurmann<sup>8</sup>, Anke Schmidt<sup>7</sup>, Meinfried Striegnitz<sup>7</sup>, Hans von Storch<sup>3</sup>, Ralf Weisse<sup>3</sup>, Mirjam Willert<sup>7</sup>, Jörg-Olaf Wolff<sup>4</sup>, Anna Zorndt<sup>8</sup>, Hanz D. Niemeyer<sup>1</sup>, Andreas Wurpts<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Forschungsstelle Küste im Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN-FSK) Norderney

<sup>2</sup> Coastal Research Laboratory (CORELAB), Christian-Albrechts Universität Kiel

<sup>3</sup> Helmholtz Zentrum Geesthacht, Zentrum für Material- und Küstenforschung

<sup>4</sup> Institut für Chemie und Biologie des Meeres (ICBM) der Carl von Ossietzky-Universität Oldenburg

<sup>5</sup> Angewandte Geologie, Georg-August Universität Göttingen

<sup>6</sup> Hydrologie, Wasserwirtschaft und Gewässerschutz, Technische Universität Braunschweig

<sup>7</sup> Institut für Umweltkommunikation (INFU), Leuphana Universität Lüneburg

<sup>8</sup> Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen, Leibniz Universität Hannover

Stürme, Sturmfluten und Seegang stellen Naturgewalten dar, die das Leben in den Küstenregionen der Nordsee prägen und die Sicherheit sowohl auf See als auch im Küstenbereich nachhaltig beeinflussen. Im Fall einer globalen Erwärmung kann es zu langfristigen Änderungen in der Sturmaktivität in der Nordsee und damit verbunden zu langfristigen Änderungen in der Wasserstands- und Seegangsstatistik kommen, wodurch sich das Gefährdungspotential auf See und für die Küsten möglicherweise erhöht.

Angesichts der erwarteten Folgen des Klimawandels stehen die Küstenregionen weltweit vor besonderen Herausforderungen. Der Insel- und Küstenschutz in Niedersachsen richtet sich seit 1.000 Jahren darauf aus, den Menschen in sturmflutgefährdeten Gebieten Sicherheit für Leib und Leben sowie für den Erhalt der Lebensgrundlagen zu gewährleisten. Insel- und Küstenschutz bieten heutzutage die Grundlage für Leben und Wirtschaften von etwa 1,2 Mill. Menschen und mehr als 12 Mrd. € Einheitswerte in Niedersachsen. Damit werden auch mittelbar Gebiete in den benachbarten Bundesländern Bremen und Hamburg sowie in den Niederlanden geschützt.

Im Forschungsthema A-KÜST wurden vier Themenfelder untersucht:

1. Evaluierung von Anpassungsstrategien im Küstenschutz und Belastungen von Küstenschutzwerken
2. Sozialwissenschaftliche Bewertung der Anpassungsstrategien im Küstenschutz
3. Morphologische Veränderungen in der Leybucht sowie Hydrodynamik und Sedimenttransport im Ostfriesischen Wattenmeer
4. Entwicklung des Weserästuars

Im Rahmen des Forschungsthemas A-KÜST wurden daher im Zusammenhang mit der Evaluierung von Küstenschutzstrategien Berechnungsergebnisse globaler Klimarechenläufe regionalisiert, d. h. einer Nutzung auf regionalen räumlichen Skalen zugänglich gemacht.

Diese wurden anschließend als Eingabegrößen für eine ganze Kaskade weiterer numerischer Modelle für Wasserstände, Strömung und Seegang, sowie auch für morphodynamische Berechnungen verwendet.

Basierend auf diesen Daten wurden dann a) Anpassungsstrategien und b) auf die morphologische Reaktion des Wattenmeeres geschlossen.

## **Zentrale Ergebnisse**

### Evaluierung von Anpassungsstrategien im Küstenschutz und Belastungen von Küstenschutzwerken

#### *Regionalisierung globaler Klimadaten*

Ziel der Regionalisierung globaler Klimadaten war die Abschätzung möglicher zukünftiger Änderungen der Wasserstände und des Seegangs in der Nordsee als Folge anthropogener Klimaänderungen. Um mögliche zukünftige Entwicklungen der Gesellschaft und damit einhergehend mögliche unterschiedliche Emissionen von Treibhausgasen zu berücksichtigen, wurden in der Untersuchung zwei Emissionsszenarien einbezogen. Das eine Szenario beschreibt eine relative schnelle Reduktion an Treibhausgas-Emissionen, das andere eine Reduktion der Emissionen zu einem späteren Zeitpunkt. Aus Simulationen des globalen Klimas unter Zugrundelegung der beiden Emissionsszenarien abgeleitete und regionalisierte meteorologische Daten dienten als Antriebsdaten für Wasserstands- und Seegangssimulationen mit numerischen Modellen für die Nordsee. Um auch die natürliche Klimavariabilität zu berücksichtigen, wurde jede der beiden den Nordseesimulationen zugrundeliegenden globalen Klimasimulationen mit zwei unterschiedlichen Anfangszuständen durchgeführt. Hieraus ergaben sich zwei Simulationen, die das Referenzklima (Simulationen mit beobachteten Treibhausgaskonzentrationen zum Ende des 20. Jahrhunderts) zum Vergleich mit möglichen Klimaänderungen repräsentieren, und vier Projektionen eines möglichen zukünftigen Klimas im 21. Jahrhundert. Die komplexen Strukturen insbesondere der Wattgebiete in der südöstlichen Nordsee wurden in den Nordseemodellen zugrundeliegenden Topographie nicht vollständig aufgelöst; daher wurden die Simulationen für Wassertiefen größer 10m ausgewertet.

Die vier Klimaprojektionen zeigen sowohl in der Größe der Änderungen im Sturmflut- und Wellenklima als auch in deren räumlichen Mustern Unterschiede, die aus den unterschiedlichen zugrundeliegenden Emissionsszenarien und Anfangszuständen resultieren und die die Unsicherheiten in derartigen Klimaprojektionen widerspiegeln.

Die extremen Sturmflutwasserstände zeigen in allen Rechenläufen eine leichte Zunahme zum Ende des 21. Jahrhunderts in der Deutschen Bucht. So nimmt das 99

Perzentil der Windstauhöhe (1% der höchsten Windstauhöhen) um bis zu ca. 15 cm seewärts der Nordfriesischen Küste zu. Änderungen seewärts der ostfriesischen Küste fallen dagegen geringer aus. Diese Erhöhung der Wasserstände bzw. Windstauhöhen rührt hauptsächlich von einem häufigeren Auftreten von Sturmereignissen mit hohen Wasserständen, die auch schon im Referenzklima aufgetreten sind. In den Projektionen treten Ereignisse, bei denen die maximalen Referenzwasserstände überschritten werden, relativ selten auf. Diese Änderungen in den Wasserständen gehen konform mit den Änderungen im Windklima. Dieses zeigt eine Häufung der schon im Referenzklima vorkommenden hohen Windgeschwindigkeiten, verknüpft mit einer Häufung von starken Winden aus westlichen Richtungen. Aus diesem Grund fallen die Änderungen des Wasserstandes an der Nordfriesischen/ Schleswig-Holsteinischen Küste stärker aus als an der Ostfriesischen und Niedersächsischen Küste.

Innerhalb des 21. Jahrhunderts zeigen die mittleren und extremen Wasserstände deutliche multi-dekadische Schwankungen in einer Klimaprojektion als auch zwischen den Klimaprojektionen mit unterschiedlichen Emissionsszenarien und Anfangszuständen. Diese Unterschiede deuten auf die hohe interne (natürliche) Variabilität des Sturmflutklimas hin. Derartige multi-dekadische Schwankungen werden auch in langfristigen Wasserstandsbeobachtungen des 20. und angehenden 21. Jahrhunderts gefunden.

Eine Analyse des 50jährigen Wiederkehrwertes des Windstaus zeigt eine Erhöhung um 10 -80cm an der deutschen Nordseeküste. Sowohl die Analyse der Wiederkehrwerte als auch die der hohen Perzentile zeigt, dass die stärksten meteorologisch bedingten Erhöhungen im Windstau und Wasserstand aufgrund der multi-dekadischen Variabilität in einzelnen Projektionen schon in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts auftreten können. Wird in erster Näherung ein zusätzlicher linearer Anstieg des mittleren Meeresspiegels um 20 cm bzw. 80 cm zum Ende des Jahrhunderts bei der Berechnung der Wiederkehrwerte angenommen, zeigt sich nur bei dem Meeresspiegelanstieg von 80cm ein deutlicher Einfluss auf den Wiederkehrwert, der in ähnlicher Größenordnung ist wie der durch die rein meteorologisch bedingten Änderungen des Sturmflutklimas.

Die Klimaprojektionen für den Seegang zeigen ein ähnliches Bild der zukünftigen Entwicklung wie diejenigen für die meteorologisch bedingten Änderungen im Wasserstand. Allerdings variieren die Änderungen der signifikanten Wellenhöhe räumlich stärker als die Änderungen des Wasserstandes. Abhängig von der gewählten Projektion nimmt die extreme (99 Perzentil) signifikante Wellenhöhe in der Deutschen Bucht zwischen 10 cm und 30 cm zu. Die größte Zunahme zeigt sich im Skagerrak mit bis zu 40 cm. In der westlichen und nördlichen Nordsee hingegen kann es sowohl zu einer Zunahme als auch zu einer Abnahme (um bis zu 40 cm) der signifikanten Wellenhöhe kommen. Auch bei der Wellenhöhe zeigen sich starke multi-dekadische Schwankungen innerhalb einer Projektion und auch zwischen den Simulationen mit verschiedenen Emissionsszenarien und Anfangszuständen. Die Verteilung der Wellenhöhen zeigt eine Verschiebung zu höheren Wellenhöhen (nicht einheitlich zwischen allen Projektionen), allerdings keine wesentliche Erhöhung der im Referenzklima auf-

tretenden Maxima. Eine vergleichsweise stetige Zunahme der Häufigkeit von Wellen, die in östliche Richtungen laufen, ist in allen Simulationen zu finden und ist konform mit den Änderungen in der Windrichtung.

Da bei den Simulationen für Wasserstand und Seegang die gleichen meteorologischen Antriebsdaten verwendet wurden, kann auch deren gemeinsame Änderung untersucht werden. Hier deutet sich eine etwas größere Zunahme von Ereignissen an, bei denen Wasserstand und Wellenhöhe gleichzeitig Schwellwerte überschreiten als deren einzelne Überschreitungswahrscheinlichkeit. Aber auch hier sind die Ergebnisse mit Unsicherheiten behaftet.

Die beschriebenen Ergebnisse fügen sich gut in die Ergebnisse nationaler und internationaler Publikationen ein. Ungeachtet der Unsicherheiten geben die Projektionen für ein mögliches zukünftiges Sturmflut- und Wellenklima Bilder möglicher plausibler und konsistenter Entwicklungen wieder, die im Hinblick auf Entscheidungsfindungsprozesse im Küstenschutz und von Offshore-Aktivitäten hilfreich sein können.

### *Evaluierungs- / Bemessungsszenarien*

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden für die Folgeuntersuchungen als Randbedingungen (Wind, Wasserstand und Seegang) verwandt, um die Entwicklung regionaler Sturmfluten und Seegang im Emsästuar auf Basis verschiedener Szenarien bis zum Ende des Jahrhunderts zu berechnen. Diese Vorgehensweise erlaubt eine Evaluierung anhand konkreter, am derzeitigen Sicherheitsniveau der niedersächsischen Bemessung für Küstenschutzbauwerke ausgerichteten Alternativstrategien. Es zeigte sich, dass eine belastbare Evaluierung erst auf diesem Konkretisierungsniveau möglich ist.

Zuerst wurden Bemessungssturmfluten und Bemessungsseegang beispielhaft im Ems-Dollart-Ästuar für drei Szenarien künftiger Entwicklungen mit einer für wirkliche Bemessungen von Küstenschutzwerken hinreichenden Auflösung modelliert. Damit stehen gleichartige Belastungsszenarien für die Evaluierung alternativer Strategien für den Küstenschutz zur Gewährleistung der Sturmflutsicherheit von Niederungsgebieten zur Verfügung, die unmittelbar dem Standard konkreter Bemessung in Niedersachsen folgen.

Um einerseits den in Niedersachsen gesetzlich festgelegten deterministischen Bemessungsverfahren zu genügen und andererseits das für zukünftige Entwicklungen unbekannteste, für diese Bemessung heranzuziehende Ereignis nicht zu kennen, wurden drei Szenarien für die Evaluierung festgelegt. Szenario 1 setzt einen Meeresspiegelanstieg von 25 cm und eine zusätzlichen Erhöhung des Windstaus von 25 cm an. Dieses Szenario mit einer Erhöhung um insgesamt 50 cm entspricht dem derzeit gültigen Vorsorgemaß bei der Bemessung von Seedeichen in Niedersachsen. Das Szenario 2 geht in Anlehnung an die obere Grenze des im IPCC-Berichts von 2007 genannten Wertebereichs von einem Meeresspiegelanstieg von 65 cm und 35 cm als Zunahme des Windstaus aus; letzterer Wert orientiert sich an Ergebnissen der Untersuchungen des HZG-Instituts für Küstenforschung zur Sturm-,

Wasserstands- und Seegangsentwicklung in der südlichen Nordsee. Als drittes Szenario wurde eine Erhöhung des Meeresspiegels um 1 m und eine Zunahme des Windstaus um 0,5 m vorgegeben, insgesamt also 1,5 m, als Beispiel für eine sehr starke Veränderung bis zum Ende des Jahrhunderts (Abb. FT7-1).

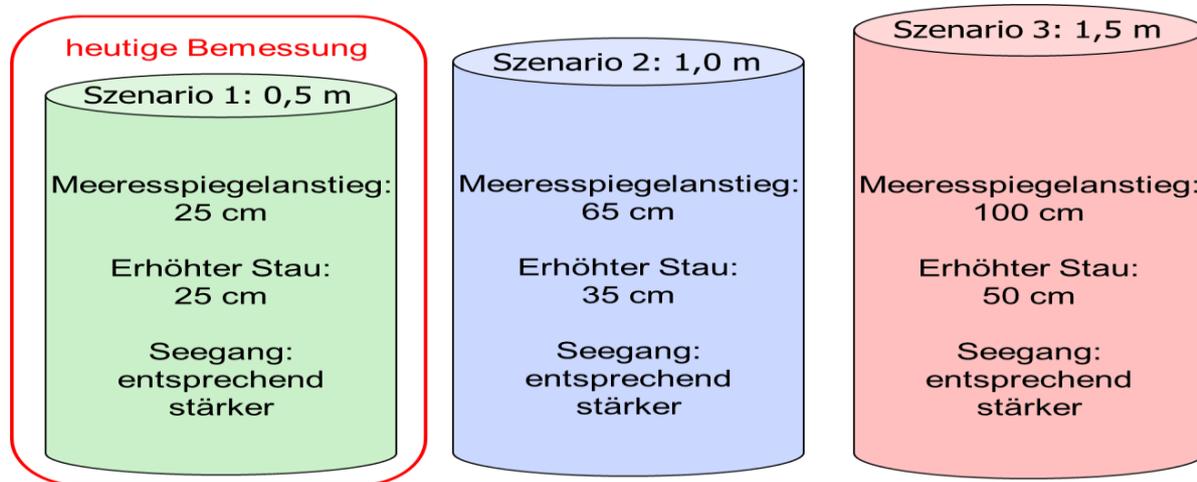


Abbildung FT7-1: Bemessungsszenarien

Unter Verwendung einer Kaskade von ineinander gebetteten Wasserstandsmodellen und Seegangmodellen mit zunehmender Auflösung wurden für die drei Szenarien die Wasserstände und der Seegang für das Dollart-Gebiet ermittelt. Die Ableitung der möglichen zukünftigen Bemessungsgrößen aus den Szenarien entspricht bei dieser Vorgehensweise der derzeit in Niedersachsen angewandten Praxis der Bemessung von See- und Ästuardeichen bei Randbedingungen unter den Gegebenheiten von Klimaänderungsfolgen.

Die ermittelten Wasserstände in den Szenarien steigen in das Ästuar hinein deutlich an. Dabei führt die Zunahme von einem Szenario zum nächsten nicht zu einer einfachen Addition des Wertes von 50 cm sondern verstärkt sich im Bereich des Dollart um etwa einen Dezimeter (Abb. FT7-2)

Der Seegang in den Bemessungsszenarien schwankt lokal stark je nach Exposition zum Wind. Bedingt durch die höhere angesetzte Windgeschwindigkeit und die Zunahme der Wassertiefe nimmt auch der Seegang von einem Szenario zum nächsten zu: die signifikante Wellenhöhe steigt um mehrere Dezimeter die Energieperioden werden um etwa 0,5 s länger (Abbildung FT7-3). Bei der Betrachtung der Belastungszunahmen an Bauwerken bei möglichen zukünftigen Klimaänderungen ist somit nicht nur ein höherer Wasserstand sondern auch eine stärkere Seegangsbelastung zu berücksichtigen.

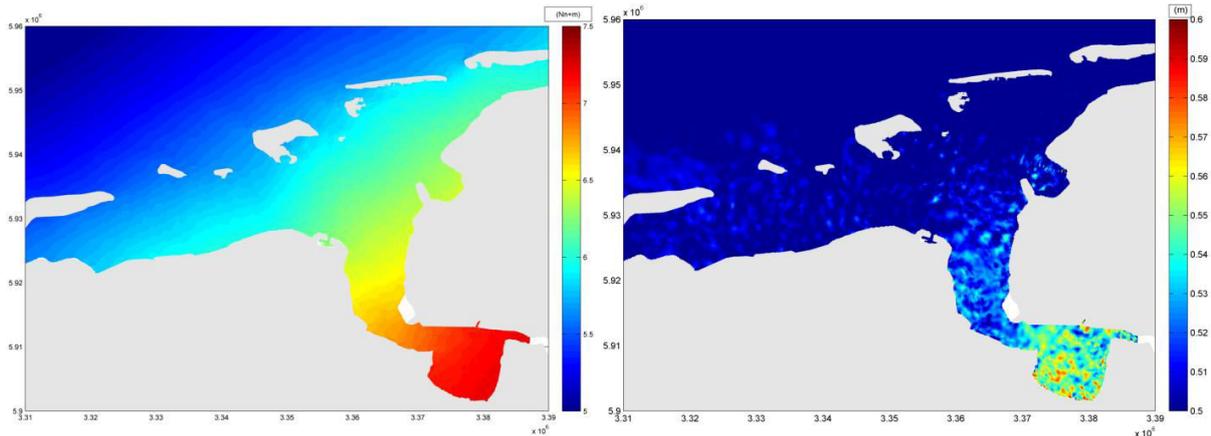


Abbildung FT7 2: links: maximale Wasserstände im Szenario 2; rechts: Zunahme der maximalen Wasserstände von Szenario 2 zu Szenario 3

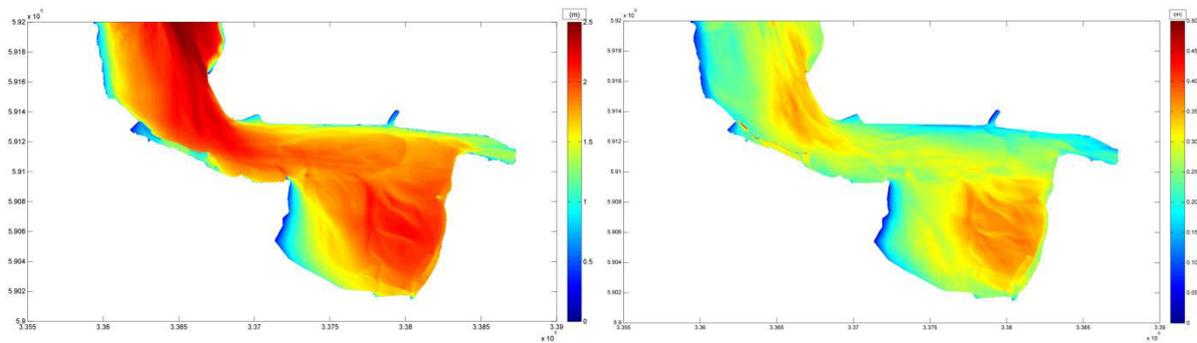


Abbildung FT7-3: links: signifikante Wellenhöhe  $H_{m0}$  im Szenario 2 bei Wind von 30 m/s aus 292°; rechts: Zunahme der signifikanten Wellenhöhe  $H_{m0}$  bei gegenüber der derzeitigen Bemessung

### Evaluation der bestehenden und alternativen Küstenschutzstrategien

Die Ergebnisse der regionalen Tide- und Seegangmodellierung im Emsästuar bilden die Ausgangsgrundlage für die Quantifizierung von Belastungen des Küstengebietes und der dort befindlichen Schutzwerke. Dieses ist ein wesentlicher Bestandteil der Evaluation der bestehenden und alternativen Strategien.

Vor dem Hintergrund zu erwartender Folgen des Klimawandels stellt sich die Frage, ob sich die bisher praktizierte Strategie aufrechterhalten lässt oder ob Alternativen anzustreben sind. Da allein das Umsetzen erhöhter Sicherheitsanforderungen bei Weiterverfolgen der jetzigen Strategie linienhafter Schutz Jahrzehnte benötigt, ist eine vorausschauende Planung unter Einbeziehung einer hinreichenden Bandbreite von Szenarien für Klimaänderungsfolgen unabdingbar. Ziel der Untersuchungen ist es, über vergleichbare Randbedingungen in möglichst konkreter, quantitativer Form die Machbarkeit des bisher praktizierten Küstenschutzes in Niederungsgebieten zu prüfen und eine objektive Evaluierung alternativer Strategien zu ermöglichen. Dabei wurden die vom Weltklimarat vorgeschlagenen und oft diskutierten Strategien Rückzug, Anpassung, Staffelung und Rückdeichung untersucht.

Der Rückzug aus allen sturmflutgefährdeten Gebieten an der Küste und an den Tideästuarien beinhaltet die Aufgabe so großer Siedlungs- und Wirtschaftsräume, dass sie nur dann volkswirtschaftlich gerechtfertigt erscheint, wenn Belastungen aus Klimaänderungsfolgen keine entsprechenden sicheren technischen Lösungen entgegen gestellt werden können.

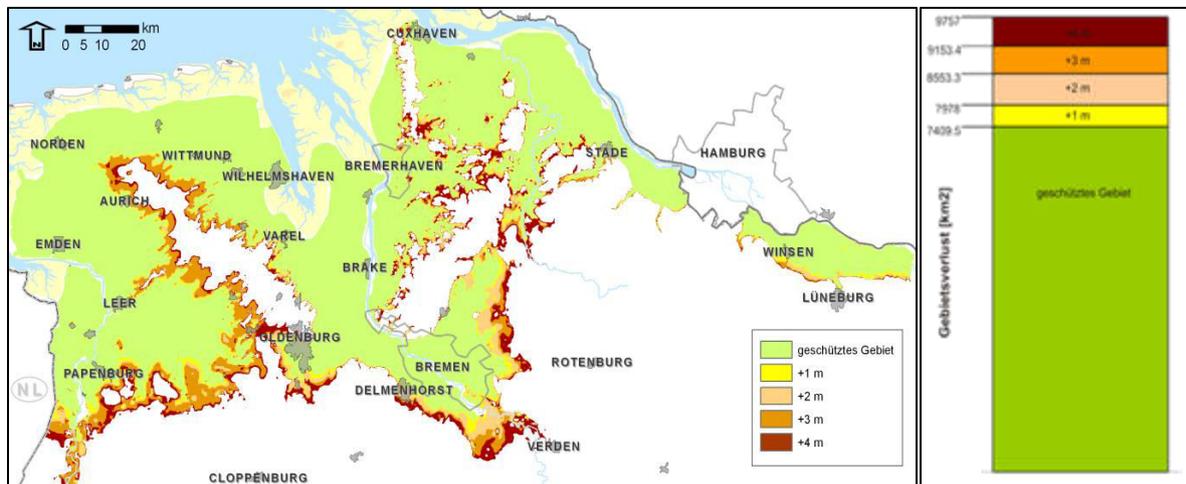


Abbildung FT7-4: Aktuell geschütztes Gebiet sowie zusätzliche Höhenstufen bis +4mNN

Die historische Anpassung von Siedlungs- und Wirtschaftsräumen an Sturmflutwasserstände in Form von Warften oder Wurtten, scheidet heute weitestgehend aus. Denn sowohl bei der Erhöhung noch bestehender Warften als auch bei der Neuschaffung von Warften wird eine vollständige Neuerrichtung der gegen Sturmfluten zu sichernden Infrastrukturen erforderlich. Diese Alternative ist für die absehbaren Bedrohungsszenarien in seiner volkswirtschaftlichen Gesamtbilanz im Vergleich zur Strategie Schutz ausgesprochen negativ. Bestehende Siedlungen und Wirtschaftsstandorte separat einzudeichen (Ringdeiche), verkürzt die derzeitige Deichlinienlänge nur geringfügig.

Mittels Rückdeichung wird die Reduzierung hydrodynamischer Beanspruchungen gegenüber dem gegenwärtig praktizierten linienhaften Schutz unmittelbar an der Küstenlinie angestrebt. Die vielfach vorgeschlagene Alternative zum derzeitigen Schutzkonzept geht einerseits von einer Absenkung der Sturmflutwasserstände durch eine Entlastung über das ins Landesinnere eindringende Wasservolumen aus sowie andererseits von einer Dämpfung des Seegangs auf der Laufstrecke bis zum rückverlegten Deich. Durch eine Kombination verschiedener Effekte, die durch die Rückverlegung des Deichs zustande kommen, bedarf es einer höheren und breiteren Dimensionierung des neuen Bauwerks, verglichen mit der heutigen Deichlinie. Diese Effekte sind zum einen stauwirksame, verglichen mit dem offenen Küstenvorfeld, geringere Wassertiefen unmittelbar vor dem Bauwerk. Zum anderen sind es die erhöhte Anfachung des Seegangs infolge des verlängerten Windwirkungswegs sowie eine zunehmende Wassertiefe, bedingt durch abfallende Geländehöhen der eingedeichten Polder.

Der Schutzform „Staffelung“ liegt die Idee zugrunde, die Aufnahme der Belastungen aus Seegang und Wasserständen auf zwei nacheinander angeordneten Bauwerken zu verteilen: Vorgelagert wird ein wellenbrechender Deich, der den Seegang so weit dämpft, dass seine Wirkung an dem nachgeordneten wasserstandskehrenden Deich hinreichend gering ist, um ihn materialsparend mit steileren Böschungen auszustatten. Modellierungen mit wirklichkeitstgetreuer Konkretisierung zeigen: Die Reduktion des Bemessungswellenaufbaus durch den vorgelagerten Wellenbrecher am wasserstandskehrenden Deich ist in allen untersuchten Fällen zu gering, als dass das Ziel der Materialeinsparung erreicht werden kann. Die erforderlichen Abmessungen des Wellenbrechers und des nachgelagerten wasserstandskehrenden Deichs fallen im Vergleich zum konventionellen Deich größer aus (Abb. FT7-5).

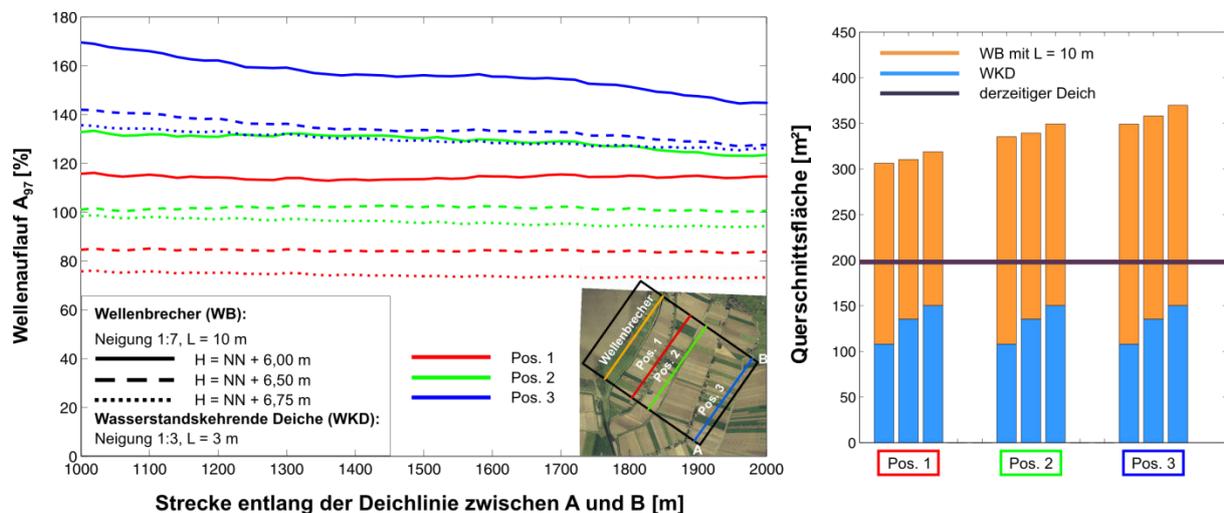


Abbildung FT7-5: links: Vergleich des jeweiligen Wellenaufbaus ( $A_{97}$ ) an wasserstandskehrenden Deichen hinter einem vorgelagerten Wellenbrecher in Abhängigkeit vom Abstand dazwischen und sowie verschiedenen Höhen des Wellenbrechers. 100% entsprechen dem jetzigen konventionellen Deich; rechts: Vergleich der benötigten Querschnittsflächen für verschiedene Staffelungen von wellenbrechenden und wasserstandskehrenden Deichen mit der des derzeitigen konventionellen Deichs.

### Sozialwissenschaftliche Bewertung der Anpassungsstrategien im Küstenschutz

Die sozialwissenschaftliche Untersuchung zur Einschätzung von Klimaänderungsfolgen und Handlungsmöglichkeiten im Insel- und Küstenschutz durch Öffentlichkeit und Entscheidungsträger sowie Organisation und formative Evaluation der transdisziplinären Forschungskooperation diente der Entwicklung und Beurteilung von Anpassungsstrategien im Küstenschutz. Ziel war es, durch gezielte Kombination von qualitativen und quantitativen Methoden der empirischen Sozialforschung den Prozess der Entwicklung und Bewertung von Klimaanpassungsstrategien im Küstenschutz in einer transdisziplinären Forschungskooperation systematisch zu organisieren, analysieren und seinerseits zu evaluieren. In Form eines Beirats wurden regionale Entscheidungsträger, Praxisexperten, Meinungsbildner, Vertreter von Interessengruppen und öffentlicher Verwaltung dabei teilweise unmittelbar in den Prozess der Entwicklung der leitenden Forschungsfragen, den Gang der Untersuchungen und

in die Generierung von Handlungs- und Lösungsoptionen mit einbezogen. Bei den Mitgliedern des Beirats handelt es sich um Vertreter der im Projektgebiet zuständigen Deichverbände als Selbstverwaltung und gesetzlichen Trägern der Deicherhaltung, der kommunalen Unteren Deichbehörden, der staatlichen Küstenschutzverwaltung, des Naturschutzes, der Regierungsvertretung, der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung sowie relevanter wirtschaftlicher Akteure im Küstenbereich, wie Hafenwirtschaft, Industrie Handelskammer und Bauindustrie.

Das Untersuchungsdesign gliederte sich in vier Studien (Orientierungsstudie, Diskursstudie, Bewertungsstudie, Transferstudie) mit unterschiedlichen Erhebungsinstrumenten. Diese Kombination von sozialwissenschaftlich-empirischen Methoden wurde gewählt, um die Interaktionsprozesse zwischen Wissenschaft, regionalen Entscheidungsträgern und Meinungsbildnern sowie der regionalen Öffentlichkeit in verschiedenen Arenen und in ihrer zeitlich-inhaltlichen Entwicklung möglichst umfassend zu untersuchen und realistisch abbilden zu können.

Im Rahmen der Orientierungsstudie wurden mit zwei unabhängigen repräsentativen Bevölkerungsbefragungen und vertiefenden Fokusgruppen im Projektgebiet die Wahrnehmung und Bewertung des Klimawandels und dessen Auswirkungen auf den Insel- und Küstenschutz durch die Bevölkerung eingefangen. Die *1. Welle der Bevölkerungsbefragung (Mai/Juni 2010)* zeigte, dass die Bevölkerung großes Vertrauen in die im Küstenschutz involvierten Institutionen und damit auch in Projektleitung und Praxispartner hat. Mehr als 90% der befragten Bevölkerung Ostfrieslands gingen davon aus, dass es heute einen Klimawandel gibt, dessen Auswirkungen Ostfriesland zukünftig betreffen werden, Zwei Drittel äußerten, dass sie sich in naher Zukunft bedroht fühlen werden. Weit verbreitet war das Vertrauen in die Leistungsfähigkeit des derzeitigen Küstenschutzes und in einen langfristig wirksamen technischen Fortschritt, der nach Ansicht der Befragten zu neuen Lösungen und Bauwerken im Küstenschutz führen werde. Auf strikte Ablehnung (77%) stieß die Vorstellung, dass "Küstenregionen mit hoher Bevölkerungsdichte und hohen Sachwerten gegenüber weniger dicht besiedelten Küstenregionen künftig stärker und aufwändiger vor Sturmfluten geschützt werden" sollten. Eine wichtige Erkenntnis war, dass die zeitliche Wahrnehmung von Klimaänderungsfolgen und damit verbunden die Sicherheit der Küstenregion aus der öffentlichen Perspektive von der Wahrnehmung der Fachleute (Wissenschaftler, Beirat) abwich: Im Gegensatz zu den Fachleuten sah knapp ein Viertel der Befragten (22%) bereits kurzfristig einen dringlichen Handlungsbedarf innerhalb der nächsten 20 Jahre. Zur vertiefenden Untersuchung wurden weiterführende Befragungen im Rahmen von Fokusgruppen durchgeführt, die diese Ergebnisse qualitativ untermauerten.

#### *Die Ergebnisse 2. Welle der Bevölkerungsbefragung (November/Dezember 2012)*

bestätigten erneut die Annahme, dass der Klimawandel als existent und als Bedrohung für die Region wahrgenommen wurde. Geschlechtsspezifische Unterschiede bezüglich dieser Wahrnehmung ließen sich nicht erkennen, wohl aber Unterschiede in den Altersgruppen. Während die 16-19-Jährigen und die über 70-Jährigen ein aus-

geprägtes Bedrohungsgefühl zeigten, war dies in den Alterskohorten zwischen 20 bis Ende 60 eher weniger zu beobachten. Daneben ließ sich durch alle Altersklassen hinweg eine starke Verbundenheit zur Region erkennen, was sowohl die Naturlandschaft als auch die Traditionen anging. Dabei spielte auch der Küstenschutz eine entscheidende Rolle, schützt er doch das Gebiet, das für die kommenden Generationen möglichst unverändert erhalten bleiben soll. Was jedoch die langfristige Perspektive im Küstenschutz anbelangt, ging die Bevölkerung von der Verstärkung der jetzigen Küstenschutzstrategie, für die Zukunft aber auch von einer zunehmenden Diskussion über alternative Optionen aus, wie beispielsweise der Natur mehr Raum zu lassen. Zudem forderte die Bevölkerung, dass verstärkt über Risiken und Folgen des Klimawandels für die Region und den Küstenschutz aufgeklärt werden solle. Darüber hinaus nahmen die Menschen Konflikte zwischen bestimmten Nutzungen wahr, vor allem zwischen dem Küstenschutz und der Landwirtschaft oder dem Küstenschutz und dem Naturschutz. Hier solle am Ende stets der Küstenschutz Vorrang vor anderen Nutzungen haben. Bestehende Konflikte zwischen verschiedenen Nutzungsformen könnten durch Bürgerbeteiligungen sowie Kooperationen zwischen Wissenschaft und Praxis rechtzeitig erkannt und dadurch minimiert werden. Hierfür wurden explizit bessere Informationen über die Risiken und Folgen des Klimawandels für den Küstenschutz als auch Informationsveranstaltungen gefordert.

Ziel der Diskursstudie war es, durch Interviews eine Bestandsaufnahme und Analyse der Sichtweisen und der diskursiven Verständigung zwischen Praxisexperten, Interessenvertretern und Wissenschaftlern über Sachverhalte, Ziele, Werte und Handlungsoptionen zur Klimaanpassung im Küstenschutz zu machen. Die Befragten stimmten darin überein, dass der Küstenschutz noch nie so sicher gewesen sei wie heute und in dieser Form noch lange machbar sei. Diesem relativ homogenen Meinungsbild stand bezüglich der Frage nach der zukünftigen Strategieentwicklung ein heterogenes bis diffuses Meinungsbild gegenüber. Es wurde deutlich, dass eine umfassende Strategiediskussion – welche die regionalen Auswirkungen des globalen Klimawandels berücksichtigt – bislang nicht geführt worden ist, dass aber Klärungsprozesse und Verständigungen dringend erforderlich sind.

Die Analyse des Interviewmaterials machte ferner deutlich, dass die zeitliche Dimension mit verschieden weit in die Zukunft reichenden Zeithorizonten eine bisher wenig untersuchte Schlüsselkategorie für die Analyse, Diskussion und Bewertung von Klimaänderungsfolgen und Anpassungsstrategien darstellt. Die Planungshorizonte der in der Praxis tätigen Beiratsmitglieder waren mehrheitlich auf mittelfristige Zeitperspektiven der nächsten 30-60 Jahre ausgerichtet, während wissenschaftliche Analysen auch auf längerfristige Untersuchungszeiträume etwa von 100 Jahren ausgerichtet wurden. Dabei betonten auch die befragten Wissenschaftler, dass bereits heute Weichenstellungen für zukünftige Handlungen vorgenommen werden müssten.

Die Bedeutung der transdisziplinären Zusammenarbeit für die Küsten- und Klimaforschung und die Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis, wie sie im Forschungsthema 7 pionierartig realisiert ist, wurde von allen Befragten ausdrücklich begrüßt. Ein verbesserter Austausch von praktischem und wissenschaftlichem Wissen und die Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses von Begriffen und

Sachverhalten wurden gewünscht, denn nur dann seien konkrete Strategieoptionen langfristig tragfähig. Unterschiedliche Einschätzungen zwischen Wissenschaftlern und den Beiratsmitgliedern wurden deutlich hinsichtlich der Frage, an welche Grenzen der Küstenschutz zukünftig stoßen könne. Während die Mehrheit der befragten Beiratsmitglieder eher technische und finanzielle Grenzen für den Küstenschutz hervorhebt (auch wenn diese häufig erst in sehr ferner Zukunft erwartet werden), betonen die Wissenschaftler eher hohe Erwartungen an zukünftige technische Innovationen und Leistungssteigerungen im Küsteningenieurwesen.

*Die Bewertungsstudie* bestand aus einer Reflexiven Multikriteriellen orientierenden Bewertung von fünf grundsätzlichen alternativen Strategieoptionen zur Klimaanpassung im Küstenschutz.

Ziel der sich auf eine Wertbaummethode und eine Reflexive Multikriterielle Evaluation (RMCE) stützende Bewertungsstudie war es, eine umfassende Bewertung von alternativen Küstenschutzoptionen durch Praxisexperten und Entscheidungsträger aus der Region durchführen zu lassen, um eine langfristig leistungsfähige, finanziell und technisch machbare sowie gesellschaftlich akzeptierte Küstenschutz-Anpassungsstrategie für die Zukunft ableiten zu können. Die Analyse der Bewertung zeigte, dass obwohl unterschiedliche Perspektiven und Hintergründe der Beiratsmitglieder zu einer unterschiedlichen Gewichtung der einzelnen Kriterien geführt haben, jedes Kriterium als relevant, authentisch und kontextspezifisch angesehen wurde. Die Analyse zeigte zum einen homogene Bewertungsbilder, die auf einen Konsens unter den Beiratsmitgliedern hindeuten und vermutlich auf ähnlichen Perspektiven und Wertorientierungen beruhen. Zum anderen traten heterogene, diffuse Bewertungsbilder auf. Diese konnten auf unterschiedliche Normen, Werte und Perspektiven, aber auch auf fehlende Informationen und Unsicherheiten hindeuten. Homogen wurden hauptsächlich die Optionen „Erhöhen und Verstärken auf bestehender Deichlinie“ und „Rückzug“ bewertet. Heterogen beziehungsweise diffus wurden die Optionen „Staffelung“, „Rückdeichung“ und „Anpassung“ bewertet. Besonders bei der Bewertung der naturschutzfachlichen Kriterien gingen die Meinungen auseinander.

*Die Methoden- und Transferstudie* setzte sich zusammen aus einer Evaluation der Methoden durch den Projektbeirat, das Procedere des transdisziplinären Projektdesigns und Transferempfehlungen

Ziel dieser Studie war es, dass die Beiratsmitglieder selbst das transdisziplinäre Forschungsthema A-KÜST als solches evaluieren. Dabei ging es um die inhaltliche Dimension und die damit verbundene Tiefe in der Auseinandersetzung mit der Küstenschutzthematik als auch um die methodische Aufarbeitung. Als zusammengefasstes Kernergebnis lässt sich festhalten, dass die transdisziplinäre Vorgehensweise von allen Beiratsmitgliedern für die Problemstellung in der Sache und jeweils auch für sich selbst als sinnvoll und gewinnbringend für alle verstanden wurde. Im Folgenden wird zwischen der inhaltlichen Struktur und der methodischen Struktur unterschieden:

*Für die Inhaltliche Struktur* ist festzustellen, dass die Einbringung eines Beirats in das Projekt und dessen Struktur als sehr gewinnbringend von allen Teilnehmern betrach-

tet wurde. Es bestand stets die Möglichkeit, sich in allen Schritten des Prozesses einzubringen und Gehör zu finden. Die Bedeutsamkeit der Inhalte von A-KÜST für den lebensweltlichen Bezug wurde von den meisten Mitgliedern wahrgenommen und die Fragestellung des Projekts als für den Küstenschutz langfristig relevant beschrieben, was von einigen Beiratsmitgliedern mehr unterstrichen wurde (beispielsweise von den Oberdeichrichtern) als von anderen Mitgliedern (z.B. den wirtschaftlichen Nutzern). Die inhaltlichen Standpunkte bezüglich der einzelnen Strategieoptionen wurden durch das Projekt und seinen Ansatz bei den Beiratsmitgliedern nicht grundsätzlich verändert, jedoch hatte die intensive Auseinandersetzung mit verschiedenen Perspektiven bei Einzelnen dazu geführt, die eigene Position nun im Reigen anderer Möglichkeiten und Blickwinkel noch einmal zu überdenken und gegenüber diesen zu schärfen und besser begründen zu können. Auch wurde ein Verständigungsprozess bezüglich verschiedener Begrifflichkeiten ausgelöst, der zu einem gemeinsamen einheitlichen Verständnis, - wenn auch damit nicht unbedingt zu einer gemeinsamen Bewertung – von Schlüsselbegriffen und Schlüsselkonzepten führte.

*Die Methodische Struktur* ergab, dass bezogen auf die methodische Herangehensweise in A-KÜST fühlten sich einige Beiratsmitglieder mit der eigenen Beurteilung beziehungsweise Bewertung (z.B. in Bezug auf die Kriterien im Rahmen der Bewertungsstudie) über ihre eigenen Kernkompetenzen hinaus oft sehr stark gefordert. Andere Beiratsmitglieder hingegen waren mit derart analytischen Bewertungsverfahren vertraut, hier wurde lediglich die hohe Zeitinvestition in der Bewertungsphase problematisiert. Insbesondere die im Rahmen der Bewertungsstudie eingeführte Reflexive Multikriterielle Evaluation (RMCE) wurde von Einzelnen aufgrund ihrer Komplexität als schwer zugänglich und nachvollziehbar empfunden. Insofern bewährte sich die gewählte Vorgehensweise in der Art eines Delphi Verfahrens, weil dadurch Raum für einen erhöhten Diskussionsbedarf eingeplant war, um erwartbare Missverständnisse und Fehlinterpretationen im Rahmen der Bewertung zu vermeiden und um aufkommende Rückfragen beantworten zu können.

Als zentrales und übergeordnetes Ergebnis lässt sich festhalten, dass das Forschungsthema A-KÜST einen entscheidenden Beitrag zur transdisziplinären Strategieentwicklung im Küstenschutz – zum einen für die Projektregion Ostfriesland, zum anderen als beispielhafte Transferstudie für vergleichbare Projekte oder Themenbezüge – leistet. Die Bedeutsamkeit und Unverzichtbarkeit transdisziplinärer Strategieentwicklung für einen zukunftsfähigen, also langfristig robusten und flexiblen Küstenschutz unter Beteiligung aller relevanter Akteursgruppen mit ihren unterschiedlichen Interessen, Ansprüchen und Wertorientierungen wurde durch das Projekt verdeutlicht. Ein solches Verfahren fördert die Entwicklung eines gemeinsamen Problemverständnisses sowie die wechselseitige Verständigung und die Verankerung einer von allen Akteuren als vertretbar erachteten Anpassungsstrategie in regionalen Netzwerken.

## Morphologische Veränderungen der Leybucht sowie Hydrodynamik und Sedimenttransport im Ostfriesischen Wattenmeer

### *Morphologische Veränderungen in der Leybucht*

Hier wurden detaillierte Untersuchungen der Wirkung eines Meeresspiegelanstiegs auf die Morphodynamik eines charakteristischen Wattengebietes, der Leybucht vorgenommen und die langfristige morphodynamische Entwicklung dieser Bucht mit Hilfe gekoppelter prozessorientierter Modelle (hydro-morphodynamisch-numerische Modellierung) untersucht. Dazu wurde am Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ) der Universität Kiel ein übergeordnetes Sedimenttransportmodell für die Deutsche Bucht aufgebaut und betrieben, während an der Forschungsstelle Küste im NLWKN die detaillierte, kleinräumige Modellierung der morphodynamischen Entwicklung der Leybucht betrieben wurde (Abb FT7-6). Das übergeordnete Modell liefert hierbei die sedimentdynamischen Randbedingungen für das Detailmodell.

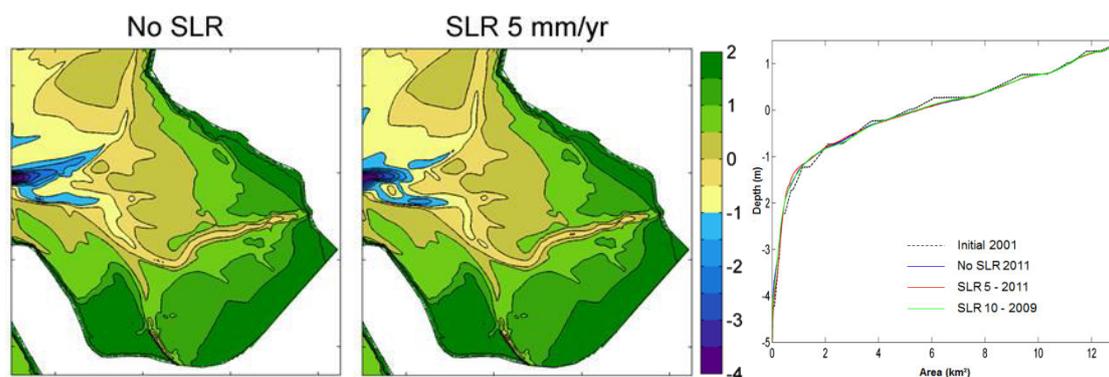


Abbildung FT7-6: Hypsometrische Darstellung der Topographie der Leybucht für eine Nachrechnung (2002-2011) mit und ohne Berücksichtigung des Meeresspiegelanstiegs. Hierbei gelang es erstmals, mit Hilfe prozessorientierter Modellierungen langfristige morphodynamische Entwicklungen in für zukünftige Prognoserechnungen hinreichender Genauigkeit zu reproduzieren. Neben der Entwicklung geeigneter Anfangsbedingungen lag ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten auf der Entwicklung von Verfahren zur Erzeugung morphodynamisch repräsentativer Randbedingungen für die Langfristmodellierung (insbesondere Seegang und Strömung).

### *Hydrodynamik und Sedimenttransport im Ostfriesischen Wattenmeer*

Die Untersuchung der mittel- bis langfristigen Entwicklung der Sedimente und Hydrodynamik im Ostfriesischen Wattenmeer unter Berücksichtigung von zu erwartenden veränderten Randbedingungen erzeugt durch den globalen Klimawandel in diesem Jahrhundert ergab, dass der Sedimentimport in das Ostfriesische Wattenmeer aus externen Quellen basierend auf historischen und geologischen Analysen (Flemming 2002) möglicherweise nicht ausreicht, um das durch den Meeresspiegelanstieg von bis zu 0.8 m gegen Ende des 21. Jahrhunderts erzeugte Defizit zu kompensieren. Als mögliche Konsequenz ergibt sich eine Erodierung auf der seewärtigen Seite der Barriereinseln und einer Ablagerung dieser Sedimente im Wattenmeer. Insgesamt

verlagerte sich das Barriereinselsystem in der Vergangenheit landwärts mit einer Rate von ca. 100 m pro 10 cm Meeresspiegelanstieg. Diese natürliche Verlagerung wurde aber durch menschliche Aktivitäten wie Landgewinnung und Deichbau in den letzten mehreren hundert Jahren gestört mit der Folge, dass die natürliche Fläche des Wattenmeeres an einigen Stellen um bis zu 50% reduziert wurde. Die Folgen der Eindeichungen sind in einer Reduktion des Gezeitenprismas und einer Erhöhung des Energieniveaus senkrecht zur Küste zu finden. Da der natürliche Ablagerungsraum fehlt und die Sedimente durch die erhöhte turbulente kinetische Energie länger in der Wassersäule suspendiert bleiben, werden zunehmend gröbere Sedimentpartikel entlang der Küste aus dem Wattenmeer entfernt. Viele Küstengebiete sind zudem aufgrund des ansteigenden Meeresspiegels einer Überflutungsgefahr ausgesetzt. Die Veränderungen der Randbedingungen (Meeresspiegelanstieg) und Antriebe (Stürme + Wellen) durch den anthropogen bedingten Klimawandel erfordert eine Neubewertung der zu erwartenden Strömungssituationen und dem daran gekoppelten Sedimenttransport im Bereich der ostfriesischen Inselkette. In diesem Projekt wurde deshalb versucht mit einem komplexen Modellsystem, die Wechselwirkungen zwischen Strömung und Wellen unter diesen Bedingungen zu simulieren mit dem Endziel einer robusten Schätzung der zu erwartenden Veränderungen im Küstenbereich.

Das verwendete Modellsystem FVCOM-SWAVE (Chen et al. 2003, Qi et al. 2009) berechnet zum einen die hydrodynamischen Größen auf einem unstrukturierten Gitter mittels der Finiten-Volumen-Methode und zum anderen die relevanten physikalischen Parameter des Oberflächenschwerewellenfeldes, das durch Stürme in der Nordsee erzeugt wird. Die Verwendung eines unstrukturierten Gitters erlaubt hierbei eine besonders realistische Darstellung der Küstenlinien und Inseltopographien mit einer nahezu beliebig verfeinerbaren Auflösung der komplizierten Raumstrukturen der Seegatten bei gleichzeitiger grober Auflösung der entfernteren Gebiete in der Nordsee, die für das Gezeitensignal und das großräumige Wellenfeld unverzichtbar sind. Insgesamt wurden zwei Modellgitter verwendet, ein Gitter umfasste die gesamte Nordsee zur genaueren Modellierung des Gezeitensignals und ein weiteres Gitter umfasste das Gebiet des ostfriesischen Wattenmeeres in sehr hoher räumlicher Auflösung. Abbildung FT7-7 zeigt das Gitter und die Bodentopographie des Wattenmeermodells.

Während dieses Ereignisses erreicht der Wellenenergiefluss Werte von bis zu 190 kW/m vor der ostfriesischen Inselkette. Ein Teil dieser Energie tritt auch in die Seegatten zwischen den Barriereinseln ein und stellt damit ein Erosionspotential in diesen Gebieten dar.

Der Vergleich von Modellsimulationen mit und ohne Wechselwirkung mit dem Wellenfeld zeigte teils unerwartet große Unterschiede z.B. im Auftreten von starken küstenparallelen Strömungen (FT7-8). Hier wurde deutlich, dass die Modellierung der Hydrodynamik ohne Berücksichtigung der Interaktionen von Strömung und Wellen

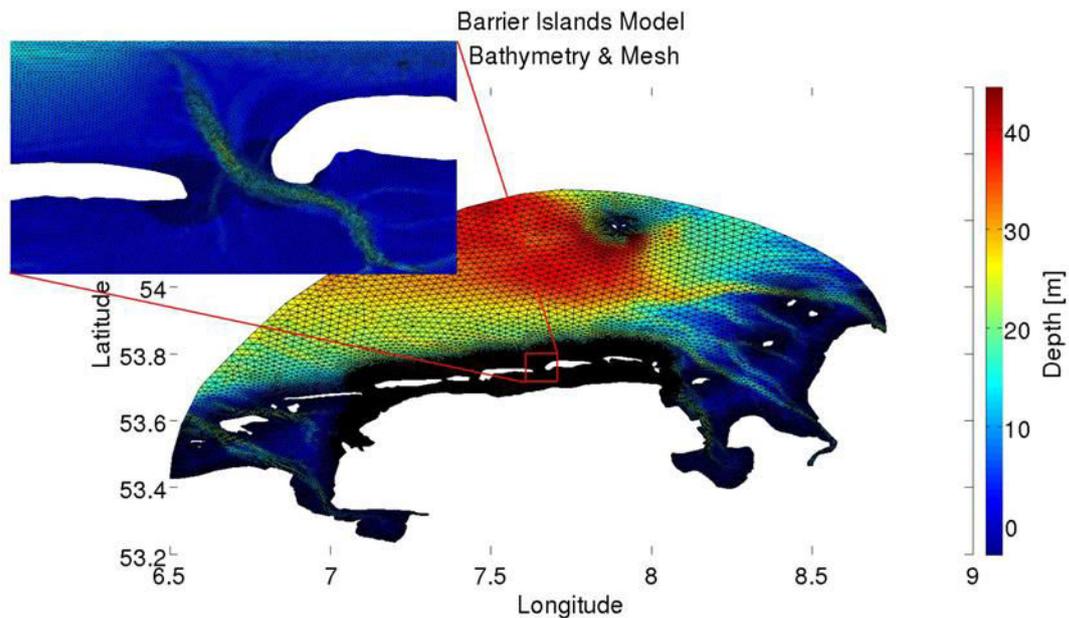


Abbildung FT7-7: Modellgebiet und Bodentopographie. Der Ausschnitt verdeutlicht die extrem hohe Gitterauflösung von ca. 50 m in einem Seegatt.

nur unzureichende Ergebnisse erwarten lässt und die in der Vergangenheit ohne diese Berücksichtigung der Wellen erzielten Ergebnisse fragwürdig erscheinen. Abbildung FT7-8 zeigt die Unterschiede in den Strömungen vor den ostfriesischen Inseln für drei verschiedene Situationen. Gezeigt werden hier nur die Differenzen aus dem jeweiligen Modellauf mit dem Wellenmodell und dem entsprechenden Modellauf ohne Wellenmodell. Im oberen Teilbild ist diese Differenz für eine moderate Windsituation im grober aufgelösten Nordseemodell gezeigt. Das mittlere Bild zeigt eine Sturmsituation im Nordseemodell und das unterste Bild zeigt die Sturmsituation für das hochaufgelöste Wattenmeermodell.

Die Kopplung des hydrodynamischen Modells mit dem Wellenmodell ist aufgrund dieser unerwarteten Ergebnisse unabdingbar für eine vernünftige Vorhersage der Sedimentverteilungen und -bewegungen unter den erwarteten veränderten Randbedingungen in den nächsten 100 Jahren. Leider ist diese interaktive Kopplung der Wellen mit den Strömungen numerisch sehr aufwändig und nahezu 98 % der Gesamtrechenzeit werden vom Wellenmodell beansprucht. Aus diesen Gründen war es leider nicht möglich die geplanten Vorhersagen über mehrere Dekaden zu realisieren.

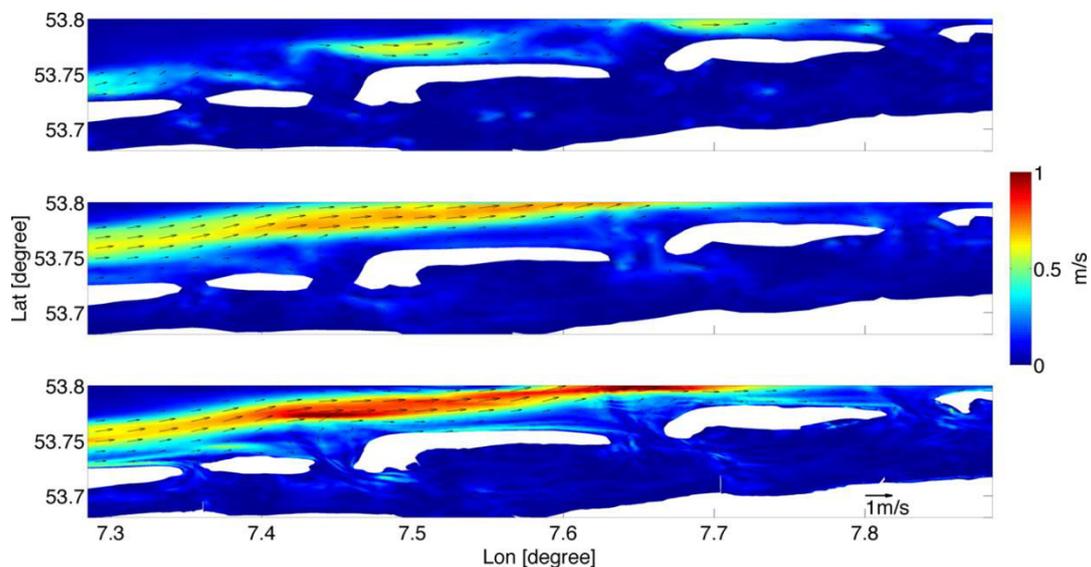


Abbildung FT7-8: Differenzvektoren der simulierten Strömungsgeschwindigkeiten für 3 unterschiedliche Modellsimulationen jeweils mit und ohne Kopplung an das Wellenmodell. Differenz für eine moderate Windsituation im grober aufgelösten Nordseemodell (oberes Teilbild), Differenz für eine Sturmsituation im Nordseemodell (mittleres Teilbild) und die Differenz für die Sturmsituation in dem hochaufgelösten Wattenmeermodell.

### Entwicklung des Weserästuars

Für die Untersuchung des Salzwassereintrags in die Unterweser und des Wasserhaushalts angrenzender tidebeeinflusster Gewässer wurden numerische Simulationsmodelle erstellt, welche ein Wasserhaushaltsmodell des Einzugsgebiets des Ästuars, ein 3D hydrodynamisches Modell des Weserästuars und ein Grundwassermodell umfassen (siehe Abbildung FT7-9). Zwischen den Projektpartnern wurden Binnenabflüsse, Wasserspiegel und Salzgehalte, Grundwasserneubildung und potentielle Evapotranspiration aus dem IST-Zustand und unter Klimaszenarien ausgetauscht.

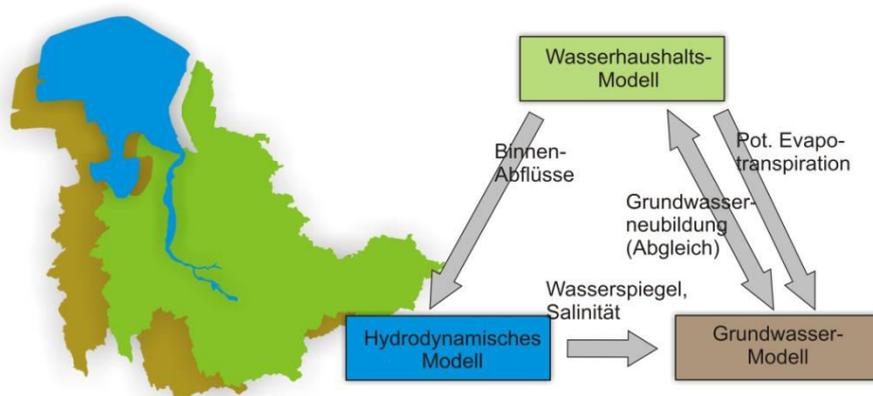


Abbildung FT7-9: Modellgebiete, Synergien und Austauschgrößen.

### *Wasserhaushalt tidebeeinflusster Einzugsgebiete*

Für das ca. 7000 km<sup>2</sup> große Untersuchungsgebiet an der Unterweser wurden Wasserhaushaltsberechnungen mit dem hydrologischen Modellsystem Panta Rhei durchgeführt. Die wesentlichen Teilprozesse wurden mit physikalisch basierten Prozessgleichungen simuliert. Im Rahmen dieser Untersuchungen konnte das Bodenwassermodul für die Berechnung der Grundwasserneubildung und damit für die Bereitstellung von Ergebnissen für die Projektpartner wesentlich verbessert werden. Nach der Modellkalibrierung am IST-Zustand wurden Szenarien bis zum Jahr 2100 simuliert. Die Simulationsergebnisse wurden im Hinblick auf Gebietsabfluss und Grundwasserneubildung ausgewertet.

Als Input genutzt wurden 20 Wettreg sowie 2 Remo Realisationen. Diese Realisationen wurden für das IPCC Klimaszenario A1B (2000-2100) sowie für einen Kontrolllauf 20C (1971-2000) aufbereitet. Abbildung FT7-10 (links) zeigt beispielhaft für das Pegelgebiet Hellwege an der Wümmde die Simulationen und Beobachtungen der 30jährigen Quartalsmittelwerte des Abflusses für die Jahre 1971-2000 (blaue und rote Linie). Zusätzlich sind die Quartalsmittelwerte für die 30-Jahres Abschnitte 1971-2000, 2021-2050 und 2071-2100 eingetragen, welche mit den Wettreg und Remo Realisationen des 20C- und A1B Szenarios simuliert wurden. Die Historie konnte vom Modell sehr gut wiedergegeben werden. Für die Perioden 2021-2050 und 2071-2100 ist im Winterquartal ein Anstieg des Abflusses zu erwarten, im Herbst und zum Teil auch im Sommer dagegen leichte Abflussrückgänge. Die rechte Seite von Abbildung FT7-10 zeigt Auswertungen auf Tageswertbasis für die gleichen Zeitabschnitte. Hier wird der Abflussanstieg in den Wintermonaten besonders deutlich. Gleichzeitig ist die große Schwankungsbreite der Ergebnisse (dünne violette bzw. grüne Linien) der 22 verschiedenen Klimarealisationen zu erkennen. Die Veränderungen der Grundwasserneubildung und weiterer Wasserhaushaltsgrößen verlaufen weitgehend analog zu den berechneten Tendenzen des Abflusses.

Die für das Projekt erarbeitete innovative Methodik ermöglicht eine Aussage über die relevanten Größen des Wasserhaushalts der Gegenwart und erlaubt Prognosen für die Zukunft. Die durch Klimaszenarien induzierten Prognosen weisen eine große Bandbreite auf, was die Aussagekraft eingrenzt. Es ist jedoch sehr deutlich zu erkennen, dass die Wintermonate in Zukunft nasser und die Frühherbst- beziehungsweise Spätsommermonate leicht trockener werden.

### *Salzwassereintrag ins Ästuar*

Die Salzverteilung und die Hydrodynamik des Weserästuars werden von der Tide in der Deutschen Bucht, dem Abfluss aus dem Einzugsgebiet, meteorologischen Einflüssen wie Wind- oder Sturmereignissen und der Geometrie des Ästuars selbst beeinflusst. Aufgrund dessen hängen Klimafolgen in Ästuaren von prognostizierten Entwicklungen und Forschungsergebnissen in anderen Systemen ab, wodurch sich die Unsicherheit der Projektionen erhöht. Mit relativ großer Sicherheit ist von einem

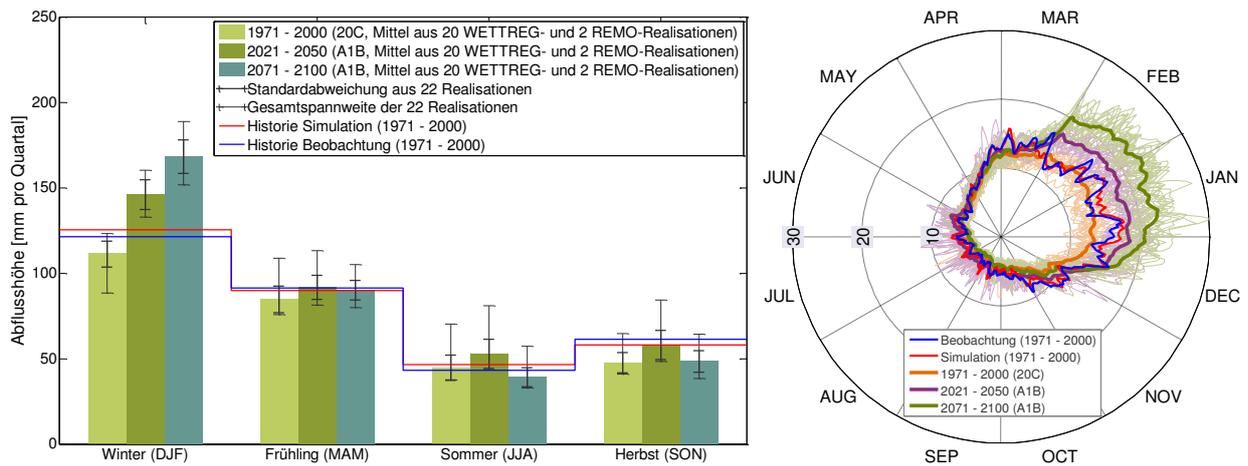


Abbildung FT7-10: Langjährige Quartalsmittelwerte (links) und Tagesmittelwerte (rechts) des Abflusses in mm für die Historie beobachtet und simuliert sowie für die Wettreg und Remo Szenarien 20C und A1B für 20 bzw. 2 Realisationen am Pegelgebiet Hellwege

beschleunigten Anstieg des globalen Meeresspiegels auszugehen. In der Deutschen Bucht kann eine Erhöhung in einer ähnlichen Größenordnung erwartet werden. Unsicher ist jedoch die einhergehende Entwicklung des Tidehubs in der Deutschen Bucht, die von der zukünftigen Energiedissipation durch die Litoralfläche im Wattenmeerbereich und somit vom Mitwachsen der Watten, aber auch von Veränderungen der Küstenlinien abhängt. Bei Meeresspiegelanstiegen von bis zu einem Meter, wie sie je nach Klimaszenario heute vom IPCC vorhergesagt werden, kann jedoch, wenn auch mit geringerer Prognosesicherheit, von geringen Erhöhungen des Tidehubs im Bereich von Zentimetern ausgegangen werden. Weniger stark als bislang erwartet wird die Frequenz und Intensität von Sturmflutereignissen in der Deutschen Bucht steigen. Studien deuten weiterhin auf eine Erhöhung des mittleren Abflusses aus dem Einzugsgebiet der Mittelweser insbesondere in den Wintermonaten hin; sichere Prognosen sind aus heutiger Sicht jedoch nicht möglich.

Mit Hilfe von Szenariensimulationen mit SELFE wurde untersucht, wie sich der Klimawandel auf den heutigen Zustand des Weserästuars mit seinen natürlichen saisonalen, periodischen und meteorologisch bedingten Schwankungen auswirken könnte. Im heutigen Zustand beträgt der Tidehub am Pegel Leuchtturm Alte Weser (LAW) im äußeren Ästuar ca. 2,80 m und steigt dann flussaufwärts an bis zu einem Wert von 4,10 m direkt am Weserwehr in Bremen. Die Tide unterliegt periodischen Schwankungen wie beispielsweise dem Spring-Nipp Zyklus und wird weiter stromauf auch vom Abfluss beeinflusst. Der Abfluss hingegen, der am Wehr und aus kleineren Nebenflüssen (siehe *Wasserhaushalt tidebeeinflusster Einzugsgebiete*) zufließt, unterliegt starken saisonalen Schwankungen. Das Langzeitmittel des Zuflusses aus der Mittelweser (1990-2010) beträgt 324 m<sup>3</sup>/s. Die niedrigsten Monatsmittel treten im September auf, die höchsten im März (166 m<sup>3</sup>/s bzw. 564 m<sup>3</sup>/s, Extremwerte von 74 m<sup>3</sup>/s bzw. 2190 m<sup>3</sup>/s). Die Lage und Position der Vermischungszone zwischen Süßwasser und Meerwasser variiert in Abhängigkeit dieser Größen. Sie kann mit

dem Abstand der tidegemittelten 2- und 10 psu Isohalinen vom Wehr beschrieben werden ( $P_{12}$ ,  $P_{110}$ ). Bei mittleren Abflüssen stellt sich die 2 psu Isohaline bei einem Abstand von etwa 57 km vom Wehr ein ( $P_{12} = 57$  km,  $P_{110} = 70$  km). Bei niedrigen Abflüssen dringt die Brackwasserzone weiter stromauf vor, so dass  $P_{12} = 52$  km bei  $Q = 200$  m<sup>3</sup>/s. Bei hohen Abflüssen erfolgt eine Stromabverschiebung ( $P_{12} = 73$  km bei  $Q = 1800$  m<sup>3</sup>/s). Die tideinduzierten Schwankungen des Salzgehaltes sind bei hohen Salzgehalten am seewärts und niedrigen am stromauf gelegenen Rand der Vermischungszone nahe Null und steigen zur Mitte der Vermischungszone auf bis zu 12 psu an. Simulationen zeigen, dass auch die vertikale Schichtung des Salzgehaltes mit dem Abfluss und der Tide variiert. Bei niedrigen Abflüssen führen die durch die Tide verursachten Turbulenzen zu einer vollkommenen Durchmischung des Wasserkörpers. Bei höheren Abflüssen und verstärkt bei Nipptiden etabliert sich eine leichte Schichtung mit höheren Salzgehalten im unteren Teil der Wassersäule, insbesondere bei ablaufendem Wasser. Sturmtiden führen zu kurzfristig stark erhöhten Salzgehalten, so dass sich die Brackwasserzone je nach Dauer und Intensität des Sturmereignisses bis zu 30 km stromauf verschieben kann. Ein vereinfachtes Szenario mit einer Anhebung des mittleren Meeresspiegels um 1 m ohne Berücksichtigung von Morphologieänderungen würde zu einer leichten Erhöhung des Tidehubs durch Erhöhung der Thw im mittleren Bereich und Absinken der Tnw stromauf führen. Weiterhin ist bei mittleren Abflüssen eine Stromaufverschiebung der Brackwasserzone um  $\Delta P_{12} = 6$  km zu erwarten. Dies ist verglichen mit der natürlichen Variation gering, kann für Nutzer des ästuarinen Wassers jedoch bereits zu Einschränkungen führen. Für den Küstenschutz ist mittelfristig eine Erhöhung des Vorsorgemaßes zur Berücksichtigung des Meeresspiegelanstiegs anzuraten. Abgesehen davon ist nach heutigem Stand der Forschung die in den nächsten 100 Jahren mit Sicherheit prognostizierbare, klimabedingte Änderung der Hydrodynamik und Salzgehalte des Weserästuars gering verglichen mit den Änderungen des letzten Jahrhunderts, die durch direkte anthropogene Eingriffe wie Fahrrinnenanpassungen und andere Baumaßnahmen hervorgerufen wurden. Interaktionswirkungen zwischen zukünftigen menschlichen Eingriffen und klimabedingten Änderungen muss eine größere Bedeutung beigemessen werden.

Das entwickelte Simulationsmodell (Abbildung FT7-9) der Weser wurde kalibriert und umfangreich validiert. Es wurde bereits erfolgreich als Untersuchungswerkzeug für andere wissenschaftliche Fragestellungen eingesetzt und Syntheseeffekte mit anderen Klimafolgenforschungsprojekten ergaben sich.

### *Grundwasserversalzung*

Unter Verwendung neu entwickelter numerischer Modellierwerkzeuge zur Berücksichtigung dichtebehafteter Strömungen im Grundwasser ergaben standortbezogene prozessorientierte Studien an 2D- und 3D-Oberflächenwasser-Grundwassermodellen (Abbildung FT7-11) am Beispiel des Weser-Ästuars wichtige Erkenntnisse zum Einfluss der Tide sowie einer Sturmflut auf die Salzwasser- und Süßwasserdynamik im

Küstenbereich sowie zur Situation bei veränderten hydraulischen und hydrologischen Randbedingungen als Folge der Klimaänderung.

Die Ergebnisse zeigen beispielsweise, dass bei einem zukünftigen Anstieg des Meeresspiegels um 60 cm die Salzwasser-Süßwasser-Grenzschicht um bis zu 160 m weiter landeinwärts verschoben wird. Eine Erhöhung der Salzwasserdichte ergibt sowohl eine deutliche Verbreiterung der Übergangszone zwischen Salz- und Süßwasser als auch eine deutlich landeinwärts verschobene Salzwasser-Süßwasser-Trennschicht. Die Simulation von sturmbedingten Überflutungsszenarien, die zur Ausbildung temporärer Oberflächengewässer im Deich-Hinterland führen, verdeutlicht, dass eine Gefährdung der Süßwasserressourcen stark von der Verteilung der hydraulischen Durchlässigkeit im Untergrund, von der Anordnung von Entwässerungsgräben sowie von der Anordnung küstennaher Bauwerke und Küstenschutzmaßnahmen abhängig ist. Oberflächennahe undurchlässige Schichten können dazu führen, dass der darunter liegende Grundwasserleiter dann nur sehr geringe Salzkonzentrationen aufweist. Insgesamt ermöglicht hier das entwickelte prozessorientierte gekoppelte 3D-Oberflächenwasser-Grundwassermodell entsprechende simulationsbasierte Untersuchungen, Prognosen und die Entwicklung von Anpassungsstrategien zur Berücksichtigung der Auswirkungen des Klimawandels.

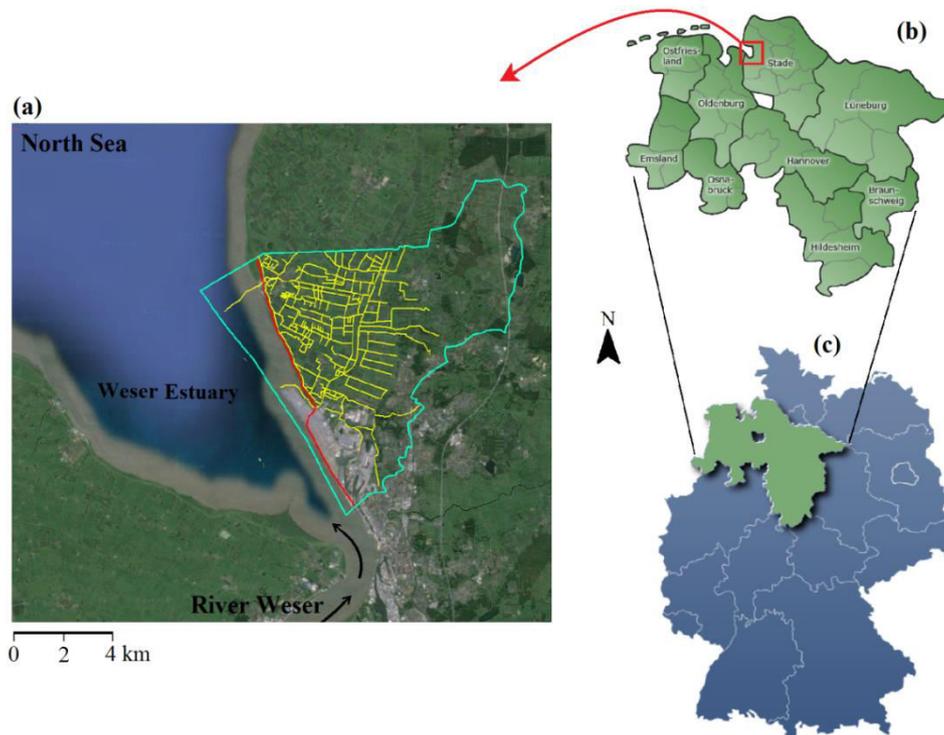


Abbildung FT7-11: Untersuchungsgebiet im Weserästuar (Lage (c, b) und Modellumrandung (a, blau) mit Entwässerungsgräben (gelb).

## **8. Querschnittsthema 2: Raumplanung – KLIFF-IMPLAN**

*Enke Franck<sup>1</sup>, Ortwin Peithmann<sup>2</sup>, Jan Spiekermann<sup>1,2</sup>, Dietmar Scholich<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Leibniz-Forum für Raumwissenschaften, Hannover

<sup>2</sup> Institut für Biologie und Umweltwissenschaften, Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg

Der Klimawandel beeinflusst aufgrund seiner vielfältigen Wirkpfade sämtliche natürlichen Systeme sowie zahlreiche gesellschaftliche Handlungsbereiche. Da sich die Folgen der klimatischen Veränderungen zumeist räumlich bemerkbar machen und durch Gestaltung der Raumstrukturen und -nutzungen in ihren Auswirkungen beeinflusst werden können, kommt bei der Anpassung an den Klimawandel – neben anderen Akteuren – der Raumplanung eine wichtige Rolle zu. Die räumliche Planung muss dabei nicht nur auf bereits eingetretene klimatische Veränderungen reagieren, sondern auch absehbare künftige Auswirkungen des Klimawandels schon bei heutigen Planungsentscheidungen berücksichtigen. Es gilt, den Raum für die Herausforderungen der Zukunft zu qualifizieren, indem Siedlungsflächen, Infrastrukturen, Frei- und Naturräume so gestaltet und weiterentwickelt werden, dass sie sowohl schleichenden Klimaveränderungen (z. B. Anstieg der Durchschnittstemperaturen, langfristige Veränderungen des Wasserhaushalts, Meeresspiegelanstieg) als auch zunehmenden Extremwetterereignissen (z. B. Hitze, Starkregen, Sturmfluten) gewachsen sind. Nur durch eine rechtzeitige raum- und flächenbezogene Anpassung können Gefahrensituationen entschärft, Schadenspotenziale reduziert und somit die volkswirtschaftlichen Kosten des Klimawandels und die Belastungen für Mensch und Umwelt verringert werden. Der Raumplanung kommt wegen ihrer überfachlichen Koordinationsfunktion, der ihr immanenten Abwägung verschiedener Interessen und Belange sowie der ihr zur Verfügung stehenden formellen und informellen Instrumente die Aufgabe zu, die verschiedenen sektoralen Anpassungsstrategien und -maßnahmen aufeinander abzustimmen und in eine integrative Raumentwicklungsstrategie einzubetten. Dabei hat sie einerseits die Aufgabe, Flächennutzungskonkurrenzen und Zielkonflikte zu vermeiden bzw. zu verringern und ist andererseits aufgefordert, mögliche Synergien bzw. multifunktionale Nutzungspotenziale zu identifizieren und zu befördern, die sich sowohl zwischen den sektoralen Anpassungserfordernissen als auch in Verbindung mit anderen, z. T. klimawandelunabhängigen Raumansprüchen oder raumwirksamen Veränderungstrends (z. B. demographischer Wandel und Schrumpfungsprozesse, (land-)wirtschaftlicher Strukturwandel, Ausbau der erneuerbaren Energien) ergeben können.

Ziel des querschnittsorientierten Teilprojekts „Implementierung von Ergebnissen aus KLIFF in der räumlichen PLANung in Niedersachsen (IMPLAN)“ war es daher, die Bedeutung der Forschungsergebnisse der übrigen KLIFF-Forschungsthemen für die räumliche Planung in Niedersachsen zu untersuchen. IMPLAN war in erster Linie als Dienstleistung für die Planungspraxis – insbesondere die Regionalplanung – angelegt und daher vor allem handlungs- und umsetzungsorientiert. Hier wurden Beiträge zur Weiterentwicklung des planerischen Instrumentariums und zur Entwicklung und

Implementierung konkreter Anpassungsmaßnahmen in den Bereichen Küstenschutz und Wassermanagement im Deichhinterland, Wasserwirtschaft im Binnenland, Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung, Schutz der biologischen Vielfalt, Land- und Forstwirtschaft und Tourismus geleistet.

Die Basis für die Arbeiten wurde in der IMPLAN-Arbeitsgruppe gelegt. Diese interdisziplinäre Arbeitsgruppe bestand aus Mitgliedern der ARL-Landesarbeitsgemeinschaft Bremen/Hamburg/Niedersachsen/Schleswig-Holstein, Vertreterinnen und Vertretern der niedersächsischen Regionalplanung aus verschiedenen Naturräumen sowie der niedersächsischen Landesplanung, dem KLIFF-IMPLAN Beirat sowie Projektmitarbeiterinnen und -mitarbeitern aus QT2. So band die AG die Planungspraxis von Anfang an in die Überlegungen ein, Projektergebnisse konnten frühzeitig reflektiert und neue Aspekte in die Diskussion eingebracht werden. Zudem dienten die Mitglieder der AG in ihren Regionen als Multiplikatoren für die behandelten Themen. Die IMPLAN-AG traf sich zu insgesamt elf Workshops, an denen auch Vertreterinn und Vertreter der unterschiedlichen KLIFF-Forschungsthemen teilnahmen.

## **Zentrale Ergebnisse:**

### Anforderungen an die Raumplanung bei der Bewältigung des Klimawandels

Beim Umgang mit den Auswirkungen des Klimawandels wird die räumliche Planung vor die Herausforderung gestellt, trotz Ungewissheit und Langfristwirkung von Klimawandelfolgen und der damit verbundenen Schwierigkeit, belastbare Planungsentscheidungen zu treffen, frühzeitig und vorausschauend tätig zu werden. Aufgrund der oftmals großräumig auftretenden Klimawandelfolgen sind die Institutionen der Raumplanung zudem in stärkerem Maße gefordert, grenzübergreifend zu denken und zu handeln. Eine weitere Herausforderung liegt darin, dass die Realisierung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel vielfach Eingriffe in bestehende Raumstrukturen, -nutzungen und -funktionen erfordern kann.

### *Umgang mit der Ungewissheit von Klimawandelfolgen*

Planerische Entscheidungen über Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels sind – anders als beim Risikomanagement – keine Entscheidungen unter (einem statistisch mehr oder weniger klar zu definierenden) Risiko, sondern Entscheidungen unter Ungewissheit. Dies liegt darin begründet, dass sich die Eintrittswahrscheinlichkeiten und Konsequenzen zukünftig auftretender Klimawandelfolgen nicht mit hinreichender räumlicher Bestimmtheit ermitteln lassen, sondern lediglich szenarienhafte Entwicklungsmöglichkeiten beschrieben werden können, die aufgrund der vielfältigen zugrundeliegenden Modellannahmen eine relativ große Bandbreite aufweisen (BMVBS 2013a).

In Anbetracht der Ungewissheit über die genaue Ausprägung klimatischer Veränderungen und ihrer jeweiligen räumlichen Auswirkungen ist es sinnvoll, die potenzielle

Verwundbarkeit gegenüber Klima- und Extremwettereinflüssen zum Ausgangspunkt für die Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen zu machen. Da die potenzielle Verwundbarkeit oftmals viel stärker durch bestehende (oder bereits geplante) Raumstrukturen, -nutzungen und -funktionen (d. h. durch das Schadenspotenzial) bestimmt wird als durch die Folgen klimatischer Veränderungen, kann bereits eine konsequente Analyse des Status quo eine hinreichende Grundlage für die Ableitung erforderlicher Anpassungsmaßnahmen darstellen.

Aufgrund des breiten Spektrums möglicher Entwicklungspfade des Klimawandels kommt zudem der Nachjustierbarkeit von Planungen und Maßnahmen, durch die eine fortlaufende Anpassung an sich ändernde Randbedingungen und die Berücksichtigung zusätzlichen Erkenntnisgewinns ermöglicht wird, ein besonderes Gewicht zu. Mit Blick auf die räumliche Planung bedeutet dies, dass Planungsprozesse und -instrumente flexibler gestaltet werden müssen. Es sollte nicht länger darum gehen, „von vornherein einen umfassenden Plan mit endgültigen Aussagen aufzustellen, sondern eine Kette aufeinander folgender strategischer Entscheidungen zu treffen, die jeweils auf ihrer Stufe differenzierte Lösungen anbieten und eine angemessene Bindungswirkung entfalten“ (Ritter 2007: 536).

Im Hinblick auf die Auswahl konkreter Maßnahmen zur Anpassung an Klimawandelfolgen bietet außerdem das sogenannte „No regret“-Kriterium einen geeigneten Ansatz. „No regret“-Maßnahmen sind auch dann noch sinnvoll, wenn der primäre Grund „Anpassung an den Klimawandel“ nicht im erwarteten Ausmaß zum Tragen kommt, weil die Klimaänderungen anders ausfallen als erwartet (Birkmann et al. 2013). Es handelt sich demnach um Maßnahmen, die auch unabhängig vom Eintreten der projizierten Klimawandelfolgen einen gesellschaftlichen, ökonomischen oder ökologischen Mehrwert generieren, da sie Synergieeffekte mit weiteren Politikzielen aufweisen und/oder eine flexible und effiziente Nachsteuerung und spätere Anpassung an anderslautende (klimatische) Rahmenbedingungen ermöglichen.

### *Umgang mit der Langfristwirkung von Klimawandelfolgen*

Aufgrund der Persistenz bestehender Strukturen (Bebauung, Infrastrukturen, Raumnutzungen) und der langfristig zu erwartenden Klimaänderungen, deren Auswirkungen z. T. erst in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts deutlich zu spüren sein werden, ist eine nachhaltige Anpassung an den Klimawandel als Generationenaufgabe anzusehen, die bereits heute beginnen und über den Betrachtungszeitraum aktueller Pläne und Programme deutlich hinausgehen muss (BMVBS 2010). Vor diesem Hintergrund ist die Raumplanung aufgefordert ihre bisherigen Planungshorizonte auszuweiten und im Hinblick auf künftige Anpassungserfordernisse schon heute vorsorgend tätig zu werden (Ritter 2007). Aufgrund der z. T. langen Vorlaufzeiten sind Anpassungsüberlegungen so früh wie möglich anzustellen und entsprechende Strategien und Maßnahmen rechtzeitig vorzubereiten.

Ein grundsätzliches Problem dürfte in diesem Zusammenhang allerdings darin bestehen, dass die Diskrepanz zwischen den üblichen Betrachtungszeiträumen der

Raumplanung auf der einen Seite und den langfristigen Wirkungszeiträumen des Klimawandels (die jenseits der gesellschaftspolitischen Erfahrungen im Umgang mit Langfristbetrachtungen liegen) auf der anderen Seite sowie das damit einhergehende Nichtvorhandensein akuter Handlungsnotwendigkeit von Politik und Öffentlichkeit als Begründungsproblem und Legitimationsdefizit für frühzeitiges Anpassungshandeln angesehen werden. Die Aufgabe der vorausschauenden Anpassung an zukünftige Klimawandelfolgen hat – wie z. B. das Sparen in öffentlichen Haushalten – den Charakter ungewollter Pflicht aus rationaler Erkenntnis. Gesellschaften tendieren bei solchen Aufgaben zu Attentismus und Verdrängung, was die Gefahr birgt, dass erforderliche Vorsorgemaßnahmen für zeitlich weit entfernt liegende – und im Fall des Klimawandels zudem unsichere – Problemlagen nicht rechtzeitig ergriffen werden. Daraus leitet sich die Forderung ab, das Thema „Anpassung an den Klimawandel“ so früh wie möglich in die breite Öffentlichkeit zu tragen, um so einen gemeinsamen Wissenshintergrund zu schaffen, auf dem Verständnis, Akzeptanz und Mitwirkungsbereitschaft aufbauen können. Dies ist in erster Linie Aufgabe der Politik, sofern es um räumliche Spezifika der Anpassungserfordernisse geht, kann aber auch die Raumplanung – spezifisch für den jeweiligen Planungsraum – ihren Teil dazu beitragen.

#### *Bewältigung grenzüberschreitender Klimawandelanpassungserfordernisse*

Die niedersächsische Besonderheit, dass die Regionalplanung – mit Ausnahme der Region Hannover und des Zweckverbands Großraum Braunschweig – auf Ebene der Landkreise bzw. kreisfreien Städte angesiedelt ist, hat zur Folge, dass es eine Vielzahl relativ kleiner Regionalplanungseinheiten gibt. Dies hat einerseits den Vorteil, dass regionale Spezifika – wie z. B. kleinräumige Auswirkungen des Klimawandels bzw. besondere regionale Anfälligkeiten – (zumindest theoretisch) unmittelbar vor Ort von der Regionalplanung berücksichtigt werden können, erschwert andererseits jedoch die planerische Anpassung an großräumige, über die bestehenden administrativen Grenzen der Regionalplanungseinheiten hinausgehende Auswirkungen des Klimawandels (z. B. in den Bereichen Freiraumschutz, Biotopverbund, Hochwasser- und Küstenschutz). Dieses Defizit wird aktuell auch von Seiten der Landesplanung nicht behoben, da das Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen 2012 die Verantwortung für Freiraumschutz und Biotopverbund (abgesehen von Natura 2000-Schutzgebieten) sowie die Flächenvorsorge in den Bereichen Hochwasser-, Küstenschutz und Kleigewinnung an die Regionalen Raumordnungsprogramme delegiert und hierzu keine eigenen Gebietsausweisungen vornimmt, sondern lediglich allgemeine Ziele und Grundsätze formuliert.

Um den geschilderten Anforderungen an die Betrachtung größerer, über die bestehenden Regionalplanungseinheiten hinausgehender Planungszusammenhänge gerecht werden zu können, kommen generell folgende Möglichkeiten in Frage:

- verstärkte Orientierung an funktional bzw. naturräumlich abgegrenzten Planungsräumen (wie im Rahmen der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (Einrichtung von Gebietskooperationen) und Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie bereits

gefordert) mit entsprechender Abstimmung zwischen den betroffenen Regionalplanungseinheiten,

- Verbesserung der kreisgrenzenübergreifenden Zusammenarbeit durch Nutzung bestehender bzw. Schaffung neuer Kooperationsmodelle und Netzwerke (z. B. Metropolregionen, Regionalforen),
- Zusammenführung bestehender Regionalplanungseinheiten zu größeren Zweckverbänden

Ein grundsätzliches Problem der beiden erstgenannten Punkte besteht darin, dass der Regionalplanung aufwändige Formen informeller regionaler Kooperation zur Abstimmung und Koordination eines gemeinsamen Vorgehens abverlangt werden. Der oben beschriebene kleinräumige Zuschnitt der Planungseinheiten in Niedersachsen setzt den Regionalplanungsstellen i. d. R. jedoch zugleich enge Grenzen hinsichtlich ihrer personellen Ressourcenausstattung, so dass für umfangreiche informelle Planverfahren zu neuartigen komplexen Themenstellungen, wie z. B. Anpassung an die Folgen des Klimawandels, oftmals die erforderlichen Kapazitäten fehlen. Nicht zuletzt vor diesem Hintergrund wird die Leistungsfähigkeit der vorhandenen Regionalplanungsstrukturen im überwiegenden Teil Niedersachsens zu hinterfragen sein.

Eine wichtige Unterstützungsfunktion bei der Bewältigung kreisgrenzenüberschreitender Klimawandelanpassungserfordernisse könnten die vier neugeschaffenen Ämter für regionale Landesentwicklung in Braunschweig, Hildesheim, Lüneburg und Oldenburg übernehmen – sofern bei diesen Einrichtungen die dafür nötigen Ressourcen zur Verfügung gestellt werden.

Bei sehr großräumigen und/oder stark konfliktbehafteten Anpassungserfordernissen (z. B. Sicherung von großflächigen Retentionsräumen für den Binnenhochwasserschutz, Aufbau eines übergreifenden Biotopverbunds, Realisierung von flächenhaften Küstenschutzmaßnahmen) sollten überdies stärkere Vorgaben von Seiten der Landes- oder sogar der Bundesraumordnung in Erwägung gezogen werden, da die Tragweite der erforderlichen Maßnahmen die regionale Handlungs- und Steuerungsfähigkeit übersteigen kann.

### *Realisierung von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel im Bestand*

Die Folgen des Klimawandels werden nicht nur bei Neuplanungen zu berücksichtigen sein, sondern sich vor allem auch auf bestehende Raumnutzungen, -strukturen und -funktionen auswirken (z. B. zunehmende Hochwasserrisiken für Bebauung in hochwassergefährdeten Bereichen) und entsprechenden Handlungsbedarf hervorrufen (z. B. Nutzungsänderungen oder Rückbau). Während im Rahmen der Neuausweisung oder Änderung von Flächennutzungen bzw. der Genehmigung und Umsetzung neuer Vorhaben grundsätzlich eine starke raumplanerische Einflussnahme auf die Verringerung der Vulnerabilität bzw. die Steigerung der Resilienz von Raumstrukturen gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels möglich ist, gestaltet sich die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen im Bestand als weitaus problematischer. Tiefgreifende Nutzungsänderungen – u. U. bis zur völligen Nutzungsaufgabe –, die

aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels erforderlich werden könnten, wären nur durch eine Veränderung bestehender Pläne bzw. durch Eingriffe in „erworbene“ Nutzungsansprüche durchsetzbar. Die Modifikation von in der Vergangenheit getroffenen Raumnutzungsentscheidungen würde aufgrund des Bestandsschutzes gemäß Art. 14 GG Kompensationsleistungen zugunsten der Betroffenen nach sich ziehen.

### Eignung und Weiterentwicklung von Planungsinstrumenten für den Umgang mit den Folgen des Klimawandels

Der räumlichen Planung steht im Umgang mit den Folgen des Klimawandels ein breites Spektrum formeller und informeller Instrumente zur Verfügung. Damit ist sie grundsätzlich gut aufgestellt, um den klimawandelbedingten Anforderungen zu begegnen. Während die gesetzlich normierten formellen Instrumente in erster Linie der verbindlichen Rahmensetzung von (Anpassungs-)Planungen dienen, können mit Hilfe informeller Instrumente relevante Akteure informiert und eingebunden sowie Planungsentscheidungen vorbereitet, ausgehandelt und kommuniziert werden. Im Hinblick auf die Anpassung an den Klimawandel wird vielfach auf das Erfordernis eines Instrumenten-Mixes verwiesen, der „harte“ (formelle) und „weiche“ (informelle) Instrumente mit ihren jeweiligen Stärken kombiniert (u. a. Schlipf/Herlitzius/Frommer 2008). Dieses Vorgehen entspricht auch dem Modell der Strategischen Regionalplanung (ARL 2011; Vallée et al. 2012), das insbesondere für langfristige und komplexe Themenstellungen mit einer Vielzahl betroffener Akteure – wie es bei der Anpassung an die Folgen des Klimawandels der Fall ist – einen geeigneten Ansatz darstellt.

#### *Formelle Instrumente*

Hinsichtlich der formellen Instrumente der räumlichen Planung (z. B. textliche und zeichnerische Festlegung von Zielen und Grundsätzen der Raumordnung, Darstellungs- und Festsetzungsmöglichkeiten der Bauleitplanung, Gebietsausweisungen der Fachplanungen) ist zu konstatieren, dass diese in der bestehenden Form und Ausprägung weithin ausreichend sind, um die aus dem Klimawandel resultierenden Anpassungserfordernisse zu bewältigen. Allerdings werden die bestehenden Möglichkeiten z. T. unzureichend ausgeschöpft, so dass insgesamt eine konsequentere Ausgestaltung und Anwendung der vorhandenen Instrumente anzustreben ist.

Ein genereller Bedarf zur Erweiterung des formellen Instrumentariums wird darüber hinaus in folgenden Bereichen gesehen:

- *Einführung einer Klimawandelverträglichkeitsprüfung (Climate Proofing):* Um eine nachhaltige Raumentwicklung zu gewährleisten, sollten bei der Ausarbeitung und Genehmigung von Plänen, Programmen und Vorhaben die möglichen Auswirkungen des Klimawandels vorausschauend berücksichtigt werden. Ein entsprechendes Konzept in der aktuellen Diskussion stellt das „Climate Proofing“ dar, dessen Ziel es ist, ein hohes Niveau an Resilienz und Anpassungsfähigkeit der Raumnutzungen und -funktionen gegenüber den aktuellen und zukünftigen Folgen des Kli-

mawandels sicherzustellen (Birkmann/Fleischhauer 2009). Für die Implementierung eines Climate Proofings bieten sich grundsätzlich folgende drei Möglichkeiten an (BMVBS 2013b):

- 1) Einführung eines eigenständigen Prüfinstruments,
- 2) Integration des Climate Proofings in die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) bzw. Strategische Umweltprüfung (SUP) oder
- 3) Berücksichtigung des Climate Proofings im Rahmen der planerischen Abwägung.

Während die erste Option aufgrund des erheblichen Zusatzaufwandes von Seiten der Planungspraxis als nicht realistisch angesehen wird, könnte die methodische Ergänzung der UVP bzw. SUP um Climate Proofing-Elemente einen Prüfansatz darstellen, der mit vertretbarem Aufwand zu realisieren wäre (BMVBS 2013b; MKRO 2013). Um im Rahmen der UVP bzw. SUP die zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels auf heutige Vorhaben bzw. Pläne und Programme abschätzen zu können, wäre jedoch eine Perspektivenerweiterung erforderlich. In Ergänzung zum heutigen Fokus der UVP bzw. SUP, bei dem die Auswirkungen eines Vorhabens oder Plans/Programms auf die Umwelt betrachtet werden, wären dann auch die möglichen zukünftigen Auswirkungen klimawandelbedingt veränderter Umweltbedingungen auf ein Vorhaben bzw. einen Plan/ein Programm zu untersuchen (Birkmann/Fleischhauer 2009). Für die dritte Option spricht, dass die Berücksichtigung von Umweltbelangen – und damit auch von Klimawandelaspekten – ohnehin obligatorisch im Rahmen der allgemeinen Abwägung erforderlich ist (BMVBS 2013b). In jedem Falle sind als Grundlage für ein Climate Proofing entsprechende Klimafolgen- bzw. Betroffenheitsanalysen und definierte Prüfkriterien erforderlich.

- *Flexibilisierung von Plänen und Programmen*: Ein grundsätzliches Defizit des formellen Instrumentariums besteht darin, dass es in seinen Anwendungsmöglichkeiten z. T. zu starr ist, um mit den unsicheren und langfristigen Entwicklungspfaden des Klimawandels flexibel umgehen zu können. Angesichts der sich langfristig verstärkenden, vielfach aber noch nicht detailliert abschätzbaren Klimawandelfolgen wird es darum gehen müssen, „von einer starren, einen bestimmten Endzustand festlegenden Planung hin zu einer stärker prozessualen und schrittweise agierenden Planung zu gelangen“ (Overbeck/Hartz/Fleischhauer 2008: 376), die eine zeitnähere und effektivere Reaktion auf neue Erkenntnisse zulässt. Dabei muss an die Stelle einer „statischen Zuweisung von Raumfunktionen“ zunehmend eine „dynamische Raumentwicklung mit reversiblen Raumfunktionen“ treten (Kropp/Daschkeit 2008: 359). Um dies zu gewährleisten, wäre in Gebieten, die von langfristigen bzw. schleichenden Klimawandelfolgen bedroht sind, eine zeitliche Befristung von Raumnutzungen erforderlich. Eine Möglichkeit bestünde darin, die aus der Bauleitplanung bereits bekannte Kategorie der „Zwischennutzungen“ (§ 9 Abs. 2 BauGB) ggf. auch im regionalen Maßstab, d. h. im Bereich der Raumordnung, anzuwenden (Ritter 2007). Als Zwischennutzungen werden solche Raumnutzungen bezeichnet, die nur für einen begrenzten Zeitraum bzw. bis zum

Eintritt bestimmter Umstände (in diesem Fall: Eintritt bestimmter, der Nutzung entgegenstehender Auswirkungen des Klimawandels) zulässig sind.

Ein geeignetes Instrument zur Erhöhung der Flexibilität könnten auch „ergebnisorientierte Zielvereinbarungen“ darstellen, die zwar das anzustrebende Ergebnis vorgeben, nicht aber den Weg dorthin (BMVBS 2010). Während die Zielsetzung klar definiert ist und von allen Beteiligten anerkannt wird, besteht hinsichtlich der Strategie- und Maßnahmenwahl zur Erreichung dieser Zielsetzung grundsätzlich eine Dispositionsfreiheit der umsetzenden Akteure. Das Instrument der Zielvereinbarung ist damit viel besser in der Lage, flexibel auf Veränderungen der Rahmenbedingungen (z. B. aufgrund externer Einflüsse wie des Klimawandels) zu reagieren, als konditional programmiertes, regelbasiertes Entscheiden (BBAW 2010).

### *Informelle Instrumente*

Das Potenzial informeller Instrumente besteht darin, frühzeitig Bewusstsein und Akzeptanz zu schaffen, betroffene Akteurs- und Interessengruppen in Planungsprozesse einzubinden und gemeinsame Strategien und Maßnahmen zu entwickeln. Im Hinblick auf die Anpassung an den Klimawandel können durch eine integrierte Planung unter Beteiligung betroffener Akteure mögliche Zielkonflikte unterschiedlicher Anpassungsmaßnahmen entschärft und Synergien aufgedeckt und genutzt werden. Zudem kann die aktive Einbindung bei den verschiedenen Akteuren und in der Bevölkerung zu neuen Erkenntnissen (z. B. Risikobewusstsein hinsichtlich möglicher Klimawandelfolgen) und damit auch zu neuen Einsichten hinsichtlich der Notwendigkeit bestimmter Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels führen. Insbesondere die im Zuge von Anpassungsmaßnahmen auftretenden (Flächennutzungs-)Konflikte werden nur lösbar sein, wenn eine breite gesellschaftliche Akzeptanzbasis geschaffen wird.

Für die Raumplanung bedeutet dies, dass sowohl die Zusammenarbeit und Abstimmung mit betroffenen Fachplanungen bzw. -ressorts als auch die Einbindung der Öffentlichkeit in Planungsprozesse an Bedeutung gewinnt. In Ergänzung zu den gesetzlichen Regelungen zur formellen Behörden- und Öffentlichkeitsbeteiligung (z. B. bei der Aufstellung von Raumordnungs- und Bauleitplänen, im Rahmen von Raumordnungs- und Planfeststellungsverfahren und im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen bzw. Strategischen Umweltprüfungen) sollten daher – wie auch in § 13 Abs. 1 ROG gefordert – in verstärktem Maße auch informelle Informations-, Partizipations- und Kooperationsinstrumente genutzt werden. Aufgrund ihres traditionellen Auftrags, zusammenfassende Planung zu betreiben, ist die Raumplanung wie keine andere öffentliche Aufgabe aufgefordert, auf die Bildung geeigneter informeller Organisationsformen in ihrem Zuständigkeitsgebiet hinzuwirken. Als mögliche informelle Planungsansätze sind z. B. die Durchführung von Leitbildprozessen, die partizipative Erarbeitung von Entwicklungskonzepten oder Aktionsprogrammen sowie die Stärkung bzw. Gründung von Netzwerken und Kooperationsstrukturen zu nennen.

Einen vielversprechenden Ansatz für den Umgang mit den Folgen des Klimawandels stellt das informelle Instrument des Regionalmanagements dar, das als Dialog-, Kooperations- und Koordinationsplattform fungieren und im Vergleich zur formellen Regionalplanung stärker handlungs- und umsetzungsorientiert agieren kann. Eine Stärke des Regionalmanagements liegt in der ausgeprägten Adressatenorientierung, die besonders dann von Vorteil ist, wenn es – wie im Kontext der Anpassung an Klimawandelfolgen – darum geht, Abstimmungs- und Aushandlungsprozesse zwischen betroffenen Akteuren zu initiieren (BMVBS 2010). Im Rahmen von Regionalmanagementprozessen bieten Regionale Entwicklungskonzepte (REK) die Chance, Leitbilder und Lösungsansätze für besondere Problemlagen oder neue räumliche Aufgabstellungen zu entwickeln und auf diese Weise entsprechende Festlegungen in den formellen Raumordnungsprogrammen vorzubereiten. Der Bezugsraum eines Regionalen Entwicklungskonzepts muss dabei nicht auf bestehende Planungsregionen beschränkt sein, sondern kann aus einem freiwilligen Zusammenschluss von Gebietskörperschaften auf der Basis funktionaler Beziehungen resultieren, was im Hinblick auf die Bewältigung der Auswirkungen des Klimawandels, die nicht an administrativen Grenzen Halt machen, von Vorteil ist. Aufgrund ihrer überfachlichen Sichtweise und ihres regionalen Bezugs ist die Regionalplanung prädestiniert dafür, Regionalmanagementprozesse zu initiieren und zu moderieren.

Regionalmanagement wird in Niedersachsen derzeit jedoch allenfalls auf freiwilliger Basis und im Rahmen von Förderprogrammen (z. B. Integrierte ländliche Entwicklung (ILE), LEADER) durchgeführt. Um die Potenziale des Regionalmanagements konsequenter nutzen zu können, sollte daher dessen flächendeckende Institutionalisierung als ein die formelle Regionalplanung begleitender entwicklungsorientierter Prozess, der sich mit den jeweils drängenden Fragen der Regionalentwicklung (z. B. Anpassung an die Folgen des Klimawandels) auseinandersetzt, erwogen werden. Dazu wären die Regionalplanungsstellen mit entsprechenden finanziellen und personellen Ressourcen auszustatten.

### *Gestaltung von Planungsprozessen zur Anpassung an den Klimawandel*

In Abb. QT2-1 werden verschiedene Elemente zur Gestaltung eines Klimawandel-Anpassungsprozesses in der räumlichen Planung benannt und zueinander ins Verhältnis gesetzt. Bei den Elementen handelt es sich teils um parallel verlaufende und teils um aufeinander folgende Prozessschritte. Zwischen den einzelnen Elementen bestehen Rückkopplungen und vielfältige Austauschbeziehungen.

Eine zentrale Voraussetzung für einen erfolgreichen Umgang mit den Folgen des Klimawandels stellen Klimawandel-Governance-Prozesse dar. Sie dienen dazu, relevante Akteure zu aktivieren und einzubinden und bieten Raum für gesellschaftliche Debatten. Darin eingebettet kann – im Zusammenspiel von Fachplanungen und Raumplanung – die Entwicklung und Umsetzung raumbezogener Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel stattfinden. Um hierbei auf die nötigen Informationsgrundlagen zurückgreifen zu können, ist ein permanentes Bemühen um immer konkreteres Wissen über die raumrelevanten Auswirkungen des Kli-

mawandels und jeweils geeignete Anpassungsoptionen erforderlich (Wissensgenerierung). Da es sich bei der Anpassung an den Klimawandel um eine sehr langfristige und zugleich mit vielen Unsicherheiten behaftete Aufgabe handelt, bei der regelmäßig neue Erkenntnisse zu erwarten sind, kommt den Aspekten Monitoring, Evaluation und Controlling eine besondere Bedeutung zu. Um die erforderliche Akzeptanz für Strategien und Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels zu schaffen und den Wissenstransfer zu befördern, ist der Anpassungsprozess zudem über seine gesamte Länge durch geeignete Formen der Kommunikation, Sensibilisierung und Bewusstseinsförderung zu begleiten.

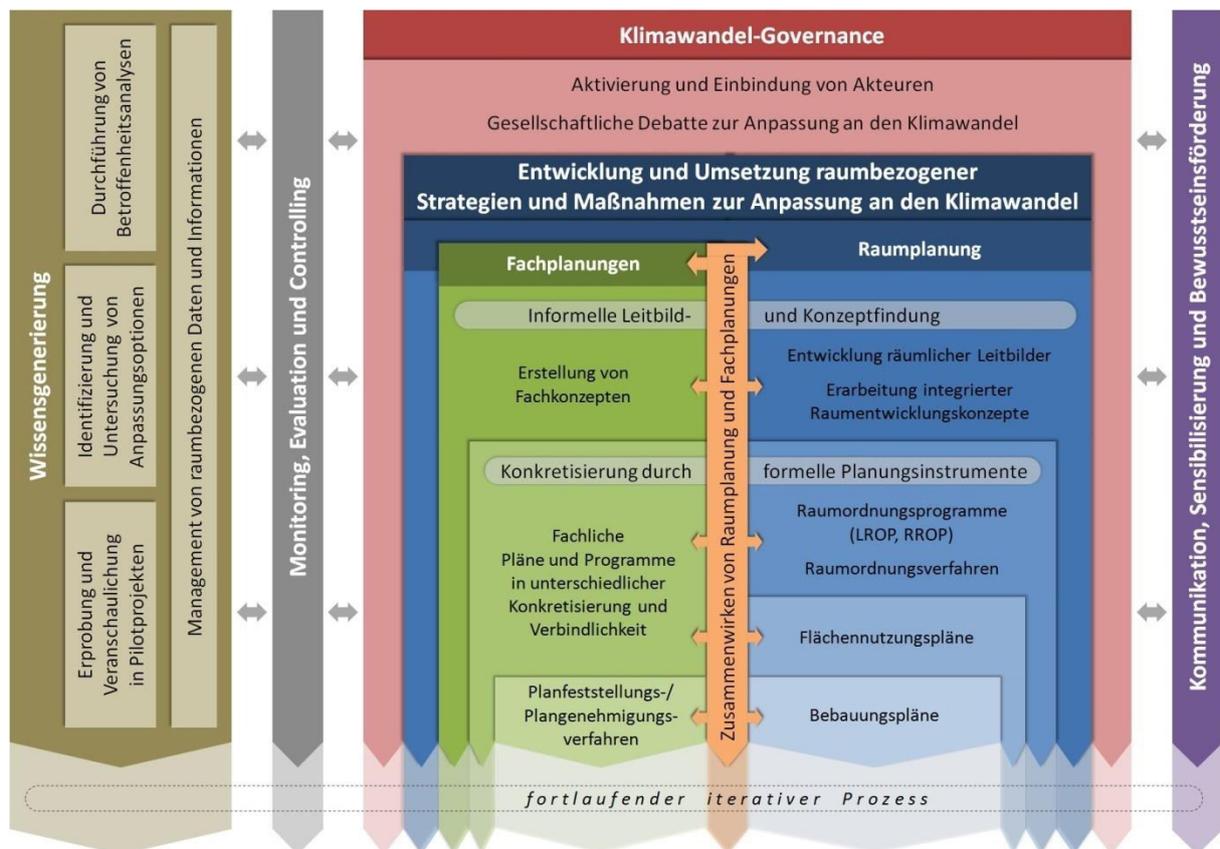


Abbildung QT2-1: Elemente zur Gestaltung von Klimawandel-Anpassungsprozessen in der räumlichen Planung.

### Anpassung an die Folgen des Klimawandels in ausgewählten Handlungsfeldern der räumlichen Planung in Niedersachsen

Um die Wissens- und Informationsgrundlage für raumplanerisches Handeln zu verbessern, wurden im Rahmen von KLIFF-IMPLAN die voraussichtlichen Konsequenzen der klimatischen Veränderungen sowie denkbare Reaktionsmöglichkeiten zu deren Bewältigung für sechs ausgewählte Handlungsfelder der räumlichen Planung in Niedersachsen untersucht: 1) Küstenschutz und Wassermanagement im Deichhinterland, 2) Wasserwirtschaft im Binnenland, 3) Siedlungs- und Infrastrukturentwick-

lung, 4) Schutz der biologischen Vielfalt, 5) Land- und Forstwirtschaft, 6) Tourismus. Dabei wurde jeweils nach folgendem Schema vorgegangen:

- 1) Beschreibung der potenziellen Auswirkungen des Klimawandels,
- 2) Ableitung des resultierenden Handlungsbedarfs und Darstellung bereits existierender bzw. zukünftig denkbarer Anpassungsoptionen,
- 3) Identifizierung raumplanerischer Handlungsmöglichkeiten sowie Analyse und ggf. Weiterentwicklung raumplanerischer Instrumente im Hinblick auf ihre Eignung zur Vorbereitung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen

Bei der Bearbeitung von Schritt 3) wurde auf die Handlungsmöglichkeiten und Instrumente der Landes- und Regionalplanung fokussiert. In den Handlungsfeldern „Küstenschutz und Wassermanagement im Deichhinterland“ und „Wasserwirtschaft im Binnenland“ wurden darüber hinaus in stärkerem Maße auch die Handlungsmöglichkeiten und Instrumente der wasserwirtschaftlichen Fachplanung betrachtet. Dies liegt insbesondere darin begründet, dass sich das auf das Medium „Wasser“ bezogene fachplanerische Instrumentarium in der jüngeren Vergangenheit aufgrund einer Reihe fachgesetzlicher Neuerungen (z. B. infolge der Implementierung von EU-Richtlinien in das Wasserrecht) verändert hat und die Integration mit den Plänen der Raumordnung weder vollständig ausgeformt noch hinreichend erprobt ist.

Eine ausführliche Darstellung der oben beschriebenen Untersuchungsschritte sowie eine mehrseitige tabellarische Übersicht der raumordnerischen Handlungsmöglichkeiten zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels in den sechs untersuchten Handlungsfeldern bietet der KLIFF-IMPLAN-Projektbericht mit dem Titel „Anpassung an den Klimawandel in der räumlichen Planung – Handlungsempfehlungen für die niedersächsische Planungspraxis auf Landes- und Regionalebene“. Er wurde in der Publikationsreihe „Arbeitsberichte der ARL“ veröffentlicht und steht unter folgender Internetadresse zum kostenlosen Download zur Verfügung: <http://shop.arl-net.de/anpassung-klimawandel.html>.

Die im Rahmen von KLIFF-IMPLAN entwickelten Handlungsempfehlungen bauen auf dem bestehenden Instrumentarium der Raumordnung in Niedersachsen auf. Im Interesse der Spezifität von Regulierungen zur Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels wurden die bestehenden raumordnerischen Festlegungsmöglichkeiten durch eine Reihe neuer inhaltlicher Kategorien (Planzeichen) ergänzt. Hier besteht ein Konflikt mit der Forderung, dass Regionalpläne möglichst „schlank“ und dazugehörige Kartendarstellungen möglichst übersichtlich sein sollen, d. h. nur so viele Inhalte enthalten wie unbedingt erforderlich. Dieser Konflikt ist nicht vollständig auflösbar: Zwar kann ein erheblicher Teil der Anpassungserfordernisse durch bereits existierende inhaltliche Kategorien (Planzeichen) abgedeckt werden, indem bei deren Anwendung klimawandelbedingte Handlungsbedarfe als (zusätzlicher) Begründungstatbestand für die raumordnerische Festlegung angeführt werden. Für gewisse Anpassungserfordernisse sind allerdings auch spezifische Planaussagen erforderlich, die nur durch neue Kategorien (Planzeichen) gewährleistet werden können.

## *Funktion von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten bei der Anpassung an den Klimawandel*

In Raumordnungsprogrammen werden die Absichten zu künftigen Raumnutzungen und -funktionen neben der Formulierung von textlichen Ziel- und Grundsatzformulierungen vor allem durch die zeichnerische Darstellung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten ausgedrückt. Im Hinblick auf die Anpassung an den Klimawandel unterscheiden sich deren Funktionen folgendermaßen:

- Mit der Festlegung von Vorranggebieten können hinreichend konkretisierte und abschließend abgewogene Flächenansprüche für die Realisierung von Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels gesichert werden. Dadurch wird eine langfristig abgestimmte Raumentwicklung gewährleistet. Vorranggebiete sind zu „beachten“.
- Vorbehaltsgebiete sind weniger strikt in ihrem Durchsetzungsanspruch. Die Belange, die mit Vorbehaltsgebieten geltend gemacht werden, können in der Abwägung ggf. überwunden werden. Vorbehaltsgebiete sind zu „berücksichtigen“. Für eine bevorzugte Anwendung von Vorbehaltsgebieten im Vergleich zu Vorranggebieten kommen grundsätzlich folgende Gründe in Betracht:
  - 1) Die Voraussetzungen zur Realisierung der vorgesehenen Raumnutzung bzw. zur Erfüllung der vorgesehenen Raumfunktion sind weniger ideal ausgeprägt.
  - 2) Es bestehen noch Unsicherheiten über den tatsächlichen späteren Bedarf der vorgesehenen Raumnutzung bzw. -funktion.
  - 3) Die Qualität der Voraussetzungen zur Realisierung der vorgesehenen Raumnutzung bzw. zur Erfüllung der vorgesehenen Raumfunktion ist noch nicht hinreichend untersucht worden.
  - 4) Mit den Planungsbeteiligten konnte noch kein Konsens über einen klaren Vorrang der vorgesehenen Raumnutzung bzw. -funktion erzielt werden.

Wie die Gründe 2) bis 4) verdeutlichen, lässt sich der Regelungscharakter der Vorbehaltsgebiete speziell für langfristige Planungen unter Unsicherheit einsetzen. Sie können deshalb bei Planungen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels – besonders in der Frühphase – eine wichtige Funktion übernehmen. Mit der Festlegung von voraussichtlich für Anpassungsmaßnahmen benötigten Flächen<sup>1</sup> als Vorbehaltsgebiete lässt sich der Vorsorgeanspruch dieser Gebietskategorie nutzen. Vorbehaltsgebiete zu Zwecken der Anpassung an die Folgen des Klimawandels sind von Anfang an wirksam, weil deren Sicherheitsanspruch sich nur dann überwinden lässt, wenn die Unbedenklichkeit eines von der Gebietsfunktion abweichenden Nutzungsanspruchs belegt werden kann. Dies bedeutet, dass bei nachfolgenden Entscheidungen über die Realisierung etwaiger fachplanerischer oder bauleitplanerischer Vorhaben auf Grundlage

---

<sup>1</sup> Bei diesen Flächen kann es sich sowohl um Flächen handeln, die für die Umsetzung konkreter raumbezogener Anpassungsmaßnahmen benötigt werden, als auch um solche, die aufgrund der (langfristigen) Auswirkungen des Klimawandels von bestimmten Nutzungen freigehalten werden sollten.

des dann vorhandenen neuesten Wissens endgültig über das Gewicht des Belangs „Anpassung an den Klimawandel“ zu befinden ist. Aufgrund der Möglichkeit zur begründeten Abweichung im Einzelfall steht eine – auch reichliche – Ausweisung von Vorbehaltsgebieten zu Zwecken der Anpassung an die Folgen des Klimawandels der Raumentwicklung nicht grundsätzlich im Wege. Sie hat aber vorsorgende Orientierungsfunktion und steigert den Anspruch an die Begründetheit von Maßnahmen aus dem wachsenden Wissen über die Folgen des Klimawandels. Vorbehaltsgebiete stimuliert daher die Auseinandersetzung mit potenziellen Klimawandelfolgen (z. B. in Form von Forschung oder Diskurs).

### *Bedeutung von Flächenpools*

Da viele der erforderlichen Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels im Ergebnis zu Veränderungen der bestehenden Flächennutzung, insbesondere zur Inanspruchnahme von derzeit landwirtschaftlich genutzten Flächen für andere Funktionen (z. B. Küsten- und Hochwasserschutz, Kleigewinnung, Biotopverbund), führen, ist deren Umsetzung nur durch finanzielle Kompensation der Betroffenen bzw. durch Bereitstellung von Tauschflächen möglich. Wie die Erfahrungen mit der Unternehmensflurbereinigung bei großen Infrastrukturvorhaben zeigen, sind bodenordnende Maßnahmen wegen des anhaltenden Strukturwandels in der Landwirtschaft i. d. R. möglich. Da sich Eigentumswechsel bei landwirtschaftlichen Flächen oft im Zusammenhang mit dem Generationswechsel auf den landwirtschaftlichen Betrieben ergeben, wird die Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen begünstigt, wenn seitens der öffentlichen Hand rechtzeitig mit dem Erwerb von Flächen begonnen wird und dafür Anlässe der betrieblichen Umstrukturierung genutzt werden. Für das Grundstücksmanagement sollten regionale Flächenpools eingerichtet werden. Die Einführung eines Vorkaufsrechts für Flächen in Vorranggebieten für Anpassungsmaßnahmen wäre nützlich.

### *Literatur*

- ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.) (2011) Strategische Regionalplanung. Hannover. = Positionspapier der ARL 84. [http://shop.arl-net.de/media/direct/pdf/pospaper\\_84.pdf](http://shop.arl-net.de/media/direct/pdf/pospaper_84.pdf) (21.11.2013).
- BBAW – Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Globaler Wandel – Regionale Entwicklung (Hrsg.) (2010): Arbeitskreis Klimawandel und Raumplanung der Akademie für Raumforschung und Landesplanung: Planungs- und Steuerungsinstrumente zum Umgang mit dem Klimawandel. Berlin. = Materialien der interdisziplinären Arbeitsgruppen, IAG Globaler Wandel – Regionale Entwicklung, Diskussionspapier Nr. 8. [http://edoc.bbaw.de/volltexte/2011/1761/pdf/diskussionspapier\\_08\\_ARL.pdf](http://edoc.bbaw.de/volltexte/2011/1761/pdf/diskussionspapier_08_ARL.pdf) (21.11.2013).
- Birkmann J., Böhm H.R., Buchholz F., Büscher D., Daschkeit A., Ebert S., Fleischhauer M., Frommer B., Köhler S., Kufeld W., Lenz S., Overbeck G., Schanze J., Schlipf S., Sommerfeldt P., Stock M., Vollmer M., Walkenhorst O. (2013) Glossar: Klimawandel und Raumentwicklung. 2., überarbeitete Fassung, Hannover. = E-Paper der ARL 10. [http://shop.arl-net.de/media/direct/pdf/e-paper\\_der\\_arl\\_nr10.pdf](http://shop.arl-net.de/media/direct/pdf/e-paper_der_arl_nr10.pdf) (21.11.2013).
- Birkmann J., Fleischhauer M. (2009) Anpassungsstrategien der Raumentwicklung an den Klimawandel: Climate Proofing – Konturen eines neuen Instruments. In: Raumforschung

- und Raumordnung 67 (2), 114–127.
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2013a) Methodenhandbuch zur regionalen Klimafolgenbewertung in der räumlichen Planung – Systematisierung der Grundlagen regionalplanerischer Klimafolgenbewältigung. Berlin. [http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/MORO/Studien/2011/LeitfadenRegionaleKlimafolgenbewertung/Downloads/DL\\_Handbuch.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/MORO/Studien/2011/LeitfadenRegionaleKlimafolgenbewertung/Downloads/DL_Handbuch.pdf?__blob=publicationFile&v=3) (05.01.2014).
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2013b): Wie kann Regionalplanung zur Anpassung an den Klimawandel beitragen? Ergebnisbericht des Modellvorhabens der Raumordnung „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“ (KlimaMORO). Berlin. = Forschungen 157.
- BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2010): Klimawandel als Handlungsfeld der Raumordnung: Ergebnisse der Vorstudie zu den Modellvorhaben „Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel“. Berlin. = Forschungen 144.
- Kropp J., Daschkeit A. (2008) Anpassung und Planungshandeln im Licht des Klimawandels. In: Informationen zur Raumentwicklung (6/7), 353-361.
- MKRO – Ministerkonferenz für Raumordnung (2013) Handlungskonzept der Raumordnung zu Vermeidungs-, Minderungs- und Anpassungsstrategien in Hinblick auf die räumlichen Konsequenzen des Klimawandels vom 23.01.2013. Berlin.
- Overbeck G., Hartz A., Fleischhauer M. (2008) Ein 10-Punkte-Plan „Klimaanpassung“ – Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel im Überblick. In: Informationen zur Raumentwicklung (6/7), 363-380.
- Ritter E.-H. (2007) Klimawandel – eine Herausforderung an die Raumplanung. In: Raumforschung und Raumordnung 65 (6), 531-538.
- Schlipf S., Herlitzius L., Frommer B. (2008) Regionale Steuerungspotenziale zur Anpassung an den Klimawandel – Möglichkeiten und Grenzen formeller und informeller Planung. In: RaumPlanung 137, 77-82.
- Vallée D., Brandt T., Fürst D., Konze H., Priebes A., Schmidt P.I., Scholich D., Tönnies G. (2012) Modell einer Strategischen Regionalplanung in Deutschland. In: Vallée D. (Hrsg.) Strategische Regionalplanung. Hannover, 170-190. = Forschungs- und Sitzungsberichte der ARL 237.

## **9. Vernetzung und Transfer**

*Stella Aspelmeier<sup>1</sup>, Veit Ebermann<sup>2</sup>, Ivika Rühling<sup>1</sup>, Friedrich Beese<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Sektion Waldökosystemforschung im Zentrum für Biodiversität und Nachhaltige Landnutzung, Georg-August Universität Göttingen

<sup>2</sup>ZDEMO Zentrum für Demokratieforschung, Leuphana Universität Lüneburg

### Interne Vernetzung

Ein großer Teil der Vernetzung fand innerhalb der Querschnitts- und Forschungsthemen in Form von Workshops, Seminaren und Vorträgen statt, bei denen die Teilprojekte zusammenkamen und zu denen häufig auch der zuständige wissenschaftliche Beirat eingeladen wurde. Diese Veranstaltungen wurden von den jeweiligen Sprechern/-innen und Koordinatoren /-innen organisiert. Auch der gezielte Austausch zwischen einzelnen QT und FT, wie z.B. in Workshops der IMPLAN-AG im QT2 Raumplanung, wurden auf dieser Ebene geplant. Wichtig und produktiv waren aber vor allem die Synergien, die durch die Kooperation zwischen den einzelnen Teilprojekten innerhalb eines FT, aber auch zwischen verschiedenen FT entstanden. Besonders ausgeprägt war die Zusammenarbeit zwischen dem QT1 Klima und den Impactmodellierern der FT und die Kooperationen mit dem QT2 Raumplanung.

Die Organisation des Austausches auf Ebene des gesamten Verbundes lag in den Händen der Gesamtkoordination und der Lenkungsgruppe. Zum Beginn von KLIFF fand 2009 in Hannover eine Auftaktveranstaltung statt, es folgten zwei jeweils zweitägige Statusseminare 2010 und 2011. Hier stellten alle Teilprojekte der QT und FT ihre geplanten Arbeiten und erste Ergebnisse in Form von Vorträgen und Postern vor. Den Abschluss der Statusseminare bildeten Sitzungen der Lenkungsgruppe mit dem wissenschaftlichen Beirat. Die Auftaktveranstaltungen und die Statusseminare boten den KLIFF-Mitgliedern verschiedener Institute, Universitäten und Organisationen immer auch einen Rahmen zum gegenseitigen Kennenlernen und informellen Austausch.

Die Vernetzung zwischen den QT und FT fand besonders auch auf der Ebene der Koordinatorinnen und Koordinatoren statt. Zum informellen Austausch kamen hier regelmäßige, von der Gesamtkoordination einberufene Sitzungen, auf denen inhaltliche und organisatorische Themen besprochen und sowie die Umsetzung der gemeinsam gefundenen Lösungen geplant wurden.

Entscheidungen zu allen Gesamt-KLIFF betreffenden Punkten wurden von der Lenkungsgruppe getroffen, die sich aus den Sprecherinnen und Sprechern aller QT und FT, dem Sprecher von KLIFF und einer Vertretung des niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur (2009 bis 2011 Fr. Dr. Silke Bertram, seit 2013 Hr. Dr. Martin Berger) zusammensetzte. Die Lenkungsgruppe wurde von der Gesamtkoordination im etwa halbjährlichen Rhythmus einberufen, meist waren bei den Treffen auch die Koordinatorinnen und Koordinatoren anwesend.

Anwesend bei allen Sitzungen waren auch jeweils Frau Dr. S. Aspelmeier (Gesamtkoordination), zuständig für die Umsetzung der Beschlüsse und Dr. G. Wiedey (Sektion Waldökosystemforschung), zuständig für die Finanzen.

Der Austausch der Klimadaten innerhalb von KLIFF erfolgte über den internen Bereich der Homepage ([www.kliff-niedersachsen.de](http://www.kliff-niedersachsen.de)), zu dem alle Mitglieder passwortgeschützten Zugang hatten. Als Einführung in den Gebrauch der Daten stand ein in Zusammenarbeit zwischen QT1, FT5 und der Gesamtkoordination erstelltes Tutorial zur Verfügung, mit dem den Mitgliedern, die noch unerfahren im Umgang mit Datenbanken waren, das Herunterladen und der Umgang mit den sehr umfangreichen Klimadaten erklärt wurde.

### Externe Vernetzung

KLIFF war über verschieden Schnittstellen mit anderen Organisationen und Verbänden in der Klimafolgenforschung vernetzt. So gab es enge Abstimmungen zwischen KLIFF und KLIMZUG-Nord zum Umgang mit den regionalen Klimadaten und dem Umgang mit Unsicherheiten und eine fruchtbare Zusammenarbeit zwischen KLIFF FT6 Binnengewässer und KliBiW. KLIFF QT und FT standen im fachlichen Austausch mit INTERREG- und Klimazwei-Projekten genauso wie mit verschiedenen BMBF-Projekten. FT7 stand aufgrund der küstenbezogenen Themen in enger Verbindung zu KLIMZUG-Nordwest.

Diese Kooperationen erfolgten zumeist auf der Ebene der Teilprojekte. Der wissenschaftliche Austausch erfolgte aber auch auf Workshops, Kongressen und Tagungen, zu denen KLIFF Mitglieder von anderen Verbänden eingeladen wurden.

Auch KLIFF selbst veranstaltete Konferenzen zum Austausch mit anderen Wissenschaftlern und in der Klimaforschung tätigen Verbänden. Im Oktober 2010 organisierte KLIFF zusammen mit dem Forschungszentrum Waldökosysteme einen dreitägigen internationalen Workshop zum Thema "Adaptation of perennial plants to episodic drought: impact on ecosystems" in Göttingen. Zu den Themen „Physiological adaptation mechanisms“, „Genetic structures and regulation“, „Impact on grassland ecosystems“ und „Impact on forest ecosystems“ kamen KLIFF-Mitarbeiter und Wissenschaftler aus 10 europäischen und außereuropäischen Ländern zusammen.

Im September 2013 richtete KLIFF anstelle einer Abschlusskonferenz die zweitägige Tagung „Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien“ aus. Hier präsentierten und diskutierten knapp 170 Wissenschaftler aus ganz Deutschland ihre Ergebnisse zu den Themen „Regionale Klimaprojektionen und Impaktmodellierung: Möglichkeiten und Grenzen“, „Regionale Wetterextreme und ihre Folgen“, „Auswirkungen auf Pflanzen, Tiere und Ökosysteme“ und „Entwicklung und Umsetzung von flexiblen Anpassungsstrategien“. Die Zusammenfassungen aller Vorträge und Poster und PDF-Dateien vieler Vorträge sind auf der Homepage abrufbar.

## Öffentlichkeitsarbeit

Die Öffentlichkeitsarbeit zum Transfer der Ergebnisse an die interessierte Bevölkerung fand auf verschiedenen Ebenen statt. So wurde gleich zu Beginn ein Flyer in deutscher und englischer Sprache konzipiert und an interessierte Wissenschaftler, aber besonders auch Vertreter von Behörden und in der Anpassung arbeitenden Einrichtungen verteilt.

Die KLIFF-Website dient sowohl der Öffentlichkeitsarbeit, als auch, über einen internen Bereich, der KLIFF-internen Kommunikation und Datenübertragung. Unter [www.kliff-niedersachsen.de](http://www.kliff-niedersachsen.de) sind Informationen über alle QT und FT, die Untersuchungsgebiete und –methoden, Ergebnisse in Form von Texten, Bildern und Videos, Listen der Veröffentlichungen, Vorträge und Poster von der KLIFF-Tagung 2013 und in einem Download-Bereich Links zu wichtigen Berichten aus der Forschung zu finden. Wichtige Ergebnisse von KLIFF wurden als kurze Videoclips zusammengestellt, die auf der Video-Plattform Youtube in einem KLIFF-Kanal eingestellt wurden. Im KLIFF-Portal erfolgte auf den betreffenden Informationsseiten über die Fenstertechnik eine Referenzierung auf die jeweils zugehörigen Videoclips, so dass eine unmittelbare Anreicherung des Portals mit Videos erreicht wurde. Dieser zweigleisige mediale Informationszugang – ausgehend von der KLIFF-Website bzw. vom Einzel-Medium im Youtube-Katalog - ermöglicht Synergieeffekte und führt zusätzliche Nutzergruppen an das Thema heran. So konnten zahlreiche Animationen produziert werden beispielsweise zu den regionalen Klimasimulationen, der Sedimentdynamik des Wattenmeeres, den Bodenerwärmungsexperimenten im FT Pflanzenproduktion oder den Schadbild-Entwicklungen im Wald. Zudem wurden Clips für jedes der 7 QT und FT erstellt, die mit einer Lauflänge von jeweils 3 bis 4 Minuten die wichtigsten Ziele, Methoden und Ergebnisse zusammenfassen. Die KLIFF-Seite wurde jährlich von etwa 5.000 bis 7.000 Nutzern in 7.000 bis 10.000 Sitzungen aufgerufen. Die Zugriffe kamen aus ganz Europa, aber auch aus den USA, Brasilien und Ägypten.

Weitere übergeordnete KLIFF-Aktivitäten waren z.B. die Vernetzung mit dem Klimanavigator und der Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit, Vorträge u.a. bei der Evangelischen Akademie in Loccum und die Kommunikation mit der Presse durch die Gesamtkoordination. Auf Ebene aller QT/FT wurde KLIFF zudem über die jeweiligen Websites, Interviews, Radio- und Zeitungsbeiträge und allgemeine Pressearbeit bekannt gemacht.

## Transfer der Forschungsergebnisse zu den Akteuren

Die in KLIFF entwickelten Anpassungsempfehlungen wurden über verschiedene Kanäle an die relevanten Akteure (Stakeholder) vermittelt.

Dazu gehören zum Beispiel die Beiträge zu Beraterhochschultagen und Vorträge auf Veranstaltungen der Landwirtschaftskammer und in Beraterkreisen der beiden landwirtschaftlichen FT und die Beiträge zu Veranstaltungen für Forstamtsleiter und zu einem Kongress der Alfred Töpfer Akademie für Naturschutz aus dem FT Wald. Das FT Binnengewässer hat unter anderem aktiv bei Veranstaltungen des Niedersächsi-

schen Gewässerforums und des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie mitgewirkt, das FT Küste war beim niedersächsischen Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz und beim Friesenkongress zu Gast. KLIFF-Wissenschaftler verschiedener Fachrichtungen haben an den Regionalkonferenzen der norddeutschen Küstenländer mitgewirkt.

Es gab in allen KLIFF QT und FT aber auch den direkten und persönlicheren Austausch mit den entsprechenden Akteuren und somit den Transfer der Ergebnisse genauso wie die Kommunikation von den Akteuren zu den Wissenschaftlern. Im QT2 Raumplanung wurde in der IMPLAN-AG von Beginn des Projektes an mit Regionalplanungen und Planungsbehörden zusammengearbeitet – Mitglieder der KLIFF FT haben in Workshops der IMPLAN-AG über ihre Ergebnisse informiert. FT Küste arbeitete von vorneherein eng mit einem Beirat aus regionalen Entscheidungsträgern und Praxisexperten zusammen, zu denen z.B. Vertreter der Deichverbände und –behörden gehörten. In den FT Wald, Binnengewässer und Küste beschäftigten sich Teilprojekte gezielt mit den Möglichkeiten der Partizipation von Akteuren zu den jeweiligen Themen und führten Umfragen, Experteninterviews und Workshops durch. Auch auf Ebene von Gesamt-KLIFF wurden solche Untersuchungen durchgeführt.

Auch an politische Entscheidungsträger wurden die Ergebnisse aus KLIFF transferiert. Der Sprecher von KLIFF war Mitglied der Regierungskommission Klimaschutz und hat so die Ergebnisse in die Empfehlungen zum Klimaschutz und die Empfehlungen für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel (NMU 2012) eingebracht. Auch aus verschiedenen KLIFF QT- und FT wurde aktiv in Arbeitskreisen der Regierungskommission mitgearbeitet, QT Klima hat das entsprechende Kapitel in den Empfehlungen in Zusammenarbeit mit KLIMZUG-Nord verfasst. Zur Zeit wird in KLIFF noch an einer Dissertation gearbeitet, die die innovative Art der Entwicklung der niedersächsischen Klimaanpassungsstrategie durch die Regierungskommission sozial- und politikwissenschaftlich untersucht. In der Praxis- und Beobachtungsphase wurden aus diesem Projekt Empfehlungen zur Prozesssteuerung und zum Arbeitsplan der Regierungskommission eingebracht und konzeptionelle und inhaltliche Beratungs- und Unterstützungsleistungen erbracht. Dazu gehörte auch die redaktionelle Zusammenfassung und Bearbeitung von Textbeiträgen. In der Analyse- und Auswertephase steht die theoretische Analyse der Arbeit der Regierungskommission im Zentrum. Das Promotionsvorhaben untersucht anhand der qualitativen Fallstudie in Niedersachsen, wie Administrationen und politische Entscheidungsträger auf Länderebene Klimaanpassungsstrategien entwickeln. Innerhalb der Politikwissenschaft bietet hier die Strategieanalyse von Raschke und Tils (2007) eine neue Forschungsperspektive. Im Fokus der Untersuchungen stehen entsprechend die Strategiefähigkeit der Landesregierung in der Klimaanpassungspolitik, die Bildung einer Prozess-Strategie zur Politikformulierung und die strategische Steuerung des Politikformulierungsprozesses.

Der Sprecher von KLIFF beteiligte sich auch an der Formulierung der „Hanse-Thesen“ und an einer Anhörung des Umweltausschusses.

Auf Anregung der Gutachter hin wurde 2012 noch ein Teilprojekt gestartet, das sich speziell mit Fragen des Wissenstransfers befasst.

Anpassungsprozesse an den Klimawandel und seine Folgen in der Land- und Forstwirtschaft erstrecken sich über Dekaden und treffen eine Vielzahl von Akteuren in unterschiedlichen Regionen und mit unterschiedlichen Wirtschaftsformen. Allein die in Niedersachsen vorhandenen natürlichen und anthropogenen Strukturen in ihrer regionalen Verbreitung lassen ein landesweit einheitliches Vorgehen nicht zu. Es stellt sich somit die Frage, wie bei derart heterogenen Ausgangsbedingungen und den noch vorhandenen Unsicherheiten der räumlichen Zuordnung des Klimawandels und der Klimafolgen, die Anpassung effektiv gestaltet werden kann und welche Rolle dabei dem Wissenstransfer zukommt. Ein effektiver Wissenstransfer setzt die Analyse der gesellschaftlichen und natürlichen Rahmenbedingungen der in Betracht kommenden Region voraus. Es war daher das Ziel des Teilprojektes „Wissenstransfer“, eine Bestandsaufnahme und Bewertung der gegenwärtigen Kommunikationswege vorzunehmen, um darauf aufbauend Wege zur Effizienzsteigerung des künftigen Wissenstransfers aufzuzeigen. Da die Forstwirtschaft bereits vorher einer Analyse unterzogen worden war, Storch, 2012, wurde der Fokus auf die Landwirtschaft gerichtet. Aus den im Projekt durchgeführten Erhebungen wurden die nachfolgend aufgelisteten Empfehlungen abgeleitet.

Die Situation in der Landwirtschaft wird durch zwei grundsätzliche Befunde geprägt: Zum einen bestehen weitgehend noch begriffliche Unklarheiten bezüglich des „Klimaschutzes“ und der „Anpassung an den Klimawandel“. Hier ist Aufklärung dringend erforderlich.

Zum anderen ist generell die Zuversicht erkennbar, dass die Landwirtschaft sich an die sich aus dem Klimawandel ergebenden Veränderungen anpassen wird, so wie sie sich in der Vergangenheit an veränderte Bedingungen des gesellschaftlichen Umfeldes angepasst hat. Dabei wird jedoch übersehen, dass zukünftige Wetterextreme und die daraus resultierenden Folgen wie Dürren oder Überschwemmungen von der bisherigen Norm abweichen und regional zu weitreichenden Strukturveränderungen führen werden. Dies erfordert zur Lösung einen intensiven Austausch zwischen der Wissenschaft und den Akteuren auf unterschiedlichen Ebenen.

### *Strategieempfehlungen*

- Fachzeitschriften sind für Landwirte noch immer das wichtigste Druckmedium, um sich zu informieren.

*Empfehlung:* Artikel mit betriebs- und bewirtschaftungsrelevanten Inhalten zur Anpassung an den Klimawandel mit entsprechenden klimaangepassten Anbau-, Produktions- oder Verfahrensweisen sollten vermehrt publiziert und diskutiert werden. Dabei sollte die Rolle der Landwirtschaft als Mitverursacher und Betroffener des Klimawandels herausgestellt werden. Transferprojekte „Wissenschaft mit Praxis“ könnten ein Ansatz sein zur Einübung transdisziplinärer Vorgehensweisen.

- Das Internet bietet sich ergänzend als Informations- und Kommunikationsmedium

an, mit der Möglichkeit auch aktuelle Informationen zum Klimawandel abzufragen. *Empfehlung:* Durch die Einrichtung von Portalen die die Anpassung an den Klimawandel und seine Folgen thematisieren, können wissenschaftliche Erkenntnisse verbreitet und Diskussionsforen oder Diskursverfahren eingerichtet werden, in denen sich Wissenschaft und Praxis austauschen. Neben staatlichen Institutionen und berufsständischen Vertretungen sollten auch kommerzielle Anbieter solcher Portale aktiv werden (Landhandel, Züchter, Saatgut- und Düngemittelhersteller u.a. fachspartenspezifische Einrichtungen)

- Laut Umfrage sind die Officialberatung, durch die Landwirtschaftskammer, durch Landesorganisationen und freie Berater die wichtigsten Beratungseinrichtungen für ökonomische und Umweltfragen.

*Empfehlung:* Landwirtschaftskammer, Beratungsringe, freie Berater, berufsständische Vertretungen, wie Bauernverband, Landvolk aber auch die Arbeitsgemeinschaft bäuerliche Landwirtschaft, Verbände des Ökologischen Landbaus u.a. Fachverbände sollten zusätzlich zu bereits vorhandenen Bildungsangeboten verstärkt die Anpassung der landwirtschaftlichen Produktion zum Thema machen. Als Beispiel sei das Seminar „Fit für den Klimawandel“ der LWK genannt. Auch sollte durch Klimabeauftragte das Klimabewusstsein in den verschiedenen Institutionen gefördert werden. Die Nutzung bereits eingeführter Beratungsinstrumente, wie z.B. Wetterfax, Pflanzenschutz-Warndienst, Newsletter etc. sollten erweitert werden.

Da sich der Klimawandel und seine Folgen nicht schlagartig bemerkbar machen, ist es erforderlich ein Kommunikationsnetz zu strukturieren, dass die Vielfalt abdeckt und über einen längeren Zeitraum bestand hat.

### *Literatur*

Storch S. (2012) Forstpraxis und Wissenstransfer: Einflussfaktoren am Beispiel des Themas „Anpassung an den Klimawandel“ Forstarchiv 83, Heft 5, 170-182.

Raschke, J., Tils, R. (2007) Politische Strategieanalyse. Eine Grundlegung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

## **Anhänge**

## Anhang 1:

### Mitglieder der Lenkungsgruppe, Koordinatoren und wissenschaftliche Beiräte

<u>Sprecher/-innen</u>	<u>Koordinatoren/-innen</u>	<u>Wissenschaftlicher Beirat</u>
<b>KLIFF</b> Prof. Dr. Friedrich Beese  Forschungszentrum Waldökosysteme Georg-August-Univ. Göttingen	Dr. Stella Aspelmeier vorherige Koordinatorinnen: Dr. Maram Bader Dr. Sonja Otto	Prof. Dr. Ernst-Detlef Schulze MPI für Biogeochemie Jena
<b>QT1 - Klima: 5 TP</b> Prof. Dr. Daniela Jacob seit 01.02.2011 Abt. Klimasystem Climate Service Center (CSC)  vorheriger Sprecher: Prof. Dr. Gerrit Lohmann	Prof. Dr. Oleg Panferov seit 01.02.2011 Abt. Bioklimatologie Univ. Göttingen  vorheriger Koordinator Dr. Manfred Mudelsee	Prof. Dr. Friedrich-Wilhelm Gerstengarbe Climate Impacts & Vulnerabilities - Research Domain II Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK)
<b>QT2 - Raumplanung: keine TP</b> Prof. Dr.-Ing. Dietmar Scholich Akademie für Raumforschung und Landesplanung	Dipl. Ing. Jan Spiekermann  bis 2012 Dipl.-Geogr. Enke Franck	Prof. Dr. Stefan Greiving Institut für Raumplanung Technische Univ. Dortmund
<b>FT3 - Pflanzenproduktion: 26 TP</b> Prof. Dr. Andreas v.Tiedemann Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Fachgebiet für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz Georg-August-Univ. Göttingen	Dr. Peter Juroszek	Prof. Dr. Hans-Joachim Weigel Institut für Biodiversität Johann Heinrich von Thünen-Institut Bundesforschungsinstitut für Ländl. Räume, Wald und Fischerei
<b>FT4 - Tierproduktion: 9 TP</b> Prof. Dr. Dr. Matthias Gauly Forschungs- und Studienzentrum Landwirtschaft und Umwelt Georg-August-Univ. Göttingen	Dr. Martin Potthoff	Prof. Dr. Joachim Krieter Institut für Tierzucht und Tierhaltung Christian-Albrechts-Univ. Kiel
<b>FT5 - Forstwirtschaft und Waldlandschaft: 8 TP</b> Prof. Dr. Friedrich Beese Sektion Waldökosystemforschung, Georg-August-Universität Göttingen	Dipl. Biol. Claus Döring Dr. Gustav Wiedey	Prof. Dr. Ernst-Detlef Schulze MPI für Biogeochemie Jena

<b>FT6 - Binnengewässer: 13 TP</b> Prof. Dr.-Ing. Uwe Haberlandt Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaft- lichen Wasserbau Leibniz Universität Hannover	Dr. Markus Wallner  bis Ende 2012 Dr. Jörg Dietrich	Prof. Dr.-Ing. Axel Bronstert Institut für Geoökologie Universität Potsdam
<b>FT7 - Küste: 7 TP</b> Dr. Andreas Wurpts bis 2011 Dipl.-Ing. Hanz. D. Niemeyer Forschungsstelle Küste im Nie- dersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirt-schaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN-FSK)	Dipl.-Ing. Maike Kuhn	Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich C. E. Zanke Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft TU Darmstadt
<b>MWK</b> Dr. Martin Berger vorher Dr. Silke Bertram Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur Referat 11 – Forschungs- förderung		

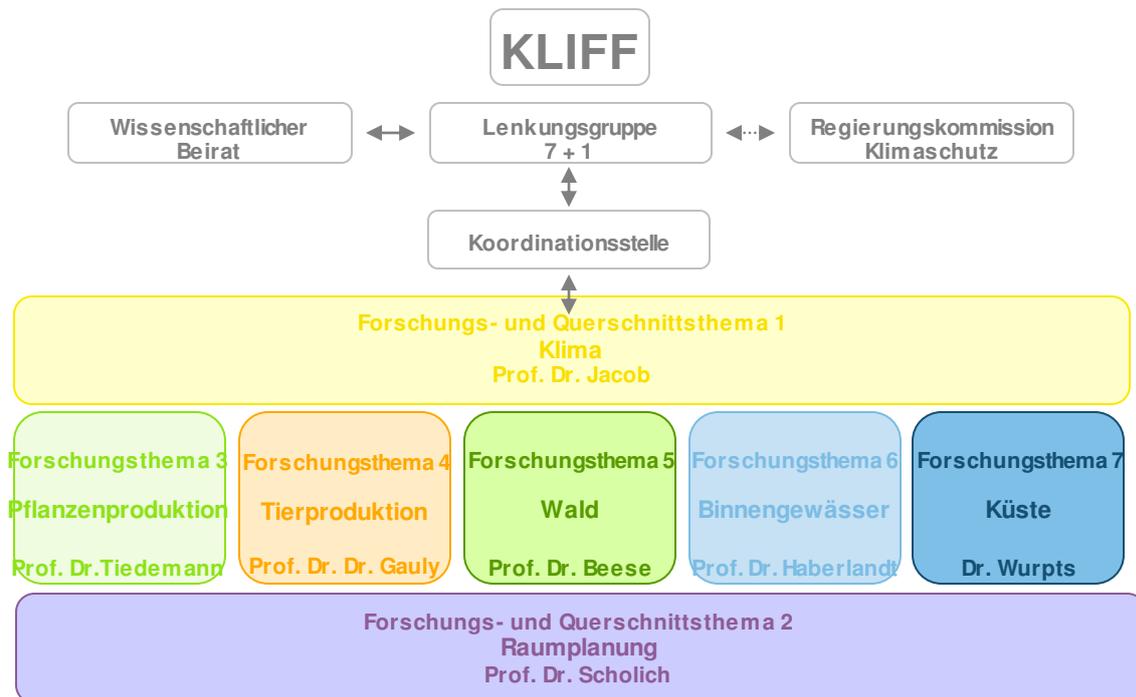


Abbildung 1: Organigramm des integrierten Forschungsprojektes KLIF – KLImaFolgenForschung in Niedersachsen

## Beteiligte Einrichtungen

### Fachhochschulen und Universitäten

Carl von Ossietzky-Universität Oldenburg

- Institut für Chemie und Biologie des Meeres (ICBM)
- Institut für Biologie und Umweltwissenschaften (IBU)

Christian-Albrechts-Universität Kiel

- Coastal Research Laboratory (CORELAB)

Fachhochschule Osnabrück

- Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur

Freie Universität Berlin

- Institut für Parasitologie und Tropenveterinärmedizin

Georg-August-Universität Göttingen

- Fakultät für Agrarwissenschaften, Department für Nutzpflanzenwissenschaften: Abteilungen Allgemeine Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz, Agrartechnik, Qualität pflanzlicher Erzeugnisse, Graslandwissenschaft
- Fakultät für Agrarwissenschaften, Department für Agrarökonomie und rurale Entwicklung
- Forschungs- und Studienzentrum Landwirtschaft und Umwelt
- Institut für Zuckerrübenforschung
- Fakultät für Agrarwissenschaften, Department Nutztierwissenschaften: Abteilungen Tierzucht und Haustiergenetik, Produktionssysteme der Nutztiere
- Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie: Abteilungen Ökopedologie der gemäßigten Zonen, Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Forstbotanik und Baumphysiologie, Forstzoologie und Waldschutz, Bioklimatologie
- Biologische Fakultät, Albrecht-von-Haller-Institut für Pflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenökologie und Ökosystemforschung
- Geowissenschaftliches Zentrum: Abteilung für Angewandte Geologie
- Hochschulrechenzentrum (GWDG)

Leibniz-Universität Hannover

- Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau (WAWI)
- Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz
- Biosystems Engineering
- Zentrum für Betriebswirtschaft und Gartenbau e.V.
- Institut für Umweltplanung
- Institut für Siedlungswasserwirtschaft

- Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen

Leuphana Universität Lüneburg

- Strategisches Management und Tourismusmanagement
- Institut für Umweltkommunikation (INFU)

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

- Klinik für Rinder, Physiologisches Institut

Technische Universität Braunschweig

- Leichtweiß-Institut für Wasserbau: Abteilung Hydrologie, Wasserwirtschaft und Gewässerschutz

Universität Kassel

- Ökologische Agrarwissenschaften

Universität Rostock

- Institut für Landnutzung, Abteilung Phytomedizin

#### Andere Einrichtungen

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Bremerhaven (AWI)

Akademie für Raumforschung und Landesplanung – Leibniz-Forum für Raumwissenschaften (ARL) Hannover

Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Julius-Kühn-Institut (JKI)

Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI): Institut für Biodiversität, Institut für Betriebswirtschaft

Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit Friedrich-Loeffler-Institut: Institut für Tierernährung

Climate Service Center Hamburg (CSC)

Deutscher Wetterdienst Braunschweig (DWD)

Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Zentrum für Material- und Küstenforschung

Max-Planck-Institut für Meteorologie Hamburg (MPI)

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Natur- und Küstenschutz (NLWKN): Betriebsstelle Hannover-Hildesheim, Forschungsstelle Küste (FSK)

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt: Abt. Waldwachstum

Prof. Hartung & Partner GmbH, Braunschweig

Region Hannover

Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP)

## **Anhang 2:**

### **Qualifizierungsarbeiten aus den KLIFF Querschnitts- und Forschungsthemen**

## **Übergreifende Arbeit**

### Laufende Dissertation

Ebermann V.: Analyse der Entwicklung einer Klimaanpassungsstrategie für Niedersachsen - A-CLIM. Leuphana Universität Lüneburg.

## **Querschnittsthema 1 – Klima**

### Abgeschlossene Dissertation

Merklein J.F. (2013) Modellierung turbulenter Strömungen mit Anwendungsfällen in der Bioklimatologie und Astrophysik. Georg-August-Universität Göttingen.

### Laufende Dissertation

Belli A.: An Großwetterlagen bedingte Niederschlagsmodellierung und statistisches Downscaling. Leibniz-Universität Hannover

## Forschungsthema 3 – Pflanzenproduktion

### Abgeschlossene Dissertationen

- Bornemann K. (2012) Charakterisierung von resistenzüberwindenden Isolaten des Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) in Zuckerrüben und Stabilität der Resistenz in Abhängigkeit von Umweltbedingungen. Dissertation, Fakultät für Agrarwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen (<http://ediss.uni-goettingen.de/handle/11858/00-1735-0000-001F-759C-D>).
- Döll K. (2013) Analysis of toxigenic fungi and their mycotoxins in biotic interactions. Dissertation, Fakultät für Agrarwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen.
- Hoffmann H. (2013) Abiotic impact of regional climate change on horticultural production. Dissertation, Naturwissenschaftliche Fakultät, Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover.
- Lukas S. (2013) Der Einfluss veränderter Wintertemperaturverläufe auf die mikrobielle C und N Nutzung aus Ernterückständen und die Überlebensrate pilzlicher Phytopathogene. Universität Kassel.
- Reinhardt A. (2014) Effect of climate change on population dynamics and damage potential of insect pests on oilseed rape. Universität Göttingen.
- Richerzhagen D. (2013) Untersuchungen zum Auftreten und der Interaktion von Zuckerrüben-Blattkrankheiten am Beispiel von Cercospora-Blattflecken (*Cercospora beticola*), Rübenmehltau (*Erysiphe betae*) und Rübenrost (*Uromyces betae*) unter dem Einfluss des Klimawandels. Dissertation, Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Leibniz Universität Hannover (IPP DI 182).
- Siebold M. (2012) Effects of rising air and soil temperatures on the life cycle of important pathogens in oilseed rape (*Brassica napus* L.) in Lower Saxony. Dissertation, Fakultät für Agrarwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen (<http://ediss.uni-goettingen.de/handle/11858/00-1735-0000-0015-9AB2-2>).
- Wilstermann A. (2012) A regional view of an impending invasion: western corn rootworm development in Northern Germany. Dissertation, Fakultät für Agrarwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen (<http://ediss.uni-goettingen.de/handle/11858/00-1735-0000-0018-0351-9>).

### Laufende Dissertationen

- Al Moalem R.: Der Einfluss des Klimawandels auf die Getreideblattlaus (Arbeitstitel). Universität Göttingen.
- Bacanovic J.: Occurrence of *Fusarium* species and *Ascochyta* complex pathogens in the crop rotation of winter pea – maize – winter wheat under variable climatic conditions in organic agriculture (Arbeitstitel). Universität Kassel.
- Behn A.: Einfluss eines möglichen Klimawandels auf den Befall von Zuckerrüben mit *Rhizoctonia solani* (Arbeitstitel). Universität Göttingen.
- Buttelmann N.: Auswirkungen extremer Witterungsbedingungen auf die Populationsdynamik der Getreideblattlaus (Arbeitstitel). Universität Göttingen.
- Edler B. (eingereicht November 2013) Weeds in a changing environment – responses to altered temperature and soil water potential in four soil types and relative future habitat suitability for potential distribution of three range-expanding weed species in northwest Germany. Universität Göttingen.
- Müller H.C.: Schaderreger in Weizen im Nacherntebereich (Arbeitstitel). Universität Göttingen.
- Peters K.: Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Unkrautarten in lokal bedeutsamen Ackerbaukulturen Universität Rostock.

- Söchtig C.: Ermittlung der Behandlungsparameter für physikalisch-termische Verfahren zur Hygienisierung von Getreide (Arbeitstitel). Universität Göttingen.
- Tölle-Nölting (2014) Plant protection in horticulture: Influence of climate change on the cabbage whitefly *Aleyrodes proletella*. Leibniz Universität Hannover.

#### Abgeschlossene Master- und Bachelorarbeiten

- Diesterheft J. (2012) Phenology of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medic.) populations in northern Germany. BSc-Arbeit, Fachgebiet Phytomedizin, Universität Rostock.
- Franke R. (2010) Untersuchungen zum Einfluss von Trockenstress auf Entwicklung und Wahlverhalten von *Sitobion avenae* auf *Triticum aestivum*. BSc-Arbeit, Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Leibniz Universität Hannover, IPP BSc 72.
- Hüweler L.A. (2012) Der Effekt von Wasserstress auf die Wirtspflanze Rosenkohl (*Brassica alaracae* var. *Gemmifera*) und die Populationsdynamik von Mehligiger Kohlblattlaus (*Brevicoryne brassicae*) und Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*). BSc-Arbeit, Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Leibniz Universität Hannover, IPP BSc 86.
- Mosch S. (2011) Untersuchungen zum Einfluss von Trockenstress auf die Getreideblattlaus *Sitobion avenae* und ausgewählte Gegenspieler. BSc-Arbeit, Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Leibniz Universität Hannover, IPP BSc 81.
- Mworia Kendi J. (2012) Effect of heat waves on the development of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* and their bacterial endosymbionts, IPP Int. MSc 36.
- Rosen A. (2012) Einfluss des Klimawandels auf die Entwicklung und das Wachstum von *Geranium pusillum* und *Geranium dissectum* in Rapsbeständen. BSc-Arbeit, Fachgebiet Phytomedizin, Universität Rostock.
- Schmidt J.H. (2010) Der Einfluss des Einsatzes eines suppressiven Kompostes auf den Befall von Wintererbsen mit Fußkrankheiten und den Grünmasseertrag. BSc-Arbeit, Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Universität Kassel.
- Wendt M.S. (2013) Anpassung intensiver Ackerbausysteme an geographisch, jährlich und zukünftig schwankende Klimabedingungen (meta-analytische Studie). MSc-Arbeit, Abteilung Allgemeine Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen.

## Forschungsthema 4 – Milchproduktion

### Abgeschlossene Dissertationen

- Brandt C. (2014) Untersuchungen zu saisonal, regional und klimatisch bedingten Unterschieden des Vorkommens von Weideparasitosen beim Milchvieh in Niedersachsen. Freie Universität Berlin.
- Knapp-Lawitzke F. (2014) Untersuchung von Überlebensparametern freilebender Parasitenpopulationen und möglicher genetischer Effekte von Anthelminthika-Behandlungen. Freie Universität Berlin.
- Küchenmeister F. (2013) Sustainable grassland herbage production under drought stress - the role of plant species number and functional group composition. Universität Göttingen. (<http://hdl.handle.net/11858/00-1735-0000-001D-C0F8-D>).
- Küchenmeister K. (2013) Performance of underutilized forage legumes as an alternative to *Trifolium repens* under drought stress: yield, water utilization and nutritive value. Dissertation Georg-August-Universität Göttingen: <http://hdl.handle.net/11858/00-1735-0000-001D-AF1E-0>.
- Lindig C. (2014) Auswirkungen klimawandelbedingter Sommertrockenheit auf ruminale Fermentationsparameter von Gräsern und Leguminosen sowie die mikrobielle Population im Pansen. Diss., Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Löhöfter M. (2013) Methods for estimation and nutritional influencing of thermoregulation and heat stress in dairy cows and sheep as well as impacts of changing climatic conditions on the feed value of maize silage. Diss. agr. Universität Halle-Wittenberg.
- Meibaum B.E. (2013) Untersuchungen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die ruminalen Fermentationsparameter von Maispflanzen sowie die Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaft in vitro. Diss., Tierärztliche Hochschule Hannover.
- Sanker C. (2013) Untersuchungen von klimatischen Einflüssen auf die Gesundheit und Milchleistung von Milchkühen in Niedersachsen. Universität Göttingen. <https://ediss.uni-goettingen.de/handle/11858/00-1735-0000-0001-BAEE-8>.

### Laufende Dissertationen

- Ammer S.: Effekte des Klimas auf Sekundärmerkmale bei Milchkühen (15.11.2011 bis voraussichtlich 31.12.2014), Universität Göttingen.
- Hoffstätter-Müncheberg M.: Futterproduktion auf Dauergrünland – Strategien zur Beherrschung zunehmender Variabilität der Klimafaktoren. Universität Göttingen.
- Gorniak T. (2014) Silage maize variety and heat stress – effects on nutritive value of maize silage and on digestion events and performance of ruminants. Diss. agr. Universität Bonn (zur Begutachtung eingereicht).
- Merten M.: Leguminosenbasierte Graslandwirtschaft als Beitrag zur Sicherung der Grundfütterzeugung. Universität Göttingen.

### Abgeschlossene Masterarbeiten

- Ammer S. (2011) Untersuchungen zum Melkverhalten und zur Milchleistung von Milchkühen an einem automatischen Melksystem in Abhängigkeit des Stallklimas. Universität Göttingen.
- Burau C. (2011) Einfluss von Temperatur und Temperatur-Feuchtigkeits-Index auf das Melkverhalten von Milchkühen am AMS. Universität Göttingen.
- Coenen D. (2013) Untersuchungen zu den Effekten eines evaporativen Kühlsystems auf Stallklima und Leistung bei Milchkühen. Universität Göttingen.

- Döring L. (2012) Wasserstress und Wurzelwachstum bei Futterleguminosen. MSc-Arbeit, Universität Göttingen.
- Ebeling D. (2013) Effects of drought stress on the morphology of different turf grass species. Universität Göttingen.
- Hoffstätter-Müncheberg M. (2012) Drought stress and feeding value of sown grasslands in a mesocosm experiment - implications for standard gross margins. Universität Göttingen.
- Rüchel F. (2014) Einfluss des Stallklimas auf den Besamungserfolg und die Ökonomie beim Milchvieh. Universität Göttingen.
- Wallon T. (2012) Untersuchung des Stallklimas in vier unterschiedlichen Haltungssystemen in Niedersachsen. Universität Göttingen.
- Zimmeck C. (2011) Untersuchung der Behandlungsfrequenz in Milchviehbetrieben. Universität Göttingen.

#### Abgeschlossene Bachelor-Arbeiten

- Alswede C. (2009) Der Einfluss von Temperatur und Temperaturindizes auf die Produktionsmerkmale beim Holsteinrind. Universität Göttingen.
- Broistedt K. (2009) Hitzestress im Milchviehstall. Universität Göttingen.
- Bureau C. (2011) Einfluss Temperatur und THI auf das Melkverhalten von Milchkühen am AMS. Universität Göttingen.
- Burchardt S. (2012) Einfluss des Stallklimas auf das Verhalten von Milchkühen – Vergleich einer Holstein Friesian Herde unter Einsatz von Kühlsystemen der Marke Mastercool®. Universität Göttingen.
- Dach M. (2011) Einfluss von Trockenstress auf die oberirdische Biomasseproduktion von verschiedenen Leguminosen in Rein- und Mischbestand mit *Lolium perenne*. BSc-Arbeit Universität Göttingen.
- Denecke B. (2010) Einfluss von Trockenstress während des Primäraufwuchses auf Produktivität und Qualität der Folgeaufwüchse unterschiedlich diverser Grasnarben. Universität Göttingen.
- Ewigmann A.-M. (2013) Einfluss des Stallklimas auf die Tiergesundheit bei Milchkühen. Universität Göttingen.
- Gauckler L. (2009) Einfluss von Trockenstress auf die isotopische Kohlenstoffsignatur von Grünlandaufwüchsen bei unterschiedlicher botanischer Diversität und Stickstoffdüngung. Universität Göttingen.
- Giesecke D. (2010) Betriebswirtschaftliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Milchproduktion in Deutschland, Bachelorarbeit. Universität Göttingen.
- Hampe M. (2010) Beziehung zwischen Temperatur – Feuchte Index (THI) und Produktionsmerkmale in der Milchviehhaltung. Universität Göttingen.
- Homma H. (2010) Licht – Bedeutung in der Milchviehhaltung. Universität Göttingen.
- Köhler J. (2013) Regrowth of turf grass species following a drought stress period. Universität Göttingen.
- Kroos A.T. (2010) Bewegungsintensität in Milchviehställen in Abhängigkeit des Stallklimas. Universität Göttingen.
- Lind S. (2009) Einfluss von Temperaturindizes auf Testtagsergebnisse der monatlichen Milchkontrolle beim Holsteinrind. Universität Göttingen.
- Schmitz C. (2009) Klimaparameter und ihre Auswirkungen auf funktionale Merkmale bei der Rasse Holstein-Friesian. Universität Göttingen.
- Steep E (2010) Einfluss von Trockenstress auf die Ertragsbildung von Grünlandaufwüchsen bei unterschiedlicher botanischer Diversität und Stickstoffdüngung

- Ewigmann A.-M. (2013) Einfluss des Stallklimas auf die Tiergesundheit bei Milchkühen. Universität Göttingen.
- Steilen M. (2011) Effekte der Ventilation auf Verhalten und Leistung von Milchkühen. Universität Göttingen.
- Wirsig A (2011) Auswirkungen von Trockenstress und botanischer Diversität auf die isotopische Kohlenstoffsignatur von Grünlandpflanzen. Universität Göttingen.
- Wolf F. (2009) Wie viel Licht braucht die Kuh? Lichtverhältnisse im Boxenlaufstall. Universität Göttingen.

## Forschungsthema 5 – Wald und Waldlandschaften

### Abgeschlossene Dissertationen

- Kirmair L. (2013) Der Klimawandel und die Veränderung der Touristenströme: das Beispiel Spanien. (Strategisches Management; No. 157). Hamburg: Verlag Dr. Kovač. Leuphana Universität Lüneburg.
- Müller M. (2014) A candidate gene-based association study to investigate potentially adaptive genetic variation in European beech (*Fagus sylvatica* L.). Georg-August-Universität Göttingen.
- Overbeck M. (2013) Analyse biotischer und abiotischer Risiken unter Aspekten des Klimawandels, ihre Berücksichtigung in waldbaulichen Strategien und deren mögliche Auswirkungen auf die Struktur der Wälder im niedersächsischen Harz. Georg-August-Universität Göttingen.
- Seifert S. (2012) Variation of candidate genes related to climate change in European beech (*Fagus sylvatica* L.). Georg-August-Universität Göttingen.

### Laufende Dissertationen

- Hertwig R.: Auswirkungen des Klimawandels auf das Vorkommen von Pflanzenarten und die sich daraus ergebenden Konsequenzen für den Naturschutz am Beispiel des Naturraums Harz. Doktorarbeit am Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover.
- Knutzen F.: Short term and long term physiological drought responses of young and mature European beech trees. Promotion an der Biologischen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen.
- Kotzur A. (2014). Zahlungsbereitschaft bei nachhaltigen Urlaubsreisen. Leuphana Universität Lüneburg.
- Müller-Haubold H.: Climate response of above- and belowground productivity and allocation in European beech. Promotion an der Biologischen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen.
- Nguyen Ngoc Quynh: Anatomical, physiological and molecular responses of European beech (*Fagus sylvatica* L.) to drought, ongoing thesis, defense planned for spring 2015. Georg-August-Universität Göttingen.
- Rachow C.: VOC-basierte Früherkennung zur Abwehr von Schaderregern an Buche (*Fagus sylvatica* L.). Georg-August-Universität Göttingen.
- Sybertz J.: Einflüsse des Klimawandels auf Vogellebensgemeinschaften und Anpassungsmöglichkeiten für den Naturschutz am Beispiel des Naturraums Lüneburger Heide. Doktorarbeit am Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover.

### Abgeschlossene Diplom- und Masterarbeiten

- Albert O. (2009) Naturnähe und Klimastabilität im Wald – Vergleich und Synthese von naturnahem und klimastabilem Waldbau. Diplomarbeit am Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover.
- Fieseler K. (2010) Do the habitat preferences of night active Lepidoptera species vary due to changing climatic conditions? Masterarbeit, Georg-August-Universität Göttingen.
- Hofmann R. (2010) Entwicklung des Waldbrandrisikos im Harz - Einfluss der zu erwartenden örtlichen Klima- und Waldentwicklung auf das Waldbrandrisiko im sachsen-anhaltischen Teil des Harzes. Diplomarbeit am Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover.

- Petersen K. (2010) Modellierung des Wasserhaushalts von Buchenwäldern entlang eines Niederschlagsgradienten im norddeutschen Tiefland. Masterarbeit, Georg-August-Universität Göttingen.
- Post K.-C. (2011) Tiefenverteilung der Feinwurzeln auf zwei Buchenstandorten im pleistozänen Tiefland. Masterarbeit, Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, Georg-August-Universität Göttingen.
- Weiss B. (2010) Die radiale Diffusion rotkernspezifischer Substanzen durch das Holz von *Fagus sylvatica* L. Masterarbeit, Georg-August-Universität Göttingen.

#### Abgeschlossene Bachelorarbeiten

- Bloch B.S. (2012) Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf die Verbreitung von Amphibien und Reptilien im Naturraum Lüneburger Heide. Bachelorarbeit am Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover.
- Bode K., Ehrenberg V., Kritzinger D., Krüger S., Lange-Kabitz C., & Zürner R. (2011) Auswirkungen von Klimaänderungen auf stark gefährdete und vom Aussterben bedrohte Pflanzenarten im Naturraum Harz und Lüneburger Heide – Muss und kann der Naturschutz etwas tun? Bachelorprojekt am Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover.
- Dämmer J. (2012) Die Aufgabe mikrobiell induzierter VOCs in der Interaktion von pathogenen Mikroorganismen und Pflanzen. Georg-August-Universität Göttingen.
- Enge S. (2010) Hydraulische Leitfähigkeit von Buchenaltbeständen entlang eines Niederschlagsgradienten in der Heide. Bachelorarbeit an der Biologischen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen.
- Göbel M. (2012), VOC-Messungen von Trockenstress-induzierten Buchensprösslingen (*Fagus sylvatica*) aus dem Calvörder Bestand. Georg-August-Universität Göttingen.
- Guzy J. (2013) Genexpression der Buche unter Trockenstress. Georg-August-Universität Göttingen.
- Hentschel F. (2012) Blattmorphologische Untersuchungen an der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.) entlang eines Umweltgradienten. Georg-August-Universität Göttingen.
- Hüfner R. (2009) Kalibrierung der Matrixpotentialsonde Mps1 un Schluff. Abteilung Ökopedologie der gemässigten Zonen, Büsgen-Institut der Georg-August-Universität Göttingen.
- Knauer C. (2011) Blattmorphologische Untersuchungen zur Anpassung an Trockenstress bei der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.). Georg-August-Universität Göttingen.
- Michaelis F. (2012) Coleoptera und Lepidoptera an *Fagus sylvatica* unter Berücksichtigung des Klimawandels. Georg-August-Universität Göttingen.
- Rachow C.: VOC-basierte Früherkennung zur Abwehr von Schaderregern an Buche (*Fagus sylvatica* L.). Georg-August-Universität Göttingen.
- Rattay J.C. (2012) Anatomie der Holzbildung in einem Trockenstressgradienten. Georg-August-Universität Göttingen.
- Walkenbach A. (2012) Die olfaktorische Reaktion des Buchenstreckfuß (*Callitera pudibunda*) auf Stammvolatile der Buche (*Fagus sylvatica*). Georg-August-Universität Göttingen.
- Zinnemann P. (2012) Herkunft organischer Volatile aus Holz. Georg-August-Universität Göttingen.

## **Forschungsthema 6 – Binnengewässer**

### Abgeschlossene Dissertationen

- Förster K. (2013) Detaillierte Nachbildung von Schneeprozessen in der hydrologischen Modellierung. Dissertation TU Braunschweig, [http://digisrv-1.biblio.etc.tu-bs.de:8080/docportal/receive/DocPortal\\_document\\_00052554](http://digisrv-1.biblio.etc.tu-bs.de:8080/docportal/receive/DocPortal_document_00052554).
- Gocht M. (2013) Optimierter Betrieb eines Talsperrenverbundsystems mit Anpassung an den Klimawandel. Doktorarbeit, Technische Universität Braunschweig.
- van der Heijden S. (2013) Fuzzyregelbasierte Metamodellierung von Nitrattransport für großskalige Entscheidungsunterstützung. Doktorarbeit, Leibniz Universität Hannover, <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01dh13/755684141.pdf>.
- Wallner M. (2014) Räumlicher und zeitlicher Transfer von hydrologischen Modellparametern und deren Anwendung in der Klimafolgenforschung. Dissertation, Leibniz Universität Hannover.

### Laufende Dissertationen

- Stein K.: Langzeitkontinuumssimulation der Wasserqualität von Fließgewässern unter Berücksichtigung einer jahreszeitlich variablen Beschattung durch Ufervegetation und dynamischer Vegetationsperioden. TU Braunschweig.

### Abgeschlossene Master- und Diplomarbeiten

- Adhikari D. (2012) Capability of snow melt routines of catchment models to simulate extreme winter stream flows. Masterarbeit, Leibniz Universität Hannover.
- Ayes Rivera I. (2012) Effect of climate change on the seasonality of runoff in the Upper Fuhse catchment. Masterarbeit, Leibniz Universität Hannover.
- Fangmann A. (2012) Time series analysis for drought and low flow indicators in Lower Saxony. Masterarbeit, Leibniz Universität Hannover.
- Isa M. A. (2011) Climate change scenario modelling – a catchment scale flow model. Masterarbeit, Georg-August-Universität Göttingen.
- Ryan N.T. (2012) Influence of a changing climate on hillslope processes: catchment scale flow model (Böhme catchment). Masterarbeit, Georg-August-Universität Göttingen.
- Samad S. (2013) Adaption of irrigation schemes under climate change. A model based case study for the Fuhse/ Wietze area in Lower Saxony. Masterarbeit, Leibniz Universität Hannover.
- Wallner M. (2009) Evaluierung von regionalen Klimadatensätzen für wasserwirtschaftliche Prognosen im Aller-Leine-Einzugsgebiet. Masterarbeit, Leibniz Universität Hannover.
- Yogendran Y. (2012) Optimale Auswahl von Gebietseigenschaften für die Regionalisierung hydrologischer Modellparameter. Diplomarbeit, Leibniz Universität Hannover.

### Abgeschlossene Bachelorarbeiten

- Rospunt T. (2013) Klassifikation von Extremabflüssen; Beobachtung vs. Klimamodell. Bachelorarbeit, Leibniz Universität Hannover.
- Salomon J. (2013) Klassifizierung von Klimajahren und Anwendung zur in-stationären Parameterschätzung für ein hydrologisches Modell. Bachelorarbeit, Leibniz Universität Hannover.

## **Forschungsthema 7 – Küste**

### Abgeschlossene Dissertation

Grashorn S. (2013) Wave-current interaction in coastal areas. Ph.D. thesis, Carl-von-Ossietzky University of Oldenburg.

### Laufende Dissertation

Zorndt A. (2014) Impacts of Climate Change on Hydrodynamic Conditions and Salinity of the Weser Estuary, Dissertation, Franzius-Institut für Wasserbau, Universität Hannover. Eingereicht.

### Abgeschlossene Diplom- und Masterarbeiten

Gelleszun M. (2010) Nachbildung von Prozessen des Bodenwasserhaushalts mit Hilfe künstlicher neuronaler Netze. Masterarbeit, Technische Universität Braunschweig.

Hoffmann V. (2013) Werden durch den Klimawandel hervorgerufene Veränderungen des Binnenwasserabflusses sich langfristig auf Hydrodynamik und Salzgehalte im Weserästuar auswirken? Diplomarbeit, Leibniz Universität Hannover.

Jordan C. (2013) Tidedynamik in der Nordsee und der Deutschen Bucht – Modellierung und Sensitivitätsanalyse gegenüber Meeresspiegeländerungen. Diplomarbeit, Leibniz Universität Hannover.

Lojek O. (2012) Testing of a 3D coupled wave-current model on unstructured meshes. Masterarbeit, Leibniz Universität Hannover.

Wang H. (2012) Set-up and calibration of a tidal model of the North Sea. Masterarbeit, Leibniz Universität Hannover.

Yang J. (2010) Saltwater Intrusion and Flood Processes in Coastal Areas: Numerical Model Development and Application for Langen, Bremerhaven. Masterarbeit, Universität Göttingen.

### Abgeschlossene Bachelorarbeiten

Dack L. (2013) Übertragung von Modellparametern in Gebiete ohne Pegelmessung zur Simulation des Wasserhaushalts in niedersächsischen Einzugsgebieten. Bachelorarbeit, Technische Universität Braunschweig.

Heinrich J. (2011) Anwendung, Validierung und Weiterentwicklung eines Grundwassermoduls für die Niederschlags-Abfluss-Simulation in Flussgebieten mit Tideeinfluss. Bachelorarbeit, Technische Universität Braunschweig.

Klein L. (2011) Zweite Deichlinien als Klimaänderungs- /Anpassungsoptionen für Niedersachsen? – Klärungsbedarf aus Sicht der Entscheidungsträger des regionalen Küstenschutzes als Grundlage für eine Strategiediskussion. Bachelorarbeit, Leuphana Universität Lüneburg.

Marten F. (2012) Jugendliche und Küstenschutz – Umfragegestützte Entwicklung von Kriterien für eine zielgruppenspezifische Kommunikation durch verantwortliche Institutionen des Küstenschutzes. Bachelorarbeit, Leuphana Universität Lüneburg.

Rehbein C. (2011) Approximation der Grundwasserneubildung in niedersächsischen Einzugsgebieten anhand empirischer und numerischer Verfahren. Bachelorarbeit, Technische Universität Braunschweig.

Themer C. (2014) Untersuchung des Einflusses der Litoralfächen des Wattenmeeres auf die Entwicklung der Tidedynamik in der Deutschen Bucht im Falle eines Anstiegs des mittlere

ren Meeresspiegels mit Hilfe numerischer Simulation, Bachelorarbeit, Franzius-Institut für Wasserbau, Universität Hannover.

Weichert S. (2011) Sensitivitätsanalyse von Modellparametern zur Simulation des Bodenwasserhaushalts in niedersächsischen Einzugsgebieten. Bachelorarbeit, Technische Universität Braunschweig.

Willert M. (2010) Umsetzung der Thematik Küstenschutz an niedersächsischen Schulen. Bachelorarbeit, Leuphana Universität Lüneburg.

## Querschnittsthema 2 – Raumplanung

### Abgeschlossene Qualifizierungsarbeiten (Diplom, Master, Bachelor)

- Behnken K. (2012) Klimawandel als Handlungsfeld der Regionalplanung. Eine sektorale Vulnerabilitätsanalyse im Landkreis Wesermarsch vor dem Hintergrund einer regionalen Anpassungsstrategie. Masterarbeit am Institut für Umweltplanung der Leibniz Universität Hannover.
- Eremina V. (2012) Klimawandel in der Region Hannover. Regionale Vulnerabilitätsanalyse der Handlungsfelder Siedlungsentwicklung, Stadtplanung und Binnenhochwasser. Diplomarbeit am Institut für Umweltplanung der Leibniz Universität Hannover.
- Hellmich M. (2012) Klimawandel als Aufgabe der Regionalplanung - Sektorale Vulnerabilitätsanalysen im Landkreis Celle vor dem Hintergrund regionaler Anpassungsstrategien. Masterarbeit am Institut für Umweltplanung der Leibniz Universität Hannover.
- Lemburg S. (2011) Meeresspiegelanstieg und Entwässerung am Beispiel des Entwässerungsverbandes Emden. Bachelorarbeit am Institut für Biologie und Umweltwissenschaften der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.
- Schwalfenberg Steffen (2014) Area-oriented coastal protection – A theoretical and stakeholder based analysis of possible synergies and obstacles on the German North-Sea coast. Masterarbeit am Institut für Biologie und Umweltwissenschaften der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.
- Wiegand T. (2010) Synergien und Konflikte zwischen Klimaschutz und Klimaanpassung in der Regionalplanung – am Beispiel der Region Hannover. Diplomarbeit am Institut für Wirtschafts- und Kulturgeographie der Leibniz Universität Hannover.

### Laufende Dissertationen

- Franck E.: Regionalplanung als integrative Schlüsselfunktion bei der strategischen Anpassung an den Klimawandel in Niedersachsen.
- Spiekermann J.: Ausgestaltung und Steuerung einer resilienten Raumentwicklung in der niedersächsischen Küstenregion vor dem Hintergrund des Klimawandels. Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.

## **Anhang 3**

### **Veröffentlichungen aus den KLIFF Querschnitts- und Forschungsthemen und der Gesamtkoordination**

## Querschnittsthema 1 – Klima

### Wissenschaftliche Artikel (peer-reviewed)

- Ahrends B., Penne C., Panferov O. (2010) Impact of target diameter harvesting on spatial and temporal pattern of drought risk in forest ecosystems under climate change conditions. *The Open Geography Journal* 3: 91-102.
- Berg P., Moseley C., Haerter J.O. (2013) Strong increase in convective precipitation in response to higher temperatures. *Nature Geoscience*, 6, 181–185, doi:10.1038/ngeo1731.
- Haberlandt U., Belli A., Bárdossy A. (2014) Statistical downscaling of precipitation using a stochastic rainfall model conditioned on circulation patterns - an evaluation of assumptions. *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.3989.
- Haberlandt U., Belli A., Bárdossy A. (2011) Eignung von Großwetterlagen als Prämisse für das statistische Niederschlagsdownscaling. *Tag der Hydrologie in Wien, Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, Heft 30.11, pp. 136-143.
- Haberlandt U., Belli A., Hölscher J. (2010) Trends in beobachteten Zeitreihen von Temperatur und Niederschlag in Niedersachsen. *Hydrologie & Wasserbewirtschaftung*, 54(1): 28-36.
- Haberlandt U., Ebner von Eschenbach A.-D., Buchwald I. (2008) A space-time hybrid hourly rainfall model for derived flood frequency analysis. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 12: 1353-1367.
- Haberlandt U., Hundecha Y., Pahlow M., Schumann A. (2011) Rainfall generators for application in flood studies. In: Schumann, A. (Ed.), *Flood Risk Assessment and Management*. Springer, pp. 117-147.
- Haerter J. O., Hagemann S., Moseley C., Piani C. (2011) Statistical bias correction of global simulated daily precipitation and temperature for the application of hydrological models. *Journal of Hydrology*. 395: 199-215.
- Jacob D., Petersen J., Eggert B., Alias A., Christensen O.B., Bouwer L., Braun A., Colette A., Déqué M., Georgievski G., Georgopoulou E., Gobiet A., Menut L., Nikulin G., Haensler A., Hempelmann N., Jones C., Keuler K., Kovats S., Kröner N., Kotlarski S., Kriegsmann A., Martin E., Meijgaard E., Moseley C., Pfeifer S., Preuschmann S., Radermacher C., Radtke K., Rechid D., Rounsevell M., Samuelsson P., Somot S., Soussana J.-F., Teichmann C., Valentini R., Vautard R., Weber B., Yiou P. (2013) EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Changes*. Online first. DOI: 10.1007/s10113-013-0499-2.
- Jacob D., Bülow K., Kotova L., Moseley C., Petersen J., Rechid D. (2012) Regionale Klima-projektionen für Europa und Deutschland: Ensemble Simulationen für die Klimafolgenforschung. *CSC Report 6*, Climate Service Center Hamburg, ISSN 2192-4058.
- Mudelsee M. (2010) *Climate Time Series Analysis: Classical Statistical and Bootstrap Methods*. Springer, Dordrecht, 474 pp.
- Panferov O., Sogachev A., Ahrends B. (2010a) Changes of forest stands vulnerability to future wind damage resulting from different management methods. *The Open Geogr. Journal* 3: 80-90.
- Panferov O., Doering C., Rauch E., Sogachev A., Ahrends B. (2009) Feedbacks of windthrow for Norway spruce and Scots pine stands under changing climate. *Environ. Res. Lett*, 4.
- Radler K., Oltchev A., Panferov O., Klinck U., Gravenhorst G. (2010) Radiation and temperature responses to a small clear-cut in a spruce forest. *The Open Geography Journal*, 3: 103-114.
- Sogachev A., Panferov O., Ahrends B., Doering C., Jørgensen H.E. (2011) Influence of abrupt forest structure changes on CO<sub>2</sub> fluxes and flux footprints. *Agr For Met* 151:746–754.
- Tölle M.H., Moseley C., Panferov O., Busch G., Knohl A. (2013) Water supply patterns in two agricultural areas of Central Germany under climate change conditions. *Biogeosciences*,

10, 2959-2972.

Weisse R., von Storch H., Niemeyer H-D., Knaak H. (2012) Ocean and Coastal Management 68: 58-68.

#### Wissenschaftliche Artikel (nicht peer-reviewed) und Beiträge zum Transfer

Moseley C., Panferov O., Döring C., Dietrich J., Haberlandt U., Ebermann V., Rechid D., Beese F., Jacob D. (2012) In: Empfehlung für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Regierungskommission Klimaschutz: Kapitel 4 Klima.

Mudelsee M., Chirila D., Deutschländer T., Döring C., Haerter J.O., Hagemann S., Hoffmann H., Jacob D., Krahe P., Lohmann G., Moseley C., Nilson E., Panferov O., Rath T., Tinz B., (2010) Climate Model Bias Correction und die Deutsche Anpassungsstrategie. Mitteilungen DMG, 3: 2–7.

Panferov O., Sogachev A., Doering C., Ahrends B. (2009b) Dynamics of windthrow risk in different forest ecosystems for 21st century (SRES A1B, B1). In: Mayer H. and Schinler D. (Eds), Proc 2ndIntConf "Wind Effects on Trees" Ber Met Inst Freiburg 19: 119-126.

#### Wissenschaftliche Präsentationen

Ahrends B., Jansen M., Panferov O. (2009) Effects of windthrow on drought risk in spruce and pine forest ecosystems under climate change conditions. 2ndIntConf "Wind Effects Trees" Freiburg.

Braden J., Panferov O., Döring C. (2013) Indikatoren für kombinierte Wald-Risiken im Klimawandel, Analyse von REMO und CLM-Daten. KLIFF-Tagung „Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien“, Göttingen, 2. – 3. September 2013.

Hagemann S., Härter J., Moseley C., Rechid D., Piani C. (2010) A statistical bias correction of precipitation and temperature to enhance simulations of the current and future hydrological cycle. Mündliche Präsentation, KLIFF-Workshop "Biaskorrekturen", 2010, Hannover.

Jacob D., Rechid D., Kotova L., Podzun R., Keienburg T., Ludewig K., Jensen K., Stöfen H., Gao H., Schneider W., Urban B., Schmelmer K., v. Haaren M., Schulz E., Tetzlaff B., Wendland F., Scheurer W., Meyer-Grünefeldt M., Friedrich U., von Oheimb G., Härdtle W. (2010) Teilprojektübergreifende Zusammenarbeit bei der Entwicklung von Anpassungsmaßnahmen der Landwirtschaft an sommerliche Trockenheit. Poster Präsentation, KLIMZUG-NORD Jahrestagung 2010, Hamburg.

Merklein J., Panferov O. (2011) 3D-Modelling of the destructive effects of windstorms on spatially complex forests. EGU Geophys Res Abstr EGU: 2011-12632.

Merklein J.; Braden J., Döring C., Panferov O. (2013) Ermittlung des künftigen Sturmrisikos für Waldökosysteme im Solling, Niedersachsen. KLIFF-Tagung „Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien“, Göttingen, 2. – 3. September 2013.

Moseley C., Panferov O., Döring C., Rechid D., Jacob D. (2013) Umgang mit Bandbreiten in Klimadaten und Klimafolgenforschung. Mündliche Präsentation, KLIFF Conference 2013 in Göttingen.

Moseley C., Ahrends B., Döring C., Panferov O. (2011) Uncertainties in regional climate scenarios data and their effect on results of impact models in forestry. Poster-Präsentation auf der Jahrestagung der European Geosciences Union, 03.-08.04.2011, Wien.

Moseley C., Jacob D., Rechid D., Hagemann S., Haerter J. (2010) Biaskorrigierte Datensätze für Deutschland im Rahmen von KLIFF. Vortrag im Rahmen eines CSC-Workshops am 22.6./23.6.2010 in Offenbach/DWD, und eines KLIMZUG-NORD Workshops am 27.10.2010 in Hamburg-Harburg.

Mudelsee M., Chirila D., Lohmann G. (2010) Estimating Changes in Extreme Climate in Europe: Selected Methodical Aspects. Continents under Climate Change, Berlin, Germany, April 2010 (Posterpräsentation).

- Mudelsee M. (2010) Climate Risk and Climate Change. International Workshop „Recent Achievements in the Study of Extreme Events“, Potsdam, September 2010 (eingeladener Vortrag)
- Mudelsee M. (2010) Climate Time Series and Risk Analysis. Workshop „Extremes in Weather and Climate“, Bonn, Juni 2010.
- Panferov O., Rechid D. (2013) Decision-making under uncertainty - Climate vs. non-climate driven sensitivity of climate impact studies. Special Science Session, ECCA, 1st European Climate Change and Adaptation Conference 2013, Hamburg, Germany.
- Panferov O., Merklein J., Döring C., Knohl A. (2012) Uncertainties of forest risks assessment under climate change. TOURS 2012. International conference: Tackling climate change: the contribution of forest scientific knowledge. Tours (Frankreich), 21. – 24. Mai 2012.
- Panferov O., Mudelsee M., Döring C., Moseley C., Jacob D., Lohmann G. (2011) Climate change projections for Lower Saxony, Germany, in the 21st century. Geoph. Res. Abs. EGU: 2011-14020.
- Panferov O., Döring C., Moseley C., Ahrends B. (2010) Implementation of regional climate scenarios data for the evaluation of biotic and abiotic forest risks in 21st century. AGU: GC41H-05.
- Panferov O., Merklein J., Sogachev J., Junghaus U., Ahrends B. (2010) Dynamics of combined forest damage risks for 21st century (SRES A1B, B1). Geoph Res Abstr 12: EGU2010-14304.
- Panferov O., Ahrends B., Junghaus U., Ovchinnikova N., Knohl A., Olchev A., Sogachev A. (2010) (eingeladener Vortrag) Effects and feedbacks of natural and anthropogenic structure changes in boreal forest ecosystems. XXIII IUFRO World Congress, Frontiers in Forest and Tree Health, G-07:Impacts of interacting disturbances on forest health in the boreal zone, S00261.
- Panferov O., Doering C., Merklein J, Sogachev A., Ahrends B. (2009) Trends of abiotic damage in forest ecosystems in Germany at regional scale under SRES A1B, B1,. Toulouse, EMS Annual Meeting Abstracts, 6: EMS2009-445.
- Panferov O., Sogachev A., Doering C., Ahrends B. (2009) Dynamics of windthrow risk in different forest ecosystems for 21st century (SRES A1B, B1). 2nd International Conference Wind Effects on Trees Freiburg.
- Panferov O., Döring C., Moseley C., Ahrends B. (2010) Implementation of regional climate scenarios data for the evaluation of abiotic forest risks in 21st century. Vortrag auf der Jahrestagung der American Geophysical Union, 13.-17.12.2010, San Francisco, USA.
- Rechid D., Jacob D., Podzun R. (2010) Zur Bandbreite regionaler Klimasimulationen für Europa und Deutschland in Analyse und Anwendung. Poster Präsentation, DACH Meteorologentagung, September 2010, Bonn.
- Wallner M., Dietrich J., Belli A., Verworn A., Haberlandt U. (2010) Evaluierung von WETTREG und REMO für Niederschlag und Temperatur im Aller-Leine-Einzugsgebiet. Tag der Hydrologie in Braunschweig, Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 29.10, Poster auf CD.
- Weidemann H, Grabemann I, Weisse R. (2010) Statistical regionalized storm surge scenarios for the German North Sea coast. International Storm Surge Congress, Hamburg, Germany, 13.-17.09.2010.

#### Vorträge für Akteure

- Jacob D., Rechid D., Petersen J. (2014) "Was sagen uns die regionalen Klimamodelle über die künftige Klimaentwicklung in den mittel- und norddeutschen Trockenregionen und welche Auswirkungen sind zu erwarten?" Konferenz Mittel- und norddeutsche Trockenregionen im Klimawandel – Herausforderung für die Landnutzung, Vortrag, Leipzig, 02.04.-03.04.2014.

- Jacob, D. (2014) Der Klimawandel in Niedersachsen. Vortrag bei der Schülertagung „Der Klimawandel in Niedersachsen“. Evangelische Akademie Loccum, 7. Bis 9.7.2014.
- Jacob D. (2014) "Die Kernbotschaften der IPCC-AG 2 „Folgen, Anpassung, Verwundbarkeit". Vortrag, Konferenz Mittel- und norddeutsche Trockenregionen im Klimawandel – Herausforderung für die Landnutzung. Leipzig, 02.04.-03.04.2014.
- Jacob D. (2014) „Zwischen Bandbreitenmodellen und stabilen Trends – erwartete Klimaänderungen“. Vortrag, Climate Service Center Jahrestagung, Potsdam, 12.02. - 13.02. 2014.
- Jacob D. (2012) "Stand der Klimaforschung – vom globalen zum regionalen Klima". Vortrag, Zweite Regionalkonferenz Küstenländer, Bremerhaven, 08.11. bis 09.11.2012.
- Jacob D. (2011) "Zukünftige Auswirkungen des Klimawandels auf die norddeutsche Küstenregion: Worte zur Methodik". Vortrag, Regionalkonferenz der norddeutschen Küstenländer, Hamburg, 30./31. März 2011.
- Jacob D. (2011) „2 Grad globale Erwärmung: Was bedeutet das für unser Klima?“ Vortrag, Climate Service Center Jahrestagung, Leipzig, 20.01.-21. 01. 2011.
- Jacob D. (2010) „Konvektive Extremereignisse – eine Herausforderung für die regionale Klimamodellierung “. Workshop „Klimafolgenforschung zur Beurteilung der Auswirkungen von konvektiven Extremwetterereignissen auf die Schadenlast in Deutschland“, Hamburg, 14.01.2010.
- Jacob D. (2010) „Wann wird’s mal wieder richtig Sommer oder ist dies ein normaler Winter“. Vorlesung, Senioren-Universität der HAW, Hamburg, 21.01.2010.
- Jacob D. (2010) „Meteorologische Forschung zu Extremwetterereignissen – eine Herausforderung für die regionale Klimamodellierung“. Workshop „Extremwetterereignisse und Ertragsausfälle in der Landwirtschaft“ Hamburg, 12.04.2010.
- Jacob D. (2010) „Klimaforschung: Stand und konkrete Relevanz “. IMEA 7, Hamburger Feuerkasse, Vortrag, Hamburg, 28.05.2010.
- Jacob D. (2010) „Global climate change with regional consequences: challenges for adaptation“. Vortrag, CES-Conference on Future Climate and Renewable Energy: Impacts, Risks and Adaptation, Oslo, 31.05.2010.
- Jacob D. (2010) „Regionale Klimamodellensembles und die Nutzung ihrer Ergebnisse“. DWD-Workshop: Umgang mit Klimaprojektionen, Offenbach, 22.06.2010.
- Jacob D. (2010) „Regionale Klimamodelle und Aussagen zu Extremwerten (europäische Projekte)“. Vortrag, UBA Anpassungskonferenz, Dessau-Roßlau, 02.09.2010.
- Jacob D. (2010) „Klimafolgen und Energielandschaften (MPI)“. Vortrag, ENERGIE-LANDSCHAFTEN!? - Fallen oder Chancen für ländliche Räume, 31. Bundestagung der Deutschen Landeskulturgesellschaft DLKG, Husum, 29.09.2010.
- Jacob D. (2009) „Auswertung des Klimawandel in der Region – Klimaeffekte bis 2100“. Vortrag, NordWest2050 Auftaktveranstaltung, Bremen 19.8. 2009.
- Moseley C., Rechid D., Pfeifer S., Bülow K., Petersen J., Jacob D. (2011) "Regionale Klimaveränderungen in Deutschland“. Vortrag, Getreidehandelstag Deutscher Bauernverband, Burg Warberg , 21. - 22. 06. 2011.
- Teichmann C., Moseley C., Rechid D., Petersen J., Jacob D. (2011) "Klimawandel und Auswirkungen und Herausforderungen für die Land- und Forstwirtschaft", Tagung „Alien in der Land(wirt)schaft - Neue Schädlinge, neue Sorten“. Loccum, 01.11.2011.

### Forschungsthema 3 – Pflanzenproduktion

#### Wissenschaftliche Artikel (peer-reviewed)

- Bornemann K., Varrelmann M. (2013) Effect of sugar beet genotype on the Beet necrotic yellow vein virus P25 pathogenicity factor and evidence for a fitness penalty in resistance-breaking strains. *Molecular Plant Pathology* 14, 356-364.
- Bornemann K., Varrelmann M. (2011) Analysis of the resistance breaking ability of different beet necrotic yellow vein virus isolates loaded to a single *Polymyxa betae* population in soil. *Phytopathology* 101, 718-724.
- Hoffmann H., Rath T. (2013) Future bloom and blossom frost risk for *Malus domestica* considering climate model and impact model uncertainties. *PLOS ONE* 8, e75033, 13 pp.
- Hoffmann H., Rath T. (2012) Meteorologically consistent bias correction of climate time series for agricultural models. *Theoretical and Applied Climatology* 110, 129-141.
- Hoffmann H., Rath T. (2012) High resolved simulation of climate change impact on greenhouse energy consumption in Germany. *European Journal of Horticultural Science* 77, 241-248.
- Juroszek P., Tiedemann A. von (2013) Plant pathogens, insect pests and weeds in a changing global climate: a review of approaches, challenges, research gaps, key studies, and concepts. *Journal of Agricultural Science* 151, 163-188.
- Juroszek P., Tiedemann A. von (2013) Climate change and potential future risks through wheat diseases: a review. *European Journal of Plant Pathology* 136, 21-33.
- Juroszek P., Tiedemann A. von (2013) Climatic changes and the potential future importance of maize diseases: a short review. *Journal of Plant Diseases and Protection* 120, 49-56.
- Juroszek P., Tiedemann A. von (2011) Potential strategies and future requirements for plant disease management under a changing climate. *Plant Pathology* 60, 100-112.
- Lukas S., Potthoff M., Dyckmans J., Joergensen R.G. (2013) Microbial use of <sup>15</sup>N-labelled maize residues affected by winter temperature scenarios. *Soil Biology & Biochemistry* 65, 22-32.
- Nutz S., Döll K., Karlovsky P. (2011) Determination of the LOQ in real-time PCR by receiver operating characteristic curve analysis: application to qPCR assays for *Fusarium verticillioides* and *F. proliferatum*. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 401, 717-726.
- Peters K., Gerowitt B. (2014) Response of the two rare arable weed species *Lithospermum arvense* and *Scandix pecten-veneris* to climate change conditions. *Plant Ecol* 215(6): 1-11.
- Richerzhagen D., Racca P., Zeuner T., Kuhn C., Falke K., Kleinhenz B., Hau B. (2011) Impact of climate change on the temporal and regional occurrence of *Cercospora* leaf spot in Lower Saxony. *Journal of Plant Diseases and Protection* 118, 168-177.
- Siebold M., Tiedemann A. von (2013) Effects of experimental warming on fungal disease progress in oilseed rape. *Global Change Biology* 19, 1736-1747.
- Siebold M., Tiedemann A. von (2012) Potential effects of global warming on oilseed rape pathogens in Northern Germany. *Fungal Ecology* 5, 62-72.
- Siebold M., Tiedemann A. von (2012) Application of a robust experimental method to study soil warming effects on oilseed rape. *Agricultural and Forest Meteorology* 164, 20-28.
- Steinmann H.-H., Dobers E.S. (2013) Spatio-temporal analysis of crop rotations and crop sequence patterns in Northern Germany: potential implications on plant health and crop protection. *Journal of Plant Diseases and Protection* 120, 85-94.
- Wilstermann A., Vidal S. (2013) Western corn rootworm egg hatch and larval development under constant and varying temperatures. *Journal of Pest Science* 86, 419-428.

### Im Rahmen von Konferenzen erschiene Artikel (peer-reviewed)

- Behn A., Ladewig E., Manthey R., Varrelmann M. (2011) Resistenzprüfung von Zuckerrübensorten gegenüber *Rhizoctonia solani*. Sonderheft 10. Göttinger Zuckerrüben Tagung. Sugar Industry 136, 31-39.
- Bornemann K., Thiel H. (2011) Faktoren der Stabilität von Rizomaniaresistenz in Zuckerrüben. Sonderheft 10. Göttinger Zuckerrüben Tagung. Sugar Industry 136, 21-30.
- Duncker C., Fricke A., Rath T., Hoffmann H. (2012) Dynamic modelling of water stress for *Lactuca sativa* L. var. *capitata*. Acta Horticulturae (accepted).
- Edler B., Steinmann H-H (2012) Untersuchungen zu Auflauf und Etablierung von *Iva xanthiifolia* Nutt. unter veränderten Umweltbedingungen in Norddeutschland. Julius-Kühn-Archiv 434, 587-594.
- Emmann C.H., Theuvsen L. (2011) Evaluierung IT-gestützter Betriebsmodelle zur Abbildung einzelbetrieblicher Anpassungsstrategien an den Klimawandel auf typischen Ackerbaubetrieben. In: Clasen M., Schätzel O., Theuvsen B. (Hrsg.): Qualität und Effizienz durch informationsgestützte Landwirtschaft, Fokus: Moderne Weinwirtschaft. 31. GIL-Tagung, Oppenheim, pp. 69–72.
- Hoffmann H., Langner F., Rath T. (2012) Simulating the influence of climatic warming on future spring frost risk in northern German fruit production. Acta Horticulturae 957, 289-296.
- Hoffmann H., Rath T. (2011) Verwendbarkeit simulierter Klimazeitreihen für Pflanzenwachstumsmodelle. DGG-Proceedings, Vol. 1, No. 2, pp. 1-5. DOI: 10.5288/dgg-pr-01-02-hh-2011.
- Hoffmann H., Rath T. (2009) Überregionale Simulationen zum zukünftigen Energieverbrauch von Gewächshäusern unter Berücksichtigung von IPCC-Szenarien. Erschienen in: Anforderungen an die Agrarinformatik durch Globalisierung und Klimaveränderung. 29. Jahrestagung GIL, Band 21, pp. 61-64. ISBN 978-3-88579-236-9. Teilweise Vorstudie.
- Peters K., Gerowitt B. (2012) Wie könnte der Klimawandel das Zusammenspiel von Unkräutern und Feldfrüchten verändern? Julius-Kühn-Archiv 434, 35-42.
- Schmidt J.H., Butz A.F., Bruns C., Finckh M.R. (2011) Effekte von Kompostapplikationen auf Fußkrankheiten und Grünmasseertrag von Wintererbsen. Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau (Band 1 des Tagungsbandes), pp. 209-212.
- Westerman P., Diesterheft J., Gerowitt B. (2012) Phenology of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medic.) populations grown in Northern Germany. Julius-Kühn-Archiv 434, 595-600.

### Wissenschaftliche Vorträge und Poster

#### *Vorträge*

- Behn A., Varrelmann M. (2012) Identification of *Rhizoctonia solani* resistance related genes in sugar beet. IIRB joint study group meeting "Genetics & Breeding", Aarberg, Switzerland, 20-21 September 2012, oral presentation.
- Behn A., Varrelmann M. (2012) Identifizierung von *Rhizoctonia solani* induzierten und Resistenz-spezifischen Genen in der Zuckerrübe. DPG Arbeitskreis "Mykologie" und "Wirt-Parasit-Beziehungen", Hohenheim, 22.-23. März 2012, Vortrag.
- Behn A., Varrelmann M. (2011) Identification of *Rhizoctonia solani* induced and resistance specific genes in sugar beet via suppression subtractive hybridization. Joint Meeting IIRB Study Groups 'Pests & Diseases' and 'Seed Quality & Testing', Bury St Edmunds, UK, 08-09 September 2011, oral presentation.
- Bornemann K., Varrelmann M. (2012) Occurrence of resistance-breaking strains of Beet necrotic yellow vein virus in sugar beet in Northern Europe and the identification of a new variant of the viral pathogenicity factor. International Advances in Plant Virology, Dublin, Ireland, 28-30 March 2012, oral presentation.
- Bornemann K., Varrelmann M. (2012) Analyse der Variabilität der pathogenitätsbestimmen-

- den P25-Tetrade des Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) mittels "deep sequencing" - Konkurrenz von Varianten in Abhängigkeit von Resistenzeigenschaften. 44. Jahrestagung des DPG-AK "Viruskrankheiten der Pflanzen", Quedlinburg, 08.-09. März 2012, Vortrag.
- Bornemann K., Hanse B., Varrelmann M., Stevens M. (2012) Auftreten von resistenzüberwindenden Isolaten des Beet necrotic yellow vein virus in Zuckerrüben in Nordeuropa und die Identifizierung einer neuen Zusammensetzung des viralen Pathogenitätsfaktors P25. 44. Jahrestagung des DPG-AK "Viruskrankheiten der Pflanzen", Quedlinburg, 08.-09. März 2012, Vortrag.
- Bornemann K., Varrelmann M. (2011) Analysis of the resistance breaking ability of different beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) isolates loaded to a single *Polymyxa betae* population in soil. IIRB joint study group meeting 'Pests & Diseases' and 'Seed Quality & Testing', Broom's Barn, Rothamsted, Great Britain, 07- 09 September, oral presentation.
- Bornemann K., Varrelmann M. (2011) Analysis of the resistance-breaking ability of different beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) isolates loaded to a single *Polymyxa betae* population in soil. 8th Symposium of the International Working Group of Plant Viruses with 'Fungal' Vectors, 06-08 July 2011, Louvain-la-Neuve, Belgium, oral presentation.
- Bornemann K., Varrelmann M. (2010) Beladung von *Polymyxa betae* mit verschiedenen Isolaten des Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) und Analyse der resistenzüberwindenden Eigenschaften. 42. Jahrestagung des DPG-AK Viruskrankheiten der Pflanzen, Göttingen, 11.-12. März 2010, Vortrag.
- Bornemann K., Varrelmann M. (2010) Variability of BNYVV in soils after growing sugar beet hybrids with different resistance traits. IIRB BNYVV variability meeting. Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen, 15 January 2010, oral presentation.
- Dircks C., Behn A., Varrelmann M. (2011) Optimization of sugar beet *Rhizoctonia solani* resistance test in field trials by irrigation and fleece cover. 36th biennial meeting of American Society of Sugar Beet Technologists, Albuquerque, NM, USA, 2-5 March 2011, oral presentation.
- Duncker C., Fricke A., Rath T., Hoffmann H. (2012) Dynamic modelling of water stress for *Lactuca sativa* L. var. capitata. Symposium on Horticultural Science, Angers, France, 04 July 2012, oral presentation.
- Emmann C.H., Theuvsen L. (2011) Evaluierung IT-gestützter Betriebsmodelle zur Abbildung einzelbetrieblicher Anpassungsstrategien an den Klimawandel auf typischen Ackerbaubetrieben. 31. GIL-Jahrestagung, 24.-25. Februar 2011, Oppenheim, Vortrag. In: Clasen M., Schätzel O., Theuvsen B. (Hrsg.): Qualität und Effizienz durch informationsgestützte Landwirtschaft, Fokus: Moderne Weinwirtschaft. Bonn, pp. 69–72.
- Gebauer K., Hemerik L., Meyhöfer R. (2013) Effects of climate change on the mealy cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*): is there a need of adaptation strategies in plant protection? Entomologentagung 2013, Göttingen.
- Gerowitt B. (2012) Pflanzliche Erzeugung im Klimawandel: Auswirkungen und Anpassungen aus Sicht des Pflanzenschutzes. Wissenschaftliche Tagung zum Thema Klimawandel und Extremwetterereignisse: ein Problem für die Landwirtschaft? Dachverband Agrarforschung (DAF), 7.-8. November 2012, Braunschweig, eingeladener Vortrag.
- Hoffmann H., Rath T. (2013) Abschätzung zukünftiger Klimawandelfolgen im Gartenbau. 48. Gartenbauwissenschaftliche Tagung, Bonn, 27. Februar - 02. März 2013, Vortrag. Abstract: BHGL-Schriftenreihe Band 29, pp. 48.
- Hoffmann H., Rath T. (2011) Verwendbarkeit simulierter Klimazeitreihen für Pflanzenwachstumsmodelle. 47. Jahrestagung DGG, Hannover, 23.-26. Februar 2011, Vortrag. Abstract: BHGL-Schriftenreihe 28, p. 32. Artikel: DGG-Proceedings, Vol. 1, No. 2, pp. 1-5. DOI: 10.5288/dgg-pr-01-02-hh-2011.
- Hoffmann H., Rath T. (2009) Überregionale Simulationen zum zukünftigen Energieverbrauch von Gewächshäusern unter Berücksichtigung von IPCC-Szenarien. 29. Jahrestagung GIL, Rostock, 09.-10. März 2009, Vortrag. Artikel: 29. Jahrestagung GIL, Band 21, pp. 61-64. ISBN 978-3-88579-236-9. Teilweise Vorstudie.

- Hoffmann H., Rath T. (2009) Zukünftiger Energieverbrauch bundesdeutscher Gewächshäuser unter Berücksichtigung unterschiedlicher Klimaszenarien. 45. Jahrestagung DGG in Berlin, 25.-28. Februar 2009, Vortrag. Abstract: BHGL-Schriftenreihe 26, p. 60. Teilweise Vorstudie.
- Juroszek P., Tiedemann A. von (2011) Welche Auswirkungen könnte der prognostizierte Klimawandel auf Weizenkrankheiten haben? 24. Tagung der DPG-Projektgruppe Krankheiten im Getreide, Julius-Kühn-Institut, Braunschweig, 31. Januar - 01. Februar 2011, Vortrag. Abstract: Journal für Kulturpflanzen 63, Heft 6, p. 187.
- Lukas S., Abbas S.J., Karlovsky P., Potthoff M., Joergensen R.G. (2012) Nutzung pflanzlicher Rückstände und Überlebensrate bodenbürtiger Schaderregerpilze bei veränderten Wintertemperaturverläufen. Tagung Kommission III der DBG – Bodenbiologie und Bodenökologie, Schloss Hohenheim, Stuttgart, 20.-21. September 2012, Vortrag.
- Lukas S., Joergensen R.G., Potthoff M. (2011) Klima- und bodenabhängige Nutzung von Ernteresiduen durch Mikroorganismen. Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Berlin, 03.-09. September 2011, Vortrag.
- Lukas S., Potthoff M., Joergensen R.G. (2010) Auswirkungen des Klimawandels auf Mikroorganismen und Streuumsatzraten im Boden. 5. Workshop der DBG „Stabile Isotope in der Bodenkunde“, Göttingen, 27.-28. September 2010, Vortrag. Abstract: Workshop Booklet, pp. 5-6.
- Lukas S., Potthoff M., Joergensen R.G. (2010) Auswirkungen des Klimawandels auf Mikroorganismen und Streuumsatzraten im Boden. Workshop Kommission III der DBG – Organismische Interaktionen im Boden, Kloster Frauenchiemsee, 30. September - 01. Oktober 2010, Vortrag.
- Reinhardt A., Ulber B. (2012) Befallsdynamik des Großen Rapsstängelrüsslers (*Ceutorhynchus napi* Gyl.) an früh- und spätblühenden Rapsorten. DPG Arbeitsgruppe Raps, Braunschweig, 29. Februar 2012, Vortrag.
- Siebold M., Tiedemann A. von (2011) Potential effects of global warming on oilseed rape pathogens in Northern Germany. IOBC-ICOC Working Group Meeting, Göttingen, Germany, 4-6 October 2011, oral presentation.
- Siebold M., Tiedemann A. von (2011) Effects of soil warming on three soil and plant debris borne fungal pathogens of oilseed rape. XVI Congress of European Mycologists, Chalkidiki, Greece, 19th - 23th September 2011, oral presentation. Abstract: Book of Abstracts, XVI Congress of European Mycologists, Chalkidiki, Greece, p.102.
- Siebold M., Tiedemann A. von (2011) Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf Raps-pathogene in Deutschland. Sitzung der DPG-Projektgruppe Raps, Julius Kühn-Institut, Braunschweig, 22. Februar 2011, Vortrag.
- Siebold M. (2011) Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf *Phoma lingam* und andere Raps-pathogene. Rapool Fachtagungen, Lensahn und Uelzen, 24.-25. Januar 2011, Vortrag.
- Steinmann H.-H. (2012) Aktuelle Fruchtfolgen im niedersächsischen Ackerbau: Auswirkungen auf Pflanzengesundheit und Pflanzenschutz. Kolloquium Phytomedizin, Georg-August-Universität Göttingen, 28. November 2012, Vortrag.
- Steinmann H.-H. (2011) Fruchtfolgen, Anbaumuster und Fruchtartenkombinationen in Norddeutschland - dargestellt anhand flächenscharfer Nutzungsdaten. 54. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Kiel, 27.-29. September 2011, Vortrag. Abstract: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 23, pp. 114-115.
- Tiedemann A. von, Siebold M., Knüfer J., Wulf T., Koopmann B. (2011) Disease control in oilseed rape – future challenges through high intensity production and climate change. 13th International Rapeseed Congress, Prague, Czech Republic, 5-9 June 2011, plenary lecture.
- Tiedemann A. von, Evans N., Gladders P., Fitt B. (2009) Altered distribution and life cycles of major pathogens in Europe. 3rd International Symposium "Plant Protection and Plant Health in Europe", Berlin, 14-15 May 2009, oral presentation.

- Tiedemann A. von, Evans N., Gladders P., Fitt B. (2009) Climate change in Europe: altered life cycles and spread of major pathogens in oilseed rape. GCIRC Technical Meeting, Delhi, India, 2-4 February 2009, oral presentation.
- Tölle-Nolting C., Meyhöfer R., Poehling H.-M. (2011) Influence of repeated heat-waves on the whitefly *Aleyrodes proletella*. 4th European Whitefly Symposium, Rehovot, Israel, 11-16 September 2011, oral presentation.
- Tölle-Nolting C., Meyhöfer R., Poehling H.-M. (2011) Einfluss kurzzeitiger Hitzewellen auf die Kohlmottenschildlaus *Aleyrodes protella*. DGaaE-Tagung, Berlin, 21.-24. März 2011, Vortrag. Abstract: DGaaE-Abstracts 2011, p. 187.
- Tölle-Nolting C., Meyhöfer R., Poehling H.-M. (2010) Influence of climate change on insects and natural pest in horticulture. 28. Annual Meeting of the Working Group "Beneficial Arthropods and Entomopathogenic Nematodes", Ellerhoop, Germany, 24-25 November 2009, oral presentation. Abstract: Journal of Plant Diseases and Protection 117, p. 90.
- Tölle-Nolting C., Meyhöfer R., Poehling H.-M. (2010) Plant protection in horticulture under a changing climate: Prospective impacts on pest species and natural enemies. Conference "Continents Under Climate Change", 21.-23. April 2010 in Berlin. Potsdam Institute For Climate Impact Research (PIK). Abstract: PIK Report 115, p. 135.
- Vandenbossche B., Niere B., Vidal S. (2011) Influence of temperature on the population development of beet cyst nematodes and sugar beet growth parameters. DPG-Arbeitskreis Nematologie, Wageningen, The Netherlands, 15-16 March 2011, oral presentation.
- Vandenbossche B., Niere B., Vidal S. (2010) Population development of beet cyst nematodes and their damage potential to sugar beets under different temperature regimes. Young Scientists Meeting, 23-25 November 2010, JKI, Quedlinburg, Germany. Abstract: Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 157, p. 47.
- Wilstermann A., Vidal S. (2011) Climate change impact on Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) hatching and larval development in Northern Germany. DGaaE-Tagung, Berlin, 21.-24. März 2011, Vortrag. Abstract: Abstractband DGaaE 2011, p. 62.

#### Poster:

- Al-Moahlem R., Poehling H.-M. (2011) Impact of high temperature periods on the development, survival and reproduction of wheat aphid *Sitobion avenae* (Fabricius) (Hemiptera: Aphididae). Deutsche Entomologentagung (DGaaE), Berlin, 21.-24. März 2011, Poster. Abstract: Abstractband DGaaE 2011, p. 238.
- Behn A., Varrelmann M. (2010) Identifizierung von *Rhizoctonia solani* induzierten und resistenz-spezifischen Genen in Zuckerrübe mittels „Suppressiver Subtraktiver Hybridisierung“. Jahrestreffen des Arbeitskreises Wirt-Parasit-Beziehungen, München, 24.-25. März 2011, Poster.
- Bornemann K., Varrelmann M. (2011) Stabilität der Rizomania-Resistenz in Abhängigkeit von Umweltbedingungen. 43. Jahrestagung des DPG-AK "Viruskrankheiten der Pflanzen", Braunschweig, 31. März - 01. April 2011, Poster.
- Bornemann K., Varrelmann M. (2010) Analysis of the resistance breaking ability of different beet necrotic yellow vein virus isolates loaded to a single *Polymyxa betae* population in soil. International Advances in Plant Virology, Arnheim, The Netherlands, 5-7 September 2010, poster presentation.
- Bornemann K., Varrelmann M. (2009) The variability of Beet necrotic yellow vein virus P25 pathogenicity factor previously allocated to geographically distinct isolates can be retrieved in single representative A- and B-type soils. 5th joint meeting of the DPG working group „Viruskrankheiten der Pflanzen“ and the "Nederlandse Kring voor Plantevirologie", Hamburg, Germany, 08-09 April 2009, poster presentation.
- Buttelmann N., Al Moaalem R., Poehling H.-M. (2011) Impact of short term high temperature and drought periods on grain aphid *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae) and its

- natural enemies. The 59th Annual Meeting of the Entomological Society of America, Reno, Nevada, USA, 13-16 November, virtual poster.
- Dircks C., Behn A., Varrelmann M. (2011) Optimierung der Rhizoctonia-Resistenzprüfung von Zuckerrüben im Feld. DPG Arbeitskreis "Mykologie" und "Wirt-Parasit-Beziehungen". Freising, 24.-25. März 2011, Poster.
- Hoffmann H., Rath T. (2012) Regional climate change impact on future energy consumption of greenhouses. International Conference of Agricultural Engineering, Valencia, Spain, 08-12 July 2012. Abstract Nr. P0846.
- Hoffmann H., Rath T. (2011) New meteorologically consistent bias correction of simulated time series for multidimensional plant models. United Nations Environment Programme (UNEP) International Student Conference on Environment and Sustainability, Tongji University, Shanghai, China, 5-8 June 2011, poster presented.
- Juroszek P., Tiedemann A. von (2012) Climate change and potential future risks through plant diseases with focus on wheat. Top Science BASF Symposium 2012 on Plant Stress Responses, BASF SE Crop Protection, Limburgerhof, Germany, 14.-16. November 2012, Poster. Abstract: Symposium Booklet, pp. 25-26.
- Juroszek P., Siebold M., Tiedemann A. von (2009) Klimafolgenforschung in der Pflanzenproduktion. 52. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Halle/Saale, 02.-03. September 2009, Poster. Abstract: *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 21, pp. 169-170 in der elektronischen Version.
- Lukas S., Abbas S.J., Karlovsky P., Potthoff M., Joergensen R.G. (2012) Survival of soil-borne plant pathogens on infected crop residues at changing winter climate temperatures. Organic Matter Conference, Cranfield University, England, 18 July 2012, poster presentation.
- Lukas S., Dyckmans J., Potthoff M., Joergensen R.G. (2012) Impact of winter climate change and soil properties on soil microorganisms and decomposition of plant residues. 4th International Congress EUROSOL, Bari, Italy, 2-6 July 2012, poster presentation. Abstract: EUROSOL Proceedings 2012, pp. 2113.
- Lukas S., Potthoff M., Joergensen R.G. (2010) Auswirkungen simulierter Winterklimaverläufe auf die mikrobielle Biomasse und den Abbau von maisbürtigem C und N im Boden. Assoziiertes Mitglied im DFG-Graduiertenkolleg 1397 zur Evaluation des DFG – Graduiertenkolleg "Steuerung des Humus- und Nährstoffhaushalts in der Ökologischen Landwirtschaft" (2006-2015), Poster.
- Siebold M., Tiedemann A. von (2013) Effects of experimental warming on the colonization of oilseed rape with *Verticillium longisporum*. 11th International Verticillium Symposium, Göttingen, Germany, 5-8 May 2013, poster presentation. Abstract: 11th International Verticillium Symposium, DPG Spectrum Phytomedizin, DPG-Verlag, Braunschweig, p. 136.
- Siebold M., Tiedemann A. von (2010) Effects of global warming on different life cycle stages of oilseed rape pathogens in Germany - a meta-analytical approach. 9th International Mycological Congress, Edinburgh, UK, 1-6 August 2010, poster presentation.
- Tölle-Nolting C., Meyhöfer R., Poehling H.-M. (2010) Plant protection in horticulture under a changing climate: Prospective impacts on pest species and natural enemies. Conference "Continents Under Climate Change", Berlin, 21-23 April 2010, poster presentation. Potsdam Institute For Climate Impact Research (PIK). Abstract: PIK Report 115, p. 135.
- Vandenbossche B., Niere B., Vidal S. (2011) Influence of temperature on hatch of beet cyst nematodes (*Heterodera schachtii* and *Heterodera betae*). 4. Young Scientists Meeting, Julius Kühn-Institute, Quedlinburg, 29 November - 1 December 2011, poster presentation.
- Wilstermann A., Vidal S. (2011) Western Corn Rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) development under constant and varying temperature regimes. 24. IWGO-Conference, 24-26 October 2011, Freiburg, Germany, poster. Abstract: Proceeding 24th IWGO Conference & 3rd International Conference of Diabrotica Genetics, poster 22.

### Veröffentlichungen in praxisorientierten Zeitungen und Zeitschriften für Akteure (Transfer)

- Behn A., Bornemann K., Varrelmann M. (2011) Werden Rübenkrankheiten aggressiver? DLZ Agrarmagazin, Ausgabe 3/2011, 78-81.
- Juroszek P., Tiedemann A. von (2013) Müssen wir mit mehr Krankheiten im Mais rechnen? Mögliche Folgen des Klimawandels sind schwer vorherzusagen. Mais, Ausgabe 4/2013, 169-171.
- Mudelsee M., Chirila D., Deutschländer T., Döring C., Haerter J., Hagemann S., Hoffmann H., Jacob D., Krahé P., Lohmann G., Moseley C., Nilson E., Panferov O., Rath T., Tinz B. (2010) Climate Model Bias Correction und die Deutsche Anpassungsstrategie. Mitteilungen DMG 3, pp. 2-7. ISSN 0177-8501.
- Peters K., Gerowitt B. (2011) Auswirkungen des Klimawandels auf die Unkrautarten im Raps. Raps, Ausgabe 3/2011, 8-10.
- Reinhardt A., Ulber B. (2011) Gelegenheit macht Schäden – Einfluss des Klimawandels auf Rapsschädlinge. DLZ Agrarmagazin, Ausgabe 4/2011, 158-160.
- Richerzhagen D., Racca P., Hau B., Juroszek P., Tiedemann A. von (2013) Mehr Roste, weniger Mehltau. DLG-Mitteilungen, Ausgabe 3/2013, 64-66.
- Richerzhagen D., Racca P., Kleinhenz B. (2013) Künftig nicht mehr Mehltau. DLG-Mitteilungen, Ausgabe 4/2013, 70-71.
- Siebold M., Tiedemann A. von (2013) Profitieren Pilzkrankheiten im Raps vom Klimawandel? Raps, Ausgabe 2/2013, 23-26.
- Siebold M., Tiedemann A. von (2011) Klima puscht Krankheitsdruck. DLZ Agrarmagazin, Ausgabe 1/ 2011, 138-140.
- Siebold M., Tiedemann A. von (2011) Erhöhter Krankheitsdruck im Raps durch Klimawandel? Raps, Ausgabe 2/2011, 8-10.
- Siebold M., Reinhardt A., Ulber B., Tiedemann A. von (2013) Bei Wärme sind Schädlinge aktiver. Land & Forst, Ausgabe 17/2013, 23-25.
- Vidal S. (2011) Mais ist ihre Liebesspeise. DLZ Agrarmagazin, Ausgabe 5/2011, 142-144.

### Vorträge und Poster vor Wissenschaftlern und Akteuren (Wissenschaftlicher Austausch und Transfer)

Für 'KLIFF Pflanzenproduktion' mit dem Fokus Pflanzenschutz ist vor allem die Deutsche Pflanzenschutztagung mit mehr als 1000 Teilnehmern von herausragender Bedeutung, um den Transfer der Ergebnisse in Wissenschaft (z.B. Universitäten, Fachhochschulen), Behörde (z.B. Landwirtschaftsämter, Bundesforschungsanstalten, Ministerien) und Industrie (z.B. chemischer Pflanzenschutz, Züchtung) voranzutreiben, weil sich dort alle zwei Jahre sämtliche Interessensvertreter im Bereich Pflanzenschutz treffen und fachlich austauschen. Über die Zielgruppe Behörden wird indirekt auch die Zielgruppe Politiker erreicht, da die Politiker bei ihren Entscheidungen normalerweise vorher die Experten von Behörden konsultieren (z. B. die Experten des JKI Bundesforschungsinstituts für Kulturpflanzen). Das JKI ist der Hauptveranstalter der Deutschen Pflanzenschutztagung und somit immer mit sehr vielen Experten anwesend.

#### *Deutsche Pflanzenschutztagung 2010 - Vorträge*

- Peters K., Edler B., Steinmann H.-H., Gerowitt B. (2010) Unkräuter unter zukünftigem Klima. Wie beeinflusst der Klimawandel die Unkrautflora? 57. Deutsche Pflanzenschutztagung, Berlin, 06.-09. September 2010, Vortrag. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 428, pp. 331-332.
- Siebold M., Juroszek P., Tiedemann A. von (2010) Potentielle Auswirkungen des Klimawandels auf Rapspathogene in Deutschland. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung, Berlin, 06.-09. September 2010, Vortrag. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 428, pp. 98-99.

- Steinmann H.-H., Hartmann H. (2010) Fruchtfolgen mit Energiepflanzen – Ergebnisse einer Umfrage auf Praxisbetrieben. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung, Berlin, 06.-09. September 2010, Vortrag. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 428, p. 67.
- Tölle-Nolting C., Meyhöfer R., Poehling H.-M. (2010) Pflanzenschutz im Gartenbau unter einem sich änderndem Klima: Mögliche Einflüsse auf Schädlinge und deren natürliche Feinde. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung, Berlin, 06.-09. September 2010, Vortrag. Abstract: Julius-Kühn Archiv 428, pp. 148-149.
- Wilstermann A., Vidal S. (2010) Auswirkungen des Klimawandels auf den Schlupf und die Larvalentwicklung des Westlichen Maiswurzelbohrers (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) in Norddeutschland. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung, Berlin, 06.-09. September 2010, Vortrag. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 428, pp. 187-188.

#### *Deutsche Pflanzenschutztagung 2010 - Poster*

- Behn A., Varrelmann M. (2010) Etablierung von Suppressiver Subtraktiver Hybridisierung (SSH) zur Isolation und Identifizierung von Resistenz spezifischen und *Rhizoctonia solani* induzierten Genen in Zuckerrüben. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung, Berlin, 06.-09. September 2010, Poster. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 428, p. 413.
- Bornemann K., Varrelmann M. (2010) Beladung von *Polymyxa betae* mit verschiedenen Isolatentypen des Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) und Analyse der resistenzüberwindenden Eigenschaften. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung, Berlin, 06.-09. September 2010, Poster. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 428, p. 335.
- Heibertshausen D.S., Racca P., Zeuner T., Kleinhenz B., Hau B. (2010) Risikoanalysen ausgewählter Schaderreger an Mais und Raps auf Basis regionaler Klimaprojektionen für Niedersachsen. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung, Berlin, 06.-09. September 2010, Poster. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 428, p. 429.
- Juroszek P., Siebold M., Tiedemann A. von (2010) KLIFF „Pflanzenproduktion“ – Klimafolgenforschung im Pflanzenschutz. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung, Berlin, 06.-09. September 2010, Poster. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 428, p. 429.
- Richerzhagen D., Heibertshausen D., Racca P., Zeuner T., Kleinhenz B., Hau B. (2010) Einsatz regionaler Klimaprojektionen zur Untersuchung des Auftretens von Blattkrankheiten an Zuckerrüben. 57. Deutsche Pflanzenschutztagung, Berlin, 06.-09. September 2010, Poster. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 428, pp. 429-430.

#### *Deutsche Pflanzenschutztagung 2012 - Vorträge*

- Bacanovic J., Bruns C., Butz A.F., Schmidt J.H., Finckh M.R. (2012) Effects of compost application on pathogens in the crop rotation winter pea - maize - winter wheat under variable climatic conditions in organic agriculture. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 10.-14. September 2012, Vortrag. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp. 133-134.
- Behn A., Varrelmann M. (2012) Einfluss eines möglichen Klimawandels auf den Befall von Zuckerrüben mit der Späten Rübenfäule. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 10.-14. September 2012, Vortrag. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp. 133.
- Bornemann K., Varrelmann M. (2012) Einfluss von Umweltfaktoren und pflanzlicher Resistenz auf die Rizomaniarresistenz in Zuckerrüben. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 10.-14. September 2012, Vortrag. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp. 132-133.
- Bruns C., Werren D., Schmidt J.H., Bacanovic J., Finckh M. (2012) Kompostwirkungen gegenüber Vertretern des Fußkrankheitskomplexes an Erbsen. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, 10.-14. September 2012, Braunschweig, Vortrag. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp. 147.
- Buttelmann N., Al Moaalem R., Poehling H.-M., Meyhöfer R. (2012) Der Einfluss von Hitze- und Dürreperioden sowie mildereren Wintertemperaturen auf die Getreideblattlaus *Sitobion*

- avenae (Fabricius) (Hemiptera: Aphididae) und ihre natürlichen Feinde. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 10.-14. September 2012, Vortrag. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp. 131-132.
- Döll K., Karlovsky P. (2012) Mykotoxinbelastung an Mais unter Einfluss des Klimas. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 10.-14. September 2012, Vortrag. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp. 132.
- Edler B., Peters K., Isselstein J., Bürger J., Steinmann H.-H., Gerowitt B. (2012) Unkräuter im Wandel - Welche Auswirkungen haben veränderte klimatische Bedingungen auf ausgewählte Unkräuter in Norddeutschland? 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 10.-14. September 2012, Vortrag. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp. 134-135.
- Racca P., Richerzhagen D., Kuhn C., Kleinhenz B., Hau B. (2012) Einfluss des Klimawandels auf die Ontogenese und die Blattkrankheiten Mehltau (*Blumeria graminis*), Braunrost (*Puccinia triticina*), DTR (*Drechslera tritici-repentis*) in Weizen für Niedersachsen. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 10.-14. September 2012, Vortrag. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp. 135-136.
- Richerzhagen D., Racca P., Hau B. (2012) Untersuchungen zum Auftreten und der Interaktion von *Cercospora*-Blattflecken (*Cercospora beticola*) und Rübemehltau (*Erysiphe betae*). 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 11.-14. September, Vortrag. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp. 299-300.
- Siebold M., Tiedemann A. von (2012) Mögliche Auswirkungen steigender Temperaturen auf die Entwicklung wichtiger Rapskrankheiten. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 10.-14. September 2012, Vortrag. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp. 131.
- Steinmann H.-H., Döbers E.S. (2012) Analyse aktueller Fruchtfolgen im Ackerbau mit INVEKOS-Daten. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 10.-14. September 2012, Vortrag. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp. 182.

#### *Deutsche Pflanzenschutztagung 2012 - Poster*

- Bürger J., Edler B., Gerowitt B., Steinmann H.-H. (2012) Modellierung der zukünftigen Verbreitung von Ackerunkräutern unter den Bedingungen des Klimawandels. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 10.-14. September 2012, Poster. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp. 439-440.
- Edler B., Steinmann H.-H., Isselstein J. (2012) Auswirkungen veränderter Umweltbedingungen auf das Auflaufen und die Entwicklung von ausgewählten sommerannuellen Unkrautarten. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 10.-14. September 2012, Poster. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp. 440.
- Eickermann M., Junk J., Ulber B., Reinhardt A., Görden K., Hoffmann L., Beyer M. (2012) Effekte des regionalen Klimawandels auf die Zuwanderung von *Ceutorhynchus napi* Gyll. in Rapsbestände. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 10-14 September 2012. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp. 435.
- Peters K., Gerowitt B. (2012) Untersuchungen zum Klimawandel mit Unkräutern im Mais – Klimakammerversuche mit der Gewöhnlichen Hühnerhirse (*Echinochloa crus-galli*). 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 10.-14. September 2012, Poster. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp. 440-441.
- Racca P., Richerzhagen D., Kuhn C., Kleinhenz B., Hau B. (2012). SIMONTO-Raps und SIMPHOMA, zwei neue Prognosemodelle für Ontogenese und die Wurzelhals- und Stängelfäule (*Phoma lingam*) des Winterrapses. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 10.-14. September 2012, Poster. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp. 437-438.
- Reinhardt A., Ulber B. (2012) Auswirkungen des Klimawandels auf die Fertilität des Großen Rapsstängelrüsslers (*Ceutorhynchus napi* Gyl.). 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 10.-14. September 2012, Poster. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp.

435-436.

- Richerzhagen D., Racca P., Kuhn C., Kleinhenz B., Hau B. (2012) Einfluss des Klimawandels auf die Blattentwicklung und das Erstauftreten von Cercospora-Blattflecken (*Cercospora beticola*) an Zuckerrüben in Niedersachsen. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 10.-14. September 2012, Poster. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp. 436-437.
- Söchtig C., von Hörsten D. (2012) Abtötung von Schadinsekten im Nacherntebereich durch Hochfrequenzbehandlung von Getreide – eine Alternative zur chemischen Entwesung bei globaler Erwärmung? 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 10.-14. September 2012, Poster.
- Tölle-Nolting C., Meyhöfer R., Poehling H.-M. (2012). Klimawandel und Pflanzenschutz im Gemüsebau - Welchen Einfluss haben wiederholte kurzzeitige Hitzewellen auf die Kohlmottenschildlaus (*Aleyrodes proletella*)? 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 10.-14. September 2012, Poster. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp. 438-439.
- Tölle-Nolting C., Meyhöfer R., Poehling H.-M. (2012) Einfluss wiederholter Hitzewellen auf die Kohlmottenschildlaus *Aleyrodes proletella*. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung vom 10.-14. September 2012 in Braunschweig, Abstract: Julius Kühn Archiv 438, pp. 438-439.
- Vandenbossche B., Niere B., Vidal S. (2012) Einfluss der Bodentemperatur auf die Populationsdynamik von Rübenzystennematoden an Zuckerrüben. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 10.-14. September 2012, Poster. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp. 439.
- Wachira R., Meyhöfer R., Poehling H.-M. (2012) Effects of magnitude and frequency of heat waves on the population dynamics of cabbage aphid *Brevicoryne brassicae*. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung, Braunschweig, 10.-14. September 2012, Poster. Abstract: Julius-Kühn-Archiv 438, pp. 438.

*KLIFF-Tagung „Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien“ - Vorträge*

- Bürger J., Edler B., Gerowitt B., Steinmann H.-H. (2013) Unsicherheiten in der Artverbreitungsmodellierung von Ackerunkräutern unter den Bedingungen des Klimawandels. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Vortrag. Abstract: pp. 20-21.
- Meyhöfer R., Tölle-Nolting C., Wachira R., Hübeler L.A., Poehling H.-M. (2013) Auswirkungen von extremen Wetterperioden auf ausgewählte Schadinsekten und Konsequenzen für Anpassungsstrategien im Pflanzenschutz. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Vortrag. Abstract: pp. 45-47.
- Steinmann H.-H., Edler B., Peters K., Bürger J., Breitsameter L., Gerowitt B. (2013) Unkräuter im (Klima-) Wandel. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Vortrag. Abstract: pp. 74-75.
- Tiedemann A. von, Siebold M., Juroszek P. (2013) Pflanzenproduktion unter verschiedenen Klimabedingungen – Gewisses und Ungewisses. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Key-Note-Vortrag. Abstract: pp. 60-63.

*KLIFF-Tagung „Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien“ - Poster*

- Bacanovic J., Sisic A., Bruns C., Finckh M.R. (2013) Effects of the four root rot pathogens on two pea (*Pisum sativum* L.) varieties in controlled conditions. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Poster. Abstract:

pp. 81-82.

- Bacanovic J., Schmidt J.H., Bruns C., Finckh M.R. (2013) Occurrence of Fusarium species and Ascochyta complex pathogens in the crop rotation winter pea – maize – winter wheat under variable climatic conditions in organic agriculture. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Poster. Abstract: pp. 82-83.
- Behn A., Varrelmann M. (2013) Einfluss eines möglichen Klimawandels auf den Befall von Zuckerrüben mit der Späten Rübenfäule. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Poster. Abstract: pp. 83-84.
- Bornemann K., Varrelmann M. (2013) Einfluss von Umweltfaktoren und pflanzlicher Resistenz auf die Rizomaniaresistenz in Zuckerrüben. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Poster. Abstract: pp. 84-85.
- Breitsameter L., Steinmann H.-H. (2013) Rezente Veränderungen von Unkrautflora und –management als Basis für zukünftige Anpassung. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Poster. Abstract: pp. 147-148.
- Gebauer K., Hemerik L., Meyhöfer R. (2013) Impact of climate change on regional pest natural enemy interactions: what can we learn to adapt plant protection strategies in horticulture. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Poster. Abstract: pp. 89-90.
- Hoffmann H., Rath T. (2013) Assessment of the future abiotic climatic impact on horticultural production in Lower Saxony, Germany. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Poster. Abstract: pp. 94-95.
- Juroszek P., Tiedemann A. von (2013) Prognostizierter Klimawandel und Schaderreger in der Landwirtschaft: Auswertung der weltweit verfügbaren Literaturergebnisse. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Poster. Abstract: pp. 95-96.
- Lukas S., Siebold M., Tiedemann A. von, Abbas S.J., Karlovsky P., Potthoff M., Jörgensen R.G. (2013) Auswirkungen steigender Wintertemperaturen auf den Abbau von Ernteresiduen, pilzliche Pflanzenpathogene und die mikrobielle Zersetzungsgemeinschaft. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Poster. Abstract: pp. 99-100.
- Paustian M., Theuvsen L. (2013) Einfluss des Klimawandels auf die Pflanzenproduktion in Niedersachsen – Ergebnisse einer Expertenbefragung. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Poster. Abstract: pp. 156-157.
- Poehling H.-M., Buttellmann N., Al-Moalem R., Meyhöfer R. (2013) Auswirkungen von extremen Wetterperioden auf Getreideblattläuse und natürliche Gegenspieler. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Poster. Abstract: pp. 108-110.
- Racca P., Kleinhenz B., Hau B., Kuhn C. (2013) Einfluss des Klimawandels auf das Erstauftreten der Blattkrankheiten Cercospora (*Cercospora beticola*), Mehltau (*Erysiphe betae*), Rost (*Uromyces betae*) und Ramularia (*Ramularia beticola*) in Zuckerrübenanbauregionen in Niedersachsen. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Poster. Abstract: pp. 111-112.

- sungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Poster. Abstract: pp. 110-111.
- Racca P., Kleinhenz B., Hau B., Kuhn C. (2013) Einfluss des Klimawandels auf die Ontogenese des Winterweizens und die Blattkrankheiten Mehltau (*Blumeria graminis*), Braunrost (*Puccinia triticina*), DTR (*Drechslera tritici-repentis*) und Septoria (*Septoria tritici*) in ausgewählten Regionen in Niedersachsen. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Poster. Abstract: pp. 111-112.
- Reinhardt A., Ulber B. (2013) Auswirkungen des Klimawandels auf die Fertilität des Großen Rapsstängelrüsslers (*Ceutorhynchus napi* Gyll.). KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Poster. Abstract: pp. 114-115.
- Siebold M., Tiedemann A. von (2013) Effects of experimental warming on three economically important pathogens in oilseed rape. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Poster. Abstract: pp. 115-116.
- Siebold M., Kakau J., Juroszek P., Tiedemann A. von, Ulber B., Märländer B., Racca P., Kleinhenz B., Hau B. (2013) Potentielle Anpassungsmaßnahmen im direkten und indirekten Pflanzenschutz wichtiger Ackerbaukulturen an mögliche Klimaänderungen in Niedersachsen. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Poster. Abstract: pp. 158-159.
- Söchting C., von Hörsten D. (2013) Hochfrequenzbehandlung von Schadinsekten in Weizen als Alternative zur konventionellen Entwesung bei globaler Erwärmung. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Poster. Abstract: pp. 116-118.
- Vidal S, Wilstermann A. (2013) A complex set of parameters influences successful western corn rootworm development under global warming. KLIFF-Tagung 2013, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Göttingen, 02.-03. September 2013, Poster. Abstract: pp. 120.

#### *Sonstige Konferenzen - Vorträge*

- Bacanovic J., Šišić A., Bruns C., Finckh M.R. (2013) Auswirkungen von *Fusarium solani* f. sp. *pisi*, *Fusarium avenaceum* und *Mycosphaerella pinodes* auf Sommererbsen im Topfversuch. 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5.-8. März 2013, Vortrag. Schriftlicher Beitrag: Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, pp. 240-243.
- Behn A., Ladewig E., Manthey R., Varrelmann M. (2011) Resistenzprüfung von Zuckerrübensorten gegenüber *Rhizoctonia solani*. 10. Göttinger Zuckerrüben Tagung, Göttingen, 01. September 2011, Vortrag. Artikel: Sugar Industry 136, 31-39.
- Bornemann K., Thiele H. (2011) Faktoren der Stabilität von Rizomaniaresistenz in Zuckerrüben. 10. Göttinger Zuckerrüben Tagung, Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen, 01. September 2011, Vortrag. Artikel: Sugar Industry 136, 1-9.
- Edler B., Steinmann H.-H. (2012) Untersuchungen zu Auflauf und Etablierung von *Iva xanthiifolia* Nutt. unter veränderten Umweltbedingungen in Norddeutschland. 25. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, Braunschweig, 13.-15. März 2012, Vortrag. Artikel: Julius-Kühn-Archiv 434, 587-594.
- Peters K., Gerowitt B. (2012) Wie könnte der Klimawandel das Zusammenspiel von Unkräutern und Feldfrüchten verändern? 25. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, Braunschweig, 13.-15. März 2012, Keynote Vortrag. Artikel: Julius-Kühn-Archiv 434, 35-42.

Peters K., Gerowitt B. (2010) Auswirkungen des Klimawandels auf stark gefährdete Segetalarten. Interdisziplinäres Expertentreffen im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt, Insel Vilm, 16.-20. August 2010, Vortrag. Abstract: Peters K, Gerowitt B (2011), Treffpunkt Biologische Vielfalt 10, Bundesamt für Naturschutz, BfN-Skripten 289, p. 79.

Vandenbossche B., Niere B., Vidal S. (2012) The effect of experimental soil heating on *Heterodera schachtii* populations on sugar beet. 64th International Symposium on Crop Protection, 22 May, Gent, Belgium.

#### *Sonstige Konferenzen - Poster*

Bürger J., Edler B., Gerowitt B., Steinmann H.-H. (2013) Uncertainty in modelling distribution of arable weeds under climate change conditions. European Climate Change Adaptation Conference 2013, Hamburg, Germany, 18-20 March 2013, Poster. Abstract: Conference Proceedings, pp 170-171.

Hoffmann H., Rath T. (2013) Estimating the sensitivity and variability of climate impact projections for horticultural models. European Climate Change Adaptation Conference 2013, Hamburg, Germany, 18-20 March 2013, Poster. Abstract: Conference Proceedings, pp 99-100.

Juroszek P., Siebold M., Tiedemann A. von (2009) Klimafolgenforschung im Acker- und Gartenbau in Niedersachsen. <http://www.kliff-niedersachsen.de/vweb5-test.gwdg.de/wp-content/uploads/2009/05/Poster-Juroszek-Braunschweig.pdf> Fachtagung „Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft“, Braunschweig, 15.-16. Juni 2009, Poster. Abstract: vTI Tagungsband, p. 138.

Schmidt J.H., Butz A.F., Bruns C., Finckh M.R. (2011) Effekte von Kompostapplikationen auf Fußkrankheiten und Grünmasseertrag von Wintererbsen. 11. Wissenschaftstagung Ökologische Landwirtschaft, Universität Gießen, 16.-18. März 2011. Schriftlicher Beitrag: Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, pp. 209-213.

Šišić A., Bacanovic J., Bruns C., Finckh M.R. (2013) Aggressivität von *Fusarium avenaceum*, *Fusarium solani* f. sp. pisi und *Mycosphaerella pinodes* auf Wintererbsen (*Pisum sativum* L.) unter kontrollierten Bedingungen. 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5.-8. März 2013, Poster. Schriftlicher Beitrag: Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, pp. 288-291.

#### Vorträge auf Veranstaltungen für Akteure (Transfer)

Juroszek P. (2013) Zunehmender Klimastress und aggressive Pilzkrankheiten – Welche Veränderungen könnten auf uns zukommen? „Agro-Treff Sachsen“, Dresden, 09. Januar 2013, Vortrag.

Juroszek P. (2013) Zunehmender Klimastress und aggressive Pilzkrankheiten – Welche Veränderungen könnten auf uns zukommen? „Syngenta-Getreidetag Thüringen 2013“, Wiermar, 08. Januar 2013, Vortrag.

Siebold M. (2012) Auswirkungen des Klimawandels auf die Pflanzengesundheit, Bsp. Rapskrankheiten. Besuch des AK Unternehmensführung, Gruppe Ackerbau, der LWK Niedersachsen, Georg-August-Universität Göttingen, 17. Januar 2012, Vortrag.

Siebold M. (2011) Bedeutung von Schaderregern im Raps bei verändertem Klima. Meeting der Abteilung Öl- und Eiweißpflanzen der Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V. (GFP), 24.-25. Mai 2011, Göttingen, Vortrag.

Steinmann H.-H. (2013) Klimawandel und Unkraut. Landesarbeitskreis Pflanzenschutz Niedersachsen, Hannover, 10. Januar 2013, Vortrag.

Tiedemann A. von (2010) Krankheitsbekämpfung im Winterraps – Beiträge der Universitätsforschung. Beraterhochschultagung: Wissenschaft und Praxis Hand in Hand. Georg-August-Universität Göttingen in Kooperation mit der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Paulinerkirche in Göttingen, 02. November 2010, Vortrag.

## Öffentlichkeitsarbeit

- Anonym (2012) Pflanzenschutz steigert Produktivität. Land & Forst, Ausgabe 20. September 2012, pp. 13-15.
- Labahn K. (2010) Klimawandel trifft Ackerbauern und Rinderhalter, Land & Forst, Ausgabe 11. November 2010, p. 13.
- Mönnig C. (2010) Land use changes due to global warming in Northern Germany. Besuch der „Green Talents“ (Stipendiaten des Bundesministeriums für Bildung und Forschung), Historische Sternwarte Göttingen, 05. November 2010, Vortrag.
- Potthoff M., Wrage N., Siebold M. (2011) Eine Stunde, ein Thema: Agrarwissenschaften und Klimawandel. Stadtradio Göttingen, 19. Januar 2011, Interview.
- Siebold M. (2010) Pathogenic pressure as a risk of future cropping. Besuch der „Green Talents“ (Stipendiaten des Bundesministeriums für Bildung und Forschung), Historische Sternwarte Göttingen, 05. November 2010, Vortrag.
- Siebold M., Stickan W. (2012) Göttingen soil warming experiment: Installation, ([http://www.youtube.com/watch?v=Ih97B\\_TY5fo](http://www.youtube.com/watch?v=Ih97B_TY5fo)).

## Forschungsthema 4 – Milchproduktion

### Wissenschaftliche Artikel (peer-reviewed)

- Brügemann K., Gernand E., v. Borstel U.U., König S. (2012) Defining and evaluating heat stress thresholds in different dairy cow production systems. *Archives of Animal Breeding* 55 (1), 13-24.
- Brügemann K., Gernand E., v. Borstel U.U., König S. (2011) Genetic analyses of protein yield in dairy cows applying random regression models with time-dependent and temperature x humidity-dependent covariates. *Journal of Dairy Science* 94 (8), 4129-4139.
- Brügemann K., Gernand E., v. Borstel U.U., König S. (2013) Application of random regression models to infer the genetic background and phenotypic trajectory of binary conception rate by alterations of temperature x humidity indices. *Livestock Science* 157 (2-3), 389-396.
- Demeler, Knapp, Corte, Katzschke, Steininger, von Samson-Himmelstjerna G. (2012) Recovery of strongylid third stage larvae from pasture: standardisation of a laboratory method and its application in the field. *Parasitology Research*, 110(3): 1159-64.
- Gauly M., Bollwein H., Breves G., Brügemann K., Dänicke S., Daş G., Demeler J., Hansen H., Isselstein J., König S., Lohölter M., Martinsohn M., Meyer U., Potthoff M., Sanker C., Schröder B., Wrage N., Meibaum B., von Samson-Himmelstjerna G., Stinshoff H., Wrenzycki C. (2013) Future consequences and challenges for dairy cow production systems arising from climate change in Central Europe – a review. *Animal* 7 (05), 843-859.
- Gorniak T., Meyer U., Dänicke S. (2013) Effects of a Brown-midrib corn hybrid on nutrient digestibility in wethers and on dry matter intake, performance, rumen and blood variables in dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal nutrition*. DOI: 10.1111/jpn.12080.
- König S., Brügemann K., Pimentel E.C.G. (2013) Breeding strategies for animal welfare and climate protection: What is possible and what is necessary? *Züchtungskunde* 85 (1), 22-23.
- Küchenmeister F., Küchenmeister K., Kayser M., Wrage-Mönnig N., Isselstein J. (2014) Effects of drought stress and sward botanical composition on the nutritive value of grassland herbage. *International Journal of Agriculture and Biology* 16 (4): 715-722.
- Küchenmeister K., Küchenmeister F., Kayser M., Wrage-Mönnig N., Isselstein J. (2013) Influence of drought stress on the nutritive value of perennial forage legumes. *International Journal of Plant Production* 7: 693–710.
- Küchenmeister K., Küchenmeister F., Wrage N., Kayser M., Isselstein J. (2012) Establishment and early yield development of five possible alternatives to *Trifolium repens* as a grassland legume. *Journal of Agricultural Science* 4: 86–95.
- Küchenmeister F., Küchenmeister K., Wrage N., Kayser M., Isselstein J. (2012) Yield and yield stability in mixtures of productive grassland species – does species number or Functional group composition matter? *Grassland Science* 58 (2), 94–100.
- Lambertz C., Sanker C., Gauly M. (2013) Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Frisian cows in different housing systems. *Journal of Dairy Science*, DOI: 10.3168/jds.2013-7217.
- Lohölter M., Meyer U., Döll S., Manderscheid R., Weigel H.-J., Erbs M., Höltershinken M., Flachowsky G., Dänicke S. (2012) Effects of the thermal environment on metabolism of deoxynivalenol and thermoregulatory response of sheep fed corn silage grown at enriched atmospheric carbon dioxide and drought. *Mycotoxin Research* 28 219-227.
- Lohölter M., Meyer U., Lebzien P., Manderscheid R., Weigel H.-J., Erbs M., Flachowsky G., Dänicke S. (2012) Effects of free air carbon dioxide enrichment and drought stress on the rumen in sacco degradability of corn silages harvested at various times. *Landbauforschung* 62 43-50.
- Lohölter M., Meyer U., Lebzien P., Manderscheid R., Weigel H.-J., Erbs M., Flachowsky G., Dänicke S. (2012) Effects of free air carbon dioxide enrichment and drought stress on the

- feed value of maize silage fed to sheep at different thermal regimes. *Archives of Animal Nutrition* 66 335-346.
- Lohölter M., Meyer U., Rauls C., Rehage J., Dänicke S. (2013) Effects of niacin supplementation and dietary concentrate proportion on body temperature, ruminal pH and milk performance of primiparous dairy cows. *Archives of Animal Nutrition* 67 202-218.
- Lohölter M., Rehage R., Meyer U., Lebzien P., Rehage J., Dänicke S. (2013) Evaluation of a device for continuous measurement of rumen pH and temperature considering localization of measurement and dietary concentrate proportion. *Landbauforschung Völkenrode* 63 61-68.
- Martinsohn M., Hansen H. (2012) The impact of climate change on the economics of dairy farming - a review and evaluation. *German J Agric Econ* 61(2): 80-95.
- Meibaum B., Riede S., Schröder B., Manderscheid R., Weigel H.-J., Breves G. (2012) Elevated CO<sub>2</sub> and drought stress effects on the chemical composition of maize plants, their ruminal fermentation and microbial diversity in vitro. *Arch. Anim. Nutr.* 66: 473-489.
- Sanker C., Lambertz C., Gauly M. (2012) Climatic effects in Central Europe on the frequency of medical treatments of dairy cows. *Animal* 7: 316-321.
- Wrage N., Ebenau A., Jarzmik A., Steude K., Peter K., Thies C., Isselstein J. (2009) Water-use efficiency of grassland differing in diversity. *Grassland Science in Europe* 14, 281-283.
- Wrage N., Gauckler L., Steep E., Küchenmeister F., Küchenmeister K., Isselstein J. (2010) Influence of drought stress and fertilisation on carbon isotopes as indicators of water use of grassland differing in diversity. *Grassland Science in Europe* 15, 860-862.

#### Wissenschaftliche Vorträge und Poster auf Tagungen und Kongressen

- Al-Kanaan A., Brügemann K., Yin T, König S. (2013) Studies on heat stress in dairy cattle: Analysis of physiological traits of dairy cows and A.I. sires. DGfZ-Jahrestagung und DGfZ/GfT-Gemeinschaftstagung, 04.-05.09.2013, Göttingen.
- Ammer S., Lambertz C., Gauly M. (2013) Einfluss des Klimas auf den Verlauf der ruminalen Temperatur bei Milchkühen. Vortragstagung der DGfZ und GfT, 04.-05.09.2013, Göttingen.
- Ammer S., Sanker C., Lambertz C., Gauly M. (2013) Effect of climatic conditions on milk yield and milking frequency of automatically milked dairy cows. 64th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP), 26.08 – 30.08.2013, Nantes, France.
- Ammer S., Sanker C., Lambertz C., Gauly M. (2013) Einfluss von Temperatur und Temperatur-Humidity Index (THI) auf Milchleistung und Melkfrequenz von Milchkühen am automatischen Melksystem (AMS). KLIFF-Tagung „Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, 02. - 03.09.2013, Göttingen.
- Brandt C. (2012) Detection and monitoring of increasing health risks due to parasite infections in cattle as a result of global climate change. *European Multicolloquium of Parasitology-EMOP XI*, 24.-29.7.2012, Cluj-Napoka, Rumänien, p 331.
- Brandt et al. (2011) Erfassung und Kontrolle von steigenden Gesundheitsrisiken durch parasitäre Infektionserreger bei Rindern als Folge globaler Veränderungen. DVG-Fachgruppe Parasitologie und parasitäre Krankheiten, 4.-6.7.2011, Berlin, p 59.
- Brandt C., Demeler, von Samson-Himmelstjerna (2013) Ascertainment and monitoring of increasing health risks in cattle due to parasitism caused by global climate change. Oral poster presentation auf der International Conference for Climate Change and Regional Response – Impacts and adaptation strategies for public, commercial and private actors (CCRR-2013), 27-29 Mai 2013, Dresden.
- Demeler et al. (2011) Erfassung und Kontrolle von steigenden Gesundheitsrisiken durch parasitäre Infektionserreger bei Rindern als Folge globaler Veränderungen. Workshop Klimawandel, Parasiten und Infektionskrankheiten – eine globale Herausforderung, 03-04.03.2011, Berlin.

- Demeler et al. (2010) Erfassung und Kontrolle von steigenden Gesundheitsrisiken durch parasitäre Infektionserreger bei Rindern als Folge globaler Veränderungen. Workshop Klima und Infektionskrankheiten, 26.05.2010, Wusterhausen.
- Brügemann K., Yin T., König S. (2013) Zuchtstrategien zur Anpassung an Umweltveränderungen: Methoden und Anwendungen bei Milchkühen basierend auf quantitativ-genetischen und Genotypisierungsdaten. KLIFF-Tagung, 02.-03.09.2013, Göttingen.
- Brügemann K., König S. (2010) Indication of heat tolerance and future breeding strategies in cattle. Green talents symposium, 05.11.2010, Göttingen.
- Brügemann K., König S., Gernand E. (2010) Assessing the effect of heat stress by applying random regression models. 61th Annual meeting of the EAAP, Crete Island, Greece, 23-27 August.
- Brügemann K., Simianer H., König S. (2009) Einfluss von Hitzestress auf Primär- und Sekundärmerkmale bei Milchkühen der Rasse Holstein Frisian. DGfZ-Jahrestagung und DGfZ/GfT-Gemeinschaftstagung, 16.-17.09.2009, Gießen.
- Brügemann K., König S. (2009) Einflussgrößen, Wechselwirkungen und züchterische Maßnahmen in verschiedenen Produktionssystemen. Tagung „Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft“, 15.-16.06.2009 im Thünen-Institut, Braunschweig.
- Ebeling D., Köhler J., Breitsameter L., Isselstein J. (2013) Morphological responses of different temperate turf grass species to drought stress. Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Abstracts, pp. 85-86, KLIFF-Tagung 2.–3.9.2013, Göttingen.
- Ebeling D., Köhler J., Breitsameter L., Isselstein J. (2013) Regenerationsfähigkeit verschiedener Rasengräser nach Trockenstresseinwirkung. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau 14: 205-208.
- Gauly M., Sanker C. (2010) Forschungsaufgaben in der Tierproduktion als Folge des Klimawandels. Vortragskolloquium „Klimawandel und Wertschöpfungsketten der Fleisch und Milchproduktion“, 20.04.2010, Göttingen.
- Gauly M., Sanker C. (2011) Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Leistung - Anpassungsstrategien der Milchviehhaltung. DGfZ/BMELV Expertenworkshop "Klimarelevanz im Bereich der Tierzucht und -haltung", 22.03.2011, Bonn.
- Gorniak T., Hamel J., Meyer U., Lebzien P., Dänicke S. (2013) Effects of corn silage of a Brown-midrib hybrid on in-situ fibre degradation compared to a standard non Bm hybrid. 67th Annual Meeting of the German Society of Nutrition Physiology, Göttingen.
- Gorniak T., Meyer U., Südekum K.-H., Dänicke S. (2013) Impact of ambient temperature on digestibility in wethers fed Brown-midrib maize silage. Tagung "Vom globalen Klimawandel zur regionalen Anpassungsstrategie 02./03.09.2013, Göttingen.
- Gorniak T., Meyer U., Dänicke S. (2013) Effect of ambient temperature on digestibility in wethers fed Brown-midrib corn silage. 67th Annual Meeting of the German Society of Nutrition Physiology, Göttingen.
- Gorniak T., Meyer U., Dänicke S. (2012) Effects of corn silage of a Brown-midrib hybrid on dry matter intake, milk yield and milk composition in German Holstein dairy cows compared to a common hybrid. 66th Annual Meeting of the German Society of Nutrition Physiology, Göttingen.
- Gorniak T., Meyer U., Lebzien P., Dänicke S. (2012) Effects of Brown-midrib corn silage on dry matter intake, milk yield and composition in dairy cows. 63rd Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, Bratislava/Slovakia.
- Hoffstätter-Müncheberg M., Merten M., Kayser M., Isselstein J., Wrage-Mönnig N. (2013) Der Einfluss simulierter Dürreperioden auf den Futterwert von Grünlandprodukten. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau Band 14, LfL Schriftenreihe 2013/6, pp. 209–2013, ISSN 1611-4159. 57. Jahrestagung der AGGF vom 29.08.-31.08.2011 in Triesdorf.

- Hoffstätter-Müncheberg M., Merten M., Kayser M., Wrage-Mönnig N., Isselstein J. (2013) Der Einfluss von simulierten Dürreperioden auf Produktivität und Qualität Niedersächsischer Grünlandprodukte. Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Abstracts, pp. 47–48, KLIF Tagung 2.–3.9.2013, Göttingen.
- Holzhausen et al. (2009) Erfassung und Kontrolle von steigenden Gesundheitsrisiken durch parasitäre Infektionserreger bei Rindern als Folge globaler Veränderungen. Fachtagung „Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – Beiträge der Agrar und Forstwirtschaft“. 15./16.06.2009, Braunschweig.
- Kayser M. (2012) Pflanzenproduktion und Klimawandel Produktivität und Stabilität in der Grünlandwirtschaft. Vortrag Workshop 3, Klimazug Nordwest 2050, 01.03.2012, Grünlandzentrum Ovelgönne, Vertiefung Vorproduktion und Milcherzeugung – Klimaanpassung in der Milchwirtschaft.
- Knapp-Lawitzke et al. (2013) Effects of climate change regarding survival and selection pressure of cattle parasites on pasture. 24th International Conference of the World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP) 25-29 August, Perth, Australien.
- Knapp-Lawitzke et al. (2013) Inkubator-Experiment zur Erforschung der Auswirkungen des Klimawandels auf Weideparasiten. DVG Tagung der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft Fachgruppe Parasitologie und parasitäre Krankheiten, 08-10. Juli 2013, Gießen, Abstract des Vortrages im Tagungsband S. 55.
- Knapp-Lawitzke, von Samson-Himmelstjerna, Demeler (2013) Investigation of climatic effects on cattle parasites in an incubator-experiment. Oral poster presentation auf der International Conference for Climate Change and Regional Response – Impacts and adaptation strategies for public, commercial and private actors (CCRR-2013), 27-29 Mai 2013, Dresden.
- Knapp-Lawitzke et al. (2012) Auswirkungen des Klimawandels auf den Selektionsdruck von Weideparasiten. DVG Tagung der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft Fachgruppe Parasitologie und parasitäre Krankheiten, 02.-04. Juli 2012, Hannover, Abstract des Vortrages im Tagungsband S. 32.
- König S., Yin T., Brügemann K. (2013) Evaluating the need for specialized organic dairy cattle breeding programs and assessing possible implementation strategies. Eingeladener Vortrag, 64th Annual meeting of the EAAP, Nantes, France, 26-30 August.
- König S. (2009) Impact of global warming on milk production and vice versa – considering both sides of the story. Eingeladener Vortrag, IDF World Dairy Summit, Berlin.
- König S., Brügemann K. (2009) Das KLIF-Projekt in Niedersachsen. Wechselwirkungen zwischen Milchviehhaltung und Klimaproblematik aus züchterischer Perspektive. Gründungssymposium DNTW, 19.06.2009, Göttingen.
- König S., Brügemann K., Schierenbeck S., Schmitz C., v. Borstel U.U., Gauly M. (2009) Impact of heat stress on production, energy efficiency and fertility of Holstein cows in pasture based systems in North West Germany. 60th Annual meeting of the EAAP, Barcelona, Spain, 24-27 August.
- Küchenmeister K., Isselstein J., Wrage N. (2009) Leguminosenbasierte Graslandwirtschaft als Beitrag zur Sicherung der Grundfuttererzeugung. Fachtagung Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft, Braunschweig.
- Küchenmeister F., Küchenmeister K., Gauckler L., Steep E., Isselstein J., Wrage N. (2010) Influence of water stress, nitrogen fertilisation and diversity on carbon isotope composition and biomass production of temperate grassland. Internationaler Workshop Adaptation of perennial plants to episodic drought, Göttingen.
- Küchenmeister F., Isselstein J., Wrage N. (2009) Futterproduktion auf Dauergrünland in Niedersachsen unter ‚climate change‘. Fachtagung Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft; Braunschweig.

- Lambertz C. (2013) Ergebnisse des KLIFF-Projektes – Klimaveränderung und Milchviehhaltung? Seminar zu aktuellen Themen der Nutztierwissenschaften, 21.11.2013; Christian-Albrechts-Universität Kiel.
- Lindig C., Abel Hj., Isselstein J., Schröder B., Riede S., Breves G. (2013) Wechselwirkungen zwischen Leguminosenart und Trockenstress auf Nährstoffzusammensetzung, mikrobiellen Abbau und Fermentationsparameter von verschiedenen Leguminosenarten in vivo. Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Abstracts, pp. 77–78, KLIFF-Tagung 2.–3.9.2013, Göttingen.
- Lindig C., Isselstein J., Abel Hj., Schröder B., Breves G. (2013) Effects of induced drought stress on chemical composition of legumes and their ruminal fermentation in vitro. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 22: 33.
- Lohölter M., Rehage R., Meyer U., Lebzien P., Rehage J., Dänicke S. (2011) Evaluation of Recent technique for intraruminal pH and temperature measurement and comparison of dorsal and ventral rumen pH and temperature of dairy cows fed different amounts of concentrate. 65th Annual Meeting of the German Society of Nutrition Physiology, Göttingen.
- Lohölter M., Meyer U., Lebzien P., Manderscheid R., Weigel H.-J., Pahlow G., Flachowsky G., Dänicke S. (2010) Effects of free air carbon dioxide enrichment (FACE) and water stress during cultivation on the in sacco degradability of ensiled maize harvested at various time. 64th Annual Meeting of the German Society of Nutrition Physiology, Göttingen.
- Martinsohn M., Hansen H. (2013) Milchproduktion und Milchwirtschaft in Nordwestdeutschland. Ringvorlesung der Universität Oldenburg.
- Martinsohn M. (2011) The impact of climate change on the economics of dairy farming. Milk conference Bern, 12.-13. September.
- Meibaum B., Schröder B., Weigel H.-J., Manderscheid R., Breves G. (2012) Effects of induced drought stress and atmospheric carbon dioxide load on chemical composition of maize plants, its in vitro ruminal fermentation and microbial diversity. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 21: 47.
- Merten M., Hoffstätter-Müncheberg M., Kayser M., Isselstein J. (2013) Leguminosen-basierte Graslandwirtschaft als Beitrag zur Sicherung der Grundfuttererzeugung unter Klimawandelbedingungen. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau Band 14, LfL Schriftenreihe 2013/6*, pp. 55–61, ISSN 1611-4159. 57. Jahrestagung der AGGF vom 29.08.-31.08.2011 in Triesdorf.
- Merten M., Hoffstätter-Müncheberg M., Kayser M., Isselstein J. (2013) Leguminosen-basierte Graslandwirtschaft als Beitrag zur Sicherung der Grundfuttererzeugung. Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Abstracts, pp. 102–103, KLIFF-Tagung 2.-3.9.2013, Göttingen.
- Sanker C., Lambertz C., Ammer S., Gauly M. (2013) THI effects on the frequency of medical treatments of dairy cows in Central Europe. 64th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (EAAP), 26.08 – 30.08.2013, Nantes, France.
- Sanker C., Gauly M. (2011) Einfluss von Temperatur und THI auf die Melkfrequenz und Milchleistung von Milchkühen am AMS. Vortragstagung der DGfZ und GfT, 6./7. September 2011, Freising-Weihenstephan.
- Sanker C., Kroos A.-T., Lambertz C., Gauly M. (2011) Effects of temperature humidity index (THI) on the behaviour of dairy cows. European Federation of Animal Science (EAAP), 62nd Annual Meeting, 29.08 – 02.09.2011, Stavanger, Norway.
- Sanker C., Krüger S., Gauly M. (2009) Produktionssysteme beim Milchrind: Effekte der Produktionssysteme auf Primär- und Sekundärmerkmale beim Milchrind. Tagung „Aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft“, 15.-16. 6. 2009, Thünen-Institut, Braunschweig.
- Wrage N. (2010) Erhaltung des Dauergrünlandes und Klimaschutz. Deutscher Grünlandtag, 16.-17.10.2010, Trier, Schriftenreihe Deutscher Grünlandverband e.V. 1/2010, ISSN 1439-314X, 39-47.

- Wrage N. (2010) Plant diversity and drought stress in agronomic grassland systems. Green Talents Workshop, Göttingen.
- Yin T., Pimentel E.C.G., König S. (2013) Strategy to simulate, analyze and predict longitudinal data with genomic random regression models. 64th Annual meeting of the EAAP, Nantes, France, 26-30 August.

#### Artikel in Zeitschriften für die landwirtschaftliche Praxis (Transfer)

- Brandt C., von Samson-Himmelstjerna G., Demeler J. (2011) Steigende Gesundheitsrisiken durch parasitäre Infektionserreger bei Rindern. Vet-MedReport 6/35, 2011.
- Gauly M., Sanker C. (2010) Anpassungsstrategien der Milchviehhaltung in Niedersachsen an den Klimawandel. Beraterhochschultag, 02.11.2010, Göttingen.
- Isselstein J., Kayser M., Küchenmeister F., Küchenmeister K., Wrage N. (2011) Grünland im Klimawandel. DLG-Mitteilungen 6/2011, 76–79.
- Isselstein J., Kayser M., Küchenmeister F., Küchenmeister K., Wrage N. (2011) Klimawandel mit Folgen für das Grünland. Österreichische Bauernzeitung 28/2011, 5.
- Martinsohn M. (2010) Climate change impact on dairy economics. In: Wille S., Kröger R., Lassen B., Mirbach D. (eds.) EDF Report 2010. Frankfurt a M: EDF, pp 60-61.
- Martinson M. (2013) Interview zum Thema Klimawandel und Milchviehhaltung in Niedersachsen. Trendthema November auf [www.milchtrends.de](http://www.milchtrends.de).
- Wrage N. (2010) Erhaltung des Dauergrünlandes und Klimaschutz: Reaktion von Leguminosen auf Klimawandel wird untersucht. Agrar aktuell, Ausgabe 5, 39-47, Deutscher Grünlandtag, 16.-17.10.2010, Trier, Schriftenreihe Deutscher Grünlandverband e.V. 1/2010, ISSN 1439-314X.
- Wrage N. (2010) Plant diversity and drought stress in agronomic grassland systems. Green Talents Workshop, Göttingen.

#### Austausch und Beratung mit der Praxis – Vorträge, Feldtage etc. (Transfer)

- Ammer S. (2013) Einfluss des Managements auf die Tiergesundheit beim Milchvieh. Vortragsveranstaltung der LWK Oldenburg-Nord, 6.09.2013, Wiefelstede.
- Gauly M., Sanker C. (2011) Kühe und Klima – Anpassungsstrategien der Milchviehhaltung an den Klimawandel. Unternehmertage der Landberatung, 03.02.2011, Bad Fallingborstel.
- Gorniak T., Meyer U., Dänicke S. (2012) Untersuchung zum Einsatz von brown-midrib Silomaishybriden in der Milchviehfütterung. Forum angewandte Forschung in der Rinder und Schweineernährung Fulda.
- Lambertz C. (2014) Milchviehhaltung im Zeichen des Klimawandels. Vortragstagung des Kuratoriums für Wirtschaftsberatung im Altkreis Bremervörde e.V. und der Beratungsringe im Altkreis Bremervörde, 09.01.2014, Selsingen.
- Lambertz C. (2013) Klimafolgenforschung in Niedersachsen – Welche Anpassungsstrategien in der Veredelung? Beraterhochschultagung, 09.10.2013, Göttingen.
- Lohölter M., Meyer U., Manderscheid R., Weigel H.-J., Dänicke S. (2011) Effekt von Atmosphärischer CO<sub>2</sub> Konzentration und Trockenstress auf die Nährstoffverdaulichkeit von Maissilagen bei variierenden Umgebungstemperaturen. Forum angewandte Forschung in der Rinder und Schweineernährung Fulda.
- Lohölter M., Meyer U., Dänicke S., Hüther L. (2009) Auswirkungen von Klimaänderungen auf den Futterwert ausgewählter Pflanzen sowie Futteraufnahme, Leistung und physiologische Parameter von Milchkühen und Mastrindern. Tagung aktiver Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel Braunschweig.
- Sanker C., Gauly M. (2011) Kühe und Klima – Anpassungsstrategien der Milchviehhaltung an den Klimawandel. Unternehmertage der LWK Niedersachsen, 08. - 09.02.2011, Duderstadt.

## Öffentlichkeitsarbeit / Presse

N.N. (2010) Wasserstress für Gräser und Klee. Göttinger Tageblatt, 17.9.2010: <http://www.goettingertageblatt.de/Nachrichten/Wissen/Regionale-Wissenschaft/Wasserstress-fuer-Graeser-und-Klee>.

N.N. (2011) Eine Stunde ein Thema – Agrarwissenschaften und Klimawandel. Einstündiges Live-Interview im Stadtradio Göttingen, 19.1.2011.

## Forschungsthema 5 - Wald und Waldlandschaften

### Wissenschaftliche Artikel (peer-reviewed)

- Beniwal R.S., Hooda M.S., Polle A. (2011) Amelioration of planting stress by soil amendment with a hydrogel-mycorrhiza mixture for early establishment of beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings. *Annals of Forest Science* 68, 803-810.
- von Bergner N.M. (2013) Tourismus 2020: Globale Herausforderungen auf lokaler Ebene – Implikationen für die Wettbewerbsfähigkeit touristischer Destinationen. *Zeitschrift für Tourismuswissenschaft*, Jg.5 (Heft 1), 75-88.
- Bourtsoukidis E., Kawaletz H., Radacki D., Schütz S., Hakola H., Hellen H., Noe S., Mölder I., Ammer C., Bonn B. (2013) Impact of flooding and drought conditions on the emission of volatile organic compounds of *Quercus robur* and *Prunus serotina*. *Trees*, DOI 10.1007/s00468-013-0942-5.
- von Fragstein M., Holighaus G., Schütz S., Tschardt T. (2013) Weak defense in a tritrophic system: olfactory response to salicylaldehyde reflects prey specialization of potter wasps. *Chemoecology* 3: 181-190.
- Hertel D., Strecker T., Müller-Haubold H., Leuschner C. (2013) Fine root biomass and dynamics in beech forests across a precipitation gradient - is optimal resource partitioning theory applicable to water-limited mature trees? *Journal of Ecology* 101:1183–1200.
- Holighaus G., Weißbecker B., von Fragstein M., Schütz S. (2014) Ubiquitous eight-carbon volatiles of fungi are infochemicals for a specialist fungivore. *Chemoecology*, DOI 10.1007/s00049-014-0151-8.
- Kreilkamp E., von Bergner N.M. (2014) The Impact of Climate Change on Recreation and Tourism. In M. Quante F. Colijn: North Sea Region Climate Change Assessment (NOSCCA) – an analysis of the scientific legitimate knowledge for science and decision-making. Springer Verlag Berlin.
- Kreilkamp E. (2011) Klimawandel und Tourismus - Herausforderungen für Destinationen. *Zeitschrift für Tourismuswissenschaft*, 3 (2), 203-219.
- Mudelsee M., Chirila D., Deutschländer T., Döring C., Haerter J.O., Hagemann S., Hoffmann H., Jacob D., Krahe P., Lohmann G., Moseley C., Nilson E., Panferov O., Rath T., Tinz B. (2010) Climate Model Bias Correction und die Deutsche Anpassungsstrategie. *Mitteilungen DMG*, 3: 2-7.
- Müller-Haubold H., Hertel D., Seidel D., Knutzen F., Leuschner C. (2013) Climate responses of aboveground productivity and allocation in *Fagus sylvatica*: A transect study in mature forests. *Ecosystems* 16:1498–1516.
- Overbeck M., Schmidt Mat., Fischer C., Evers J., Schulze A., Hövelmann T., Spellmann H. (2011) Ein statistisches Modell zur Regionalisierung der nutzbaren Feldkapazität von Waldstandorten in Niedersachsen. *Forstarchiv*, 82. Jg., 92-100.
- Overbeck M., Schmidt Mat. (2012) Modelling infestation risk of Norway spruce by *Ips typographus* (L.) in the Lower Saxon Harz Mountains (Germany). *Forest Ecology and Management*, Vol. 266, 115-125.
- Overbeck M., Schmidt Mat., Nagel R., Hansen J. (2012) Modellbasierte Simulation waldbaulicher Anpassungsstrategien an den Klimawandel am Beispiel des niedersächsischen Harzes. *Allg. Forst u. Jagdztg.*, 183 Jg., 208-224.
- Panferov O., Döring C., Rauch E., Sogachev A., Ahrends B. (2009a) Feedbacks of windthrow for Norway spruce and Scots pine stands under changing climate. *Environ. Res. Lett.*, 4.
- Panferov O., Sogachev A., Döring C., Ahrends B. (2009b) Dynamics of windthrow risk in different forest ecosystems for 21st century (SRES A1B, B1). In: Mayer H. and Schinler D. (Eds), *Proceedings of the 2nd Int. Conf. Wind Effects on Trees*, Ber. Met. Inst., Freiburg, 19: 119-126.

- Polle A., Janz D., Teichmann T., Lipka V. (2013) Poplar genetic engineering: promoting desirable wood characteristics and pest resistance. *Applied Microbiology and Biotechnology*. DOI 10.1007/s00253-013-4940-8.
- Schulte-Bisping H., Beese F. (2013) 50-jährige Zeitreihe der Dynamik des Wasserhaushaltes eines Buchen-Kiefern-Altbestandes in Brandenburg. *Forstarchiv* 84, 119-126.
- Schulte-Bisping H., Beese F., Dieffenbach-Fries H. (2012) C-fluxes and C-turnover of a mature mixed beech and pine stand under increasing temperature at ICP Integrating Monitoring site in Neuglobsow (Brandenburg). *European Journal of Forest Research* 131: 1601-1609.
- Seifert S., Vornam B., Finkeldey R. (2012) A set of 17 single nucleotide polymorphism (SNP) markers for European beech (*Fagus sylvatica* L.). *Conservation Genetics Resources* 4: 1045-1047.
- Seifert S., Vornam B., Finkeldey R. (2012) DNA sequence variation and development of SNP markers in beech (*Fagus sylvatica* L.). *European Journal of Forest Research* 131: 1761-1770.
- Sogachev A., Panferov O., Ahrends B., Doering C., Jørgensen H.E. (2011) „Numerical assessment of the effect of forest structure changes on CO<sub>2</sub> flux footprints for the flux tower in Solling, Germany“. In: Special Issue on Atmospheric Transport and Chemistry in Forest Ecosystems. 151 (6), pp. 746–754.

#### Wissenschaftliche Veröffentlichungen in Herausgeberwerken

- Kirmair L. (2012) Der Klimawandel und die spanische Tourismuswirtschaft - Die Notwendigkeit der Anpassung. in Schöning S., Richter J., Pape A. (Hrsg.) *Der Mittelstand: Forschungsansätze zur Sicherung der Zukunftsfähigkeit*. (S. 231 - 250). Frankfurt a.M.: Peter Lang Verlag.
- Kirmair L. (2012) Der Klimawandel und die spanische Tourismuswirtschaft - Die Notwendigkeit der Anpassung. in Schöning S., Richter J., Pape A. (Hrsg.) *Der Mittelstand: Forschungsansätze zur Sicherung der Zukunftsfähigkeit*. (S. 231 - 250). Frankfurt a.M.: Peter Lang Verlag.
- Kotzur A. (2012) Eine Klima-SWOT-Analyse für kleine und mittlere Tourismusbetriebe. in Richter J., Schöning S., Pape A. (Hrsg.) *Der Mittelstand: Forschungsansätze zur Sicherung der Zukunftsfähigkeit*. (S. 213 - 230). Frankfurt a.M.: Peter Lang Verlag.
- Kirmair L. (2011) Der Klimawandel und die Veränderungen der Tourismusströme - das Beispiel Spanien. in *Kleine und mittlere Unternehmen: Finanz-, Wirtschafts- und andere Krisen; Forschungsbeiträge*. (S. 1-18). Peter Lang Verlag.
- Kotzur A. (2011) Beeinflusst umweltbewusstes Marketing das Reiseverhalten der Zukunft? Grundlagen einer conjointanalytischen Untersuchung zum Thema Klimawandel und Tourismus. In: Schöning S., Richter J., Pape A. (Hrsg.) *Kleine und mittlere Unternehmen: Finanz-, Wirtschafts- und andere Krisen: Forschungsbeiträge*. (S. 263-278). Frankfurt am Main: Peter Lang Verlag.
- Kreilkamp E., Kotzur A. (2010) Auswirkungen des Klimawandels auf den Wandertourismus. in Dreyer, Axel: *Wandertourismus*. (S. 148-153). München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.

#### Im Rahmen von Konferenzen erschienene Artikel

- Fieseler K., Heiermann J., Schütz S. (2012) Is climate change going to affect the diversity of nocturnal Macrolepidoptera in the Solling-mountains? *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent.* 18: 647-652.
- Paczkowska M., Rachow C., Schütz S. (2012) Electrophysiological reaction and behavioural response of the oligophagous moths *Smerinthus ocellatus* (L. 1758) and *Cerula vinula* (L. 1758) towards methyl salicylate and other host plant odours. *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent.* 18: 213-217.

- Rachow C., Gester-Gerstmann P., Schütz S. (2012) Ein neues Verfahren zum Sammeln von Stammvolatilen. *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent.* 18: 635-639.
- Richter F., Döring C., Jansen M. (2012) Tagesgänge in Tensiometermessungen – Signal oder Artefakt? In: *Messung, Monitoring und Modellierung von Prozessen im System Boden - Pflanze - Atmosphäre*, 16.-17. November 2012, Leipzig, Helmholtzzentrum (4pp).
- Sybertz J., Reich M. (2012) Artenpoolvergleiche klimaanaloger Räume als Methode zur Abschätzung von klimawandelbedingten Veränderungen in der Zusammensetzung von Vogellebensgemeinschaften. In: Feit U., Korn, H. (Hrsg.): *Treffpunkt Biologische Vielfalt XI. Interdisziplinärer Forschungsaustausch im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt*, Bonn - Bad Godesberg (Veröffentlichungen des BfN: BfN-Skripten 309), 71-76.
- Sybertz J., Reich M. (2013) Impacts of climate change on bird communities in the "Lüneburger Heide": What are the priorities for nature conservation? *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* 43: 294-295.

#### Wissenschaftliche Vorträge und Poster

- Braden J., Panferov O., Döring C. (2013) Indikatoren für kombinierte Wald-Risiken im Klimawandel. Analyse von REMO und CLM-Daten. KLIFF-Tagung "Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien", 2. und 3.9.2013 in Göttingen.
- Döring C. (2013) Why it is necessary to identify and communicate the major sources for uncertainty in climate impact studies when giving advice to the Praxis. ECCA – 1st European Climate Change and Adaptation Conference, Hamburg, September 2013.
- Gabriel M., Schütz S. (2013) Untersuchungen zum Volatilenmuster von trockengestressten Buchen (*Fagus sylvatica*). Poster, KLIFF-Tagung „Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien“, 2.-3.9.2013, Göttingen.
- Gabriel M., Rachow C., Schütz S. (2013) Assessment of the semiochemical diversity of stem volatile organic compounds released by differently stressed beech trees (*Fagus sylvatica*). Poster, DGaaE 18-21.03.2013, Göttingen.
- Gabriel M., Rachow C., Schütz S. (2013) Biodiversity of Coleoptera in a beech stand at the Lüneburger Heide in Germany. Poster, DGaaE 18-21.03.2013, Göttingen.
- Jansen M., Döring C. (2011) Auswirkungen von Unsicherheiten klimatologischer Eingangsdaten bei der Abschätzung von Klimafolgen. Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft.
- Kirmair L., Kotzur A. (2013) Strategy building process for tourism destinations under the impact of climate change. Posterpräsentation ECCA – 1st European Climate Change Adaptation Conference. Hamburg, 18-20.3.2013.
- Kirmair L., Kotzur A. (2011) Anpassungsstrategien für Touristische Destinationen. Posterpräsentation. Fachtagung "Tourismus im Aufwind" (DVAG, GIZ und BMZ). Bonn, 23.09.2011.
- Kotzur A. (2013) Gibt es eine Zahlungsbereitschaft für nachhaltige Reiseprodukte? in R. Freericks, & D. Brinkmann (Hrsg.): *Lebensqualität durch Nachhaltigkeit?: Analysen - Perspektiven - Projekte*. 2. Bremer Freizeit.kongress (S. 283-294). Institut für Freizeitwissenschaft und Kulturarbeit.
- Kotzur A., Kirmair L. (2013) Prozess der Strategieentwicklung für Destinationen unter Einfluss des Klimawandels. Posterpräsentation. KLIFF-Tagung "Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien". Göttingen, 02./03.09.2013.
- Leuschner C. (2010) Drought responses of *Fagus sylvatica* – saplings to stands. Workshop "Adaptation of perennial plants to episodic drought: impact on ecosystems", 06.-08.10.2010, Göttingen.
- Leuschner C., Müller-Haubold H., Knutzen F., Hertel D., Schuldt B., Meier I. (2013) Sensitivität der Rotbuche gegenüber Sommertrockenheit. Konferenz „Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien“, 02.-03.09.2013, Göttingen.

- Merklein M., Braden J., Döring C., Panferov O. (2013) Ermittlung des künftigen Sturmrisikos für Waldökosysteme im Solling, Niedersachsen. KLIFF-Tagung "Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien", 2. und 3.9.2013 in Göttingen.
- Moseley C., Panferov O., Döring C., Rechid D., Jacob D. (2013) Umgang mit Bandbreiten in Klimadaten und Klimafolgenforschung. KLIFF-Tagung "Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien", 2. und 3.9.2013 in Göttingen.
- Moseley C., Ahrends B., Döring C., Panferov O. (2011) Uncertainties in regional climate scenarios data and their effect on results of impact models in forestry. Poster-Präsentation auf der Jahrestagung der European Geosciences Union, 03.-08.04.2011, Wien.
- Müller M., Seifert S., Finkeldey R. (2013) Analysis of Candidate Genes for Bud Burst in European Beech (*Fagus sylvatica* L.). Vortrag auf der Veranstaltung "GOEvol Symposium 2013", 30. Oktober 2013, Göttingen, Deutschland.
- Müller M., Seifert S., Vornam B., Finkeldey R. (2013) Genetische Anpassungspotentiale an den Klimawandel: Variation in Kandidatengenen für das Austriebsverhalten und die Trockenstresstoleranz bei der Buche (*Fagus sylvatica* L.). Posterpräsentation auf der Tagung „Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien“, 2.-3. September 2013, Göttingen, Deutschland.
- Müller M., Seifert S., Finkeldey R. (2013) Variation in Kandidatengenen für das Austriebsverhalten bei der Buche (*Fagus sylvatica* L.). Vortrag auf der Tagung „Forstgenetische Forschung im Klimawandel – Ergebnisse aus Feld- und Laborversuchen, 27.-29. August 2013, Treis-Karden, Deutschland.
- Müller M., Seifert S., Vornam B., Finkeldey R. (2012) Genetische Variation der Buche entlang eines Umweltgradienten. Vortrag auf der Tagung "Forstwissenschaftliche Tagung", 19.-22. September 2012, München/Freising, Deutschland.
- Ngoc Quynh N., Carsjens C., Lohaus G., Janz D., Polle A. (2013) European beech (*Fagus sylvatica* L.) along a precipitation gradient: effects on anatomical, physiological and molecular features of wood. Poster. „Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien“, 2.-3. September 2013, Göttingen, Deutschland.
- Panferov O., Döring C. (2011) Verwendung der meteorologischen Informationen für Impactmodellierung und KLIFF. DWD Workshop Braunschweig 2011.
- Panferov O., Mudelsee M., Döring C., Moseley C., Jacob D., Lohmann G. (2011) Climate change projections for Lower Saxony, Germany, in the 21st century. EGU, Geophys. Res. Abstr., EGU2011-14020.
- Panferov O., Döring C., Moseley C., Ahrends B. (2010) Implementation of regional climate scenarios data for the evaluation of biotic and abiotic forest risks in 21st century. AGU, GC41H-05.
- Panferov O., Döring C., Merklein J., Sogachev A., Ahrends B. (2009) Trends of abiotic damage in forest ecosystems in Germany at regional scale under SRES A1B, B1. EMS Annual Meeting, Toulouse. Abstracts, Vol. 6, EMS2009-445.
- Pena R. (2010) Ectomycorrhizas of beech - functional diversity for nitrogen uptake under drought; effect of a direct competitor (*Cornus* sp.). Internationaler KLIFF-Workshop "Adaptation of perennial plants to episodic drought: impact on ecosystems", 06.- 8.10.2011 in Göttingen.
- Polle A. (2010) Elevated atmospheric CO<sub>2</sub>: friend or foe for biological wood production? First Summer School – "C1-Chemistry for resource and energy management" am 21.07.2010 in Hamburg.
- Polle A. (2010) The transcriptome of cell wall changes under stress. 4th Joint New Zealand – German Symposium on Plant Cell Walls" am 12.10.2010 in Hamburg.
- Polle A. (2010) Physiological and molecular adaptation of trees to drought. Internationaler KLIFF-Workshop "Adaptation of perennial plants to episodic drought: impact on ecosystems", 6. bis 8.10.2011 in Göttingen.

- Rachow C., Schütz S. (2013) Olfaktorische Antennenreaktion des Nagelfleck (*Agria tau*) auf Stamm-VOC der Buche (*Fagus sylvatica*). Poster, KLIFF-Tagung „Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien“, 2.-3.9.2013, Göttingen.
- Rachow C., Gabriel M., Schütz S. (2013) Einfluss der Bodenart im Stamm- und Kronenraum von Buchenwäldern auf die Biodiversität von Käfern. Poster, KLIFF-Tagung „Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien“, 2.-3.9.2013, Göttingen.
- Rachow C., Schütz S. (2013) Olfactory response of Pale Tussock (*Calliteara pudipunda*) and Tau Emperor (*Agria tau*) to stem volatiles of beech (*Fagus sylvatica*). Poster DGaaE 18.-21.3.2013, Göttingen.
- Rachow C., Gabriel M., Schütz S. (2013) Is the diversity of biogenic volatile organic compounds correlated to beech stand debilitation? Poster, ClimTree 1-5.09.2013, Zürich.
- Rachow C., Gabriel M., Schütz S. (2012) Abschätzung der Diversität flüchtiger organischer Verbindungen von Stämmen unterschiedlich gestresster Buchen (*Fagus sylvatica*). Vortrag Fowita, 19.-22.09.2012, München.
- Rachow C., Gabriel M., Schütz S. (2012) Chemo-ecological risk assessment of European beech (*Fagus sylvatica*) stands along a precipitation gradient in Germany. Poster, ICE International Congress of Entomology, 9-25.09.2012, Daegu, Süd-Korea.
- Seifert S., Müller M., Vornam B., Finkeldey R. (2012) Analysis of Candidate Genes related to Climate Change in European Beech (*Fagus sylvatica* L.). Posterpräsentation auf der Tagung „Genetics of Fagaceae & Nothofagaceae“, 9.-12. Oktober 2012, Talence, Frankreich.
- Seifert S., Vornam B., Müller M., Finkeldey R. (2012) Genetic Variation of Beech (*Fagus sylvatica* L.) Along an Environmental Gradient. Posterpräsentation auf der Tagung „Plant & Animal Genome XX“, 14.-18. Januar 2012, San Diego, USA.
- Seifert S., Müller M., Vornam B., Finkeldey R. (2011) Adaptability of trees to climate change – genetic variation of beech (*Fagus sylvatica* L.) along an environmental gradient. Vortrag auf der Tagung „Veränderungen genetischer Variation in Raum und Zeit – Anpassungsprozesse im Klimawandel. 30. Mai-01. Juni 2011, Teisendorf, Deutschland.
- Seifert S., Vornam B., Gailing O., Finkeldey R. (2010) Charakterisierung adaptiver genetischer Variation bei Fagaceae. Vortrag auf der Tagung „Forstwissenschaftliche Tagung 2010; Forstwissenschaften: Grundlage nachhaltiger Waldbewirtschaftung“, 22.-24. September 2010, Göttingen, Deutschland.
- Seifert S., Vornam B., Finkeldey R. (2010) Genetic variation of beech (*Fagus sylvatica* L.) along an environmental gradient – Implications for the adaptation of trees to climate change. Posterpräsentation auf dem Workshop „Adaptation of perennial plants to episodic drought: impact on ecosystems“, 06.-08. Oktober 2010, Göttingen, Deutschland.
- Spellmann H. (2013) Anpassung an den Klimawandel - Herausforderung für ein nachhaltiges Landmanagement. Keynote-Vortrag. „Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien“, 2.-3. September 2013, Göttingen, Deutschland.
- Weiss B., Rachow C., Schütz S. (2011) A lightweight stem enclosure for sampling stem volatiles. Poster, DGaaE 21.-24.3.2011, Berlin.
- Wiedey G., Döring C. (2010) Ökologische und gesellschaftliche Anpassungsstrategien für Waldlandschaften an den Klimawandel – „Klima-Wald“. Poster, Forstwissenschaftliche Tagung 2010, Göttingen 22.-24.09.2010.

#### Artikel in Zeitschriften für Akteure (Transfer)

- Kirmair L. (2012) Wohin geht die Reise? Meer & Küste, (3), 19.
- Kreilkamp E., Kirmair L., Kotzur A. (2013) Reisen auf den Spuren des Klimawandels. Leitfaden für touristische Destinationen am Beispiel der Regionen Lüneburger Heide und Harz. 64 Seiten.

- Kreilkamp E. (2010) Folgen des Klimawandels für den Tourismus. Ländlicher Raum, (3), 71-73.
- Kreilkamp E., Kotzur, A. (2010) Klimawandelstrategien für Harz und Heide. Meer & Küste, (2), 32.
- Spellmann H. (2010) Fichte – Baumart ohne Zukunft? Vortrag auf der Tagung des Nordwestdeutschen Forstvereins 2009 in Clausthal. In: Nordwestdeutscher Forstverein (Hrsg.): Jahrestagung 2009 in Clausthal; Jahresbericht und Vorschau auf 2010. Springe, 18-31.
- Spellmann H. (2013) Entwicklung von Durchforstungssystemen in Zeiten der Energiewende und des Klimawandels. Vortrag gehalten bei der Jahrestagung des Nordwestdeutschen Forstvereins am 27.06.2012 in Borsum. In: Nordwestdeutscher Forstverein (Hrsg.): Jahrestagung 2012, Jahresbericht 2012 und Vorschau auf 2013. Eigenverlag, Springe, 18-37.
- Spellmann H. (2013) Die Kiefer – ein Auslaufmodell? Beiträge für eine zielgerichtete Entwicklung. In: Forstbetriebsgemeinschaft Amelinghausen (Hrsg.): Der Wald - ein Generationenvertrag. 75 Jahre Forstbetriebsgemeinschaft Amelinghausen – Festschrift zur Jubiläumsfeier am 23. August 2013. Amelinghausen, 34-45.
- Spellmann H., Albert M., Schmidt Mat., Sutmöller J., Overbeck M. (2011) Waldbauliche Anpassungsstrategien für veränderte Klimaverhältnisse. AFZ/Der Wald, 66. Jg., 11, 19-23.
- Sybertz J., Reich M. (2011) Vogellebensgemeinschaften im (Klima-)Wandel - Wer kommt, wer geht, wer bleibt? Vogelwarte 49 (4): 239-240.

#### Vorträge und Poster vor Akteuren (Transfer)

- Döring C. (2010) Herausforderung Klimawandel – Hat die Waldwirtschaft in der Leader-Region noch eine Zukunft? Regionalkonferenz: „Herausforderung Klimawandel“ der LWK, 19.11.2010; Lachendorf.
- Hertwig R., Sybertz J., Prasse R., Reich M., Rode M. (2009) Klimaforschungsvorhaben am Institut für Umweltplanung. Vorstellung der Naturschutz-Teilprojekte in KlimaWald und Klimazwei beim Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. NLWKN am 29.06.2009 in Hannover.
- Hertwig R., Sybertz J., Prasse R., Reich M., Rode M. (2009) Zukünftige Naturschutzkonzepte für Harz und Lüneburger Heide - Projektpräsentation im Nationalpark Harz. Kartierertreffen des Nationalparks Harz am 25.09.2009 in Torfhaus.
- Hertwig R., Sybertz J., Prasse R., Reich M., Rode M. (2010) Auswirkungen des Klimawandels auf Flora und Fauna im Naturraum Lüneburger Heide. Ergebnisse der Befragung lokaler und regionaler Experten. Expertenworkshop am 26.11.2010 in Meißenberg (Gut Sunder).
- Hertwig R., Sybertz J., Prasse R., Reich M., Rode M. (2010) Auswirkungen des Klimawandels auf Flora und Fauna im Naturraum Harz. Ergebnisse der Befragung lokaler und regionaler Experten. Expertenworkshop am 03.12.2010 in Drübeck (Kloster Drübeck).
- Kreilkamp E. (2010) Folgen des Klimawandels für die Tourismuswirtschaft. Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz. Unterarbeitskreis Industrie, Gewerbe, Tourismuswirtschaft. Hannover, 15.6.2010.
- Kreilkamp E. (2010) Klimawandel und Tourismus: Überlebt die Heide den Klimawandel? Lüneburg.
- Kreilkamp E. (2010) Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus in der Region Lüneburger Heide. Jahrestagung Tourismusverband Lüneburger Heide. Amelinghausen.
- Kreilkamp E. (2011) Anpassungsstrategien für touristische Destinationen. Das KLIFF Teilprojekt „Tourismus“. Tourismusausschuss der IHK Lüneburg-Wolfsburg.
- Kreilkamp E. (2011) Bioenergie und Tourismus. Landkreis Soltau-Fallingb. Bostel.
- Overbeck M. (2011) Waldbauliche Anpassungsstrategien an den Klimawandel. Nds. Forstamt Seesen, 17.06.2011.

- Overbeck M. (2011) Klimawandel: Mögliche Auswirkungen und Anpassungen am Beispiel des Harzwaldes. 1. Junior-Klimagipfel Mein Harz, Land Sachsen Anhalt, 07.09.2011.
- Overbeck M. (2012) Regionale Waldbauplanung für die Fichte im Harz. Waldbauseminar 2012 „Waldentwicklung im Harz“ der Niedersächsischen Landesforsten in Lauterberg, 16.07.2012.
- Overbeck M. (2012) Regionale Waldbauplanung unter Berücksichtigung des Klimawandels. Dienstbesprechung der Forstamtsleiter der Nds. Landesforsten, 13.09.2012.
- Rode M., Hertwig R., Sybertz J., Weiß C., Prasse R., Reich M. (2011) Mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf Lebensräume und Naturschutz. Workshop „Natur und Landschaft - Freiraumschutz im Klimawandel“ am 22.09.2011 in Lüneburg.
- Spellmann H. (2009) Fichte – Baumart ohne Zukunft? Tagung des Nordwestdeutschen Forstvereins 2009 in Clausthal, 18.6.2009.
- Spellmann H. (2009) Kiefernwirtschaft unter veränderten ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen. Waldbauseminar „Waldbau in der Südheide“ der Niedersächsischen Landesforsten am 22.06.2009 in Fuhrberg.
- Spellmann H. (2010) Waldbauliche Behandlung der Kiefer unter veränderten ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen. Waldbauseminar „Waldbau in der Südheide“ der Landwirtschaftskammer Niedersachsen in Fuhrberg, 26.08.2010.
- Spellmann H. (2010) Klimatische Land- und Forstwirtschaft der Stadt Syke: Waldbau im Zeichen des Klimawandels. Syke 13.09.2010.
- Spellmann H. (2011) Waldbau 2020 – Strategien für die Zukunft. Generalversammlung der Waldmärkerschaft Uelzen eG, 29.06.2011.
- Spellmann H. (2012) Waldbauliche Entscheidungshilfen zur Bewirtschaftung der Privatwälder im Celler Land. Festveranstaltung zum 75-jährigen Bestehen der FBG Celler Land in Celle-Groß Hehlen, 13.06.2012.
- Spellmann H. (2012) Bewirtschaftung der Fichte unter sich ändernden Rahmenbedingungen. Waldbauseminar 2012 „Waldentwicklung im Harz“ der Niedersächsischen Landesforsten in Lauterberg, 16.07.2012.
- Spellmann H. (2013) Die Kiefer – ein Auslaufmodell? Festveranstaltung zum 75-jährigen Bestehen der FBG Amelinghausen in Amelinghausen, 23.08.2013.
- Sybertz J., Reich M. (2011) Klimawandelbedingte Veränderungen in der Zusammensetzung von Vogellebensgemeinschaften am Beispiel des Naturraums Lüneburger Heide. Interdisziplinäre Expertentagung im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt am BfN, 22.-26.08.2011, Insel Vilm.

### Öffentlichkeitsarbeit

- [http://www.umwelt.niedersachsen.de/umweltbericht/klima/klimawandel\\_und\\_anpassung/regionale\\_klimaszenarien\\_niedersachsen/klimaaenderungen\\_niedersachsen/klimaaenderungen-in-niedersachsen-88594.html](http://www.umwelt.niedersachsen.de/umweltbericht/klima/klimawandel_und_anpassung/regionale_klimaszenarien_niedersachsen/klimaaenderungen_niedersachsen/klimaaenderungen-in-niedersachsen-88594.html)
- Beitrag Buche schlägt Fichte Hannoversche Allgemeine Zeitung und im GT, 11. September 2012.
- Beitrag von Eva Völker "Klimafolgen im Norden" 31.01.2012, 14:45 Uhr, in "Umwelt & Landwirtschaft".
- Klimawandel: Wenn im Harz der Schnee fehlt. Goslarsche Zeitung, 27.01.2012.
- Klimaschutz und Klimafolgenanpassung RegioNet Niedersachsen Nr. 20 / August 2011.
- Klimaexperte aus Lüneburg. Hamburger Abendblatt, 20.03.2011.
- Ein neues Image für die Heide. Auch die Lüneburger Heide bekommt ihn zu spüren, den Klimawandel. Hamburger Abendblatt, 20.03.2011.
- Tourismustag Niedersachsen 2011. Infolyer zum Projekt.

Heide-Urlauber besonders umweltbewußt. Hamburger Abendblatt, 28.02.2011.

Grüner Reisen - Die Bedeutung von Klima- und Umweltschutz im Tourismus wächst. magazin - deutschland.de. 28.02.2011.

Klimawandel: Nicht nur auf Schnee verlassen. Goslarsche Zeitung, 03.02.2011.

Broschüre: Klimawandel - Herausforderung für Staat und Gesellschaft 2009. 1.+2. Auflage  
"Pustebume"

## Forschungsthema 6 – Binnengewässer

### Wissenschaftliche Artikel (peer-reviewed)

- Belli A., Haberlandt U. (2012) Stochastic precipitation modeling using circulation patterns to analyze climate impact on floods. *Advances in Geosciences* 32, 93–97.
- Fangmann A., Belli A., Haberlandt U. (2013) Trends in beobachteten Abflusszeitreihen in Niedersachsen. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, Heft 57.5, 196–205.
- Förster K., Gelleszun M., Meon G. (2012) A weather dependent approach to estimate the annual course of vegetation parameters for water balance simulations on the meso- and macroscale. *Advances in Geosciences* 32, 15–21.
- Gocht M. (2013) Ein einfaches Verfahren zur Wertermittlung in Hochwasserrisikoanalysen. *Wasserwirtschaft* 9, 2013, S. 36–41.
- Haberlandt U., Radtke I. (2013) Derived flood frequency analysis using different model calibration strategies based on various types of rainfall–runoff data; a comparison. *Hydrology and Earth System Sciences Discussion*, 10(8): 10379–10417.
- Haberlandt U., Hundecha Y., Pahlow M., Schumann A. (2011) Rainfall generators for application in flood studies. In: *Flood Risk Assessment and Management*. A. Schumann, Springer: 117–147.
- Haberlandt U. (2011) Interpolation of precipitation for flood modelling. In: *Flood Risk Assessment and Management*. A. Schumann, Springer: 35–52.
- Haberlandt U. (2010) From hydrological modelling to decision support. *Advances in Geosciences* 27, 11–19.
- Haberlandt U., Belli A., Hölscher J. (2010) Trends in beobachteten Zeitreihen von Temperatur und Niederschlag in Niedersachsen. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, Heft 54.1, 28–36.
- van der Heijden S., Haberlandt U. (2010) Influence of spatial interpolation methods for climate variables on the simulation of discharge and nitrate fate with SWAT. *Advances in Geosciences* 27, 91–98.
- Kreye P., Gocht M., Förster K. (2010) Entwicklung von Prozessgleichungen der Infiltration und des oberflächennahen Abflusses für die Wasserhaushaltsmodellierung. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, Heft 54.5, 268–278.
- Wallner M., Haberlandt U., Dietrich J. (2013) A one-step similarity approach for the regionalization of hydrological model parameters based on Self-Organizing Maps. *Journal of Hydrology*, 494: 59–71.
- Wallner M., Dietrich J., Haberlandt U. (2012) Evaluation of different calibration strategies for large scale continuous hydrological modelling. *Advances in Geosciences* 31, 67–74.

### Berichte

- Hölscher J., Petry U., Bertram M., Anhalt M., Schmidtke S., Haberlandt U., Müller H., v.d.Heijden S., Berndt C., Verworn A., Wallner M., Belli A., Dietrich J., Meon G., Förster K., Gelleszun M., Riedel G., Lange A., Eggelsmann F. (2012) Globaler Klimawandel – Wasserwirtschaftliche Folgenabschätzung für das Binnenland. *Oberirdische Gewässer Band 33*, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Norden - Ergebnisse KliBiW.
- Haberlandt U., Müller H., v.d.Heijden S., Verworn A., Berndt C., Dietrich J., Wallner M., Krause F. (2011) Regionalisierung von Klimabeobachtungsdaten und Klimavariablen der WETTREG- und REMO-Szenarien für Niedersachsen als Grundlage für mittel- bis großskalige Modellierungen. *Teilberichte der Projekte KliBiW und KLIFF – Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau, Leibniz Universität Hannover*.

## Wissenschaftliche Vorträge und Poster

- Belli A., Haberlandt U. (2011) A stochastic precipitation model conditioned on circulation patterns. EGU General Assembly 2011, Geophysical Research Abstracts, Vol. 13, Vienna.
- Förster K., Gelleszun M., Meon G. (2011) Witterungsabhängige Berechnung der jährlichen Vegetationsentwicklung für die meso- bis makroskalige Wasserhaushaltsmodellierung. Beitrag zum 15. Workshop Großskalige Hydrologische Modellierung Universität Innsbruck, 02.–04.November 2011, Igls-Vill / Innsbruck.
- Gelleszun M., Förster K., Riedel G., Meon G., Petry U. (2012) Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft in Niedersachsen – Ergebnisse modelltechnischer und hochwasserstatistischer Auswertungen. Wasser ohne Grenzen. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung Heft 31.12.
- Gocht M., Meon G. (2012) Optimization of multi reservoir system operation under climate change. Fourth International Conference on Water Resources and Renewable Energy Development in Asia, ASIA 2012, 26.–27. März 2012, Chiang Mai, Thailand.
- Gocht M. (2009) Großskalige Modellierung des Wasserhaushalts für die Klimafolgenforschung in Niedersachsen. 13. Workshop zur Großskaligen Hydrologischen Modellierung, 25.–27. November 2009, Dresden.
- Haberlandt U., Wallner M., Radtke I. (2013) Hydrological model calibration for flood prediction in current and future climates using probability distributions of observed peak flows and model based rainfall. EGU General Assembly 2013, Geophysical Research Abstracts, Vol. 15, Vienna.
- Haberlandt U., Belli A., Bárdossy A. (2012) Suitability of circulation patterns for statistical downscaling and change assessment of precipitation. 3rd Workshop on Statistical Methods for Hydrology and Water Resources Management, 1.–2. October 2012, Tunis.
- Haberlandt U., Belli A., Bárdossy A. (2011) Eignung von Großwetterlagen als Prämisse für das statistische Niederschlagsdownscaling. Tag der Hydrologie in Wien, Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 30.11.
- Haberlandt U., Radtke I. (2011) Reducing uncertainty in derived flood frequency analysis related to rainfall forcing and model calibration. Risk in Water Resources Management, Proc. Symposium H03, IUGG, Juli 2011, IAHS publ. 347: 10–15, Melbourne, Australia.
- Haberlandt U., Belli A., Wallner M. (2010) Rainfall and runoff trends and their relation – a case study in Lower Saxony. Proceedings IAHS Intern. Interdisciplinary Conference on Predictions for Hydrology, Ecology and Water Resources Management – HydroPredict 2010, 20.–23.September 2010, Praha.
- Haberlandt U., Belli A., Dietrich J. (2010) Trends von beobachteten Niederschlägen und Hochwasserabflüssen in Niedersachsen. Niedersächsisches Gewässerforum, 4.–3.Oktober 2010, Hildesheim.
- Hölscher J., Petry U., Richmann A. (2011) Klimawandel in Niedersachsen – Einfluss des Klimawandels auf die Oberflächengewässer. Tagung „Klimawandel in Niedersachsen – Auswirkungen auf Wasser und Boden“, 05.Mai 2011, LBEG Hannover.
- Hölscher J., Richmann A. (2009) Globaler Klimawandel – Folgen für die Wasserwirtschaft in Niedersachsen. Tagungsband des Internationalen Workshops „Folgen des Klimawandels/Klimaschutz“ 7 Seiten, 29.–30.September 2009, Poznan, Polen.
- Kreye P., Gelleszun M., Meon G. (2012) Ein landnutzungssensitives Bodenmodell für die meso- bis makroskalige Wasserhaushaltsmodellierung. Wasser ohne Grenzen. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 31.12.
- Meon G., Gocht M. (2012) Minimization of adverse Climate Change Impacts on Multi-Dam Systems by Optimized Operation. Proceedings of the International Symposium on Dams for a Changing World. 80th Annual Meeting and 24th Congress of ICOLD, 5 Juni 2012, pp. 1.33–1.38, Kyoto, Japan.
- Meyer S., Riedel G., Lichtenberg T., Meon G., Lange S. (2013) Operationelle Hochwasservorhersage in Niedersachsen mit dem Wasserhaushaltsmodell Panta Rhei. Simulation

- hydrologischer Systeme – Wie nah kommen wir der Realität? Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 33.13.
- Piayda A., Förster K., Riedel G. (2010) Prozessgleichungen für die Modellierung der Interzeption und Evapotranspiration. Nachhaltige Wasserwirtschaft durch Integration von Hydrologie, Hydraulik, Gewässerschutz und Ökonomie. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung Heft 30.10.
- Richmann A., Anhalt M., Hölscher J. (2010) Auswirkungen von Klimaänderungen auf Wasserdargebot, Hochwasserrisiko und Gewässerbelastung in Niedersachsen (KLIFWA). Niedersächsisches Gewässerforum, 4.–6. Oktober 2010, Hildesheim.
- Riedel G., Meon G., Förster K., Lange S., Lichtenberg T., Anhalt M. (2011) Panta Rhei – Hydrologisches Modellsystem für Forschung und Praxis in Niedersachsen. Hydrologie & Wasserwirtschaft – von der Theorie zur Praxis. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 30.11.
- Spring V., Pabst M., Rosenwinkel K.-H. (2011) Einzugsgebietsweite Modellierung zur Bewertung der Auswirkungen der Klimaveränderung auf die Punktquellen urbaner Gebiete. Vortrag auf dem Simba Anwendertreffen, 17.–18. Mai 2011, Magdeburg.
- Wallner M., Haberlandt U. (2013) Parameter regionalization using Self-Organizing Maps considering non-stationary climate conditions. Joint Assembly Gothenburg – IAHS – IAPSO – IASPEI, 22.–26. Juli 2013, Gothenburg, Schweden.
- Wallner M., Dietrich J., Haberlandt U. (2012) A Similarity Approach for the Regionalization of Hydrological Model Parameter Sets. EGU General Assembly 2012, Geophysical Research Abstracts, Vol. 14, Vienna.
- Wallner M., Haberlandt U., Dietrich J. (2011) A Similarity Approach for the Regionalization of Hydrological Model Parameter Sets. Poster, EGU General Assembly 2011, Geophysical Research Abstracts, Vol. 13, Vienna.
- Wallner M., Haberlandt U., Dietrich J. (2010) Evaluation of different calibration strategies with three optimisation algorithms. Evaluation of different calibration strategies for large scale continuous hydrological modelling with hourly time steps. Proceedings zum 14. Workshop Großskalige Hydrologische Modellierung, 3.–5. November 2010, Tutzing am Starnberger See.
- Wallner M., Dietrich J., Belli A., Verworn A., Haberlandt U. (2010) Evaluierung von WETTREG und REMO für Niederschlag und Temperatur im Aller-Leine-Einzugsgebiet. Poster zum Tag der Hydrologie 2010, Braunschweig.
- Weber A., Förster K. (2011) Ableitung des jahreszeitlichen Verlaufs von Vegetationsparametern auf Grundlage von Satellitenbeobachtungen und klimatologischen Aufzeichnungen für die Wasserhaushaltsmodellierung von Flusseinzugsgebieten in Niedersachsen. Hydrologie & Wasserwirtschaft – von der Theorie zur Praxis. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung Heft 30.11.

#### Veröffentlichungen in praxisorientierten Zeitungen und Zeitschriften für Akteure (Transfer)

- Forberg C., Restemeyer B., Haas A., Anhalt M., Hölscher J. (2013) Online-Umfrage zum Thema Hochwasser in Niedersachsen. „Bürger mit ins Boot holen – aber wie?“ Informationsdienst Gewässerkunde Flussgebietsmanagement, 2/2013: 2–4.
- Forberg C., Gerkenmeier B., Haas A., Anhalt M., Hölscher J. (2013) Hochwasserrisiken bewältigen – Information und Beteiligung der Öffentlichkeit. Informationsdienst Gewässerkunde Flussgebietsmanagement, 2/2013: 5–8.
- Forberg C., Gerkenmeier B., Haas A., Anhalt M., Hölscher J. (2013) Hochwasserrisiken bewältigen – Information und Beteiligung der Öffentlichkeit. Methoden und Maßnahmenkatalog für die wasserwirtschaftliche Praxis. Broschüre, Link: [www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/eghochwasserrisikomanagementrichtlinie/oeffentlichkeitsbeteiligung/informationsveranstaltungen/informationsveranstaltungen-117613.html](http://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/eghochwasserrisikomanagementrichtlinie/oeffentlichkeitsbeteiligung/informationsveranstaltungen/informationsveranstaltungen-117613.html)

- Empfehlungen für eine niedersächsische Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (2012) Mitarbeit: Richmann A., Hölscher J. in den Kapiteln 5.1 und Anhang 1, Link: [www.umwelt.niedersachsen.de/klimaschutz/aktuelles/107128.html](http://www.umwelt.niedersachsen.de/klimaschutz/aktuelles/107128.html)
- Klimapolitische Umsetzungsstrategie Niedersachsen. Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (2013) Mitarbeit: Richmann A., Hölscher J., Link: [www.umwelt.niedersachsen.de/klimaschutz/aktuelles/klimapolitische-umsetzungsstrategie-niedersachsen-113102.html](http://www.umwelt.niedersachsen.de/klimaschutz/aktuelles/klimapolitische-umsetzungsstrategie-niedersachsen-113102.html)
- Restemeyer B., Richmann A., Anhalt M., Hölscher J. (2012) Online-Umfrage zum Thema Hochwasser in Niedersachsen. „Bürger mit ins Boot holen – aber wie?“ Link: [www.nlwkn.niedersachsen.de/hochwasser\\_kuestenschutz/hochwasserschutz/onlinebefragung/hier-sind-sie-richtig-online-buergerbefragung-zum-thema-klimawandel-und-hochwas serrisiko-in-niedersachsen-102373.html](http://www.nlwkn.niedersachsen.de/hochwasser_kuestenschutz/hochwasserschutz/onlinebefragung/hier-sind-sie-richtig-online-buergerbefragung-zum-thema-klimawandel-und-hochwas-serrisiko-in-niedersachsen-102373.html)
- Restemeyer B., Richmann A., Anhalt M., Hölscher J. (2012) Online-Umfrage zum Thema Hochwasser in Niedersachsen. „Bürger mit ins Boot holen – aber wie?“ Korrespondenz Wasserwirtschaft (5), Nr. 9: 490–494.
- Richmann A., Hölscher J., NLWKN (2010) Forschungsprojekt zu Auswirkungen von Klimaänderungen auf Wasserdargebot, Hochwasserrisiko und Gewässerbelastung in Niedersachsen (KLIFWA). Umweltbericht des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt und Klimaschutz.
- Spring V., Pabst M., Rosenwinkel K.-H. (2011) Klimafolgenforschung in Niedersachsen unter besonderer Berücksichtigung siedlungswasserwirtschaftlicher Aspekte. Korrespondenz Abwasser, Abfall 85 (2), 145–151.

#### Vorträge/Poster für Akteure, Organisation von Workshops für Akteure (Transfer)

- Hölscher J., Richmann A. (2009) Globaler Klimawandel – Folgen für die Wasserwirtschaft in Niedersachsen. Internationaler Workshop „Folgen des Klimawandels, Klimaschutz, 29.–30.09.2009, Poznan/Polen.
- Hölscher J., Petry U., Richmann A. (2011) Klimawandel in Niedersachsen – Einfluss des Klimawandels auf die Oberflächengewässer. Tagung „Klimawandel in Niedersachsen – Auswirkungen auf Wasser und Boden“, 05.05.2011, LBEG Hannover.
- Restemeyer B. (2012) Climate change and flood risk – How to inform and involve citizens in future? Results from an online survey in Lower Saxony. MARE meeting am 21.06.2012 in Hannover.
- Restemeyer B. (2013) Öffentliche Wahrnehmung von Hochwasserrisiko und Klimawandel. Niedersächsisches Gewässerforum 23.09.2013 in Hildesheim, Link: <http://www.nlwkn.niedersachsen.de/wasserwirtschaft/veranstaltungen/niedersaechsisches-gewaesserforum/das-niedersaechsische-gewaesserforum-87032.html>
- Richmann A., Anhalt M., Hölscher J. (2010) Auswirkungen von Klimaänderungen auf Wasserdargebot, Hochwasserrisiko und Gewässerbelastung in Niedersachsen (KLIFWA). Niedersächsisches Gewässerforum, Poster, 04.–05.10.2010 in Hildesheim.
- Richmann A. (2010) Auswirkungen von Klimaänderungen auf Wasserdargebot, Hochwasserrisiko und Gewässerbelastung in Niedersachsen. NLWKN-Workshop „Arbeitsgespräch Klimawandel-Wasserwirtschaft“, 20.09.2010, Hildesheim.
- Richmann A. (2011) Implementierung der Auswirkungen des Klimawandels in die Wasserwirtschaft im Binnenland. Themenworkshop „Wasser“ der IMPLAN-AG des KLIF-Querschnittsthemas QT2, 24.03.2011, Hannover.

#### Öffentlichkeitsarbeit

- Forberg C., Anhalt M. (2013) Hochwasserrisiken bewältigen – Bürger sensibilisieren und Akzeptanz schaffen. Informations-Flyer.

## Forschungsthema 7 – Küste

### Wissenschaftliche Artikel (peer-reviewed)

- Dissanayake D.M.P.K., Miani M., Knaack H., Niemeyer H.D., Roelvink J.A. (2012) Modelling morphodynamic response of a tidal basin to an anthropogenic effect: Ley Bay, East Frisian Wadden Sea – applying tidal boundary only and different sediment fractions. *Coastal Engineering*, 67, pp. 14–28.
- Dissanayake D.M.P.K., Wurpts W. (2013) Modelling an anthropogenic effect of a tidal basin evolution applying tidal and wave boundary forcings: Ley Bay, East Frisian Wadden Sea. *Coastal Engineering*, 82, pp. 9-24.
- Förster K., Gelleszun M., Meon G. (2012) A weather dependent approach to estimate the annual course of vegetation parameters for water balance simulations on the meso- and macroscale. *Adv. Geosci.*, 32, 15-21, doi: 10.5194/adgeo-32-15-2012.
- Gaslikova L., Grabemann I., Groll N. (2013) Changes in North Sea storm surge conditions for four transient future climate realizations. *Nat Hazards*, doi: 10.1007/s11069-012-0279-1.
- Groll N., Grabemann I., Gaslikova L. (2014) North Sea wave conditions: an analysis of four transient future climate realizations. In: *Ocean Dynamics*. Vol. 64 (2014) 1, 1 - 12. doi: 10.1007/s10236-013-0666-5.
- Schmidt A., Striegnitz M., Kuhn K. (2012) Integrating regional perceptions into climate change adaptation: a transdisciplinary case study from Germany's North Sea Coast. In: *Reg Environ Change*, Journal no. 10113. doi: 10.1007/s10113-012-0338-x.
- Weisse R., von Storch H., Niemeyer H.D., Knaack H. (2011) Changing North Sea storm surge climate: An increasing Hazard? *Ocean and Coastal Management – Special issue*, Elsevier, Amsterdam.
- Weisse R., von Storch H., Niemeyer H., Knaack H. (2012) Changing North Sea storm surge climate: An increasing hazard? *Ocean and Coastal Management* 68: 58-68.
- Wolff J.-O., Lettmann K.A. (2010) High resolution modeling of hydro- and sediment dynamics with structured and unstructured grids. In: *Modern computational science 10: lecture notes from the 2nd International Summer School Oldenburg, August 9 - 20, 2010 / Leidl R., Hartmann A.K. (eds.) - Oldenburg, 2010, S. 343-395. - ISBN: 978-3-8142-2214-1.*
- Wolff J.-O., Lettmann K.A., Grashorn S. (2011) Wird es die ostfriesischen Inseln im Jahr 2100 noch geben? Auswirkungen des prognostizierten Klimawandels auf die Sediment- und Hydrodynamik im Ostfriesischen Wattenmeer. In: *Forschung im HLRN-Verbund 2011 / HLRN. Red. Volkard Linke - Berlin, 2011, S. 72-73. ISBN: 978-3-00-034131-1.*
- Yang J., Graf T., Herold M., Ptak T. (2013) Modelling the effects of tides and storm surges on coastal aquifers using a coupled surface–subsurface approach. *Journal of Contaminant Hydrology*, 149, 61–75.
- Zorndt A., Schlurmann T. (2014) Investigating impacts of climate change on the Weser Estuary. *Die Küste*, 80, in press.

### Veröffentlichungen im Rahmen von Tagungen und Konferenzen

- Dissanayake D.M.P.K., Miani M., Knaack H., Kaiser R., Niemeyer H.D., Roelvink J.A. (2010) Effect of the Leyhörn peninsula on the Ley Bay morphology, the East Frisian Wadden Sea – a process based approach. *Proc. 15th Physics of Estuaries and Coastal Seas, Colombo, Sri Lanka.*
- Dissanayake D.M.P.K., Miani M., Knaack H., Roelvink D. (2012) Intercomparison of Sediment Transport Formulas in long term morphodynamics. *16th Physics of Estuaries and Coastal Seas, Manhattan, USA.*
- Dissanayake D.M.P.K., Wurpts W., Miani M., Knaack H. (2012) Modelling anthropogenic effect of a tidal basin evolution. In: *Lynett P. and McKee Smith J. (ed.): Proceedings of 33rd Conference on Coastal Engineering, Santander, Spain, 2012.*

- Grashorn S., Lettmann K.A., Wolff J.-O. (2013) East-Frisian Wadden Sea hydrodynamics and wave propagation in an unstructured-grid model. Coastal Dynamics 2013, 24-28 June 2013, Arcachon, France, abstract, pp. 1–2.
- Grashorn S., Lettmann K.A., Wolff J.-O., Badewien T.H., Stanev E.V. (2013) East-Frisian Wadden Sea hydrodynamics and wave propagation in an unstructured-grid model. Coastal Dynamics 2013, 24-28 June 2013, Arcachon, France, extended abstract, pp. 1–13.
- Herrling G., Knaack H., Kaiser R., Niemeyer H.D. (2011) Evaluation of Design Water Levels at the Ems-Dollard Estuary considering the Effect of Storm Surge Barrier. In: J. McKee Smith (ed.). Proc. 32nd Int. Conf. o. Coast. Engg. Shanghai/China. Wiley, New Jersey/Singapore.
- Kaiser R., Knaack H., Miani M., Niemeyer H.D. (2010) Examination of Climate Change adaptation strategies for Coastal Protection. In: McKee Smith, J. and Lynett, P. (ed.): Proceedings of the 32nd International Conference on Coastal Engineering, 2010, Shanghai.
- Kaiser R., Knaack H., Miani M., Niemeyer H.D. (2011) Examination of Climate Change Adaptation Strategies for Coastal Protection. In: McKee Smith J. (ed.): Proc. 32nd Int. Conf. o. Coast. Engg. Shanghai/China. Wiley, New Jersey/Singapore.
- Niemeyer H.D. (2010) Protection of Coastal Lowlands: Are Alternative Strategies a Match to Effects of Climate Change. In: Proceedings of 17th IAHR-APD Conference, Auckland/New Zealand, S. 811-820.
- Niemeyer H.D., Kaiser R., Knaack H., Dissanayake D.M.P.K., Miani M., Elsebach J., Berkenbrink C., Herrling G., Ritzmann A. (2011a) Evaluation of Coastal Protection Strategies for Lowlands in Respect of Climate Change. In: Valentine E.M., Apelt C.J., Ball J., Chanson H., Cox R., Ettema R., Kuczera G., Lambert M., Melville B.W., Sargison J.E. (ed.): Proceedings of the 34th World Congress of the International Association for Hydro-Environment Research and Engineering: 33rd Hydrology and Water Resources Symposium and 10th Conference on Hydraulics in Water Engineering. Barton, A.C.T.: Engineers Australia, S. 1218-1225.
- Niemeyer H.D., Berkenbrink C., Miani M., Ritzmann A., Dissanayake D.M.P., Knaack H., Wurpts A., Kaiser R. (2011b) Coastal Protection of Lowlands: Are Alternative Strategies a Match to Effects of Climate Change. In: Schüttrumpf H., Tomassicchio G.R. (ed): Proceedings of the 5th International Short Conference on Applied Coastal Research. S. 299 – 307.
- Zorndt A., Schlurmann T., Grabemann I. (2012) The influence of extreme events on hydrodynamics and salinities in the Weser Estuary in the context of climate impact research. In: Lynett P and McKee Smith J. (ed.): Proceedings of 33rd Conference on Coastal Engineering, Santander, Spain, 2012.

#### Wissenschaftliche Vorträge

- Berkenbrink C. (2013) Evaluation of Coastal Protection Strategies with Respect to Climate Change. European Climate Change Adaptation Conference (ECCA 2013), Hamburg, 18.03.2013.
- Grabemann I., Groll N., Gaslikova L., Weisse R., Möller J. (2013) North Sea wave conditions under climate change scenarios. 6th International Conference on Water Resources and Environmental Research – Water and Environment Dynamics (ICWRER), Koblenz, 03.-07.06.2013.
- Grabemann I., Groll N., Gaslikova L., Weisse R. (2013) Extreme marine events in the North Sea and their changes due to expected anthropogenic climate change. European Climate Change Adaptation Conference (ECCA), Hamburg, 18.-20.03.2013.
- Grabemann I., Groll N., Gaslikova L. (2012) Climate change impact estimates for extreme marine events in the German Bight (North Sea). European Geosciences Union (EGU) General Assembly, Wien, Österreich, 22.-27.04.2012.

- Grabemann I., Groll N., Weisse R. (2011) North Sea wave climate projections for anthropogenic climate change: an ensemble study. WCRP-JCOMM Workshop, Genf, Schweiz, 14.-17.04.2011.
- Grabemann I., Meyer E.M.I., Weisse R., Woth K. (2010) Impact of climate change on wind and storm surge conditions in the outer Elbe estuary (North Sea). European Geosciences Union (EGU) General Assembly, Wien, Österreich, 02.-07.05.2010.
- Groll N., Weisse R., Grabemann I. (2013) Wave hindcast and climate change scenario simulations for the North Sea and the Baltic Sea. 13th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting & 4th Coastal Hazards Symposium, Banff, Kanada, 27.10-01.11.2013.
- Groll N. (2012) Climate Scenarios for the North Sea. Kick-off Meeting of the Georisks projects 'FutureEms' and 'PACE', Hanse-Wissenschaftskolleg, Delmenhorst, 06.03.2012.
- Groll N., Grabemann I. (2011) Expected future changes in the joint distribution of storm surges and waves in the North Sea due to anthropogenic climate change. European Geosciences Union (EGU) General Assembly, Wien, Österreich, 03.-08.04.2011.
- Groll N., Grabemann I. (2011) North Sea Wave and storm surge conditions for an ensemble of climate change scenarios: an integrated analysis. European Geosciences Union (EGU) General Assembly, Wien, Österreich, 03.-08.04.2011.
- Herold M., Alhaqurahman I.M., Ryan N.T., Ptak T. (2013) Quantifizierung der Reaktion des Grundwassersystems auf veränderte hydraulische und hydrologische Randbedingungen als Folge der Klimaänderung. KLIFF Abschlusstagung, 09.03.2013, Göttingen.
- Knaack H. (2013) Modelling of Design Water Levels and Design Wave Conditions in the Ems Estuary in the Context of Climate Change. European Climate Change Adaption Conference (ECCA), Hamburg 18.-20.03.2013.
- Kuhn K., Schmidt A., Striegnitz M. (2010) Adaptation of Coastal Protection to Climate Change: A Transdisciplinary Approach to Viable Strategies. ISA World Congress of Sociology 2010, Göteborg, Schweden, 14.07.2010.
- Kuhn K., Schmidt A., Striegnitz M. (2010) Developing Strategies against the Risks of Severe Storm Surges: Opportunities for the Integration of Different Stakeholder Perspectives. Storm Surges Congress 2010 – Risk and Management of Current and Future Storm Surges (by LOICZ and GKSS), University of Hamburg, 13.09.2010.
- Kuhn K., Schmidt A., Striegnitz M. (2010) Changes in the Coastal Climate: Stakeholder's Perceptions of Time Scales for Future Coastal Protection Strategies. PhD Training School on Global Environmental Governance at Mykolas Romeris University in Vilnius, COST Action NR. ISO802, The Transformation of Global Environmental Governance: Risks and Opportunities, 29.09.2010.
- Lüdecke G., Schmidt A., Striegnitz M. (2013) Reflexive Multi-Criteria Evaluation as a tool to integrate Multiple Values into Decision-Making – a Case Study from Germany. I2S – First Global Conference on Research Integration & Implementation. Canberra, Australia, 09.09.2013.
- Schmidt A., Kuhn K., Striegnitz M., Willert M. (2011) Transdisciplinary Evaluation of Different Coastal Adaptation Strategies: Integrating Regional Perceptions of Scientists, Practitioners and the Public. LOICZ Open Science Conference "Coastal Systems, Global Change and Sustainability", Yantai, China, 12.-15.09.2009.
- Schmidt A., Kuhn K., Striegnitz M. (2011) Transdisciplinary Strategy Development for Coastal Protection in Urban Areas: The Integration of Scientists' and Practitioners' Perspectives. Young LOICZ Forum "Enhancing Capacities for Global Change Mitigation in Asia-Pacific Coastal Zones", Yantai, China, 08.-15.09.2009.
- Schmidt A., Kuhn K., Striegnitz M. (2011) Transdisciplinary Governance of Coastal Zones: Coming to Terms with the Regional and Temporal Effects of Global Climate Change in the Southern North Sea. Colorado Conference on Earth System Governance: Crossing Boundaries and Building Bridges, Colorado State University.

- Schmidt A., Kuhn K., Striegnitz M. (2011) From Inter- to Transdisciplinarity: Integrating Perceptions of Scientists and Practitioners in the Evaluation of different Coastal Adaptation Strategies. 4th Workshop on Adaptation Research in Social Sciences. Implementor, Networker, Governance Facilitator? HafenCity University Hamburg, 06.04.2011.
- Schmidt A. (2012) Transdisciplinary Evaluation of Alternative Adaptation Strategies – Value-Tree Method as a Tool to Integrate Multiple Values of Science, Practice and the General Public into Decision-Making. IGC Cologne 2012 Down to Earth – 32nd International Geographical Congress, Universität zu Köln, 30.08.2012.
- Schmidt A. (2012) Integration verschiedener Wertorientierungen in die Entwicklung einer zukunftsfähigen Küstenschutzstrategie, Klimaanpassungsforschung für Politik und Praxis – Akteure, Instrumente, Institutionen. 5. Workshop des Netzwerks Sozialwissenschaftliche Klimaanpassungsforschung, IÖW Dresden, 30.11.2012.
- Schmidt A., Lüdecke G., Striegnitz M. (2013) Reflexive Multi-Criteria Evaluation as a Tool to Integrate Multiple Values of Scientists and Stakeholders. 1. European Climate Change Adaptation Conference (ECCA), Hamburg, 18.-20.03.2013.
- Zorndt A., Krämer K., Saalbach J., Schlurmann T., Grabemann I. (2012) The influence of extreme events on hydrodynamics and salinities in the Weser Estuary in the context of climate impact research. International Conference on Coastal Engineering, Santander, Spain, 03.07.2012.
- Zorndt A. (2012) Modeling salt intrusion with a semi-implicit Eulerian-Lagrangian Finite-Element Model - A parameter study of the Weser Estuary. 11th International Workshop on Multi-scale (Un)-structured mesh numerical Modelling for coastal, shelf and global ocean dynamics, 29.08.2012, Delft, Niederlande.
- Zorndt A., Saalbach J., Krämer K., Goseberg N., Schlurmann T. (2012) Application of 3D baroclinic module on German Bight estuaries and a small tidal harbor. SELFE online user meeting, 09.01.2012.
- Zorndt A., Saalbach J., Schlurmann T. (2011) Modelling salt intrusion into the Weser Estuary using a semi-implicit Eulerian-Lagrangian finite-element approach comparing different advection schemes for salinity calculation. 10th International Workshop on Multiscale Unstructured Mesh Numerical Modelling for coastal, shelf and global ocean dynamics, 22.08.2011, Bremerhaven.
- Zorndt A., Schlurmann T. (2013) Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels auf Hydrodynamik und Salzgehalte des Weserästuars. KLIFF-Tagung „Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien“. 2. Und 3.9.2013, Göttingen.
- Zorndt A., Wurpts A., Schlurmann T. (2010) Influence of hydrodynamic boundary conditions on dune migration and associated sand transport rates in the Elbe Estuary. 15th Physics of Estuaries and Coastal Seas Symposium, 17.10.2010, Colombo, Sri Lanka.
- Zorndt A., Wurpts A., Schlurmann T. (2011) Aufbau und Kalibrierung eines 3D-hydrodynamisch-numerischen Ästuarmodells zur Abb. der Salzintrusion in tidebeeinflussten Gewässern unter Berücksichtigung von Klimaszenarien. 8. FZK-Kolloquium - Maritimer Wasserbau und Küsteningenieurwesen, Forschungszentrum Küste, Hannover.

#### Wissenschaftliche Poster

- Berkenbrink C., Miani M., Ritzmann A., Wurpts A., Kaiser R., Niemeyer H.D. (2013) Evaluierung alternativer Strategien für den Küstenschutz von Niederungsgebieten. Küstentagung 2013, Hamburg.
- Gaslikova L., Grabemann I. (2013) Regional and local changes in tidal dynamics of the North Sea due to sea level rise: a case study. AGU Fall Meeting 2013, San Francisco, 09.12-13.12.2013.
- Gaslikova L., Grabemann I., Groll N., Weisse R. (2013) Future climate projections for North Sea water levels and waves and related uncertainties. Int. Conf. Climate Change and Regional Response, Dresden, 27.05-29.05.2013.

- Grabemann I., Groll N., Gaslikova L., Meyer E.M.I., Weisse R. (2010) Climate change impact estimates for North Sea surge and wave conditions. International Storm Surge Congress, Hamburg, Germany, 13.-17.09.2010.
- Grashorn S., Lettmann K.A., Wolff J.-O. (2011a) Modelling wave propagation and sediment dynamics in the East-Frisian Wadden Sea. YOUMARES 2011, 07.-09.11 2011, Bremerhaven.
- Grashorn S., Lettmann K.A., Wolff J.-O. (2011c) Modelling wave propagation and sediment dynamics in the East-Frisian Wadden Sea. IMUM 2011, Bremerhaven.
- Grashorn S., Lettmann K.A., Wolff J.-O. (2011d) Modelling wave propagation and wave-current interaction in the East-Frisian Wadden Sea with the unstructured-mesh modelling system FVCOM-SWAVE. European Geosciences Union General Assembly 2013, Vienna, Austria. Geophysical Research Abstracts (Vol. 13, p. 2222).
- Grashorn S., Lettmann K.A., Wolff J.-O. (2012) Modelling wave propagation and hydrodynamics in the East-Frisian Wadden Sea. JONSMOD 2012, Brest, France.
- Groll N., Grabemann I., Gaslikova L., Weisse R. (2013) Wasserstands- und Seegangsänderung in der Nordsee in Klimaänderungsszenarien. Einladung zum Dialog Küstenforschung, Küstennutzung und Küstenschutz, Handelskammer Hamburg 04.03-06.03.2013.
- Herold M., Yang J., Graf T., Ptak T. (2012) Saltwater Intrusion and Storm Surge Processes in Coastal Areas under Climate Change: A Modelling Study in Northern Germany. Poster, American geophysical Union, Fall Meeting 2012, San Francisco, USA.
- Knaack H., Berkenbrink C., Wurpts A., Kaiser R., Niemeyer H.D. (2013) A-KÜST: Ermittlung von Extremen zur Bemessung von Küstenschutzwerken bei Klimaänderungsfolgen. Tagung: Küstenforschung, Küstennutzung und Küstenschutz, Hamburg 04.-06.03.2013.
- Lettmann K.A., Wolff J.-O. (2012) Optimization of the Model System FVCOM-SWAVE for long-term Morphodynamic Applications. 11th International Workshop on Multi-scale (Un)structured mesh numerical Modelling for coastal, shelf and global ocean dynamics, IMUM 2012, Delft, The Netherlands.
- Lettmann K.A., Wolff J.-O. (2013) Optimization of the Model System FVCOM-SWAVE for long-term Morphodynamic Applications. European Geosciences Union General Assembly 2013, Vienna, Austria, ISSN 1607-7962.
- Lettmann K.A., Wolff J.-O. (2013) Optimization of the Model System FVCOM-SWAVE for long-term Morphodynamic Applications. Poster Presentation on KLIFF Congress "Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien". 2. Und 3.9.2013, Göttingen, Germany.
- Lüdecke G., Schmidt A., Striegnitz M. (2013) Reflexive Multi-Criteria Evaluation as a tool to integrate Multiple Values into Decision-Making – a Case Study from Germany. First Global Conference on Research Integration & Implementation. Canberra, Australia, 08.-11.09.2013.
- Niemeyer H.D. (2010b) Protection of Coastal Lowlands: Are Alternative Strategies a Match to Effects of Climate Change. In: Gerstengarbe, W.F. (ed.) Poster Session Conference Continents under Climate Change. Potsdam, Institut für Klimafolgenforschung.
- Niemeyer H.D. (2011) Klimaänderungsfolgen für den Küstenschutz. Regionalkonferenz des Bundes und der norddeutschen Küstenländer, Hamburg. 30.-31.03.2011.
- Niemeyer H.D. (2011) Klimaprojektionen und Belastungsszenarien. Regionalkonferenz des Bundes und der norddeutschen Küstenländer, Hamburg. 30.-31.03.2011.
- Niemeyer H.D. (2011) Alternativstrategien. Regionalkonferenz des Bundes und der norddeutschen Küstenländer, Hamburg. 30.-31.03.2011.
- Schmidt A., Kuhn K., Striegnitz M. (2010) Developing Strategies against the Risks of Severe Storm Surges: Opportunities for the Integration of Different Stakeholder Perspectives. Storm Surges Congress 2010 – Risk and Management of Current and Future Storm Surges (by LOICZ and GKSS), University of Hamburg, 13.09.2010.

- Schmidt A., Kuhn K., Striegnitz M. (2011) Transdisciplinary Evaluation of Different Coastal Adaptation Strategies: Integrating Regional Perceptions of Scientists, Practitioners and the Public. LOICZ Open Science Conference 2011 "Coastal Systems, Global Change and Sustainability", Yantai, China. 12.-15.09.2011.
- Schmidt A., Kuhn K., Striegnitz M., Willert M. (2011) Transdisciplinary Evaluation of Different Coastal Adaptation Strategies: Integrating Regional Perceptions of Scientists, Practitioners and the Public. LOICZ Open Science Conference "Coastal Systems, Global Change and Sustainability", Yantai, China. 12.-15.09. 2011.
- Zorndt A., Krämer K., Saalbach S., Schlurmann T. (2012) An integrated approach for investigating the impacts of climate change on the Weser Estuary. Physics of Estuaries and Coastal Seas Symposium, 13.08.2012, New York, USA.

#### Veröffentlichungen in praxisorientierten Zeitungen und Zeitschriften für Akteure (Transfer)

- Kreye P., Gelleszun M., Meon G. (2012) Ein landnutzungssensitives Bodenmodell für die meso- und makroskalige Wasserhaushaltsmodellierung. In: Weiler M. (Hrsg.): Wasser ohne Grenzen. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung Heft 31.12.
- Kreye P., Gocht M., Förster K. (2010) Entwicklung von Prozessgleichungen der Infiltration und des oberflächennahen Abflusses für die Wasserhaushaltsmodellierung. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 5.
- Kreye P., Harjung J. (2013) Analyse und Optimierung von Elementarflächengrößen für die Wasserhaushaltsmodellierung. In: Weingartner R. und Schädler B. (Hrsg.): Wasserressourcen im globalen Wandel. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung Heft 32.13.
- Niemeyer H.D., Kaiser R., Berkenbrink C, Knaack H., Wurpts A. (2012) Evaluation alternativer Küstenschutzstrategien in Niedersachsen. Wasser und Abfall 14, Nr. 7/8, 21-26.

#### Vorträge vor Akteuren, Organisation von Workshops für Akteure (Transfer)

- Berkenbrink C. (2013) Belastungen von Küstenschutzwerken bei Klimaänderungen und alternative Strategien im Insel- und Küstenschutz. Beirat des FT A-KÜST, Oldersum, 26.06.2012.
- Grabemann I., Gaslikova L., Groll N., Meyer E.M.I., Weisse R. (2013) Langfristige Änderungen von Sturmaktivität, Wasserständen und Seegang in der südlichen Nordsee. 13. Forum Katastrophenvorsorge "Katastrophenvorsorge zwischen alten Strukturen und neuen Herausforderungen, Hamburg, 11.-12.12.2013.
- Grabemann I., Groll N., Gaslikova L., Weisse R. (2012) Klimaszenarien und ihre Auswirkungen auf die Wasserstände in der Nord- und Ostsee. "Hydrologische Gespräch", Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Flintbek, 04.05.2012.
- Grabemann I., Groll N., Gaslikova L., Weisse R. (2012) Auswirkungen von Klimaszenarien auf Wasserstand und Seegang in der Nordsee. NNA Alfred Töpfer Akademie für Naturschutz und Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer, Fachtagung "Naturschutz im Zeichen des Klimawandels – Szenarien für Arten- und Biotopschutz im Wattenmeer", Schneverdingen, 22.03.2012.
- Grabemann I. (2011) Klimaänderungsszenarien: Regionalisierung für Norddeutschland und Auswirkungen auf Sturmfluten und Seegang. Klimaanpassung Küstenregion, Regionalkonferenz des Bundes und der norddeutschen Küstenländer, Hamburg, 30.-31.03.2011.
- Kaiser R. (2009) Vorhaben A-KÜST, Struktur und Ziele. Beirat des FT A-KÜST, Gandersum, 11.03.2009.
- Kaiser R. (2011) Herausforderungen für Küstenschutz und Wasserwirtschaft. Klimaanpassung Küstenregion - Regionalkonferenz des Bundes und der Küstenländer, Hamburg 30.03.2011.

- Knaack H. (2011) Ermittlung von Bemessungswasserständen für das Szenario eines erhöhten Meeresspiegels und wachsender Sturmstärken. Beirat des FT A-KÜST, Emden, 22.03.2011.
- Kuhn K., Schmidt A., Striegnitz M. (2010) Klimawandel und Küstenschutz: Müssen sich Wissenschaft und Gesellschaft wandeln? Ergebnisse einer Diskursstudie unter den Akteuren des Küstenschutzes in der Ems-Dollart-Region. Vortragsreihe „Perspektiven wandeln“, KHG/EKH Lüneburg, 20.04.2010.
- Niemeyer H.D. (2011) Belastungsszenarien für den Küstenschutz bei Klimaänderung. Klimaanpassung Küstenregion - Regionalkonferenz des Bundes und der Küstenländer, Hamburg 31.03.2011.
- Niemeyer H.D. (2009) Klimawandel: Sind alternative Strategien im Küstenschutz sinnvoll? Beirat des FT A-KÜST, Gandersum, 11.03.2009.
- Niemeyer H.D. (2009) Auswirkungen des Klimawandels auf den Küstenschutz – Vorstellung der Forschung an der Küste. Europäischer Tag der Meere: Von der integrierten Meerespolitik der EU zur niedersächsischen Nordseeküste. Euro. Europäisches Informationszentrum Niedersachsen, Norddeich, 19.05.2009.
- Niemeyer H.D. (2009) Alternativen zum Deichbau: Welche gibt es? Wie sind sie zu bewerten? Friesenkongress: Gezeitenwechsel – Klimawandel und Küstenschutz, Leer, 13.06.2009.
- Niemeyer H.D. (2010) Untersuchungsfortschritte im Forschungsthema A-KÜST. Beirat des FT A-KÜST, Leer, 11.10.2010.
- Niemeyer H.D. (2010) Möglichkeiten der Nutzung von Ergebnissen des Forschungsthemas A-KÜST für die Regierungskommission Anpassungsstrategie Niedersachsen. Sitzung im Niedersächsischen Umweltministerium, Hannover, 05.11.2010.
- Niemeyer H.D. (2011) Sind alternative Strategien im Küstenschutz bei Klimaänderungsfolgen ein geeignetes Mittel? RISK 2.0 Neuer Umgang mit alten Naturgefahren, 11. Forum Katastrophenvorsorge, Deutsches Geo-Forschungszentrum, Potsdam, 18.01.2011.
- Niemeyer H.D. (2011) Anforderungen an den zukünftigen Küstenschutz bei Klimaänderungsfolgen. KLIFF-IMPLAN Workshop, Oldenburg, 17.02.2011.
- Niemeyer H.D. (2011) Neue Untersuchungsergebnisse zu den Strategien Rückzug, Rückdeichung und Staffelung und geplantes weiteres Vorgehen im Forschungsthema A-KÜST. Beirat des FT A-KÜST, Emden, 22.03.2011.
- Niemeyer H.D. (2011) Klimaanpassung Küstenregion: Belastungsszenarien zur Evaluierung von Alternativstrategien. Regionalkonferenz des Bundes und der Küstenländer, Hamburg 30.03.2011.
- Schmidt A., Lüdecke G., Striegnitz M. (2013) Reflexive Multikriterielle Evaluation – Ein Instrument zur antizipativen Konfliktminderung bei Strategieentscheidungen im Küstenschutz. Küstentagung: Küstenforschung, Küstennutzung und Küstenschutz, Hamburg, 04.-06.03.2013.
- Wurpts A. (2012) Forschungsthema A-Küst und Einbindung in die Zuarbeit zu den Empfehlungen für eine niedersächsische Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Deichkonferenz des Wasserverbandstags Niedersachsen, Bremen und Sachsen-Anhalt, Jever, 09.10.2012.

### Öffentlichkeitsarbeit

Im Rahmen der zwei Bevölkerungsbefragungen wurden am 28.05.2010 in Emden, am 23.10.2010 in Pilsum und am 06.11.2012 in Leer je eine Pressekonferenz veranstaltet.

In diesem Zusammenhang wurden vier Pressemitteilungen zur Information der Bevölkerung über das Vorhaben herausgegeben, die zu insgesamt 20 Presseberichten, Artikeln sowie zwei Rundfunkberichten führten:

„Klimawandel und Küstenschutz: Die Meinung der Bevölkerung in Ostfriesland ist gefragt“ herausgegeben am 28.05.2010

„Countdown läuft: Umfrage zu Klimawandel und Küstenschutz in Ostfriesland“ herausgegeben am 22.06.2010, „Klimawandel und Küstenschutz: Gewinner aus der Meinungsumfrage erhalten Preise“ herausgegeben am 23.10.2010

„Klimawandel und Küstenschutz: Lüneburger Forscher fangen erneut die Meinung der Bevölkerung ein“ herausgegeben am 06.11.2012

„Abenteuer Forschung“, Ostfriesland Magazin 01/2013

Titelbericht: „Wie hoch steigt das Wasser?“ und „Vor uns die Sintflut?“, National Geographic Deutschland 09/2013

## Querschnittsthema 2 – Raumplanung

### Wissenschaftliche Artikel (peer-reviewed)

- Birkmann J., Ebert S., Franck E. et al. (2012) Forschungsperspektiven und Handlungsempfehlungen für die Raum- und Umweltentwicklung. In: Birkmann J., Schanze J., Müller P., Stock M. (Hrsg.) Anpassung an den Klimawandel durch räumliche Planung – Grundlagen, Strategien, Instrumente. E-Paper der ARL Nr. 13, Hannover. S. 179-185.
- Birkmann J., Franck E. et al. (2012) „Zugspitz-Thesen“: Klimawandel, Energiewende und Raumordnung. Positionspapier aus der ARL Nr. 90. Hannover.
- Franck E. (2010) Klimaanpassung in der räumlichen Planung in Niedersachsen. Das Forschungsprojekt KLIFF-IMPLAN. In: Matern A., von Löwis S., Bruns A. (Hrsg.) Integration – Aktuelle Anforderungen und Strategien in der Stadt-, Raum- und Umweltplanung. Arbeitsmaterial der ARL Nr. 353. Hannover. S. 101-109.
- Franck E. (2011) Adaptability of Regional Planning in Lower Saxony to Climate Change. In: Müller B. (Hrsg.) Urban Regional Resilience: How do Cities and Regions deal with Change? German Annual of Spatial Research and Policy 2010. Berlin/Heidelberg. S. 121-125.
- Franck E. (2012) Maisanbau in Niedersachsen. Ansätze für raumplanerische Steuerungsmöglichkeiten. In: Standort – Zeitschrift für Angewandte Geographie, Vol. 36, H. 4. Seite 194-198.
- Franck E. (2013) Raumplanerische Steuerungsmöglichkeiten und regionale Governance beim landwirtschaftlichen Energiepflanzenanbau am Beispiel Niedersachsen. In: Klagge B., Arbach C. (Hrsg.) Governance-Prozesse für erneuerbare Energien. Arbeitsberichte der ARL 5. Hannover. S. 79-93.
- Franck E. (2014) Klimafolgenanpassung in der Raumordnung. Niedersächsische Forschungsergebnisse im Vergleich. RaumPlanung, H. 173/ 2-2014, S. 60-64.
- Franck E., Fleischhauer M., Frommer B., Büscher D. (2013) Klimaanpassung durch strategische Regionalplanung. In: Birkmann J., Vollmer M., Schanze J. (Hrsg.) Raumentwicklung im Klimawandel. Herausforderungen für die räumliche Planung. Forschungsberichte der ARL 2. Hannover. Forschungsberichte der ARL 2. URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0156-07302>.
- Franck E., Overbeck G. (2012) Raumplanerische Strategien vor dem Hintergrund des Klimawandels. In: Birkmann J., Schanze J., Müller P., Stock M. (Hrsg.) Anpassung an den Klimawandel durch räumliche Planung – Grundlagen, Strategien, Instrumente. E-Paper der ARL Nr. 13, Hannover. S. 89-105.
- Franck E., Peithmann O. (2010) Regionalplanung und Klimaanpassung in Niedersachsen. E-Paper Nr. 9 der ARL. Hannover.
- Herrmann M., Priebis A. (2010) Die Steuerung erneuerbarer Energien in der Regionalplanung. Möglichkeiten und Grenzen am Beispiel der Region Hannover. Neues Archiv für Niedersachsen, H. 2 (2010), S. 80-99.
- Kinder U. (2010) Planung unter veränderten Vorzeichen – Klimaschutz, demographischer Wandel, gesellschaftliche Integration – Herausforderungen für die Regionalplanung. In: Scholich D; Müller,P. (Hrsg.) Planungen für den Raum zwischen Integration und Fragmentierung. Frankfurt/Main. S. 11-33.
- Klagge B., Arbach C., Franck E., Heidrich B., Hirschfeld M., Liebrecht F., Pohl M., Sünne- mann A., Thom S., Wotha B. (2013) Empfehlungen für die Weiterentwicklung der Koordinations- und Steuerungsstrukturen zum Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland. In: Klagge B., Arbach C. (Hrsg.) Governance-Prozesse für erneuerbare Energien. Arbeitsberichte der ARL 5. Hannover. S. 1-6.
- Scholich D. (2009) Bewahrung urbaner Kulturlandschaften als Aufgabe der Regionalplanung. In: Deutsche Bundesstiftung Umwelt / Deutsche Gesellschaft für Gartenkunst und Landschaftskultur (Hrsg.) Stadt – Kultur – Landschaft. Berlin/Osnabrück. S. 102-107.

Schlich D. (2010) Planungen für den Raum zwischen Integration und Fragmentierung. In: Schlich, D; Müller, P. (Hrsg.) Planungen für den Raum zwischen Integration und Fragmentierung. Frankfurt/Main. S. 173-193.

#### Wissenschaftliche Vorträge und Poster

- Franck E. (2009) Klimaanpassung in der räumlichen Planung in Niedersachsen. Vortrag auf dem Jungen Forum der ARL am 11.06.2009 in Hamburg.
- Franck E. (2010) Raumplanerische Strategien vor dem Hintergrund des Klimawandels. Vortrag im Rahmen des Abschlussworkshops des Leibniz-Vorhabens KLIMAPAKT „Anpassung an den Klimawandel durch räumliche Planung – Grundlagen, Strategien, Instrumente“ am 09.11.2010 in Hannover.
- Franck E. (2011) Klimaanpassung durch strategische Regionalplanung? Vortrag im Rahmen eines Workshops des bundesweiten Arbeitskreis „Klimawandel und Raumplanung“ der ARL am 24.05.2011 in Frankfurt am Main.
- Franck E. (2011) Freiraumschutz im Klimawandel – Ansätze aus KLIFF-IMPLAN. Vortrag auf der 4. KlimaMORO-Konferenz am 08.11.2011 in Berlin.
- Franck E. (2011) Vorstellung KLIFF-IMPLAN. Vortrag im Rahmen eines Workshops der ARL-AG „Klimawandel und Nutzung von regenerativen Energien als Herausforderungen für die Raumordnung“ am 09.11.2011 in der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus / Zugspitze.
- Franck E., Spiekermann J. (2013) Klimaanpassung in der Regionalplanung in Niedersachsen. Vortrag auf der KLIFF-Tagung „Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien“ am 02./03.09.2013 in Göttingen.
- Kinder U. (2009) Planung unter veränderten Vorzeichen – Klimaschutz, demographischer Wandel, gesellschaftliche Integration – Herausforderungen für die Regionalplanung. Vortrag im Rahmen der Sommervorlesung 2009 des Kompetenzzentrums für Raumforschung und Regionalentwicklung an der Leibniz Universität Hannover am 06.04.2009 in Hannover.
- Peithmann O. (2010) How Lower-Saxony copes with climate change. Vortrag an der Rijksuniversiteit Groningen am 16.02.2010.
- Peithmann O. (2011) Climate change and coastal zone development in Lower Saxony – Challenges for spatial planning. Vortrag anlässlich des Workshops „Vulnerability & The Waddensea“ an der Rijksuniversiteit Groningen am 18.06.2011.
- Peithmann O., Ahlhorn F. (2011) Raumplanung als Instrument zur Nutzung von Synergien zwischen den Anforderungen der Energiewende und des Umweltschutzes. Vortrag bei der Wissenschaftlichen Plenarsitzung der ARL 2011 am 16.06.2011 in Bremen.
- Schlich D. (2009) Klimaschutz, Anpassung an den Klimawandel, erneuerbare Energien – Einige Konsequenzen und Anforderungen für die Raumplanung in Deutschland. Vortrag beim internationalen Planertreffen vom 27.-30.05.2009 in Den Haag.
- Spiekermann J. (2013) Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels im niedersächsischen Küstenraum – Was und wie kann Raumplanung dazu beitragen? Vortrag beim 58. Deutschen Geographentag vom 02.-08.10.2013 in Passau.
- Spiekermann J. (2013) Elemente eines Planungsprozesses zur Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels aus der Perspektive der Raumplanung. Poster bei der KLIFF-Tagung „Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien“ am 02./03.09.2013 in Göttingen.
- Spiekermann J. (2013) Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels im niedersächsischen Küstenraum – Konsequenzen und Aufgaben für die räumliche Planung. Poster bei der KLIFF-Tagung „Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien“ am 02./03.09.2013 in Göttingen.

### Veröffentlichungen in praxisorientierten Zeitungen und Zeitschriften für Akteure (Transfer)

- Franck E. (2009) Neues ARL-Drittmittelprojekt zur Klimaanpassung in Niedersachsen: KLIFF-IMPLAN. In: Nachrichten der ARL, H. 1/2009. S. 1.
- Overbeck G. (2009): Klimawandel – Herausforderung für die Regionalplanung. In: Nachrichten der ARL, H. 3/2009. S. 1-2.
- Franck E. (2010) Niedersachsen: KLIFF-IMPLAN startet ins zweite Jahr. In: Nachrichten der ARL, H. 2/2010. S. 12.
- Franck E. (2010) KLIFF Niedersachsen – Auftaktworkshop der IMPLAN-AG. In: Nachrichten der ARL, H. 4/2010. S. 20-21.
- Franck E. (2011) KLIFF Niedersachsen: positives Zwischenfazit. In: Nachrichten der ARL, H. 2/2011. S. 23.
- Franck E. (2012) Instrumentenworkshops der IMPLAN-AG. In: Nachrichten der ARL, H. 4/2012. S. 11.
- Franck E. (2013) Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien – KLIFF-Abschluss-Konferenz. In: Nachrichten der ARL, H. 1/2013. S. 14.
- Spiekermann J. (2013) KLIFF-IMPLAN auf der Zielgeraden – Projekt zur Klimafolgenforschung steht vor dem Abschluss. In: Nachrichten der ARL, H. 4/2013. S. 9-10.
- Spiekermann J. (2014) KLIFF-IMPLAN: Handlungsempfehlungen für Niedersachsen. In: Nachrichten der ARL, H. 1/2014. S. 24-26.
- Spiekermann J., Franck E. (Hrsg.) (2014) Anpassung an den Klimawandel in der räumlichen Planung – Handlungsempfehlungen für die niedersächsische Planungspraxis auf Landes- und Regionalebene. Hannover, Arbeitsberichte der ARL 11. URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0156-39154>.

### Vorträge vor Akteuren, Organisation von Workshops für Akteure (Transfer)

- Franck E. (2010) Klimaanpassung und Raumordnung in Niedersachsen. Vortrag bei der Fachtagung untere Landesplanungsbehörden des Niedersächsischen Landkreistages am 06.05.2010 in Hannover.
- Franck E. (2010) KLIFF-IMPLAN. Vortrag bei der Mitgliederversammlung der ARL-Landesarbeitsgemeinschaft Bremen/Hamburg/Niedersachsen/Schleswig-Holstein am 23.04.2010 in Stade.
- Franck E. (2009) Klimaanpassung und Raumordnung in Niedersachsen. Vortrag bei der Fachtagung untere Landesplanungsbehörden des Niedersächsischen Landkreistages am 26.03.2009 in Hannover.
- Franck E. (2012) Raumplanerische Steuerungsmöglichkeiten beim Energiepflanzenanbau. Vortrag im Rahmen der gemeinsamen Sitzung der ARL-Landesarbeitsgemeinschaften im Norden am 10.05.2012 in Schwerin.
- Franck E. (2012) KLIFF-IMPLAN. Vortrag bei der Mitgliederversammlung der ARL-Landesarbeitsgemeinschaft Bremen/Hamburg/Niedersachsen/Schleswig-Holstein am 11.05.2012 in Schwerin.
- Franck E. (2012): Klimafolgen in der Raumplanung in Niedersachsen. Vortrag auf der Mitgliederversammlung des Kompetenzzentrums für Raumforschung und Regionalentwicklung in der Region Hannover am 17.10.2012.
- Franck E. (2013) Vorstellung KLIFF-IMPLAN. Forum Stadt- und Regionalplanung des Netzwerks Erweiterter Wirtschaftsraum Hannover am 17.05.2013 in Hannover.
- Franck E., Spiekermann J. (2012) Klimaanpassung in der Regionalplanung aus niedersächsischer Sicht. Vortrag auf dem Praxispartnerworkshop „Regionalplanerische Festlegungen zur Klimaanpassung in der Metropolregion Hamburg“ der HafenCity Universität Hamburg am 24.10.2012 in Hamburg.
- Franck E., Spiekermann J. (2013) Klimaanpassung in der Landes- und Regionalplanung in

- Niedersachsen. Vortrag auf der Regionalplanertagung des Landes Niedersachsen am 13.09.2013 in Barnstorf.
- Herrmann M. (2011) Forschungsprojekt "KLIFF-IMPLAN". Vortrag vor dem Ausschuss für Regionalplanung, Metropolregion und Europaangelegenheiten der Region Hannover am 24.02.2011 in Hannover.
- Overbeck G. (2009) Klimawandel und Regionalplanung. Vortrag bei der Fachtagung untere Landesplanungsbehörden des Niedersächsischen Landkreistages am 26.3.2009 in Hannover.
- Peithmann O. (2011) KLIFF / IMPLAN-AG. Vortrag im Rahmen der Mitgliederversammlung der ARL-Landesarbeitsgemeinschaft Bremen/Hamburg/Niedersachsen/Schleswig-Holstein am 12.12.2011 in Hamburg.
- Scholich D. (2009) Biodiversität braucht Raum! Flächen nachhaltig nutzen – Kulturlandschaften entwickeln – Biologische Vielfalt bewahren – Anpassung an den Klimawandel vollziehen. Vortrag beim Parlamentarischen Treffen der Leibniz-Gemeinschaft am 28.04.2009 in Berlin.
- Scholich D. (2010) Raumplanung in der Zukunft – Stellenwert, Herausforderungen/Aufgaben, Perspektiven. Vortrag beim Treffen der Raumordnungsreferenten der niedersächsischen Industrie- und Handelskammern am 28.04.2010 in Hannover.
- Scholich D. (2011) KLIFF-IMPLAN. Kurzvortrag bei der Mitgliederversammlung der ARL-Landesarbeitsgemeinschaft Bremen/Hamburg/Niedersachsen/Schleswig-Holstein am 08.04.2011 in Büsum.
- Scholich D. (2012) Klimaanpassung in der räumlichen Planung in Niedersachsen. Vortrag beim NNA-Forum „Klimaschutz in Niedersachsen (II): Klimawandel und Anpassung an die Folgen: Neue Herausforderungen für Niedersachsen“ am 18.10.2012 in Hannover.
- Spiekermann J. (2012) Raumplanung und Klimawandel an der Küste. Vortrag auf dem Workshop „KüstenKlima: Zukunftsfähige Strategien für die Küstenentwicklung angesichts des Klimawandels“ am 25.09.2012 in Aurich.
- Spiekermann J. (2012) Klimaresiliente Raumentwicklung an der Küste – Ergebnisse aus KLIFF-IMPLAN. Vortrag auf der 2. Regionalkonferenz Küstenregion des Bundes und der norddeutschen Küstenländer am 08./09.11.2012 in Bremerhaven.
- Spiekermann J. (2013) Ansätze für eine klimaoptimierte Raumordnung – Ergebnisse aus KLIFF-IMPLAN. Vortrag bei der Fachveranstaltung der Metropolregion Hamburg „Klimaanpassung – Was kann Regionalplanung leisten?“ am 30.10.2013 in Lauenburg.
- Spiekermann J. (2013): Wie kann mit kommenden Herausforderungen in der Metropolregion Bremen-Oldenburg umgegangen werden und welche Handlungsoptionen ergeben sich für die Raumplanung? Vortrag im Rahmen des Expertenworkshops „Raumplanung“ im Forschungsverbund KLIMZUG nordwest2050 am 09.04.2013 in Bremen.

#### Organisation von IMPLAN-AG-Workshops:

- IMPLAN-AG-Auftaktworkshop am 28.10.2010 in Hannover.
- IMPLAN-AG-Themenworkshop „Küste“ am 17.02.2011 in Oldenburg.
- IMPLAN-AG-Themenworkshop „Wasser“ am 24.03.2011 in Hannover.
- IMPLAN-AG-Themenworkshop „Klimaanpassung unter Unsicherheiten in den niedersächsischen Regionen“ am 30.06.2011 in Hannover.
- IMPLAN-AG-Themenworkshop „Natur und Landschaft – Freiraumschutz im Klimawandel“ am 22.09.2011 in Lüneburg.
- IMPLAN-AG-Themenworkshop „Land- und Forstwirtschaft“ am 29.11.2011 in Celle.

IMPLAN-AG-Sonderworkshop anlässlich der Vorstellung der im Rahmen von studentischen Abschlussarbeiten erstellten Vulnerabilitätsanalysen für die Region Hannover sowie die Landkreise Celle und Wesermarsch am 29.03.2012 in Hannover.

IMPLAN-AG-Instrumentenworkshop „Land- und Forstwirtschaft sowie Wasserwirtschaft“ am 03.07.2012 in Hannover.

IMPLAN-AG-Instrumentenworkshop „Naturschutz, Tourismus, Siedlungsklima-/wasserwirtschaft“ am 18.10.2012 in Hannover.

IMPLAN-AG-Instrumentenworkshop „Klimaanpassung im niedersächsischen Küstenraum“ am 10.01.2013 in Oldenburg.

IMPLAN-AG-Abschlussworkshop am 17.09.2013 in Hannover.

### Öffentlichkeitsarbeit (Radio, Fernsehen, Presse)

2. Fachtagung des NLT für die unteren Landesplanungsbehörden; NLT-Information H. 2/2009

Region Hannover in der Klimafolgenforschung – KLIFF IMPLAN; Klimaschutz-News Region Hannover Nr. 3; 04.02.2010

Dritte Fachtagung des NLT für die Träger der Regionalplanung; NLT-Information H. 3-4/2010  
Regionalplanung und Klimaanpassung; Klima-News der Region Hannover Nr. 7; 1/2011

Raumplanung und Klimawandel; KLIMZUG Nordwest2050, Newsletter Nr. 1; 2011

Niedersachsen: Regionalplanung und Klimaanpassung; KOMPASS-Newsletter des UBA Nr. 14, März 2011

Aufnahme von KLIFF-IMPLAN in den Projektkatalog Klimafolgen und Anpassung des Kompass (Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung) des Umweltbundesamtes ([www.anpassung.net](http://www.anpassung.net))

Aufnahme von KLIFF-IMPLAN in den Projektkatalog der Internetplattform Klimawandel und Raumentwicklung ([www.klima-und-raum.org](http://www.klima-und-raum.org))

Aufnahme von KLIFF-IMPLAN in das Forschungsinformationssystem Agrar/Ernährung ([www.fisaonline.de](http://www.fisaonline.de)) der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

IMPLAN – wie wissenschaftliche Erkenntnisse zum Klimawandel in die räumliche Planung einfließen; RegioNet Niedersachsen Nr. 20 / August 2011, S. 4

IMPLAN „Beratunginsel“ auf der Fachtagung „Kommunale Klimapolitik“ in Syke, 04.11.2011

Anpassung an den Klimawandel – KLIFF-IMPLAN geht in die zweite Runde! Pressemitteilung der ARL, 19.12.2011

Anpassung an den Klimawandel – Weitere Förderung für KLIFF-IMPLAN; Pressemitteilung des Informationsdienst Wissenschaft (idw), 19.12.2011

Anpassung an den Klimawandel – KLIFF-IMPLAN geht in die zweite Runde!; Newsletter der ARL 15/2011, 21.12.2011

Klimafolgenforschung in Niedersachsen geht in die zweite Förderphase; KOMPASS-Newsletter des UBA Nr. 18, März 2012

Anpassung an den Klimawandel – KLIFF-IMPLAN geht in die zweite Runde! STANDORT, H. 1/2012, S. 39f.

Call for Papers zur KLIFF-Abschluss-Konferenz „Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien“; Newsletter der ARL 2/2013, 15.02.2013

## **Gesamtkoordination und Wissenstransfer**

### Artikel in praxisorientierten Zeitschriften für Akteure (Transfer)

Aspelmeier S. (2011) Sind wir auf den Klimawandel vorbereitet? AFZ 1: 22-23.

Beese F., Boeurskens J., Bizer K., Ernst A., Kühn M., Luhmann H.-J., Meyerdieks D., Schlurmann T., Siebenhüner B., Stock M., Stoll P.-T., Weiler R., Weimann J. (2010) Hanse-Thesen: Eckpunkte einer Klimaanpassungsstrategie für das Land Niedersachsen. Ergebnis der Klausurtagung zu Klimawandel und Klimaanpassungsstrategien für Niedersachsen. Hanse-Wissenschaftskolleg, 30.4.-2.5.2010, Delmenhorst.

### Wissenschaftliche Vorträge und Poster

Ebermann, V. (2013) Politikwissenschaftliche Strategieberatung als akteurorientierte Prozessforschung. Vortrag, Workshop Netzwerk Sozialwissenschaftliche Küstenforschung, Lüneburg, 16.05.2013.

Ebermann, V. (2013) Analysis of Climate Adaptation Strategy Development: Strategy-Making in the German Länder - The Cases of Lower Saxony and Bavaria. Poster, European Climate Change Adaptation Conference, Hamburg, 18.03.2013 - 20.03.2013.

Ebermann, V. (2013) Entwicklung von Klimaanpassungsstrategien in föderalen Politiksystemen: der Fall Niedersachsen. Vortrag, Voneinander lernen? Klimaanpassung in US/Maryland und hier! - Ein Vergleich von Klimaanpassungsstrategien in den USA und Deutschland, Bremen, 17.05.2013.

Ebermann, V. (2013) Strategieentwicklung in der Klimaanpassungspolitik: Niedersachsen und Bayern im Vergleich. Vortrag, Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien, Göttingen, 03.09.2013.

Ebermann, V. (2012) Entwicklung von Klimaanpassungsstrategien auf Länderebene: ein Fallstudienvergleich. Vortrag, CliMA-Promovierenden-Workshop zur Sozialwissenschaftlichen Klimaanpassungsforschung, Kassel, 21.11.2012.

Rühling I., Aspelmeier S., Beese F. (2013) How to Communicate climate Change and the adaptation to it? International Conference on Climate Change and Regional Response – Impacts and adaptation strategies for public, commercial and private actors. 27-29.5.2013, Dresden.

Rühling I., Beese F. (2013) Anpassung an den Klimawandel - wie funktioniert die Kommunikation? KLIFF-Tagung „Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien“, 2.-3.9.2013 in Göttingen.

### Vorträge für Akteure (Transfer)

Aspelmeier S. (2014) Auswirkungen des Klimawandels auf Wälder und Waldlandschaften in Niedersachsen. Vortrag und Leitung eines Workshops bei der Schülertagung „Der Klimawandel in Niedersachsen“, Evangelische Akademie Loccum, 7. Bis 9.7.2014.

Aspelmeier S. (2012) KLIFF – Klimafolgenforschung in Niedersachsen. GIZ trifft Fachexpertise – Potentiale für neue Kooperationen im Bereich Ländliche Entwicklung und Klimawandel. 26.6.2012, Eschborn.

Aspelmeier S. (2012) Der Forschungsverbund KLIFF. Arbeitstreffen KLIFF und KLIMZUG Nord, 7.6.2012, Uelzen.

Bader M. (2009) KLIFF – Klimafolgenforschung in Niedersachsen. Vernetzungstreffen Klimaschutz und Klimafolgen, 8.9.2009, Hannover.

Beese F. (2013) Vulnerabilität von Waldökosystemen – ein inter(trans)disziplinäres Puzzle. Hauptvortrag, KLIFF-Tagung „Vom globalen Klimawandel zu regionalen Anpassungsstrategien“, 2.-3.9.2013 in Göttingen.

Beese F. (2012) Anpassung an den Klimawandel und seine Folgen. Herausforderungen für die Landnutzung? Landwirtschaftliche Vortragsreihe, Universität Göttingen.

- Beese F. (2009) KLIFF – Klimafolgenforschung in Niedersachsen. Parlamentarischer Beirat, 21.10.2009, Bremen.
- Beese F. (2009) KLIFF – Klimafolgenforschung in Niedersachsen. Regierungskommission Klimaschutz, Hannover.
- Beese F. (2009) KLIFF – Einfluss des Klimawandels auf Forstökosysteme. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.
- Ebermann, V. (2011) Natur und Landschaft in der niedersächsischen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Vortrag, KLIFF-Themenworkshop „Natur und Landschaft – Freiraumschutz im Klimawandel“, Lüneburg, 22.09.2011.
- Ebermann, V., Strube-Neumann, S. (2012) Klimawandel - Was können wir tun? Anpassungsempfehlungen für Niedersachsen. Vortrag, Klimaschutz und Klimawandel. Generalkonvent des Sprengels Stade, Bremerhaven, 11.07.2012.
- Ebermann, V. (2013) Entwicklung der niedersächsischen Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Vortrag, Klimaanpassung - Was kann Regionalplanung leisten? Lauenburg, 30.10.2013.
- Rühling I. (2014): Anpassung an den Klimawandel – In wie weit sind Landwirte Niedersachsens informiert? Biodiversität und Klima – Vernetzung der Akteure in Deutschland X – Ergebnisse und Dokumentation des 10. Workshops. BfN-Scripten 357: 23-25. [http://www.bfn.de/0502\\_klimawandel\\_bfn-skripten.html](http://www.bfn.de/0502_klimawandel_bfn-skripten.html).

#### Öffentlichkeitsarbeit

- Aspelmeier S., Bader, M., Beese F., Dietrich J., Döring C., Franck E., Juroszek P., Kuhn M., Mudelsee, M., Panferov O., Potthoff M., Spiekermann, J., Stickan W., Wallner, M., Wiedey, G. (2009–2013) KLIFF – Klimafolgenforschung in Niedersachsen. Website [www.kliff-niedersachsen.de](http://www.kliff-niedersachsen.de).
- Beese F., Bader M. (2009-2010) Klima – Klimawandel – Klimafolgen in Niedersachsen. Diverse Vorträge vor Akteuren und Interessierter Öffentlichkeit (Lions Club, Erlebnis-Wald Solling u.a.)
- Beese F., Bader M. (2009) KLIFF – Klimafolgenforschung in Niedersachsen. Flyer in Deutsch und Englisch.
- Zweite Förderphase: Forschungsprogramm über Klimafolgen in Niedersachsen. Land bewilligt weiter fünf Millionen Euro für den KLIFF-Verbund an der Universität Göttingen. Pressemitteilung, 19.1.2012
- Anpassung an den Klimawandel. Bericht Landeszeitung vom 10.07.2012
- Klimaanpassung in Niedersachsen: 12 „Hanse-Thesen“ wurden der Landesregierung und der Regierungskommission Klimaschutz überreicht. Pressemitteilung, 18.6.2010
- Klimafolgenforschung in Niedersachsen nimmt Fahrt auf. Pressemitteilung zum ersten Statusseminar, April 2010.
- Forschungsverbund Klimafolgenforschung KLIFF. Pressemitteilung Januar 2009.







gefördert durch



Niedersächsisches Ministerium  
für Wissenschaft und Kultur

