

Nachhaltiges Landmanagement im Norddeutschen Tiefland

NALAMA-nT



Hermann Spellmann et al.
Nachhaltiges Landmanagement im Norddeutschen Tiefland

Dieses Werk ist lizenziert unter einer
[Creative Commons
Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen
4.0 International Lizenz.](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



erschieden als Band 18 der Reihe
„Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt“
in den Universitätsdrucken im Universitätsverlag Göttingen 2017

Hermann Spellmann et al.

Nachhaltiges
Landmanagement im
Norddeutschen Tiefland

Beiträge aus der
Nordwestdeutschen
Forstlichen Versuchsanstalt
Band 18



Universitätsverlag Göttingen
2017

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

Global Forest Decimal Classification: 11, 114.261, 116.91, 116.27, 116.28, 111.83, 422.2, 91, 913

Herausgeber der Reihe:

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA)

Grätzelstr. 2, D-37079 Göttingen

Tel.: +49 (0)551-69401-0, Fax: +49 (0)551-69401-160

E-Mail: zentrale@nw-fva.de

www.nw-fva.de

Schriftleitung der Reihe: Prof. Dr. Hermann Spellmann

Redaktion der Reihe: Inge Kehr, Ulrike Gaertner

Das Verbundprojekt „Nachhaltiges Landmanagement im norddeutschen Tiefland unter sich ändernden ökologischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen (Akronym: NaLaMa-nT)“ wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen 033L029A; Projektlaufzeit: Sept. 2010 bis Dez. 2015; www.nalama-nt.de) gefördert. Die Autorinnen und Autoren sind für den Inhalt ihrer Beiträge selbst verantwortlich.

Titelgrafik und Logo: Etta Paar, Zeichnungen: Dr. Georg Leeffen

Zitiervorschlag:

Spellmann, H.; Ahrends, B.; Albert, M.; Andert, S.; Barkmann, T.; Böcher, M.; Breckling, B.; Christen, O.; Dvorak, J.; Eggers, M.; Fleck, S.; Fohrer, N.; Gauly, M.; Gerowitz, B.; Gieseke, D.; Grocholl, J.; Hakes, W.; Hammes, V.; Hartje, V.; Haunert, G.; Hoffmann, M.; Hufnagel, J.; Isselstein, J.; Kätzel, R.; Kayser, M.; Kehr, I.; Knauer, H.; Krott, M.; Lambert, C.; Lange, A.; Langer, G.; Leeffen, G.; Löffler, S.; Meesenburg, H.; Meißner, R.; Messal, H.; Meyer, P.; Möhring, B.; Möller, K.; Nagel, J.; Nuske, R.; Oetzmann, A.; Ohrmann, S.; Redwitz, C. v.; Riediger, J.; Schmidt, M.; Schröder, J.; Schröder, W.; Siebert, R.; Spindelreher, D.; Stahlmann, H.; Stöck, L.; Suttmöller, J.; Svoboda, N.; Tänzer, D.; Tiedemann, A. v.; Ulber, B.; Wegner, K.; Werner, P.C.; Winter, M.; Wüstemann, H.; Zander, P.; Ziesche, T. 2017: Nachhaltiges Landmanagement im Norddeutschen Tiefland. Beiträge aus der NW-FVA, Band 18, 436 S.

Dieses Buch ist auch als freie Onlineversion über die Homepage der NW-FVA, des Verlags sowie über den Göttinger Universitätskatalog (GUK) bei der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen (<http://www.sub.uni-goettingen.de>) erreichbar.

Es gelten die Lizenzbestimmungen der Onlineversion.

© 2017 Universitätsverlag Göttingen

<http://univerlag.uni-goettingen.de>

ISBN: 978-3-86395-342-3

DOI: <https://doi.org/10.17875/gup2018-1073>

ISSN: 1865-6994

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
Abstract	9
1 Einleitung	17
1.1 Hintergrund	17
1.2 Das Prinzip der Nachhaltigkeit	19
1.2.1 Nachhaltigkeit im Bereich der Forstwirtschaft	20
1.2.2 Nachhaltigkeit im Bereich der Landwirtschaft	21
1.2.3 Nachhaltigkeit im Bereich der Wasserwirtschaft	22
1.2.4 Nachhaltiges Landmanagement – eine Definition für das Verbundprojekt	22
1.3 Ziele	23
2 Struktur des Verbundprojektes	25
2.1 Aufbau und Konzepte	25
2.2 Beteiligte Teilvorhaben und Regionalpartner	28
2.3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen	32
2.4 Transdisziplinäres Konzept	34
2.5 Teilprojekte	35
2.5.1 Ökologische Grundlagen	35
2.5.1.1 <i>Aufgabenfeld und Forschungsansätze</i>	35
2.5.1.2 <i>Schnittstellenanalyse</i>	38
2.5.2 Risikomanagement	39
2.5.2.1 <i>Aufgabenfeld und Forschungsansätze</i>	40
2.5.2.2 <i>Schnittstellenanalyse</i>	45
2.5.3 Ressourcennutzung	45
2.5.3.1 <i>Aufgabenfeld und Forschungsansätze</i>	45
2.5.3.2 <i>Schnittstellenanalyse</i>	48
2.5.4 Wertschöpfung	50
2.5.4.1 <i>Aufgabenfeld und Forschungsansätze</i>	50
2.5.4.2 <i>Schnittstellenanalyse</i>	54
2.5.5 Regionalmanagement	56
2.5.5.1 <i>Aufgabenfeld und Forschungsansätze</i>	56
2.5.5.2 <i>Schnittstellenanalyse</i>	57

3	Beschreibung der Modellregionen	61
3.1	Diepholz	62
3.2	Uelzen	65
3.3	Fläming	68
3.4	Oder-Spree	71
4	Szenarien	75
4.1	Klimaszenarien	76
4.2	Marktszenarien	79
4.2.1	Preismodell Forstwirtschaft	80
4.2.2	Preismodell Landwirtschaft	81
4.3	Entwicklungspfade der Landnutzung	83
4.3.1	Referenz	86
4.3.1.1	<i>Forstwirtschaft</i>	86
4.3.1.2	<i>Landwirtschaft</i>	87
4.3.2	Biodiversität	89
4.3.2.1	<i>Forstwirtschaft</i>	89
4.3.2.2	<i>Landwirtschaft</i>	90
4.3.3	Klimaschutz	91
4.3.3.1	<i>Forstwirtschaft</i>	91
4.3.3.2	<i>Landwirtschaft</i>	93
5	Modellkonzepte	97
5.1	Wasser- und Stoffhaushalt	99
5.2	Forstwirtschaft	101
5.2.1	Bildung der Modellbetriebe	101
5.2.2	Produktions- und Bewertungsmodelle	103
5.3	Landwirtschaft	105
5.3.1	Bildung der Modellbetriebe	105
5.3.2	Produktions- und Bewertungsmodelle	106
6	Kriterien und Indikatoren	109
6.1	Stand der Forschung	109
6.1.1	Wasserwirtschaft	111
6.1.2	Forstwirtschaft	114
6.1.3	Landwirtschaft	116
6.2	Transsektorale Kriterien und Indikatoren	118
6.2.1	Kurzbeschreibung der Indikatoren	122
6.2.1.1	<i>Kriterium 1: Ressourcen</i>	122
6.2.1.2	<i>Kriterium 2: Stabilität</i>	129

6.2.1.3	<i>Kriterium 3: Produktivität</i>	138
6.2.1.4	<i>Kriterium 4: Beschäftigung</i>	140
6.2.1.5	<i>Kriterium 5: Regionale Wertschöpfung</i>	141
6.2.1.6	<i>Kriterium 6: Naturschutz</i>	144
6.2.1.7	<i>Kriterium 7: Lebensqualität</i>	147
6.2.2	Aggregation der Indikatoren zu Kriterien	148
7	Ergebnisse und Diskussion	151
7.1	Transdisziplinäre Zusammenarbeit	151
7.2	Politische Rahmenbedingungen	155
7.2.1	Agrar- und Raumordnungspolitik	156
7.2.2	Forstpolitik	158
7.2.3	Wasserpolitik	160
7.2.4	Integrierte ländliche Entwicklungspolitik	161
7.3	Integratives Landmanagement in den Modellregionen	162
7.3.1	Diepholz	162
7.3.1.1	<i>Klimaentwicklung</i>	162
7.3.1.2	<i>Entwicklung der Landnutzung</i>	164
7.3.1.3	<i>Bewertung mit dem Indikatorensystem</i>	201
7.3.1.4	<i>Leitbilder</i>	203
7.3.1.5	<i>Mögliche politische Anknüpfungspunkte für die Umsetzung der regionalen Leitbilder</i>	208
7.3.1.6	<i>Folgerungen für ein nachhaltiges Landmanagement</i>	212
7.3.2	Uelzen	215
7.3.2.1	<i>Klimaentwicklung</i>	215
7.3.2.2	<i>Entwicklung der Landnutzung</i>	216
7.3.2.3	<i>Bewertung mit dem Indikatorensystem</i>	247
7.3.2.4	<i>Leitbilder</i>	249
7.3.2.5	<i>Mögliche politische Anknüpfungspunkte für die Umsetzung der regionalen Leitbilder</i>	253
7.3.2.6	<i>Folgerungen für ein nachhaltiges Landmanagement</i>	256
7.3.3	Fläming	259
7.3.3.1	<i>Klimaentwicklung</i>	259
7.3.3.2	<i>Entwicklung der Landnutzung</i>	261
7.3.3.3	<i>Bewertung mit dem Indikatorensystem</i>	293
7.3.3.4	<i>Leitbilder</i>	295
7.3.3.5	<i>Mögliche politische Anknüpfungspunkte für die Umsetzung der regionalen Leitbilder</i>	299
7.3.3.6	<i>Folgerungen für ein nachhaltiges Landmanagement</i>	302

7.3.4	Oder-Spree	306
7.3.4.1	<i>Klimaentwicklung</i>	306
7.3.4.2	<i>Entwicklung der Landnutzung</i>	308
7.3.4.3	<i>Bewertung mit dem Indikatorensystem</i>	340
7.3.4.4	<i>Leitbilder</i>	342
7.3.4.5	<i>Mögliche politische Anknüpfungspunkte für die Umsetzung der regionalen Leitbilder</i>	346
7.3.4.6	<i>Folgerungen für ein nachhaltiges Landmanagement</i>	348
7.4	Integratives Landmanagement – Folgerungen für das Norddeutsche Tiefland	351
7.4.1	Klimaentwicklung	351
7.4.2	Entwicklung der Landnutzung	356
7.4.2.1	<i>Wasserhaushalt</i>	356
7.4.2.2	<i>Forstwirtschaft</i>	360
7.4.2.3	<i>Landwirtschaft</i>	370
7.4.2.4	<i>Naturschutz</i>	378
7.4.2.5	<i>Wertschöpfung</i>	384
7.4.3	Vergleich der Modellregionen	390
7.4.3.1	<i>Leitbilder</i>	390
7.4.3.2	<i>Ausprägung der Indikatorensysteme</i>	393
7.4.4	Stadt-Land-Vergleich	397
8	Schlussfolgerung und Ausblick	401
8.1	Nachhaltiges Landmanagement – Handlungsoptionen	401
8.1.1	Handlungsoptionen der Wasserwirtschaft	402
8.1.2	Handlungsoptionen der Forstwirtschaft	403
8.1.3	Handlungsoptionen der Landwirtschaft	405
8.2	Verstetigung der Ergebnisse	406
8.3	Ausblick	408
	Literatur	409
	Abkürzungen	427
	Autoren	431

Nachhaltiges Landmanagement im Norddeutschen Tiefland

Sustainable land management in the North German Plain

Zusammenfassung

Anlass

Die weltweite Nachfrage nach Nahrungsmitteln, Holz und anderen nachwachsenden Rohstoffen steigt. Für die Land- und Forstwirtschaft verändern sich durch den bereits eingetretenen Klimawandel und die Stoffeinträge aus der Luft gleichzeitig die Produktionsgrundlagen, Risiken und Ertragsaussichten. Hinzu kommt die Notwendigkeit, die Klimaschutzpotenziale in der Landwirtschaft und im nachgelagerten Ernährungssektor auszuschöpfen sowie die Senkenleistung des Forst- und Holzsektors zu sichern bzw. zu erhöhen. Nachhaltiges Landmanagement im 21. Jahrhundert muss sich diesen Herausforderungen stellen und Anpassungsmaßnahmen einleiten, die die ökonomischen und ökologischen Notwendigkeiten ebenso beachten wie die steigenden Ansprüche der Gesellschaft an die Landnutzung. Die zukünftigen Chancen und Risiken der Land- und Forstwirtschaft stehen dabei in einer engen Wechselwirkung zur Wasserwirtschaft.

Forschungsverbund

Mit diesen Herausforderungen haben sich im Rahmen des Verbundprojektes „Nachhaltiges Landmanagement im norddeutschen Tiefland“ (NaLaMa-nT) in den vergangenen Jahren 21 wissenschaftliche Arbeitsgruppen aus 11 Forschungseinrich-

tungen der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft, der Klimatologie sowie der Sozio-ökonomie gemeinsam mit fünf regionalen Partnern auseinandergesetzt. Sie bearbeiteten die Aspekte „Ökologische Grundlagen“, „Land- und Ressourcennutzung“, „Betriebliche und regionale Wertschöpfung“ und „Risikomanagement“, die in einem Konzept für eine „Integrative Landnutzung“ zusammengeführt wurden. Das „Regionalmanagement“ sicherte den Austausch zwischen den wissenschaftlichen Arbeitsgruppen und wichtigen örtlichen Akteuren in den Modellregionen. Gefördert wurde das Projekt (Förderkennzeichen: 033L029) vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Forschungsfördermaßnahme „Nachhaltiges Landmanagement“ als Teil des Rahmenprogrammes „Forschung für Nachhaltige Entwicklung“ (FONA).

Definition „Nachhaltiges Landmanagement“

„Nachhaltiges Landmanagement“ wurde von den Projektpartnern als ein langfristig tragfähiges Bewirtschaftungsprinzip zum Ausgleich der Interessen im ländlichen Raum definiert. Es ist charakterisiert durch eine planmäßige Nutzung begrenzter Ressourcen (Fläche, Wasser, Boden, Kapital etc.) in einem Handlungskorridor, der sich mit den ökologischen, ökonomischen und sozioökonomischen Rahmenbedingungen verändert, aber stets kritische Grenzwerte einhält. Dabei werden die Verpflichtungen gegenüber künftigen Generationen und der Einfluss verschiedener räumlicher und zeitlicher Skalen ebenso beachtet wie die funktionalen Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Landnutzungsformen und die Eigentümerinteressen bzw. die gesellschaftlichen Ansprüche.

Ziele

Hauptziel des Forschungsverbundes war es, Wissens- und Entscheidungsgrundlagen für ein nachhaltiges Landmanagement unter heutigen und künftigen Rahmenbedingungen zu erarbeiten. Hierzu wurden am Beispiel der Großlandschaft Norddeutsches Tiefland in den Modellregionen Diepholz, Uelzen, Fläming und Oder-Spree Zustände analysiert, modellgestützt Entwicklungen abgeschätzt, Anpassungsnotwendigkeiten aufgezeigt und transsektorale Kriterien und Indikatoren eines nachhaltigen Landmanagements identifiziert. Die Modellregionen bilden bereits heute einen naturräumlichen, strukturellen, wirtschaftlichen und demografischen Gradienten ab.

Szenarien

Um die Folgen möglicher Entwicklungen abschätzen zu können, wurde auf bereits etablierte Klima- und Marktszenarien zurückgegriffen und denkbare Ausrichtungen der Land- und Forstwirtschaft in Regeln gefasst. Für den Klimaeinfluss wurde das IPCC-Szenario „RCP 8.5“ verwendet, das einen starken Anstieg der CO₂-Konzentrationen in den nächsten Jahrzehnten unterstellt. Die Regionalisierung der Klimaprojektion des Globalmodells ECHAM6 für Deutschland wurde mit dem statistischen Regionalmodell STARS vorgenommen. Es wurden die Perioden 1991-2010

(Status quo), 2011-2030, 2031-2050 und 2051-2070 betrachtet. Die landwirtschaftliche ökonomische Modellierung erfolgte komparativ-statisch. Die Preise für die verschiedenen Zeitpunkte basieren auf den Modellrechnungen des Thünen-Institutes bzw. der Universität Bonn mit dem Modell CAPRI mit vereinfachenden Annahmen bis 2030. Die forstökonomische Modellierung folgte mit dem in der Forstwirtschaft üblicherweise angewandten Prinzip, die zukünftige Entwicklung der Waldbestände auf der Grundlage heutiger Holzpreise und Holzerntekosten zu bewerten. Die Handlungsoptionen der Land- und Forstwirtschaft wurden in drei sich deutlich voneinander unterscheidenden Entwicklungspfaden zusammengefasst und ihre Auswirkungen in den Modellregionen mit Hilfe verschiedener Modelle eingeschätzt. Der Referenzpfad („Baseline“) bildet die Fortsetzung der derzeitigen ertragsorientierten Land- und Forstwirtschaft ab und diente als Vergleichsbasis. Der Entwicklungspfad „Biodiversität“ berücksichtigt stärker naturschutzfachliche Anforderungen, während beim Entwicklungspfad „Klimaschutz“ eine Landnutzung unterstellt wird, die vorrangig die Emission von Treibhausgasen deutlich reduzieren soll.

Modellkonzept

Die forst- und landwirtschaftlichen Entwicklungen wurden auf der Basis virtueller Modellbetriebe (Forstwirtschaft) bzw. Betriebstypen (Landwirtschaft) simuliert, die die standörtlichen Verhältnisse, Landnutzungsformen und Lebensräume (Gewässer, Moore etc.) in den Modellregionen repräsentieren und somit die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Modellregionen gewährleisten. Die Eignung der Entwicklungspfade wurde anhand ihrer Auswirkungen auf die Produktivität, Stabilität, Diversität und Rentabilität der Modellbetriebe bzw. der Betriebstypen analysiert. Im Bereich der Wasserwirtschaft bildeten ausgewählte Teileinzugsgebiete die Grundlage der Simulationen. Die Veränderungen des Gebietswasserhaushaltes wurden mit den Modellen SWAT und TUB-BGR abgebildet, die des Bodens mit den Wasser- und Stoffhaushaltsmodellen WASMOD und WaSiM-ETH in Kombination mit VSD+ nachvollzogen. Die Waldentwicklung wurde mit dem Programmsystem „WaldPlanner“ regelbasiert fortgeschrieben und die landwirtschaftlichen Fruchtfolgen und Anbauverfahren mit den Modellen ROTOR bzw. dem Betriebsmodell MODAM modelliert. Die Quantifizierung von Umweltwirkungen der landwirtschaftlichen Produktion erfolgte mit dem Modell REPRO.

Bewertung

Die aktuellen Zustände sowie die modellierten zukünftigen Verhältnisse in den Modellregionen wurden anhand ausgewählter Nachhaltigkeitskriterien und -indikatoren zahlenmäßig beschrieben. Diese lassen sich bewerten und gewichten, über die Sektorengrenzen zusammenführen und ermöglichen eine Beurteilung der Entwicklung der Landnutzung.

Ergebnisse – Klimaentwicklung

Der Klimawandel wird im Norddeutschen Tiefland bis zum Jahr 2070 zu deutlich höheren Temperaturen und einer Verlängerung der Vegetationszeit führen. Die Auswirkungen (Hitze- und Kältebelastung, Trockenstress für Pflanzen u. a. m.) nehmen insgesamt von Westen nach Osten zu. Während die westliche Modellregion Diepholz vergleichsweise wenig betroffen sein wird, ist zu erwarten, dass in der Mitte des Norddeutschen Tieflandes, repräsentiert durch den Landkreis Uelzen, die Gefahr einer sommerlichen Trockenheit und die damit verbundenen Risiken für land- und forstwirtschaftliche Kulturen zunehmen werden. Im Vergleich zu den östlich gelegenen Modellregionen Fläming und Oder-Spree sind diese Gefahren jedoch wesentlich geringer ausgeprägt. Dort wird das jetzt schon relativ trockene Klima noch ausgeprägter, weil die deutlichen Niederschlagsrückgänge in den Sommermonaten durch die geringen Zunahmen der Winterniederschläge nicht oder nur noch sehr eingeschränkt ausgeglichen werden. Dadurch wird hier eine für die Land- und Forstwirtschaft ausreichende Wasserversorgung nicht mehr zu jeder Zeit gegeben sein.

Ergebnisse – Wassernwirtschaft

Die Zustands- und Veränderungsanalysen weisen darauf hin, dass Wasser in der Vegetationszeit künftig knapper sein wird. Die Grundwasserneubildung nimmt überwiegend moderat ab und der Trockenstress nimmt zu. Damit steigt der Bewässerungswasserbedarf für landwirtschaftliche Kulturen. Bezogen auf den Stoffhaushalt bleibt die Stickstoff-Eutrophierung ein wesentliches Problem. Aktuell und auch zukünftig sind die Nitratgehalte im Sicker- und Grundwasser der Modellregionen zu hoch. Dabei muss zwischen forstlich und landwirtschaftlich genutzten Flächen unterschieden werden. So liegen während des gesamten Betrachtungszeitraums die berechneten Nitratkonzentrationen (NO_3) im Bodensickerwasser landwirtschaftlich genutzter Flächen stets deutlich über dem Trinkwassergrenzwert von $50 \text{ mg NO}_3/\text{l}$ (BMG u. BMVEL 2001). Die entsprechenden jährlichen Frachten sind in den westlichen Modellregionen deutlich zu hoch und müssen zukünftig reduziert werden. Auch unter Wald zeichnet sich aufgrund der sinkenden Sickerwassermengen, der wachsenden Bestandesvorräte und einem mit den steigenden Temperaturen zunehmenden Humusabbau eine Erhöhung der heute geringen Nitratkonzentrationen ab. Die Unterschiede zwischen den modellierten alternativen Entwicklungspfaden sind bei beiden Landnutzungsformen überwiegend relativ gering.

Zur Sicherung der künftigen Wasserversorgung der landwirtschaftlichen Kulturen empfiehlt es sich, die Bewässerungsstrategien neu auszurichten. Für einige der westlichen Regionen im Norddeutschen Tiefland bedeutet dies, Alternativen zur Grundwasserentnahme zu finden, um den steigenden Beregnungswasserbedarf zu decken und nicht gegen die Vorgaben der europäischen Wasserrahmenrichtlinie zu verstoßen. In Uelzen wird diesbezüglich der Bau von weiteren Wasserrückhaltebecken ebenso diskutiert wie die Zuführung bzw. Versickerung von Wasser aus der

Elbe oder der Waldbau zur Erhöhung der Grundwasserneubildung. In den ostdeutschen Regionen mit ihren zurzeit schon relativ geringen Jahresniederschlägen wird sich die Wasserversorgung für anspruchsvollere landwirtschaftliche Kulturen weiter verschärfen. Hier sollte das früher bestehende Beregnungssystem wieder aufgebaut und zugleich die Wasserableitung im Fall von Hochwässern an den Flüssen gesichert werden. Beides erfordert erhebliche Investitionen, die durch Förderprogramme unterstützt werden sollten. Der Waldbau muss sich an der Vermeidung von Trockenstress ausrichten.

Ergebnisse – Forstwirtschaft

Die klimatischen Veränderungen wirken sich direkt auf die forstbetrieblichen Produktionsrisiken und Ertragsaussichten aus. Angesichts der langen Produktionszeiträume ist es unausweichlich, dass die Forstbetriebe auf diese Veränderungen mit nachhaltig wirksamen Anpassungsstrategien reagieren. Eine solche Anpassung kann sowohl durch eine Stabilisierung der vorhandenen Wälder, eine Senkung bzw. Verteilung der Risiken als auch durch einen standortsgemäßen Waldbau erfolgen. Letzterer erfordert hohe Investitionen und ist mit Augenmaß durchzuführen.

Die drei simulierten Entwicklungspfade Referenz, Klimaschutz und Biodiversität spannen einen breiten Handlungsraum auf, deren Vorteilhaftigkeit erst durch die Indikatoren und ihre Bewertung deutlich wird. Der Biodiversitätspfad ist im Vergleich zum Referenzpfad gekennzeichnet durch mehr nutzungsfreie Prozessschutzflächen, einen reduzierten Holzeinschlag sowie einen erhöhten Altholzanteil und einen langsameren Baumartenwechsel im Wirtschaftswald. Dies bewirkt eine verminderte Wertschöpfung und ein geringeres Arbeitsvolumen. Beim Klimschutzpfad erfolgt gegenüber der Referenz eine intensivere Nutzung bei geringerem Altholzanteil und aktivem Umbau in Richtung produktiverem Nadelholz (z. B. Douglasie mit beigemischter Buche). Dies führt zu einer erhöhten CO₂-Bindung im Wald und in den Holzprodukten bei gleichzeitiger Erhöhung der Wertschöpfung und des Arbeitsvolumens.

Der sich mit der Zeit verschärfende West-Ost-Gradient der klimatischen Bedingungen wird die waldbaulichen Handlungsoptionen der Forstbetriebe gen Osten zunehmend einengen. In der Modellregion Diepholz wird es auch zukünftig möglich sein, auf ein breites Spektrum an standortsgemäßen Baumarten zurückzugreifen, da sich hier das Trockenstressrisiko eher moderat erhöht. Deutliche Optimierungsmöglichkeiten gibt es hier z. B. durch die Umwandlung von Wäldern mit derzeit zuwuchsschwachen Baumarten, wodurch sich die CO₂-Bindung, die Rohstoffversorgung sowie die Ertragslage der örtlichen Forstbetriebe verbessern lassen. In der Modellregion Uelzen sind weiterhin Mischbestände zu fördern und vor allem Fichtenbestände und Buchen-Voranbauten in ihren ökologischen Grenzbereichen kritisch zu prüfen und umzubauen oder durch trockenstresstolerantere Mischbaumarten anzureichern. In den Modellregionen Fläming und Oder-Spree wird wegen der Verschärfung der bereits heute bestehenden Trockenstressproblematik selbst für die

als trockenstresstolerant einzustufende Kiefer eine zunehmende Gefährdung projiziert. Diese ist nicht existenzbedrohend, wird aber voraussichtlich zu einer geringeren Leistung und einer höheren Eintrittswahrscheinlichkeit abiotischer (u. a. Trockenstress, Waldbrand) oder biotischer Risiken (u. a. Kieferngrößschädlinge, Nonne, Prachtkäfer) führen. Selbst bei optimistischer Interpretation der Klimaprojektionen ergeben sich hier nur geringe Handlungsspielräume bei der Baumartenwahl, was für eine stärkere Beteiligung anbauwürdiger und ökologisch zuträglicher eingeführter Baumarten wie Douglasie, Küstentanne und Roteiche in Mischung mit standortsgemäßen heimischen Baumarten spricht. Hierbei sollte die Buche als Begleitbaumart auf den verbleibenden Standorten mit einer für sie ausreichenden Wasserversorgung jedoch nicht ganz ausgeschlossen werden. Die Kiefer wird in jedem Fall in beiden Modellregionen die dominierende Hauptbaumart bleiben.

Ergebnisse – Landwirtschaft

Die jährlich disponierende Landwirtschaft hat aufgrund ihrer relativ geringen Bindung an den Standort und die starke Steuerung der Produktionsprozesse vielfältige Anpassungsmöglichkeiten an veränderte Klimabedingungen, Schädlings- und Pathogenregime. Nach den Entwicklungsanalysen ist die Modellregion Diepholz relativ wenig davon betroffen. Beeinträchtigt ist dort vor allem der Anbau von Getreide und Hackfrüchten, in geringerem Maße der Anbau von Silomais. In der Grünlandbewirtschaftung kann es dagegen zu einer Ertragssteigerung kommen. Für die Modellregion Uelzen zeichnet sich in Zukunft eine etwas deutlichere Zunahme des Trockenstressrisikos ab. Dadurch wird die Bedeutung der dort üblichen ganzflächigen Feldberegnung für hohe und stabile Erträge entsprechend zunehmen. Dies betrifft vor allem das Sommergetreide und die Hackfrüchte. Die Grünlanderträge werden ohne Bewässerung stagnieren. In den Modellregionen Fläming und Oder-Spree ist demgegenüber mit einer deutlichen Erhöhung des Trockenstressrisikos zu rechnen. Von diesem Trockenstressrisiko werden besonders das Sommergetreide und die Hackfrüchte betroffen sein, während der Grünlandertrag ohne Bewässerung auch hier stagnieren wird. Insgesamt werden die klimatischen Veränderungen dazu führen, dass die landwirtschaftlichen Erträge in den Modellregionen zukünftig stärker schwanken. Dies gilt insbesondere für die Modellregion Oder-Spree. Die Zunahme der Variabilität ist vor allem durch veränderte Eintrittshäufigkeiten für widrige Umweltbedingungen infolge des Klimawandels begründet. Diese haben besonders dann negative Auswirkungen auf die Landwirtschaft, wenn sie in Wachstumsphasen auftreten, die für die Ertragsbildung und Entwicklung der landwirtschaftlichen Kulturen entscheidend sind.

Die Erzielung gleichbleibend hoher landwirtschaftlicher Erträge setzt eine entsprechende Düngung der Produktionsflächen voraus. Die Stickstoffsalden (als Hof-torbilanz ermittelt) der Entwicklungspfade liegen derzeit in den Modellregionen Diepholz und Uelzen deutlich über dem Optimalbereich von 0-50 kg N/ha/a und auch über dem gesetzlich vorgegebenen Wert von 60 kg N/ha/a gemäß der Düngeverordnung (BMELV 2012a). Bei Fortführung der Referenzbewirtschaftung würden

sich die Stickstoffsalden weiter erhöhen. Mit der Ausweisung von ökologischen Vorrangflächen auf 10 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche (Biodiversitätspfad) und dem Ersatz der Düngung mit mineralischem Stickstoff durch den Anbau von Leguminosen auf 20 % der Ackerfläche (Klimaschutzpfad) könnte die Höhe der Stickstoffsalden in den westlichen Modellregionen deutlich reduziert werden. In den östlich gelegenen Modellregionen spiegelt sich die etwas geringere Intensität der Landwirtschaft auch in den Stickstoffausträgen wieder. Dennoch liegen die Stickstoffsalden in der Region Fläming bei allen im Projekt modellierten Entwicklungspfaden deutlich über dem Optimalbereich und auch über dem gesetzlich vorgegebenen Wert. Allein die Modellregion Oder-Spree kommt unter verstärkter Berücksichtigung des Klimaschutzes und/oder der Biodiversität in die Nähe des gesetzlich vorgegebenen Maximalwertes für den Stickstoffüberschuss.

Die Tierhaltung hat heute in den Modellregionen eine unterschiedliche Bedeutung. In der Modellregion Diepholz ist sie aktuell bereits hoch (> 1 Großvieheinheit je Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche). Daher können die Viehzahlen nicht ohne weiteres aufgestockt werden, ohne die ökologischen Indikatoren wesentlich zu verschlechtern. Anders sieht es in den übrigen Modellregionen Uelzen, Fläming und Oder-Spree aus. Die dort vergleichsweise geringen Tierbestände könnten ggf. noch moderat erhöht werden.

Hinsichtlich der zu erwartenden Erntemenge an Acker- und Grünlandprodukten ist der Referenzpfad führend, gefolgt vom Biodiversitätspfad. Am schlechtesten schneidet der Klimaschutzpfad ab. Im gesamten Betrachtungszeitraum wird es in allen vier Regionen sowohl beim Biodiversitäts- als auch in stärkerem Ausmaße beim Klimaschutzpfad zu Einkommensverlusten im Vergleich zum Referenzpfad kommen. Dabei schneiden die westlichen Regionen deutlich besser ab als die beiden östlichen. In Letzteren ist die Landwirtschaft auf marginalen Standorten ohne flächenbezogene Direktzahlungen weder heute noch in Zukunft kostendeckend. In der Modellregion Oder-Spree könnte die Höhe der derzeitigen Prämienzahlungen zukünftig sogar zeitweise für eine Kostendeckung nicht ausreichend sein.

Ergebnisse – Regionalmanagement

Die regionale Vielfalt der Problemlagen, Rahmenbedingungen und Interessenkonstellationen erfordern angepasste Konzepte unter Mitarbeit der Akteure vor Ort. Nur so lassen sich die erarbeiteten Wissens- und Entscheidungsgrundlagen von Forschergruppen mit den Interessen, Wertvorstellungen und Erfahrungen der Bevölkerung im ländlichen Raum und der Besucher aus dem städtischen Bereich zusammenzuführen. Für den Erfolg des Verbundprojektes war es essentiell, eine gemeinsame Schnittmenge zwischen Wissenschaftlern und regionalen Akteuren zu erarbeiten, Vertrauen für einen dauerhaften Austausch zu schaffen, frühzeitig Konfliktpotenziale aufzudecken und so die Akzeptanz von Projektarbeit und -empfehlungen bei den regionalen Akteuren zu sichern. Als Bezugsebene haben sich die Landkreise

bewährt, weil sie Identität stiften, sich viele Informationen auf ihre Grenzen beziehen und die bestehenden Netzwerke den Wissenstransfer und die Öffentlichkeitsarbeit wirksam unterstützen.

Im Rahmen von Workshops entstanden in den vier Modellregionen jeweils drei sektorale Leitbilder für die Bereiche Wasserwirtschaft, Landwirtschaft und Forstwirtschaft. Auf dieser Grundlage wurden anschließend von den regionalen Stakeholdern, moderiert durch einen Projektpartner, gemeinsame Leitbilder für die jeweiligen Modellregionen erarbeitet. Die Leitbilder machen deutlich, dass sich die regionalen Akteure grundsätzlich an der Idee einer nachhaltigen ländlichen Entwicklung orientieren, dabei jedoch Wert auf eine Beibehaltung der aktuellen Flächennutzung legen. Insgesamt repräsentieren die Leitbilder der Regionen einen Ansatz, der mit seiner Betonung der regionalen Wertschöpfung, weniger Einflüssen von außen und Kooperation und Vernetzung der regionalen Akteure stark in Richtung „Regionalität“ im Sinne einer nachhaltigen ländlichen Regionalentwicklung weist.

Um einzelne Aspekte der Leitbilder zu realisieren, bietet sich ein Anknüpfen an bereits existierende Umsetzungsprozesse politischer Programme in den Regionen an, die bereits mit finanziellen Mitteln unterlegt sind. Dies betrifft insbesondere diejenigen Leitsätze, die sich an Konzepten einer integrierten ländlichen Entwicklung orientieren. Sie sind leichter anschlussfähig an die analogen Förderprogramme (z. B. LEADER) oder die weitere Umsetzung des ELER durch die entsprechenden Landesprogramme zur Entwicklung des ländlichen Raumes.

Verstetigung der Ergebnisse

Ein zentrales Ergebnis des Verbundprojektes ist der Katalog der transsektoralen, wissenschaftlich begründeten, quantitativen, aussagekräftigen und praktisch erprobten Kriterien und Indikatoren eines nachhaltigen Landmanagements. Mit ihnen lassen sich Zustände beschreiben, Veränderungen aufzeigen und Anpassungsstrategien ableiten. Sie ermöglichen es, Ziele und Leitbilder zu konkretisieren sowie Zielerreichungsgrade zu bestimmen. Aus der Vielzahl der Indikatoren wurden 12 Schlüsselindikatoren identifiziert, die ein guter „Fühler“ in der Fläche sind. Sie sollten in dieser oder einer ähnlichen Form politisch in ein Monitoringsystem implementiert werden, um die Nachhaltigkeit des Landmanagements sektoral und transsektoral zu überwachen. Sie schaffen belastbare Grundlagen für raumbezogene Planungen und Entscheidungen in Betrieben, Verwaltungen und der Politik.

Stichworte: Nachhaltiges Landmanagement, Klimawandel, Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Kriterien und Indikatoren

Abstract

Motive

The global demand for food, timber and other renewable resources is growing. At the same time, the effects of ongoing climate change and airborne immissions are changing the production base, risks and yield prospects for agriculture and forestry. There is also a need to fully realise the climate protection potential of agriculture and the downstream food sector, as well as maintaining, or increasing, the carbon sequestration capacity of the forestry and timber sectors. Sustainable land management in the 21st Century must meet these challenges and take measures to adapt, which take account of both economic and ecological necessities, as well as the increasing demands made by society on the different types of land use. The future opportunities and risks of agriculture and forestry are also closely inter-related with water management.

Research association

These challenges were taken up within the joint project “Sustainable land management in the North German Plain” (NaLaMa-nT) by 21 scientific working groups from 11 research institutions in the agriculture, forestry, water, climatology and socio-economics sectors, together with five regional partners in recent years. They investigated the four different aspects: “ecological foundations”, “land and resource use”, “operational and regional value added” and “risk management”, which were combined in a single concept for an “integrative land use”. The “regional management” facilitated communication between the scientific working groups and important local stakeholders in the model regions. The project was funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) (Project number: 033L029), within the funding measure “Sustainable land management”, which is part of the “Research for sustainable development” (FONA) program.

Defining “sustainable land management”

“Sustainable land management” was defined by the project partners as a management principle which balances all rural interests and is viable in the long-term. It is characterised by an orderly, planned use of limited resources (land, water, soil, capital etc.) in a corridor of action, which changes with prevailing ecological, economic and socio-economic conditions but always stays within critical thresholds. The obligation to future generations and the effect of different spatial and temporal scales are observed at the same time, as are the functional interactions between different forms of land use and proprietary or societal demands.

Aims

The main goal of the joint project was to develop the knowledge and decision-making basis for a sustainable land management under present and future conditions. The North German Plain was used as an example. Conditions in the model regions Diepholz, Uelzen, Fläming and Oder-Spree were analysed, developments estimated using models, adaption needs highlighted and trans-sectoral criteria and indicators for sustainable land use were identified. The model regions represent, even today, an ecological, structural, economic and demographic gradient.

Scenarios

In order to estimate the impact of possible future developments, already established climate and market scenarios were used and rules were formulated to describe conceivable orientations of agriculture and forestry. The IPCC scenario “RCP 8.5”, which assumes a sharp rise in CO₂ levels in the next century, was used to model the climate influence. The global model ECHAM6 climate projection was regionalised to represent Germany using the statistical regional model STARS for the periods 1991–2010 (status quo), 2011–2030, 2031–2050 and 2051–2070. The agro-economic modelling employed a comparative static approach, with prices for the different time periods being based on model calculations by the Thünen Institute or Bonn University using the CAPRI model with simplified assumptions up to 2030. The forest sector economic modelling was carried out by evaluating the future forest development based on current timber prices and harvesting costs, a commonly applied principle in forestry. The possible courses of action for agriculture and forestry were grouped into three distinct scenarios and their effects in the model regions estimated using diverse models. The reference scenario (“baseline”) is the continuation of the current yield oriented forestry and agriculture and serves for comparison. The “biodiversity” scenario takes greater account of conservation requirements, while the “climate protection” scenario assumes a land use, which prioritises the reduction of greenhouse gas emissions.

The model concept

Forestry and agricultural development was simulated based on virtual model companies (forestry), or farm types (agriculture), which represent site conditions, land use type and habitat (water, moor etc.) in the model regions, thereby ensuring the transferability of results to the model regions. The suitability of the scenarios was analysed based on their effect on the productivity, stability, diversity and profitability of the model companies or farm types. For the water management sector, the simulations were based on selected parts of catchment areas. Changes in the water regime were modelled using the SWAT and TUB-BGR models. Soil water and matter budgets were modelled using WASMOD and WaSiM-ETH in combination with VSD+. Forest development was estimated using the rule-based software “WaldPlaner”, while agricultural crop rotation and cultivation practices were modelled using the

models ROTOR and MODAM. The environmental effects of agricultural production were quantified using the REPRO model.

Evaluation

The actual conditions and the modelled future conditions were described numerically using selected sustainability criteria and indicators. Thus they can be assessed, weighted and merged into trans-sector groups to evaluate the development of land use.

Results – Climate change

Climate change will lead to higher temperatures and an extension of the vegetation period in the North German Plain up to 2070. The effects (heat, cold and drought stress etc.) increase, on the whole, from west to east. While the westernmost model region, Diepholz, will be comparatively less affected, it is to be expected that in the middle of the North German Plain, represented by the model region Uelzen, the danger of summer drought and connected risks for agriculture and forestry, will increase. However, in comparison with the eastern model regions, Fläming and Oder-Spree, these dangers are considerably less significant. There, the already relatively dry climate will become more pronounced, as a significant reduction in summer precipitation will not be compensated for by a slight increase in winter precipitation. The water supply will no longer be sufficient for agriculture and forestry at all times.

Results – Water management

The analyses of the current state and possible changes suggest that in the future water will become scarcer during the growing period. There will be a moderate decline in groundwater recharge and drought stress will increase, leading to an increased need for irrigation of agricultural plants. With regard to the nutrient balance, nitrogen eutrophication will remain a major problem. At present, and in the future, the nitrate content in seepage water and groundwater is too high in the model regions, although there is a difference between forest and agricultural areas. Over the entire period under consideration the calculated nitrate concentrations (NO_3) in seepage water from agricultural areas will be constantly higher than the permitted threshold for drinking water of 50 mg NO_3/l (BMG and BMVEL 2001). The yearly load is much too high in western regions and must be reduced in the future. Even in forested areas, the present low nitrate concentration in seepage water will increase in the future, due to a decrease in seepage water amount, an increase in biomass and a temperature driven increase in the rate of humus decomposition. The differences between the modelled alternative scenarios are mostly relatively small for both land use forms.

In order to guarantee the future water supply for agricultural areas it is advisable to rethink current irrigation strategies. For some of the western regions of the North German Plain this means finding alternatives to groundwater, in order to be able to

cover increasing water needs and comply with the European Water Directive. In this regard several options have been discussed in Uelzen, including building further reservoirs, diverting water from the Elbe river or forest restructuring to increase groundwater recharge. In the eastern model regions, with its current relatively low yearly precipitation, the problem of water supply for more demanding agricultural crops will intensify further. Here, the previously existing irrigation system should be rebuilt, while, at the same time, water discharge to rivers in times of high water should be guaranteed. Both of these courses of action require considerable investment, which should be supported by subsidy programs. Silviculture must be orientated to avoid drought stress.

Results – Forestry

Climate change directly affects the production risks and the yield prospects for forestry. In view of the long production times, it is inevitable that forest enterprises react to these changes with long-term adaption strategies. Such an adaption could be brought about by stabilising existing forest stands, by reducing or spreading risks or by forest conversion appropriate to site conditions. The last option requires high investment and sound judgement.

The three simulated scenarios – reference, climate protection and biodiversity – open up a wide spectrum of possible actions. Their benefits become apparent through relevant indicators and their valuation. The biodiversity scenario is, in contrast to the reference scenario, characterised by more set-aside process conservation areas and a reduced timber harvest, as well as a higher proportion of very old trees and a slower tree species change in commercial forests. This leads to a reduced value creation and reduced workloads. In comparison with the reference, the climate protection scenario means more intense forest use with reduced, yet more active, forest conversion to more productive conifer stands (e.g. Douglas fir with admixed beech). This leads to increased carbon sequestration in the forest and wood products while simultaneously increasing value creation and workloads.

The west-east gradient in climatic conditions will intensify with time and increasingly restrict the options for forest enterprises as one goes east. In future in the Diepholz model region it will still be possible to draw on a wide range of site-appropriate tree species because the drought risk will have risen only moderately. There are clear optimisation possibilities in this region, for instance conversion of stands currently containing slow growing species. This will improve CO₂ sequestration, timber supply and the income of local forest enterprises. In the Uelzen model region mixed stands should be supported. Above all, spruce stands and beech under-plantings at the margins of their ecological limits should be re-evaluated and, if necessary, converted or admixed with drought resistant species. In the Fläming and Oder-Spree model regions the intensifying drought stress is projected to be an increasing risk, even for the drought resistant pine. Although this will not threaten the survival of pines, it will lead to reduced growth performance and increase the frequency of abiotic (drought, fire etc.) or biotic (pine tree pests, nun moth, jewel beetles etc.)

events. Even an optimistic interpretation of the climate projections leaves very little room for manoeuvre in the choice of tree species. This speaks for an increased involvement of suitable, ecologically acceptable introduced species, such as Douglas fir, grand fir and red oak, in admixture with site-appropriate native species. This does not, however, exclude the beech as an accompanying tree species in those remaining sites with a sufficient water supply for this species. The pine will remain the dominant tree species in both model regions.

Results – Agriculture

Agriculture, which is planned on a yearly basis, has a relatively low reliance on site conditions and a highly controlled production process, offers diverse adaptation possibilities to climate change, pests and pathogens. According to the scenario analysis, the Diepholz model region will be relatively unaffected by these problems. In this region it is primarily the cultivation of cereal crops, root crops and, to a lesser extent, silage corn which will be negatively affected. In grassland farming there could even be an increase of yields. For the Uelzen model region, the future holds a somewhat sharper increase in drought risk, which will increase the importance of the extensive irrigation practised there for high and stable yields. This is especially true for summer cereals and root crops. Grassland yields will stagnate without irrigation. In the model regions Fläming and Oder-Spree, however, a much stronger increase in drought risk is to be expected, which will again particularly affect summer cereals and root crops, while grassland yields will also stagnate here without irrigation. On the whole, climate change will lead to strongly fluctuating agricultural yields in the model regions. This is especially true for the Oder-Spree model region. The increase in yield variability is primarily due to changes in the frequency of adverse environmental conditions due to changing climate. These are particularly damaging for agrobusiness when they occur in development phases, which are crucial for the development and yield of cultivated crops.

Targeting consistently high agricultural yields requires an appropriate fertilisation regime. The nitrogen balance (determined by farm gate nitrogen balance) of the scenarios is currently clearly over the optimal amount of 0-50 kg N/ha/a, and also over the legally stipulated maximum of 60 kg N/ha/a of the fertiliser directive (BMELV 2012) for the Diepholz and Uelzen model regions. In the reference scenario the nitrogen balance would continue to increase. By designating 10 % of agricultural land as ecological priority areas (biodiversity scenario) or by replacing chemical fertiliser with cultivation of legumes on 20 % of the arable land (climate protection scenario), the high nitrogen balances in the western regions could be much reduced. In the eastern model regions, the less intensive agricultural practices are mirrored in the lower nitrogen leakage. However, the nitrogen balance in the Fläming region, for all modelled scenarios, still lies clearly over the optimum, and above the legally permitted amount. Only the Oder-Spree model region, by increased attention to climate protection and/or biodiversity, comes near the legally stipulated maximum values for nitrogen surplus.

Animal husbandry currently varies in importance depending on model region. In the Diepholz region, animal farming is already intensive (> 1 livestock unit per hectare agricultural land). The number of animals could not be increased without a significant deterioration of the ecological indicators. The situation is different in the remaining model regions, Uelzen, Fläming and Oder-Spree. The comparatively low livestock numbers in these regions could be moderately increased if necessary.

With regard to expected arable and grassland yields, the reference scenario is in first place, followed by the biodiversity scenario, while the climate protection scenario performs worst. Over the entire period under consideration, and in all four model regions, the biodiversity scenario, and to a larger extent the climate protection scenario, will cause large reductions in income compared to the reference scenario. This is less pronounced in the western regions than in the two eastern regions. In the latter, agriculture on marginal sites is today not possible without area-related subsidies, and this will remain so in the future. In the Oder-Spree model region, the current level of subsidies will at times in the future not suffice to cover costs.

Results – Regional management

The regional variety of problems, conditions and interests requires tailored concepts developed in collaboration with local stakeholders. Only in this way can the knowledge and decision-making basis established by researchers be brought together with the interests, values and experience of the rural population and urban visitors. It was essential for the success of the joint project to find common ground between scientists and regional stakeholders, to win trust for a sustainable exchange of ideas and to detect potential conflicts early. In this way the acceptance by regional stakeholders of project work and recommendations could be secured. The rural districts proved a worthwhile level, as they lend identity, source much information and effectively support the existing knowledge transfer network and media work.

In the course of workshops, three sectoral visions evolved for the water management, agriculture and forestry sectors in each of the four model regions. On this basis, the regional stakeholders, facilitated by one of the project partners, together established guidelines for the respective model regions. The guidelines make clear that the regional stakeholders are in principle oriented by the idea of sustainable rural development but, at the same time attach importance to retaining the current land use. On the whole, the regional guidelines present an approach that, with its emphasis on building regional value, reducing outside influence and the cooperation and networking of regional stakeholders, moves strongly in the direction of “regionality” in the sense of a sustainable rural regional development.

In order to realise individual aspects of the guidelines, it makes sense to link with existing implementation processes of political programs in the regions, which are already financed. This is particularly relevant for those guiding principles which were oriented on the concept of integrated rural development. These are most compatible

with the analogous funding programs (for example, LEADER) or the further implementation of the ELER program through the appropriate state programs for rural development.

Adopting the results

A central result of the joint project is the catalogue of trans-sectoral, scientifically founded, quantitative, meaningful and proven in the practice criteria and indicators of sustainable land management. Using these enables conditions to be described, changes shown and adaption strategies derived. They also make it possible to concretise goals and guidelines, as well as to quantify the degree to which these targets have been attained. From the multitude of indicators, 12 key indicators were identified, which provide a good overview. They should, either in their current form or a similar one, be politically implemented in a monitoring system, in order to monitor the sustainability of land management per sector and across sectors. They establish a reliable basis for spatial planning and decision-making in businesses, administrations and politics.

Keywords: sustainable land management, climate change, water management, agriculture, forestry, criteria and indicators

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Beitrag von: Ko

Land- und Forstwirtschaft sind hinsichtlich des von ihnen beanspruchten Flächenumfanges die wichtigsten Landnutzungsformen in Deutschland und prägen das Landschaftsbild erheblich. Sie produzieren nicht nur Nahrungsmittel und den nachwachsenden Rohstoff Holz, sondern besitzen ebenso eine hohe soziale und ökologische Bedeutung für die Gesellschaft. Beide Systeme sind in besonderer Weise über den ober- und unterirdischen Wasserhaushalt verbunden. Die globalen Veränderungen des Klimas sowie der Güter- und Finanzmärkte machen nicht vor diesen Sektoren der Primärproduktion Halt, ihr Ausmaß und ihre Geschwindigkeit stellen für die Forst-, Land- und Wasserwirtschaft große Herausforderungen dar.

Hinzu kommen gravierende strukturelle Veränderungen, wie der demographische Wandel oder die zunehmende Urbanisierung, die regional sehr unterschiedlich ausfallen können. All diese Veränderungen erfordern Anpassungsmaßnahmen und ggf. auch eine Neuausrichtung im Landmanagement, um auch künftig die knappen Ressourcen nachhaltig nutzen und wettbewerbsfähig bleiben zu können. Angesichts der bereits bestehenden und eher zunehmenden Unsicherheiten über die künftigen Entwicklungen sind die Anpassungsmaßnahmen so zu konzipieren, dass die in den verschiedenen Sektoren Tätigen (z. B. Verwaltungen, Betriebe, Politik, zivilgesellschaftliche Organisationen) flexibel auf Veränderungen reagieren können und die Wechselwirkungen zwischen den Landnutzungssystemen berücksichtigt werden. Insbesondere sind folgende Aspekte zu beachten:

- veränderte Produktionsgrundlagen, Risiken und Ertragsaussichten durch den Klimawandel und Stoffeinträge aus der Luft,
- steigende Nachfrage nach Nahrungsmitteln und nachwachsenden Rohstoffen bei gleichzeitig abnehmender Produktionsfläche und einer dadurch zunehmend intensiveren land- und forstwirtschaftlichen Landnutzung,
- Aufbau neuer Produktionskapazitäten und Verwertungslinien für die stoffliche bzw. energetische Nutzung land- und forstwirtschaftlicher Produkte und eine dadurch zunehmende Flächenkonkurrenz zwischen den Landnutzungsformen und Produktionslinien sowie dem Naturschutz,
- Beeinträchtigungen des Lebensraumangebotes und der Artenvielfalt auf den land- und/oder forstwirtschaftlich genutzten Flächen,

- hoher Trinkwasserbedarf in den Ballungszentren und steigender Beregnungswasserbedarf in der Landwirtschaft und dadurch zu erwartende bzw. sich verschärfende Nutzungs- und Interessenkonflikte zwischen den Landnutzern in der Konkurrenz um die Ressource Wasser.

Die von den globalen Veränderungen betroffenen ländlichen Räume unterscheiden sich regional stark hinsichtlich ihrer Vulnerabilität sowie ihrer Reaktions- und Anpassungspotenziale. Für das Projekt „Nachhaltiges Landmanagement im Norddeutschen Tiefland unter sich ändernden ökologischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen (NaLaMa-nT)“ wurde das Norddeutsche Tiefland als Untersuchungsraum gewählt, weil dort in west-östlicher Richtung mehrere Gradienten hinsichtlich der naturräumlichen Ausstattung, Landnutzungsverteilung sowie der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit verlaufen. Neben den klimatischen Verhältnissen betrifft dies u. a. den jeweiligen Anteil des Grünlandes an der landwirtschaftlich genutzten Fläche, den Waldanteil, die Intensität der Nutztierhaltung, die Stoffeinträge (insbesondere Stickstoff) aus der Luft, die Wirtschaftskraft sowie die Größe der land- und forstwirtschaftlichen Betriebe. Gleichzeitig ist die Art der landwirtschaftlichen Landnutzung (Milchvieh, Biogas, Acker mit Getreide, Mais und anderen Hackfrüchten) prinzipiell sehr ähnlich. Diese Ausgangssituation ermöglicht es in besonderer Weise, die Wirkungsgefüge zwischen den Landnutzungssystemen besser zu verstehen, die regionalen Auswirkungen des Klimawandels und der immer stärker vernetzten Märkte differenzierter abzubilden und ein integrierendes, an zukünftige Herausforderungen angepasstes und auf andere Regionen übertragbares Kriterien- und Indikatorensystem für eine nachhaltige Landnutzung zu entwickeln und als Grundlage für die Konkretisierung von Leitbildern bereitzustellen.

Hierzu wurden in dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung in der Fördermaßnahme „Nachhaltiges Landmanagement“ geförderten Projekt NaLaMa-nT (FKZ 033L029) die Auswirkungen des Klimawandels und der zunehmenden Globalisierung der Märkte auf die Produktionsverfahren sowie Leistungen und Wirkungen der Landnutzungssysteme regional-spezifisch mit Hilfe von Modellen und Szenariorechnungen aufgezeigt.

Die Szenarien (nachfolgend „Entwicklungspfade“ genannt) beschreiben kontrastierende Handlungsstränge der Landnutzung, mit deren Hilfe sich die jeweiligen ökologischen und wirtschaftlichen Auswirkungen regional einschätzen lassen. Dadurch können nun Alternativen der Landnutzung hinsichtlich ihrer Ausrichtung und Intensität aus unterschiedlichen Sichtweisen bewertet und nicht zuletzt Hinweise für die Überprüfung der bestehenden rechtlichen Rahmenbedingungen und Förderinstrumente abgeleitet werden.

1.2 Das Prinzip der Nachhaltigkeit

Beiträge von: Ko, S2

Der Begriff der „nachhaltigen Nutzung“ wurde vor mehr als 300 Jahren vor dem Hintergrund einer sich in Mitteleuropa abzeichnenden Holznot durch den sächsischen Berghauptmann Hannß Carl von Carlowitz in die Forstwirtschaft eingeführt und in seinem Buch „*Sylvicultura Oeconomica*“ (CARLOWITZ 1713, S. 105) festgehalten. Zwei Gebote liegen dem Prinzip der forstlichen Nachhaltigkeit zugrunde:

- Verantwortung für die Zukunft tragen, indem man nicht mehr nutzt, als wieder nachwächst und
- Gerechtigkeit zwischen den Generationen walten lassen, indem künftigen Generationen wenigstens ebenso viel Nutzen aus dem Wald ermöglicht wird, wie er der gegenwärtigen Generation zur Verfügung steht.

Diese nach wie vor uneingeschränkt gültigen Gebote haben erst im letzten Viertel des vergangenen Jahrhunderts weltweit über die Forstwirtschaft hinaus Anerkennung erfahren. Vor dem Hintergrund einer rasant steigenden Weltbevölkerung und der damit einhergehenden Umweltzerstörung erschien 1972 das Buch „*The Limits to Growth*“ (MEADOWS et al. 1972, dt. *Die Grenzen des Wachstums*). Mit diesem Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit wurde das Bewusstsein der Menschen für die Endlichkeit der Naturgüter und die zunehmende Umweltverschmutzung geweckt bzw. geschärft. Der Umweltschutz kam auf die internationale Tagesordnung und in einzelnen Staaten wie z. B. der Bundesrepublik begann die Umweltpolitik mit der Verabschiedung erster Umweltgesetze. Der Brundtland-Bericht „*Unsere gemeinsame Zukunft*“ führte 1987 den Begriff „*Sustainable Development*“ (dt. „nachhaltige Entwicklung“) in die öffentliche Diskussion ein (WCED 1987, HAUFF 1987). Im Jahre 1989 beschloss die UNO-Generalversammlung eine Konferenz über Umwelt und Entwicklung in Brasilien abzuhalten. Diese Konferenz fand dann im Jahre 1992 in Rio de Janeiro statt und war das bisher größte internationale politische Ereignis zu globalen ökologischen und ökonomischen Fragen. Sie verabschiedete die Agenda 21, die weltweit Folgeprozesse auslöste und die sich bis heute auch auf die internationale und nationale Politik auswirkt (CHRISTEN 1999, SCHWOERER 2001, RAMETSTEINER 2001, SPELLMANN et al. 2004). Spätestens seit diesem Zeitpunkt wird im politischen Bereich von „nachhaltiger Entwicklung“ gesprochen, womit ein gesellschaftlicher Prozess gemeint ist, der zu einer gegenüber den nachfolgenden Generationen gerechteren, lebenswerteren und lebensfähigeren Welt führen bzw. diese erhalten soll. Im Zuge der verstärkten politischen Diskussion über eine nachhaltige Entwicklung wurden nationale Nachhaltigkeitsstrategien verabschiedet, in Deutschland war dies 2002 der Fall. 2017 wurde vom Bundeskabinett schließlich die „*Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie – Neuauflage 2016*“

beschlossen¹. Diese novellierte Nachhaltigkeitsstrategie steht im Zusammenhang mit der globalen Nachhaltigkeitsagenda der Vereinten Nationen, die für verschiedene soziale, ökologische und ökonomische Aspekte der Nachhaltigkeit 17 Ziele als „Sustainable Development Goals (SDG, dt. Ziele für nachhaltige Entwicklung)“ definiert, welche bis 2030 umgesetzt werden sollen. Diese Ziele wurden im September 2015 in New York von den Staaten der Weltgemeinschaft beschlossen und traten zum 1. Januar 2016 in Kraft. Die novellierte deutsche Nachhaltigkeitsstrategie beschreibt u. a., wie diese SDG durch welche Maßnahmen in Deutschland umgesetzt werden sollen (BUNDESREGIERUNG 2017).

1.2.1 *Nachhaltigkeit im Bereich der Forstwirtschaft*

Beitrag von: Ko

Entsprechend der sich ändernden wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen erfuhr der forstliche Nachhaltigkeitsbegriff im Laufe des 19. und 20. Jahrhunderts einen starken Bedeutungswandel. Strebte man anfangs vor allem die Nachhaltigkeit der Holzerträge an (HARTIG 1795), so ist es seit SPEIDEL (1972) die Nachhaltigkeit der Vielfachnutzungen. Diesen Gedanken einer multifunktionalen Forstwirtschaft greift auch der Helsinkiprozess zum Schutz der Wälder in Europa auf (MCPFE 2003). In der Helsinki-Resolution H1 von 1993 wird „Sustainable Forest Management“ (dt. Nachhaltige Waldbewirtschaftung) definiert als „die Pflege und Nutzung von Wäldern und Waldflächen auf eine Weise und in einem Ausmaß, das deren biologische Vielfalt, Produktivität, Verjüngungsfähigkeit und Vitalität erhält sowie deren Potenzial sichert, jetzt und in Zukunft die entsprechenden ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Funktionen auf lokaler, nationaler und globaler Ebene zu erfüllen, ohne anderen Ökosystemen Schaden zuzufügen“. Umsetzen lässt sich das Prinzip einer multifunktionalen Nachhaltigkeit erst dann, wenn konkretisiert wird, für welche Zustände, Wirkungen und Leistungen des Waldes Kontinuität bzw. Verbesserung gefordert werden (SPELLMANN et al. 2001). Einen wesentlichen Anhalt für eine solche Konkretisierung bietet der Katalog der gesamteuropäischen Kriterien und Indikatoren einer nachhaltigen Forstwirtschaft (MCPFE 2003). Die Kriterien reichen von den forstlichen Ressourcen über die Gesundheit und Vitalität, die Produktionsfunktion, die Biodiversität und die Schutzfunktionen bis hin zu den sozioökonomischen Funktionen und werden durch 35 quantitative Indikatoren konkretisiert.

Dieses Nachhaltigkeitsverständnis eint bisher alle Waldbesitzarten in Deutschland. Es wird versucht, auf dem Wege des Kompromisses die vielfältigen Ansprüche an den Wald in unserer dicht besiedelten Kulturlandschaft angemessen zu berücksichtigen.

¹ <http://www.bmub.bund.de/themen/nachhaltigkeit-internationales/nachhaltige-entwicklung/strategie-und-umsetzung/nachhaltigkeitsstrategie/>

sichtigen. Dazu sollen i. d. R. auf der gleichen Fläche Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen gleichzeitig verfolgt, die Eigentümerinteressen beachtet, die waldbaulichen Ziele und Methoden mit den ökologischen Erfordernissen und den ökonomischen Möglichkeiten in Übereinstimmung gebracht werden. Anspruch und Umsetzung stimmen aber nicht immer überein (WAGNER 2004, SPELLMANN 2013).

1.2.2 Nachhaltigkeit im Bereich der Landwirtschaft

Beiträge von: Ko, L6

Die Umweltkonferenz von Rio de Janeiro löste in Deutschland zahlreiche Folgeprozesse aus, so auch im Bereich Landwirtschaft (CHRISTEN 2003). Man stand vor der Aufgabe, eine nachhaltige und ressourcenschonende Wirtschaftsweise zu sichern bzw. einzuführen. Die Nachhaltigkeitsziele wurden über die bekannten Funktionen einer multifunktionalen Landwirtschaft, die Produktionsfunktionen, die Pufferfunktionen, die sozio-ökonomischen Funktionen und die Lebensraumfunktionen, definiert (RIMPAU 2003). Um die Umsetzung des Nachhaltigkeitsprinzips zu ermöglichen, war es notwendig, jene Faktoren zu identifizieren, die die Nachhaltigkeit beeinflussen, quantitative Indikatoren abzuleiten, um Zustände und Veränderungen zu beschreiben und zu bewerten, sowie Instrumente bereitzustellen, mit denen sich die Wirkungsmechanismen steuern lassen (WAHMHOF 2003). Eine Vorreiterrolle nahmen bei diesen Entwicklungen die Forschungseinrichtungen und Universitäten (u. a. CHRISTEN 1999, ZANDER u. KÄCHELE 1999, CHRISTEN u. O'HALLORAN-WIETHOLTZ 2002, CHRISTEN 2009, HEISSENHUBER u. BREITSCHUH 2000, HÜLSBERGEN et al. 2002, FREDE u. BACH 2003) sowie der Verband der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) (BREITSCHUH u. ECKERT 2006, BREITSCHUH et al. 2008) ein. Mittlerweile stehen mehrere Indikatorenmodelle zur Verfügung, die dem Nachweis der guten fachlichen Praxis, der Einbindung in Betriebsaudits, der Betriebsberatung und dem Aufbau integrierter Umwelt- und Qualitätsmanagementsysteme dienen. Ihre Einführung in den betrieblichen Alltag vollzieht sich aber eher schleppend.

Das auf die einzelbetriebliche Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit ausgerichtete Indikatorsystem REPRO hat bislang die weiteste Verbreitung in der landwirtschaftlichen Praxis erlangt. (HÜLSBERGEN 2003b, 2009). Es liegt als betrieblich nutzbare Agrarsoftware vor, mit der sich der gesamte Landwirtschaftsbetrieb von den Standortsbedingungen über die Betriebsstrukturen und Produktionsverfahren bis hin zu den Erträgen, Leistungen, Qualitäten, Kosten und Erlösen abbilden und bewerten lässt. Viele der von REPRO verwandten Indikatoren haben Eingang in den Nachhaltigkeitsstandard der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft gefunden (SCHAFFNER u. HÖVELMANN 2009).

1.2.3 *Nachhaltigkeit im Bereich der Wasserwirtschaft*

Beiträge von: W1a, W1b, Ko

Im Zuge der im 20. Jahrhundert schnell fortschreitenden Industrialisierung führte der sorglose Umgang mit der lebenswichtigen Ressource Wasser zu einer deutlichen Verschlechterung der Wasserqualität, insbesondere der vieler Oberflächengewässer einschließlich der Küstenbereiche. Nach dem 2. Weltkrieg wurden Initiativen zum Gewässerschutz ergriffen und in Deutschland die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) gegründet. Sie initiierte umfangreiche Aktivitäten zur Klassifizierung der Gewässer, womit eine wesentliche Grundlage zur einheitlichen Feststellung des Status quo der Gewässergüte und der Ableitung von Zielstellungen zur Verbesserung der Belastungssituation geschaffen wurde. Ab Ende der 1980er- bis Anfang der 1990er-Jahre wurde durch die Einführung von Kennwerten zur Gewässerstrukturgüte versucht, die Bewertung der Gewässerqualität im Sinne einer nachhaltigen Bewirtschaftung weiter zu objektivieren.

Mit der Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Gemeinschaft (WRRL) wurde im Jahre 2000 ein neuer Rahmen für das wasserwirtschaftliche Handeln festgelegt (EUROPÄISCHES PARLAMENT u. EUROPÄISCHER RAT 2000). Die WRRL erstreckt sich auf alle ober- und unterirdischen Wasserressourcen und schließt auch Übergangs- und Küstengewässer mit ein. Sie geht inhaltlich weit über die bisherigen nationalen Richtlinien hinaus und betrachtet erstmalig das oft über Ländergrenzen hinausgehende gesamte Einzugsgebiet eines Gewässers. Ihre Ziele bestehen in der Erreichung eines „guten ökologischen und chemischen Zustands“ der Oberflächengewässer sowie im Erreichen eines „guten mengenmäßigen und chemischen Zustands“ für die Grundwasserwasserkörper (BMUB 2014). Diese Zielstellungen sollten ursprünglich bis 2015 erfüllt werden; dies gelang nicht, sodass eine Fortsetzung der Umsetzung erfolgt. Durch die WRRL soll das Nachhaltigkeitsziel der Wasserwirtschaft erreicht werden, nur so viel Wasser aus dem zur Verfügung stehenden Reservoir in Anspruch zu nehmen, wie es gereinigt und schadlos dem Wasserkreislauf wieder zugeführt werden kann (AÖW 2013).

1.2.4 *Nachhaltiges Landmanagement – eine Definition für das Verbundprojekt*

Beiträge von: Ko, L6

Während in der Vergangenheit überwiegend sektorale Ansätze zur Sicherung der Nachhaltigkeit gefördert wurden, zielte die im Jahre 2008 bekanntgegebene Fördermaßnahme „Nachhaltiges Landmanagement“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) darauf ab, die Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft durch eine disziplinübergreifende Integration und transdisziplinäre Forschung auf regionaler Ebene zu stärken. Damit schlug sie eine Brücke zum nationalen Strategieplan der Bundesrepublik Deutschland für die Entwicklung ländlicher Räume 2007-2013 (BMELV 2011). Die Ausschreibung des BMBF eröffnete den beteiligten Verbundprojekten ein breites Arbeitsfeld, indem sie auf eine spezifische

Definition des Begriffs „Nachhaltiges Landmanagement“ verzichtete. Das wissenschaftliche Begleitprojekt stellte hierzu fest, dass bislang in der wissenschaftlichen Literatur keine umfassende und allgemein akzeptierte Definition vorliegt (vgl. WEITH et al. 2013). Um jedoch der eigenen Arbeit Orientierung zu geben, wurde im Jahr 2011 vom Verbundprojekt NaLaMa-nT eine eigene Definition aus Sicht der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft, also der „unmittelbaren“ Landnutzer, erarbeitet.

Definition des Begriffs „Nachhaltiges Landmanagement“ für NaLaMa-nT:

„Nachhaltiges Landmanagement ist ein langfristig tragfähiges Bewirtschaftungsprinzip zum Ausgleich der Interessen im ländlichen Raum. Es ist charakterisiert durch eine planmäßige Nutzung begrenzter Ressourcen (Fläche, Wasser, Boden, Kapital etc.) in einem Handlungskorridor, der sich mit den ökologischen, ökonomischen und sozioökonomischen Rahmenbedingungen verändert, aber stets kritische Grenzwerte einhält. Dabei werden die Verpflichtungen gegenüber künftigen Generationen und der Einfluss verschiedener räumlicher und zeitlicher Skalen ebenso beachtet wie die funktionalen Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Landnutzungsformen und die Eigentümerinteressen bzw. die gesellschaftlichen Ansprüche.“

1.3 Ziele

Beitrag von: Ko

Ziel des Verbundprojektes war es, mit einem integrativen Ansatz eine Wissens- und Entscheidungsgrundlage für ein nachhaltiges Landmanagement im Norddeutschen Tiefland unter heutigen und absehbaren Rahmenbedingungen zu erarbeiten. Hierfür sollte die angewandte Forschung stärker mit den Akteuren in den Regionen vernetzt und die zeitliche Spanne zwischen Erkenntnisgewinn, Rückkoppelung mit den Erfahrungen der Praxis, Leitbildentwicklung und Umsetzung verkürzt sowie der Erfolg von Anpassungsmaßnahmen erhöht werden. Die Arbeitsgrundlage bildete eine interdisziplinäre Analyse der einzelnen Elemente der Landnutzungssysteme Land-, Forst- und Wasserwirtschaft und ihrer aktuellen gegenseitigen Beeinflussung in den Modellregionen. Dabei wurde der Naturschutz als integraler Bestandteil dieser Bewirtschaftungsformen verstanden.

Gegenstände der Analyse waren:

- klimatische Vulnerabilität der Regionen,
- Änderung der Standortpotenziale,
- Art und Intensität der Produktionsverfahren,
- biotische und abiotische Risiken sowie die Wirksamkeit des derzeitigen Risikomanagements,
- die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit,

- Schutz- und Erholungsleistungen und
- naturschutzfachliche Merkmale wie Landschaftsbild, Lebensraumangebot, Erhaltungszustände und Arteninventar.

Die wissenschaftliche Analyse der ökologischen Grundlagen, der Land- und Ressourcennutzung, der Risiken und der Wertschöpfungsketten sollte die Basis liefern, um die Akteure in den Modellregionen bei der Formulierung eines regionalen Leitbildes „Nachhaltiges Landmanagement“ zu unterstützen. Der Leitbildkonkretisierung diene auch die Identifikation quantitativer Nachhaltigkeitsindikatoren, die entsprechend dem multifunktionalen Verständnis der Landnutzungsformen eine große Breite an Zielparametern abdecken sollten. Sie bildeten das transsektorale Indikatoren-system, mit dem Zustände und Entwicklungen bewertet, Interessenkonflikte offen-gelegt, regionale Besonderheiten gewichtet, Handlungsoptionen überprüft und Um-setzungsstrategien aufgezeigt werden sollten.

2 Struktur des Verbundprojektes

2.1 Aufbau und Konzepte

Beitrag von: Ko

Der Untersuchungsraum „Norddeutsches Tiefland“ wird im Projekt „NaLaMa-nT“ durch vier Modellregionen repräsentiert, die in west-östlicher Richtung naturräumliche, strukturelle, wirtschaftliche und demografische Gradienten abbilden. Bei diesen Modellregionen handelt es sich um die Landkreise Diepholz, Uelzen und Oder-Spree sowie die Region Fläming (s. Abb. 1).

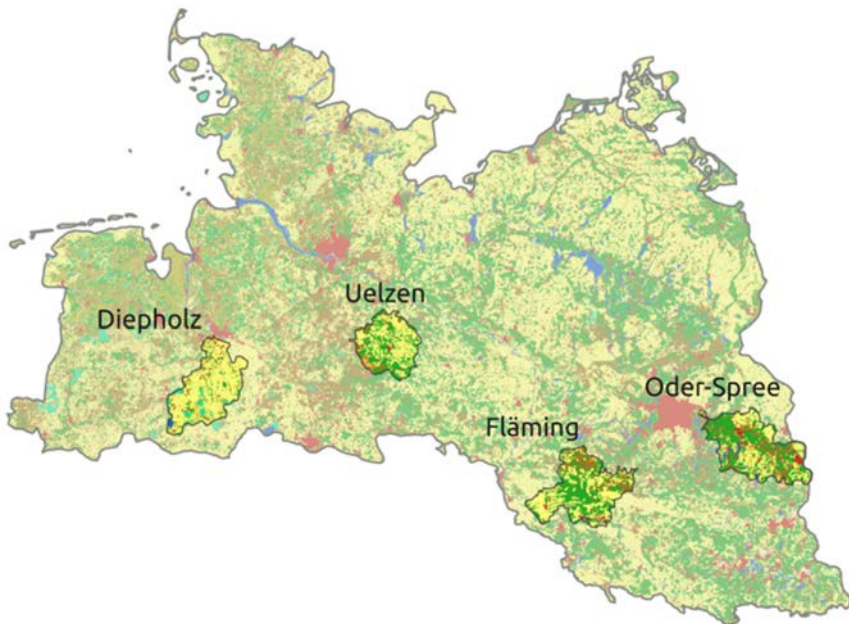



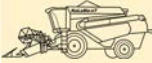

Abbildung 1: Das Norddeutsche Tiefland als Untersuchungsraum des Projektes „NaLaMa-nT“ mit den vier Modellregionen

Ausgehend von der Großlandschaft wurden in den vier Modellregionen die „Ökologischen Grundlagen“, die „Land- und Ressourcennutzung“, die „Betriebliche und regionale Wertschöpfung“, das „Risikomanagement“ und die Wechselwirkungen zwischen den Landnutzungssystemen interdisziplinär unter heutigen und künftigen Bedingungen (bis zum Jahr 2070) analysiert und bewertet.

Dabei wurde von den verschiedenen Arbeitsgruppen auf sehr unterschiedliche Daten und Methoden zurückgegriffen. Primäre Datengrundlagen stammen aus

Messnetzen (Deutscher Wetterdienst (DWD), Umweltbundesamt (UBA), Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF), Bundeswaldinventur (BWI), Bodenzustandserhebung (BZE), Waldzustandserhebung (WZE) etc.), Literaturquellen und Statistiken. Diese wurden durch regionale Aufnahmedaten des Umweltmonitorings, Inventurdaten und sonstige Erhebungen erweitert und durch Daten aus Versuchen, Testbetrieben und Choice-Experimenten ergänzt (s. Tab. 1).

Tabelle 1: Datengrundlagen für die Analysen und Modellierungen in den Sektoren und Teilprojekten

Sektor \ Teilprojekt	Ökologische Grundlagen	Risiko- management	Ressourcen- nutzung	Wert- schöpfung	Regional- management
Forstwirtschaft 	- Klimadaten - Standort- daten - Umweltdaten - eigene Unter- suchungen	- Klimadaten - Waldschutz- meldewesen - Waldbrand- statistiken - Betriebs- statistiken - eigene Unter- suchungen	- Klimadaten - Standort- daten - BWI-Daten - Forsteinrich- tungsdaten - Schutzgebiets- kulisse	- Betriebs- statistiken - Holzmarkt- statistiken - Kalkulations- grundlagen - AfL - Waldbewer- tung - Befragungen	- Befragungen - Choice - Experimente - Experten- interviews - reg. Statistiken - Rechtsquellen
Landwirtschaft 	- Klimadaten - Standort- daten - Anbau- verfahren - eigene Unter- suchungen	- Klimadaten - Standort- daten - Anbau- verfahren - eigene Unter- suchungen	- Klimadaten - Standort- daten - InVeKoS-Dater- verfahren - Anbau- verfahren - Betriebstypen - ökologische Vorrang- flächen	- InVeKoS-Dater- Betriebstypen - Fruchtfolgen - Markt- szenarien - Anbau- verfahren - Befragungen - KTBL-Daten	- Befragungen - Choice - Experimente - Experten- interviews - reg. Statistiken - Rechtsquellen
Wasserwirtschaft 	- Klimadaten - Standort- daten - Landnutzungs- anteile - Fruchtfolgen - Anbau- verfahren - Gewässer- messnetz - eigene Unter- suchungen	- Klimadaten - Standort- daten - Landnutzungs- anteile - Gewässer- messnetz - eigene Unter- suchungen	- Klimadaten - Standort- daten - Landnutzungs- anteile - Gewässer- messungen - eigene Unter- suchungen	- Trinkwasser- nutzung - Berechnungs- wassermenge	- Befragungen - Choice - Experimente - Experten- interviews - reg. Statistiken - Rechtsquellen

AfL: Arbeitsgemeinschaft forstlicher Lohnunternehmer, InVeKoS: Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem, BWI: Bundeswaldinventur, KTBL: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.

Die Partizipation begann mit der Akteursanalyse und dem Entwurf sektoraler Leitbilder, setzte sich mit den Veränderungsanalysen und der Entwicklung gemeinsamer, transektoraler Leitbilder fort und mündete in regionalen Handlungsoptionen, die einen Interessenausgleich anstreben. Gemeinsames Ziel war es, den Diskurs zwischen Wissenschaft und Praxis zu verstetigen, um die Zukunftsfähigkeit der ländlichen Räume zu sichern. Der Untersuchungsansatz und die Projekthinhalte orientierten sich an den zuvor formulierten Zielen (s. Kap. 1.3).

Die Änderungen des Klimas und der Märkte wurden in ihren Auswirkungen auf die Landnutzungsformen für repräsentative Modellbetriebe in den Modellregionen mit sektoralen Szenariorechnungen abgebildet und in einer sektorenübergreifenden Bewertung anhand von Nachhaltigkeitsindikatoren zusammengefasst. Dabei fanden die für alle Teilvorhaben verbindlichen Basisinformationen zum regionalen Klimawandel unmittelbar Eingang in verschiedene Simulationsmodelle (Landschaftswasserhaushalt, Stoffhaushalt, Primärproduktion, Ertrag, Risiko). Deren Ergebnisse bildeten die Entscheidungsgrundlagen für die Wahl der Baumarten, Fruchtfolgen und Grünlandtypen, für die Gestaltung der Produktionsverfahren, für die Anforderungen an die Tierhaltung sowie für die Berücksichtigung wasserwirtschaftlicher und naturschutzfachlicher Belange. Die mittel- bis langfristigen Veränderungen der Märkte (Angebot, Nachfrage, Preise, Kosten) und der zumindest mittelfristig absehbare technologische Fortschritt wurden in enger Abstimmung zwischen den wissenschaftlichen Arbeitsgruppen und den überregionalen Stakeholdern gutachtlich bestimmt und als Randbedingungen in die Szenarien übernommen (s. Abb. 2).

Die Praxisnähe und die Umsetzung der Forschungsergebnisse wurden durch eine intensive Beteiligung der Akteure in den Modellregionen sowie wichtigen überregionalen Stakeholdern gesichert. Sie wirkten sowohl an der Beschreibung der Leitbilder einer nachhaltigen Landnutzung als auch an der Festlegung der Entwicklungsparadigmen für die sozioökonomischen Szenarien mit. Der dabei in den Regionen geführte Diskurs zwischen Wissenschaft und Praxis legte die Wechselbeziehungen zwischen den verschiedenen Landnutzungssystemen offen, förderte den Interessenausgleich, verstetigte die Innovationsbereitschaft und stärkte insgesamt die Zukunftsfähigkeit der ländlichen Räume.

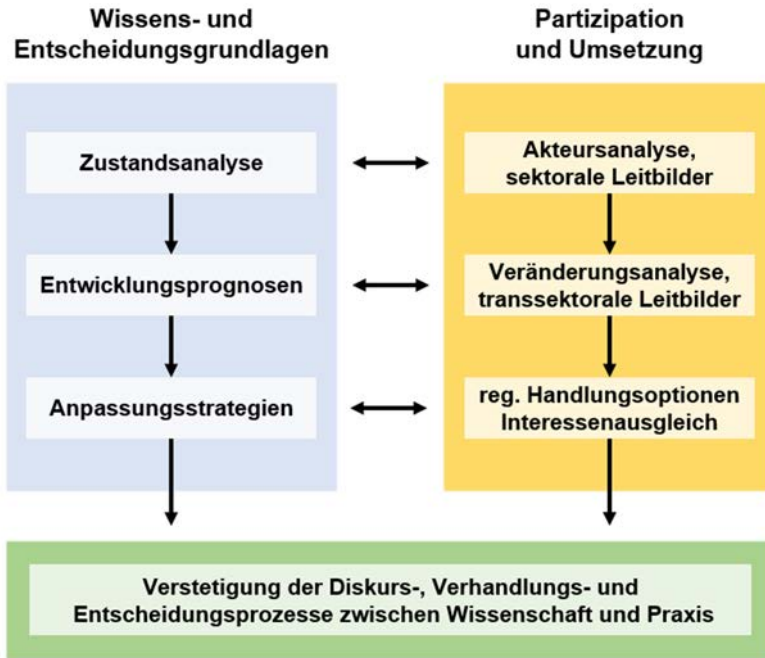


Abbildung 2: Inter- und transdisziplinäre Konzeption des Verbundprojektes NaLaMa-nT

2.2 Beteiligte Teilvorhaben und Regionalpartner

Beitrag von: Ko

In dem Verbundprojekt arbeiteten 21 wissenschaftliche Projektpartner bzw. Teilvorhaben aus den Bereichen Klimatologie (K1), Wasserwirtschaft (W1), Landwirtschaft (L1-L7), Forstwirtschaft (F1-F6) und Sozioökonomie (S1-S3) sowie die Arbeitsgruppe Koordination (Ko) zusammen. Sie wurden themenbezogen in sieben interdisziplinär besetzten Teilprojekten „Ökologische Grundlagen“ (ÖG), „Risikomanagement“ (RM), „Land- und Ressourcennutzung“ (LR), „Betriebliche und regionale Wertschöpfung“ (WS), „Integratives Landmanagement“, „Regionalmanagement“ (REM) und „Koordination“ (KO) gebündelt (s. Abb. 3)

Durch diese Projektstruktur war die Art und Intensität der inter- und transdisziplinären Zusammenarbeit grundsätzlich vorgegeben. Die Koordination sicherte den Informations- und Datenaustausch zwischen den Teilvorhaben, achtete auf die Einhaltung der Arbeitsplanung, organisierte Arbeitstreffen, band die regionalen Akteure und überregionalen Stakeholder mit ein, sorgte für die inhaltliche Kohärenz des Gesamtprojektes, pflegte den Kontakt zum Projektträger und gestaltete zusammen mit den Projektpartnern den Wissenstransfer und die Öffentlichkeitsarbeit.

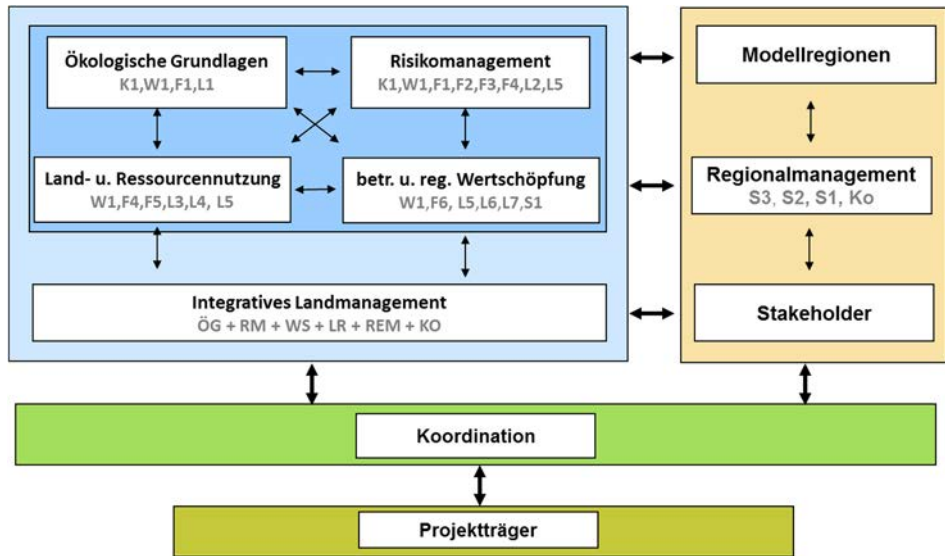


Abbildung 3: Struktur des Projektverbundes (die Kürzel geben die beteiligten Teilvorhaben an, beim „Integrativen Landmanagement“ die beteiligten Teilprojekte; Abkürzungen siehe Text)

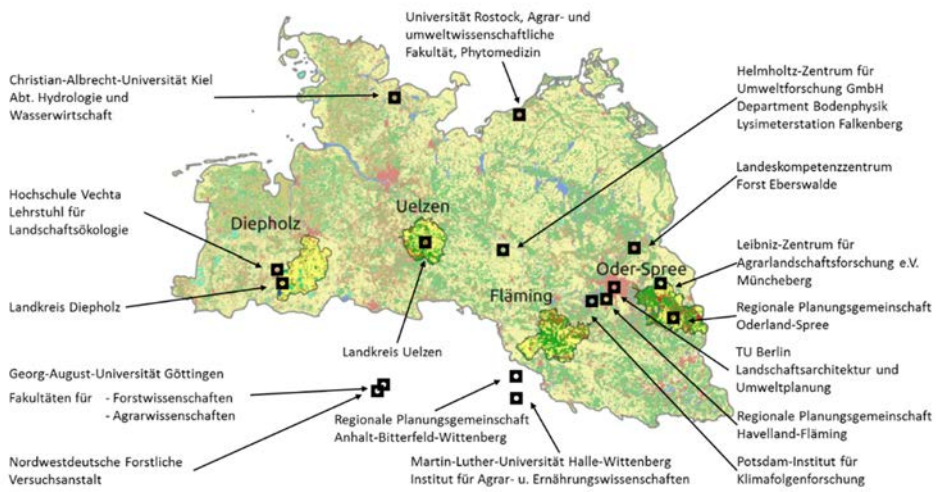


Abbildung 4: Beteiligte wissenschaftliche und regionale Projektinstitutionen

Hinter den in Abbildung 3 aufgeführten Teilvorhaben stehen folgende Institutionen (siehe auch Abbildung 4):

Koordination

- Ko Koordination des Verbundprojektes
 Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA), Abteilung
 Waldwachstum, Göttingen

Klimaszenarien

- K1 Klimaszenarien
 Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), Potsdam

Landschaftswasserhaushalt

- W1a Hydrologische Anpassungsstrategien – Landschaftswasser und -stoff-
 haushalt
 Universität Kiel, Abteilung Hydrologie und Wasserwirtschaft des Insti-
 tutes für Natur- und Ressourcenschutz, Kiel
- W1b Hydrologische Anpassungsstrategien – Wasser- und Stoffflüsse
 Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ (Leipzig-
 Halle), Department Bodenphysik, Lysimeterstation Falkenberg, Falken-
 berg

Forstwirtschaft

- F1 Stoff- und Wasserhaushalt Wald
 NW-FVA, Abteilung Umweltkontrolle, Göttingen
- F2 Risiken und Anpassungspotenziale von Wirtschaftsbaumarten in den
 Modellregionen
 Landeskompetenzentrum Forst Eberswalde (LFE), Eberswalde
- F3a Risikobewertung und Risikomanagement in Wäldern – phyllophage
 Insekten
 LFE, Eberswalde
- F3b Risikobewertung und Risikomanagement in Wäldern – wurzelpathogene
 Pilze, Borkenkäfer sowie Prachtkäfer
 NW-FVA, Abteilung Waldschutz, Göttingen
- F4 Waldwachstum, Waldbau, Nachhaltigkeit
 NW-FVA, Abteilung Waldwachstum, Göttingen
- F5 Waldnaturschutz
 NW-FVA, Abteilung Waldwachstum, Göttingen
- F6 Forstökonomie; Nutzungsverhalten und Ertragspotenziale
 Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung für Forstökonomie und
 Forsteinrichtung, Göttingen

Landwirtschaft

- L1 Stoff- und Wasserhaushalt
Universität Vechta, Lehrstuhl für Landschaftsökologie, Vechta
- L2a Schadorganismen und Pflanzenschutz im Ackerbau
L2a1 AG: Krankheiten und Schädlinge
L2a2 AG: Schadinsekten und Pflanzenschutz
Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Allgemeine Pflanzenpathologie und -schutz, Abteilung Agrarentomologie, Göttingen
- L2b Schadorganismen und Pflanzenschutz im Ackerbau – Unkräuter und Pflanzenschutzmitteleinsatz
Universität Rostock, Professur für Phytomedizin, Rostock
- L3 Ökologische Begleitforschung, landwirtschaftliche Produktionsverfahren
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V., Institut für Landnutzungssysteme, Müncheberg
- L4 Grünland
Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Graslandwissenschaft, Göttingen/Vechta
- L5 Tierproduktion
Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Produktionssysteme der Nutztiere, Göttingen
- L6 Indikatorgestützte Analyse landwirtschaftlicher Produktionsverfahren
Universität Halle-Wittenberg, Halle
- L7 Agrarökonomie
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V., Institut für Sozioökonomie, Müncheberg

Sozioökonomie

- S1 Landschaftsökonomie
TU Berlin, Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung, FG Landschaftsökonomie, Berlin
- S2 Sektorübergreifende politische Implementierung innovativer Anpassungsstrategien
Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Forst-, Naturschutzpolitik und Forstgeschichte, Göttingen
- S3 Regionale Implementierung
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V., Institut für Sozioökonomie, Müncheberg

Regionalpartner (RP) in den Modellregionen:

- DH Landkreis Diepholz
- UE Landkreis Uelzen
- FL Regionale Planungsgemeinschaft Havelland-Fläming
Regionale Planungsgemeinschaft Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg
- OS Regionale Planungsgemeinschaft Oderland-Spree

2.3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Beiträge von: allen Teilvorhaben

Im Jahr 2011 begannen die „experimentellen“ Teilvorhaben (u. a. W1a, W1b, F3a, F3b, L2a1, L2a2, L2b, L4) ihre Feldarbeiten und nahmen hierfür Kontakt zu den Flächeneigentümern bzw. Flächenbetreuern und -nutzern auf (Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Niedersächsische Landesforsten AöR, Landesforstbetrieb Sachsen-Anhalt, Wasser-Unterhaltungsverband Nuthe/Rossel, Wasser-Unterhaltungsverband Plane/Buckau, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) u. a. m.). Die in 2010 geknüpften Kontakte (W1b) zur Datengewinnung im Bereich Wasser zur Trinkwasserversorgung Magdeburg GmbH (TWM) wurden für den Informationsaustausch erweitert. Weiterhin wurde auch ein Kontakt zum Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW) in Magdeburg hergestellt (W1b) und eine technische Kooperation mit der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Bodo Damm (Abt. Geo- und Agrarökologie) des Institutes für Strukturforschung und Planung in agrarischen Intensivgebieten (ISPA) der Universität Vechta initiiert (L4).

Bei den Untersuchungen der Klimaeinflüsse auf Schadorganismen und Pflanzenschutz in den Ackerbaukulturen (L2a2, L2b) bestand eine Zusammenarbeit mit dem niedersächsischen Verbundvorhaben „Klimafolgenforschung in Niedersachsen“ (KLIFF). Hier wurde gemeinsam die Sensitivität der Standort-Leistungsmodelle und Risikomodelle gegenüber den Bodenparametern nutzbare Feldkapazität und Bodennährstoffe analysiert. Das Teilvorhaben Tierproduktion (L5) konnte auf Erfahrungen bei der Klimadatenerfassung in den Betrieben sowie im Bereich der Datenauswertung zurückgreifen, die im Forschungsprojekt KLIFF gewonnen wurden. Mit dem Projekt „Möglichkeiten und Grenzen der Vollbaumnutzung“, gefördert vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) über die „Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe“ bestand eine Zusammenarbeit hinsichtlich der Daten zu nutzungsbedingten Nährstoffentzügen und der Elementvorräte in Böden (F1).

Eine enge Kooperation ergab sich mit dem Projekt CC-LandStraD im Zusammenhang mit der Entwicklung der Marktszenarien (Ko, F6). Hier wurde ein fachlicher Austausch zum Thema „ökonomische Bewertung“ mit verantwortlichen Mitarbeitern des damaligen Instituts für Ökonomie der Forst- und Holzwirtschaft des

Johann Heinrich von Thünen-Institutes (heute: Thünen-Institut (TI), Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie) praktiziert. Die Kontakte zur Koordination und zum Sprecher des BMBF-Verbundforschungsprojektes „BEST“ (Prof. Dr. Christian Ammer, Prof. Dr. Michael Bredemeier und Prof. Dr. Norbert Lamersdorf) wurden intensiv gepflegt (Ko). Mit dem Life+ Projekt „Further Development and Implementation of an EU-level Forest Monitoring System“ (FutMon) und „INKA BB – Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Brandenburg – Berlin“ (BMBF) konnte die Nutzung von Langzeitklimadaten zur Modellierung von Klimakennwerten für Monitoringpunkte in brandenburgischen Wäldern und ein Erfahrungsaustausch für die ersten Klima-Auswertungen realisiert werden (F3a). Auf Ergebnisse des „FutMon“-Projekts zum Wasser- und Stoffhaushalt von Waldökosystemen wurde auch im Teilvorhaben F1 zurückgegriffen.

Zwischen dem Teilvorhaben W1a und der TU Dresden gab es einen engen Datenaustausch, da dort im Rahmen des BMBF-Projektes „AgroForNet“ zwei Teilgebiete der Ilmenau (Gerdau und Wipperau) bearbeitet wurden, die auch Objekt der eigenen Untersuchungen in der Modellregion Uelzen waren.

Die im Jahr 2011 im Rahmen eines an der NW-FVA veranstalteten Workshops zur Situation von Flechten-Kiefernwäldern begonnene Kooperation mit der Arbeitsgruppe von PD Dr. Thilo Heinken an der Uni Potsdam wurde fortentwickelt.

Bei der Entwicklung forstlicher Marktszenarien bestand eine enge Kooperation zwischen dem Thünen-Institut für internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie, Hamburg, dem Institut für Weltwirtschaft (IWF), Kiel, und der Universität Göttingen, Abteilung Forstökonomie und Forsteinrichtung bei der Abschätzung der Preisentwicklung forstlicher Produkte (F6) sowie ein Austausch im Rahmen der oben erwähnten Zusammenarbeit zur ökonomischen Bewertung. In diesem Zusammenhang fanden mehrere Kooperationstreffen mit Mitarbeitern der Institute in Berlin und Hamburg statt (F6, S1, Ko). Im Rahmen der weiteren Auswertung der „Datenbank Choice Experimente“ gab es eine Kooperation mit der Universität Bilbao (Department of Applied Economics III, University of the Basque Country, Bilbao, Spanien) (S1).

Im Bereich des Regionalmanagements wurden zahlreiche Kontakte in die Regionen geknüpft und der Dialog mit den regionalen Projektpartnern verstetigt (S3). Die Regionalpartner vertieften den Informationsaustausch mit lokalen Akteuren bzw. dehnten ihn aus (u. a. auch Grünlandzentrum Niedersachsen, Planungsbüro Ecolo, Bremen (DH)) und tauschten sich mit anderen regional bedeutsamen Forschungsprojekten zur Landnutzung aus (ExWoSt: Experimenteller Wohnungs- und Städtebau, KLIMZUG - Nordwest2050 (DH), KLIMZUG-NORD, AQUARIUS (UE) und EUDYSÉ (FL)).

2.4 Transdisziplinäres Konzept

Beitrag von: S3

Die Forschungsansätze der Landnutzungsforschung verschieben sich in der jüngeren Vergangenheit von stärker disziplinär orientierten Arbeiten hin zu einer stärker integrierten Betrachtung von komplexen sozio-ökologischen Systemen (ZSCHEISCHLER u. ROGGA 2015). Anlass für diese Entwicklung ist unter anderem der Aspekt, dass multifunktionale gesellschaftliche Ansprüche an die begrenzte Ressource Land einhergehen mit komplexen, interdependenten und zum Teil unscharfen Herausforderungen und Entwicklungstrends, wie beispielsweise den Auswirkungen des Klimawandels, der Überbeanspruchung natürlicher Ressourcen (BRANDT et al. 2013), den Folgen von wirtschaftlicher Globalisierung und Strukturwandel, der steigenden Energienachfrage sowie der politischen Prioritätensetzung im Rahmen der generellen Diskussion über Nachhaltigkeit (ZSCHEISCHLER u. ROGGA 2015).

Zur Bewältigung dieser Herausforderungen im Sinne eines nachhaltigen Landmanagements sind innovative Ansätze vonnöten, die die Vielfalt gesellschaftlicher Wertvorstellungen und Ansprüche an die Landnutzung berücksichtigen. Wenn gleich im Diskurs über Transdisziplinarität eine Vielzahl unterschiedlicher Definitionen und Gegenstandsbeschreibungen existieren (JAHN et al. 2012), zielen transdisziplinäre Ansätze im Allgemeinen darauf ab, wissenschaftliche Erkenntnisgenerierung durch kollaborative und reflexive Elemente jenseits der disziplinären Arbeit zu ergänzen und bewerten zu lassen. Dafür gilt es, nicht nur unterschiedliche wissenschaftliche Disziplinen zusammenzuführen und sektorale Lösungsansätze zu integrieren, sondern auch Praxis- und Erfahrungswissen von nicht-wissenschaftlichen Akteuren aus Wirtschaft, Verwaltung und zivilgesellschaftlichen Organisationen einzubeziehen (LANG et al. 2012). Im komplexen Handlungsfeld Landnutzung erfordern dabei die Heterogenität von Problemlagen und Rahmenbedingungen sowie der Akteurskonstellationen in unterschiedlichen Regionen angepasste Konzeptionen unter Mitarbeit regionaler Stakeholder vor Ort.

Die Bedeutung partizipativer Prozesse ist in der Fachliteratur vielfach hervorgehoben worden (LUYET et al. 2012, NEWIG u. FRITSCH 2009, REED 2008). Sie können das Verständnis für komplexe Zusammenhänge und die Nutzbarkeit von komplexen Daten verbessern (PETERSON et al. 2010). Eine frühzeitige Beteiligung von Akteuren erhöht die Erfolgchancen von Projekten (HAMILTON u. WILLSTOKER 2006), verbessert die Qualität der Ergebnisse (BEIERLE 2002) und fördert gleichzeitig die Akzeptanz der Projektmaßnahmen bei den Akteuren selbst (HEALEY 2002). Partizipative Ansätze unterstützen zudem den Wissensaustausch und soziale Lernprozesse zwischen unterschiedlichen Akteursgruppen und Projektwissenschaftlern (CUNDILL u. RODELA 2012, PAHL-WOSTL 2009, REED et al. 2010).

Im Verbundprojekt NaLaMa-nT lag der Fokus des transdisziplinären Ansatzes auf der Verschneidung der zu erarbeitenden Wissens- und Entscheidungsgrundlagen

für ein nachhaltiges Landmanagement durch die interdisziplinär arbeitenden Teilvorhaben mit den Interessen, Wertvorstellungen und Wissensständen regionaler bzw. überregional agierender Stakeholder aus der Landnutzungspraxis.

2.5 Teilprojekte

Um die Art und Intensität der inter- und transdisziplinären Zusammenarbeit strukturell zu lenken und inhaltlich zu stärken, wurden die Teilvorhaben des Forschungsverbundes den Teilprojekten Ökologische Grundlagen, Risikomanagement, Land- und Ressourcennutzung, Wertschöpfung sowie dem Teilprojekt Regionalmanagement zugeordnet. In den nachfolgenden Abschnitten werden die Ziele der Teilprojekte dargestellt, ihre jeweiligen Forschungsansätze und Methoden beschrieben und wichtige Untersuchungsergebnisse für ein nachhaltiges Landmanagement zusammengeführt. Die für die Veränderungsanalysen verwandten Modelle werden im Kapitel 5 näher beschrieben.

2.5.1 *Ökologische Grundlagen*

2.5.1.1 *Aufgabenfeld und Forschungsansätze*

Beiträge von: F1, W1a, L1, K1

Im Teilprojekt „Ökologische Grundlagen“ wurden die Beziehungen zwischen Klima- und Landnutzungsänderungen sowie deren Auswirkungen auf den Gebietswasser- und -stoffhaushalt analysiert. Die Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre, Pflanzen, Boden und Gewässern sowie deren mögliche Anpassungen an Landnutzungs- und Klimaänderungen wurden dabei auf unterschiedlichen Skalen betrachtet.

Für das zu entwickelnde Indikatorsystem (s. Kap. 6.2) wurden vorwiegend Indikatoren identifiziert und definiert, mit denen sich die Bereitstellung von Ökosystemleistungen und die Stabilität der Ökosysteme bewerten lassen. Handlungsoptionen der Landnutzung in den Bereichen Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Wasserwirtschaft wurden hinsichtlich ihrer Effekte auf bestimmte Ökosystemleistungen transsektoral quantifiziert und bewertet.

Die zentrale Arbeitshypothese des Teilprojektes lautet: Durch steigende Temperaturen sowie durch eine Verlängerung der Vegetationsperiode erhöhen sich die Produktionspotenziale land- und forstwirtschaftlicher Kulturen. Diese Potenziale lassen sich aber aufgrund einer regional und standörtlich differenziert unzureichenden Wasserverfügbarkeit sowie weiterer biotischer und abiotischer Risikofaktoren nur eingeschränkt nutzen. Zudem führen neuartige Faktorenkonstellationen zu einer Verschiebung der Konkurrenzverhältnisse, die sich auf verschiedenen Skalen in Form von Veränderungen der Biodiversität äußern.

Zur Überprüfung dieser Hypothese wurde der Wasserhaushalt land- und forstwirtschaftlich genutzter Flächen in den Modellregionen in unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Auflösung untersucht (s. Tab. 2, PAUL et al. 2013, 2014, RUPP et al. 2013, RIEDIGER et al. 2014, 2016, FLECK u. MEESENBURG 2015, HAUNERT 2017). Daneben wurden auch die Stoffflüsse wichtiger Pflanzennährstoffe betrachtet (FLECK et al. 2016, 2017). Hierzu wurden Simulationsmodelle eingesetzt, mit denen einerseits retrospektiv die reale Bewirtschaftung abgebildet wurde, andererseits prospektiv verschiedene Entwicklungspfade hinsichtlich ihrer Effekte auf ökologische Indikatoren analysiert wurden. Es kamen sowohl stärker prozessorientierte als auch statistische Modelle zum Einsatz (PAUL et al. 2013, RIEDIGER et al. 2014, 2016, MEESENBURG et al. 2014, FLECK et al. 2017). Die Modelle zum Wasser- und Stoffhaushalt sowie zugehörige Produktivitätsmodelle (L1, L3, L6, ALBERT et al. 2015) bauten dabei im Sinne einer Modellkaskade aufeinander auf.

Die Verwendung unterschiedlicher Modellkonzepte für die Simulation von Wasser- und Stoffflüssen und deren Einsatz auf unterschiedlichen räumlichen Skalen erlaubte eine Einschätzung der Qualität der Simulationsergebnisse (PAUL et al. 2014, FLECK et al. 2016, HAUNERT 2017). Dabei unterschieden sich die Eingabeparameter, die Parametrisierung, die betrachteten Prozesse und die Ausgabeinformationen. So waren geprüfte Aussagen auf verschiedenen räumlichen Ebenen zu den Auswirkungen verschiedener Landnutzungsoptionen auf den Stoff- und Wasserhaushalt möglich. Außerdem ließ sich die Spanne der Modellprognosen nicht nur in Abhängigkeit vom gewählten Entwicklungspfad, sondern auch hinsichtlich des verwendeten Prognosemodells untersuchen. Dies war deshalb von Bedeutung, weil für die Vorhersage zukünftiger Entwicklungen keine Messdaten zur Validierung bzw. Kalibrierung der Modelle zu Verfügung stehen. Da für die jeweiligen Modelle inhaltlich und räumlich unterschiedlich hoch aufgelöste Eingangsdaten verwandt wurden, lässt sich für eine Übertragung der Ergebnisse von den Modellregionen auf andere Gebiete in Deutschland abschätzen, inwiefern die Qualität der Inputgrößen und die gewählte Modellierungstechnik die Güte der Modellierungsergebnisse beeinflussen. Somit erlauben die Ergebnisse auch eine Beurteilung des Aufwandes für die Datenbeschaffung, um je nach Fragestellung zu differenzierten Aussagen zum zukünftigen Stoff- und Wasserhaushalt zu gelangen.

Größere Flusseinzugsgebiete konnten aufgrund ihrer Heterogenität und Komplexität nicht räumlich explizit mit der Vielzahl aller Prozesse erfasst und dargestellt werden. Daher wurden zusätzlich Modelle auf der Plotskala eingesetzt. Diese Modelle bilden lokale Prozesse auf Basis einer detaillierten Parametrisierung ab. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse und Parametersätze wurden danach teilweise an das Flusseinzugsgebietsmodell übergeben. Ebenso wurden Erkenntnisse über die betrachteten Landnutzungsformen und ihre Bewirtschaftungsoptionen vom Flusseinzugsgebietsmodell zusammengeführt. Dies erlaubte eine integrative Betrachtung für vielseitig genutzte Landschaften einschließlich einer Bewertung der regionalen Auswirkungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt. Die verschiedenen Modellansätze

unterschiedlicher Skalenebenen ergänzten sich demnach und ermöglichten eine Übertragung auf unterschiedliche Raum- und Zeitebenen (s. Tab. 2).

Table 2: *Eigenschaften der verwendeten Modelle zum Wasserhaushalt*

Modell	WASMOD	WaSiM-ETH + VSD	TUB-BGR	SWAT
Projektpartner	L1	F1, W1b	W1b	W1a
Modelltyp	Regional differenzierendes Stoffflussmodell	Distributives (rasterbasiert), prozessorientiertes hydrologisches Modell	Semiempirisches hydrologisches Modell	Ökohydrologisches, GIS-gestütztes Flusseinzugsgebietsmodell
Ziel	Wasser- und Stoffdynamik für einzelne Bodenprofile und Ackerflächen	Räumlich explizite prozessbasierte Modellierung der Bodenwasserflüsse und Wasserverfügbarkeit; hydrologische Modellierung innerhalb eines Flusseinzugsgebiets	Modellierung der Sickerwasserraten bzw. Grundwasserneubildung	Zustandsanalyse des Landschaftswasser- und -stoffhaushaltes und Identifikation von Zustandsindikatoren
Skala	Standort (Bodenprofile und Ackerflächen)	Standort (Bodenprofile und forstliche Bewirtschaftungseinheiten), Flusseinzugsgebiete	Rasterzellen	Flusseinzugsgebiete, Integration von Acker-, Forst- und bebauten Flächen
besondere Berücksichtigung folgender Prozesse	Von Mikroorganismen gesteuerte Umsetzungsprozesse	Berücksichtigung von Bestandeseigenschaften; Koppelung mit Stoffhaushalt (C, N)	Berücksichtigung von kapillarem Aufstieg	Besondere Berücksichtigung von Tieflandeigenschaften: Dränagen und Senken
Output (ausgewählte Parameter)	Wasserhaushalt, Nährstoffangebot, C-Speicher, NO ₃ -Austräge	Interzeption, Evapotranspiration, Bodenwasserverfügbarkeit, GW-Neubildung, Abflüsse	Wasserhaushalt, GW-Neubildung	Wasserhaushalt, GW-Neubildung, Wasserqualität im Fließgewässer
Bereitstellung folgender Indikatoren	GW-Neubildung, NO ₃ -Gehalt im Sickerwasser	GW-Neubildung, Trockenstress, NO ₃ -Gehalt im Sickerwasser	GW-Neubildung	GW-Neubildung, NO ₃ -Gehalt im Sickerwasser, Grundwasser, NO ₃ -, ortho-PO ₄ -Gehalt im Fließgewässer

GW = Grundwasser

Die Bewertung von Landnutzungsoptionen anhand der Indikatoren erfolgte auf der Skala der Modellregionen bzw. von Teileinzugsgebieten der Modellregionen (MESSAL et al. 2015). Um repräsentative Aussagen abzuleiten, mussten die Modellregionen dazu in Abhängigkeit von den Modellansätzen und der betrachteten Landnutzung räumlich diskretisiert werden, z. B. in Form von Modellbetrieben der landwirtschaftlichen oder forstlichen Nutzung. In Abhängigkeit von der jeweiligen Merkmalsausprägungen von Vegetation, Relief und Böden sowie forstlicher bzw. agrarischer Nutzung erfolgte in den Modellen die Prozessquantifizierung räumlich hierarchisiert für die Vegetationsdecke, die Bodenoberfläche, den durchwurzelten Boden sowie die wasserungesättigte und -gesättigte Zone. Für einzelne Fragestellungen (z. B. Waldbrandrisiko) wurde über die Modellregionen hinaus das gesamte Norddeutsche Tiefland bearbeitet.

Die für die Bearbeitung notwendigen Daten konnten weitgehend aus Geo- und Monitoringdatenbeständen der Länder und des Bundes bezogen werden. Eine wesentliche Grundlage aller Modellsimulationen waren die meteorologischen Variablen, die in Form regionalisierter Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) sowie als Projektionen für das vergangene bzw. zukünftige Klima, regionalisiert mit dem statistischen Modell STARS (ORLOWSKY et al. 2008), zur Verfügung gestellt wurden. Aus diesen wurden bioklimatische Indikatoren wie die Wärmebelastung direkt abgeleitet, zusätzlich dienten sie als Treibervariablen für die hydrologischen Modelle. Teilweise mussten im Rahmen von NaLaMa-nT jedoch auch Daten neu erhoben werden, wie z. B. hydrochemische Daten zur Gewässerqualität der Teileinzugsgebiete in den Modellregionen (MESSAL et al. 2015).

Die erhobenen Daten und Simulationsergebnisse lieferten wichtige Indikatoren zur Einschätzung der regional differenzierten Vulnerabilität, der abiotischen Risiken und des Produktionspotenzials in den Modellregionen. Aus den Simulationen zum Wasser- und Stoffhaushalt konnte abgeleitet werden, welche der untersuchten Entwicklungspfade (siehe Kapitel 4.3) in Abhängigkeit von den regionalen Klima- und Standortsbedingungen aus ökologischer Sicht eine nachhaltige Nutzung ermöglichen.

2.5.1.2 Schnittstellenanalyse

Beiträge von: F1, W1a, L1, K1

Aus dem Teilvorhaben K1 wurden die Klimaprojektionen für die Simulation der Entwicklungspfade bereitgestellt und der Indikator Wärmebelastung direkt aus diesen abgeleitet.

Die Klimaprojektionen dienten außerdem als Antriebsgrößen für die hydrologischen Modelle, mit denen die Indikatoren zur Wassermenge, wie Grundwasserneubildung und oberirdischer Abfluss, sowie zur Wasserqualität, wie Nitratgehalt im Sicker-, Grund- und Oberflächenwasser, Phosphatgehalt im Oberflächenwasser, hergeleitet wurden. Weitere Eingangsgrößen für die hydrologischen Modelle waren

strukturabbildende Größen der landwirtschaftlichen Kulturen und der Waldbestände sowie atmogene Depositionen und landnutzungsbedingte Stoffeinträge (Düngung bzw. Kalkung) in die Hydrosphäre.

Die Verknüpfung der hydrologischen Modelle mit den die Produktivität landwirtschaftlicher und forstlicher Kulturen beschreibenden Modellen erlaubte des Weiteren die Berechnung der Humus-, Kohlenstoff- und Stickstoff-Bilanzen als Indikatoren für die Stabilität von Ökosystemen.

Somit wurden im Teilprojekt „Ökologische Grundlagen“ einerseits Eingangsparameter für weitergehende Modellansätze in den Bereichen Risikomanagement, Ressourcennutzung und Wertschöpfung bereitgestellt und andererseits Indikatoren für die Beurteilung der Nachhaltigkeit von Landnutzungsstrategien erarbeitet.

2.5.2 *Risikomanagement*

Beiträge von: F2, F1, F3a, F3b, F4, F6, L1, L2, L5, K1, W1a, W1b

Der Umgang mit den facettenreichen Risiken des globalen Wandels (Klima, Standort-, Strukturwandel u. a.) ist zu einer existenziellen Frage der Landnutzung geworden. Ein systematisches Risikomanagement, welches die Komponenten der Risikobeurteilung (Risikoidentifikation, Risikoanalyse und Risikobewertung) sowie der Risikobewältigung (Risikohandhabung) umfassen muss (WILHELM u. BERGER 2014), ist daher – bewusst oder unbewusst – eine wesentliche Teilaufgabe einer nachhaltigen Landnutzung und Umweltvorsorge. Dies betrifft insbesondere Wirtschaftsbereiche, wie die Land- und Forstwirtschaft, die in offenen Systemen agieren und deren Produktivität maßgeblich von Klima- und Standortfaktoren sowie von einem darauf ausgerichteten Management abhängig ist. Die aktuellen Herausforderungen des Risikomanagements bestehen in der Komplexität der betroffenen Systeme. Die Komplexität betrifft die Anzahl der auslösenden Schad- oder Störfaktoren und ergibt sich aus der ungleich höheren Anzahl der Wechselwirkungen, der betroffenen Wirkungsnetze und Wirkungsebenen.

Risiken werden im Hinblick auf land- und forstwirtschaftliche Zusammenhänge als nicht direkt kontrollierbare Ereignisse definiert, welche das Management der jeweiligen Systeme auf mehr oder weniger vorhersagbare Weise beeinflussen (SCHIERENBECK u. LISTER 2002). Mathematisch kann die Höhe des Risikos als Funktion der Eintrittswahrscheinlichkeit und des Schadensausmaßes eines Ereignisses beschrieben werden. Je größer das Schadensausmaß und je höher die Eintrittswahrscheinlichkeit ist, desto bedeutsamer ist das daraus resultierende Risiko (s. Abb. 5).

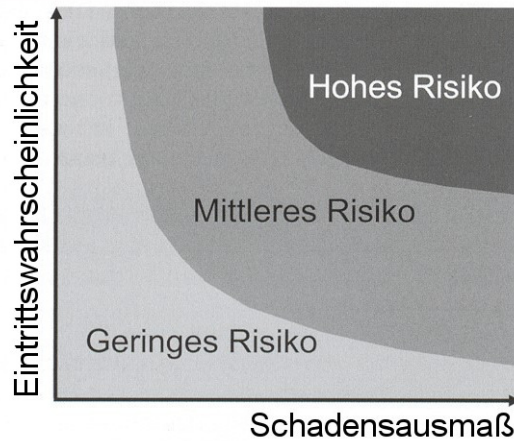


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Bedeutung eines Risikos in Abhängigkeit von dessen Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß (verändert nach WBGU 1999)

2.5.2.1 Aufgabenfeld und Forschungsansätze

Beiträge von: F2, F1, F3a, F3b, F4, F6, L1, L2, L5, K1, W1a, W1b

Das Risikomanagement befasst sich mit den Eintrittswahrscheinlichkeiten und den Konsequenzen der Wirkung von Risikofaktoren und versucht, die daraus gewonnenen Erkenntnisse in die Planungs- und Entscheidungsprozesse einzubinden. Bezogen auf die Ziele des Verbundprojektes soll es zur nachhaltigen Entwicklung (einer Region, eines Sektors, einer Nutzungsform oder einer Organisation) beitragen, indem die erarbeiteten Handlungsoptionen,

- die mit Klimarisiken verbundene Vulnerabilität minimieren,
- die Anpassungskapazität betroffener Systeme und Akteure stärken und
- die Minderungspotenziale (z. B. in Bezug auf die Freisetzung von Treibhausgasemissionen) von laufenden und geplanten Aktivitäten maximieren (BURTON u. VAN AALST 2004, IRI 2007).

Ein effizientes (Klimawandel-)Risikomanagement erfordert, die Anfälligkeit (Vulnerabilität) von Landnutzungssystemen gegenüber (Klima-)Stressfaktoren zu bewerten, die sich aus der Stärke der Einwirkung, der Sensitivität/Stabilität/Elastizität des Systems (der Objekte/Früchte/Nutzpflanzen/Wildpflanzen/Bäume/Baumarten) und dessen Anpassungsfähigkeit ergibt.

Die aktuellen Konzepte des Risikomanagements zielen innerhalb der drei Landnutzergruppen Land-, Forst- und Wasserwirtschaft bisher auf sektorale Lösungen. Dabei konkurrieren die drei Sektoren z. B. einerseits um zeitlich unterschiedlich bereitstehende, aber in der Vegetationsperiode zumeist begrenzte Ressourcen (z. B.

Wasserangebot) und versuchen andererseits Überangeboten (z. B. Stickstoffverbindungen) auszuweichen. Häufig lösen Wirkungsfaktoren (z. B. Wassermangel, Marktentwicklungen) systemübergreifende Kettenreaktionen aus („Systemische Risiken“). Angesichts der künftig erwarteten Veränderung der ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen mit zunehmenden Zielkonflikten sind balancierte, integrierte Systemlösungen zur Einsparung des Ressourcenverbrauches zwischen den drei Sektoren dringend erforderlich.

Das Teilprojekt verfolgte daher das übergeordnete Ziel, die ökologischen und gesellschaftlichen Risiken transdisziplinär aus den jeweiligen Risiken der Sektoren Forst-, Land- und Wasserwirtschaft abzuleiten und Grundlagen für ein integratives (systemisches) Risikomanagement zu entwickeln.

Bezogen auf diese Zielstellung standen folgende Fragestellungen im Fokus der Analysen:

1. Welche Unterschiede bestehen in den vier Regionen bezüglich der aktuellen und künftigen Verwundbarkeit (Vulnerabilität) der drei betrachteten Sektoren gegenüber den wichtigsten Risikofaktoren?
2. Wie sind die untersuchten Risikowirkungen im Hinblick auf drohende Schadenspotenziale zu bewerten?
3. Wie könnten sektorenübergreifende Systemlösungen im Rahmen des Risikomanagements entwickelt werden?

Grundlage der Analysen war das im Jahre 1998 vom Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung zu Globalen Umweltveränderungen veröffentlichte Jahresgutachten zu den Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken (WBGU 1999). Darin wird das Konzept einer integrierten Risikoanalyse beschrieben.

Die Risikoanalyse erfolgte in fünf Schritten. Angesichts der Vielzahl möglicher Schadereignisse waren zunächst die projektspezifischen Schutzgüter auszuwählen, die in den beteiligten Teilvorhaben untersucht wurden (s. Tab. 3). Anschließend war zu analysieren, welche Schäden für die jeweiligen Schutzgüter unter bestimmten Annahmen zu erwarten und welche Einflussfaktoren hierfür verantwortlich sind.

Die untersuchten Risiken ergeben sich dabei sowohl aus den Quantitäten (z. B. Wassermangel und Stickstoffüberschuss) als auch aus der Qualität (Intensität und Dosis) der Einwirkungen.

Für die Bewertung der Schäden wurde darüber hinaus eingeschätzt, ob die erwarteten Schäden reversibel oder irreversibel sind und das Schadensausmaß monetär zu bewerten ist. Auf dieser Grundlage konnten die beiden zentralen Kategorien der Risikobewertung – Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit – für ein risikobehaftetes Ereignis abgeschätzt werden.

Tabelle 3: In den Teilvorhaben bearbeitete Schutzgüter und Risikofaktoren

Teilvorhaben	Schutzgüter	Risikofaktoren
W1	Erhalt des Gebietswasserhaushaltes nach Menge und Güte	Grundwasserneubildung, Abflussspende, Nitrat im Fließgewässer, Ortho-Phosphat im Fließgewässer, Nitrat im Grundwasser, Ortho-Phosphat im Grundwasser
F1, F6	Wald als Kohlenstoffsенke und Holzlieferant, alle Ökosystemleistungen	Längere extrem heiße und trockene Perioden, leicht entzündliche Streu (Waldbrand begünstigend)
F2	Vitalität/Resilienz von mittelalten Nadel- und Laubwäldern	Wassermangel, Stickstoff-Immissionen
F3a	Nadelmasse in Kiefernwäldern	Nadelfressende Kieferngrößschädlinge
F3b	Bestandesvorrat	Kiefernprachtkäfer, Kiefernwurzelschwamm, Buchdrucker
F4	Bestandesvorrat	Wassermangel, Sturm
L1	Bewässerungsbedarf	Veränderungen saisonaler Niederschlagsdefizite
L2b	Kontrollierbarkeit von Unkräutern	Homogenisierung der Verunkrautung

Wie es in der technischen Risikoanalyse und der Versicherungswirtschaft seit Jahren praktiziert wird, wurden sowohl das Schadensausmaß als auch die Eintrittswahrscheinlichkeit unter Einbeziehung der jeweiligen Varianzen in einer normierten Werteskala zwischen 0 und 1 unter den aktuellen Bedingungen (Jahr 2010) abgeschätzt.

Grundlage hierfür war die Entwicklung einer einheitlichen Matrix, die das Risiko in die drei Bereiche Normbereich, Grenzbereich und Hochrisikobereich unterteilte. Hierzu wurden die Grenzbereiche der multiplikativen Verknüpfung von Schadensausmaß (A) und Eintrittswahrscheinlichkeit (W) wie folgt definiert:

- Normbereich entspricht einem geringen Risiko: $A \times W < 0,1$
- Grenzbereich entspricht einem mittleren Risiko: $A \times W = 0,1 \text{ bis } < 0,3$
- Hochrisikobereich entspricht einem hohen Risiko: $A \times W \geq 0,3$

Unter Berücksichtigung der prognostizierten Änderungen der Risikofaktoren erfolgte eine Abschätzung der Änderung von Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit einschließlich der jeweiligen Varianzen für die Jahre 2010, 2040 und 2070 unter den jeweils projizierten Klimabedingungen. Diese Abschätzungen wurden für jede der vier Modellregionen separat durchgeführt (siehe beispielhaft Tab. 4). In einer zusammenfassenden Auswertung wurden anschließend die Verwundbarkeit sowie deren zeitliche Entwicklung in den vier Regionen miteinander verglichen und bezüglich spezifischer Risikofaktoren beschrieben und bewertet. Darüber hinaus war abzuschätzen, welchen Einfluss die drei Entwicklungspfade auf den jeweiligen Risikoverlauf haben.

In der letzten Phase der Risikoanalyse erfolgte eine abschließende transsektorale Wertung aller untersuchten Risikofaktoren für alle drei Landnutzungsarten einer Region. Herausgearbeitet wurde, welcher Sektor innerhalb einer Region durch welchen Faktor und bei welchen der drei alternativen Entwicklungspfade (Referenz, Biodiversität, Klimaschutz) besonders gefährdet ist. Im Ergebnis erfolgte eine Risikoabwägung zwischen den Sektoren Land-, Forst- und Wasserwirtschaft, die in Strategien mündete, die zur Bewältigung regionaler Risiken beitragen bzw. zu einer Anpassung der Landnutzung führen können, um die Wirkung von Extremereignissen (Dürre, Hitze, Änderung der Grundwasserneubildungsrate, Stürme) zu dämpfen.

Folgende Seite:

Tabelle 4: Ergebnisse der Risikoanalyse für „Trockenstress“ beispielhaft für das Schutzgut „mittelalte bis alte Laubwälder (Buche, Eiche)“ in der Region Oder-Spree für eine 10-jährige Periode. Der betrachtete Risikofaktor ist Wassermangel in der Vegetationsperiode.

	2010	2040	2070																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Entscheidungswerte <i>Produkte der Klassenmitten von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß. Die hellgrünen Bereiche kennzeichnen geringes und die grauen Bereiche hohes Risiko. Mögliche Kombinationen sind blau hinterlegt.</i>	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0,05</td><td>0,14</td><td>0,24</td><td>0,35</td><td>0,45</td><td>0,52</td><td>0,62</td><td>0,71</td><td>0,81</td><td>0,90</td></tr> <tr><td>0,9</td><td>0,04</td><td>0,13</td><td>0,21</td><td>0,30</td><td>0,38</td><td>0,47</td><td>0,55</td><td>0,64</td><td>0,72</td><td>0,81</td></tr> <tr><td>0,8</td><td>0,04</td><td>0,11</td><td>0,19</td><td>0,26</td><td>0,34</td><td>0,41</td><td>0,49</td><td>0,56</td><td>0,64</td><td>0,71</td></tr> <tr><td>0,7</td><td>0,03</td><td>0,10</td><td>0,16</td><td>0,23</td><td>0,29</td><td>0,36</td><td>0,42</td><td>0,49</td><td>0,55</td><td>0,62</td></tr> <tr><td>0,6</td><td>0,03</td><td>0,08</td><td>0,14</td><td>0,19</td><td>0,25</td><td>0,30</td><td>0,36</td><td>0,41</td><td>0,47</td><td>0,52</td></tr> <tr><td>0,5</td><td>0,02</td><td>0,07</td><td>0,11</td><td>0,16</td><td>0,20</td><td>0,25</td><td>0,29</td><td>0,34</td><td>0,38</td><td>0,43</td></tr> <tr><td>0,4</td><td>0,02</td><td>0,05</td><td>0,08</td><td>0,12</td><td>0,16</td><td>0,19</td><td>0,23</td><td>0,26</td><td>0,30</td><td>0,33</td></tr> <tr><td>0,3</td><td>0,01</td><td>0,04</td><td>0,06</td><td>0,09</td><td>0,11</td><td>0,14</td><td>0,16</td><td>0,19</td><td>0,21</td><td>0,24</td></tr> <tr><td>0,2</td><td>0,01</td><td>0,02</td><td>0,04</td><td>0,05</td><td>0,07</td><td>0,08</td><td>0,10</td><td>0,11</td><td>0,13</td><td>0,14</td></tr> <tr><td>0,1</td><td>0,00</td><td>0,01</td><td>0,01</td><td>0,02</td><td>0,03</td><td>0,03</td><td>0,03</td><td>0,04</td><td>0,04</td><td>0,05</td></tr> <tr><td>0</td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,3</td><td>0,4</td><td>0,5</td><td>0,6</td><td>0,7</td><td>0,8</td><td>0,9</td><td>1</td></tr> <tr><td colspan="11" style="text-align: right;">Schadensausmaß</td></tr> <tr><td colspan="11" style="text-align: left;">Eintrittswahrscheinlichkeit</td></tr> </table>	1	0,05	0,14	0,24	0,35	0,45	0,52	0,62	0,71	0,81	0,90	0,9	0,04	0,13	0,21	0,30	0,38	0,47	0,55	0,64	0,72	0,81	0,8	0,04	0,11	0,19	0,26	0,34	0,41	0,49	0,56	0,64	0,71	0,7	0,03	0,10	0,16	0,23	0,29	0,36	0,42	0,49	0,55	0,62	0,6	0,03	0,08	0,14	0,19	0,25	0,30	0,36	0,41	0,47	0,52	0,5	0,02	0,07	0,11	0,16	0,20	0,25	0,29	0,34	0,38	0,43	0,4	0,02	0,05	0,08	0,12	0,16	0,19	0,23	0,26	0,30	0,33	0,3	0,01	0,04	0,06	0,09	0,11	0,14	0,16	0,19	0,21	0,24	0,2	0,01	0,02	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,1	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	Schadensausmaß											Eintrittswahrscheinlichkeit											<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0,05</td><td>0,14</td><td>0,24</td><td>0,35</td><td>0,45</td><td>0,52</td><td>0,62</td><td>0,71</td><td>0,81</td><td>0,90</td></tr> <tr><td>0,9</td><td>0,04</td><td>0,13</td><td>0,21</td><td>0,30</td><td>0,38</td><td>0,47</td><td>0,55</td><td>0,64</td><td>0,72</td><td>0,81</td></tr> <tr><td>0,8</td><td>0,04</td><td>0,11</td><td>0,19</td><td>0,26</td><td>0,34</td><td>0,41</td><td>0,49</td><td>0,56</td><td>0,64</td><td>0,71</td></tr> <tr><td>0,7</td><td>0,03</td><td>0,10</td><td>0,16</td><td>0,23</td><td>0,29</td><td>0,36</td><td>0,42</td><td>0,49</td><td>0,55</td><td>0,62</td></tr> <tr><td>0,6</td><td>0,03</td><td>0,08</td><td>0,14</td><td>0,19</td><td>0,25</td><td>0,30</td><td>0,36</td><td>0,41</td><td>0,47</td><td>0,52</td></tr> <tr><td>0,5</td><td>0,02</td><td>0,07</td><td>0,11</td><td>0,16</td><td>0,20</td><td>0,25</td><td>0,29</td><td>0,34</td><td>0,38</td><td>0,43</td></tr> <tr><td>0,4</td><td>0,02</td><td>0,05</td><td>0,08</td><td>0,12</td><td>0,16</td><td>0,19</td><td>0,23</td><td>0,26</td><td>0,30</td><td>0,33</td></tr> <tr><td>0,3</td><td>0,01</td><td>0,04</td><td>0,06</td><td>0,09</td><td>0,11</td><td>0,14</td><td>0,16</td><td>0,19</td><td>0,21</td><td>0,24</td></tr> <tr><td>0,2</td><td>0,01</td><td>0,02</td><td>0,04</td><td>0,05</td><td>0,07</td><td>0,08</td><td>0,10</td><td>0,11</td><td>0,13</td><td>0,14</td></tr> <tr><td>0,1</td><td>0,00</td><td>0,01</td><td>0,01</td><td>0,02</td><td>0,02</td><td>0,03</td><td>0,03</td><td>0,03</td><td>0,04</td><td>0,04</td></tr> <tr><td>0</td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,3</td><td>0,4</td><td>0,5</td><td>0,6</td><td>0,7</td><td>0,8</td><td>0,9</td><td>1</td></tr> <tr><td colspan="11" style="text-align: right;">Schadensausmaß</td></tr> <tr><td colspan="11" style="text-align: left;">Eintrittswahrscheinlichkeit</td></tr> </table>	1	0,05	0,14	0,24	0,35	0,45	0,52	0,62	0,71	0,81	0,90	0,9	0,04	0,13	0,21	0,30	0,38	0,47	0,55	0,64	0,72	0,81	0,8	0,04	0,11	0,19	0,26	0,34	0,41	0,49	0,56	0,64	0,71	0,7	0,03	0,10	0,16	0,23	0,29	0,36	0,42	0,49	0,55	0,62	0,6	0,03	0,08	0,14	0,19	0,25	0,30	0,36	0,41	0,47	0,52	0,5	0,02	0,07	0,11	0,16	0,20	0,25	0,29	0,34	0,38	0,43	0,4	0,02	0,05	0,08	0,12	0,16	0,19	0,23	0,26	0,30	0,33	0,3	0,01	0,04	0,06	0,09	0,11	0,14	0,16	0,19	0,21	0,24	0,2	0,01	0,02	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,1	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	Schadensausmaß											Eintrittswahrscheinlichkeit											<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0,05</td><td>0,14</td><td>0,24</td><td>0,33</td><td>0,43</td><td>0,52</td><td>0,62</td><td>0,71</td><td>0,81</td><td>0,90</td></tr> <tr><td>0,9</td><td>0,04</td><td>0,13</td><td>0,21</td><td>0,30</td><td>0,38</td><td>0,47</td><td>0,55</td><td>0,64</td><td>0,72</td><td>0,81</td></tr> <tr><td>0,8</td><td>0,04</td><td>0,11</td><td>0,19</td><td>0,26</td><td>0,34</td><td>0,41</td><td>0,49</td><td>0,56</td><td>0,64</td><td>0,71</td></tr> <tr><td>0,7</td><td>0,03</td><td>0,10</td><td>0,16</td><td>0,23</td><td>0,29</td><td>0,36</td><td>0,42</td><td>0,49</td><td>0,55</td><td>0,62</td></tr> <tr><td>0,6</td><td>0,03</td><td>0,08</td><td>0,14</td><td>0,19</td><td>0,25</td><td>0,30</td><td>0,36</td><td>0,41</td><td>0,47</td><td>0,52</td></tr> <tr><td>0,5</td><td>0,02</td><td>0,07</td><td>0,11</td><td>0,16</td><td>0,20</td><td>0,25</td><td>0,29</td><td>0,34</td><td>0,38</td><td>0,43</td></tr> <tr><td>0,4</td><td>0,02</td><td>0,05</td><td>0,09</td><td>0,12</td><td>0,16</td><td>0,19</td><td>0,23</td><td>0,26</td><td>0,30</td><td>0,33</td></tr> <tr><td>0,3</td><td>0,01</td><td>0,04</td><td>0,06</td><td>0,09</td><td>0,11</td><td>0,14</td><td>0,16</td><td>0,19</td><td>0,21</td><td>0,24</td></tr> <tr><td>0,2</td><td>0,01</td><td>0,02</td><td>0,04</td><td>0,05</td><td>0,07</td><td>0,08</td><td>0,10</td><td>0,11</td><td>0,13</td><td>0,14</td></tr> <tr><td>0,1</td><td>0,00</td><td>0,01</td><td>0,01</td><td>0,02</td><td>0,02</td><td>0,03</td><td>0,03</td><td>0,03</td><td>0,04</td><td>0,04</td></tr> <tr><td>0</td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,3</td><td>0,4</td><td>0,5</td><td>0,6</td><td>0,7</td><td>0,8</td><td>0,9</td><td>1</td></tr> <tr><td colspan="11" style="text-align: right;">Schadensausmaß</td></tr> <tr><td colspan="11" style="text-align: left;">Eintrittswahrscheinlichkeit</td></tr> </table>	1	0,05	0,14	0,24	0,33	0,43	0,52	0,62	0,71	0,81	0,90	0,9	0,04	0,13	0,21	0,30	0,38	0,47	0,55	0,64	0,72	0,81	0,8	0,04	0,11	0,19	0,26	0,34	0,41	0,49	0,56	0,64	0,71	0,7	0,03	0,10	0,16	0,23	0,29	0,36	0,42	0,49	0,55	0,62	0,6	0,03	0,08	0,14	0,19	0,25	0,30	0,36	0,41	0,47	0,52	0,5	0,02	0,07	0,11	0,16	0,20	0,25	0,29	0,34	0,38	0,43	0,4	0,02	0,05	0,09	0,12	0,16	0,19	0,23	0,26	0,30	0,33	0,3	0,01	0,04	0,06	0,09	0,11	0,14	0,16	0,19	0,21	0,24	0,2	0,01	0,02	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,1	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	Schadensausmaß											Eintrittswahrscheinlichkeit										
1	0,05	0,14	0,24	0,35	0,45	0,52	0,62	0,71	0,81	0,90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,9	0,04	0,13	0,21	0,30	0,38	0,47	0,55	0,64	0,72	0,81																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,8	0,04	0,11	0,19	0,26	0,34	0,41	0,49	0,56	0,64	0,71																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,7	0,03	0,10	0,16	0,23	0,29	0,36	0,42	0,49	0,55	0,62																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,6	0,03	0,08	0,14	0,19	0,25	0,30	0,36	0,41	0,47	0,52																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,5	0,02	0,07	0,11	0,16	0,20	0,25	0,29	0,34	0,38	0,43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,4	0,02	0,05	0,08	0,12	0,16	0,19	0,23	0,26	0,30	0,33																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,3	0,01	0,04	0,06	0,09	0,11	0,14	0,16	0,19	0,21	0,24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,2	0,01	0,02	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,1	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Schadensausmaß																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Eintrittswahrscheinlichkeit																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0,05	0,14	0,24	0,35	0,45	0,52	0,62	0,71	0,81	0,90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,9	0,04	0,13	0,21	0,30	0,38	0,47	0,55	0,64	0,72	0,81																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,8	0,04	0,11	0,19	0,26	0,34	0,41	0,49	0,56	0,64	0,71																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,7	0,03	0,10	0,16	0,23	0,29	0,36	0,42	0,49	0,55	0,62																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,6	0,03	0,08	0,14	0,19	0,25	0,30	0,36	0,41	0,47	0,52																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,5	0,02	0,07	0,11	0,16	0,20	0,25	0,29	0,34	0,38	0,43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,4	0,02	0,05	0,08	0,12	0,16	0,19	0,23	0,26	0,30	0,33																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,3	0,01	0,04	0,06	0,09	0,11	0,14	0,16	0,19	0,21	0,24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,2	0,01	0,02	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,1	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Schadensausmaß																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Eintrittswahrscheinlichkeit																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0,05	0,14	0,24	0,33	0,43	0,52	0,62	0,71	0,81	0,90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,9	0,04	0,13	0,21	0,30	0,38	0,47	0,55	0,64	0,72	0,81																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,8	0,04	0,11	0,19	0,26	0,34	0,41	0,49	0,56	0,64	0,71																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,7	0,03	0,10	0,16	0,23	0,29	0,36	0,42	0,49	0,55	0,62																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,6	0,03	0,08	0,14	0,19	0,25	0,30	0,36	0,41	0,47	0,52																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,5	0,02	0,07	0,11	0,16	0,20	0,25	0,29	0,34	0,38	0,43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,4	0,02	0,05	0,09	0,12	0,16	0,19	0,23	0,26	0,30	0,33																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,3	0,01	0,04	0,06	0,09	0,11	0,14	0,16	0,19	0,21	0,24																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,2	0,01	0,02	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0,1	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Schadensausmaß																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Eintrittswahrscheinlichkeit																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Mittlerer Entscheidungswert	0,12	0,16	0,22																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Eintrittswahrscheinlichkeit (Min-Max)	0,4	0,4-0,5	0,5-0,7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Schadensausmaß (Min-Max)	0,3-0,5	0,3-0,6	0,3-0,6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													

2.5.2.2 Schnittstellenanalyse

Beiträge von: F2, F1, F3a, F3b, F4, F6, L1, L2, L5, K1, W1a, W1b

Die Ergebnisse aus dem Teilprojekt F3b wurden zur Erstellung von Risikoprofilen für die Modellregionen zur Verfügung gestellt. Aufbereitet wurde die Ausprägung der Risikoindikatoren für die Zeitscheibe 1991-2010 bzw. für den „Ist-Zustand“. Folgende Indikatoren wurden berücksichtigt:

Wurzelschwamm:	Risikofläche [ha/a]: Ist-Zustand Schadholzmenge [m ³ /a]: Ist-Zustand
Buchdrucker:	Risikofläche [ha/a]: 1991-2010 Schadholzmenge [m ³ /a]: 1991-2010 Pflanzenschutzmitteleinsatz [ha/a]: 1991-2010
Blauer Kiefernprachtkäfer:	Risikofläche [ha/a]: 1991-2010 Schadholzmenge [m ³ /a]: 1991-2010

Das Sturmmodell des Teilvorhabens F4 benötigte als Eingangsdaten von F1 Informationen über die Bodenvernässung und die Meereshöhe am jeweiligen Stichprobenpunkt des Modellbetriebes. Die Eingangsparameter Baumart, Baumhöhe, BHD und Expositionsindikatoren (Topex-to-distance) sowie der räumliche Proxy zur Repräsentation des Windfeldes (Windgeschwindigkeit) wurden von F4 selbst bereitgestellt.

Das geschätzte Schadensausmaß und die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Sturmereignisses war der Beitrag von F4 zur Erstellung eines Risikoprofils einer Region.

Die Unkrautdaten aus L2b wurden verwendet, um die Behandlungsindizes für die Regionen und Zeitscheiben zu erstellen. Diese wurden von L3 zur Modellierung der Zeitscheiben genutzt.

2.5.3 Ressourcennutzung

2.5.3.1 Aufgabenfeld und Forschungsansätze

Beiträge von: L3, F4, L4, L5, F5, Ko

Der steigende Bedarf an Nahrungsmitteln, nachwachsenden Rohstoffen und erneuerbarer Energie aus Biomasse weist der Land- und Forstwirtschaft eine Schlüsselrolle bei der Bewältigung der anstehenden Herausforderungen zu. Sowohl aus betriebswirtschaftlicher Sicht als auch aus Mitverantwortung für die globale Versorgung ergibt sich hieraus die Notwendigkeit, die Produktivität und Effizienz der Ressourcennutzung in Zukunft zu steigern. Die dazu erforderlichen Weichenstellungen lassen sich nur vornehmen, wenn man unter den gegenwärtigen Bedingungen die

Faktoren und Treiber versteht, die die Leistungsfähigkeit von Land- und Forstwirtschaft bestimmen.

Die Analysen des Teilprojektes Ressourcennutzung erstreckten sich daher auf die Produktionsverfahren und -systeme des Ackerbaus zur Lebensmittel-, Futter- und Biomasseerzeugung, der Grünlandbewirtschaftung zur Futter- und Biomasseerzeugung, der Tierhaltung zur Fleischerzeugung und Offenhaltung von oft marginalen Landschaftsteilen, der Forstwirtschaft zur Rohholzbereitstellung für die stoffliche bzw. energetische Nutzung, der Wasserwirtschaft zur Bereitstellung von Trink- und Nutzwasser sowie auf nicht marktfähige Ökosystemleistungen. Die Synthese der Erkenntnisse bildete zusammen mit den durch den Klimawandel und durch die Globalisierung ökologisch sowie ökonomisch veränderten Rahmenbedingungen, ergänzt um den absehbaren technischen Fortschritt die Grundlage für Entwicklungspfade, die für repräsentative Modellbetriebe der Untersuchungsregionen gerechnet wurden.

Als gemeinsame Arbeitsergebnisse wurden angestrebt:

- eine Charakterisierung von Standortpotenzialen und -vulnerabilitäten sowie des damit verbundenen Leistungsvermögens des Naturraumes aus Sicht einer multifunktionalen Landnutzung,
- eine Typisierung von Produktionszielen sowie eine Beschreibung von Trends und regionsspezifischen Mustern der Landnutzungsentwicklung für vorgegebene Entwicklungspfade unter Beachtung der sich ändernden technologischen, klimatischen und ökonomischen Rahmenbedingungen,
- eine Abschätzung der Auswirkungen der Entwicklungspfade auf die naturräumlichen Aufwendungen und Ertragsleistungen, Ökosystemfunktionen und wirtschaftlichen Leistungen in den Modellregionen und
- eine Identifikation quantitativer Nachhaltigkeitsindikatoren aus Sicht der Land- bzw. der Ressourcennutzung, die Potenziale, Vulnerabilitäten, Nutzungsoptionen, Bewirtschaftungsalternativen und Gestaltungsoptionen aufzeigen.

In der Forstwirtschaft bestimmen die Standortpotenziale, charakterisiert durch die baumartenspezifischen Bonitäten, die in den Regionen potenziell zu erzielenden Holz-erträge. Eine standortsgemäße Baumartenwahl gewährleistet auch in Zukunft eine adäquate Ausschöpfung der jeweiligen Standortpotenziale. In den Entwicklungspfad- und regionsspezifische Zuordnung von Waldentwicklungstypen (WEI) zu bestimmten Standortstypen abgesichert, die durch ihre Wasser- und Nährstoffversorgung charakterisiert sind. Die derzeitigen Baumartenverteilungen in den Regionen weisen keine größeren Fehlbestockungen auf. Die Diversität der Standorte nimmt von West nach Ost ab. Der nach Osten zunehmende Kiefernanteil weist auf die zunehmende Dominanz armer, trockener Standorte hin.

Mit den waldbaulichen Entwicklungspfaden wurden bei der standortsgemäßen Baumartenwahl im Zuge von Verjüngungsmaßnahmen unterschiedliche Zielsetzungen verfolgt. Die regionstypische Matrix aus Standorts- und Waldentwicklungstypen des Referenzpfades setzt den Schwerpunkt auf eine Vermehrung des Laubholzanteils. Unter dem Klimaschutzpfad werden verstärkt ertragsstarke Nadelbaumarten berücksichtigt. Die Baumartenwahl des Biodiversitätspfades orientiert sich hingegen an den natürlichen Waldgesellschaften der Standorte. Im Referenzpfad wurde grundsätzlich der standortsgemäße Waldentwicklungstyp ausgewählt, der der aktuellen Bestockung am ähnlichsten war. Die Kosten eines Waldumbaus in andere Baumarten wurden somit minimiert. Im Klimaschutz- und Biodiversitätspfades wurden bei mehreren standortsgemäßen WET-Vorschlägen für einen Standort die WETs mit unterschiedlichen Wahrscheinlichkeiten zufällig gezogen.

Die regionsspezifischen Altersklassenverteilungen und Baumartenzusammensetzungen charakterisierten die vorgefundenen Vorratsstrukturen. Die zukünftige Nutzung der Ressource Holz wurde für jeden Entwicklungspfad über baumartenspezifisch definierte Obergrenzen der Entnahmemengen und baumartenspezifische Zielstärken gesteuert (vgl. Spezifikation der waldbaulichen Entwicklungspfade in Kap. 4.3).

Eine Landwirtschaft, die wettbewerbsfähig bleiben will, ist gezwungen, sich laufend an die sich ändernden Rahmenbedingungen anzupassen. Einige, mit dieser Herausforderung verbundene Schlagworte sind „Kostenreduktion“, „Energieeffizienz“, „Internationale Wettbewerbsfähigkeit“, „Strukturwandel“ und nicht zuletzt „Klimawandel“. Das Gebot der Nachhaltigkeit erfordert zudem, die Auswirkungen der landwirtschaftlichen Produktion auf Umwelt und Natur auf ein notwendiges Minimum zu begrenzen.

Die derzeitigen Erwartungen von Politik und Gesellschaft an die Landwirtschaft lassen sich wie folgt zusammenfassen: Produktion großer Mengen an Lebensmitteln guter Qualität, Futtermitteln und Biomasse für energetische oder stoffliche Zwecke je Flächeneinheit bei gleichzeitig nachhaltiger Produktion und niedrigen Preisen. Dieses Bündel an Forderungen wird in der politischen Diskussion unter dem Begriff „Nachhaltige Intensivierung“ zusammengefasst.

Sowohl die landwirtschaftliche Produktion als auch deren Folgewirkungen für Natur und Umwelt werden wesentlich von den konkreten, lokal anzutreffenden Standortverhältnissen bestimmt: Böden und Niederschläge beeinflussen nicht nur, welche Fruchtarten angebaut werden, welche Erträge und Qualitäten erzielt werden, wie hoch das Anbauisiko ist und wie es minimiert werden kann, sondern sie bestimmen auch die Umweltfolgen der landwirtschaftlichen Produktion sowie die notwendigen Maßnahmen, um diese Folgen zu minimieren. Dabei können die Standortverhältnisse in einem bestimmten Rahmen durch Düngung, Bodenbearbeitung und Beregnung verändert werden. Dies ist aber jeweils mit hohen Kosten verbunden. Eine Klimaänderung hat deshalb erhebliche Konsequenzen. Was und wie Landwirte

produzieren, hängt auch wesentlich von den Vorlieben und der Erfahrung der Landwirte, von der Nutzungsgeschichte der Betriebe sowie zunehmend vom Weltmarkt ab.

Die genannten Faktoren weisen in aller Regel mehr oder minder große regionale Unterschiede auf. Will man Aussagen über eine heute und auch künftig nachhaltige Landwirtschaft im Norddeutschen Tiefland treffen, muss die Variabilität dieser Faktoren berücksichtigt werden. Nur so kann gewährleistet werden, dass sich die Ergebnisse übertragen lassen.

Auf regionaler Ebene ist zu beachten, dass die Landwirtschaft nicht isoliert agiert, sondern Teil einer multifunktionalen Landnutzung ist. Sie ist eng verzahnt mit Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Naturschutz und Umweltschutz sowie mit den Menschen, die in dieser Landschaft leben und arbeiten. Diese Wechselwirkungen bestimmen auf regionaler Ebene Art und Effizienz der Ressourcennutzung sowie die Höhe der aktuell und künftig bereitgestellten naturalen Leistungen. Potenziale und Vulnerabilitäten der jeweiligen Regionen können nur in der Zusammenschau all dieser Abhängigkeiten angemessen analysiert, bewertet und im Hinblick auf die sich ändernden Rahmenbedingungen optimiert werden.

2.5.3.2 Schnittstellenanalyse

Beiträge von: L3, F4, L4, L5, F5, Ko

Forstwirtschaft

Die Fortschreibung der Waldzustände durch das Teilvorhaben F4 lieferte die grundlegenden Daten für die Analyse der Waldentwicklung, der Nutzungsmöglichkeiten und der regionalen Wertschöpfung in den Modellregionen. Als Eingangsdaten für die Waldentwicklungsprojektionen wurden die vom Teilvorhaben K1 bereitgestellten und vom Teilvorhaben F1 aufbereiteten Klimadaten sowie die von F1 abgeleiteten Bodennformationen genutzt. Die Simulationsergebnisse der Bestandesfortschreibungen und Holznutzungen wurden dem Teilvorhaben F6 in 5-Jahresschritten für die gesamte Simulationsperiode 2011-2070 und alle Entwicklungspfade zur Verfügung gestellt. Aus diesen wurden durch F6 für die jeweils marktgängigen Sortimentsmengen Erlöse und Deckungsbeiträge abgeleitet und die an die Nutzung gekoppelten Wertschöpfungspotenziale und Arbeitsvolumina in den Regionen quantifiziert. Die so aufbereiteten Simulationsergebnisse wurden an F4 zurückgespiegelt und dienten als wesentliche Eingangsgröße zur Berechnung von CO₂-Bindungspotenzialen. Darüber hinaus wurden verschiedene Kennwerte der Waldbestände mit ihren Veränderungen an das Teilvorhaben F1 übergeben, weil diese Informationen wesentliche Kennwerte der Wasser- und Stoffhaushaltsmodellierung sind. Des Weiteren haben die Bestandeskennwerte Einfluss auf die Klimatische Wasserbilanz und damit auf die Quantität und Qualität der Grundwasserneubildung sowie des Oberflächenabflusses, die von den Teilvorhaben F1, W1a und W1b modelliert wurden. Auf die fortgeschriebenen Waldzustände bezogen sich auch die

Beschreibungen der Risiken Trockenstress (F1), Waldbrand (F1), Sturm (F4) sowie Kieferngrößschädlinge (F3a). Waldnaturschutzfachliche Kennwerte, wie die vom Teilvorhaben F5 berechnete Baumartendiversität, der Anteil Altholz und die Naturnähe, wurden ebenfalls aus dieser Datenquelle gespeist.

Landwirtschaft

Die landwirtschaftliche Nutzung wurde flächendeckend für die vier Modellregionen und für alle relevanten Fruchtarten und Betriebstypen mit einem regelbasierten Ansatz regional-, standorts- und betriebstypisch abgebildet und analysiert. Für die Modellierung des Referenzpfades („Status quo“) wurden am ZALF vorhandene Modelle angepasst und mit Boden- und Klimadaten, statistischen Daten, Literaturdaten, Detailerhebungen in den Betrieben der Modellregionen sowie mit Expertenwissen aus Befragungen gefüttert. In einem nächsten Schritt wurden die Modelle dann mit Annahmen zur zukünftigen Preis-, Ertrags- und Klimaentwicklung ergänzt, um die landwirtschaftliche Nutzung bis ins Jahr 2070 zu simulieren. Soweit wie möglich wurden bei den Modellannahmen auch die Präferenzen der örtlichen Akteure berücksichtigt.

Die für jede Periode modellierten Ergebnisse der landwirtschaftlichen Nutzung wurden mit den Projektpartnern auf ihre Wechselwirkungen zur Forst- und Wasserwirtschaft analysiert sowie von anderen Teilvorhaben genutzt, um sie mit Hilfe von Modellen ökonomisch und ökologisch zu bewerten. In einem Rückkoppelungsprozess wurden anschließend die regionalspezifischen Nutzungsstrategien ggf. geändert.

Für alle Teilvorhaben war es eine große Herausforderung, auf qualitativ hochwertige Daten mit einer hinreichend guten räumlichen und zeitlichen Auflösung zurückgreifen zu können, wenn auch mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgraden. Einige Teilvorhaben erhoben ihre Daten weitgehend selbst, andere ergänzten vorhandene Daten mit eigenen Versuchsdaten bzw. mit Befragungen in den Modellregionen. In allen Fällen war die Datengrundlage zur Analyse des Status quo am verlässlichsten, wohingegen die Szenarioanalyse teilweise mit recht groben Annahmen durchgeführt werden musste.

Eine besondere Herausforderung für die Zusammenführung der landwirtschaftlichen Ergebnisse waren die unterschiedlichen Modellansätze. Einige Teilprojekte arbeiteten mit statisch-komparativen, andere mit dynamischen Modellen, woraus eine modellspezifisch unterschiedliche räumliche und zeitliche Auflösung der Ergebnisse resultierte. Manche Modelle lieferten nur für einzelne Termine im Jahr Ergebnisse, dafür aber flächendeckend, andere Modelle lösten zeitlich hoch auf, konnten aber dafür nur Ergebnisse für einen Ausschnitt der betrachteten Fläche liefern.

2.5.4 Wertschöpfung

2.5.4.1 Aufgabenfeld und Forschungsansätze

Beiträge von: F6, L7, S1

Die forst- und landwirtschaftliche Landnutzung im Norddeutschen Tiefland steht vor einem erheblichen Wandel: Aktuell wird die künftige EU-Agrarpolitik erarbeitet und der Klimawandel sowie die Globalisierung der Märkte schreiten voran. Diese Veränderungen werden sich sowohl auf die Produktionssysteme und Ertragsersparungen auswirken als auch in steigenden Produktionsrisiken bemerkbar machen. Vor diesem Hintergrund erlauben es Szenariorechnungen, mögliche Entwicklungen in den Regionen auf fundierter Grundlage einzuschätzen. Sie können Alternativen aufzeigen, mögliche Entwicklungen vorwegnehmen und damit strategische Überlegungen der Akteure unterstützen.

Ein Charakteristikum der untersuchten Landnutzungsformen Land- und Forstwirtschaft ist ihr Einfluss auf die regionale Wertschöpfung. Zur Abschätzung der Wertschöpfungsmöglichkeiten wurde zunächst für diesen Bereich ein einheitliches Indikatorsystem (vgl. Kap. 6.2) entwickelt. Die Indikatoren wurden aus Daten gespeist, die durch die Simulation der Entwicklung regionalspezifischer landwirtschaftlicher bzw. forstwirtschaftlicher Modellbetriebe (vgl. Kap. 5.2 u. 5.3) gewonnen wurden, die unter den alternativen Rahmenbedingungen der im Verbundprojekt definierten Entwicklungspfade (Kap. 4.3) bewirtschaftet wurden. Dieser Ansatz hob zunächst auf die marktlichen Güter der Land- und Forstwirtschaft ab (L7 Agrarökonomie und F6 Forstökonomie). Er wurde durch die Arbeiten des Teilvorhabens S1 (Landschaftsökonomie) ergänzt, dessen zentrales Forschungsziel darin bestand, für die nicht-marktlichen Güter multifunktional genutzter Landschaften (z. B. Erholung, Biodiversität) einen zu marktlichen Gütern vergleichbaren ökonomischen Wert zu ermitteln.

Durch die Zusammenarbeit auf der Ebene dieses Teilprojektes konnten Interdependenzen und Konkurrenzen (Trade-offs) zwischen betriebswirtschaftlichen und gesellschaftlichen Zielsetzungen herausgearbeitet und in den Entwurf der Entwicklungspfade des Verbundprojektes eingebracht werden. Letztlich konnten – für bestimmte Szenarien – Hinweise zum Bedarf nach Einsatz oder Fortentwicklung politischer Steuerungsinstrumente abgeleitet werden.

Die Analyse der gegenwärtigen Zustände erlaubte in einem besonderen Maße den Quervergleich zwischen den Modellregionen. Es konnten bereits heute sehr deutliche Unterschiede in der Ausprägung der definierten Wertschöpfungsindikatoren festgestellt werden (s. Kap. 6.2) und zwar sowohl in der Land- als auch in der Forstwirtschaft.

Die Untersuchung der Auswirkung potenzieller Anpassungsstrategien, hier also der Entwicklungspfade „Biodiversität“ und „Klimaschutz“ im Vergleich zur „Refe-

renz“, deckte erhebliche Effekte der Strategien auf die Indikatoren der Wertschöpfung auf. Obwohl die Pfade „Biodiversität“ und „Klimaschutz“ im Vergleich der Regionen erwartungsgemäß in der Tendenz jeweils gleichgerichtet wirkten, ergaben sich hinsichtlich des absoluten Ausmaßes der ökonomischen Veränderungen deutliche Unterschiede in den jeweils betrachteten Zeitscheiben. Diese Ergebnisse unterstützten die Entscheidungsfindung bezüglich zukünftig zu empfehlender Landnutzungsstrategien und sind regionspezifisch im Kapitel 7.3 dargelegt.

Forstwirtschaft

Die Untersuchungen zur Wertschöpfung in der Forstwirtschaft basierten auf Modellbetriebssimulationen. Die hierfür generierten Modellbetriebe, basierend auf den aus der Forsteinrichtung stammenden und auf das Jahr 2010 fortgeschriebenen Bestandesdaten, repräsentieren (s. Kap. 5.2.1) wesentliche Teile der Waldflächen in den einzelnen Modellregionen. Die Waldentwicklungssimulationen folgten den vorab projektweit abgestimmten waldbaulichen Regeln und naturschutzfachlichen Vorgaben der jeweiligen Entwicklungspfade, mit u. a. variierenden Produktionszeiträumen, divergierenden Baumartenanteilen (in der Verjüngung) sowie unterschiedlichen Nutzungseinschränkungen (vgl. Kap. 4.3).

Einige Vorgaben der Entwicklungspfade hatten einen unmittelbaren Einfluss auf die Wertschöpfung. So führten beispielsweise beim Biodiversitätspfad ein partieller Nutzungsverzicht auf ausgewählten Waldflächen sowie eine Verlängerung der Produktionszeiträume bzw. eine Erhöhung der Zieldurchmesser bereits von Anfang an zu deutlichen Veränderungen der Wertschöpfung. Andere Vorgaben beeinflussten die Wertschöpfung der Modellbetriebe hingegen nur sehr allmählich. Ein Beispiel ist der je nach Entwicklungspfad verstärkte oder verminderte Anbau ertragsstarker Nadelbaumarten bei der Begründung neuer Waldgenerationen. Diese Maßnahme wirkte sich jeweils erst in der letzten Periode (2050-2070) spürbar auf die untersuchten Indikatoren aus, wenn die entsprechenden Bäume eine nutzbare Dimension erreicht hatten.

Insgesamt kam der naturalen Ausstattung der auf Stichprobenbasis gebildeten Modellbetriebe (vgl. Kap. 5.2.1) eine besondere Bedeutung für die forstliche Wertschöpfung in den Regionen zu. Diese Ausstattung wird insbesondere durch die Anteile der Baumarten und ihren Altersklassenaufbau charakterisiert. Der projektintern festgelegte Projektionszeitraum bis zum Jahr 2070 bildete mit seiner Länge von 60 Jahren nur gut einen halben forstlichen Produktionszyklus ab. Somit wurde auch das für das Jahr 2070 geschätzte Nutzungspotenzial bereits wesentlich durch die anfänglich gegebene Baumartenzusammensetzung in den jüngeren Altersklassen bestimmt. Eine Veränderung der Produktionszeiträume wirkte beispielsweise umso stärker, je höher der anfängliche Anteil von Beständen in mittleren und höheren Altersklassen war. Ein angestrebter Baumartenwechsel konnte umso deutlicher und rascher Wirkung entfalten, je höher dieser Anteil älterer Bestände zu Beginn war.

Bedingt durch die regionalen Unterschiede im Aufbau und der Zusammensetzung der Wälder der Modellbetriebe, deckten bereits die Projektionen des Referenzpfades eine deutliche Variation zwischen den Regionen in der Ausprägung der Wertschöpfungsindikatoren auf.

Über den gesamten Projektionszeitraum hinweg ließe eine Umsetzung des Entwicklungspfades „Referenz“ in allen Modellregionen eine positive Wertschöpfungsentwicklung der Forstwirtschaft erwarten. Der Entwicklungspfad „Klimaschutz“ würde, aufgrund des verstärkten Einsatzes raschwüchsiger Baumarten zur Steigerung der CO₂-Bindung, überall zur höchsten Wertschöpfung in den Forstbetrieben führen; ein Rückfall hinter den Status quo wurde hier in keiner Modellregion verzeichnet. Der Pfad „Biodiversität“ hingegen würde mit einem schlagartigen Einbruch der Wertschöpfung bereits in der ersten Zeitscheibe einhergehen. Bei konsequenter Umsetzung würde dieser Pfad ein für die Forstbetriebe existenzbedrohendes Niveau bewirken und es erscheint eine flankierende Förderung zur Sicherung der Überlebensfähigkeit von Forstbetrieben dringend geboten.

Insgesamt, insbesondere mit Blick auf die Besitzstruktur, ist nicht davon auszugehen, dass die in den Entwicklungspfaden jeweils unterstellten Maßnahmen auf ganzer Fläche und in der simulierten Chronologie Umsetzung finden werden. Die simulierten und vorstehend beschriebenen Effekte der Waldbehandlung würden dadurch bei Umsetzung in beschriebener Richtung, abhängig vom „Umsetzungsgrad“ gedämpfter auftreten.

Landwirtschaft

Ein nachhaltiges Landmanagement muss die Konkurrenzfähigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe sichern und gleichzeitig den gesellschaftlichen Ansprüchen in anderen Bereichen wie dem Klima- und Artenschutz Rechnung tragen. So werden lokale Märkte von globalen Entwicklungen bestimmt, neue Technologien und Politiken schaffen andere Möglichkeiten und Rahmenbedingungen und der Klimawandel führt zu veränderten Produktionsbedingungen. Somit stehen die Unternehmer in der Landwirtschaft unter einem kontinuierlichen Anpassungsdruck. Um angesichts dieser komplexen Wechselbeziehungen die Konsequenzen für die Wertschöpfung und die ökologische Leistungsfähigkeit des Sektors Landwirtschaft besser abzuschätzen und mit den Akteuren diskutieren zu können, wurden Szenarien entwickelt und in ihren Auswirkungen mit Hilfe eines Modellansatzes überprüft.

Betriebswirtschaftlich zeichnen sich für die landwirtschaftliche Produktion auf den schwächeren Sandstandorten im Osten des Norddeutschen Tieflandes höhere Risiken ab – hier mit den Regionen Fläming und Oder-Spree vertreten. Dort haben sich in den letzten Jahrzehnten große, gut organisierte Betriebe entwickelt, die in ihrer Struktur kaum noch zu verbessern sind. Bereits leichte Veränderungen in der Subventionspolitik oder bei den Preisen können dazu führen, dass die Kosten nicht mehr gedeckt werden und die Bewirtschaftung eingestellt werden muss. Dies würde auch das Landschaftsbild wesentlich verändern. In den westlichen Modellregionen

mit einer anderen Ausrichtung der deutlich kleineren und intensiver wirtschaftenden Betriebe sind die ökonomischen Aussichten eher positiv. Diepholz ist durch einen relativ hohen Tierbesatz und eine hohe Dichte an Biogasanlagen charakterisiert, während Uelzen sich durch seinen Kartoffel- und Zuckerrübenanbau auszeichnet, der aber eine intensive Beregnung voraussetzt.

Ziel des Teilprojektes war es, einen praktikablen Ansatz zur Unterstützung einer nachhaltigen Entwicklung der Landwirtschaft zu finden. Mit Hilfe des Betriebsmodells MODAM wurden die Auswirkungen verschiedener Entwicklungspfade auf Produktivität, Wertschöpfung und Beschäftigung berechnet. Hiermit konnten, angepasst an die betrieblichen Gegebenheiten, die Auswirkungen eines erhöhten Arten- bzw. Klimaschutzes auf diese Kriterien mit dem „Referenzpfad“ verglichen werden. Zudem konnten Schlüsselfaktoren in der Produktionsanpassung der Betriebe identifiziert werden, die wissensbasierte und zugleich zielgerichtete Steuerungselemente für die Agrarpolitik und die Politik der ländlichen Räume darstellen.

Landschaftsökonomie

Das Konzept der Multifunktionalität sensibilisiert dafür (MANN u. WÜSTEMANN 2008, 2005), dass Landschaften nicht nur die Funktion der Nahrungsmittel- oder Biomasseproduktion erfüllen, sondern dass auch eine Nachfrage nach Erholungsleistungen oder dem Schutz der biologischen Vielfalt besteht. Aus den vielfältigen Ansprüchen an Landschaften resultieren in den Untersuchungsregionen Landnutzungskonflikte, die sich durch zukünftige Entwicklungen wie dem Klimawandel und dem steigenden Bedarf an nachwachsenden Rohstoffen noch verschärfen können.

Da Märkte lediglich für marktliche Güter weitgehend vollständige Informationen über deren Wertschätzung liefern, war es für die Zielstellung des Projektes zentral, auch solche Methoden einzusetzen, die die Bewertung von nicht-marktlichen Gütern multifunktionaler Landschaften ermöglichen. Im Forschungsvorhaben erfolgte die Bewertung des sozialen Nutzens (kulturelle Ökosystemleistungen usw.) mittels nutzenbasierter Bewertungsmethoden (Choice Experiment) und die Bewertung der regulativen Ökosystemleistungen (Gewässerschutz, Klimaschutz) mittels kostenbasierter Bewertungsmethoden.

Konkret wurden im Teilvorhaben S1 in konzeptioneller und methodischer Hinsicht folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

- Identifizierung von relevanten nicht-marktlichen Ökosystemleistungen in den vier Modellregionen
- Bewertung der marktlichen Güter
- Design und Durchführung der Umfrage (Choice Experimente) in den Modellregionen
- Auswertung der Umfragedaten und Schätzung von Antwortmodellen
- Bewertung nicht-marktlicher Ökosystemleistungen (Klimaschutz, Gewässerschutz)

- Nutzentransfer (Benefit Transfer) zwischen den Modellregionen
- Zusammenführung der Bewertungsergebnisse und Kosten-Nutzen-Analyse
- Handlungsempfehlungen

Durch Zusammenführung der Ergebnisse aus der „betrieblichen Wertschöpfung“ (Kosten) mit der Bewertung der vielfältigen Nutzen (Gewässerschutz, sozialer Nutzen etc.) wurden im Teilvorhaben S1 die Auswirkungen des zukünftigen Wandels in den Modellregionen sowohl auf der Ebene des land- und forstwirtschaftlichen Sektors als auch aus volkswirtschaftlicher Sicht (Kosten-Nutzen-Analyse) dargestellt.

2.5.4.2 Schnittstellenanalyse

Beiträge von: F6, L7, S1

Forstwirtschaft

Die Fortschreibung der forstlichen Modellbetriebe mit dem Waldwachstumssimulator WaldPlaner war Kernbestandteil des forstlichen Modellsystems (vgl. dazu die Schnittstellenanalyse in Kapitel 2.5.3.2). Die Beschreibung der ökonomischen Situation der Modellbetriebe basierte auf den vom Teilvorhaben F4 simulierten Nutzungsvolumina für die Waldbestände und auf den in Befragungen erhobenen ökonomischen Kenngrößen und Spezifika typischer Forstbetriebe der Regionen. Auf dieser Grundlage wurden von dem Teilvorhaben Kennwerte zur Wertschöpfung der forstlichen Modellbetriebe, zum Arbeitsvolumen und zur Beschäftigungsstruktur in den Regionen zum Indikatorsystem beigetragen.

Landwirtschaft

Für jede Region und Zeitscheibe wurden vom Teilvorhaben L3 standorts- und betriebsspezifische Fruchtartenzusammensetzungen, Produktionsverfahren und Ertragsersparungen zusammengestellt. Auf Grundlage dieser Anbauinformationen wurden von L7 mit dem Betriebsmodell MODAM eine optimale Zusammensetzung von Anbauverfahren und Fruchtarten für die jeweiligen Anbauszenarien selektiert. Diese nahmen eine zentrale Rolle im landwirtschaftlichen Modellsystem ein.

Auf Basis der Fruchtartenzusammensetzungen berechnete das Teilvorhaben L1 den Wasser- und Stoffhaushalt der landwirtschaftlichen Flächen, L2b den Pflanzenschutzmittelaufwand, L3 die Humusbilanz und die Fruchtartendiversität, L6 die Kennwerte des Bodenzustandes und die Teilvorhaben L4, L5 und L6 die Treibhausgasemissionen.

Das Teilvorhaben L7 analysierte die MODAM-Ergebnisse hinsichtlich der Auswirkungen der Entwicklungspfade auf die ökonomische Situation der Modellbetriebe sowie die Arbeitsvolumina und Beschäftigungsstrukturen in den Regionen.

Landschaftsökonomie

Zentrale Zielstellung des Teilvorhabens S1 war es, für Veränderungen im Angebot nicht-marktlicher Ökosystemleistungen multifunktionaler Landschaften einen zu marktlichen Gütern vergleichbaren ökonomischen Wert zu ermitteln. Zusätzlich zur Bewertung der nicht-marktlichen Güter wurde im Forschungsvorhaben auch der Wert marktlicher Güter bestimmt und im Rahmen von Kosten-Nutzen-Analysen mögliche Wohlfahrtseffekte der Entwicklungspfade analysiert. Das Teilvorhaben S1 ist den interdisziplinär besetzten Teilprojekten „Integratives Landmanagement“ und „Betriebliche und regionale Wertschöpfung“ zugeordnet. Somit bestand eine enge Zusammenarbeit insbesondere mit den Teilvorhaben F6, L5, L6 und L7 („betriebliche und regionale Wertschöpfung“) sowie den Teilprojekten „Ökologische Grundlagen, „Land- und Ressourcennutzung“, „Risikomanagement“, „Wertschöpfung“, und „Regionalmanagement“ mit den entsprechenden Teilvorhaben. Inhaltlich standen hier v. a. Aspekte wie die „Bewertung marktlicher und nicht-marktlicher Güter“, „Prämissen der Kosten-Nutzen-Analyse“ und die „Erstellung von Markt-szenarien“ im Vordergrund.

Darüber hinaus erfolgte durch das Teilvorhaben S1 im Rahmen des Teilprojektes „Betriebliche Wertschöpfung“ die Ermittlung der Kosten, die differenziert für die Entwicklungspfade, Regionen und Zeitscheiben dargestellt wurden. Dazu fand insbesondere eine enge Zusammenarbeit und Abstimmung mit den Teilvorhaben F6 und L7 statt. Bei der Bewertung nicht-marktlicher Ökosystemleistungen standen im Forschungsvorhaben der Gewässer- sowie der Klimaschutz durch das Teilvorhaben S1 im Vordergrund. Um mittels kostenbasierter Bewertungsmethoden eine Nutzenabschätzung der Entwicklungspfade in diesen Bereichen vornehmen zu können, war eine ökologische Wirkungsabschätzung dieser Ökosystemleistungen an der Schnittstelle zwischen den Teilvorhaben L1, L5 und F1 erforderlich.

Insbesondere bei der Planung und Durchführung der Umfrage zum nachhaltigen Landmanagement stellten die Ergebnisse der Arbeiten von S3 „Regionale Implementierung“ zur Erarbeitung der Leitbilder eine wichtige Grundlage dar. Zudem war für die Planung der Umfrage die Bildung von Fokusgruppen wesentlich. Hierbei wurde das Teilvorhaben bei der Planung und Durchführung (insbesondere Moderation) durch die Begleitforschung sehr tatkräftig unterstützt. Dabei standen insbesondere Themen wie „Landschaftsveränderungen“, „Landschaftsästhetik“ und „Problemfelder der Landnutzung“ in den Modellregionen im Vordergrund. Die Ergebnisse der eigentlichen Befragung zum nachhaltigen Landmanagement stellten wiederum eine wichtige Grundlage für die Weiterentwicklung der Leitbilder in den Modellregionen dar.

2.5.5 *Regionalmanagement*

2.5.5.1 *Aufgabenfeld und Forschungsansätze*

Beitrag von: S3

Die frühzeitige Beteiligung von relevanten Akteuren sowie die Einbindung wichtiger überregionaler Stakeholder sind für ein nachhaltiges Landmanagement und die Implementierung geeigneter Anpassungsstrategien essentiell. Ein modernes Verständnis von staatlicher Steuerung beinhaltet die Möglichkeit für zivilgesellschaftliche Akteure, sich an den Planungs- und Entscheidungsprozessen zu beteiligen. Neue Formen der Landnutzung bedürfen neben formellen Planungen informelle Aushandlungsprozesse durch die Beteiligung relevanter Akteure und betroffener Landnutzer. HEALEY (2002) betonte, dass die Identifikation mit Entwicklungszielen und die Vermeidung von Legitimationsdefiziten nur erreicht werden können, wenn die Strategie- und Leitbildentwicklung mit der Etablierung von Governancestrukturen verbunden wird. Partizipation verbessert die Qualität von Planungsprozessen (BEIERLE 2002), denn regionale Akteure wissen oft am besten, welche Politiklösungen für den regionalen Kontext geeignet sind (IRWIN 1995; HEALY 2003). Zudem erhöht Partizipation die Akzeptanz und die Identifikation der Betroffenen mit den getroffenen Entscheidungen (NEWIG 2005). Für eine regional angepasste Entwicklung von Landmanagementstrategien und deren Akzeptanz sowie Umsetzung vor Ort ist die Identifizierung und Analyse der regionalen Akteursgruppen und Handlungskonstellationen in den Modellregionen ein wichtiger Aspekt. Diese Analyse ist von besonderer Bedeutung für den „multi-actor“-Kontext (HERMANS 2005) von Landnutzung und dem Management natürlicher Ressourcen mit seiner Vielzahl von unterschiedlichen Interessen und Zielvorstellungen. Kompatible und nicht-kompatible Landnutzungsinteressen müssen herausgearbeitet werden, die Verteilung von Nutzen und Kosten unterschiedlicher Landnutzung analysiert und die Reichweite von Entscheidungen zur Landnutzungsveränderung über unterschiedliche Akteursgruppen, ökonomische, administrative und politische Einheiten hinweg betrachtet werden (GRIMBLE u. WELLARD 1997).

Als regionale Akteure werden in Anlehnung an GRIMBLE u. CHAN (1995) solche Personen bezeichnet, „who affect, and/or are affected by, the policies, decisions and actions of the system; they can be individuals, communities, social groups or institutions of any size, aggregation of level in society. The term thus includes policy makers, planners and administrators in government and other organizations, as well as commercial and subsistence user groups“. Die Akteure selber werden maßgeblich durch ihre Handlungsorientierungen (Wahrnehmung und Präferenzen) und ihre Fähigkeiten (SCHARPF 2000) charakterisiert. Aus unterschiedlichen Zielen, Werten und Interessen der Akteure oder aus Konkurrenz um Flächen können Konflikte entstehen.

Die Berücksichtigung und Einbeziehung dieser Handlungsinteressen und Zielvorstellungen der Akteure in den vier Modellregionen bildete somit eine wesentliche Grundlage für den Anshub eines partizipativen Prozesses zur Erarbeitung gemeinsamer Leitbilder eines nachhaltigen Landmanagements. Durch den Einsatz diskursiver Verfahren konnten Konflikte frühzeitig aufgedeckt oder vermieden werden und die Akzeptanz unter den Schlüsselexperten in den Regionen gesichert werden.

Die Ziele des Teilprojektes waren (1) die Akteurskonstellationen für eine partizipative Entwicklung von Leitbildern in den Modellregionen zu analysieren, (2) mögliche Konfliktpotenziale zu identifizieren, (3) die relevanten Landnutzerguppen und Entscheidungsträger in informelle Verfahren zur Verständigung einzubinden und einen gemeinsamen Rahmen für zukünftige Entwicklungen und Entscheidungsprozesse zu erarbeiten (partizipative Leitbildprozesse) sowie (4) die Rückkopplungsprozesse zwischen Wissenschaft und Praxis im Projekt zu organisieren und durchzuführen.

2.5.5.2 *Schnittstellenanalyse*

Beiträge von: S3, DH, UE, FL, OS

Die Durchführung der Beteiligungsprozesse in den vier Modellregionen trug dazu bei, aktuelle und zukünftige Präferenzen der regionalen Landnutzer in den Modellregionen zu identifizieren und von einer eher sektoralen Sicht zu einer sektorübergreifenden Betrachtung der Landnutzung zu gelangen. Durch einen kontinuierlichen Wissenstransfer zwischen den Wissenschaftlern und den Praxisakteuren konnten sich die Teilvorhaben besser auf die spezifische Situation und die Erfordernisse vor Ort in den vier Modellregionen anpassen, was gleichzeitig die Akzeptanz der Projektarbeiten und die Unterstützung durch die Praxisakteure beförderte. Allen Teilvorhaben wurden die erarbeiteten Regionalprofile für die Arbeit in den Modellregionen zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus gab es einen regelmäßigen Rückkopplungsprozess mit den Teilvorhaben zu den Ergebnissen aus der Akteursanalyse und den Leitbildprozessen im Rahmen der Projekttreffen. Dort erfolgte speziell auch der Austausch mit den Teilvorhaben S1 und S2 zur Arbeit in den Modellregionen. Ergebnisse einzelner Teilvorhaben (beispielsweise K1) wurden direkt in die Leitbildprozesse integriert.

Eine enge und kontinuierliche Abstimmung gab es mit der Koordination und den Regionalpartnern. Die enge Abstimmung und Zusammenarbeit mit den Regionalpartnern (deren Aktivitäten s. Tab. 5) bildete eine wichtige Grundlage für die erfolgreiche Arbeit in den vier Modellregionen.

Tabelle 5: Übersicht der Aktivitäten der Regionalpartner

Aufgaben der Regionalpartner	Geleistete Aktivitäten
Unterstützung der wissenschaftlichen Feldarbeit in den Modellregionen	<ul style="list-style-type: none"> - Recherche und Aufbereitung relevanter Daten für die Teilvorhaben sowie für die Erarbeitung des transsektoralen Kriterien- und Indikatorensystems - Recherche und Kontaktvermittlung von Praxispartnern für Feldversuche der land- und forstwirtschaftlichen Teilvorhaben - Begleitung und Unterstützung bei Feldbegehungen der land-, forst- und wasserwirtschaftlichen Teilvorhaben - Vermittlung von Interviewpartnern insb. für die sozioökonomischen Teilvorhaben - Unterstützung bei der Organisation von Workshopveranstaltungen im Rahmen der transdisziplinären Arbeit des Teilvorhabens S3
Allgemeine Presse- und Öffentlichkeitsarbeit	<ul style="list-style-type: none"> - Konstante Präsenz als Ansprechpartner des Projektes in den Modellregionen - Erstellung von Pressemitteilungen für regionale Zeitungen - Mitarbeit bei der Produktion von Videointerviews und einem Projektimagefilm - Pflege von Internetpräsenzen mit Projektinhalten (Projektwebsite, Websites der Partnerinstitutionen in den Regionen)
Regionale Vernetzung	<ul style="list-style-type: none"> - Beiträge zu Aufbau und Pflege einer Akteursdatenbank - Regelmäßige Berichterstattung zu Projektaktivitäten für Verwaltungseinrichtungen und politische Gremien in den Regionen (bspw. Landrat, Kreisrat, Regionalplanung, Umwelt- und Landwirtschaftsverwaltung) - Vorstellung des Projektes bei regionalen Veranstaltungen zur Landnutzungsentwicklung und Vernetzung mit anderen regional und überregional arbeitenden Forschungsvorhaben und Hochschulen - Dauerhafte Netzwerkaktivitäten mit relevanten Akteuren in den Regionen
Vernetzung innerhalb des Verbundvorhabens	<ul style="list-style-type: none"> - Organisation von Gesamtprojekttreffen in den Modellregionen inkl. Exkursionen zu Landnutzungsaktivitäten (gemeinsam mit der Koordination) - Beiträge für Projekttreffen, Konferenzen der Programmmaßnahme und Teilnahme an Workshops der wissenschaftlichen Begleitforschung zu relevanten Themen - Beiträge zu Newslettern des wissenschaftlichen Begleitvorhabens
Wissenstransfer zwischen Projekt und Region	<ul style="list-style-type: none"> - Erstellung von Newslettern und Mitteilungsblättern zu Aktivitäten des Projektes in den Regionen - Organisation und Durchführung von Fachvorträgen zu regionalen Themen der Landnutzung

Die Regionalpartner als integrativer Bestandteil des Verbundprojektes stellten eine Innovation im Vorhaben des Nachhaltigen Landmanagements dar. Ihre Einbettung in etablierten Institutionen der Modellregionen ermöglicht es nicht nur, eine dauerhafte Präsenz des Projektes in den Regionen sicherzustellen, sondern mit ihrem einzigartigen Zugang zu Ressourcen und Kontakten vor Ort waren sie ein wichtiger Faktor für den Wissenstransfer zwischen Wissenschaftlern und regionalen Akteuren und die Unterstützung der Projektaktivitäten vor Ort. Sie fungierten als „Brückenorganisationen“ (bridging organizations), die Foren schufen für Kooperation zwischen verschiedenen Akteursgruppen und den Austausch unterschiedlicher Wissensarten. Sie unterstützten den Aufbau von Vertrauen zu den regionalen Akteuren und waren bedeutsam für die Bildung von Akzeptanz zwischen Akteuren und Wissenschaftlern im Projekt. Darüber hinaus unterstützen sie den Anstoß von Lernprozessen (BERKES 2009, LEYS u. VANCLAY 2011).

Das Teilprojekt Regionalmanagement organisierte projektintern einen iterativen Wissenstransfer zwischen den wissenschaftlichen Expertenteams und den regionalen Akteuren. So gewannen die Wissenschaftler empirisches Wissen über die sozialen Konstellationen in den Modellregionen, den Präferenzen der Akteure und den Entwicklungsparadigmen. Die Information der Öffentlichkeit, die vor allem durch die Koordination und die Regionalpartner organisiert und getragen wurde, unterstützte die empirische Datenerhebung der Wissenschaftler und die Mitwirkung von regionalen Akteuren. Projektextern wurde mit dem erarbeiteten Expertenwissen, den aufbereiteten Präferenzen der regionalen Akteure und den Leitbildprozessen in den Modellregionen eine breite Grundlage geschaffen, um die bisher zumeist sektoral betrachteten Ansätze der Landnutzung stärker intersektoral weiterzuentwickeln.

3 Beschreibung der Modellregionen

Beitrag von: Ko

Das Norddeutsche Tiefland wird geologisch hauptsächlich durch die Saale- und Weichselvereisungen geprägt, die zu räumlich stark differenzierten Standortverhältnissen geführt haben. Bereits gegenwärtig besteht ein ausgeprägter Klimagradient mit von Westen nach Osten deutlich abnehmenden Niederschlägen und zunehmender Kontinentalität. Abgesehen von wenigen Ballungsräumen (Berlin, Hamburg, Hannover, Braunschweig) überwiegen ländliche Räume, in denen Land- und Forstwirtschaft auch im bundesweiten Vergleich eine überdurchschnittliche Bedeutung haben (s. Abb. 1). Durch die regional unterschiedlichen Formen der Landnutzung haben sich vielfältige, Identität stiftende Kulturlandschaften entwickelt. Sie haben ihren heutigen Charakter in dem historisch kurzen Zeitraum der letzten 200 Jahre nach bäuerlicher Moor- und Heidewirtschaft erhalten. Erst im 19. Jahrhundert führten die extreme Degradation der Standorte, der steigende Nahrungsbedarf der wachsenden Bevölkerung, die Einführung der Mineraldüngung und billige Wollimporte zu einer großflächigen Abkehr von dieser lange geübten Wirtschaftsweise. Durch großflächige Aufforstungen der ausgedehnten Moor-, Heide- und Dünenflächen, vorrangig mit der anspruchslosen Kiefer, vervielfachte sich die Waldfläche und es wurden die Grundlagen für eine heute leistungsfähige Forst- und Holzwirtschaft geschaffen.

Die Einführung neuer bzw. verbesserter Produktionsverfahren in der Acker- und Grünlandbewirtschaftung sowie in der Tierhaltung führte zu einer enormen Steigerung der Produktivität. Unterschiede in den naturräumlichen Gegebenheiten und im wirtschaftlichen Umfeld wurden in der Landwirtschaft zu regionalen Spezialisierungen genutzt. Heute ist der Agrarsektor des Norddeutschen Tieflandes auch im europäischen Maßstab äußerst wettbewerbsfähig. Neben dem Klimagradienten prägen weitere Gradienten die Regionen des Norddeutschen Tieflandes. So sinkt von Westen nach Osten die Bedeutung der Grünlandnutzung und der Tierhaltung, die Stickstoffeinträge nehmen ab, die Wirtschaftskraft geht zurück. Demgegenüber steigt der Anteil bewaldeter und ackerbaulich genutzter Flächen und die Größe der landwirtschaftlichen Privatbetriebe nimmt zu.

Der Zuschnitt des Untersuchungsraumes „Norddeutsches Tiefland“ erfolgte durch die forstliche Großlandschaft „Norddeutsches Tiefland“ unter Auslassung der Wuchsgebiete „Westfälische Bucht“, „Niederrheinisches Tiefland“ und „Niederrheinische Bucht“. Hierzu wurden die Abgrenzungen der Großlandschaften und der Wuchsgebiete mit dem Bearbeitungsstand 2011 (Datengrundlage: Thünen-Institut, GAUER u. KROIHER 2012) verwendet. Der Untersuchungsraum wird durch vier Modellregionen repräsentiert, die in west-östlicher Richtung naturräumliche, strukturelle, wirtschaftliche und demografische Gradienten abbilden. Bei diesen

Modellregionen handelt es sich um die Landkreise Diepholz, Uelzen und Oder-Spree sowie die Region Fläming.

3.1 Diepholz

Beiträge von: DH, S3, Ko



Abbildung 6: Karte der Modellregion Diepholz (= Landkreis Diepholz)
 (© GeoBasis-DE / Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen:
http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf, Verwaltungsgebiete
 1:250.000, Stand 2010)

Die westlichste Modellregion im Norddeutschen Tiefland, der niedersächsische Landkreis Diepholz, liegt zwischen Wesermarsch und den südlich anschließenden Mittelgebirgen sowie zwischen der Hansestadt Bremen und dem Bundesland Nordrhein-Westfalen (s. Abb. 6). Der Landkreis besteht aus 10 Gemeinden bzw. Samtgemeinden² und fünf Städten. Sein heutiger Zuschnitt basiert weitgehend auf einer

² Niedersächsischer Gemeindeverband, der bestimmte öffentliche Aufgaben anstelle seiner Mitgliedsgemeinden ausführt. Die Mitgliedsgemeinden bleiben dabei selbstständige Körperschaften und führen auch weiterhin einen eigenen Aufgabenkreis selbstverantwortlich durch.

Zusammenlegung der 1932 gebildeten Landkreise Grafschaft Hoya und Grafschaft Diepholz im Jahr 1977. Er weist seither eine Fläche von ca. 1.988 km² auf (s. Tab. 6). Die aktuelle Einwohnerzahl liegt bei ca. 216.500 Personen (KOMMUNIKATION UND WIRTSCHAFT GMBH 2007).

Table 6: *Strukturdaten der Modellregion Diepholz*

Basisdaten	
Fläche ¹	1.988 km ²
Einwohnerzahl ¹	216.469
Bevölkerungsdichte ¹	108,9 EW/km ²
prognostizierte Bevölkerungsentwicklung ²	-6,3 % (2009-2030)
Pendlersaldo ³	-17.272
Flächennutzung (2011) ⁴	
Landwirtschaft	140.241 ha (70,4 %)
Moor und Heide	8.080 ha (4,3 %)
Forstwirtschaft	19.685 ha (9,9 %)
Gebäude-, Frei-, Erholungs- und Verkehrsfläche	24.163 ha (12,2 %)
Sonstige Flächennutzung	7.154 ha (3,2 %)
Beschäftigung	
Erwerbstätige (2009) ⁵	90.000
in Land-/Forstwirtschaft und Fischerei	5.100 (5,7 %)
im produzierenden Gewerbe (einschließlich Bau)	21.000 (23,3 %)
im Dienstleistungssektor	63.900 (71,0 %)
Landwirtschaft (2010) ⁶	
Anzahl Betriebe	1.969
	106.535 ha Acker, 21.744 ha Grünland
	1,13 GV / ha _{LF}
	913 Rinder-, 754 Schweine-, 266 Pferde-, 120 Schaf- und Ziegen-, 286 Geflügelhalter
Forstwirtschaft (2009)	
Fläche Forstwirtschaft ⁸	19.685 ha, 46,5 % Privatwald (1995)
Wirtschaft	
Bruttowertschöpfung(2009) ⁷	4,26 Milliarden €
Arbeitslosenquote ⁸	5,00 %

¹ DIEPHOLZ 2011

² vgl. <http://www.lskn.niedersachsen.de/download/51672>, Zugriff am 08.12.2011

³ eigene Berechnung nach Daten LSKN-Online: Tabelle P70H5109, Zugriff am 08.12.2011

⁴ LANDESAMT FÜR STATISTIK NIEDERSACHSEN 2011

⁵ eigene Berechnung nach Daten www.regionalstatistik.de, abgerufen am 08.12.2011

⁶ LANDWIRTSCHAFTSZÄHLUNG 2010: LSKN 2010a, 2010b

⁷ nach Daten www.regionalstatistik.de, abgerufen am 10.11.2011

⁸ BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT 2011

Die Siedlungsstruktur ist heterogen: Im Norden des Landkreises, der einen Teil des südlichen Bremer Umlandes bildet, finden sich überwiegend Gemeinden mit urbanem Charakter, im Süden vor allem ländlich geprägte Gemeinden. Entsprechend unterschiedlich sind auch das Siedlungsbild und die Bevölkerungsverteilung im Landkreis: Verkehrs- und Siedlungsflächen nehmen in der Nähe Bremens ungleich höhere Anteile ein als in den großstadtfernen Bereichen des Landkreises.

Die demographische Entwicklung entspricht dem bundesweiten Trend. Die Bevölkerungszahl nimmt seit einigen Jahren kontinuierlich ab. Diese Entwicklung wird sich den Prognosen zufolge weiterhin fortsetzen: Bis 2030 wird erwartet, dass sich die Einwohnerzahl um 6,3 % verringert. Der Landkreis verzeichnet als Wirtschaftsstandort einen deutlichen Auspendlerüberschuss und die Wirtschaftskraft ist bundes- und niedersachsenweit etwas unterdurchschnittlich ausgeprägt (s. Tab. 6).

Der primäre Sektor ist sowohl beim Anteil der Erwerbstätigen als auch bezogen auf den Flächenanteil überdurchschnittlich stark vertreten. Der weit überwiegende Teil (70 %) der Flächen des Landkreises wird landwirtschaftlich genutzt (s. Abb. 7). Die Landwirtschaft ist durch Ackerbau und Viehhaltung geprägt. Die Viehhaltung spielt eine zentrale Rolle, ist aber weniger intensiv als in den westlich angrenzenden Landkreisen Vechta oder Cloppenburg. Allgemein folgt die Entwicklung der Landwirtschaft den deutschen Trends: Die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe nimmt ab, gleichzeitig werden die verbliebenen Betriebe durchschnittlich größer.

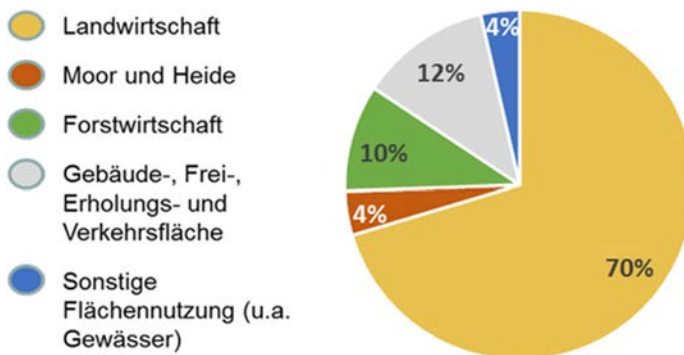


Abbildung 7: Flächenanteile der Landnutzungen in der Modellregion Diepholz

Die Waldfläche nimmt im Gebiet des Landkreises kontinuierlich und im niedersächsischen Vergleich überdurchschnittlich zu, dennoch ist die Bedeutung der Forstwirtschaft in der Modellregion Diepholz aufgrund des geringen Flächenanteils mit knapp 10 % vergleichsweise gering.

Im Bereich der Wasserwirtschaft ist sowohl die Sicherung von qualitativ einwandfreiem Trinkwasser als auch die Vermeidung bzw. Verminderung von Nährstoffbelastungen der Oberflächengewässer ein wichtiges Thema. Mit dem Dümmer befindet sich der zweitgrößte niedersächsische See im Landkreis. Dieser weist regelmäßig problematisch hohe diffuse Nährstoffeinträge aus den ihn umgebenden

Gebieten auf (LGLN 2016). Der Bereich der Dümmerniederung mit seinen ausgehenden Moorflächen und Feuchtgebieten ist von besonderer und überregionaler Bedeutung für den Natur- und Landschaftsschutz (FFH- und EU-Vogelschutzgebiet). Der naturschutzfachliche Wert dieses Gebietes zeigt sich nicht zuletzt auch darin, dass sich hier in den letzten Jahren Rastplätze für mehrere zehntausend Kraniche während ihrer Wanderungsflüge im Frühjahr und Herbst entwickelt haben.

3.2 Uelzen

Beiträge von: UE, S3, Ko

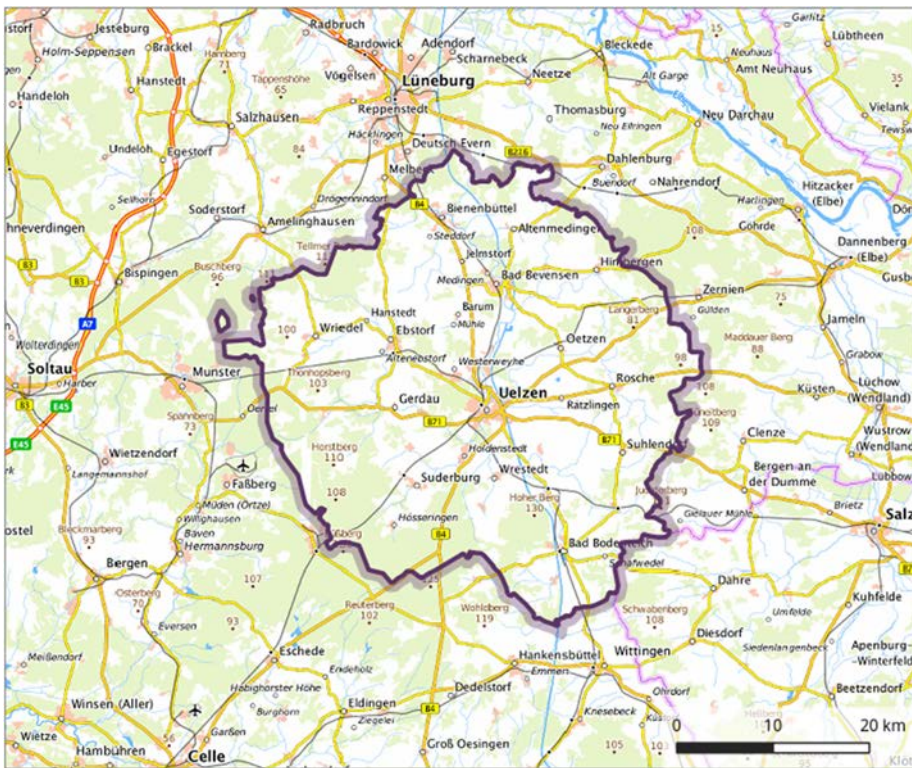


Abbildung 8: Karte der Modellregion Uelzen (= Landkreis Uelzen)

(© GeoBasis-DE / Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen: http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf, Verwaltungsgebiete 1:250.000, Stand 2010)

Der Landkreis Uelzen liegt im Osten Niedersachsens, südlich der Hansestadt Hamburg, von der er noch durch den Landkreis Lüneburg getrennt wird. Mit 1.450 km² ist der Landkreis die kleinste Modellregion im Projekt NaLaMa-nT. Die fast kreisförmige Region unterteilt sich administrativ in die im Zentrum liegende Kreisstadt Uelzen, welche von sechs Samtgemeinden und einer Gemeinde umgeben ist

(UELZEN 2011, s. Abb. 8). In der Modellregion leben ca. 94.000 Einwohner, dies entspricht 64,7 Einwohner pro Quadratkilometer. Ein gutes Drittel der Bevölkerung lebt in der Kreisstadt Uelzen. Die demographische Entwicklung in der Modellregion ist negativ. So wird die Bevölkerungszahl den Prognosen zufolge bereits bis 2030 um rund 15 % deutlich abnehmen (s. Tab. 7).

Tabelle 7: *Strukturdaten der Modellregion Uelzen*

Basisdaten	
Fläche ¹	1.454,1 km ²
Einwohnerzahl ²	94.020
Bevölkerungsdichte ²	64,7 EW/km ²
prognostizierte Bevölkerungsentwicklung ³	-14,6 % (2009-2030)
Pendlersaldo ⁴	-3.536
Flächennutzung (2011)¹	
Landwirtschaft	77.258 ha (53,2 %)
davon Moor und Heide	696 ha (0,9 %)
Forstwirtschaft	48.682 ha (33,5 %)
Gebäude-, Frei-, Erholungs- und Verkehrsfläche	12.230 ha (8,4 %)
Sonstige Flächennutzung	7.203 ha (5,0 %)
Beschäftigung	
Erwerbstätige (2009) ⁵	39.600
Erwerbstätige in der Land-/Forstwirtschaft und Fischerei	2.600 (6,6 %)
Erwerbstätige im produzierenden Gewerbe (einschließlich Bau)	7.500 (18,9 %)
Erwerbstätige im Bereich Dienstleistungen	29.500 (74,5 %)
Landwirtschaft (2010)⁶	
Fläche Ackerland	67.407 ha
Fläche Dauergrünland	7.013 ha
Anzahl Betriebe	859
...Betriebe mit Viehhaltung	538 mit 22.400 GV 0,28 GV/ha _{LF} ⁷
	233 Rinder-, 176 Schweine-, 185 Pferde-, 62 Schaf- und 128 Geflügelhalter
Forstwirtschaft	
Fläche Forstwirtschaft (2011) ¹	48.692 ha
Wirtschaft	
Bruttowertschöpfung(2009) ⁸	1,95 Milliarden €
Arbeitslosenquote ⁹	8,1 %

¹ vgl. LSKN-Online 2011a

² vgl. LSKN-Online 2011b

³ vgl. LSKN 2011

⁴ LSKN-Online 2011c

⁵ REGIONALSTATISTIK 2011a

⁶ LSKN 2007

⁷ LSKN 2010

⁸ REGIONALSTATISTIK 2011b

⁹ vgl. ARBEITSAGENTUR 2011

Der Landkreis Uelzen gehört zur Metropolregion Hamburg, ist jedoch relativ weit entfernt von der Hansestadt. Auch existiert noch keine direkte Autobahnanbindung des Kreises. Insofern bildet der Landkreis Uelzen zu großen Teilen einen sogenannten Peripherieraum, der überwiegend eine sehr geringe Siedlungsdichte mit einigen Verdichtungsansätzen aufweist. Eine engere Anbindung wird zukünftig ggf. durch die Weiterführung der BAB 39 von Lüneburg nach Wolfsburg erreicht (BBR 2005, S. 20).

Ungefähr 53 % der Fläche des Landkreises werden landwirtschaftlich genutzt (s. Abb. 9). Die Landwirtschaft ist stark durch den Ackerbau mit Hackfrüchten geprägt, während die Viehhaltung im niedersächsischen Vergleich eine deutlich unterdurchschnittliche Bedeutung hat. Allgemein folgt die Entwicklung der Landwirtschaft den deutschen Trends. So nehmen die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe und der Anteil der landwirtschaftlichen Fläche ab, wohingegen die ohnehin schon deutlich überdurchschnittliche mittlere Betriebsgröße zunimmt. Aus Sicht der Wasserwirtschaft ist es besonders bedeutsam, dass im Landkreis über 90 % der Ackerflächen beregnet werden, wobei das Bewässerungswasser oft aus dem Grundwasser stammt. Die Feldberegung dient hier nicht nur der Ertrags- und Qualitätssicherung, sondern auch wesentlich der Ertragssteigerung (BATTERMANN u. THEUVSEN 2010, S. 22ff). Der Anteil der Waldfläche ist in der Modellregion Uelzen mit 33 % der Fläche überdurchschnittlich hoch.

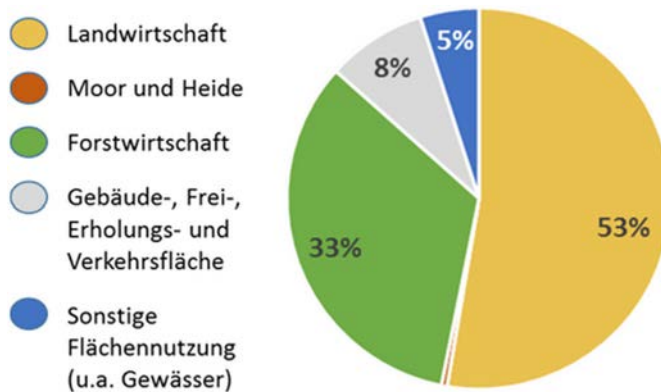


Abbildung 9: Flächenanteile der Landnutzungen in der Modellregion Uelzen

Der Bereich der Land-, Forstwirtschaft und Fischerei ist in der Modellregion mit einem Anteil der Erwerbstätigen von 6,5 % wesentlich bedeutender als im deutschen (2,1 %) oder niedersächsischen Durchschnitt (3,3 %, REGIONALSTATISTIK 2011a). Von besonderer Bedeutung ist auch die nachgelagerte Industrie. So unterhält die Nordzucker AG, der zweitgrößte Zuckerproduzent Europas, sein größtes Werk in Uelzen. Weitere Unternehmen aus dem Nahrungsmittelbereich sind die Uelzena-Gruppe als milchverarbeitender Betrieb und die Nestlé Deutschland AG. Neben den Betrieben des Lebensmittelsektors sind aber auch Betriebe anderer Branchen,

wie z. B. der Holzverarbeitung zu finden. Ein Beispiel hierfür ist die Pfeifer-Group (Fa. Heggenstaller), welche ein Kiefersägewerk im Stadtgebiet von Ulzen betreibt.

3.3 Fläming

Beiträge von: FL, S3, Ko

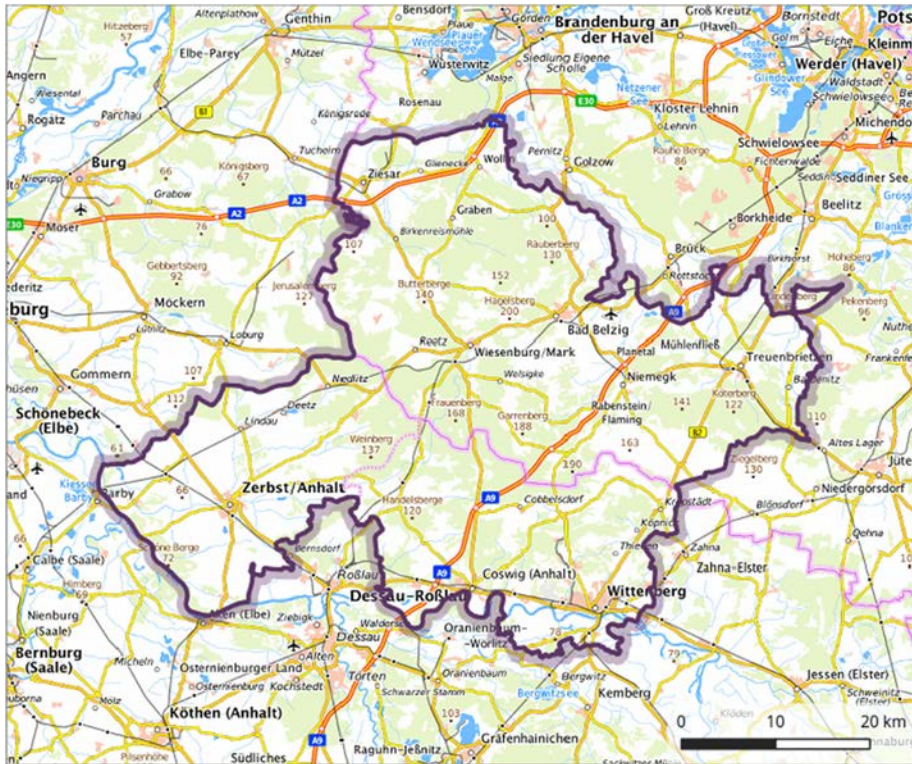


Abbildung 10: Karte der Modellregion Fläming

(© GeoBasis-DE / Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen: http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf, Verwaltungsgebiete 1:250.000, Stand 2010)

Die Modellregion Fläming stellt im Rahmen des Projektes eine Besonderheit dar. Ihre Grenzen decken sich, im Gegensatz zu den anderen drei Modellregionen, nicht mit den administrativen Abgrenzungen eines Landkreises. Die Region umfasst Teile des brandenburgischen Landkreises Potsdam-Mittelmark und der sachsen-anhaltischen Landkreise Anhalt-Bitterfeld und Wittenberg (s. Abb. 10).

Die Modellregion liegt im Südwesten von Berlin und nördlich von Dessau-Roßlau. Sie erstreckt sich über eine Fläche von ca. 2.163 km². In ihr leben ca. 120.400 Einwohner bzw. durchschnittlich 55,7 Einwohner je Quadratkilometer (s. Tab. 8).

Damit ist sie ein vergleichsweise dünn besiedeltes Gebiet. Die demographische Entwicklung ist deutlich negativ. So wird die Bevölkerungszahl den Prognosen zufolge in Zukunft weiter deutlich abnehmen (STATISTIK SACHSEN-ANHALT 2011a-c, LBV BRANDENBURG 2011).

Die Siedlungsstruktur ist dezentral. Allerdings leben etwa 50.000 Einwohner, also 41 % der Bevölkerung der Modellregion, in der Stadt Wittenberg und bilden dort den Siedlungsschwerpunkt der Region (STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER 2011).

Tabelle 8: Strukturdaten der Modellregion Fläming

Basisdaten ¹	
Fläche ²	2.163 km ²
Einwohnerzahl (2009) ³	120.446
Bevölkerungsdichte (2009) ³	55,7 EW/km ²
	30,1 EW/km ² (Brandenburg)
	85,3 EW/km ² (Sachsen-Anhalt)
prognostizierte Bevölkerungsentwicklung ⁴	-19,6 % (2009-2025 ST) bis -32,9 % (2009-2030 BB)
Flächennutzung (2011) ⁵	
Landwirtschaft	105.489 ha (48,8 %)
Moor und Heide	554 ha (0,5 %)
Forstwirtschaft	90.903 ha (42,3 %)
Gebäude-, Frei-, Erholungs- und Verkehrsfläche	16.092 ha (7,4 %)
Sonstige Flächennutzung	3.227 ha (1,5 %)
Wirtschaft	
Arbeitslosenquote ⁶	9,2-10,7 %

¹ Da es sich vielfach um kumulierte Daten auf Gemeindeebene handelt, kommt es zu rundungsbedingten Abweichungen.

² STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER 2011

³ ebd. Tabelle 1

⁴ ebd. Kapitel II 1

⁵ nach Daten aus: STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER 2011

⁶ ARBEITSAGENTUR POTSDAM 2011, ARBEITSAGENTUR WITTENBERG 2011, ARBEITSAGENTUR DESSAU 2011

91 % der Fläche in der Modellregion Fläming werden land- oder forstwirtschaftlich genutzt. Im Vergleich zu anderen Regionen ist somit der primäre Sektor überdurchschnittlich stark vertreten. Dabei entfallen 49 % der Flächen auf die Landwirtschaft und ca. 42 % auf die Forstwirtschaft (s. Abb. 11). Der landwirtschaftliche Flächenanteil ist genauso groß wie im brandenburgischen Durchschnitt (49 %) und deutlich niedriger als im sachsen-anhaltischen Durchschnitt (62 %). Die Forstwirtschaft in der Modellregion ist dagegen flächenmäßig im Vergleich zu den Durchschnittswerten der beiden Länder von stark überdurchschnittlicher Bedeutung. Die Wasserwirtschaft spielt besonders im sachsen-anhaltischen Teil eine große Rolle, weil hier

Vorranggebiete für die Wassergewinnung ausgewiesen sind. Auch der Natur- und Landschaftsschutz ist von Bedeutung. So nehmen die beiden Naturparke „Hoher Fläming“ (BB) und „Fläming“ (ST) weite Teile der Modellregion ein. Hinzu kommen mehrere Schutzgebiete mit unterschiedlichem Schutzstatus.

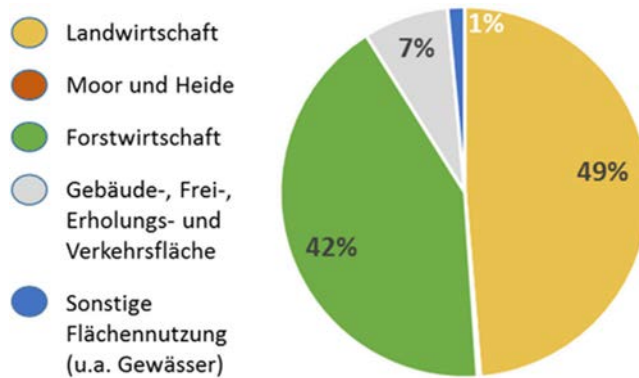


Abbildung 11: Flächenanteile der Landnutzungen in der Modellregion Fläming

3.4 Oder-Spree

Beiträge von: OS, S3, Ko



Abbildung 12: Karte der Modellregion Oder-Spree (= Landkreis Oder-Spree)

(© GeoBasis-DE / Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017, Datenquellen: http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf, Verwaltungsgebiete 1:250.000, Stand 2010)

Die Modellregion deckt sich mit dem Landkreis Oder-Spree (s. Abb. 12). Dieser liegt im Osten der Metropolregion Berlin-Brandenburg und erstreckt sich vom südöstlichen Stadtrand der Bundeshauptstadt bis an die polnische Grenze im Osten. Er grenzt an die Landkreise Spree-Neiße und Dahme-Spreewald im Süden bzw. Südwesten. Im Norden schließen sich der Landkreis Märkisch-Oderland sowie die kreisfreie Stadt Frankfurt (Oder) an, mit denen der Landkreis Oder-Spree die Planungsregion Oderland-Spree bildet.

Der Landkreis Oder-Spree erstreckt sich über ein Gebiet von 2.243 km² und zählt damit zu den 15 größten Landkreisen der Bundesrepublik (LANDKREIS ODER-SPREE 2012, s. Tab. 9).

Tabelle 9: Strukturdaten der Modellregion Oder-Spree

Basisdaten	
Fläche ¹	2.243 km ²
Einwohnerzahl (2009) ²	185.000
Bevölkerungsdichte (2009) ³	85 Einwohner/km ²
prognostizierte Bevölkerungsentwicklung ⁴	-17,6 % (2009-2030)
Pendlersaldo ⁵	-15.700
Flächennutzung ⁶	
Landwirtschaft	83.943 ha (37,42 %)
Moor und Heide	63 ha (0,02 %)
Forstwirtschaft	107.156 ha (47,78 %)
Gebäude-, Frei-, Erholungs- und Verkehrsfläche	21.247 ha (9,47 %)
Sonstige Flächennutzung	11.902 ha (5,31 %), davon Wasserfläche 8.687 ha
Beschäftigung ⁵	
Erwerbstätige (2009) ⁵	49.463
- davon in Land-, Forstwirtschaft und Fischerei	1.322 (2,76 %)
- davon im produzierenden Gewerbe (einschließlich Bau)	15.889 (32,12 %)
- davon im Dienstleistungsbereich	32.252 (65,20 %)
Landwirtschaft (2007) ²	
Anzahl Betriebe	404, davon 149 Rinderhalter und 64 Schweinehalter
- davon Betriebe mit ökologischem Landbau	54 Betriebe = 11,7 % der Fläche
Fläche Ackerland	68.488 ha (81,53 %)
Fläche Dauergrünland	13.104 ha (15,60 %)
Forstwirtschaft	
Fläche Forstwirtschaft	107.156 ha
Wirtschaftskraft	
Bruttowertschöpfung(2008) ⁷	3.291 Mio. €
Arbeitslosenquote (2011) ⁸	9,00 %

¹ LANDKREIS ODER-SPREE 2012² LANDKREIS ODER-SPREE 2009³ STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER 2012⁴ AMT FÜR STATISTIK BERLIN-BRANDENBURG 2010⁵ AMT FÜR STATISTIK BERLIN-BRANDENBURG 2011a⁶ AMT FÜR STATISTIK BERLIN-BRANDENBURG 2011b⁷ AMT FÜR STATISTIK BERLIN-BRANDENBURG, EIGENE BERECHNUNGEN⁸ BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT 2011

Die Siedlungsstruktur ist geprägt durch die Lage des Landkreises zwischen der Metropole Berlin und dem Nachbarland Polen. Bevölkerungsschwerpunkte liegen im verdichteten Umland Berlins sowie in den Mittelstädten des Kreises (Fürstentum, Eisenhüttenstadt, Erkner und Beeskow). Die Bevölkerungsentwicklung verläuft räumlich differenziert; während die Berliner Umlandgemeinden aktuell und voraussichtlich in Zukunft Wanderungsgewinne verbuchen werden, rechnet die Bevölkerungsprognose insgesamt mit einem Rückgang von 17,6 % bis 2030.

Der Landkreis Oder-Spree gehört zu den wald- und gewässerreichsten Gebieten Brandenburgs, der Waldanteil liegt bei rund 48 % (s. Abb. 13), Gewässer nehmen knapp 4 % der Gebietsfläche ein. Landwirtschaft wird auf 37 % der Fläche des Landkreises betrieben. Das Verhältnis von Acker- zu Grünlandflächen liegt bei 5:1. Es dominieren Wintergetreideanbau, vor allem Winterroggen, Silomais und Winterrap. Die Rinderhaltung, vor allem Mutterkühe, hat in der Region eine gewisse Bedeutung. Ökologischer Landbau findet auf rund 12 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche statt.

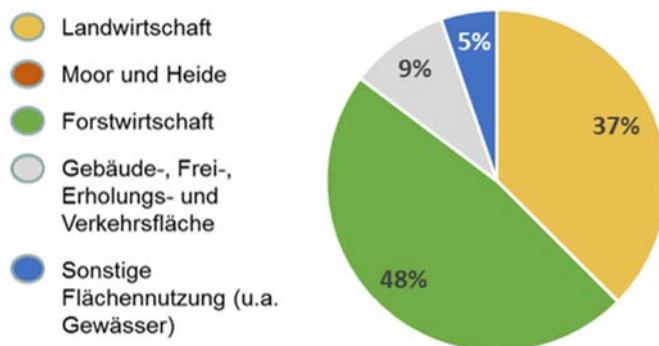


Abbildung 13: Flächenanteile der Landnutzungen in der Modellregion Oder-Spree

Die Wasserwirtschaft spielt für die Region eine bedeutsame Rolle; die Flüsse und Seensysteme sind ein wichtiger Faktor für die regionale Wirtschaft und den Umweltschutz. Ein effektives Hoch- und Niedrigwassermanagement sind infolge des Auftretens von Überschwemmungen (u. a. 1997 und 2010) und von Niedrigwasserereignissen innerhalb kurzer Zeitabstände ein zentrales Thema in der Landnutzungsentwicklung.

Auch der Natur- und Landschaftsschutz genießen hohe Aufmerksamkeit in der Modellregion. Mit zwei Naturparks, 13 Landschaftsschutzgebieten und 48 Naturschutzgebieten sind diese Schutzfunktionen auch wirtschaftlich bedeutsam, da der naturnah orientierte Tourismus ein Schwerpunkt der regionalen Wertschöpfung ist.

4 Szenarien

Beiträge von: Ko, K1

Aussagen zur langfristigen Entwicklung der im Projekt NaLaMa-nT betrachteten „Treiber“ eines nachhaltigen Landmanagements, dem Klimawandel und der Globalisierung der Märkte, sind mit großen Unsicherheiten behaftet. Die Eintrittswahrscheinlichkeiten der verschiedenen Klimaprojektionen lassen sich ebenso wenig abschätzen wie die Entwicklungen auf den Weltmärkten. Dazu fehlen einerseits belastbare Informationen zur Entwicklung der anthropogen verursachten Einflussfaktoren des Klimawandels (z. B. Kohlendioxidemissionen) oder anderer klimabeeinflussender Faktoren, wie zum Beispiel von Vulkanausbrüchen oder Veränderungen der Solarkonstanten. Andererseits sind Vorhersagen zu der Entwicklung der Weltmärkte ebenfalls unsicher, da hier neben der regional unterschiedlichen Entwicklung der Weltbevölkerung und den sich daraus ergebenden Ansprüchen an die Landnutzung auch die damit oft in Wechselwirkungen stehenden jeweiligen Wirtschaftspolitiken eine wesentliche Rolle spielen.

Um unter diesen Gegebenheiten dennoch die Folgen möglicher Entwicklungen abschätzen zu können, bietet sich die Entwicklung von Szenarien an. Dabei versteht man unter einem Szenario einen unter bestimmten Vorgaben definierten oder ausgerechneten Entwurf einer Situation oder einer zu erwartenden Entwicklung. Ein Szenario gibt insofern immer eine „Wenn-Dann-Situation“ wieder, d. h. unter bestimmten plausiblen Annahmen („wenn“...) habe ich mit diesen oder jenen Folgen zu rechnen („dann“...).

Im Projekt NaLaMa-nT wurden als Treiber der Entwicklung (Klima, Märkte) bereits dokumentierte Szenarien gewählt bzw. im Hinblick auf denkbare Ausrichtungen der Land- und Forstwirtschaft eigens gebildet. Bei letzteren Szenarien handelt es sich im engeren Sinne um Handlungsstrategien, die in Abgrenzung zu den anderen Szenarien nachfolgend als „Entwicklungspfade“ der Landnutzung bezeichnet werden.

Mit den in NaLaMa-nT verwendeten Szenarien wurden einerseits die oben genannten Unsicherheiten bei der Fortschreibung der heutigen Landnutzung angemessen bedacht und andererseits die Auswirkungen bestimmter unterschiedlicher gesellschaftlicher Anforderungen kontrastierend gegenübergestellt. Dabei muss an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass diese Szenarien nicht als Prognosen (d. h. Eintritt von Umweltzuständen mit einer damit verbundenen Eintrittswahrscheinlichkeit) zu verstehen sind, sondern durchaus plausible, d. h. mit einer gewissen Berechtigung zu erwartende, unterschiedliche zukünftige Entwicklungen darstellen, mit denen auf die ursächlichen Zusammenhänge und ggf. daraus resultierende Entscheidungsmomente aufmerksam gemacht werden soll.

Innerhalb der Fördermaßnahme „Nachhaltiges Landmanagement“ wurde zwischen den Verbundprojekten CC-LandStraD und NaLaMa-nT eine Einigung hinsichtlich der zu verwendenden Modelle für die Marktszenarien der Land- und Forstwirtschaft erzielt. Es wurde jeweils ein sektorales Marktszenario für alle Entwicklungspfade des betroffenen Sektors verwendet und dabei vereinfachend unterstellt, dass die veränderte Landnutzung im Untersuchungsgebiet keinen Einfluss auf die Preisentwicklung land- und forstwirtschaftlicher Produkte hat. Somit erfolgt keine Rückkopplung zwischen Landnutzung und Preisprognose (komparativ-statischer Ansatz). In den nachfolgenden Kapiteln werden die ausgewählten Klima- und Marktszenarien sowie die Entwicklungspfade genauer dargestellt.

4.1 Klimaszenarien

Beiträge von: K1, Ko

Für die Beschreibung möglicher Klimaentwicklungen wurden die durch den IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) veröffentlichten Klimaszenarien verwendet (IPCC 2011). Sie werden als Representative Concentration Pathways bzw. RCP 8.5, RCP 6, RCP 4.5 und RCP 3-PD bezeichnet. Dabei gibt die weitere Kennzeichnung durch die Ziffern an, welche zusätzliche Energie (in Watt/m^2) maximal durch den zusätzlichen Treibhauseffekt in die bodennahe Atmosphäre eingebracht wird (s. Abb. 14).

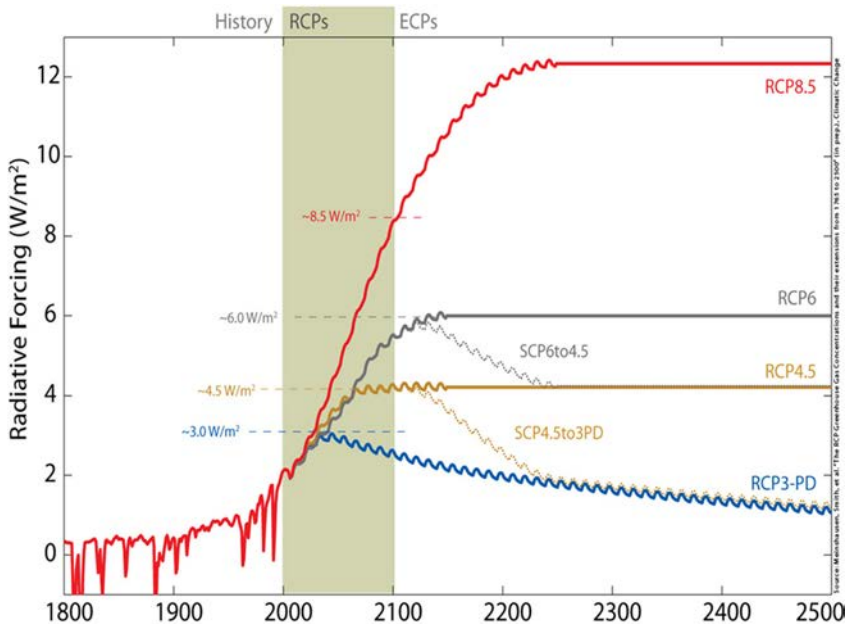


Abbildung 14: Übersicht zu den RCP-Szenarien (nach MEINSHAUSEN et al. 2011)

Zur Abschätzung der klimabedingten zukünftigen Entwicklung der Landnutzung im Rahmen des Projektes NaLaMa-nT wurden die zukünftigen Veränderungen des Klimas mit Hilfe des RCP-Szenarios 8.5 beschrieben. Dieses Szenario wurde gewählt, da die innerhalb des Zeitraums 1991 bis 2005 für das Szenario angenommene CO₂-Entwicklung einen sehr ähnlichen Verlauf zeigt, wie die tatsächlich beobachteten CO₂-Emissionen (s. Abb. 15). Tatsächlich liegen die beobachteten Werte sogar etwas über denen des Szenarios RCP 8.5. Die Werte für die Szenarien RCP 3.0-PD, RCP 4.5 und RCP 6.0 liegen in diesem Zeitraum deutlich unterhalb der beobachteten Emission. Das heißt, dass das vom IPCC als extrem eingestufte Szenario unter der Maßgabe, dass der Trend der beobachteten CO₂-Emissionen weiter erhalten bleibt, bereits von der Realität eingeholt bzw. überholt wurde, also eine mögliche Zukunft darstellt, obwohl aus heutiger Sicht über die Wahrscheinlichkeit der RCP-Szenarien keine belastbaren Aussagen getroffen werden können. Die Ergebnisse der Szenariorechnungen für den Zeitraum 2011-2070 stellen folglich keine Vorhersage im üblichen Sinn dar, sondern unter den gegebenen Randbedingungen lediglich eine mögliche, wenn auch nicht unwahrscheinliche, Zukunft.

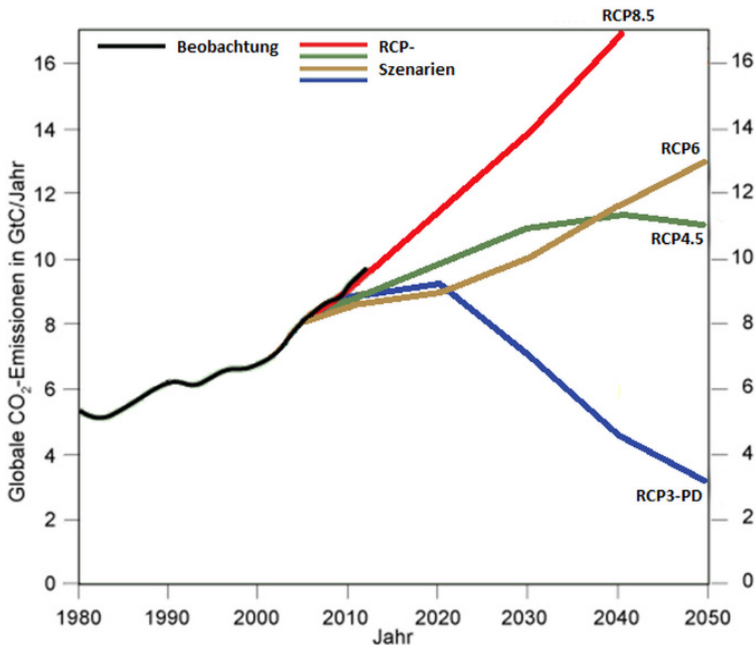


Abbildung 15: Beobachtete und entsprechend den RCP-Szenarien vorgegebene jährliche globale CO₂-Emissionen (verändert nach PETERS et al. 2013)

Im Projekt wurden zunächst auf Grundlage des RCP 8.5-Szenarios des globalen Klimamodells ECHAM6-OM (Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg, siehe JUNGCLAUS et al. 2010, STEVENS et al. 2013) mit dem regionalen Klimamodell STAR (ORLOWSKY et al. 2008) Klimaprojektionen für ganz Deutschland erstellt

(Stationsnetz des Deutschen Wetterdienstes und 10 x 10 km Gitter). Für die STAR-Simulationen wurde die aus drei Läufen des globalen Klimamodells gemittelte Temperaturänderung verwendet und nachfolgend je 1.000 Realisierungen für je eine Klimastation des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in den vier Untersuchungsregionen (Diepholz (Stations-ID: 15013), Uelzen (16014), Wittenberg (22011) und Lindenberg (18002)) gerechnet. Von diesen Realisierungen wurden 100 auf der Basis der Trends der Jahreswerte der Klimatischen Wasserbilanz (nach Penman-Monteith, siehe PENMAN 1948 und MONTEITH 1965) ausgewählt, von denen wiederum die 5 %-, 50 %- und 95 %-Quantile bestimmt wurden.

Da die nachfolgenden Auswertungen ergaben, dass die gewählten Quantilläufe keinen befriedigenden Korridor möglicher klimatischer Entwicklungen abbildeten, wurde in einem zweiten Schritt die „Medianrealisierungen“ von drei Globalmodellen statt der Quantile eines Globalmodells als Antrieb verwendet. Die drei Globalmodelle wurden aus einer Gruppe von 21 Globalmodellen ausgewählt (s. Abb. 16).

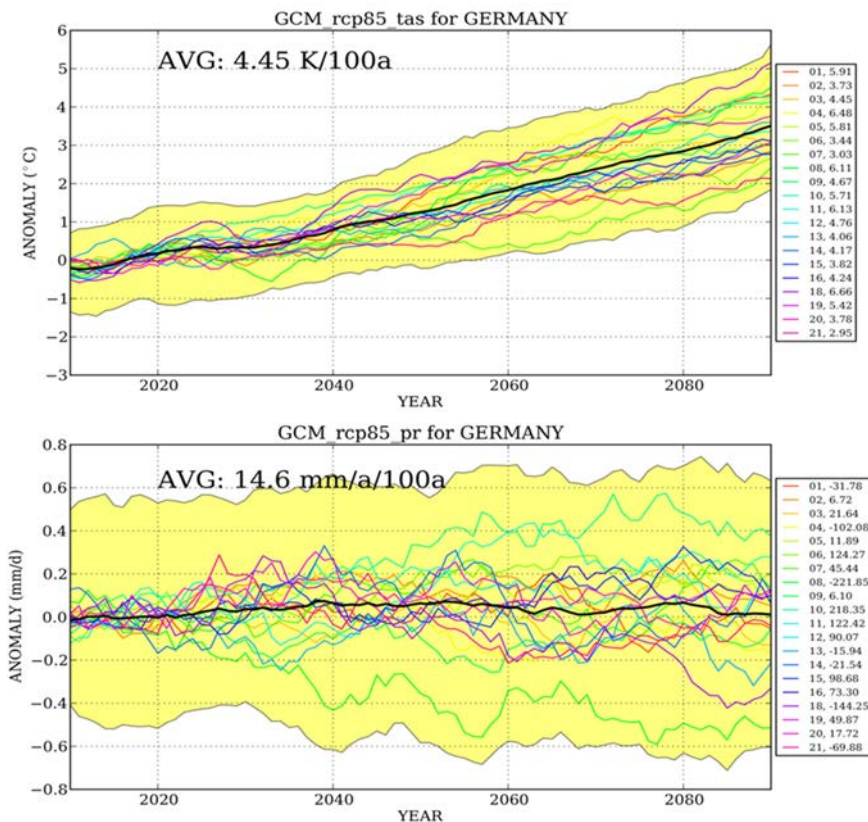


Abbildung 16: Jahresmittel der Lufttemperatur (oben) und Jabrsumme des Niederschlags (unten) von 21 globalen Klimamodellen auf Basis des RCP 8.5 als geglättete Abweichungen von aktuellen Mittelwerten; gelb: Schwankungsbreite der einzelnen Jahreswerte (HOFFMANN 2014)

Sie liefern jeweils einen Temperaturgradienten (t_{min} , t_{med} und t_{max}) für die Regionalisierung mit dem Modell STARS, einer Weiterentwicklung des statistischen Regionalmodells STAR (vgl. ORLOWSKY et al. 2008). Für jeden der drei Läufe wurden jeweils 100 Realisierungen gerechnet, um daraus – nach dem Trend der Klimatischen Wasserbilanz sortiert – die Median-Realisierungen zu ermitteln.

Die bereitgestellten und von den Projektpartnern verwendeten Klimaszenarien basieren nun auf folgenden Beobachtungsdaten und globalen Klimamodellen:

- szen_beo: Reanalyse der Beobachtungsdaten
- szen_min: Modell INM-CM4 des Institutes of Numerical Mathematics, Russian Academy of Sciences (INM)
- szen_med: Modell ECHAM6 des Max-Planck-Institutes Hamburg (Mittel der 3 Läufe)
- szen_max: Modell ACCESS1.0 der Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation und des Bureau of Meteorology (CSIRO-BOM)

Für die Teilvorhaben F1 und W1b wurden die mit STARS regionalisierten Klimadaten für die Modellregionen nochmals auf ein 100 x 100 m-Gitter regionalisiert. Hierzu wurde ein kombiniertes Verfahren aus Inverse Distance Weighting und Höhenregressionen im Modellsystem WaSiM-ETH (SCHULLA u. JASPER 2007) verwendet.

4.2 Marktszenarien

Beiträge von: F6, L7, Ko

Landwirtschaftliche Marktszenarien werden im Allgemeinen erstellt, um die Auswirkungen unterschiedlicher Produktpreise in einem überschaubaren Zeitraum – meist bis zu 10 Jahre – darzustellen. Die im Projekt untersuchten Zeiträume gehen jedoch weit darüber hinaus und bieten viel Raum für Spekulationen, da die Nachfrage nach landwirtschaftlichen Gütern durch das globale Bevölkerungswachstum und die gleichzeitige Weiterentwicklung von Ernährungsgewohnheiten einem gewissen Wandel unterworfen ist und gleichzeitig das Angebot von vielen, teils gegenläufigen Entwicklungen in der Welt geprägt wird. Die Forstwirtschaft dagegen ist mit der Betrachtung langer Zeiträume vertraut. Da die Produktpalette mit der Anlage eines Waldbestandes auf lange Zeiträume festgelegt ist, unterliegt das Angebot einer geringeren Wandlungsfähigkeit. Gleichzeitig sind Kosten und Erlöse auf keinen Fall für diese Zeiträume vorherzusagen, sodass sich die Forstwirtschaft im Allgemeinen mit einer Fortschreibung dieser Daten begnügt. Nach unbefriedigenden Versuchen, die zukünftige Holzpreisentwicklung mit dem Modell DART (Dynamic Applied Regional Trade Model; Institut für Weltwirtschaft) zu simulieren, erfolgte die Bewertung der Waldentwicklungen auf Grundlage aktueller statischer Erlös- und Kosteninformationen.

Darüber hinaus unterscheidet sich die Vorgehensweise bei der Modellierung der Forst- und Landwirtschaft grundsätzlich. Im Forstbereich werden die Waldentwicklung und damit das anfallende Holz dynamisch für die nächsten 60 Jahre simuliert und ökonomisch bewertet. In der Landwirtschaft mit ihren vielen verschiedenen Produkten, Produktionsweisen, Standorten und Betriebstypen wäre dies zwar ebenfalls prinzipiell möglich, aber ungleich aufwendiger. Hier wurde daher für einen komparativ statischen Ansatz plädiert, sodass letztlich jeder Zeitscheibe ein Modelljahr zugeordnet wurde. Dabei wurde die zeitliche Mitte der jeweiligen Betrachtungsperioden gewählt und somit Modellrechnungen für 4 Zeitpunkte des Beobachtungszeitraumes 2010-2070 durchgeführt: 2010 (Referenzjahr), 2020, 2040 und 2060.

4.2.1 *Preismodell Forstwirtschaft*

Beitrag von: F6

Gemeinsam mit dem im Schwesterprojekt CC-LandStraD (Modul A) eingebundenen Thünen-Institut für internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie, Hamburg sowie dem in der Begleitforschung des Forschungsschwerpunktes (GLUES) eingebundenen Institut für Weltwirtschaft an der Christian-Albrechts-Universität Kiel³ wurde an der Abschätzung der Preisentwicklung forstlicher Produkte gearbeitet. Hierbei sollte das rekursiv-dynamische, allgemeine Gleichgewichtsmodell DART Verwendung finden. Die erzielten Ergebnisse wurden, auch nach einer weiteren Sonderauswertung, dem Informationsbedarf in den Projekten NaLaMa-nT und CC-LandStraD jedoch nicht gerecht. Zur Erzielung besserer Ergebnisse wäre eine sehr umfangreiche Adaption des hochkomplexen, schon seit den frühen 1990er-Jahren in steter Fortentwicklung befindlichen Modells notwendig gewesen. Eine solche Adaption hätte den Rahmen der verfügbaren Ressourcen gesprengt und voraussichtlich nicht bis zum Projektende abgeschlossen werden können.

Daher erfolgte die ökonomische Analyse der forstlichen Flächennutzung zur Abschätzung der jeweiligen (forst-)wirtschaftlichen Ausgangssituation sowie der zu erwartenden wirtschaftlichen Effekte alternativer Zukunftsszenarien komparativ-statisch auf einer hierfür erstellten Datenbasis aktueller Holzerlöse und Holzerntekosten. Eine Fortschreibung dieser Daten in die Zukunft erfolgte – in Einklang mit dem üblichen Vorgehen in der Waldbewertung – nicht.

³ Für die freundliche Unterstützung sei an dieser Stelle ausdrücklich gedankt.

4.2.2 Preismodell Landwirtschaft

Beitrag von: L7

Die ökonomische Modellierung für den Sektor Landwirtschaft erfolgte auf der Grundlage komparativ-statischer Szenarien. Die Preise für die verschiedenen Zeitpunkte basieren auf den Modellrechnungen des Thünen-Institutes bzw. der Universität Bonn mit dem Modell CAPRI (Institute for Food and Resource Economics, Universität Bonn). Dabei wurden die Preise für das Jahr 2030 auch den Jahren 2040 und 2060 zugeordnet.

Die Faktorpreise für die Ausgangssituation wurden auf der Basis der konkreten Produktionsverfahren und der dort hinterlegten Arbeitsgänge und Betriebsmittel mit Hilfe der Daten des „Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft“ (Betriebsmittel, KTBL 2010) ermittelt oder aus einschlägigen Publikationen zusammengestellt. Dabei stellte sich heraus, dass die so berechneten Produktionskosten die aus empirischen Stichproben bekannten Kosten um ca. 25 % überstiegen. Es wurden daher entsprechende Korrekturfaktoren angewandt, um die Kosten an die Praxis anzupassen und dennoch eine nach Standort und entsprechendem Aufwand differenzierte Kostenstruktur zu halten. Die Produktpreise für die Ausgangssituation (2010) wurden auf der Basis der Preise aus den Jahren 2007 bis 2010 ermittelt. In die Modellierung ging dann der Mittelwert dieser Produktpreise von 2007 bis 2009 ein, da dies auch in der Praxis die Planungsgrundlage für die Landwirte darstellt (BAUERNZEITUNG 2007, 2008, 2009).

Die Faktor- und die Produktpreise der Ausgangssituation wurden dann mit Hilfe der aus den CAPRI-Daten ermittelten Preissteigerungsfaktoren für die Folgejahre fortgeschrieben. Die entsprechenden Faktoren sind von den CAPRI Modellrechnungen (GÖMANN u. KREINS 2015, ADENÄUER 2015) vom Herbst 2014 abgeleitet und auf die Jahre 2020 (Preisfaktor 2020) sowie 2040 und 2060 (Preisfaktor 2030) angewendet worden (s. Tab. 10, Tab. 11 und Tab. 12). Das Fehlen eines Preisfaktors für einzelne Produkte weist darauf hin, dass diese nur als betriebsinterne Lieferung behandelt wurde.

Tabelle 10: Preisfaktoren für Vorleistungen

Typ	Preisfaktor 2020	Preisfaktor 2030
Betriebsmittel, Maschinen und Energie	1,21	1,46
Arbeit	1,1	1,22

Tabelle 11: *Preisfaktoren für Produkte im Ackerbau*

Kultur	Kürzel im Modell	Preisfaktor 2020	Preisfaktor 2030
Industriekartoffeln	KARi	1,13	1,27
Speisekartoffeln (10 % Futter)	KARs	1,13	1,27
Lupinen, blau; Ackerbohnen, Erbsen	LUP, ABO, FER	1,15	1,31
Luzerne, Silage	LUZ	-	-
Mulchen auf Ackerland	Mulch	-	-
Mulchen auf Dauergrünland	Mulch_g	-	-
Oelrettich - Zwischenfrucht	ORE	-	-
Braugerste	SGEb	0,86	1,09
Sommergerste	SGEf	0,86	1,09
Silomais	SMA	-	-
Futtergrasgemisch, Silage	SSS	-	-
Triticale	TRI	0,87	1,12
Wintergerste	WGE	0,86	1,09
Winterraps	WRA	1,01	1,23
Winterroggen	WRO	0,87	1,12
Winterweizen	WWE	0,86	1,15
Wickroggen - Zwischenfrucht	WWR	-	-
Zuckerrüben	ZRU	1,35	1,29

Tabelle 12: *Preisfaktoren für Produkte in der Tierhaltung*

Produkt	Kürzel im Modell	Preisfaktor 2020	Preisfaktor 2030
Rindfleisch	beef	1,02	1,45
Milch	milk	1,02	1,37
Schweinefleisch	pork	1,27	1,48

Die Struktur der Betriebe in den Regionen wurde auf Basis der Daten aus dem Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem (InVeKoS) ermittelt und in Betriebstypen zusammengefasst, die die Basis für die landwirtschaftlichen Modellrechnungen bildeten. Der Lohnansatz wurde nach Ost- und Westtarifen unterschieden, während bei den Flächenkosten für jede Region ein spezifischer Pachtpreis (s. Tab. 13) ermittelt wurde.

Tabelle 13: Flächenkosten in den Regionen und Lohnansatz

Region Name	Region ID	Pauschale Reduktion variable Kosten	Landpreis Kauf (€/ha)	Landpreis Pacht (€/ha)	Prod. Std./Person (h/a)	Lohnansatz Produktion (€/h)	Lohnansatz Management (€/h)
Diepholz	251	25 %	21.279,67	933,57	1.617	14,60	25
Uelzen	360	25 %	12.731,33	558,54	1.617	14,60	25
Fläming	69	25 %	4.047,00	177,55	1.669	12,70	23
Oder-Spree	67	25 %	4.189,00	183,78	1.669	12,70	23

(BMEL 2015a, 2015b, HANS-BÖCKLER-STIFTUNG 2015, TK 2013, BODENMARKT EXKLUSIV 2009-2013, BODENMARKT EXKLUSIV 2005, 2007, 2009, 2010, 2013)

4.3 Entwicklungspfade der Landnutzung

Beiträge von: Ko, L3

Ausgehend vom derzeitigen Ausgangszustand („Status quo“) wurden für die Simulation der land- und forstwirtschaftlichen Entwicklung bis zum Jahr 2070 drei kontrastierende Entwicklungspfade beschrieben. Der Referenzpfad bildet die Basis („Baseline“, „Business-as-usual“), gegen den die beiden Pfade „Biodiversität“ und „Klimaschutz“ kontrastierend dargestellt werden (s. Abb. 17).



Abbildung 17: Die Entwicklungspfade der Landnutzung im Projekt NaLaMa-nT

Der Referenzpfad soll die Weiterentwicklung der derzeitigen ertragsorientierten Land- und Forstwirtschaft abbilden. Dagegen werden beim Entwicklungspfad „Biodiversität“ naturschutzfachliche Anforderungen stärker, z. T. vorrangig berücksichtigt. Beim Entwicklungspfad „Klimaschutz“ wird eine Landnutzung unterstellt, welche vorrangig die Emission von Treibhausgasen deutlich reduzieren soll.

Die Entwicklungspfade wurden als Szenarien bewusst so formuliert, dass sich ihre Kernaspekte jeweils deutlich voneinander unterscheiden. Ihre stringente und konsequente Ausarbeitung sollte neue Zusammenhänge offenlegen und mögliche ökonomische, ökologische und soziale Konsequenzen aufzeigen. Weiterhin skizzieren sie innerhalb des Verbundprojektes einen Rahmen, der für alle Teilprojekte verbindlich war. Lösungen für die praktische Umsetzung bzw. politische Durchsetzung der Entwicklungspfade wurden nicht erarbeitet.

Bei dem Vergleich der Entwicklungspfade zwischen den Sektoren ist zu beachten, dass sich die Herangehensweise in der forst- und landwirtschaftlichen Modellierung unterscheidet. In der Forstwirtschaft wurden dynamische Modelle verwendet, die das Wachstum und das Management der Waldbestände fortlaufend für die gesamte betrachtete Periode simulieren. Das heißt, die Modelle wurden einmal initialisiert und simulierten dann den gesamten Zeitraum. Die Ergebnisse konnten dann für die jeweiligen Zeitscheiben aggregiert werden. Die forstlichen Entwicklungspfade sind durch unterschiedliche waldbauliche und naturschutzfachliche Vorgaben charakterisiert, welche im Modell den Simulationslauf beeinflussen (s. Tab. 14). Eine Differenzierung nach Waldbesitzarten erfolgt in der waldbaulichen Behandlung nicht.

In der Landwirtschaft wurde dagegen ein komparativ-statischer Ansatz verwendet. In dem Modell wird die ökonomisch optimale Ressourcenallokation für das betrachtete Jahr ermittelt, d. h. die mittleren Anbauanteile und Tierzahlen unter gegebenen Bedingungen. Die Anbauanteile sind typisch für einen bestimmten Betriebs- und Schlagtyp und mussten im Nachgang für ökologische Analysen noch als Fruchtfolge interpretiert werden. Für jeden Simulationslauf musste das Modell neu initialisiert und die Anbauverfahren für jede Kultur und Managementvariante unter der Annahme neu definiert werden, dass die Klimaänderungen und die Entwicklungspfade zu geänderten Verfahren führen.

Tabelle 14: Charakteristika der waldbaulichen Entwicklungspfade

	Referenz	Biodiversität	Klimaschutz
Prozessschutz	Status quo	5 % der Waldfläche	Status quo
FFH-Gebietskulisse	Fläche der LRT erhalten und ausbauen	LRT auf ganzer FFH-Fläche anstreben	Fläche der LRT erhalten
Totholz (fm/ha)	20	40	20
Habitatbäume (n/ha)	3	10	3
Schutz seltener BA	ja	nein	ja
Baumartenwahl	führendes Laubholz	naturnahe Waldgesellschaften (hpnV)	führendes Nadelholz
Verjüngung	NV und Voranbau von Lbh	Lbh-NV und Voranbau von Lbh	NV und Voranbau von Ndh
Pflege	gestaffelte Durchforstung: stark > mäßig > schwach	mäßige Durchforstung	gestaffelte Durchforstung: stark > mäßig > schwach
Durchforstungsbeginn Bestandesoberhöhe (m)	12-16	12-16	14-18
Durchforstungsmasse je Eingriff (Vfm/ha)	max. 70 Dgl max. 100	max. 50 Dgl max. 100	max. 70 Dgl max. 100
Zielstärke (cm)	Status quo (Ei 70, Bu 60, Fi 45, Ki 45, Dgl 70)	+5 cm bei hpnV, +10 cm in FFH-Gebieten, andere BA -5 cm, eingeführte BA -10 cm	-5 cm
Kritischer Kronenschlussgrad [-]	0,25-0,5	kein Fi 0,5 u. Dgl 0,4	0,4-0,6
Endnutzungsmasse je Eingriff (Vfm/ha)	max. 100 Dgl max. 120	max. 70 nicht pnV max. 100	max. 100 Dgl max. 120

BA = Baumarten, Bu = Buche, Dgl = Douglasie, Ei = Eiche, Fi = Fichte, hpnV = heutige potenziell natürliche Vegetation, Ki = Kiefer, Lbh = Laubholz, Ndh = Nadelholz, NV = Naturverjüngung, Vfm = Vorratsfestmeter mit Rinde

4.3.1 Referenz

4.3.1.1 Forstwirtschaft

Beitrag von: Ko

Der Entwicklungspfad „Referenz“ ist im Anhalt an die Grundsätze eines naturnahen Waldbaus definiert, wie er heute in zahlreichen öffentlichen und privaten Forstbetrieben verfolgt wird. Es wird dabei versucht, durch einen stabilen Waldaufbau und eine zielgerichtete Nutzung natürlicher Prozesse die grundsätzlich gleichrangigen Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes nachhaltig zu gewährleisten. Der naturnahe Waldbau ist insbesondere gekennzeichnet durch:

- eine standortgemäße Baumartenwahl,
- die Vermehrung von Laub- und Mischwäldern,
- die ökologische Zutraglichkeit eingeführter Baumarten,
- die Bevorzugung natürlicher Verjüngung,
- eine Nutzung der Bäume nach angestrebter Zielstärke,
- angemessene Habitatbaumzahlen und Totholzvorräte.

Die Baumartenwahl erfolgt auf standörtlicher Grundlage und unter Beachtung der jeweiligen waldbaulichen Ausgangssituation. Die standörtliche Zuordnung erfolgt mit Hilfe von Ökogrammen, in denen Baumarten und Mischungen verschiedenen Kombinationen von Nährstoff- und Wasserversorgung zugeordnet werden. Ab mittlerer Nährstoffversorgung werden Laubbaumarten und Mischbestandstypen mit führenden Laubbaumarten bevorzugt.

Die Bestände werden dem Wachstumsgang der beteiligten Baumarten entsprechend in abgestufter Intensität durchforstet. In der Jugend setzen die Durchforstungen ab einer Bestandesoberhöhe von 12-16 m mit starken Eingriffen ein. Die Nutzungsmengen je Durchforstung betragen je nach Baumart maximal 70 bis 100 Vorratsfestmeter (Vfm) je Hektar (bei 1-2 Eingriffen im Jahrzehnt). Mit zunehmendem Bestandesalter nimmt die Eingriffsstärke ab. Mit dem Erreichen der angestrebten Zielstärke beginnt die möglichst einzelstamm- oder gruppenweise Nutzung hiebsreifer Bäume. Dabei werden bei jeder einzelnen Erntemaßnahme nicht mehr als 100 Vfm/ha entnommen. Eine Räumung des hiebsreifen Altbestandes erfolgt erst dann, wenn – je nach Baumart – die durch die Altbäume überschirmte Fläche weniger als 25-50 % der Bestandesfläche beträgt (Kronenschlussgrad < 0,25-0,5).

In gewissem Umfang bleiben Flächen im Landeswald, die die wichtigsten Standorte und Waldgesellschaften repräsentieren,utzungsfrei (Naturwälder). Auf den bewirtschafteten Flächen wird zur Sicherung von Lebensräumen für Arten der Alters- und Zerfallsphase (Baumhöhlenbewohner, Insekten, Pilze, Moose, Flechten etc.) gezielt auf Nutzungen verzichtet, um Habitatbäume zu erhalten und Totholz in

den Beständen zu belassen. Zudem werden seltene Baumarten geschützt und gefördert. In Fauna-Flora-Habitat-Schutzgebieten (FFH) werden die Flächen der Lebensraumtypen (LRT) in einem guten Zustand erhalten und ggf. auch verbessert.

4.3.1.2 *Landwirtschaft*

Beiträge von: L3, Ko

Im landwirtschaftlichen Entwicklungspfad „Referenz“ werden die aktuellen Trends in den Modellregionen fortgeschrieben. Dabei werden plausible Funktionen verwendet, um aus der bisherigen Entwicklung landwirtschaftlicher Kennzahlen (landwirtschaftliche Nutzfläche, Ackerfläche, Anbaufläche bestimmter Feldfrüchte, Anzahl der Betriebe, Tierzahlen, Anzahl Biogasanlagen, Grad der Spezialisierung u. a. m.) bis 2030 zu extrapolieren. So wurde angenommen, dass der Zubau von Biogasanlagen nach der letzten Novellierung der Gesetzgebung zur Förderung von Biogasanlagen stoppte. Aufgrund der ansteigenden Unsicherheiten bei der Extrapolation zukünftiger Entwicklungen wurden die errechneten Daten (für 2030) dann bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes (2070) konstant gehalten (s. Tab. 15)

Die Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Fläche wird innerhalb der gesetzlichen Bestimmungen auf maximale Ernteerträge ausgerichtet. Hierbei gilt es zu beachten, dass sich der Status quo an den tatsächlichen Bedingungen der Landwirtschaft in den Regionen orientiert (Stickstoffbilanz), während ab Beginn der zweiten Zeitscheibe (2031) nach „Guter Fachlicher Praxis“ gearbeitet wird. Es wird somit angenommen, dass die gesetzlichen Regeln und Verordnungen eingehalten werden.

Gemäß den Vorgaben der EU-Leitlinien zur Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) 2014-2020 im Bereich des „Greening“ werden 5 % der Ackerflächen in der Modellierung als ökologische Vorrangflächen mit verminderter Produktionsintensität vorgesehen. Auf diesen Flächen wird weiterhin innerhalb der gesetzlichen Rahmenbedingungen (produktionsorientiert) gewirtschaftet, allerdings mit verminderter Intensität.

Tabelle 15: Regeln zur Fortschreibung des Status quo zur Bildung landwirtschaftlicher Entwicklungspfade

	Referenz	Biodiversität	Klimaschutz
Trends bis zur 1. Zeitscheibe (danach konstant)	Fortschreibung für Betriebsanzahl und -größe, Tierzahlen, Technik, Bioenergie etc.	dito	dito
Hauptziele der landwirtschaftlichen Produktion	max. Erträge im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen (GfP)	max. Erträge im Rahmen der gesetzl. Bestimmungen (GfP) <i>plus</i> max. Biodiversität auf ÖVF (regionalspezifisch)	Erträge innerhalb der Düngungsvorgaben (s. u.)
Ökologische Vorrangflächen (ÖVF)	3 % der LN („Greening“), extensive Produktion erlaubt	10-15 % der LN, nur zielorientierte Bewirtschaftung erlaubt (regionalspezifisch)	3 % der LN („Greening“), extensive Produktion erlaubt
Fruchtarten, Fruchtfolgen	Abnahme (2-4)	Zunahme (mind. 3-4), pflanzenbauliche Regeln für FF gelten	Zunahme (3-5), pflanzenbauliche Regeln für FF gelten
Düngung	2010: Status quo weitere Zeitscheiben: Einhaltung bestehender Gesetze	auf Produktionsflächen wie bei der „Referenz“ (ohne offsite-Effekte)	optimierte Ausbringung, keine N-Bilanzüberschüsse, Nährstoffe aus Tierhaltung flächengebunden
Bewirtschaftung der Produktionsflächen	Status quo	Status quo + Blühangebot, Zwischenfrüchte, längere Stoppelzeiten, mehrjährige Ackerkulturen, mehr Feuchtgrünland, regionalspezifischer Anteil an KUP	Status quo + regional-spez. Wiedervernäsung von Mooren mit entspr. Bewirtschaftung. Keine weitere Ausdehnung des Energiepflanzenanbaus
Tierhaltung	Fortschreibung	Extensivierung	Extensivierung, optimierte Fütterung, Luftaufbereitung
bestehende Naturschutzgebiete	unangetastet	dito	dito
Ökolandbau	nicht berücksichtigt	nicht berücksichtigt	nicht berücksichtigt

FF = Fruchtfolgen, GfP = Gute fachliche Praxis, LN = Landwirtschaftliche Nutzfläche, KUP = Kurzumtriebsplantage

4.3.2 Biodiversität

4.3.2.1 Forstwirtschaft

Beitrag von: Ko

Der Entwicklungspfad „Biodiversität“ orientiert sich an den Zielen der Biodiversitätsstrategie der Bundesregierung (BMU 2007). Er beschreibt eine Waldwirtschaft, bei der sich die Baumartenzusammensetzung der Bestände stark an den natürlichen Waldgesellschaften orientiert. Die Lebensraumfunktion hat gegenüber den anderen Waldfunktionen eindeutig Vorrang. Hieraus ergeben sich folgende qualitativen Ziele:

- Die Erhaltung und Entwicklung natürlicher und naturnaher Waldgesellschaften durch Bevorzugung der Baumarten der heutigen potenziell natürlichen Vegetation und das Zurückdrängen des Anteils anderer Baumarten,
- die Bevorzugung natürlicher Laubbaumverjüngung,
- eine Nutzung der Bäume mit hohen Zielstärken,
- eine hohe Vorratshaltung,
- zahlreiche Habitatbäume und viel Totholz,
- auf 5 % der Waldfläche Verzicht auf Nutzungen,
- Verbesserung der Erhaltungszustände in den FFH-Gebieten.

Die Baumartenwahl orientiert sich an der heutigen potenziell natürlichen Vegetation (hpnV) auf den jeweiligen Standorten in den Regionen. Es werden daher bevorzugt die Baumarten der hpnV gepflanzt bzw. natürlich verjüngt, um so möglichst naturnahe Waldökosysteme zu begründen bzw. zu erhalten. Da Nadelbaumarten nur in wenigen Waldgesellschaften des Tieflandes natürlich vorkommen, werden sie bei diesem Entwicklungspfad – mit Ausnahme der Kiefer – grundsätzlich nicht als führende Baumart verjüngt.

Die bereits heute hinsichtlich ihrer Baumartenzusammensetzung natürlichen oder naturnahen Bestände werden in allen Entwicklungsphasen nur mäßig stark durchforstet. Die Durchforstungen setzen bei Bestandesoberhöhen von 12-16 m ein (s. Tab. 14). Je Eingriff werden maximal 50 Vorratsfestmeter je Hektar entnommen. Durch diese Vorgehensweise wird die Selbstdifferenzierung der Bestände nur wenig gesteuert und der Kronenschluss bleibt weitgehend dicht. Gleichzeitig begünstigt dieses Vorgehen in allen Waldentwicklungsphasen Schattbaumarten wie die Buche, während Lichtbaumarten benachteiligt werden. Eine andere Waldbehandlung erfahren Reinbestände mit Baumarten, die nicht zur hpnV gehören. Sie werden stark durchforstet, um sie schnell in die Hiebsreife zu führen und die Umwandlung zu beschleunigen. In Mischbeständen werden diese Baumarten gegenüber den Baumarten der hpnV zurückgedrängt. Die Zielstärken der hpnV-Baumarten liegen 5 cm über den entsprechenden Werten des Entwicklungspfades „Referenz“, in FFH-

Gebieten 10 cm über diesen Werten. Dementsprechend verlängern sich die Produktionszeiträume und die durchschnittlichen Vorratshaltungen erhöhen sich. Bei den Baumarten, die nicht zur hpnV gehören, werden die Zielstärken des Entwicklungspfades „Referenz“ verwendet und für eingeführte Baumarten (z. B. Douglasie, Rot-eiche oder Japanlärche) um 10 cm gegenüber der Referenz reduziert. Bei fortgeschrittener Zielstärkennutzung erfolgt grundsätzlich keine Räumung bei Eiche, Buche und Kiefer, während sie bei Fichtenbeständen ab einem Kronenschlussgrad kleiner 0,5 und bei Douglasienbeständen ab Kronenschlussgrad kleiner 0,4 vorgesehen ist. Durch die langen Nutzungszeiträume soll eine natürliche Verjüngung der hpnV-Baumarten gesichert und eine starke horizontale und vertikale Strukturierung der Bestände gefördert werden, während die Bestände mit anderen Baumarten schnell umgebaut werden.

Der Anteil der nutzungsfreien Wälder wird auf 5 % der gesamten Waldfläche in der Region angehoben. Er konzentriert sich auf den Landeswald und soll die wichtigsten Standorte mit ihren natürlichen Waldgesellschaften repräsentieren. Hinzu kommen die gesetzlich geschützten Sonderbiotope, die meist mit seltenen Waldgesellschaften bestockt sind. Auch auf den bewirtschafteten Waldflächen wird in einem höheren Maße auf Holznutzungen verzichtet, um vermehrt starke, alte Bäume sowie Totholz zu erhalten. Die Anzahl der Habitatbäume erhöht sich gegenüber dem Entwicklungspfad „Referenz“ auf durchschnittlich 10 Bäume je Hektar und es werden Totholzvorräte von 40 Festmeter je Hektar angestrebt. In FFH-Schutzgebieten wird die Gesamtfläche in Richtung der natürlich zu erwartenden Lebensraumtypen entwickelt bzw. die vorhanden Flächen der Lebensraumtypen erhalten und ggf. verbessert.

4.3.2.2 Landwirtschaft

Beiträge von: L3, Ko

Im Biodiversitätspfad wurde angenommen, dass 10 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche „dunkelgrün“ bewirtschaftet werden, d. h. unter Erfüllung naturschutzfachlicher Anforderungen, die über die normalen Greening-Ansprüche deutlich hinausgehen. Dies wurde gleichermaßen für Ackerflächen wie auch für Grünlandflächen unterstellt (s. Tab. 16).

Tabelle 16: Ackerfläche sowie „dunkelgrün“ bewirtschaftete landwirtschaftliche Flächen nach Regionen

Region	Ackerfläche [ha]	dgÖVF [ha]	dgÖVF /Ackerfläche [%]
Diepholz	160.646	16.128	10,04
Uelzen	93.949	9.320	9,92
Fläming	104.532	10.495	10,04
Oder-Spree	88.307	9.131	10,34

dgÖVF = dunkelgrüne ökologische Vorrangflächen

Die dunkelgrüne Bewirtschaftung, als Abgrenzung zum EU-Greening, von Ackerflächen beruht auf dem Konzept von BERGER u. PFEFFER (2011). Die Autoren haben 11 Managementtypen entwickelt, mit deren Hilfe fast alle wesentlichen Naturschutzziele auf Ackerland erreicht werden können. Die Managementtypen bestehen jeweils aus zwei bis vier unterschiedlichen Teilflächen mit spezifischer Bewirtschaftung (= Produktionsverfahren). Düngung und Pflanzenschutz ist auf diesen Flächen nicht vorgesehen. Die Wirkung der Managementtypen ist an bestimmte Standortvoraussetzungen gebunden. Die technische Umsetzung der Produktionsverfahren und deren Kosten sind bei BOGDAIN (2014) umfangreich beschrieben.

Unterschiedliche „Standorte“ haben unterschiedliche Qualitäten für den Naturschutz auf Ackerflächen. Nach BERGER u. PFEFFER (2014) wurden sie folgendermaßen gewichtet: Gewässerränder (Fließgewässer) in Ackerflächen > Südliche Waldränder in Ackerflächen > Arme Sandstandorte (Ertragsklasse 5) > Sonstige Standortsqualitäten (Ertragsklassen: EK2 bis EK4). Welche Managementtypen in den jeweiligen Untersuchungsregionen vorkommen und wo und mit welchem Flächenanteil sie anzusiedeln sind, hängt vom Potenzial der regional vorkommenden Standorte ab. Die Auswertung in den Modellregionen ergab die in der Tabelle 17 dargestellten regionalspezifischen „Standortspotenziale“.

Tabelle 17: *Regionalspezifische „Standortspotenziale“ hinsichtlich der Naturschutzqualität von Ackerflächen*

Parameter	Diepholz	Uelzen	Fläming	Oder-Spree
Fließgewässer in Ackerfl. [km/ha]	0,014	0,007	0,008	0,009
Südl. Waldränder an Acker [km/ha]	0,002	0,005	0,006	0,007
EK5 [ha] (Arme Sande, < 20 Bpkt)	15.034	46.283	5.355	10.016
EK4 [ha]	39.912	7.022	74.868	69.801
EK3 [ha]	54.107	34.433	18.344	8.490
EK2 [ha]	51.593	6.211	5.965	0

EK = Ertragsklasse, Bpkt = Bodenpunkte

4.3.3 Klimaschutz

4.3.3.1 Forstwirtschaft

Beitrag von: Ko

Der Entwicklungspfad „Klimaschutz“ beschreibt eine Waldwirtschaft, mit der eine möglichst hohe Kohlenstoffspeicherung im Wald (Boden und Bestand) sowie in (langlebigen) Holzprodukten erreicht werden soll. Damit geht eine Vermeidung

bzw. Verminderung von Treibhausgasemissionen durch die forstliche Bewirtschaftung einher. Die Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel tragen diesem Klimaschutzziel Rechnung. Sie sind gekennzeichnet durch:

- eine standortsgemäße Baumartenwahl,
- eine Vermehrung von Nadel- und Mischwäldern,
- einen verstärkten Anbau ökologisch zuträglicher, zuwachsstarker eingeführter Baumarten,
- die Bevorzugung natürlicher Nadelbaumverjüngung,
- einen gezielten Umbau leistungsschwacher Laubbaumbestände in leistungsstarke Bestände mit führendem Nadelholz,
- eine Absenkung der Zielstärken,
- eine flexible Wahl der Hiebsformen.

Die Baumartenwahl erfolgt ebenfalls auf standörtlicher Grundlage. Bei gleicher Eignung werden Waldentwicklungstypen mit führendem Nadelholz auf bis einschließlich der ziemlich gut nährstoffversorgten, kräftigen Standorte bevorzugt. Sie leisten aufgrund ihrer größeren Wuchsleistung und ihrer wesentlich umfangreicheren Verwendung zur Erzeugung langlebiger Holzprodukte (z. B. Bauholz) einen größeren Beitrag zur Kohlenstoffspeicherung als Laubbaumarten. Reine Laubbaumverjüngungen werden ggf. mit Nadelbäumen ergänzt und mattwüchsige Laubbaumbestände in wüchsigeren Nadelbaumbestände umgewandelt. Nadelholzzreinbestände mit Anteilen von 10 bis 20 % Begleitbaumarten sind dabei möglich.

Die Bestände werden vergleichbar dem Vorgehen bei dem Entwicklungspfad „Referenz“ in der Jugend stark und danach mäßig stark durchforstet. Hierdurch wird nicht nur die Einzelbaumstabilität in der Jugend gefördert, sondern auch in späteren Entwicklungsphasen das Stützgefüge der Bestände erhalten. Dies hilft Kalamitäten zu vermeiden, welche die Kohlenstoffbilanzen belasten würden. Die Bestandespflege setzt in den Nadelholzbeständen schon mit Läuterungen im Oberhöhenbereich von 8 bis 10 m ein. Anschließend werden die Bestände bei Oberhöhen von 14 bis 18 m erstmalig durchforstet (s. Tab. 14). Die Nutzungsmassen je Eingriff liegen baumartenabhängig bei maximal 70 bis 100 Vorratsfestmeter je Hektar. Mit zunehmendem Bestandesalter sinkt dann die Eingriffsstärke und die Eingriffsintervalle vergrößern sich. Mit Erreichen der Zielstärke beginnt die zunächst einzelstamm- oder gruppenweise Nutzung hiebsreifer Bäume mit Mengen von höchstens 100 Vfm/ha je Eingriff. Die jeweiligen Zielstärken der Baumarten liegen jeweils 5 cm unter den angestrebten Zielstärken des Entwicklungspfad „Referenz“. Die Flächen werden geräumt, sobald – je nach Baumart – die durch die Altbäume überschirmte Fläche weniger als 40-50 % der Bestandesfläche beträgt (Kronenschlussgrad < 0,4-0,5).

Bereits ausgewiesene nutzungsfreie Wälder bleiben weiterhin unbewirtschaftet. Im Wirtschaftswald werden wie beim Entwicklungspfad „Referenz“ durchschnittlich 3 Habitatbäume je Hektar dauerhaft aus der Nutzung genommen und ein Totholzvorrat von 20 Festmetern je Hektar angestrebt. Seltene Baumarten werden ebenfalls erhalten und gefördert. In ausgewiesenen FFH-Schutzgebieten werden die Flächen der Lebensraumtypen den gesetzlichen Vorgaben entsprechend in einem guten Zustand erhalten.

4.3.3.2 *Landwirtschaft*

Beiträge von: L3, Ko

Auch beim landwirtschaftlichen Entwicklungspfad „Klimaschutz“ ist es das Ziel, den Ausstoß an klimarelevanten Gasen in der Landwirtschaft zu reduzieren. Dieses Ziel wird hier im Wesentlichen durch zwei Maßnahmen erreicht:

- Einsparung von mineralischem Stickstoff im Ackerbau durch den flächenrelevanten Anbau von Leguminosen und
- Umwandlung von Acker in Grünland auf hydromorphen Böden inklusive Anheben des Wasserstandes und extensive Bewirtschaftung.

Einsparung von mineralischem Stickstoff im Ackerbau

Ein erheblicher Teil der Treibhausgasemissionen (THG) aus der Landwirtschaft stammen aus der Produktion und dem Einsatz von mineralischem Stickstoffdünger (z. B. Kalkammonsalpeter, Harnstoff). Ziel im Klimaschutzpfad ist es, die Emission von THG möglichst weit zu reduzieren. Dies wird erreicht, indem der Einsatz von mineralischem Stickstoff im Durchschnitt der Region reduziert wird. Insofern wurde in jeder Modellregion auf 20 % der Fläche statt der üblichen Hauptfrüchte der Anbau von Körnerleguminosen bzw. Futterleguminosen unterstellt. Diese Leguminosen müssen nicht mit Stickstoff gedüngt werden und es lassen sich somit 20 % der mineralischen Stickstoffdüngermenge einsparen. Insgesamt wurden für den Klimaschutzpfad folgende Annahmen getroffen:

- Auf 20 % der Ackerflächen werden Körner- und Futterleguminosen angebaut und abgefahren. Die anfallende Biomasse und die in ihr enthaltenen Nährstoffe verbleiben somit nicht auf der Fläche. Die Leguminosen verdrängen auf dieser Fläche die dort bisher angebauten Verkaufsfrüchte.
- Körnerleguminosen werden als Körner und Futterleguminosen als Substrat an Biogasanlagen verkauft.
- Stoppel- und Wurzelreste der Körner- und Futterleguminosen werden in der N-Bilanz nicht berücksichtigt.

- Der Einfluss der Leguminosen auf das Gesamtsystem wird nicht explizit quantifiziert. Ihre unterstellte Wirkung besteht in einem stabilisierenden Einfluss auf das gesamte Anbausystem (Wurzelkrankheiten, Fruchtfolgekrankheiten, Humusbilanz, Regeneration der Bodenstruktur nach Zuckerrüben- und Kartoffelerntekampagnen, höhere N- und Wassereffizienz). Sie tragen somit zu einer nachhaltigen Bewirtschaftung auf regionaler Ebene bei.
- In den Regionen Diepholz und Uelzen wird als Leguminose ausschließlich Luzerne angebaut. In diesen beiden Regionen betragen Sommerfrüchte bereits 50 %, eine weitere Ausdehnung der Sommerungen durch Körnerleguminosen wäre aus pflanzenbaulicher Sicht kontraproduktiv.
- In den Regionen Fläming und Oder-Spree werden ausschließlich Körnerlupinen angebaut, die für die hier vorherrschenden Standorte gut geeignet sind. Zudem erweitern sie die Palette an Sommerfrüchten, was in der Region aus pflanzenbaulicher Sicht sehr zu begrüßen ist.
- Die Substitution von importiertem Eiweiß in den Betrieben für die Fütterung durch Körner- und Futterleguminosen wird nicht berücksichtigt. Der Anbau von Leguminosen hat somit keinen Einfluss auf den Anfall von organischem Stickstoff aus der Tierhaltung.

Neben der Substitution des mineralischen Stickstoffs hat der Leguminosenanbau eine Reihe von Vorteilen: So erweitert der Leguminosenanbau unter anderem das Anbauspektrum, lockert die etablierten Fruchtfolgen auf, unterbricht Infektionsketten bei Krankheitserregern und erhält und steigert die Leistungsfähigkeit von Anbausystemen durch Boden und Gewässer schützende Mulch- und Direktsaatverfahren. Darüber hinaus werden Arbeitsspitzen in der Produktionskette abgeflacht und es kommt zu einer deutlichen Risikoverteilung durch eine Diversifikation der Anbaufrüchte. Ein erhöhter Anbauanteil von Eiweißpflanzen entspricht der Eiweißstrategie der Bundesregierung (BMELV 2012b). Zudem bringt er Vorteile beim Greening, da Eiweißpflanzen (Lupine) in Reinsaat beim Greening mit dem Faktor 0,7 berücksichtigt werden können, wodurch keine zusätzlichen Greeningflächen angelegt werden müssen.

Die nach aktuellem Kenntnisstand anfallende Gülle in den Modellregionen kann ohne Probleme auch auf einer 20 % geringeren Ackerfläche untergebracht werden. Reduziert man die für Wirtschaftsdünger taugliche Fläche (im Sinne der Düngeverordnung (DüV) ohne Brache (BMELV 2012a)) der tierhaltenden Betriebe um die Leguminosenfläche von 20 %, fallen z. B. in Diepholz 145 kg N/ha ($\sim 30 \text{ m}^3$) und in Uelzen 136 kg N/ha an. Die aktuell in der DüV vorgegebene Obergrenze liegt bei 170 kg N/ha und kann auf Antrag für ertragsstarkes Grünland auf 230 kg N/ha angehoben werden. Bei der nächsten Novelle der DüV wird eine Derogation (Anheben der Obergrenze von 170 kg N/ha auf 230 kg N/ha) auch für ertragsstarke Futterpflanzen auf dem Acker (Silomais) angestrebt. In den Regionen Fläming und

Oder-Spree spielt Wirtschaftsdünger, aufgrund der geringen Tierhaltung, ohnehin eine zu vernachlässigende Rolle.

Umwandlung von Acker in Grünland

In einzelnen Modellregionen (hier insbesondere Diepholz) gibt es verbreitete Flächen unter Ackernutzung, die durch sehr hohe Humusgehalte im Oberboden und einen vor der Entwässerung hohen Grundwasserstand charakterisiert sind (ehemalige Niedermoore, Moore). Um auf diesen Flächen einen weiteren Humusabbau und die damit verbundene CO₂-Freisetzung zu verlangsamen, wird Ackernutzung in eine extensive Grünlandnutzung überführt, wobei gleichzeitig der Grundwasserspiegel deutlich angehoben wird. Es gelten dabei folgende Annahmen bzw. Vorgehensweisen:

- Umgewandelt werden Flächen, die eine Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF) von mindestens 9 und einen Humusgehalt von mindestens 30 % aufweisen.
- Eine Wiedervernässung wird durch Unterlassung der Pflege der Drainagegräben erzielt. Eine aktive Wiedervernässung wird nicht betrieben.
- Als Kompromiss zwischen klimaschonender Wirkung und Befahrbarkeit bzw. Beweidbarkeit der Flächen wird ein mittlerer Grundwasserspiegel von 20 cm unter der Geländeoberfläche festgelegt.

In die Berechnung der Bodenkundlichen Feuchtestufe fließen die Klimatische Wasserbilanz, die Klimagebiete und Bodengroßlandschaften, die Art der Nutzung, die Bodenart der repräsentativen „Leitprofile“ sowie deren Grundwasserstufe ein. Die Ableitung der BFK erfolgt in Anlehnung an das UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995). Bodeninformationen der „Leitprofile“ zu Lage, Fläche, Profilaufbau und Bodenart sind der BÜK1000N entnommen (BGR 2007, WALDMANN 2007, RICHTER et al. 2007). In der Region Diepholz betrifft demzufolge diese Maßnahme 13 % der bestehenden Ackerflächen, in der Region Uelzen 7 % und in den Regionen Fläming und Oder-Spree jeweils weniger als 1 %.

5 Modellkonzepte

Beitrag von: Ko

Die Beschreibung möglicher zukünftiger Entwicklungen in den Modellregionen erfolgte für den Zeitraum 1991 bis 2070. Dieser wurde in vier 20-jährige Zeitscheiben aufgegliedert (s. Abb. 19). Für jede Zeitscheibe wurde der Zustand der Modellregion mit Hilfe von Indikatoren eingeschätzt. Die erste Zeitscheibe bildet den Status quo und wurde überwiegend aus vorliegenden statistischen Daten beschrieben. Sie war die Grundlage der Modellierung der folgenden drei Zeitscheiben, welche unter Berücksichtigung der drei Entwicklungspfade sowie der Klima- und Marktszenarien erfolgte.

Die forst- und landwirtschaftlichen Entwicklungen wurden auf der Basis virtueller Modellbetriebe (Forstwirtschaft) bzw. Betriebstypen (Landwirtschaft) simuliert, die die standörtlichen Verhältnisse, Landnutzungsformen und Lebensräume (Gewässer, Moore etc.) in den Modellregionen repräsentieren und somit die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Modellregionen gewährleisten. Die Wirkung und Eignung der Entwicklungspfade (s. Kap. 4.3 ff) ließen sich dann anhand ihrer entsprechenden Werte zur Produktivität, Stabilität, Diversität und Rentabilität der Modellbetriebe bzw. der Betriebstypen ablesen.

Im Bereich der Wasserwirtschaft waren ausgewählte Wassereinzugs- oder Teileinzugsgebiete sowie rasterbasierte Modelle für die Modellregionen die Grundlage der Simulationen. Die Veränderungen des Gebietswasserhaushaltes wurden mit den Modellen SWAT (ARNOLD et al. 1998, 2011), WaSiM-ETH (SCHULLA u. JASPER 2007) und dem TUB-BGR-Verfahren (WESSOLEK et al. 2008) abgebildet, die des Bodens mit Wasser- und Stoffhaushaltsmodellen (u. a. WASMOD - REICHE 1995 oder HYDRUS-1D - HAUNERT 2017) nachvollzogen. Die Waldentwicklung wurde mit dem in das Programmsystem WaldPlaner integrierten Waldwachstumssimulator TreeGrOSS (HANSEN u. NAGEL 2014, NW-FVA 2011) regelbasiert fortgeschrieben und die landwirtschaftlichen Fruchtfolgen und Anbauverfahren mit den Modellen ROTOR (BACHINGER u. ZANDER 2007) bzw. dem Betriebsmodell MODAM (ZANDER u. KÄCHELE 1999) modelliert. Die Quantifizierung von Umweltwirkungen der landwirtschaftlichen Produktion erfolgte mit dem Modell REPRO (u. a. HÜLSBERGEN u. DIEPENBROCK 1997, HÜLSBERGEN et al. 2000, HÜLSBERGEN 2003a). Angetrieben wurden diese Modelle mit den regionalisierten Klimaprojektionen des RCP-Szenarios 8.5 (s. Kap. 4.1), den Ergebnissen eines Marktszenarios (s. Kap. 4.2 ff) sowie den Vorgaben der drei Entwicklungspfade (s. Kap. 4.3 ff).

Die Abbildung 18 veranschaulicht die Kombination der angewandten Modelle einschließlich der ausgewählten Klima- und Marktszenarien sowie die Entwicklungspfade der Landnutzung, welche die maßgeblichen Rahmenbedingungen der Modellierung setzen.

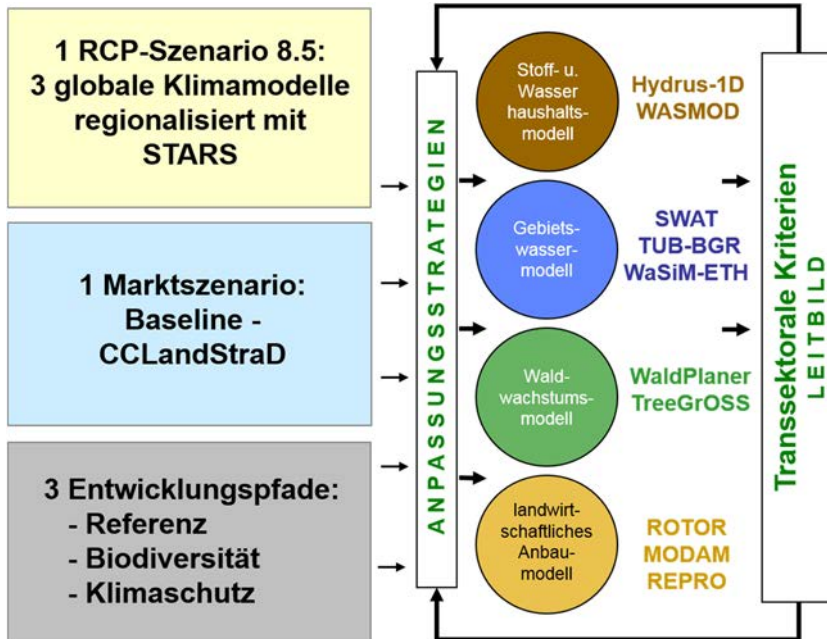


Abbildung 18: Modellsystem des Projektes NaLaMa-nT

Die eingesetzten Modelle verfolgen unterschiedliche Ansätze. Die Wasser- und Stoffhaushaltsmodelle laufen basierend auf weitgehend physikalischen und chemischen Prinzipien nach Parametrisierung und Kalibrierung getrieben von Eingangsdaten, wie zum Beispiel Tagestemperatur und Niederschlag, bis zu einem vorgegebenen Endzeitpunkt und erzeugen dabei kontinuierliche (transiente) Zeitreihen von Ausgabedaten. Wachstums- und Ertragsmodelle verwenden einen ähnlichen Modellansatz, jedoch vorwiegend auf empirischer Grundlage. Aufgrund der langsamen Entwicklung der Wälder, verwendet das Waldwachstumsmodell einen größeren Zeitschritt und liefert Ergebnisse in 5-Jahres-Schritten. Diese Modellklassen sind in Abbildung 19 als durchgezogene Pfeile symbolisiert.

Die ökonomischen Modelle verwenden einen komparativ-statischen Ansatz. Zu bestimmten, für die jeweilige Zeitscheibe repräsentativen Zeitpunkten werden Modellrechnungen mit den dann aktuellen Randbedingungen durchgeführt. Da die weitere landwirtschaftliche Modellierung der mit MODAM bestimmten Fruchtartenzusammensetzungen folgt und die Modellierung von Risiken für die Wald-

bestände auf die 5-jährigen Ergebnisse der Waldwachstumsmodellierung angewiesen ist, folgen sie ebenfalls dem komparativ-statistischen Ansatz. Diese Modelltypen sind in Abbildung 19 als Rauten gekennzeichnet.

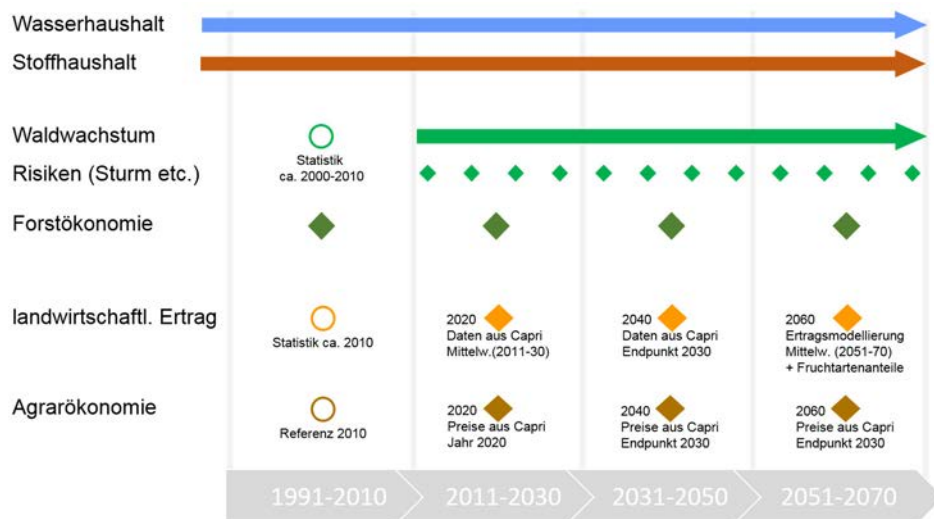


Abbildung 19: Zeitliche Koordination der Modelle (durchgehende Pfeile symbolisieren kontinuierliche Modelle, Rauten komparativ-statistische Modelle und Kreise die Beschreibung der Modellbetriebe aus statistischen Daten)

Ein wesentlicher Treiber der ökonomischen Modelle sind die schwer abschätzbaren Preisrelationen. Für die landwirtschaftliche Modellierung wurden die Ergebnisse des Marktmodells Capri verwendet, welches aber nur Prognosen bis zum Jahr 2030 liefert. Diese wurden in MODAM ebenfalls für die beiden letzten Zeitscheiben verwendet. In der forstökonomischen Modellierung wurde, in Ermangelung einer geeigneten Modellierung zukünftiger Preisrelationen, angenommen, dass sie sich nicht ändern.

5.1 Wasser- und Stoffhaushalt

Beiträge von: F1, W1a, W1b

Grundlage aller Wasserhaushaltsmodelle ist die Wasserhaushaltsgleichung (DIN 4049):

$$\text{Niederschlag} = \text{Verdunstung} + \text{Abfluss} \pm \text{Rückhalt.}$$

In Abhängigkeit des verwendeten Modellierungsansatzes wurden die Wasserhaushaltskomponenten in Teilkomponenten aufgegliedert, z. B. die Verdunstung bei Betrachtung der forstlich genutzten Flächen in Interzeption, Bodenevaporation und Transpiration, der Rückhalt in Schneespeicherung, Interzeptionsspeicherung und

Bodenrückhalt oder der Abfluss in Oberflächenabfluss und Grundwasserneubildung. Das Niederschlagswasser, das nach Abzug des Oberflächenabflusses in den Boden infiltriert, füllt zunächst den Bodenwasservorrat auf und steht dort der Vegetation zur Verfügung und unterliegt somit der Transpiration (BMU 2003). Wasser, das den Wurzelraum verlässt, bewegt sich der Schwerkraft folgend in Richtung Grundwasser und stellt die wichtigste Komponente der Grundwasserneubildung dar.

Die Sickerwasserrate ist sowohl bedeutsam für die Menge der Grundwasserneubildung, als auch für die qualitative Beschaffenheit des Grundwassers, da es als Transportmittel für die Verlagerung und Auswaschung von Nähr- und Schadstoffen aus dem Boden in das Grundwasser und den damit korrespondierenden Oberflächengewässern dient. Der Oberflächenabfluss stellt in den Untersuchungsgebieten nur einen geringen Anteil am Gesamtabfluss dar (JANKIEWICZ et al. 2005). Die Grundwasserneubildung wurde sowohl für die Flusseinzugsgebiete der Modellregionen mit dem Wasserhaushaltsmodell SWAT (ARNOLD et al. 1998, 2011) als auch für die forst- und landwirtschaftlichen Flächen mit dem Modell WaSiM-ETH (SCHULLA u. JASPER 2007) berechnet und landnutzungsübergreifend für die Regionen mit dem Modell WaSiM-ETH und dem TUB-BGR-Verfahren (WESSOLEK et al. 2009) ermittelt. Das TUB-BGR-Verfahren besteht aus landnutzungsabhängigen, nicht linearen, multiplen Regressionsgleichungen und wird gegenwärtig als Standardverfahren zur flächendeckenden Berechnung der Sickerwasserrate eingesetzt (MÜLLER u. WALDECK 2011). Es findet auch Anwendung bei der im „Hydrologischen Atlas von Deutschland“ vorgenommenen Abschätzung der Grundwasserneubildung für die gesamte Bundesrepublik Deutschland (BMU 2003, JANKIEWICZ et al. 2005).

Eine Übersicht der Koppelung der wasserwirtschaftlichen Modelle im Projekt und des Outputs an Indikatoren ist in Abbildung 20 zu sehen.

Zur flächendeckenden Berechnung der Grundwasserneubildungsraten für die vier untersuchten Modellregionen wurde das hydrologische Modell SWAT eingesetzt. Mit SWAT kann die Grundwasserneubildung nur innerhalb von (Teil-)Einzugsgebieten berechnet werden, nicht jedoch innerhalb administrativer Einheiten. Aus diesem Grund können die Ergebnisse von SWAT und dem TUB-BGR-Verfahren nur für das Ilmenau-Einzugsgebiet verglichen werden, da hier das Einzugsgebiet nahezu mit den Grenzen der Modellregion Uelzen übereinstimmt. Ein Vergleich der mit den Wasserhaushaltsmodellen WaSiM-ETH, SWAT und TUB-BGR für die Untersuchungsgebiete erzielten Ergebnisse ist bei FLECK et al. (2016) zu finden.

Die meteorologischen Reanalysedaten und Klimaprojektionen wurden für die Modellregionen als meteorologischer Antrieb verwendet. Die FAO-Grasreferenzverdunstung wurde über den Penman-Monteith-Ansatz berechnet (ALLEN et al. 1998). Die Bodendaten wurden aus den Bodenkarten und Leitprofilen der Bundesländer und länderübergreifender Kartenwerke gemäß der Methodendokumentation

Bodenkunde (AG BODEN 2000, 2010) und der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODEN 2005) abgeleitet. Für die Landnutzung wurde der CORINE-Datensatz von 2006 (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2013) verwendet. Die Konfiguration und Komposition der Landnutzung wurde, ebenso wie die physikalischen Bodeneigenschaften, über den gesamten Untersuchungszeitraum von 1991 bis 2070 als konstant angenommen.

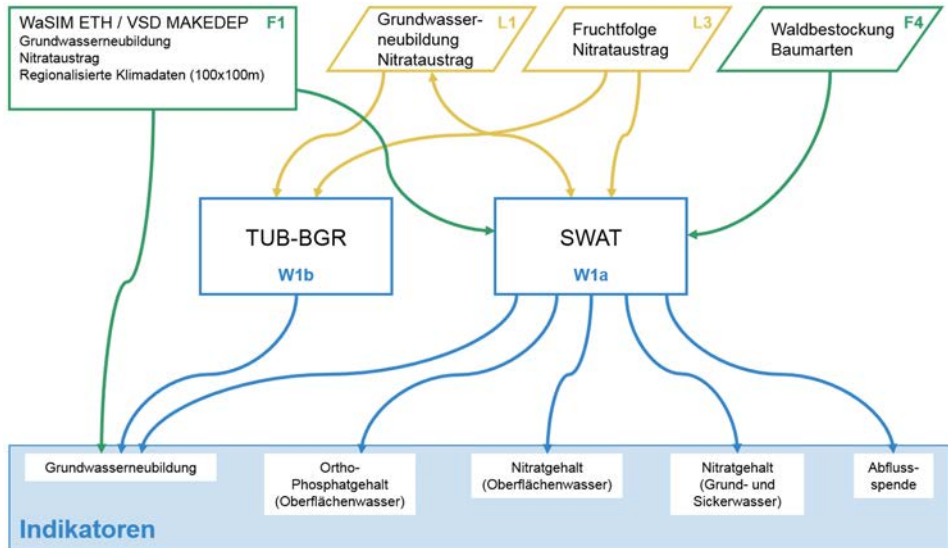


Abbildung 20: Koppelung der wasserwirtschaftlichen Modelle (forstliche (grün), landwirtschaftliche (gelb) und wasserwirtschaftliche (blau) Teilvorhaben; Abkürzungen der Teilvorhaben erläutert in Kap. 2.2)

5.2 Forstwirtschaft

5.2.1 Bildung der Modellbetriebe

Beiträge von: F4, Ko

Die Analyse und Simulation der Waldentwicklungen in den Modellregionen wurde in jeder Region anhand einer repräsentativen Stichprobe aus der Menge der Waldflächen mit Forsteinrichtungsinformationen durchgeführt (s. Abb. 21). Diese Stichproben bildeten die jeweiligen „forstlichen Modellbetriebe“.

Dabei wurde berücksichtigt, dass die Ziehung der Stichprobe aus einer Teilmenge der Grundgesamtheit aller Waldbestände zu einer Verzerrung (Bias) führen kann, wenn die Ausprägung der Forsteinrichtungsattribute in der Teilmenge von denen der Grundgesamtheit abweicht. Zudem ist der Stichprobenumfang unter anderem von der Homogenität der Bestandesmerkmale abhängig. Die aufwändige

Ermittlung der Streuung verschiedener Merkmale zur Bestimmung des Stichprobenumfangs wurde durch die Berechnung von Gewichtungsfaktoren umgangen. Diese ermöglichten die Berechnung von Flächenrepräsentationsfaktoren, die keine Verzerrung durch einen möglichen Bias in der Datenbasis und/oder durch einen unzureichenden Stichprobenumfang aufweisen.

Auf der Grundlage von 874 Stichprobenpunkten in Diepholz, 999 in Uelzen (s. Abb. 21), 1.011 im Fläming und 1.003 in Oder-Spree wurden die jeweiligen Modellbetriebe gebildet. Anschließend wurde mit dem im Softwaresystem WaldPlaner (HANSEN u. NAGEL 2014) implementierten Bestandesgenerator für jeden Stichprobenpunkt auf der Basis seiner Bestandesattribute (Baumart, Alter, Durchmesser des Grundflächenmittelstammes, Höhe des Grundflächenmittelstammes, Bonität, Flächenanteil, Bestockungsgrad und Volumen pro ha) ein jeweils 0,2 ha großer Modellbestand mit seinen Einzelbäumen generiert und auf das Jahr 2011 fortgeschrieben, weil die Forsteinrichtungsinformationen aus unterschiedlichen Erhebungsjahren stammten.

Auf dieser Grundlage wurden die Projektionen der Waldentwicklung unter den drei Entwicklungspfaden in den vier Modellregionen gerechnet.

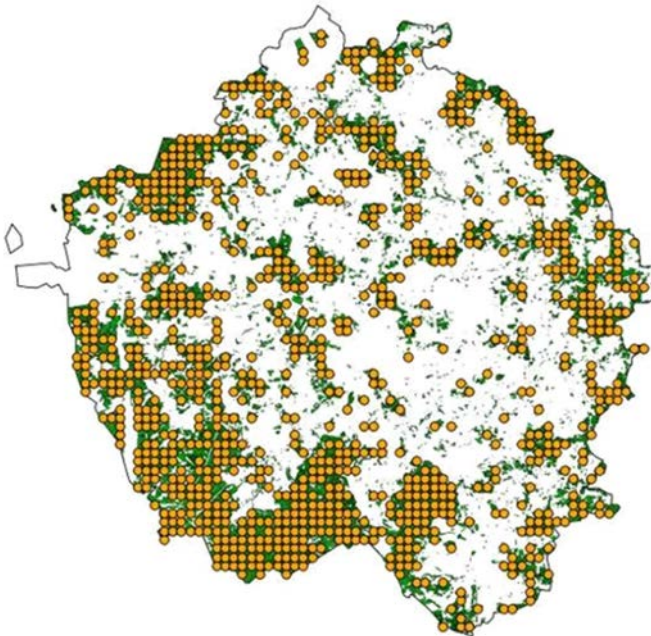


Abbildung 21: Lage der Stichprobenpunkte (gelb) in den Waldflächen (grün) der Modellregion Uelzen zur Bildung des forstlichen Modellbetriebes

Sturmschadens wurde für jeden Einzelbaum der vier Modellbetriebe in 5-Jahresschritten unter den drei Entwicklungspfaden geschätzt.

Für die ökonomische Bewertung der Waldentwicklung in den Modellregionen wurde ein standardisiertes Produktionsmodell benötigt, das baumartenspezifisch die bonitätsabhängige Entwicklung von Beständen unter Einhaltung normierter waldbaulicher Behandlungsregeln beschreibt. Dazu wurden für die Baumarten Buche, Eiche, Fichte, Kiefer und Douglasie jeweils 150 Modellbestände pro Modellregion generiert, die charakteristische Jungbestände in den Regionen abbildeten, und mit dem WaldPlaner in ihrer Entwicklung fortgeschrieben.

Das klimatische Waldbrandrisiko (Modelle FWI (VAN WAGNER 1987) und M68 (KÄSE 1969)) wurde anhand der Waldbrandstatistik und der Waldschutzmeldungen für Niedersachsen und Sachsen-Anhalt mit baumartentypischen Faktoren in die zu erwartenden Ernteverluste und Risikoflächen umgerechnet. Das Wasserhaushaltsmodell WaSiM-ETH ermittelt sowohl Informationen für die durch Trockenstress bedingten Risikoflächen als auch wichtige Eingangsdaten (Bodenwassergehalte und Sickerwasserrate) für das bodenchemische Modell VSD+ (BONTEN et al. 2016), mit dem das N-Saldo und die Nitratausträge berechnet wurden. Zur Abschätzung der dynamischen Entwicklung der Kohlenstoffspeicherung und der CO₂-Emissionen wurde das Modell Yasso07 (TUOMI et al. 2009) eingesetzt. Umfangreiche Informationen zur Modellkette und deren Modellparametrisierung sind bei FLECK et al. (2017) zu finden.

Das forstökonomische Bewertungsmodell setzt direkt auf den Rohergebnissen der Waldwachstumssimulation für die Modellbetriebe (vgl. Kap 5.2.1) auf. Übergeben werden Einzelbauminformationen zur Entwicklung von etwa 1.000 Modellbeständen je Region in drei Entwicklungspfaden sowie die ebenfalls in Kapitel 5.2.1 erläuterten Gewichtungsfaktoren. Die Länge der Simulationsperioden von 5 Jahren wird auch im Rahmen der ökonomischen Bewertung beibehalten.

In einem ersten Verarbeitungsschritt werden die Einzelbauminformationen auf Ebene der Modellbetriebe und separat für jede Simulationsperiode aggregiert. In diesem Zuge finden auch die Gewichtungsfaktoren aus der Stratifizierung sowie die leicht variierenden Größen der Modellbetriebe Berücksichtigung. Ergebnis sind Informationen zur Entwicklung des Volumens des verbleibenden Bestandes (Vorratsentwicklung) sowie des ausscheidenden Bestandes (Nutzungsinformation) getrennt nach acht Baumartengruppen (Eiche, Buche, ALh (anderes Laubholz mit hoher Umtriebszeit), ALn (anderes Laubholz mit niedriger Umtriebszeit), Fichte, Douglasie, Kiefer, Lärche) und Dimension des Brusthöhendurchmessers (BHD, in 2 cm-Abstufungen). Baumartengruppe und Dimension sind die wesentlichen natürlichen Eingangsgrößen aller nachgelagerten ökonomischen Bewertungen.

Parallel zur Bewertung der Modellbetriebsentwicklung in den Szenarien wurden stereotype „Anbauverfahren“ für die Baumarten Buche, Eiche, Fichte, Kiefer und Douglasie in den Modellregionen berechnet. Hierbei fanden ebenfalls durch das Softwarepaket WaldPlaner (HANSEN u. NAGEL 2014) hergeleitete Wachstumsgänge

Verwendung (Produktionsmodelle). Eine Rückkopplung des Bewertungsmodells mit dem WaldPlaner wurde nicht implementiert, fand jedoch, insbesondere bei der Ausgestaltung der Entwicklungspfade, durch intensiven Austausch zwischen den Teilprojekten statt.

5.3 Landwirtschaft

5.3.1 *Bildung der Modellbetriebe*

Beitrag von: L7

Ziel der agrarökonomischen Untersuchungen war es, die Auswirkungen der erwarteten Klima-, Politik-, Markt- und Technologieentwicklungen auf die Landwirtschaft in mehreren Szenarien zusammenzufassen und deren konkrete Wirkungen für repräsentative Betriebe der Modellregionen mittels Simulationsrechnungen zu untersuchen. Dabei sollte eine weitgehende Abdeckung der flächenhaften landwirtschaftlichen Landnutzung erreicht werden, um im Rahmen des Projektes auch Umweltwirkungen von Nutzungsänderungen darstellen zu können.

Im Rahmen der Modellierung der landwirtschaftlichen Landnutzung standen verschiedene Ansätze zur Verfügung:

- Regionshöfe, die alle Ressourcen einer Region zusammenfassen (und dabei immer eine überoptimale Nutzung der Ressourcen unterstellen),
- repräsentative individuelle Betriebe oder
- Betriebstypen, die jeweils die mittlere Struktur einer Klasse von Betrieben aufweisen, die sich durch eine bestimmte Größenordnung und Kostenstruktur der Produktion auszeichnen.

Da im Rahmen von NaLaMa-nT einerseits die flächenhafte Abbildung und andererseits die Auswirkungen längerfristiger Veränderungen der Rahmenbedingungen von zentraler Bedeutung sind, wurde die letzte Variante gewählt. Dies hat gegenüber dem Regionshof den Vorteil, dass die einzelnen Betriebstypen unterschiedliche Kostenstrukturen haben konnten und somit auch Auswirkungen auf die Agrarstruktur abgeleitet werden konnten. Gegenüber den repräsentativen individuellen Betrieben ließen sich mit den Betriebstypen leichter Aussagen über die Gesamtregion hochrechnen. Ausgehend von den InVeKoS-Daten und einer Klassenbildung auf Basis der wichtigsten Betriebszweige und kostenrelevanter Größenklassen wurde für jede Region eine Reihe von Betriebstypen definiert. Jeder Betriebstyp repräsentiert dabei eine Anzahl von Betrieben, was in der Ergebnisdarstellung für die Regionen berücksichtigt wurde. So müssen errechnete Anbauflächen je Betrieb erst mit der Anzahl der Betriebe je Betriebstyp multipliziert werden, um die regionale Anbaufläche zu erhalten. Nicht alle so gebildeten Betriebstypen repräsentieren dabei eine ausreichende Anzahl an Betrieben, sodass nicht alle Typen simuliert werden konnten. Die

gewählten Betriebstypen sind aber repräsentativ für ca. 80 % der landwirtschaftlichen Flächen in jeder Modellregion.

5.3.2 Produktions- und Bewertungsmodelle

Beiträge von: L3, L7, L6, L1

Um die landwirtschaftliche Produktion und Nutzung hinreichend realistisch und genau abbilden zu können sowie diese dann zu bewerten, wurden im Rahmen des Projektes viele Modelle und Modellsysteme verwendet (s. Abb. 23). Mit den eingesetzten Modellen wurde zunächst der Status quo beschrieben und anhand von Expertenwissen oder Messdaten validiert. Mit den kalibrierten Modellen wurde anschließend die landwirtschaftliche Nutzung in den Zeitscheiben und den Entwicklungspfaden berechnet.

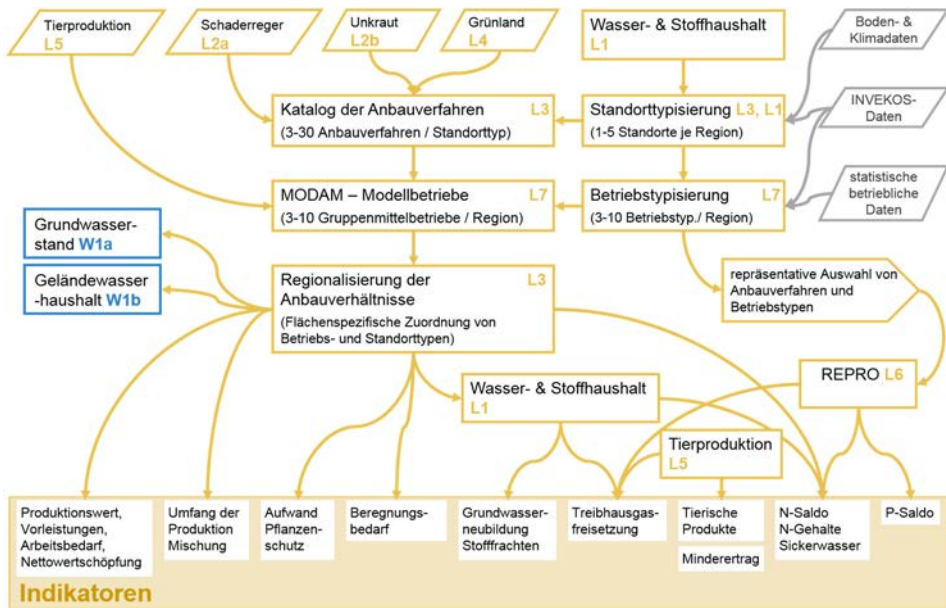


Abbildung 23: Koppelung der landwirtschaftlichen Modelle (landwirtschaftliche (gelb) und wasserwirtschaftliche (blau) Teilvorhaben; Abkürzungen der Teilvorhaben erläutert in Kap. 2.2)

Auf dem Gebiet der Landwirtschaft kamen folgende Produktions- und Bewertungsmodelle zum Einsatz:

Das Simulationsmodell WASMOD (Water and Substance Simulation Model; REICHE 1995) wurde eingesetzt, um für die Modellregionen Veränderungen im Stoff- und Wasserhaushalt landwirtschaftlich genutzter Flächen zu analysieren, die durch die sich ändernden Klimateinwirkungen bedingt sind. Dazu wurden spezifische Konfigurationen erstellt, die Klima-, Boden- und Anbauverhältnisse der

Modellregionen abbilden. Für vergleichbare Zwecke ist WASMOD schon bisher in einer größeren Zahl von Studien für diesen Zweck eingesetzt worden (GÖBEL 1997, RINKER 2001, SCHIMMING et al. 1995, RINKER et al. 2007). Außer Ackerflächen wurden dabei zum Teil auch anders genutzte Flächen mit einbezogen. Die Simulationszeiträume der genannten Studien erstreckten sich überwiegend auf weniger als 10 Jahre.

Die einschlägigen Ertragsmodelle waren für das Projekt nur bedingt tauglich, denn NaLaMa-nT-nahe Studien (STRER et al. 2014) hatten ergeben, dass diese Modelle (Haupttreiber: Klimawandel) „nur“ den Klimawandel berücksichtigen und somit die tatsächliche Ertragsentwicklung erheblich unterschätzen. Die übrigen Treiber der Ertragsentwicklung sind Züchtung, Management und Technologie. Diese haben zusammen einen Anteil von etwa 60 bis 70 % an der langjährigen Ertragssteigerung. Um diesem Sachverhalt Rechnung zu tragen und über den Klimawandel hinaus auch die übrigen, relevanten Treiber zu berücksichtigen, wurden in Anlehnung an LAIDIG et al. (2014) die Erträge der einzelnen Feldfrüchte linear extrapoliert. Die Basis bildeten hierfür lange Zeitreihen (1951 bis 2010) der Ertragsentwicklung in Niedersachsen für alle Früchte. Die so ermittelten Ertragssteigerungen wurden auf die jeweiligen Modellregionen übertragen. Basis waren die für die jeweiligen Ertragsklassen ermittelten Erträge des Status quo. Für jede Zeitscheibe, Region, Ertragsklasse und Frucht wurde der jeweilige Mittelwert der Erträge berechnet und in die MODAM-Datenbank eingespeist.

Mit Hilfe des Decision Support System for Agrotechnological Transfer (DSSAT, JONES et al. 2003) wurden die klimabedingten Ertragsrisiken der zukünftigen landwirtschaftlichen Entwicklung abgeschätzt. Bei DSSAT handelt es sich um ein Paket aus verschiedenen dynamischen Umwelt-, Boden- und Pflanzenwachstumsmodellen, das weltweit mit zufriedenstellenden Resultaten angewendet wird und somit auch geeignet scheint, eventuelle Veränderungen der Umweltbedingungen im Norddeutschen Raum abzubilden.

Der Fokus lag bei der Risikoabschätzung auf der Untersuchung des Aufeinandertreffens von widrigen Witterungsbedingungen und kritischen Wachstumsphasen. Letztere sind phänologische Stadien im Pflanzenbau, die besonders relevant für die Ertragsbildung sind. Als Beispiel ist für Getreide die Blüte zu nennen, deren Misslingen zum Ausfall des Haupternteprodukts führt. Das Modell DSSAT bildet, entsprechend parametrisiert, die regionale Phänologie aus dem Messnetz des DWD hinreichend genau ab. Auf dieser Grundlage ließen sich Prognosen für Wahrscheinlichkeiten des Eintretens widriger Witterungsbedingungen während kritischer Wachstumsphasen dynamisch berechnen.

Zur Beschreibung der Wasser- und insbesondere der Stickstoffdynamik im System Boden-Pflanze unter landwirtschaftlich genutzten Böden, wurde das Modell HERMES eingesetzt. HERMES wurde zunächst als einfaches Modell zur Beschreibung der Stickstoffdynamik entwickelt (NUSKE 1983). Durch Erweiterungen ist das Modell in der Lage, detailliert Fruchtfolgen (KERSEBAUM 2007) und den Effekt

erhöhter CO₂-Konzentrationen auf das Pflanzenwachstum (KERSEBAUM et al. 2009b) abzubilden. Mit dem Modellsystem wurden alle in den Modellregionen vorkommenden Früchte und Fruchtfolgen flächendeckend für alle Standorte untersucht. Die Ergebnisse wurden anhand von Expertenwissen und vergleichbaren Studien zum Stickstoffhaushalt von Agrarökosystemen (HERRMANN et al. 2005, KERSEBAUM et al. 2009a, HLAVINKA et al. 2014) für den Status quo in den Regionen validiert.

MODAM ist ein bio-ökonomisches Modellierungssystem (ZANDER u. KÄCHELE 1999). Es simuliert das Entscheidungsverhalten von Landwirten unter der Annahme ökonomischer Rationalität. Das Modell wurde entwickelt, um politische Auswirkungen auf das Entscheidungsverhalten der Landwirte und die entsprechenden Umweltauswirkungen der Betriebsführung des Landwirtes zu bewerten. Das Tool ermöglicht es, Szenarien für unterschiedliche Ebenen der Zielerreichung (Ziel getriebene Szenarien) sowie Szenarien für verschiedene Marktsituationen und Politikinstrumente (Markt und Politik getriebene Szenarien) zu berechnen.

MODAM wählt aus den möglichen Produktionsoptionen die für die jeweilige Modellregion, Zeitscheibe und Entwicklungspfad ökonomisch optimierte Bewirtschaftungsweise. Diese Teilvorhaben L1, L3 und L7 übernahmen daraus Vorgaben zur Bewirtschaftungsweise (z. B. Düngemanagement, Ertragsniveau, Anbauflächen) in ihre jeweiligen Modellsysteme, um wichtige Indikatoren wie Nitratverluste, Bewässerungsmenge oder Humusgehalte im Oberboden zu bedienen. Die Produktionsoptionen wurden von L3 auf Basis vorhandener Produktionsverfahren und Informationen von L2, L4 und L5 erstellt.

REPRO ist ein Umwelt- und Betriebsmanagementsystem für den Einsatz in Wissenschaft, Praxis und Beratung. Schwerpunkt ist die Darstellung landwirtschaftlicher Betriebssysteme anhand vernetzter Stoff- und Energieflüsse sowie die Analyse und Bewertung von Umweltwirkungen (KÜSTERMANN et al. 2006).

6 Kriterien und Indikatoren

6.1 Stand der Forschung

Beitrag von: Ko

Wie schon einleitend im Kapitel 1.2 angesprochen, sind die Ursprünge einer nachhaltigen Landnutzung in Mitteleuropa überwiegend im forstwirtschaftlichen Bereich zu finden. Die dort drohende Holzverknappung während des Hoch- und Spätmittelalters (14.-16. Jhd.) verhalf den damaligen Waldbesitzern zu der Einsicht, dass nur eine planmäßige Nutzung der Wälder diese langfristig sichern konnte. Eine planmäßige Forstwirtschaft setzte von Anfang an die Identifizierung messbarer Größen (Indikatoren) voraus, an denen man die Holznutzung mengenmäßig, räumlich und zeitlich ausrichten konnte. Anfänglich waren dies – gemäß dem vergleichsweise schlicht erscheinenden Ziel, eine gleichmäßige Holzproduktion zu sichern – einfache Flächenweiser. Mit der heutzutage vollzogenen Erweiterung des forstlichen Nachhaltigkeitsstrebens auf alle Funktionen des Waldes hat sich auch die Anzahl entsprechender (forstlicher) Indikatoren zur Erfassung von Zuständen, Veränderungen und Erfolgen bzw. Fehlentwicklungen vervielfacht.

Vor nunmehr rund vier Jahrzehnten begann die sektorale und inhaltliche Erweiterung des Nachhaltigkeitsbegriffes zu dem heutigen globalen Leitbild einer nachhaltigen wirtschaftlichen Entwicklung. Dieses Leitbild hat gleichzeitig auch die Suche nach geeigneten Prüfkriterien⁴ und Indikatoren außerhalb des forstlichen Sektors entsprechend angefacht und verstärkt, da die Identifizierung und Auswahl von sinnvollen Nachhaltigkeitsindikatoren wichtige Voraussetzungen für die Umsetzung von angestrebten Qualitäts- und Handlungszielen im Sinne einer nachhaltigen Umwelt- und damit auch Landnutzungsentwicklung im Rahmen der praktischen Politik sind (SRU 1998, Kap. 1.2).

Auch aus wissenschaftlicher Sicht ist für den Vergleich unterschiedlicher Entwicklungsszenarien die Veränderung relevanter Indikatoren auf der Basis quantifizierbarer (messbarer) und bewertbarer Merkmale erforderlich (vgl. JISCHA 1999, S. 88). Die Entwicklung und Nutzung von Indikatoren wurde und wird jedoch dadurch erschwert, dass das allgemeine Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung der menschlichen Gesellschaft und seiner Umwelt – und damit auch das einer nachhaltigen Landnutzung – objektiv nur schwer zu erfassen ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass es andauernd gesellschaftlichen und politischen Auseinandersetzungen unterworfen ist, zeitliche und räumliche Veränderungen erfährt und nicht alle Facetten einfach zu quantifizieren sind.

⁴ *Kriterium*: Merkmalsbündel zur Bewertung von Zuständen.

Allgemein werden Indikatoren⁵ – je nach wissenschaftlicher Disziplin und der Art und Qualität der zur Verfügung stehenden Daten – unterschiedlich definiert (HEINK u. KOWARIK 2010). Dies ist speziell bei den Nachhaltigkeitsindikatoren wegen ihres ausgeprägt interdisziplinären Anspruchs ein Problem. Zudem werden an sie unterschiedliche Anforderungen gestellt, die sich nach wissenschaftlichen, funktionalen, nutzerbezogenen und praktischen Aspekten unterscheiden lassen (COENEN 2000, S. 47, s. Tab. 18). Von diesen Anforderungen sind nicht zuletzt die praktischen Gesichtspunkte häufig von ausschlaggebender Bedeutung, da ein Indikatorensystem kaum Aussicht auf Erfolg hat, wenn die hierfür erforderlichen Daten nicht fortwährend sowie sowohl vergleichsweise einfach als auch kostengünstig zur Verfügung stehen bzw. gestellt werden können.

Tabelle 18: *Anforderungen an Nachhaltigkeitsindikatoren (nach COENEN 2000, S. 48)*

Wissenschaftliche Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> - Repräsentativität und Adäquanz bezüglich der jeweiligen ökologischen, ökonomischen und sozialen Zusammenhänge - Transparenz - Reproduzierbarkeit der Ergebnisse - Nachvollziehbarkeit der Aggregation - Nachvollziehbarkeit der Auswahlkriterien - Datenqualität, Transparenz über die Unsicherheit von Daten
Funktionale Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> - Sensitivität gegenüber Änderungen im Zeitlauf - Eignung zur Erfassung von Trends - Frühwarnungsfunktion - internationale Kompatibilität - Sensitivität gegenüber ökonomischen, ökologischen und sozialen Wechselwirkungen
Anforderungen aus der Sicht von Nutzern	<ul style="list-style-type: none"> - Zielbezug - adressatenadäquate Verdichtung von Information - politische Steuerbarkeit - Verständlichkeit für Politik und Öffentlichkeit - gesellschaftlicher Mindestkonsens über Eignung eines Indikators zur Abbildung von Zusammenhängen und über den Deutungskontext
Praktische Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> - Datenverfügbarkeit - Möglichkeit regelmäßiger Aktualisierung - vertretbarer Aufwand der Datenbeschaffung

⁵ *Indikator*: Merkmal zur konkreten quantitativen Beschreibung einzelner Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung. In ihrer Gesamtheit dienen Indikatoren hier als Kenngrößen zur Abbildung des bestimmten, nicht direkt messbaren und komplexen Sachverhalts (Indikandum) „Nachhaltigkeit“ (vgl. SRU 1998, Kapitel 1.4.2).

Bei der Entwicklung eines Indikatorensystems sind neben der Verfügbarkeit der dafür notwendigen Daten auch Fragen zur nutzeradäquaten Verdichtung (Aggregation) der Informationen und dem Zielbezug von Indikatoren als zentrale Probleme zu klären. Je nach ihren Verwendungszusammenhängen (Adressaten/Zielgruppen) sind Indikatoren bzw. die Indikatorensysteme stärker oder schwächer zu verdichten. Im Bereich der Politikberatung und der öffentlichen Kommunikation über Nachhaltigkeit muss der Verdichtungsgrad in der Regel höher sein als bei wissenschaftlichen Analysen (vgl. hierzu COENEN 2000, S. 48 f, s. Abb. 24).

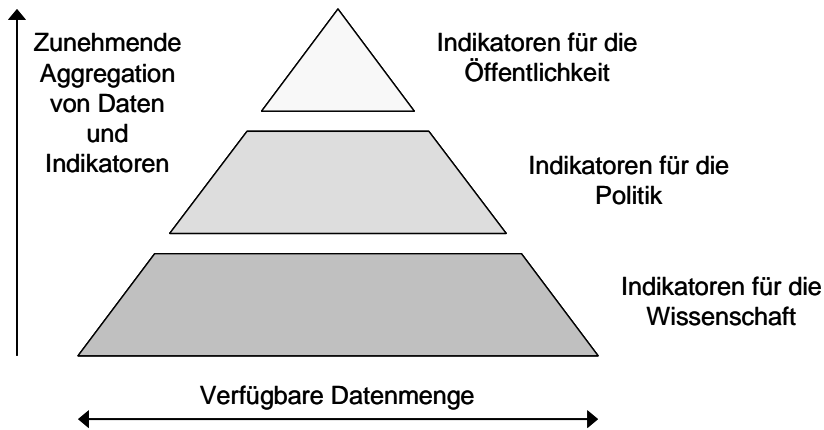


Abbildung 24: Zusammenhang zwischen Datenmenge, Zielgruppen (Adressaten) und Aggregationsgrad von Nachhaltigkeitsindikatoren (BRAAT 1991, zit. nach MITCHELL 1996)

6.1.1 Wasserwirtschaft

Beiträge von: W1b, W1a

Ebenso wie die Forstwirtschaft strebt auch die Wasserwirtschaft als oberstes Prinzip Nachhaltigkeit an. Die Wasserwirtschaft verfolgt das Ziel, das Wasser aus dem zur Verfügung stehenden Reservoir nur soweit in Anspruch zu nehmen, wie es gereinigt und schadlos dem Wasserkreislauf wieder zugeführt werden kann (AÖW 2013). Daraus folgt, dass aus Gründen der Nachhaltigkeit Maßnahmen zu unterlassen sind, die potenzielle Schäden am Schutzgut Wasser hervorrufen können, selbst wenn die Wahrscheinlichkeit des Schadenseintritts niedrig und vor allem das Risikopotenzial noch unbekannt ist.

Der Schutz der lebensnotwendigen Ressource Wasser stellt eine große Herausforderung für gegenwärtige und künftige Generationen dar. Im Zuge der Industrialisierung, vor allem im 20. Jahrhundert, war ein sorgloser Umgang mit dieser für uns alle so wichtigen Ressource zu verzeichnen. Der in den Nachkriegsjahren erheblich gestiegene Wasserbedarf von Haushalten, öffentlichen Einrichtungen und der Industrie und die damit verbundene Verunreinigung verminderte die Qualität des Wassers und der Gewässer. Das dieses Wasser im Wasserkreislauf bleibt, besteht,

abgesehen von regionalen Ausnahmen, hinsichtlich der Grundwassermenge in Deutschland kein Problem. Neben dieser unmittelbaren Beeinflussung der Gewässerqualität haben hohe Einträge von Schadstoffen in die Gewässer durch Emissionen aus der Landwirtschaft, dem Straßenverkehr und der Industrie zu einer weiteren Verschlechterung geführt. Bedingt durch die Überdeckung der Grundwasseraquifere mit Böden und Gesteinen und dem sich beim Transport des Niederschlagswassers durch die ungesättigte Zone vollziehenden Rückhalts von darin enthaltenen Nähr- bzw. Schadstoffe vollzieht sich der Prozess der Kontamination des Grundwassers über einen wesentlich längeren Zeitraum als beim Oberflächengewässer. Entsprechend stammen in Deutschland etwa dreiviertel der Trinkwasserversorgung aus dem Grundwasser. Doch die Ergebnisse der Grundwasserüberwachung haben gezeigt, dass das Filter- und Reinigungsvermögen der die Grundwasserkörper überlagernden Böden und Gesteinsschichten überschätzt wurde.

Maßnahmen zum Schutz der Gewässer und der Wasserversorgung haben in Deutschland eine lange Tradition (vgl. z. B. LANGE 2002), deren Umfang hat jedoch aufgrund der sichtbaren Verschlechterung in den letzten 50 Jahren erheblich zugenommen. Seit Anfang der 1980er-Jahre rückte der Umweltschutz und damit auch der nachhaltige Umgang mit der Ressource Wasser stärker in den Fokus des gesellschaftlichen Lebens und der Politik. Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) initiierte umfangreiche Aktivitäten zur Klassifizierung der Gewässer. Damit entstand eine wesentliche Grundlage zur einheitlichen Feststellung des Status quo der Gewässergüte und der Ableitung von Zielstellungen zur Verbesserung der Belastungssituation. Die Darstellung der Ergebnisse in Form von Gewässergütekarten beruhte zunächst vorwiegend auf der Beurteilung der Entwicklung der Gewässergüte nach biologischen Kriterien (KOLKWITZ u. MARSSON 1902), die später um chemische Indikatoren erweitert wurde (LAWA 1996). Man stellte jedoch auch fest, dass ausschließlich biologische und chemische Kriterien nicht ausreichen, um ein Gewässer umfassend zu bewerten. Es wurde daher Ende der 1980er- und Anfang der 1990er-Jahre versucht, durch die Einführung von Parametern zur Gewässerstrukturgüte – als Maß zur Beurteilung der Naturnähe eines Gewässerbettes einschließlich des sich daran anschließenden Überschwemmungsbereiches – die Bewertung zu erweitern. Neben diesen nationalen Aktivitäten wurde aber auch auf internationaler Ebene erkannt, dass ganzheitliche und vergleichbare Ansätze zur Bewertung der Ressource Wasser notwendig sind, um nachhaltigen Umweltschutz zu betreiben. Es wurde deshalb am 22.12.2000 auf europäischer Ebene mit der „Richtlinie des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik“, kurz genannt Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), ein einheitliches Fundament für alle Mitgliedstaaten der EU geschaffen (2000/60/EG) (BMUB 2014). Der Geltungsbereich der WRRL erstreckt sich sowohl auf Flüsse, Seen und Grundwasser als auch auf die Übergangs- und Küstengewässer. Sie geht weit über die bisherigen nationalen Richtlinien hinaus und ist erstmalig hinsichtlich ihrer räumlichen Ausdehnung auch an über Ländergrenzen hinausgehenden Flussgebietseinheiten orientiert. Das Oberziel der WRRL besteht

in der Erreichung eines „guten ökologischen und chemischen Zustands“ der Oberflächengewässer, das ursprünglich bis 2015, spätestens jedoch bis 2027 erreicht werden sollte (BMUB 2014, s. Tab. 19).

Tabelle 19: Ziele und Indikatoren der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL)

Oberziele	
1. Schaffung eines Ordnungsrahmens für die europäische Wasserwirtschaft durch Ablösung sektoraler Richtlinien 2. Erreichung bzw. Erhaltung eines guten Gewässerzustandes in allen Gewässern der EU innerhalb von 15 Jahren	
Umweltziele	
Oberflächengewässer (Art. 4 Abs. 1a EG-WRRL)	Grundwasser (Art. 4 Abs. 1b EG-WRRL)
<ul style="list-style-type: none"> - Verschlechterungsverbot - guter ökologischer und chemischer Zustand - gutes ökologisches Potenzial und guter chemischer Zustand bei künstlichen oder erheblich veränderten Wasserkörpern 	<ul style="list-style-type: none"> - Verschlechterungsverbot - guter mengenmäßiger und chemischer Zustand - Schadstoffeinträge verhindern oder begrenzen sowie Belastungstrends umkehren (Art. 6 2006/118/EG & 2014/80/EG)
Indikatoren	
<ul style="list-style-type: none"> - biologische Qualitätskomponenten (<i>Phytoplankton, Makrophyten u. Phytobentos, benthische wirbellose Fauna, Fischfauna</i>) - ergänzende hydromorphologische Qualitätskomponenten (<i>Wasserhaushalt, Durchgängigkeit, Morphologie</i>) - ergänzende physikalisch-chemische Qualitätskomponenten (<i>Temperatur, Sauerstoffgehalt, Salzgehalt, Versauerungszustand, Nährstoffzustand</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - guter mengenmäßiger Zustand <i>Indikator: Grundwasserspiegel (Entnahme ≤ mittlere Grundwasserneubildung)</i> - guter chemischer Zustand <i>Indikatoren: Gesamtschadstoffkonzentration (Nitrat, Ammonium, Nitrite, Arsen, Schwermetalle, Chlorid, Sulfat, Gesamtphosphor/Phosphate), synthetische Stoffe, Sauerstoffgehalt, pH-Wert, Leitfähigkeit)</i>

Für das Grundwasser wurde das Erreichen eines guten mengenmäßigen und chemischen Zustands, ebenfalls bis 2015 angestrebt. Da die Zielstellungen bis zu diesem Zeitpunkt vielerorts nicht erfüllt wurden, sind Verlängerungsoptionen bis 2021 und letztmalig bis 2027 in Kraft getreten. Die WRRL wird weiter spezifiziert durch die 2006 verabschiedete Grundwasserrichtlinie (2006/118/EG), die 2011 eingeführte Oberflächengewässerverordnung (OGewV, 2011/BGBl. I S. 1429) und die 2013 von der EU beschlossene Richtlinie über prioritäre Stoffe (2013/39/EU). Unter Letzteren werden Schadstoffe oder Schadstoffgruppen verstanden, die ein erhebliches Risiko für die aquatische Umwelt oder durch die aquatische Umwelt (z. B. durch Trinkwasserentnahme) darstellen.

Bewertungssysteme für Gewässer in unterschiedlicher inhaltlicher Tiefe und mit differierenden Sets von Indikatoren sind vielfach für verschiedene Rahmenbedingungen und räumliche Kontexte entwickelt worden, beispielsweise in der Schweiz

(BUNDI et al. 2000), in SO-Australien (BUNN et al. 2010) oder in den Vereinigten Staaten (USEPA 2016).

Die genannten Regelwerke enthalten eine Vielzahl von Indikatoren zur Bewertung von Gewässern, die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nicht vollständig berücksichtigt werden konnten. Es wurden daher spezifische Indikatoren mit besonderer Relevanz bezüglich der Charakterisierung der Nachhaltigkeit im Bereich der Wasserwirtschaft ausgewählt. Dazu zählen der für die Trinkwasserversorgung wichtige Indikator Nitratgehalt im Sicker- bzw. Grundwasser und im Fließgewässer, der für Eutrophierung bedeutsame Indikator Ortho-Phosphat im Fließgewässer und die für die hydrologische Risikoeinschätzung wichtigen Indikatoren Abflusspende, Grundwasserneubildung und Grundwasseranschluss.

6.1.2 *Forstwirtschaft*

Beitrag von: Ko

Das Prinzip Nachhaltigkeit hat seinen Ursprung in der Forstwirtschaft. Es ist aus der Holznot geboren und sollte sicherstellen, dass der Wald kontinuierlich Holzträge in möglichst hohem Maße liefert. Ungeregelte Holznutzungen und Waldverwüstungen während des Mittelalters und in der beginnenden Neuzeit führten etwa ab dem 16. Jahrhundert im Bereich der Städte und größeren Siedlungen zu einer sich stetig vergrößernden Lücke zwischen Holzbedarf und Deckungsmöglichkeiten (SPEIDEL 1972). Im absolutistischen Zeitalter verschärfte Bevölkerungswachstum, Merkantilismus und Wirtschaftswachstum die Situation. Besonders der Holz- bzw. Energiebedarf von Bergbau, Hüttenwesen, Salzgewinnung und Schiffsbau führten zu einer Übernutzung der Wälder. Hinzu kamen Waldweide, Schweinemast und Streunutzung, die vielerorts eine Verjüngung der Bestände verhinderten und zu einer Degradation der Standorte beitrugen. So kam es im 18. Jahrhundert allenthalben zur Holznot und als Reaktion zur Einführung des Nachhaltigkeitsprinzips in die Forstwirtschaft. Die eigentliche Wende zum Besseren für Wald und Holzversorgung wurde allerdings erst mit der Entkoppelung von Gewerbe, Landwirtschaft und Forstwirtschaft um 1800 eingeleitet. Der Beginn der Industrialisierung mit Einführung neuer Grund- und Baustoffe, der Entdeckung der Steinkohle als Energiequelle, der Erfindung der Dampfmaschine und neuer Transportmittel sowie die Einführung von Stallfütterung und Mineräldünger in der Landwirtschaft nahmen den großen Nutzungsdruck von den verbliebenen Wäldern und gaben Gelegenheit zu Neu- und Wiederaufforstungen (HAMBERGER 2003).

Gleichzeitig beflügelte dieser Prozess die Entwicklung der Forstwissenschaften, denn man benötigte umfangreiches Wissen über die Produktionsgrundlagen, das Wachstum, die Zustandserfassung und den Waldbau, um die Waldnutzung nachhaltiggerecht räumlich und zeitlich zu regeln (HÖLTERMANN u. OESTEN 2001). Damit einher ging die Begründung und rasche Entwicklung der Disziplin „Forstein-

richtung“, eines forstlichen Inventur- und Planungsinstrumentes, welches die nachhaltige Nutzung der Wälder durch die mittelfristige (10-20-jähriger Zeitraum) Produktions-⁶ und Nutzungsplanung gewährleisten soll. Auf der Grundlage des von HUNDESHAGEN (1826) in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts entwickelten „Normalwaldmodells“ entwickelte die Forsteinrichtung bereits zu diesem Zeitpunkt komplexe Indikatoren einer nachhaltigen Holznutzung, die sogenannten Hiebsatzweiser (sog. Formelweiser), die z. T. noch heute in der forstlichen Planung berücksichtigt werden. Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die Verwendung von Nachhaltigkeitskriterien und -indikatoren spätestens seit der Entstehung der „modernen“ Forstwissenschaft gegen Ende des 18. Jahrhunderts ein integraler Bestandteil der Entwicklung einer nachhaltigen Forstwirtschaft ist.

Mit den sich ändernden wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Anforderungen an den Wald und die Forstbetriebe erfuhren der forstliche Nachhaltigkeitsbegriff im Laufe der Zeit einen starken Bedeutungswandel. Seit Mitte des letzten Jahrhunderts rückte zunehmend die Nachhaltigkeit der Vielfachnutzungen in den Vordergrund (DIETERICH 1953, SPEIDEL 1972). Diese Entwicklung wurde nicht zuletzt durch die Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung (UNCED) im Jahr 1992 in Rio de Janeiro unterstützt, die im Hinblick auf eine nachhaltige Nutzung aller natürlicher Ressourcen unterschiedliche Prozesse initiierte, die mit der „Waldgrundsatzerklärung“ und den waldbezogenen Kapiteln der Agenda 21 auch den Wald betrafen. Die europäischen Initiativen zur Sicherung einer nachhaltigen Nutzung der Wälder spiegeln sich vor allem in den Ministerkonferenzen zum Schutz der Wälder in Europa (MCPFE) wider. Auf ihnen wurde seit Anfang der 1990er-Jahre damit begonnen, Kriterien und Indikatoren einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung zu erarbeiten (Resolutionen H1 und H2; MCPFE 1993a, 1993b). Als Ergebnis wurde schließlich im Jahre 2002 in Wien ein verbesserter Katalog „Gesamteuropäischer Kriterien und Indikatoren zur nachhaltigen Waldbewirtschaftung“ verabschiedet (MCPFE 2003). Er umfasst 6 Kriterien, 35 quantitative Indikatoren und 17 qualitative Indikatoren, die die jeweiligen nationalen Instrumente der Forstpolitik beschreiben.

Die 6 Kriterien und 35 quantitativen Indikatoren (s. Tab. 20) lassen sich ganz oder größtenteils auf nationaler, regionaler oder forstbetrieblicher Ebene anwenden (vgl. STOCK 2004). Bei den Kriterien handelt es sich um Merkmalsbündel zur Beschreibung der verschiedenen Aspekte einer multifunktionalen Nachhaltigkeit, die von den forstlichen Ressourcen über die Gesundheit und Vitalität, die Produktionsfunktion, die Biodiversität und die Schutzfunktionen bis hin zu den sozioökonomischen Funktionen reichen. Die 35 Indikatoren dienen der konkreten quantitativen Beschreibung einzelner Nachhaltigkeitsaspekte. Sie decken ein breites Spektrum an Sachzielen ab, die zwangsläufig zueinander komplementär, indifferent,

⁶ Die Produktionsplanung umfasst alle Planungen hinsichtlich der Baumartenwahl, Jungbestandspflege, Ästung, Walderschließung in den Einzelbeständen (s. HANEWINKEL 2001, S. 204)

konkurrierend oder konträr sein können. Folglich müssen sie inhaltlich geordnet und in einem Zielsystem strukturiert, durch quantitative Zielvorgaben konkretisiert und in ihrer Bedeutung eigentümerspezifisch gewichtet werden, um in operative Handlungsanweisungen umgesetzt werden zu können.

Tabelle 20: *Gesamteuropäische Kriterien und Indikatoren einer nachhaltigen Forstwirtschaft (MCPFE 2003)*

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

6.1.3 Landwirtschaft

Beiträge von: L3, L4, L5, L6

Der weltweite Durchbruch des Nachhaltigkeitsprinzips war wie in der Forstwirtschaft ebenfalls aus der Not geboren, nämlich aus dem zunehmenden Bewusstsein der Menschen für die Endlichkeit der Naturgüter und die zunehmende Umweltverschmutzung. Die in Rio 1992 verabschiedete Agenda 21 löste weltweit Folgeprozesse aus, die sich auch auf die internationale und nationale Landwirtschaftspolitik auswirkten. Vor diesem Hintergrund verweist CHRISTEN (1996) auf die Fülle an Definitionen für eine nachhaltige Landbewirtschaftung in der Wissenschaft und definiert folgende sechs wichtige Teilaspekte:

1. Ethische Komponente (Intergenerationelle Gerechtigkeit)
2. Ressourcenschonung (Schutz von Boden, Wasser und Luft, Erhalt der Produktionsgrundlage)

3. Erhalt der biologischen Vielfalt (Vermeidung der Beeinträchtigung natürlicher oder naturnaher Ökosysteme durch landwirtschaftliche Produktion)
4. Sicherstellung der ökonomischen Existenzfähigkeit landwirtschaftlicher Betriebe
5. Gesamtgesellschaftliche Verantwortung der Landwirtschaft für Nahrungsversorgung und Nahrungsqualität
6. Globale Komponente einer nachhaltigen Entwicklung unter dem übergeordneten Einfluss der globalen ethischen Verantwortungen

In den darauf folgenden Jahren entstanden weltweit zahlreiche Indikatorensysteme zur Bewertung einer nachhaltigen Landwirtschaft (u. a. ROEDENBECK 2004, VAN DER WERF u. PETTIT 2002, BOCKSTALLER et al. 2009). Im deutschsprachigen Raum haben sich die drei Ansätze RISE, KSNL und DLG-NHZ in der Praxis durchgesetzt. Sie berücksichtigen jeweils die drei Säulen der Nachhaltigkeit: Ökologie, Ökonomie und Soziales und lassen sich wie folgt, kurz umschreiben:

RISE – Response Inducing Sustainability Evaluation: Das Indikatorensystem der Schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft (SHL Zollikofen) wurde 1998 erarbeitet. Über einen Fragebogen werden alle nötigen Informationen erhoben, um 12 Indikatoren auszuwerten. Ziel ist ein beratendes Abschlussgespräch mit den Landwirten bei denen Handlungsempfehlungen im Mittelpunkt stehen (HÄNI et al. 2003).

KSNL – Kriteriensystem nachhaltige Landwirtschaft: Im Jahr 1996 wurden die „Kriterien umweltgerechter Landwirtschaft“ KUL an der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft entwickelt (BREITSCHUH u. ECKERT 2006, BREITSCHUH et al. 2008). Vier Jahre später wurden Kriterien der ökonomischen und sozialen Säule hinzugefügt. Es entstand das KSNL. Eine Bewertung geschieht auf Basis eines Fragebogens. Die Auswertung der 34 Prüfkriterien kann optional für ein Zertifikat der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL-Nachhaltigkeitszertifikat) zur Außendarstellung genutzt werden.

DLG-NHZ – Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft Nachhaltigkeitszertifikat: Das Zertifikat wurde 2005 in Zusammenarbeit von der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG), der Technischen Universität München und der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg erarbeitet (DLG 2017). Grundlage zur Bewertung bildet die Ackerschlagkartei der landwirtschaftlichen Betriebe, der Jahresabschluss sowie eine Betriebsleiterbefragung. Am Ende stehen 23 Indikatoren zur Auswertung. Bei bestimmten Bedingungen kann ein DLG-Zertifikat zur Außendarstellung verliehen werden (ZAPF et al. 2009).

Diese Ansätze gewinnen im Hinblick auf eine wachsende Bevölkerung, Flächenknappheit und den Klimawandel an Bedeutung. Die weiteste Verbreitung in der landwirtschaftlichen Praxis hat bisher das auf die einzelbetriebliche Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit ausgerichtete Indikatorensystem REPRO erlangt

Entscheidungshilfen für die Beratung der Landnutzer und für die politische Steuerung von Entwicklungsprozessen im ländlichen Raum zu bieten.

Aus einer Vielzahl möglicher Indikatoren wurden im Projekt nach eingehender Prüfung 46 quantitative Indikatoren ausgewählt, zu Indikatorgruppen aggregiert und den 7 Kriterien zugeordnet (s. Tab. 21). In der Mehrzahl handelt es sich um „dynamische“ Indikatoren, die mit Hilfe von Modellen fortschreibbar sind, da nur so die Entwicklungen in den Modellregionen entlang der drei Entwicklungspfade und über die vier Zeitscheiben hinweg darstellbar waren. Diese dynamischen Indikatoren wurden durch einige statische Indikatoren ergänzt, mit denen die jeweilige Ausgangslage (Status quo) in den Modellregionen besser abgebildet werden konnte.

Tabelle 21: *Transsektorale Nachhaltigkeitskriterien und -indikatoren im Projekt NaLaMa-nT*

Kriterien	Indikatorengruppen	ID	dyn	Indikator	Einheit
1. Ressourcen	1.1 Fläche	1.1.1		Betriebsgröße (Nutzfläche)	ha
		1.1.2		Größe der Schläge/Bestände	ha
	1.2 Boden	1.2.1		Nutzbare Feldkapazität	mm
		1.2.2		Ertragspotenzial (Nährstoffziffer, Bodenpunkte)	-
	1.3 Wald	1.3.1	x	Altersklassenaufbau	-
		1.3.2	x	Holzvorrat	Vfm/ha
		1.3.3	x	Holzzuwachs	Vfm/ha/a
	1.4 Wasser	1.4.1.a	x	Nitrat-Gehalt im Sickerwasser	mg/l
		1.4.1.b	x	Nitrat-Gehalt im Grundwasser	mg/l
		1.4.2	x	Grundwasserneubildung	mm/a
		1.4.3		Grundwasseranschluss	% _{waldn.}
		1.4.4.a	x	Nitrat-N-Gehalt im Fließgewässer	mg/l
		1.4.4.b	x	ortho-Phosphat-P-Gehalt im Fließgewässer	mg/l
		1.4.5	x	Abflussspende (Mq)	l/s/km ²
	2. Stabilität	2.1 Ausfälle u. Gegenmaßnahmen	2.1.1.a	x	Windwurfisiko
2.1.1.b			x	Waldbrandrisiko	% _{waldn.}
2.1.1.c			x	Trockenstress	-
2.1.2			x	Pflanzenschutz (Behandlungsindex)	-
2.1.3			x	Bewässerungsbedarf	mm/a
2.1.4			x	Minderertrag	€/Tier/a
2.2 Bodenzustand		2.2.1	x	N-Saldo	kg/ha/a
		2.2.2	x	P-Saldo	kg/ha/a
		2.2.3	x	Humussaldo	kg C/ha/a
2.3 THG-Emissionen		2.3.1	x	Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	t _{CO2} /ha/a
		2.3.2	x	Methan (CH ₄)	t _{CO2 äq} /ha/a
		2.3.3	x	Lachgas (N ₂ O)	t _{CO2 äq} /ha/a

(Fortsetzung Tab. 21: s. nächste Seite)

Fortsetzung Tabelle 21

Kriterien	Indikatorengruppen	ID	dyn	Indikator	Einheit
3. Produktivität	3.1 Biomasseproduktion	3.1.1	x	Rohholz (atro)	t/ha/a
		3.1.2	x	Ernteprodukte (Feldfrüchte u. Grünland, atro)	t/ha/a
		3.1.3	x	Tierische Produkte	GVE/ha _{NF}
	3.2 Wassermenge	3.2.1		Trink- und Brauchwassermenge	m ³ /ha/a
		3.2.2		Berechnungsmenge	m ³ /ha _{NF} /a
4. Beschäftigung	4.1 Beschäftigung	4.1.1	x	Arbeitsvolumen (Lawi, Fowi)	h/ha _{NF} /a
5. Regionale Wertschöpfung	5.1 Wertschöpfung	5.1.1	x	Produktionswerte (Lawi, Fowi; Brutto)	€/ha _{NF} /a
		5.1.2	x	Vorleistungen (Brutto)	€/ha _{NF} /a
		5.1.3	x	Nettowertschöpfung	€/ha _{NF} /a
		5.1.4		Subventionen	€/ha _{NF} /a
6. Naturschutz	6.1 Vorrangflächen	6.1.1		Streng geschützte Flächen (NSG, FFH, NP, Sonstige)	%
	6.2 Vielfalt	6.2.1	x	Mischung	-
		6.2.2	x	Landschaftsdiversität	-
	6.3 Naturnähe	6.3.1	x	Naturnähe (pnV)	-
		6.3.2	x	Anteil Altholz	%
		6.3.3	x	Anteil extensive Bewirtschaftung	% _{Ackerfl.}
7. Lebensqualität	7.1 Stadt-Land-Vergleich	7.1.1	x	Wärmebelastung	d/a
		7.1.2		Bevölkerungsdichte	Einw./km ²
		7.1.3		Arbeitsplätze (sozialversicherungspflichtige)	Stellen/km ²
		7.1.4		Flächeninanspruchnahme (Siedlung u. Verkehr)	ha/a

Aus der Gesamtzahl der Indikatoren wurden anschließend 12 „Schlüsselindikatoren“ identifiziert, die die wichtigsten Aspekte einer nachhaltigen Landnutzung beschreiben, in der politischen Diskussion einfach zu vermitteln sind und die Öffentlichkeitsarbeit erleichtern (s. Tab. 22).

Umsetzen lässt sich das Prinzip einer nachhaltigen Landnutzung erst dann, wenn konkret angegeben wird, für welche Wirkungen und Leistungen der Landnutzungssysteme Kontinuität bzw. Verbesserung angestrebt wird. Hierzu ist es erforderlich, mit Hilfe der Nachhaltigkeitsindikatoren quantitative Ziele festzulegen und diese mit den Ist-Zuständen bzw. mit den unter den Rahmenbedingungen der Szenarien/Entwicklungspfade erwarteten Zuständen zu vergleichen. Die sich daraus ergebenden Zielerreichungsgrade decken Handlungsbedarf bzw. Unterschiede in den Anpassungsstrategien auf. Darüber hinaus bieten sie Ansatzpunkte für Optimierungen, wenn die Kriterien und Indikatoren in einem hierarchischen Zielsystem strukturiert, ggf. aggregiert, bewertet und gewichtet werden (siehe Kapitel 6.2.2).

Tabelle 22: Kriterien und Indikatoren einer nachhaltigen Landnutzung (mittelblaue Felder: Schlüsselindikatoren)

Ressourcen	Stabilität	Produktivität	Beschäftigung	Wertschöpfung	Naturschutz	Lebensqualität
Betriebsgröße (Nutzfläche)	Windwurf-risiko	Rohholz (atro)	Arbeitsvolumen (Lawi, Fowi)	Produktionswerte (Lawi, Fowi; Brutto)	Streng geschützte Flächen (NSG, FFH etc.)	Wärmebelastung
Größe der Schläge/ Bestände	Waldbrand-risiko	Ernteprodukte (Acker & Grünland)		Vorleistungen (Brutto)	Mischung	Bevölkerungsdichte
Nutzbare Feldkapazität	Trockenstress	Tierische Produkte		Nettowertschöpfung	Landschaftsdiversität	Arbeitsplätze (SVB)
Ertragspotenzial (Nährstoffziffer, Bodenpunkte)	Pflanzenschutz (Behandlungsindex)	Trink- und Brauchwassermenge		Subventionen	Naturnähe (pnV)	Flächeninanspruchnahme (Siedlung, Verkehr)
Altersklassenaufbau	Bewässerungsbedarf	Beregnungsmenge			Anteil Altholz	
Holzvorrat	Minderertrag				Anteil extensive Bewirtschaftung	
Zuwachs	N-Saldo					
Nitrat-Gehalt im Sickerwasser	P-Saldo					
Nitrat-Gehalt im Grundwasser	Humussaldo					
Grundwasserneubildung	Kohlenstoffdioxid (CO ₂)					
Grundwasseranschluss	Methan (CH ₄)					
Nitrat-N-Gehalt im Fließgewässer	Lachgas (N ₂ O)					
ortho-Phosphat-P-Gehalt im FG						
Abflusspende (Mq)						

6.2.1 *Kurzbeschreibung der Indikatoren*

Beiträge von: allen Teilvorhaben

Die gewählten Indikatoren sind über Indikatorgruppen den einzelnen Kriterien zugeordnet. Die genannten Ordnungsebenen sind nachfolgend durch die entsprechenden Identifikationsnummern (ID) gekennzeichnet. In den Klammern der Überschriften der Indikatoren ist vermerkt, falls es sich um statische Indikatoren handelt, und die jeweils für den Indikator verantwortlichen Projektpartner. Eine Übersicht der Abkürzungen der Teilvorhaben ist in Kapitel 2.2 zu finden.

Die Zustände der Modellregionen in den drei Entwicklungspfaden und vier Zeitscheiben werden mit dynamischen Indikatoren beschrieben, die mit Modellen fortgeschrieben werden können. Anschließend werden die dynamischen Indikatoren bewertet und in einen einheitenlosen Index überführt. Die kurze Beschreibung dieser Indikatoren umfasst daher zusätzlich eine Abbildung der Bewertungsfunktionen sowie eine kurze Erläuterung der Bewertung. In den Abbildungen sind die Verteilung der Indikatorwerte (blaue Punkte auf der X-Achse) aller Modellregionen, Entwicklungspfade und Zeitscheiben, die Bewertungsfunktion (rote Linie) und die resultierende Verteilung der Indizes (grüne Punkte auf der Y-Achse) dargestellt.

6.2.1.1 *Kriterium 1: Ressourcen*

Unter dem Kriterium Ressourcen werden alle in der Region vorhandenen Produktionsmittel betrachtet, welche für die Landnutzung von zentraler Bedeutung sind, sowie der Beitrag der Region zum Klimaschutz durch Kohlenstoffspeicherung.

Indikatorgruppe 1.1: Fläche

Indikator 1.1.1: Nutzfläche der Betriebe (statisch; F6, L7)

Dieser Indikator beschreibt die mittlere Flächengröße der land-/forstwirtschaftlichen Betriebe in der Region. Für die landwirtschaftlichen Betriebe wurden Werte aus den InVeKoS-Daten abgeleitet. Betriebsgröße und Schlaggröße wurden nur für 2010 ausgewiesen und nicht modelliert.

Indikator 1.1.2: Größe der Schläge bzw. Bestände (statisch; F4, L7)

Es werden die jeweiligen mittleren Schlaggrößen bzw. Größen der Waldbestände (Bewirtschaftungseinheiten) in den Regionen betrachtet, da sich die Schlaggröße (Abteilungsgröße) auf den wirtschaftlichen Erfolg der Flächennutzung auswirkt. Durchschnittlich größere Bewirtschaftungseinheiten bringen in der Regel deutliche wirtschaftliche Vorteile (s. u. a. ENGELHARDT 2004). Der hier gegenüber kleineren Flächen geringere prozentuale Anteil der Rüst- bzw. Nebenzeiten und des Vorgehendes (Landwirtschaft) senkt nicht nur die variablen Maschinenkosten, sondern auch den Arbeitszeitbedarf und somit die Arbeitskosten. Die Werte wurden im

Rahmen des Projektes hinsichtlich der Waldgebiete aus den vorliegenden Forsteinrichtungswerken ermittelt, die landwirtschaftlichen Schlaggrößen wurden aus den InVeKoS-Daten abgeleitet.

Indikatorgruppe 1.2: Boden

Indikator 1.2.1: Nutzbare Feldkapazität (statisch; F1)

Die Nutzbare Feldkapazität (NFK) beschreibt die Größe des pflanzenverfügbaren Bodenwasserspeichers in mm bis zu einer bestimmten Tiefe (Landwirtschaft: meist 1 m, Forstwirtschaft: Humusauflage zzgl. 1 m Mineralboden) für grundwasserferne Böden (maßgeblich bestimmt durch die Bodenart), aber nicht dessen aktuellen Füllstand. Die Nutzbare Feldkapazität hat eine hohe Bedeutung bei Fragen zur Wasserversorgung der Pflanzen, der Pflanzenverfügbarkeit von wasserlöslichen Nährstoffen, der Auswaschung wasserlöslicher Stoffe sowie der Bewässerung. Die NFK wurde aus der Nutzungsdifferenzierten Bodenübersichtskarte 1:1 Mio. (BÜK1000N), getrennt nach forst- und landwirtschaftlichen Flächen abgeleitet.

Indikator 1.2.2: Ertragspotenzial (statisch; F1, L3)

Das Ertragspotenzial gibt einen Hinweis auf die Eignung des Bodens für den Anbau und die Nutzungsmöglichkeiten bestimmter Baum- und Fruchtarten. Der Indikator wurde für die Waldflächen als Nährstoffziffer nach ALBERT et al. (2016) abgeleitet und für landwirtschaftlich genutzte Böden über die Bodenpunkte (Ackerzahl, Grünlandzahl) quantifiziert.

Indikatorgruppe 1.3: Wald

Der aktuelle Zustand des Waldes ist in einer eigenen Indikatorgruppe erfasst, da dieser zwangsläufig die mittelfristige Entwicklung des Waldes – auch als „Dauerkultur“ der Landnutzung bezeichnet – vorrangig bestimmt. Die Langlebigkeit von Wäldern, insbesondere auch im Vergleich mit landwirtschaftlichen Kulturen, bedingt, dass die einmal im Rahmen ihrer Bewirtschaftung getätigten Entscheidungen/Investitionen nur schwer umkehrbar sind und sich daher das System „Wald“ aus einer einmal eingeschlagenen Richtung nicht kurzfristig umsteuern lässt.

Indikator 1.3.1: Altersklassenaufbau (F4)

Bei diesem Indikator wird die Zusammensetzung der Waldflächen nach den Altern der darauf stehenden Bestände und ihrer Abweichung vom Normalwald⁷ in 20 Jahre umfassenden Altersklassen betrachtet. Der Indikator beschreibt den Anteil der Bestände, die getauscht werden müssten, um eine gleichmäßige Altersklassenverteilung zu erreichen und kann daher Werte zwischen 0 und 0,5 annehmen. Der Indikator wird auf Basis von simulierten Beständen (WaldPlaner, HANSEN u. NAGEL

⁷ Normalwald: Klassisches Idealmodell für eine nachhaltige, schlagweise Waldbewirtschaftung. Dabei gelten folgende Bedingungen: Gleich große Bestände (homogene Baumartenmischung o. eine einzelne Baumart) in allen Altersstufen, Vollbestockung bzw. gleiche Bestockungsdichte, gleiche Ertrags- und Zuwachsverhältnisse sowie gleiche Holzqualität auf ganzer Fläche.

2014) berechnet, die zum Startzeitpunkt das Alter aus Forsteinrichtungsinformationen erhalten haben. Der optimale Indikatorwert ist dabei 0. Da auf den Wert 0 zugehend der Nutzen immer geringer zunimmt, wurde eine asymptotische Bewertungsfunktion gewählt (s. Abb. 26).

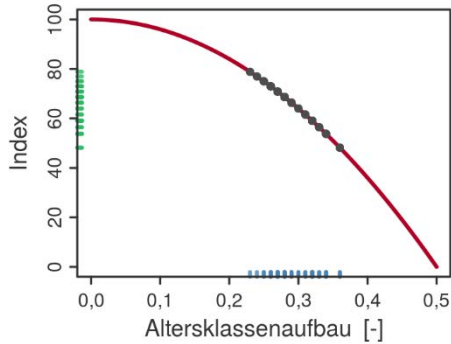


Abbildung 26: Bewertungsfunktion des Altersklassenaufbaus (rote Linie), alle in der Szenarioanalyse vorkommenden Indikatorwerte (blaue Punkte auf der X-Achse) sowie die resultierenden Indizes (grüne Punkte auf der Y-Achse)

Indikator 1.3.2: Holzvorrat (F4)

Als Indikator dient hier der mittlere Derbh Holzvorrat (oberirdische Holzmasse ab 7 cm Durchmesser) der Bestände im Modellbetrieb in Vorratsfestmeter je Hektar. Diese Werte wurden basierend auf einer simulierten Entwicklung der Waldbestände ermittelt. Angestrebt wird ein möglichst hoher Derbh Holzvorrat. Der Maximalwert der Bewertungsfunktion von 400 Vfm entspricht einer ertragsstarken Betriebsklasse im Untersuchungsgebiet (s. Abb. 27).

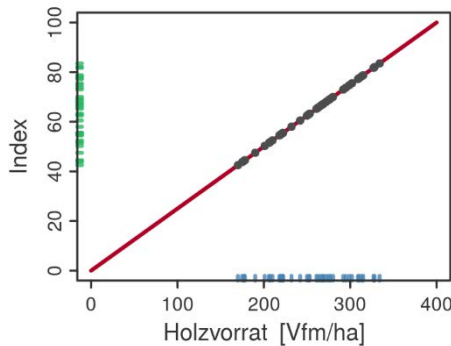


Abbildung 27: Bewertungsfunktion des Holzvorrats

Indikator 1.3.3: Holzzuwachs (F4)

Der Indikator beschreibt den mittleren laufenden Zuwachs der Bestände in der Modellregion in Vorratsfestmetern je Hektar und Jahr. Der Holzzuwachs wurde über die simulierte Entwicklung der Waldbestände ermittelt. Es wird ein möglichst hoher Zuwachs angestrebt. Als Maximalwert wurde der maximale durchschnittliche Gesamtwuchs (dGZ_{\max}) der II. Ertragsklasse Douglasie (12,9 Vfm/ha/a) gewählt, da die mittlere Oberhöhe der Douglasie über alle Regionen und Simulationsperioden einer solchen Ertragsklasse entspricht (s. Abb. 28).

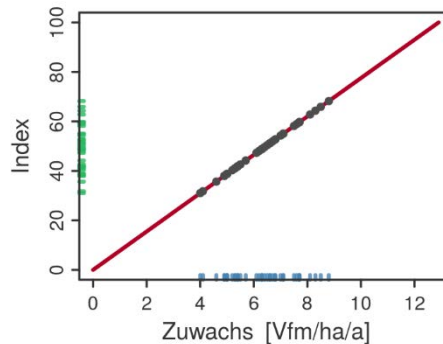


Abbildung 28: Bewertungsfunktion des Holzzuwachses

Indikatorgruppe 1.4: Wasser

Die Wasserqualität wird anhand chemischer Eigenschaften des Sicker- und Grundwassers sowie der Menge der Grundwasserneubildung beschrieben.

Indikator 1.4.1a: Nitratgehalt im Sickerwasser (F1, L3)

Die Qualität der Einträge in das Grundwasser wird mittels der Kenngröße Nitratgehalt im Sickerwasser beschrieben. Da das Sickerwasser auf dem Weg zum Grundwasser weitere Prozesse durchläuft, wurden für Grund- und Sickerwasser unterschiedliche Bewertungsfunktionen gewählt. Der Nitratgehalt des Sickerwassers unter forstwirtschaftlichen Flächen wurde durch eine Koppelung des bodenchemischen Modells VSD+ (BONTEN et al. 2016) mit dem Wasserhaushaltsmodell WaSiM-ETH (SCHULLA 2015) und dem WaldPlaner (HANSEN u. NAGEL 2014) bestimmt und unter landwirtschaftlichen Flächen mit dem Modell HERMES (KERSEBAUM 2007).

Die Bewertungsfunktion ist in Anlehnung an die FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT WESER (2009) definiert. Bis zu einem Gehalt von bis zu 10 mg/l erhält der Indikator den Wert 100 und ab 100 mg/l den Wert 0. Der Grenzwert von 50 mg/l der Trinkwasserverordnung (BMG u. BMVEL 2001) teilt den Index bei 50 (s. Abb. 29).

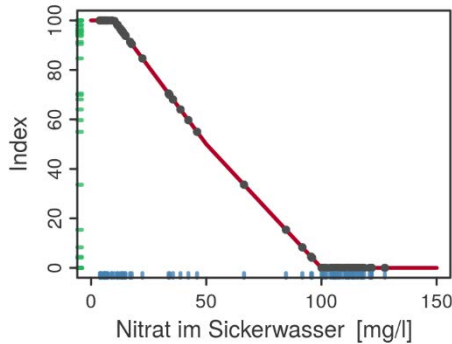


Abbildung 29: Bewertungsfunktion des Nitratgehaltes im Sickerwasser

Indikator 1.4.1b: Nitratgehalt im Grundwasser (W1a)

Zur Kennzeichnung der Trinkwasserqualität erfolgt eine Beurteilung der Grundwasserqualität nach der Kenngröße Nitratgehalt im Grundwasser. Die Indikatorwerte wurden für die Pegeleinzugsgebiete der Modellregionen mit dem Wasserhaushaltsmodell SWAT (ARNOLD et al. 1998) ermittelt. Dabei werden die Werte nicht direkt modelliert, sondern über die vom Modell berechneten Nitratkonzentrationen des Grundwasserzuflusses zum Vorfluter geschätzt. Da im Grundwasserleiter Abbauprozesse stattfinden, fallen die so geschätzten Werte kleiner aus, als sie im oberen Grundwasserleiter des Einzugsgebietes gemessen werden können.

Die Bewertungsfunktion ist über mehrere Stützstellen definiert (s. Abb. 30). Von 0 mg/l bis zum untersten Grenzwert von 1 mg/l Nitrat (Critical Limit für die Bodenlösung, DE VRIES et al. 2015) erhält der Indikator den Index 100. Danach fällt er linear bis zum Frühwarnwert der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 1998) von 25 mg/l auf einen Index von 75. Anschließend fällt er linear bis zum Grenzwert der Wasserrahmenrichtlinie, nach dem eine Trendumkehr einzuleiten ist (37,5 mg/l), auf den Wert 50. Beim Grenzwert der Trinkwasserverordnung (50 mg/l) (BMG u. BMVEL 2001) ist dann der Indikatorwert 0 erreicht.

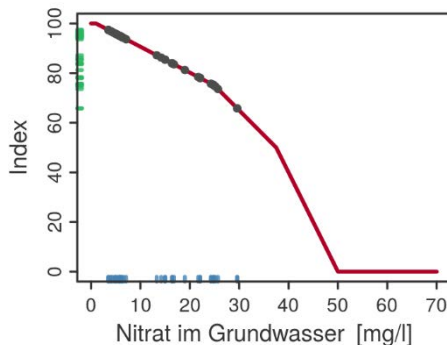


Abbildung 30: Bewertungsfunktion des Nitratgehaltes im Grundwasser

Indikator 1.4.2: Grundwasserneubildung (W1a, F1)

Die Grundwasserneubildung bezeichnet die Zuführung von infiltriertem Wasser zum Grundwasser und dessen dadurch stattfindende Ergänzung. Die Grundwasserneubildung kann auch als (nachhaltig) „nutzbare Grundwassermenge“ bezeichnet werden, da eine langfristige Grundwasserentnahme oberhalb der Grundwasserneubildung die Grundwassermenge insgesamt zwangsläufig verringern muss. Für die Grundwasserneubildung sind sowohl klimatische Faktoren (Niederschlag, Verdunstung) als auch Bodenfaktoren sowie die Vegetationsbedeckung, die wiederum durch die Nutzung gesteuert wird, bedeutsam.

Als Indikator wird hier die Grundwasserneubildungsrate in Millimeter pro Jahr betrachtet. Die Grundwasserneubildung wurde sowohl für die Pegeleinzugsgebiete der Modellregionen mit dem Wasserhaushaltsmodell SWAT als auch für die forst- und landwirtschaftlichen Flächen mit dem Modellen WaSiM-ETH bestimmt. Als Maximalwert der Bewertungsfunktion wurde die maximale Grundwasserneubildung im Untersuchungsgebiet (300 mm/a) gemäß des Hydrologischen Atlases von Deutschland (BMU 2003) gewählt. Der Minimalwert wurde bei einer Grundwasserneubildung von 0 mm (Aufbrauch) gesetzt (s. Abb. 31).

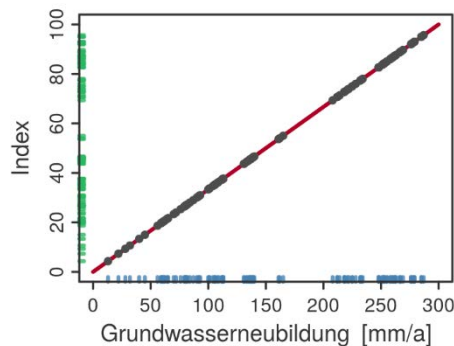


Abbildung 31: Bewertungsfunktion der Neubildungsrate für Grundwasser

Indikator 1.4.3: Grundwasseranschluss (statisch; F1)

Dieser Indikator quantifiziert den Flächenanteil der Modellregion mit Anschluss an das Grundwasser. In Anlehnung an WESSOLEK et al. (2009) liegt dann ein Grundwasseranschluss vor, wenn der von der Bodenart abhängige kapillare Aufstieg aus dem Grundwasser bis an die Untergrenze des Wurzelraumes heranreicht, die sich auf einen Abstand von max. 2,5 m unter Flur bezieht. Dabei ist zu beachten, dass die Aufstiegsraten bei großen Abständen sehr gering ($< 0,3$ mm/d) sind. Erst ab Abständen zwischen 1 bis 1,5 m und weniger kommt es zu bedeutenden kapillaren Aufstiegsraten von > 1 mm/d. Da die Durchwurzelungstiefe der meisten Bestände in den Modellregionen zwischen 1 und 2,0 m liegt (in Anlehnung an RAISSI et al. 2009) wurde als untere Grenze ein Flurabstand von 2,5 m angenommen.

Indikator 1.4.4a: Nitrat-Stickstoff-Gehalt im Fließgewässer (W1a)

Die Beurteilung der Oberflächenwasserqualität erfolgt anhand des Nitrat-Stickstoffgehaltes unter Heranziehung der Grenzwerte für Trinkwasser. Die Indikatorwerte wurden für die Pegelzugsgebiete der Modellregionen mit dem Wasserhaushaltsmodell SWAT ermittelt. Die Bewertungsfunktion ist über mehrere Stützstellen entsprechend den sieben Güteklassen der LAWA-Richtlinie (LAWA 1998) definiert (s. Abb. 32).

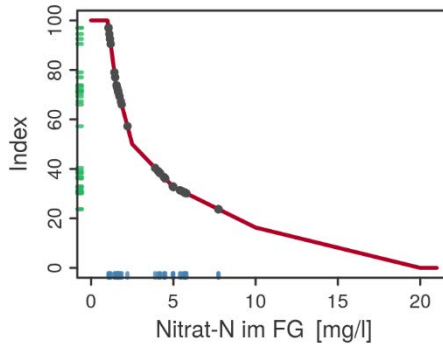


Abbildung 32: Bewertungsfunktion des Nitrat-N-Gehaltes im Fließgewässer (FG)

Indikator 1.4.4b: Ortho-Phosphat-P-Gehalt im Fließgewässer (W1a)

Der Nährstoffgehalt von Fließgewässern, als ein Merkmal zur Charakterisierung der Oberflächenwasserqualität, wird anhand ihres Ortho-Phosphat-P-Gehaltes beurteilt. Die Indikatorwerte wurden für die Pegelzugsgebiete der Modellregionen mit dem Wasserhaushaltsmodell SWAT ermittelt. Die Bewertungsfunktion ist über mehrere Stützstellen entsprechend den sieben Güteklassen der LAWA-Richtlinie (LAWA 1998) definiert (s. Abb. 33).

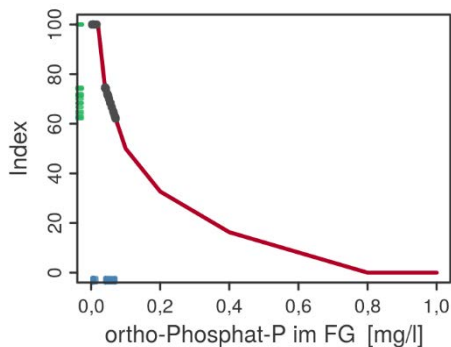


Abbildung 33: Bewertungsfunktion des Ortho-Phosphat-P-Gehaltes im Fließgewässer (FG)

Indikator 1.4.5: Abflusspende (W1a)

Unter der Abflusspende versteht man die Menge des Abflusses bezogen auf die Fläche des Einzugsgebietes eines Fließgewässers (DIN 4049). Die Abflusspende ermöglicht einen Vergleich zwischen Einzugsgebieten unter Berücksichtigung unterschiedlicher geologischer Beschaffenheit, Vegetation und Klimaausprägung. Die Indikatorwerte wurden für die Pegelinzugsgebiete der Modellregionen mit dem Wasserhaushaltsmodell SWAT ermittelt.

Die Stützstellen der Bewertungsfunktionen wurden als prozentuale Anteile bzw. Vielfache der langjährigen mittleren Abflusspenden (M_q) der jeweiligen Einzugsgebiete definiert (gebietsspezifische Funktionen). Den Index 100 erhält der Bereich von 100 % bis 125 % der M_q . Beim „Soll-Minimum-Wert“ 87,5 % M_q beträgt der Index 75, beim „unteren Toleranzwert“ 75 % M_q sinkt der Index auf 50 und beim „minimalen Toleranzwert“ 50 % M_q fällt er auf 0. Beim „Soll-Maximum-Wert“ 200 % M_q beläuft sich der Index auf 75, beim „oberen Toleranzwert“ 250 % M_q verringert er sich auf 50 und beim „maximalen Toleranzwert“ 300 % M_q sinkt er auf 0 (s. Abb. 34).

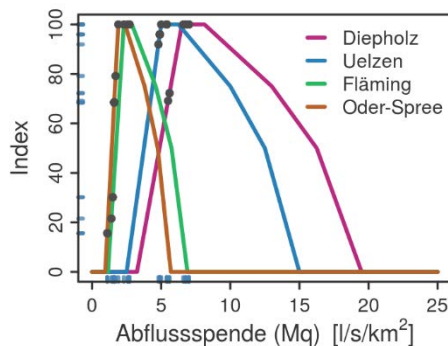


Abbildung 34: Bewertungsfunktion der Abflusspende (M_q : mittlere Abflusspende)

6.2.1.2 Kriterium 2: Stabilität

Dieses Kriterium beschreibt die Gefährdung eines Landnutzungssystems durch externe bzw. interne Störungen (Risiken), die von nicht direkt kontrollierbaren Ereignissen ausgehen und dessen Management auf mehr oder weniger vorhersagbare Weise beeinflussen. Dabei werden externe Störungen (Risiken) außerhalb des betrachteten bzw. gesteuerten Systems generiert, während sich interne Störungen (Systemrisiken) ungewollt als auftauchende Eigenschaften im Rahmen des Funktionierens des Systems einstellen (u. a. WILLKE 2002).

Indikatorgruppe 2.1: Ausfälle und Gegenmaßnahmen

Indikator 2.1.1a: Windwurfrisiko (F4)

Die Schädigung von Waldbeständen durch Stürme ist ein bedeutendes abiotisches Risiko für die Forstwirtschaft im Norddeutschen Tiefland. Das Windwurfrisiko wird hier als Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines starken Sturmes multipliziert mit dem dadurch verursachten Ausfall (Schadensausmaß) angegeben. Auf Basis der simulierten Waldbestände wird das Schadensausmaß als kalamitätsbedingter Vorratsanteil mit dem Sturmwurfmodell von SCHMIDT et al. (2010) in Verbindung mit der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Starksturmereignisses auf der Basis retrospektiver DWD-Messdaten für jeden Bestand geschätzt. Die Grenzen der Bewertungsfunktion liegen zwischen 0 und 10 % des stehenden Holzvorrates in einer Region, der jährlich als Kalamitätsholz anfallen würde (s. Abb. 35).

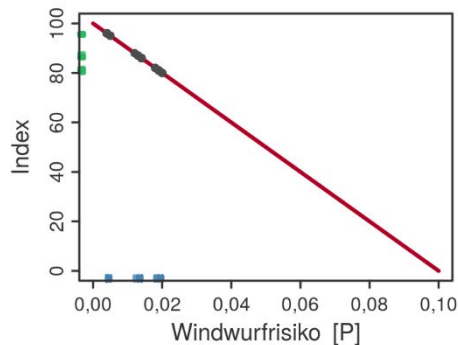


Abbildung 35: Bewertungsfunktion des Risikos von Sturmschäden in Wäldern

Indikator 2.1.1b: Waldbrandrisiko (F1)

Das Waldbrandrisiko ist als durchschnittlich erwartete jährliche Waldbrandfläche (Anteil an der Gesamtwaldfläche pro Jahr) definiert. Auf Basis des Klimaszenarios wurde mit dem Forest Fire Weather Index (FWI, VAN WAGNER 1987) die Anzahl der Tage mit erhöhtem Waldbrandrisiko berechnet und mit einer für Sachsen-Anhalt ermittelten empirischen Beziehung in die erwartete Waldbrandfläche umgerechnet. Dabei wurden baumarten- und regionsspezifische Waldbrandflächenanteile als Korrekturfaktoren verwendet. Aus der Waldbrandstatistik von 1990-2014 ergab sich eine jährliche Waldbrandfläche von 0,1 % der Gesamtwaldfläche als Maximalwert für die Bewertungsfunktion (s. Abb. 36).

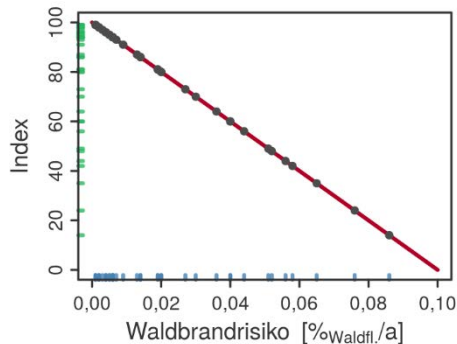


Abbildung 36: Bewertungsfunktion des Risikos von Bränden in Waldbeständen

Indikator 2.1.1c: Trockenstress (F1)

Das Trockenstressrisiko wird über Schwellenwerte der Standortwasserbilanz (nach GRIER u. RUNNING 1977) berechnet. Die Standortwasserbilanz wird aus der Klimatischen Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (Niederschlag in der Vegetationsperiode und Grasreferenzverdunstung) und der nutzbaren Feldkapazität (BÜK1000) unter Berücksichtigung des Grundwasserflurabstandes (GWF) geschätzt (WAGNER et al. 2016). Hierbei wird unterstellt, dass bei einem GWF $\leq 2,5$ m kein Trockenstress auftritt. Des Weiteren wird angenommen, dass der Bodenwasserspeicher zu Beginn der Vegetationsperiode komplett gefüllt ist und die Standortwasserbilanz den Bäumen voll zur Verfügung steht. Die baumartenspezifischen Schwellenwerte beruhen auf Literaturlauswertungen und Experteneinschätzungen (SPELLMANN et al. 2007, 2011, SUTMÖLLER et al. 2008, OVERBECK et al. 2012). Das Trockenstressrisiko wird für jeden Einzelbaum eines Stichprobenpunktes bestimmt. Die Summe der gewichteten Einzelrisiken ergibt das Risiko der Region. Da das Trockenstressrisiko bereits über die Schwellenwerte bewertet und von 0 bis 100 skaliert ist, findet keine weitere Bewertung statt (s. Abb. 37).

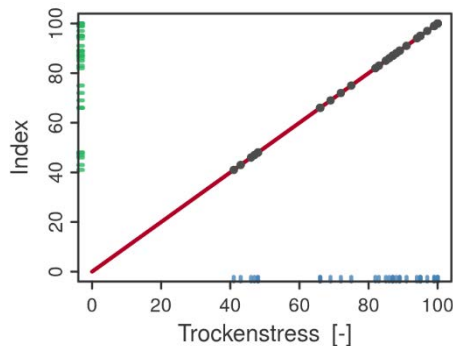


Abbildung 37: Bewertungsfunktion des Trockenstressrisikos von Waldbeständen

Indikator 2.1.2: Pflanzenschutz (F3a, L2)

Dieser Indikator beschreibt die Intensität der Behandlung von land- und forstwirtschaftlichen Flächen zum Schutz/Bekämpfung vor Krankheiten und Kalamitäten. Gemessen wird die Intensität mit dem Behandlungsindex, welcher die Anzahl von Pflanzenschutzmittel(PSM)-Anwendungen auf einer Fläche unter Berücksichtigung von Aufwandmengen (im Verhältnis zur zugelassenen Aufwandmenge) und Teilflächenbehandlungen abbildet.

Angestrebt wird ein möglichst geringer Behandlungsindex. Die landwirtschaftliche Bewertungsfunktion deckt den Bereich von 0 bis 8 ab, wobei 8 der höchste Behandlungsindex in den Untersuchungsregionen ist (s. Abb. 38). Auf den forstwirtschaftlichen Flächen wird nur der Pflanzenschutzmitteleinsatz zur Bekämpfung von Kieferngrößschädlingen beschrieben. Hier deckt die Bewertungsfunktion den Bereich von 0 bis 0,1 ab, der auf Erfahrungswerten aus vergangenen Behandlungen beruht und sich auf die kritischen Altersklassen der Kiefernwälder bezieht (hier finden nur Einsätze mit den zugelassenen Aufwandmengen statt und es wird nur bei einer existentiellen Bedrohung der Bestände durch Kahlfraß behandelt; s. Abb. 39).

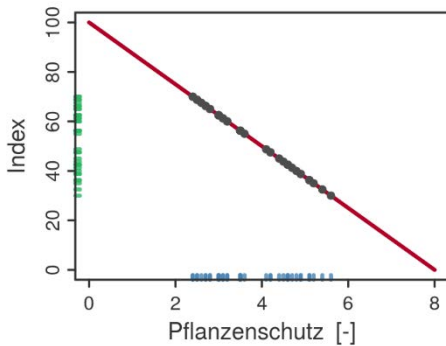


Abbildung 38: Bewertungsfunktion für die Intensität des landwirtschaftlichen Pflanzenschutzes

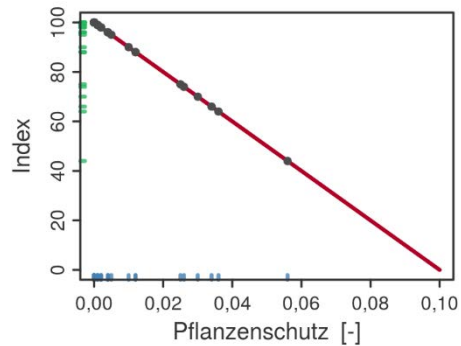


Abbildung 39: Bewertungsfunktion für die Intensität des forstlichen Pflanzenschutzes

Indikator 2.1.3: Bewässerungsbedarf (F1)

Ermittelt wird der Bewässerungsbedarf, um den heutigen Ertrag auf den Ackerflächen sicherzustellen, mit den Verknüpfungsregeln des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) (MÜLLER u. WALDECK 2011), die für verschiedene Frucht- und Getreidearten in Abhängigkeit von der Klimatischen Wasserbilanz Bewässerungsmengen angeben. Die Bewertungsfunktion deckt den Bereich 0 bis 220 mm/a ab, wobei ein hoher Bewässerungsbedarf zu niedrigen Indizes führt (s. Abb. 40).

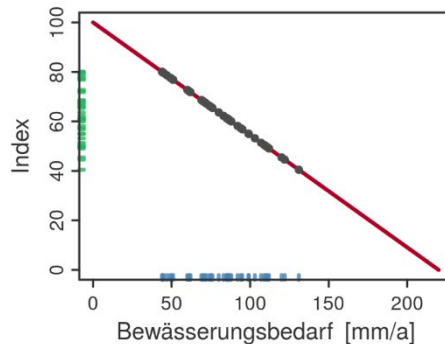


Abbildung 40: Bewertungsfunktion des Bewässerungsbedarfs landwirtschaftlicher Flächen

Indikator 2.1.4: Sonstiger Aufwand/Minderertrag (L5)

Der Indikator erfasst die durch Klimaveränderungen zu erwartenden Mindererträge in der Tierproduktion (Euro je Tier und Jahr). Die Fleischproduktion ist aufgrund von effizienten Anpassungsmechanismen nicht unmittelbar von Mindererträgen durch Hitzestress betroffen. Die Mindererträge lassen sich nur schwer abschätzen. Insgesamt kann jedoch davon ausgegangen werden, dass diese gering sind.

Für die Milchproduktion sind jedoch bei Überschreitung bestimmter Schwellenwerte signifikante Ertragseinbußen zu erwarten. Oberhalb eines Temperatur-Luftfeuchtigkeits-Index (THI) von 60 Punkten sinkt die Milchmenge um 0,26 kg pro THI-Punkt (BRÜGEMANN et al. 2012). Mit Hilfe der Klimaszenarien wurden die Anzahl Tage mit Hitzestresskonditionen (THI > 60) in den einzelnen Zeitscheiben berechnet. Ausgehend von diesen Werten konnten die zukünftig zu erwartenden Mindererträge pro Kuh und Jahr abgeleitet werden. Die Bewertungsfunktion deckt innerhalb der Modellregionen den Bereich von 0 bis 80 €/Tier/a ab. Je geringer die Mindererträge ausfallen, desto höher ist der Index (s. Abb. 41).

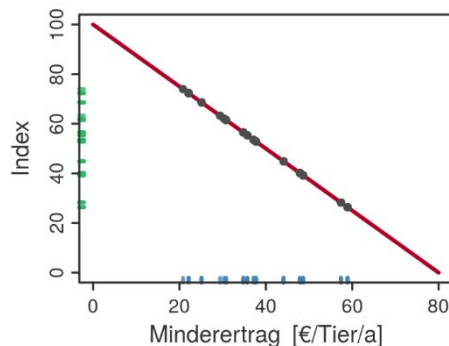


Abbildung 41: Bewertungsfunktion der Mindererträge in der Tierhaltung

Indikatorgruppe 2.2: Bodenzustand

Indikator 2.2.1: Stickstoffsaldo (F1, L6)

Der Indikator beschreibt die Versorgung des Ökosystems mit Stickstoff und berechnet sich als Differenz aller Einträge und Austräge von Stickstoff in die betrachteten agrarisch oder forstlich genutzten Ökosysteme. Er deckt Überschüsse und Defizite auf. Für die landwirtschaftlichen Flächen wurde das Modell REPRO (u. a. HÜLSBERGEN u. DIEPENBROCK 1997, HÜLSBERGEN et al. 2000, HÜLSBERGEN 2003b) verwendet. Auf den forstlich genutzten Flächen erfolgte die Modellierung bestandesweise mit dem Modell VSD+ (BONTEN et al. 2016). Die Bewertung der landwirtschaftlichen N-Salden orientiert sich an CHRISTEN et al. (2009). In der Annahme, dass Stickstoffverluste nie vollständig zu vermeiden sind und bis zu einer Höhe von 50 kg N/ha/a auch keine gravierenden ökologischen Schäden hervorrufen, reicht der Optimalbereich von 0 bis 50 kg N/ha/a (s. Abb. 42). Bei einer Über- bzw. Unterschreitung des optimalen Wertebereichs wird eine nicht nachhaltige Bewirtschaftung unterstellt. Die Bewertung der N-Salden auf den forstwirtschaftlichen Flächen erfolgt mit einer Optimumskurve in Form einer Parabel, bei der ein ausgeglichener N-Saldo optimal ist (s. Abb. 43).

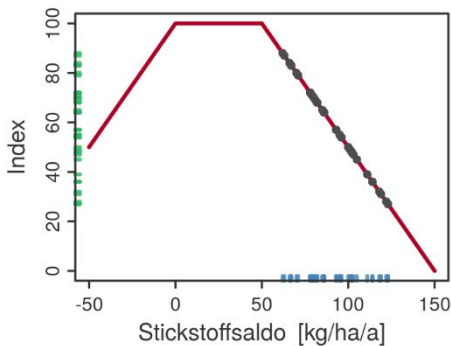


Abbildung 42: Bewertungsfunktion des landwirtschaftlichen Stickstoffsaldo

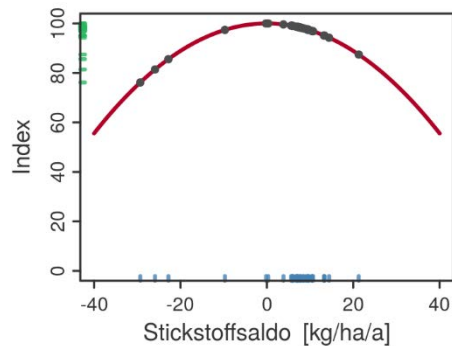


Abbildung 43: Bewertungsfunktion des Stickstoffsaldo auf forstwirtschaftlichen Flächen

Indikator 2.2.2: Phosphorsaldo (L6)

Der Indikator weist Überschüsse bzw. Defizite der Phosphorversorgung landwirtschaftlicher Flächen aus. Er wird mit dem Modell REPRO modelliert. Die Bewertung erfolgt nach CHRISTEN et al. (2009). Im Bereich von -5 bis 5 kg/ha/a entspricht der Nährstoffsaldo den Anforderungen einer wirtschaftlichen und umweltschonenden Versorgung, daher wird hier der Index gleich 100 gesetzt. Bilanzen im Bereich von -25 bis 25 kg/ha/a entsprechen einem Düngemanagement nach der derzeitigen guten fachlichen Praxis. Sie gelten als noch tolerierbar und erhalten den Index 75. Mit einer weiteren Abweichung erfolgt dann eine verstärkte Abwertung in der Indizierung (s. Abb. 44).

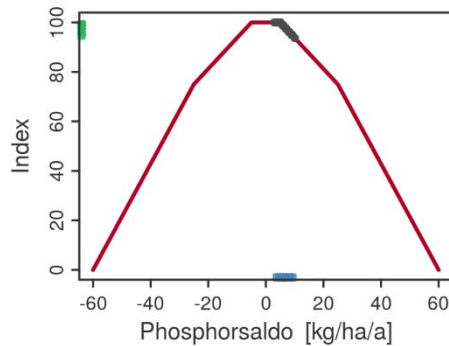


Abbildung 44: Bewertungsfunktion des Phosphorsaldos auf landwirtschaftlichen Flächen

Indikator 2.2.3: Humussaldo (F1, L3, L6)

Der Humussaldo beschreibt die Veränderung der Humusvorräte und steht in einem mehr oder weniger engen Zusammenhang mit der Nährstoffverfügbarkeit für Pflanzen und Mikroorganismen. Er ist ein wichtiger Indikator zur Beschreibung der Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit. Während eine Abnahme der Humusvorräte einer Verringerung der Bodenfruchtbarkeit entspricht, erhöht eine zu starke Humusakkumulation das Risiko von unkontrollierten Stickstofffreisetzungen. Für die landwirtschaftlichen Flächen wurden nach dem Methodenhandbuch des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) nach KÖRSCHENS et al. (2004) die durch die Bewirtschaftung zu erwartenden Veränderungen der Humusvorräte auf Schlag-, Fruchtfolge- oder Betriebsebene abgeschätzt bzw. mit dem Modell REPRO als Schlag- oder Hoftorbilanz ermittelt. Auf den forstwirtschaftlichen Flächen erfolgte die Modellierung bestandesweise mit dem Modell Yasso07 (TUOMI et al. 2009).

Die Bewertung der landwirtschaftlichen Humus-Salden erfolgt im Anhalt an die VDLUFA (KÖRSCHENS et al. 2004) nach CHRISTEN et al. (2009; s. Abb. 45). Im Optimalbereich (-75 bis 100 kg C/ha/a) entspricht die Humuszufuhr etwa dem Humusbedarf. Bei Über- bzw. Unterschreitung dieses Bereiches liegt eine noch tolerierbare Bewirtschaftung vor (-200 bzw. 300 kg C/ha/a). Eine langjährige Humus-Unterversorgung bewirkt einen Humusabbau im Boden mit negativen ökologischen Folgen, während eine extreme Überversorgung zu unkontrollierbaren Mineralisierungsschüben führen kann.

Aufgrund der höheren Humusvorräte erfolgt in der Forstwirtschaft eine abweichende Bewertung: Als extrem starke Humusverluste (Index = 0) werden jährliche Humusverluste von 500 kg C/ha gewertet und als extrem hohe Humusakkumulationsraten 1000 kg C/ha/a. In Relation dazu werden 10 % des jeweiligen Extremwertes noch als optimal eingestuft und die dazwischenliegenden Raten erhalten eine proportionale Einordnung (s. Abb. 46).

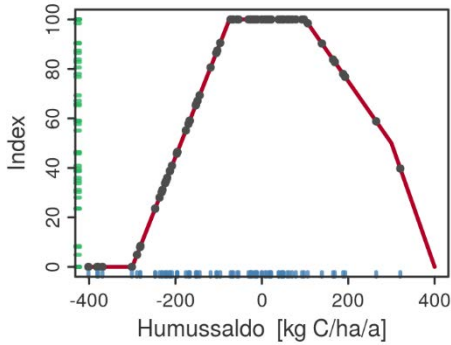


Abbildung 45: Bewertungsfunktion des Humussaldos landwirtschaftlicher Flächen

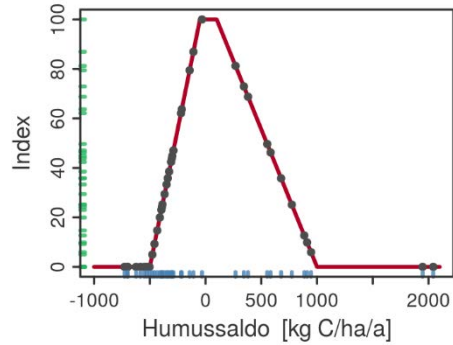


Abbildung 46: Bewertungsfunktion des Humussaldos forstlich genutzter Flächen

Indikatorgruppe 2.3: Netto-Treibhausgasemissionen

Die Beiträge der jeweiligen Landnutzungsformen zum Klimaschutz durch Bindung von Kohlenstoff werden mit den jährlichen Netto-Emissionen an CO_2 bzw. CO_2 -Äquivalenten beschrieben.

Indikator 2.3.1: Kohlenstoffdioxid (CO_2 ; F1, L4, L6)

Die Netto-Emissionen werden durch eine Bilanzierung des in den Ökosystemen und in langlebigen Produkten aufgenommenen bzw. von ihnen emittierten bzw. bei ihrer Bewirtschaftung freigesetzten Kohlenstoffdioxids in Tonnen CO_2 je Hektar und Jahr ermittelt. Im Sektor Forstwirtschaft werden als Speicher der Boden (modelliert mit Yasso07), die lebende Biomasse, das Totholz und die Holzprodukte berücksichtigt und der Maschineneinsatz als Quelle gegengerechnet. Die energetischen Substitutionseffekte des Ersatzes fossiler Brennstoffe durch geerntetes Holz fanden in Anlehnung an KNAUF et al. (2015) und RÜTER (2011) ebenfalls Eingang in die Bilanzierung, während die zurzeit etwa gleich hohen Effekte einer stofflichen Substitution energieaufwendig herzustellender Bau- und Werkstoffe durch Holz unberücksichtigt blieben. Für die Landwirtschaft wurden mit dem Modell REPRO CO_2 -Emissionen beim direkten und indirekten Einsatz fossiler Brennstoffe und C-Bindung bzw. -Freisetzung beim Humusaufbau bzw. Humusabbau berücksichtigt. Für die Grünlandbewirtschaftung wurden die Netto-Emissionen anhand von Literaturstudien, Daten der statistischen Ämter des Bundes und der Länder, Bodenkarten, eigenen Daten und Expertenmeinungen abgeschätzt. Die Bewertungsfunktion deckt den Bereich von -10 (Senke) bis 10 (Quelle) $\text{tCO}_2/\text{ha}/\text{a}$ ab. Je mehr CO_2 gebunden wird, desto höher ist die Klimaschutzwirkung und der Index (s. Abb. 47).

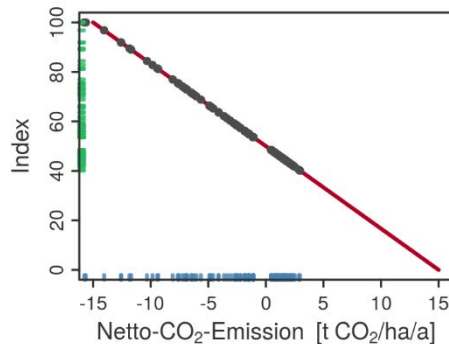


Abbildung 47: Bewertungsfunktion der Kohlenstoffdioxid-Emissionen

Indikator 2.3.2: Methan (CH₄; L5)

Der Indikator beschreibt die Menge der in der Tierproduktion freigesetzten Methan-Emissionen. Die zeitliche Entwicklung orientiert sich an der zu erwartenden Entwicklung der Viehbestände in den Modellregionen. Hierzu wurden die Viehzahlen auf Landkreisebene von 1990 bis 2010 statistisch ausgewertet und mit Hilfe eines linearen Modells extrapoliert. Auf der Grundlage von Literaturangaben wurden mit spezifischen Emissionsfaktoren die Methan-Emissionen aus der Rinder- und Schweinehaltung abgeschätzt (UBA 2002). Dabei wurden nicht nur die direkten Emissionen aus dem Verdauungstrakt der Nutztiere, sondern auch die indirekte Methan-Freisetzung aus deren Exkrementen berücksichtigt. Zur Erhöhung der Vergleichbarkeit wurden die Methan-Emissionen (kg CH₄/Tier/Jahr) anschließend in CO₂-Äquivalente je Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche und Jahr überführt (IPCC 2014). Die Bewertungsfunktion deckt den Bereich von -10 bis 10 t CO₂/ha/a ab. Je weniger CO₂-Äquivalente emittiert werden, desto höher der Index (s. Abb. 48).

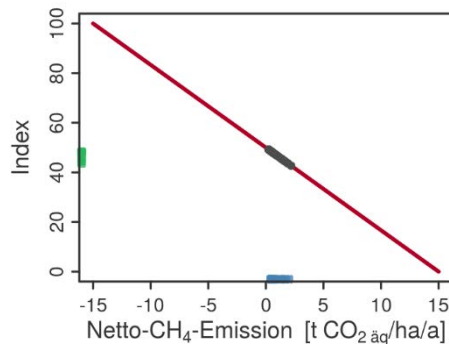


Abbildung 48: Bewertungsfunktion der Methan-Emissionen der Tierproduktion

Indikator 2.3.3: Lachgas (N_2O ; L6)

Lachgas entsteht vor allem aus den Stickstoffüberschüssen der landwirtschaftlichen Düngung. Es werden die Netto-Emissionen von Lachgas, gemessen in Tonnen CO_2 -Äquivalente je Hektar und Jahr, erfasst. Die Bilanzierung erfolgt mit Hilfe des Modells REPRO. Die Bewertungsfunktion deckt den Bereich von -10 bis 10 $tCO_2/ha/a$ ab (s. Abb. 49).

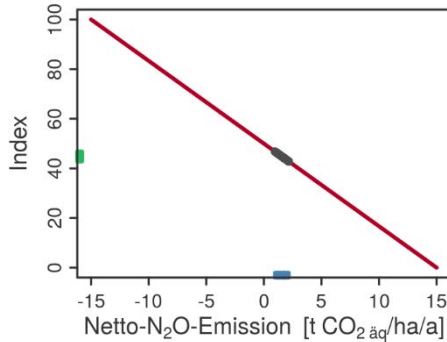


Abbildung 49: Bewertungsfunktion der Lachgas-Emissionen aus der landwirtschaftlichen Produktion

6.2.1.3 Kriterium 3: Produktivität

Das Kriterium Produktivität beschreibt das Verhältnis zwischen produzierten Gütern und den dafür benötigten Produktionsfaktoren. Es ist ein Ausdruck für die Leistungsfähigkeit von Volkswirtschaften, Wirtschaftszweigen und Betrieben.

Indikatorgruppe 3.1: Biomasseproduktion

Indikator 3.1.1: Rohholz (F4)

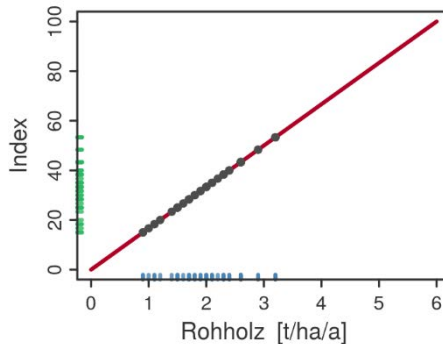


Abbildung 50: Bewertungsfunktion der Rohholzproduktion

Der Indikator charakterisiert die Produktion von Rohholz in Atro-Tonnen je Hektar und Jahr für die stoffliche bzw. energetische Nutzung. Die Nutzungsmenge wurde

mit dem Waldwachstumssimulator WaldPlaner modelliert. Die Maximalwert der Bewertungsfunktion ist 6 t/ha/a (s. Abb. 50) und entspricht damit dem Maximalwert des Zuwachses (siehe Indikator 1.3.3 Holzzuwachs).

Indikator 3.1.2: Ernteprodukte (L3)

Der Indikator quantifiziert die Produktion von Feldfrüchten und Grünlandprodukten (Futtermittel, Rohstoff für die Biogasproduktion etc.) in Atro-Tonnen je Hektar und Jahr. Er wird mit Hilfe der Fruchtartenanteile (MODAM-Ergebnisse) und der jeweiligen Erträge der bewerteten Fruchtarten berechnet. Die Bewertungsfunktion deckt den Bereich von 0 bis 20 t/ha/a ab (s. Abb. 51). Dabei entspricht der Index 100 den maximal erreichten Erträgen (Einzelwerte in den Regionen) während des gesamten Untersuchungszeitraumes in den Modellregionen.

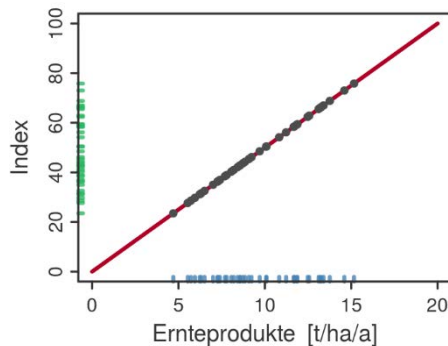


Abbildung 51: Bewertungsfunktion der Ernteprodukte

Indikator 3.1.3: Tierische Produkte (L5)

Der Indikator beschreibt die Anzahl der Großvieheinheiten (GVE) je Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche (NF) und Jahr. Durch die überregionale Verarbeitung des Schlachtviehs liegen keine Daten für die tatsächlich in den einzelnen Modellregionen produzierten Lebensmittel tierischer Herkunft vor. Daher erfolgt die Angabe der Biomasseproduktion näherungsweise anhand der in den einzelnen Modellregionen gehaltenen Rinder und Schweine (ohne Geflügel). Als Treiber für die Zeitscheiben diente die erwartete Entwicklung der Viehbestände in den einzelnen Modellregionen. Hierfür wurden die Viehzahlen auf Landkreisebene von 1990 bis 2010 statistisch ausgewertet und mit Hilfe eines linearen Modells extrapoliert. Auf der Grundlage von Literaturangaben wurden die prognostizierten Viehzahlen mit spezifischen Umrechnungsfaktoren in GVE überführt (STATISTISCHES BUNDESAMT 2014). Die Bewertungsfunktion deckt den Bereich von 0 bis 1,5 GVE/ha_{NF} ab. Je mehr GVE produziert werden, desto höher der Index (s. Abb. 52).

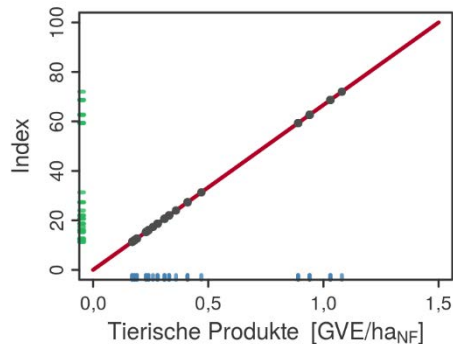


Abbildung 52: Bewertungsfunktion der tierischen Produktion (GVE: Großvieheinheiten; ha_{NF}: Hektar Nutzfläche)

Indikatorgruppe 3.2: Wassermenge

Indikator 3.2.1: Trink- und Brauchwassermenge (statisch; DH, UE, FL, OS)

Der Indikator quantifiziert die Wassermenge, die zur Nutzung als Trink- oder Brauchwasser bereitgestellt wird (ausgenommen Beregnung).

Indikator 3.2.2: Beregnungsmenge (statisch; DH, UE, FL, OS)

Der Indikator beruht auf der Wassermenge, die aktuell für die Beregnung von landwirtschaftlichen Kulturen eingesetzt wird.

6.2.1.4 Kriterium 4: Beschäftigung

Das Kriterium Beschäftigung beschreibt die Beschäftigungsmöglichkeiten, die durch die Flächennutzung in den Sektoren Land- und Forstwirtschaft in den Modellregionen entstehen.

Indikator 4.1.1: Arbeitsvolumen (F6, L7)

Der Indikator gibt die Summe der objektiv notwendigen Arbeitszeit in den Sektoren Land- und Forstwirtschaft in Arbeitsstunden je Hektar Nutzfläche und Jahr an. Die Kenngröße enthält alle Tätigkeiten, die unmittelbar auf der jeweiligen Nutzfläche ausgeführt werden – von der Kulturbegründung über Pflegearbeiten bis zur Ernte. Sie enthält das Arbeitsvolumen aller auf der Fläche Tätigen, unabhängig von ihrer Betriebszugehörigkeit. Dieses Arbeitsvolumen des Sektors berücksichtigt somit explizit auch Tätigkeiten, die von land- und forstwirtschaftlichen Dienstleistern (Lohnunternehmern) erbracht werden.

Im Bereich Forst wird das Arbeitsvolumen auf Basis der Modellbetriebssimulationen im WaldPlaner geschätzt. Das Arbeitsvolumen der Flächenverwaltung (inkl. Maßnahmenplanung und -vorbereitung) wird über alle Entwicklungspfade hinweg als konstant unterstellt und bleibt in der Bewertungsfunktion unberücksichtigt. Es geht dementsprechend nicht in diesen Indikator ein. Im Bereich Landwirtschaft

beruht die Abschätzung der Arbeitsvolumina auf der ökonomischen Modellierung der landwirtschaftlichen Betriebe mit MODAM. Zusätzlich findet ein pauschaler Ansatz der Arbeitszeit für das betriebliche Management im Anhalt an die Gemeinkostenkalkulation nach KTBL (Kuratorium für Technik u. Bauwesen i. d. Landwirtschaft e.V.) Eingang in das Arbeitsvolumen (s. Abb. 53).

Die Bewertungsfunktion deckt in der Forstwirtschaft den Bereich 0 bis 2,5 $h/ha_{NF}/a$ und in der Landwirtschaft 0 bis 33 $h/ha_{NF}/a$ ab. Ein hohes Arbeitsvolumen wird positiv bewertet, da hier die Bereitstellung von Arbeitsplätzen im Fokus steht (s. Abb. 54).

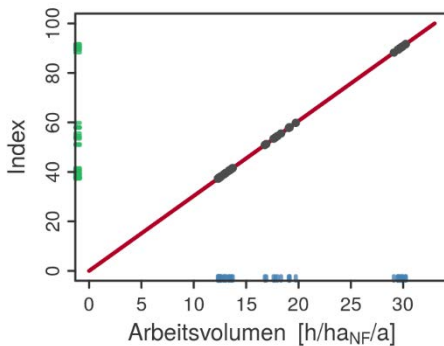


Abbildung 53: Bewertungsfunktion des Arbeitsvolumens landwirtschaftlicher Betriebe (ha_{NF} : Hektar Nutzfläche)

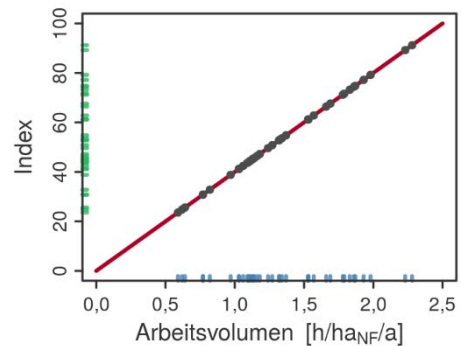


Abbildung 54: Bewertungsfunktion des Arbeitsvolumens forstwirtschaftlicher Betriebe (ha_{NF} : Hektar Nutzfläche)

6.2.1.5 Kriterium 5: Regionale Wertschöpfung

Das Kriterium der Wertschöpfung beschreibt hier den Beitrag der Landnutzungsbetriebe zum Sozialprodukt der Volkswirtschaft.

Indikator 5.1.1: Produktionswerte (F6, L7)

Dieser Indikator stellt die bewertete Gesamtproduktion in den Sektoren Land- und Forstwirtschaft in den Modellregionen bezogen auf die landwirtschaftliche bzw. forstliche Nutzfläche dar. Die Produktionswerte wurden auf Grundlage der Modellierungen der regionalen Modellbetriebe mit dem Modell MODAM (Landwirtschaft) und den forstwirtschaftlichen Simulationen für die regionalen Modellbetriebe ermittelt. Der Produktionswert wird als Nettoerlös aus dem Verkauf der Hauptprodukte (Weizen, Holz etc.) und ggf. anfallender Nebenprodukte (Stroh u. a.) verstanden. In der Forstwirtschaft wurden Erträge aus Jagd und sonstigen Nebennutzungen nicht berücksichtigt. Subventionen, insbesondere Flächenprämien, sind in den Kennwerten nicht enthalten. Die Bewertungsfunktion deckt in der Landwirtschaft den Bereich 0 bis 3.780 €/ha_{NF}/a (s. Abb. 55) und in der Forstwirtschaft den Bereich von 0 bis 500 €/ha_{NF}/a (s. Abb. 56).

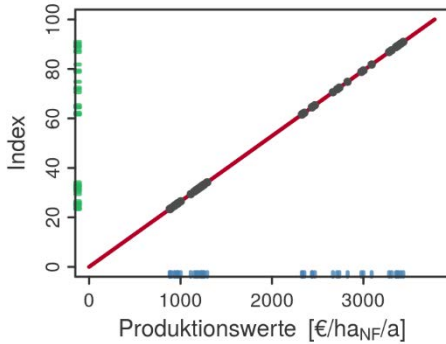


Abbildung 55: Bewertungsfunktion der zu erzielenden landwirtschaftlichen Produktionswerte (ha_{NF} : Hektar Nutzfläche)

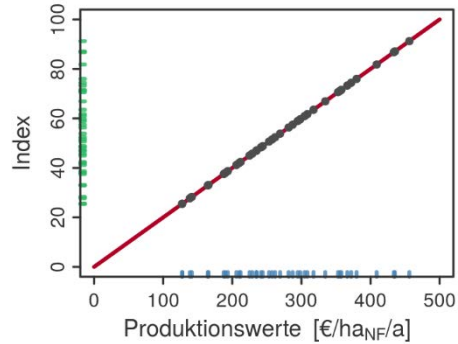


Abbildung 56: Bewertungsfunktion der zu erzielenden forstwirtschaftlichen Produktionswerte (ha_{NF} : Hektar Nutzfläche)

Indikator 5.1.2: Vorleistungen (F6, L7)

Der Indikator erfasst die im Produktionsprozess verbrauchten, verarbeiteten oder umgewandelten Waren und Dienstleistungen sowie Abschreibungen, jeweils bezogen auf die landwirtschaftliche bzw. forstliche Nutzfläche. Da land- und forstwirtschaftliche Lohnunternehmer jeweils als „dem Sektor zugehörig“ angesehen werden, erscheinen ihre Leistungen nicht in diesem Indikator. Berücksichtigung finden hingegen alle weiteren Dienstleistungen, die in einem direkten Zusammenhang zu der Flächenbewirtschaftung stehen, wie beispielsweise Bodenuntersuchungen, Wartungs- und Reparaturleistungen. Die Vorleistungen wurden auf Grundlage der Modellierung der regionalen Modellbetriebe mit dem Modell MODAM (Landwirtschaft) und den forstwirtschaftlichen Simulationen in Verbindung mit forstlichen Betriebsvergleichsdaten für die regionalen Modellbetriebe ermittelt.

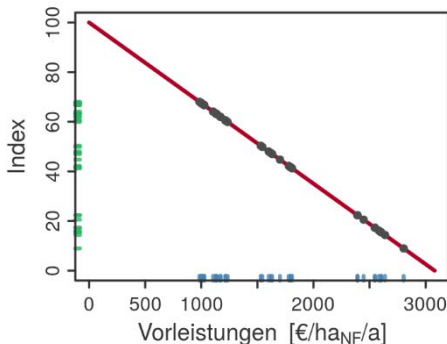


Abbildung 57: Bewertungsfunktion der landwirtschaftlichen Produktions-Vorleistungen (ha_{NF} : Hektar Nutzfläche)

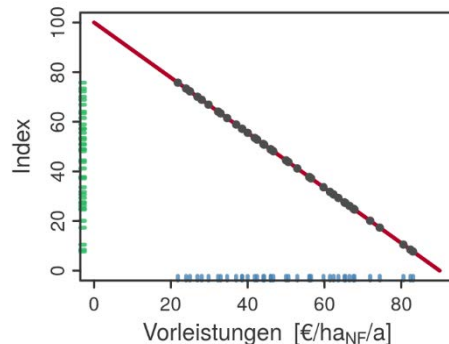


Abbildung 58: Bewertungsfunktion der forstwirtschaftlichen Produktions-Vorleistungen (ha_{NF} : Hektar Nutzfläche)

Die Bewertungsfunktion deckt in der Landwirtschaft den Bereich von 0 bis 3.080 €/ha_{NF}/a (s. Abb. 57) und in der Forstwirtschaft von 0 bis 90 €/ha_{NF}/a ab (s. Abb. 58).

Indikator 5.1.3: Nettowertschöpfung (F6, L7)

Die Nettowertschöpfung ergibt sich aus dem Produktionswert abzüglich aller Vorleistungen. Zur Ermittlung wurden auch die Vorleistungen für die Flächenverwaltung herangezogen. Die Nettowertschöpfung gibt somit den Teil der sektoralen Wertschöpfung an, der zur Deckung von Löhnen und Gehältern, Unternehmer-einkommen, Kapitalkosten, Flächenkosten, Risikokosten sowie als Betriebsgewinne verbleibt. Die Nettowertschöpfung wurde auf Grundlage der Modellierung der regionalen Modellbetriebe mit dem Modell MODAM (Landwirtschaft) und den forstwirtschaftlichen Simulationen für die regionalen Modellbetriebe ermittelt. Die Bewertungsfunktion deckt in der Landwirtschaft den Bereich von 0 bis 1.400 €/ha_{NF}/a (s. Abb. 59) und in der Forstwirtschaft von 0 bis 360 €/ha_{NF}/a ab (s. Abb. 60).

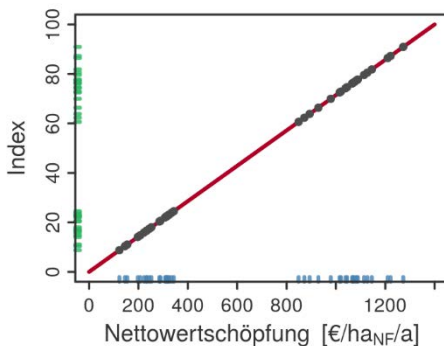


Abbildung 59: Bewertungsfunktion der landwirtschaftlichen Nettowertschöpfung (ha_{NF}: Hektar Nutzfläche)

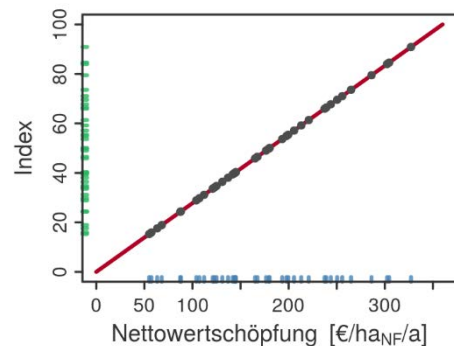


Abbildung 60: Bewertungsfunktion der forstwirtschaftlichen Nettowertschöpfung (ha_{NF}: Hektar Nutzfläche)

Indikator 5.1.4: Subvention (statisch; F6, L7)

Der Indikator beschreibt die heutigen direkten Zuwendungen, Bevorteilungen oder Vergünstigungen der Land- und Forstwirtschaft in Euro je Hektar landwirtschaftlicher bzw. forstlicher Nutzfläche und Jahr. Im Sektor Landwirtschaft wird für 2010 von der Ausnutzung der regionalen Flächenprämien und in allen anderen Szenarien von der Basisprämie zuzüglich der Zahlungen für die ökologischen Ausgleichsflächen ausgegangen. Im Sektor Forstwirtschaft werden die tatsächlich von (nicht-öffentlichen) Forstbetrieben in Anspruch genommenen Subventionen aufgeführt. Eine Umlage dieser Subventionen auf die gesamte Waldfläche inklusive öffentlichem Wald erfolgte nicht. Es handelt sich um einen mittleren Wert aus den Angaben zweier Privatwald-Betriebsvergleiche für das Jahr 2011.

6.2.1.6 Kriterium 6: Naturschutz

Gemäß § 1 Bundesnaturschutzgesetz (i. d. F. v. 29.07.2009) umfasst der Naturschutz den Schutz der biologischen Vielfalt, der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes, einschließlich der Regenerationsfähigkeit und nachhaltigen Nutzungsfähigkeit der Naturgüter, sowie der Vielfalt, Eigenart und Schönheit und des Erholungswertes von Natur und Landschaft. Einschränkend werden hier nur einige wichtige Teilaspekte betrachtet.

Indikatorgruppe 6.1: Vorrangflächen Naturschutz

Indikator 6.1.1: Streng geschützte Flächen (statisch; F5)

Der Indikator gibt den Anteil der aus naturschutzfachlichen Gründen streng geschützten Gebiete an der Gesamtfläche der Modellregionen an. Sie dienen vorrangig dem Arten- und Biotopschutz und schließen die Flächen der Naturschutzgebiete, der Kern- und Pflegezonen der Nationalparke sowie der Kern- und Pflegezonen der Biosphärenreservate ein.

Indikatorgruppe 6.2: Vielfalt

Indikator 6.2.1: Mischung (F4, L3)

Als Weiser für die Mischung wird die Diversität der angebauten Frucht- bzw. Baumarten auf den land- bzw. forstwirtschaftlich genutzten Flächen in den Regionen verwendet, die mit dem Diversitätsindex nach SIMPSON (1949) $D = 1 - \sum p_i^2$, wobei p_i der Anteil einer Frucht- bzw. Baumart ist, beschrieben wird. Der Simpson-Index drückt die Wahrscheinlichkeit aus, dass auf zwei Flächen, die zufällig aus der Gesamtheit der landwirtschaftlich bzw. forstlich genutzten Flächen ausgewählt wurden, die gleiche Frucht- bzw. Baumart angebaut wird. Der Wertebereich ist auf 0 bis 1 begrenzt, demzufolge deckt die Bewertungsfunktion diesen Bereich ab und verläuft asymptotisch (s. Abb. 61).

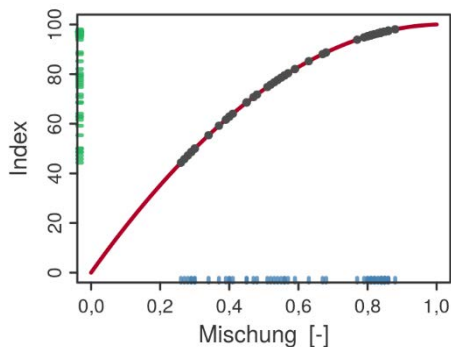


Abbildung 61: Bewertungsfunktion der Frucht- bzw. Bestandesdiversität (Mischung)

Indikator 6.2.2: Landschaftsdiversität (Ko)

Der Indikator beschreibt die Vielfalt der Landschaft, erfasst mit dem Diversitätsindex nach SIMPSON (1949, siehe oben). Als Grundlage für die Landschaftsbeschreibung wurden die Daten des CORINE-Projektes (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2013) verwendet. Die Waldtypen wurden auf Grundlage der Modellierung mit dem WaldPlaner in Laub-, Nadel- und Mischwald eingeteilt und entsprechend aktualisiert. Der Anteil der Grünlandflächen in den Zeitscheiben entstammt den mit MODAM modellierten Fruchtartenverteilungen. Der Simpson-Index ist auf den Wertebereich 0 bis 1 begrenzt, demzufolge deckt die Bewertungsfunktion diesen Bereich ab und verläuft asymptotisch (s. Abb. 62).

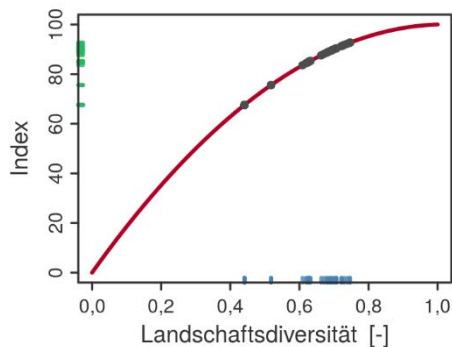


Abbildung 62: Bewertungsfunktion der Landschaftsdiversität

*Indikatorgruppe 6.3: Naturnähe**Indikator 6.3.1: Naturnähe (F5)*

Der Indikator beschreibt die Naturnähe von Wäldern in fünf Stufen nach der Methodik der Bundeswaldinventur (SCHMITZ et al. 2008), welche sich auf den Vergleich der aktuellen Baumartenzusammensetzung mit den Haupt-, Neben- und Pionierarten der potenziell natürlichen Vegetation (PNV) in den Modellregionen stützt.

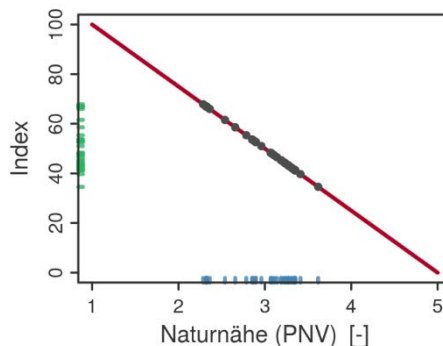


Abbildung 63: Bewertungsfunktion der Naturnähe von Waldbeständen

Die Zuordnung der Baumarten erfolgte nach MEYER u. ENGEL (2016). Wälder der Stufe 1 (sehr naturnah) weisen die höchste Naturnähe auf und Wälder der Stufe 5 (kulturbestimmt) die geringste, daher ist 1 der Maximalwert der Bewertungsfunktion und 5 der Minimalwert (s. Abb. 63).

Indikator 6.3.2: Anteil Altholz (F4)

Der Indikator beschreibt die Habitataignung von Wäldern über den Anteil alter Bäume. Als Altholz werden dabei alle Bäume jenseits ihrer planmäßigen Umtriebszeit gemäß Referenzpfad bezeichnet. Der Indikator geht vom Anteil des Altholzes in den aktuellen Beständen aus, die mit dem Waldplaner fortgeschrieben werden. Ein günstiger Erhaltungszustand der Wald-Lebensraumtypen setzt einen Anteil von 20 % Altholz voraus (PAN u. ILÖK 2010). Daher hat die Bewertungsfunktion bei 20 % ein Maximum und fällt von dort linear zu 0 und 100 % ab (s. Abb. 64).

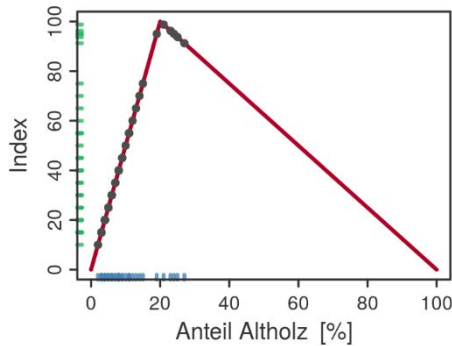


Abbildung 64: Bewertungsfunktion der Flächenanteile an Altholzbeständen

Indikator 6.3.3: Anteil extensiver Bewirtschaftung (L3)

Für die landwirtschaftlichen Flächen wird die Naturnähe durch den Anteil „dunkelgrüner“ ökologischer Vorrangflächen (dgÖVF) zuzüglich des extensiv bewirtschafteten Grünlandes erfasst. Die Bewertungsfunktion deckt den Bereich von 0 bis 30 % ab (s. Abb. 65).

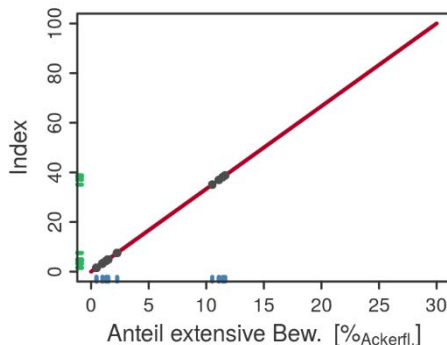


Abbildung 65: Bewertungsfunktion der Flächenanteile an extensiv bewirtschafteten Äckern

6.2.1.7 Kriterium 7: Lebensqualität

Unter diesem Kriterium werden ausgewählte Faktoren zusammengefasst, die die Lebensbedingungen für die Menschen in der Region im Wesentlichen beeinflussen.

Indikator 7.1.1: Wärmebelastung (Ko)

Der Indikator bezieht sich auf die mittlere Anzahl der Tage in Hitzeperioden nach KYSELÝ (2004). Vereinfacht definiert KYSELÝ eine Hitzewelle als eine Serie von zumindest drei aufeinanderfolgenden Tagen über 30 °C, die höchstens kurz von einem Tag zwischen 25 und 30 °C unterbrochen wird und in der die mittlere Maximaltemperatur größer 30 °C ist. Da auf Grundlage von Klimaszenarien für den norddeutschen Raum maximal 20 Tage in Hitzeperioden ermittelt wurden, deckt die Bewertungsfunktion den Bereich von 0 bis 20 d/a ab (s. Abb. 66).

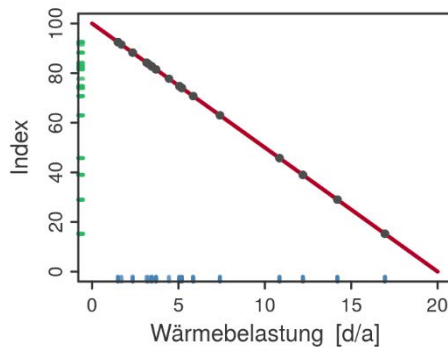


Abbildung 66: Bewertungsfunktion der Wärmebelastung

Indikator 7.1.2: Bevölkerungsdichte (statisch; DH, UE, FL, OS)

Der Indikator beschreibt statisch die Anzahl der Einwohner pro Quadratkilometer.

Indikator 7.1.3: Arbeitsplätze (statisch; DH, UE, FL, OS)

Mit diesem Indikator wird die Anzahl der Arbeitsplätze pro Quadratkilometer bzw. die Summe der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigungsplätze in allen Sektoren je Quadratkilometer beschrieben.

Indikator 7.1.4: Flächeninanspruchnahme (statisch; DH, UE, FL, OS)

Der Indikator erfasst die Umwandlung von Freiflächen zu Siedlungs- und Verkehrsflächen in Hektar je Jahr für das Stichjahr 2010.

6.2.2 Aggregation der Indikatoren zu Kriterien

Beitrag von: Ko

Das Indikatorensystem umfasst insgesamt 46 Indikatoren, von denen 12 statisch und 34 dynamisch sind. Die statischen Indikatoren wurden nur zur Charakterisierung des Status quo bestimmt. Mit Hilfe der 34 dynamischen Indikatoren wurden hingegen Zustände und deren Veränderung als Kombination aus Region, Entwicklungspfad und Zeitscheibe beschrieben. Die dynamischen Indikatoren verteilen sich auf 11 Indikatorgruppen und 7 Kriterien. Um Aussagen über die Ausprägung der Kriterien machen zu können, war es notwendig, die Indikatoren zu aggregieren. Die Aggregation erfolgte mit wenigen Ausnahmen in einem zweistufigen Prozess. Zunächst wurden die Indikatoren zu Indikatorgruppen zusammengefasst. Wenn mehrere Indikatorgruppen einen Beitrag zu einem Kriterium leisten, wurden diese wiederum aggregiert (s. Abb. 67).

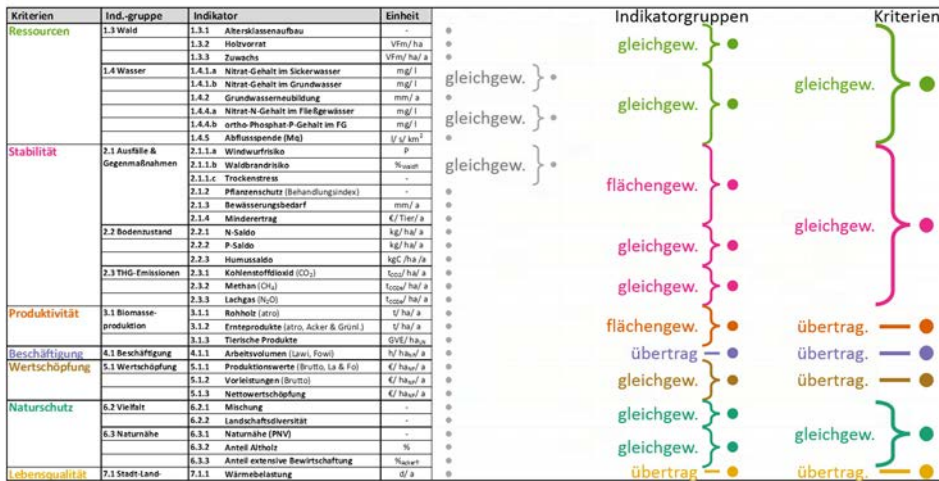


Abbildung 67: Aggregation der dynamischen Indikatoren zu Untergruppen, Indikatorgruppen und Kriterien. Die Aggregation erfolgt entweder durch gleichgewichtete (gleichgew.) oder flächengewichtete (flächengew.) Mittelwerte. Wenn keine Zusammenfassung notwendig ist, wird der Wert lediglich auf die nächste Aggregationsstufe übertragen (übertrag.).

Ausnahmen bildeten die Indikatoren zum Nitratgehalt im Sicker- und Grundwasser (1.4.1.a, 1.4.1.b), zur chemischen Qualität der Fließgewässer (1.4.4.a, 1.4.4.b) sowie zu den Risiken in Waldbeständen (2.1.1.a, 2.1.1.b, 2.1.1.c). Da sich diese Indikatoren gleichgerichtet verhalten, wurden sie vorab in einer Untergruppe gebündelt, bevor sie mit den anderen Indikatoren zu einer Indikatorgruppe aggregiert wurden. In den Indikatorgruppen wurden inhaltlich stärker zusammenhängende Indikatoren zusammengefasst, wie 1.3 Wald, 1.4 Wasser, 2.1 Ausfälle u. Gegenmaßnahmen, 2.2 Bodenzustand, 2.3 THG-Emissionen u. a. m. Die 7 Kriterien (Ressourcen, Stabilität,

Produktivität, Beschäftigung, Wertschöpfung, Naturschutz, Lebensqualität) waren die jeweils höchsten Aggregationsstufen (s. Abb. 67).

Die Aggregation zu Untergruppen erfolgte durch einfache Mittelwertbildung, wohingegen die Indikatorgruppen entweder durch gleichgewichtete oder flächengewichtete Mittelwerte zusammengefasst wurden. Durch diese Form der Aggregation werden alle Indikatoren gleichermaßen berücksichtigt, jedoch durch einzelne Indikatoren identifizierte kritische Zustände möglicherweise nicht angemessen gewertet (LANGHANS et al. 2014). Flächengewichtung wurde immer dann angewendet, wenn Werte aus unterschiedlichen Sektoren und somit mit unterschiedlichen Bezugsflächen in die Aggregation eingingen. Als Gewichte wurden die Flächenanteile der Landnutzung in den Modellregionen verwendet. Bei der Aggregation der Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft wurden darüber hinaus unterschiedliche Bezugsflächen für Emissionen aus Ackerbau, Grünlandbewirtschaftung und Tierhaltung verwendet. Die Indikatoren zur Wasserwirtschaft (Fließgewässer und Grundwasser) und zur Lebensqualität (Wärmebelastung und Landschaftsdiversität) repräsentieren jeweils die gesamten Modellregionen und wurden demzufolge nicht gewichtet. Auch die Indikatorgruppen beziehen sich ebenfalls immer auf die gesamte Modellregion, sodass hier auch eine Aggregation mittels einfacher Mittelwertbildung vorgenommen wurde.

Wenn mehrere alternative Werte für einen Indikator aus den Teilvorhaben vorlagen, flossen jeweils nur die Werte in die Aggregation ein, die das Ergebnis der vertrauenswürdigsten und vollständigen Modellierung waren.

7 Ergebnisse und Diskussion

7.1 Transdisziplinäre Zusammenarbeit

Beitrag von: S3

Im Verbundprojekt lag der Fokus der transdisziplinären Zusammenarbeit in der Verschneidung der zu erarbeitenden Wissens- und Entscheidungsgrundlagen für ein nachhaltiges Landmanagement mit den Interessen, Wertvorstellungen und Wissensständen regionaler bzw. überregional agierender Stakeholder aus der Landnutzungspraxis. Der Ablauf der Beteiligungsprozesse ist in Abbildung 68 dargestellt.

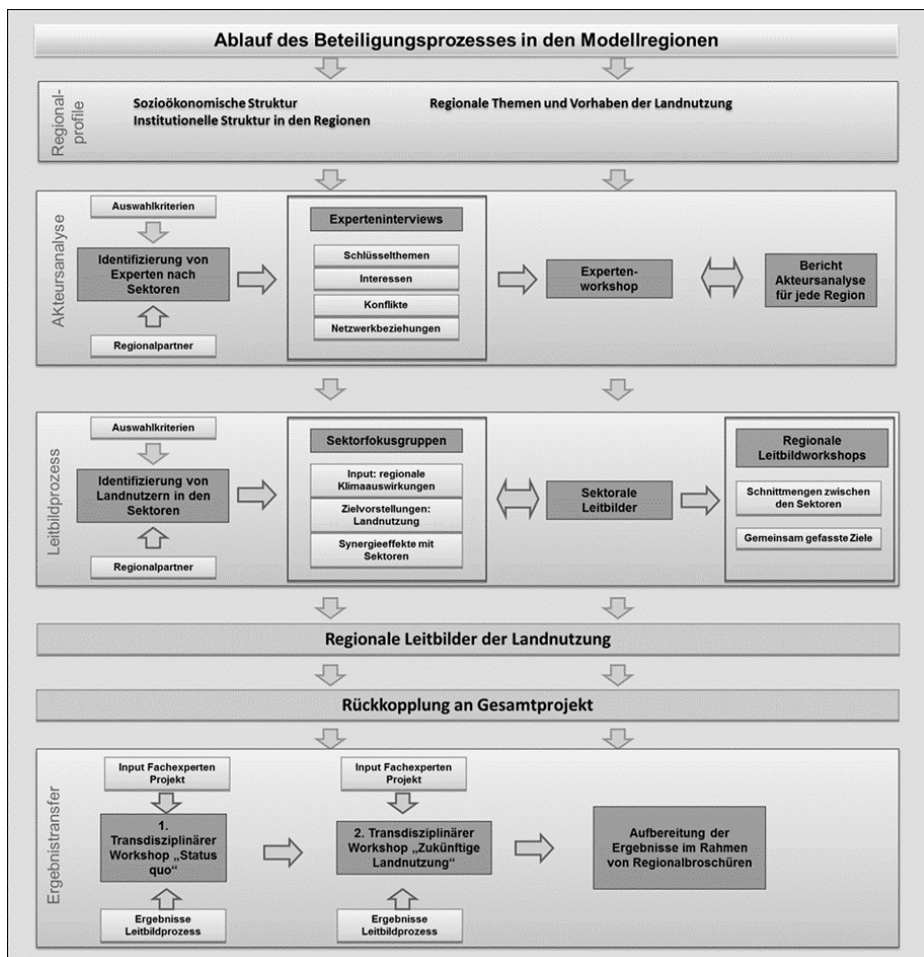


Abbildung 68: Konzept des Beteiligungsprozesses im Projektverlauf

Die transdisziplinäre Arbeit fußte auf drei Säulen:

1. *Identifizierung relevanter Landnutzungsakteure*

Auf der Basis einer sekundärstatistischen Analyse der sozioökonomischen Struktur der Modellregionen sowie einer Dokumentenanalyse wichtiger regionaler Institutionen und Organisationen wurden zunächst relevante Akteure der Landnutzung identifiziert. Im Rahmen von leitfadengestützten Interviews erfolgte dann die Erfassung und Analyse der Vorstellungen, Interessen und Nutzungsansprüche der Akteure der Landnutzung (LANGE et al. 2015, BARKMANN et al. 2017) sowie die frühzeitige Identifizierung daraus entstehender Konfliktpotenziale. Hierdurch wurden einerseits Informationen für die Erarbeitung eines integrierten, regionsspezifischen Landmanagementsystems für den Projektverbund generiert und andererseits die Akzeptanz und weitere Mitarbeit der regionalen Schlüsselakteure gesichert.

2. *Entwicklung konsensualer Leitbildvorstellungen*

Auf Basis der Akteursanalyse wurde mit den Akteuren gemeinsam nach einem Ausgleich zwischen unterschiedlichen Zielvorstellungen über ein nachhaltiges regionales Landmanagement gesucht. Dabei wurden unterschiedliche diskursanalytische und verhandlungsorientierte Instrumente eingesetzt und die erarbeiteten Ergebnisse an das Gesamtprojekt zurückgespiegelt.

3. *Organisation des Wissenstransfers*

In allen Modellregionen wurden transdisziplinäre Workshops mit regionalen Praxisakteuren durchgeführt. Diese Workshops dienten einerseits der Information der regionalen Stakeholder, andererseits wurde von ihnen ein Feedback zu den Projektergebnissen eingeholt, um diese zu validieren. Die Fachwissenschaftler stellten hierzu ausgewählte Projektergebnisse zielgruppenspezifisch aufbereitet vor und anschließend zur Diskussion.

Die Integration der einzelnen Prozesselemente wurde durch eine Vielzahl von Rückkopplungsschleifen gesichert, die sowohl die einzelnen Schritte des transdisziplinären Prozesses verknüpften als auch die Kommunikation zwischen Projektwissenschaftlern und Praxisakteuren sicherstellten (LANGE et al. 2016). Die Rückkopplungsschleifen dienten einerseits der Validierung der erarbeiteten Ergebnisse durch die Landnutzungsakteure selbst und stellten andererseits die Berücksichtigung regionaler Interessen und Schwerpunktsetzungen im Verbundprojekt sicher. Zudem lieferten alle Prozessschritte Beiträge zu der transdisziplinären Erarbeitung des Kriterien- und Indikatorenkataloges.

Flankiert wurde der Prozess durch weitere Maßnahmen der Regionalpartner vor Ort, die durch unterschiedliche Instrumente (Presseberichte, Vortragsveranstaltungen, Netzwerkaktivitäten) die Verankerung der Projektaktivitäten in den Modellregionen verbesserten und die dauerhafte Bereitschaft der Akteure zur Teilnahme am Prozess unterstützten.

Die Zielgruppen der transdisziplinären Prozesse in den Modellregionen waren Praxisakteure und Interessenvertreter der Landnutzungssektoren Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Wasserwirtschaft sowie weitere Vertreter aus den Bereichen Regionalplanung, Umweltschutz, Tourismus und Verwaltung (s. Tab. 23). Ein Großteil der Akteure war über den gesamten Projektzeitraum beteiligt. Die Identifizierung der regionalen Experten erfolgte anhand der drei Bemessungskriterien Legitimität (institutionelle Stellung der Akteure durch erworbene Rechte), Ressourcen (Wissen, Sachverstand, Fähigkeiten, z. B. durch Arbeitserfahrungen) sowie Vernetzung (Anzahl und Festigkeit der Beziehungen in der Region und darüber hinaus; vgl. ZIMMERMANN u. MAENNLING 2007). Als zentrales Datenerhebungsinstrument dienten teilstrukturierte, leitfadengestützte Experteninterviews. Sie ermöglichten einerseits den Zugang zum speziellen Wissen über den Forschungsgegenstand, andererseits zu kontextsensitiven Informationen über den Forschungsgegenstand selbst. Das teilstrukturierte Vorgehen sicherte die Abfrage der für das Forschungsvorhaben relevanten Fragen und schaffte gleichzeitig eine offene Gesprächssituation, in der es möglich war, weitere Themen zu erschließen und das Analysekonzept selbst zu überprüfen. Nach einem Pretest mit Vertretern einzelner Landnutzungsgruppen in der Region Märkisch-Oderland und der Anpassung des Erhebungsinstrumentes wurden zwischen Januar und September 2011 insgesamt 60 Interviews in den vier Modellregionen durchgeführt.

Inhaltlich konzentrierten sich die Experteninterviews auf folgende Themen: Position, Aufgabenbeschreibung und Handlungsfelder der Befragten, Verständnis von nachhaltiger Landnutzung, Wahrnehmung der regionalen Bedeutung von Erscheinungen des Klimawandels und der Anpassungen daran, Nutzungsinteressen und -präferenzen der Landnutzung, regionale Schlüsselthemen der Landnutzung und regionale Konfliktpotenziale.

Die Auswertung der Interviews erfolgte durch eine qualitative Inhaltsanalyse (KUCKARTZ 2012). Die Tonprotokolle der Interviews wurden transkribiert und unter Nutzung von MaxQDA 10, einem Programm für die qualitative Daten- und Textanalyse, codiert und analysiert. Die Codierung erfolgte nach einem deduktiven Ansatz und orientierte sich an der Strukturierung des Interviewleitfadens.

Die Ergebnisse der Interviews wurden mit den Akteuren im Rahmen von regionalen Workshops diskutiert und validiert. Sie bildeten eine wichtige Grundlage für die Durchführung der regionalen Leitbildprozesse und die partizipative Erarbeitung der regionalen Leitbilder einer nachhaltigen Landnutzung in den vier Modellregionen. Leitbilder sind ein normatives Kondensat gesellschaftlicher Zustände, Entwicklungen und Konflikte, die mit der Realität rückgekoppelt und von sich ändernden sozioökonomischen, kulturellen und ökologischen Erkenntnissen, Wahrnehmungen, Gegebenheiten und Prozessen beeinflusst werden. Es handelt sich also nicht um starre, fest definierte, sondern um veränderbare, entwicklungsfähige und korrigierbare Bilder (MARWEDE et al. 2007).

Tabelle 23: *Beteiligte Akteursgruppen nach Regionen und Sektoren*

Region / Sektoren	Diepholz	Uelzen	Fläming	Oder-Spree
Landwirtschaft	Landvolk, Landwirtschaftskammer Nds., Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung, Landwirte, Schäfer	Bauernverband, Landwirtschaftskammer Nds., Landwirte, Fachverband, Feldberegnung, Kreisverband der Wasser- und Bodenverbände	Kreisbauernverbände, Amt für Landwirtschaft, Flurneuordnung und Forsten, Landwirte	Landwirtschaftsamt des Landkreises Oder-Spree, Kreisbauernverband Oder-Spree, Landwirte
Forstwirtschaft	Forstamt der Nds. Landesforsten, Forstamt der Landwirtschaftskammer Nds., Privatwald, Kommunalwald, Stiftungswald, Landeswald, Bundeswald	Forstamt der Nds. Landesforsten, Revierförsterei, Forstamt der Landwirtschaftskammer Nds., Forstwirte, Kreisjägermeister, Privatwald, Kommunalwald, Stiftungswald, Landeswald, Bundeswald	Oberförsterei, Landesbetrieb Forst Brandenburg, Landesforstbetrieb Sachsen-Anhalt, Betreuungsförstamt des Landeszentrum Wald, Amt für Landwirtschaft, Flurneuordnung und Forsten, Landeswald, Bundeswald	Landesbetrieb Forst Brandenburg, Serviceeinheiten, Oberförstereien, Privatwald, Kommunalwald, Stiftungswald, Landeswald, Bundeswald
Wasserwirtschaft	Unterhaltungsverbände, Trinkwasserversorger, Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz	Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Kreisverband der Wasser- und Bodenverbände, Umweltamt des Landkreises	Wasserversorgungsverband, Wasser- und Bodenverbände, Unterhaltungsverbände, Trinkwasserversorger	Kreisumweltamt, Wasser- und Unterhaltungsverbände, Trinkwasserversorger
Weitere Akteursgruppen (Umwelt- und Naturschutz, Regionalplanung, Tourismus, Verwaltung etc.)	Naturschutzverbände, Umweltamt des Landkreises, Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung, Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Tourismusverband Torfwirtschaft	LGLN Regionaldirektion Lüneburg - Amt für Landentwicklung, Naturschutzverbände BUND und NABU, Umweltamt des Landkreises, Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz	Naturparkverein, Naturparkverwaltungen, Naturschutzverbände, Tourismusverband	Kreisumweltamt, Deutscher Verband für Landschaftspflege e.V. (DVL), Landschaftspflegeverband, Kreisentwicklung, Regionale Planungsstelle, Tourismusverband, Regionalmanagement LAG

Im Rahmen der Leitbildprozesse wurden die verschiedenen Interessen, Wertvorstellungen und Ideen in den Modellregionen zusammengeführt. Aufgrund der aus der Akteursanalyse bekannten Vielfalt regionaler Interessen der unterschiedlichen Landnutzerguppen und potenzieller Konfliktfelder wurden die regionalen Leitbildprozesse in zwei Phasen durchgeführt. Die erste Phase fand 2012 statt und beinhaltete die Erhebung von sektoralen Zielvorstellungen in den vier Modellregionen im Rahmen von Fokusgruppendifkussionen. Die zweite Phase folgte 2013 mit der Erarbeitung der transsektoralen regionalen Leitbilder. Hierzu wurden übersektorale Workshops im Format „Runder Tisch“ genutzt, zu denen alle Akteure, die an den Fokusgruppen in den vier Modellregionen teilgenommen hatten, eingeladen wurden und gleichberechtigt miteinander diskutieren konnten. Die Zweiphasigkeit und der übersektorale Ansatz förderten die gegenseitige Akzeptanz sektoraler Standpunkte und ermöglichten es zudem, dass sich Akteure unterschiedlicher Sektoren mit ihren unterschiedlichen Zielvorstellungen und Präferenzen konstruktiv an einem gemeinsamen Prozess beteiligten und ein gemeinsames regionales Leitbild einer nachhaltigen Landnutzung entwickelten.

Nach Abschluss des Leitbildprozesses und der Rückkopplung der Ergebnisse in den Projektverbund stellten die transdisziplinären Workshops den abschließenden Schritt des Beteiligungsprozesses dar. Ziel der Veranstaltungen war es, integrierte Ergebnisdarstellungen aus dem Projekt zielgruppenspezifisch aufzubereiten, vorzustellen und gemeinsam mit den Praxisakteuren zu diskutieren. Zudem sollten die Schnittstellen zwischen regionalen Leitbildern und den Modellierungsergebnissen aus dem Projekt an die Akteure rückgekoppelt werden. Darüber hinaus stellten die Veranstaltungen eine weitere Möglichkeit zum informellen Austausch für die Akteure aus den unterschiedlichen Landnutzungsbereichen dar. Insgesamt war die partizipative Erarbeitung der sektoralen und später regionalen Leitbilder eine wichtige Schnittstelle zwischen den Modellregionen und dem Verbundprojekt.

7.2 Politische Rahmenbedingungen

Beitrag von: S2

Die Potenziale für ein nachhaltiges Landmanagement werden in den Regionen durch die verschiedenen politischen Programme und Instrumente der Politiksektoren Raumordnung, Agrar-, Forst- und Wasserpolitik wesentlich mitbestimmt. Der räumliche Bezug ergänzt das verbreitete „Drei-Säulen-Modell“ der Nachhaltigkeit (Ökonomie – Ökologie – Soziales) um eine räumliche Dimension, die es erlaubt, die relevanten Politiken zu verorten. Die in NaLaMa-nT durchgeführten Untersuchungen der politischen Rahmenbedingungen zeigen, dass die (deutsche) Raumordnungspolitik zwar starke Ziele für alle Dimensionen der Nachhaltigkeit benennt, denen allerdings eher ein schwaches Instrumentarium für die Umsetzung gegenübersteht.

Auf der Ebene der Ziele orientiert sich die Agrarpolitik besonders stark an den Dimensionen Ökologie, Ökonomie und globale Entwicklung und nachrangig an regionalen Bezügen, während bei den Instrumenten der Agrarpolitik die Ausrichtung am stärksten ökonomisch geprägt ist, gefolgt von den globalen Herausforderungen. Die Forstpolitik unterstützt auf der Zielebene am stärksten die ökologische und ökonomische Entwicklung, auf der Ebene der Instrumente vor allem ökonomische Anreize, während ökologische Belange eine weitaus geringere Bedeutung haben. Die Wasserpolitik ist auf der Zielebene vor allem auf den Schutz der Ressource Wasser ausgerichtet, woraus sich mittelbar ökonomische und regionalentwicklungspolitische Impulse ergeben. Dem entspricht auf der Instrumentenebene, dass die ökologischen Ziele hier stark unterfüttert sind, während die ökonomische und regionale Entwicklung weitaus weniger und die globale Entwicklung kaum unterstützt werden.

7.2.1 *Agrar- und Raumordnungspolitik*

Beitrag von: S2

Die agrarpolitischen Ziele in Deutschland versprechen auf der programmatischen Ebene eine nachhaltige Landnutzung, die im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung sowohl ökonomische als auch ökologische Ziele von Regionen unterstützen soll. Hierdurch sollen die Regionen einerseits Anschluss an Globalisierungsprozesse erhalten und andererseits sollen die Stoffflüsse in den Regionen gestärkt werden (KAUFER et al. 2013). Betrachtet man die Ebene der konkreten Politikinstrumente (im Sinne ökonomischer, regulativer und informationeller Instrumente, siehe BÖCHER u. TÖLLER 2012) wird jedoch deutlich, dass für anspruchsvolle ökologische Ziele eher weniger starke Instrumente zur Verfügung stehen als für ökonomische Ziele (KAUFER et al. 2013). Die europäische Agrarpolitik dient primär der ökonomischen Entwicklung des Agrarsektors, während für die ökologische Steuerung nur fünf agrarpolitische Instrumente zur Verfügung stehen, nämlich Agrarumweltmaßnahmen, Förderung des ökologischen Landbaus, Gentechnikgesetz, Pflanzenschutzgesetz und Düngegesetz (vgl. KAUFER et al. 2013; s. Tab. 24).

Die Raumordnungspolitik ist auf der Zielebene sowohl durch eine starke ökonomische Orientierung als auch eine starke ökologische Ausrichtung gekennzeichnet. Zugleich sollen regionsinterne Entwicklungsprozesse angestoßen und der regionale Anschluss an Globalisierungsprozesse garantiert werden. Daraus ergeben sich z. T. Zielkonflikte, wenn z. B. die ökologische Schutzfunktion und die infrastrukturelle Entwicklungsfunktion gleichzeitig betont werden. Zur Umsetzung der Ziele stehen im Bereich Ökologie vier Instrumente mit starkem Steuerungspotenzial und im Bereich regionale Orientierung nur ein Instrument zur Verfügung (KAUFER et al. 2013).

Tabelle 24: *Steuerungspotenziale einzelner Instrumente der Agrar- und Raumordnungspolitik – Orientierung der Ziele und Instrumente auf die zu entwickelnde globale, regionale, ökologische und wirtschaftliche Nachhaltigkeitsdimension (nach KAUFER et al. 2013)*

Nachhaltigkeitsdimensionen	öko- log.	öko- nom.	regio- nal	global
Instrumente				
<i>Agrarpolitik</i>				
Finanzielle Instrumente				
Direktzahlungen (EU VO 73/2009; DirektZahlVerpflG; DirektZahlVerpflV)	+	++	○	++
Ausfuhrerstattungen (EU VO 1234/2007)	○	++	○	++
Marktordnungen (insb. Marktmaßnahmen) (EU VO 1234/2007)	○	++	+	++
Absatzförderung (EU VO 3/2008; Agrarabsatzförderungsdurchführungsgesetz (AgrarAbsFDG))	+	++	○	++
Agrarinvestitionsförderung (Agrarinv.-förderungsprog. NI)	○	++	++	++
Agrarumweltmaßnahmen (z. B. Richtlinie ü. d. Gewährung v. Zuwendungen f. d. Niedersächsische u. Bremer Agrar-Umweltprogramm (NAU/BAU) 2011)	++	+	++	○
Förderung des ökologischen Landbaus (z. B. Richtlinie ü. d. Gewährung v. Zuwendungen f. d. Niedersächsische u. Bremer Agrar-Umweltprogramm (NAU/BAU) 2011)	++	+	○	○
Regulative Instrumente				
Landwirtschaftsgesetz	○	++	○	○
Gentechnikgesetz (GenTG) i. V. m. Gentechnikpflanzen-erzeugungungsverordnung (GenTPflEV)	++	++	○	○
Ökokennzeichengesetz (VO (EG) Nr. 834/2007 des Rates vom 28. Juni 2007 ü. d. ökol./biol. Produktion u. d. Kennzeichnung v. ökol./biol. Erzeugnissen)	+	+	○	+
Pflanzenschutzgesetz (VO (EG) Nr. 1107/2009)	++	++	○	○
Sortenschutzgesetz	○	++	○	○
Düngegesetz	++	++	○	++
Saatgutverkehrsgesetz	+	++	○	○
Gesetz über Maßnahmen zur Verbess. der Agrarstruktur u. zur Sicherung landw. u. forstw. Betriebe (Grundstückverkehrsgesetz)	○	+	○	○
Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- u. Futtermittelgesetzbuch	○	○	○	○
Informationelle Instrumente				
EU-Bio Logo (EU VO 271/2010)	+	+	○	○
EU-Gemeinschaftszeichen für „Geschützte Ursprungsbezeichnung“ und für „Geschützte geographische Angabe“ (EU VO 628/2008)	○	+	+	○

○: indifferente, +: mäßig starke, ++: starke Orientierung

(Fortsetzung Tab. 24: s. nächste Seite)

(Fortsetzung Tab. 24)

Nachhaltigkeitsdimensionen	öko- log.	öko- nom.	regio- nal	global
Instrumente				
<i>Raumordnungspolitik</i>				
Finanzielle Instrumente				
Förderung aus den europäischen Strukturfonds (z. B. EFRE)	+	+	+	++
Regulative Instrumente				
Raumordnungsplanung	++	++	++	++
Umweltprüfung (§ 9 ROG)	++	o	o	o
Raumordnungsverfahren (§15 ROG)	++	++	o	++
Zielabweichungsverfahren (§ 6 ROG)	o	o	o	o
Untersagung raumbedeutsamer Maßnahmen und Planungen (§ 14 ROG)	++	o	o	o
Informationelle/Kooperative Instrumente				
Europäisches Raumentwicklungskonzept (EUREK)	o	o	o	o
Europäisches Raumbewertungsnetzwerk (ESPON)	o	o	o	o
Regionale Entwicklungs- und Energiekonzepte	o	o	+	o
Regionale Kooperationsforen/Städtepartnerschaften	o	o	+	o
Raumordnungsbericht des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung	o	o	o	o
Konzept der „Europäischen Metropolregionen in Deutschland“	o	o	o	o
Masterplan Güterverkehr und Logistik	o	o	o	o
Regionalmanagement, -marketing	o	+	+	+

o: indifferente, +: mäßig starke, ++: starke Orientierung

7.2.2 Forstpolitik

Beitrag von: S2

Die forstpolitischen Ziele orientieren sich stark an wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten und beziehen regionale Aspekte nur eingeschränkt ein (GIEBEN et al. 2013; s. Tab. 25). Dabei besteht eine gewisse Diskrepanz zwischen den ambitionierten Zielen und der Leistungsfähigkeit des zu ihrer Erreichung vorgesehenen Instrumentariums. Dies muss nicht negativ sein, sondern kann auch durchaus als „naturgemäß“ und nützlich angesehen werden (GIEBEN et al. 2013). Bei der ökologischen Orientierung lassen sich größere Diskrepanzen zwischen den Zielen und den Instrumenten der Forstpolitik feststellen (GIEBEN et al. 2013).

Tabelle 25: *Steuerungspotenziale des Politiksektors Forstwirtschaft – Orientierung der Ziele und Instrumente auf die globale, regionale, ökologische und wirtschaftliche Entwicklungsdimension (nach GIEßEN et al. 2013)*

ZIEL	Zielkomplex des Politiksektors Forstwirtschaft			o	+	++	++	
	Relevanteste Instrumente des Politiksektors	Hauptquellen	nur in	ökolog.	ökonom.	regional	global	
INSTRUMENTE	Regulativ	Walderhaltungsgebot	BWaldG		++	+	o	o
		Umwandlungsgenehmigung	LWaldGe					
		Ordnungsgemäße FW	BWaldG	ST	o	o	o	o
			LWaldGe	BB	+	o	o	o
			Landeswaldprogramme	NI	o	+	o	o
		Zulassung von Forstvermehrungsgut	FoVG		++	+	o	o
	Bewirtschaftungsrichtlinien	Landeswaldprogramme NI, ST	ST	+	+	o	o	
			NI	++	o	o	o	
	Legalitätsverifizierung von importiertem Holz	EU FLEGT Aktionsplan, EU Holzhandelsrichtlinie, HolzSiG		+	o	+	o	
	Ökonomisch	Forstliche Anreizprogramme	ELER, GAK RP, FörderRL Länder	BB	+	++	o	o
				ST	o	++	o	o
				NI	+	++	o	o
	Forstliche Abgaben und Besteuerung	ESTG §13, 13a; §34/34b; FoSchAusglG			o	++	o	o
	Forstliche (BMBF, FTP) Forschung	Programmdok.		o	++	o	+	
	Informationell	Bewirtschaftungsempfehlungen	Landeswaldprogramm BB	BB	o	+	o	o
		Beratung und Betreuung von Waldbesitzern	LWaldG'e Länder-RL	ST	+	+	o	o
NI				o	++	o	o	
BB				+	+	o	o	
Waldberichte (exemplarisch: Bundesregierung)	BWaldG BT-Drs. Berichte		o	+	o	o		
Walderhebungen (exemplarisch: BWI)	BWaldG Programmdok.		+	+	o	o		
Kooperativ	Zertifizierung FW und Holzprodukte (PEFC, FSC)	Programmdok.		+	+	o	+	
	EU Forstaktionsplan	Programmdok.		o	+	o	+	
	Nationale Strategien (Charta Holz, Wald 2020)	Programmdok.		o	+	o	o	

o: indifferente, +: mäßig starke, ++: starke Orientierung

BB = Brandenburg, NI = Niedersachsen, ST = Sachsen-Anhalt

7.2.3 Wasserpolitik

Beitrag von: S2

Die Ziele der Wasserpolitik sind stark ökologisch und weniger stark ökonomisch ausgerichtet (KAUFER et al. 2014). Ihr wichtigstes Instrument ist die EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL), die die Wasserpolitik auf die Grundsätze der Nachhaltigkeit verpflichtet (KAUFER et al. 2014; s. Tab. 26). Auch das deutsche Wasserhaushaltsgesetz (WHG) zielt prioritär auf den Schutz der Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen ab, ist also stark ökologisch orientiert. Gleichzeitig wird im § 50 WHG eine prioritär ökonomische Ausrichtung der allgemeinen Wasserversorgung untersagt und diese in die Hand der öffentlichen Verwaltung (i. d. R. Kommunen) gelegt. Auch die WRRL hebt darauf ab, dass „die Wasserversorgung eine Leistung der Daseinsvorsorge ist“, die die sozioökonomische Entwicklung der Gesellschaften zentral beeinflusst (KAUFER et al. 2014).

Tabelle 26: *Steuerungspotenziale des Politiksektors Wasserwirtschaft – Orientierung der Ziele und Instrumente auf die globale, regionale, ökologische und ökonomische Entwicklungsdimension (nach KAUFER et al. 2014)*

	öko- log.	öko- nom.	regio- nal	global
Ziele der Wasserpolitik	++	+	+	○
Instrumente der Wasserpolitik				
Ökonomische Instrumente				
Wassernutzungsentgelt (§ 21 NWG; § 40 BbgWG; WasEE-VO ST)	++	○	○	○
Abwasserabgabe (§ 1 AbwAG) u. Abgabepflicht (§ 9 AbwAG)	++	○	○	○
Ausgleichszahlungen für die land-, forstwirtschaftliche oder erwerbsgärtnerische Grundstücksnutzung in Schutzgebieten nach § 52 WHG und § 93 NWG	○	+	○	○
Fördermittel zur naturnahen Gewässerentwicklung (Mittelbewirtschaftung WRRL, Kofinanzierung ST)	++	○	○	○
Förderung v. wasserwirtschaftlichen Vorhaben (RZWAs 2008 ST)	○	++	++	○
Regulative Instrumente				
Benutzungserlaubnis, Benutzungsbewilligung (§ 8 WHG, § 5 NWG, § 28 BbgWG)	++	++	○	○
Öffentliche Wasserversorgung (§ 50 WHG)	○	++	++	○
Wasserschutzgebiete (§§ 51 ff WHG, § 15 BbgWG)	++	++	○	○
Regelung der Wasserkraftnutzung (§ 35 WHG)	++	++	○	○
Abwasserbeseitigungspflicht (§ 56 ff WHG)	++	○	○	○
Gewässerausbauregelung (§ 67 ff WHG)	++	○	○	○
Sanierung von Gewässerschäden (§ 90 WHG)	++	++	○	○
Erlaubnisfreie Benutzungen d. Grundwassers (§ 46 WHG)	○	+	+	○
Bewirtschaftungsplanung (§§ 83 ff WHG)	++	+	○	○

(Fortsetzung Tab. 26)

	ökolog.	ökonom.	regional	global
Haftung f. Änderungen d. Wasserbeschaffenheit (§ 89 WHG)	++	o	o	o
Pflicht zur Unterhaltung oberirdischer Gewässer (§ 39 WHG)	++	+	o	o
Informationelle Instrumente				
Gewässerrahmen- u. Gewässerentwicklungskonzepte (BB, ST)	o	o	o	o
Kooperative Instrumente				
Trinkwasserschutz-Kooperationen in Niedersachsen	+	+	+	o
Gebietskooperationen in Niedersachsen	+	o	o	o

o: indifferente, +: mäßig starke, ++: starke Orientierung

7.2.4 Integrierte ländliche Entwicklungspolitik

Beitrag von: S2

Spezifische Programme zur integrierten ländlichen Entwicklung existieren bereits seit Längerem. Sie erheben einen Anspruch auf Politikintegration und verfolgen zugleich mehr oder weniger ausgeprägt das Ziel einer nachhaltigen regionalen Entwicklung in ländlichen Räumen. Zudem gehen sie über bloße politische Zielformulierungen hinaus, weil sie auch Fördermittel bereitstellen, mit denen sich integrierte Projekte umsetzen lassen.

Programme wie z. B. LEADER (EU-Förderprogramm, dt. Verbindung zwischen Aktionen zur Entwicklung der ländlichen Wirtschaft), chance.natur (Bundesförderprogramm zur Integration von Naturschutz und Landwirtschaft) oder der Förderung von integrierten ländlichen Entwicklungskonzepten (ILEK) innerhalb der Gemeinschaftsaufgabe Agrarstruktur und Küstenschutz (GAK) verfolgen einen transsektoralen, gebietsbezogenen Ansatz und stellen zur Erreichung gemeinsamer (integrierender) Ziele die Zusammenarbeit aller relevanten Akteure auf regionaler Ebene in den Mittelpunkt (BÖCHER 2016). Insbesondere die von den Bundesländern in der Umsetzung der europäischen gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) angebotenen Maßnahmen innerhalb des ELER (Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raumes) in der Förderperiode 2014-2020 können hier hilfreich sein, konkrete regionale Ziele einer nachhaltigen Landentwicklung durch die Förderung einzelner Maßnahmen zu unterstützen.

Allerdings kann es zwischen den Bundesländern deutliche Varianzen in der tatsächlichen Nutzung geben, weil diese in ihren Landesprogrammen mit den EU-Fördermitteln aus dem ELER unterschiedliche Schwerpunkte setzen. Dies liegt am Prinzip der Umsetzung der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP): hier formulieren die Länder jeweils eigene Landesprogramme zur Umsetzung beispielsweise des ELER, die sie dann direkt mit der EU-Kommission abstimmen. Die Folge ist, dass nicht jede prinzipiell mögliche ELER-Maßnahme zur ländlichen Entwicklung dann auch von jedem Bundesland angeboten wird (BÖCHER u. TÖLLER 2016, S. 268-269).

Die Möglichkeit der Nutzung der durch den ELER finanzierten Maßnahmen für eine nachhaltige Landnutzung in den Modellregionen hängt also auch davon ab, in welchem Bundesland sich diese befinden. Ansatzpunkte zur regionalen Nutzung dieser politischen Programme einer integrierten ländlichen Entwicklung für die Realisierung der regionalen Leitbilder werden in den entsprechenden Kapiteln zu den einzelnen Regionen aufgezeigt.

7.3 Integratives Landmanagement in den Modellregionen

In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse der Simulationsrechnungen der Entwicklungspfade für die land-, forst- und wasserwirtschaftlichen Landnutzungssysteme in den vier Modellregionen vorgestellt und diskutiert. Eine vergleichende Darstellung mit Schlussfolgerungen für das gesamte Norddeutsche Tiefland findet sich im anschließenden Kapitel.

7.3.1 *Diepholz*

7.3.1.1 *Klimaentwicklung*

Beiträge von: K1, Ko

Für die Modellregion Diepholz weisen die in den Jahren 1951-2010 gemessenen Jahresmitteltemperaturen einen Anstieg von ca. 1,1 °C aus. Die Klimaprojektionen (siehe Kapitel 4.1) legen nahe, dass sich dieser Trend in der Zukunft weiter fortsetzen wird. Danach nimmt die mittlere Jahreslufttemperatur bis zum Jahr 2070 um weitere 1,8 °C zu (s. Tab. 27), sodass es dann in der Modellregion Diepholz insgesamt ca. 2,9 °C wärmer sein wird als zur Mitte des 20. Jahrhunderts.

Die Temperatur steigt in den Wintermonaten stärker (+2,0 °C) als in den Sommermonaten (+1,8 °C). Die steigende Hitzebelastung zeigt sich auch anhand der Zunahme der meteorologisch „heißen Tage“ (Temperaturen > 30 °C) und der „Kyselý-Tage“ (Tage einer Hitzewelle mit Temperaturen > 30 °C, KYSELÝ 2004). Hier zeigen die Modellierungen eine deutliche Zunahme von 8 auf 15 bzw. von 5 auf 9 Tage. Genauso deutlich erhöht sich die Anzahl schwüler Tage. Zukünftig muss hier von durchschnittlich 22 statt bisher 11 Tagen im Jahr ausgegangen werden (s. Tab. 27). Während die zusätzliche Hitzebelastung in der Modellregion Diepholz im Vergleich mit den beiden östlichen Modellregionen Fläming und Oder-Spree geringer ausfällt, ist das bei der Schwülebelastung umgekehrt, da aufgrund der Meeresnähe die Luft einen höheren Wasserdampfgehalt aufweist.

Die Erwärmung führt auch zu einer verringerten Kältebelastung im Winter. Die Anzahl der Frosttage geht um rund 26 Tage (-40 %) zurück. Dennoch sind auch zukünftig immer noch vereinzelt Spätfröste möglich (in der Periode 2051-2070 im Mittel ca. 2 Tage pro Jahr). Die Kältebelastung im Winter ist gegenüber den kontinental beeinflussten östlichen Modellregionen deutlich geringer. Letztlich führt die

durchschnittliche Lufterwärmung bis 2070 zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode um 35 Tage (+20 %) im Vergleich zur aktuellen Vegetationsperiode.

Tabelle 27: Simulationsergebnisse (Mittelwerte) ausgewählter klimatischer Parameter der Modellregion Diepholz für die Zeiträume 1991-2010 und 2051-2070

Parameter	1991-2010	2051-2070	2051-2070 – 1991-2010	
			absolut	[%]
Jahresmittel Lufttemperatur (°C)	9,8	11,6	1,8	---
Jahresmittel Tmax (°C)	13,9	16,1	2,2	---
Jahresmittel Tmin (°C)	5,6	7,1	1,5	---
Sommermittel Tmax (°C)	22,9	24,7	1,8	---
Wintermittel Tmin (°C)	-0,2	1,8	2,0	---
Anzahl heiße Tage pro Jahr	8,0	15,0	7,0	87,5
Anzahl Kyselý-Tage pro Jahr (Tage in Hitzewellen)	5,2	8,6	3,4	65,4
Anzahl Tage mit Schwüle pro Jahr	11,4	21,6	10,2	89,5
Anzahl Frosttage pro Jahr	64,2	38,3	-25,9	-40,3
Anzahl Spätfröste April/(Mai)	4,1	1,9	-2,2	-53,6
Anzahl Barfrosttage	16,4	8,2	-8,2	-50,0
Jahressumme Niederschlag (mm)	706,1	691,6	-14,5	-2,0
Sommer Niederschlag (mm)	210,4	151,4	-59,0	-28,0
Winter Niederschlag (mm)	170,2	225,8	55,6	32,7
Anzahl Tage ohne Niederschlag pro Jahr	169,3	184,4	15,1	8,9
Jahressumme: Klimatische Wasserbilanz (mm)	110,2	11,3	-98,9	---
Sommer: Klimatische Wasserbilanz (mm)	-90,5	-192,0	-101,5	---
Länge Vegetationsperiode	175,8	211,1	35,3	20,1
Mittlere Schneedeckenhöhe (cm)	5,0	6,9	1,9	38,0
Anzahl Tage mit Schneehöhe ≥ 10 cm	2,8	4,0	1,2	42,8
Mittlere Andauer der Tage mit Schneehöhe ≥ 10 cm	2,2	0,9	-1,3	-59,1

In der Modellregion Diepholz fallen derzeit (1991-2010) durchschnittlich 706 mm Jahresniederschlag (s. Tab. 27). Dies entspricht dem durchschnittlichen Niveau der westlichen norddeutschen Tiefebene. Die Modellierungen lassen für die Zukunft (bis 2070) keine großen Veränderungen dieser Niederschlagsmenge erkennen, allerdings verändert sich die jahreszeitliche Verteilung: In den Sommermonaten (Juni-August) gehen sie voraussichtlich bis 2070 um etwa 59 mm zurück. Im Gegensatz dazu nehmen die Winterniederschläge (Dezember-Februar) um die gleiche Größenordnung (56 mm) zu.

Die Feuchteverhältnisse werden aber nicht nur durch den Niederschlag, sondern auch von der Verdunstung bestimmt, die bei wärmerer und sonnenreicherer Witterung zunimmt. Ein Maß für die Feuchteverhältnisse ist u. a. die Klimatische Wasserbilanz (KWB = Niederschlag minus potenzieller Verdunstung). Auf das Jahr bezogen ist diese Bilanz im Westen der norddeutschen Tiefebene derzeit positiv, im Osten bis Südosten dagegen negativ.

In der Region Diepholz wird die Klimatische Wasserbilanz nach den durchgeführten Berechnungen bis 2070 von einem aktuellen Jahreswert (1991-2010) von 110 mm um 99 mm auf 11 mm fallen, bleibt aber auch dann noch im positiven Bereich und somit auf einem deutlich höheren Niveau als im östlichen Teil der norddeutschen Tiefebene. Im Sommer ist sie wie in den meisten Regionen Deutschlands mit -91 mm negativ und geht zukünftig weiter um 101 mm zurück. Dadurch erscheinen zukünftig auch in dieser relativ feuchten Region in einzelnen Jahren sehr trockene Sommer möglich, zumal die Häufigkeit der Tage ohne Niederschlag von 169 auf 184 Tage (ca. 9 %) ansteigt.

7.3.1.2 *Entwicklung der Landnutzung*

7.3.1.2.1 *Wasserhaushalt*

Beiträge von: F1, W1b, L1

Der Wasserhaushalt in der Modellregion Diepholz profitiert von günstigen klimatischen und edaphischen Rahmenbedingungen in dieser Region. Die Niederschläge liegen mit derzeit ca. 700 mm relativ hoch und werden voraussichtlich auch zukünftig relativ hoch bleiben.

Die Böden weisen eine für das norddeutsche Tiefland vergleichsweise hohe nutzbare Feldkapazität auf, da sie häufig hohe Anteile organischer Substanz aufweisen und reine Sandböden selten sind. Aufgrund der hohen Wasserspeicherkapazität ist auch in Trockenphasen noch relativ lange pflanzenverfügbares Wasser vorhanden. Besonders gut ist daher die Wasserversorgung auf den im Landkreis Diepholz heute noch häufig zu findenden Moorböden. Begünstigt durch die sehr ebene Lage auf geringer Höhe besteht auf vielen land- oder forstwirtschaftlich genutzten Flächen Grundwasseranschluss, sodass für viele Pflanzen jederzeit ausreichend Wasser verfügbar bleibt.

7.3.1.2.1.1 *Grundwasserneubildung*

Beiträge von: F1, W1a, W1b

Die Grundwasserneubildung unter Wald sinkt voraussichtlich von 138 mm/a (1991-2010) auf nur noch 59 mm/a im Zeitraum 2051-2070 (s. Abb. 69). Ursache hierfür ist der infolge des Temperaturanstiegs zunehmende Verdunstungsanspruch der Atmosphäre. Die Böden in der Region Diepholz verfügen über eine hohe Wasserspeicherkapazität, sodass im Ergebnis eine um 80 mm/a erhöhte Evapotranspirationsrate die Grundwasserneubildung um einen entsprechenden Betrag verringert.

Auf den Acker- und Grünlandflächen werden im Mittel der ersten Periode rund 250 mm/a Grundwasserneubildung berechnet. Während unter den Waldflächen die Grundwasserneubildung in der letzten Periode um mehr als die Hälfte zurückgeht, ist die Abnahme auf den landwirtschaftlichen Flächen mit ca. 15 % auf 210 mm/a deutlich geringer (s. Abb. 70). In Diepholz wurde als einziger Modellregion eine Veränderung der landwirtschaftlichen Nutzung im Klimaschutzpfad unterstellt. Die Umwandlung von 10 % intensiv genutzter Grünlandflächen in eine extensive Nutzung mit im Durchschnitt höherem Blattflächenindex hat in Bezug auf die Grundwasserneubildung nur eine marginale Abnahme um knapp 5 mm/a zur Folge.

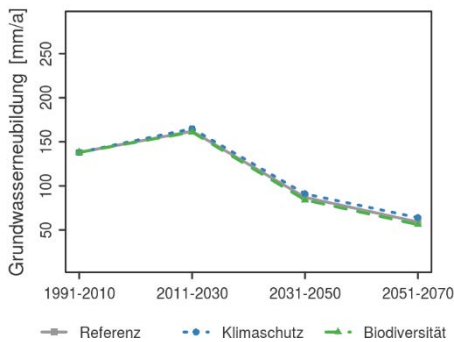


Abbildung 69: Entwicklung der Grundwasserneubildung unter Wald (Modell: WaSiM-ETH)

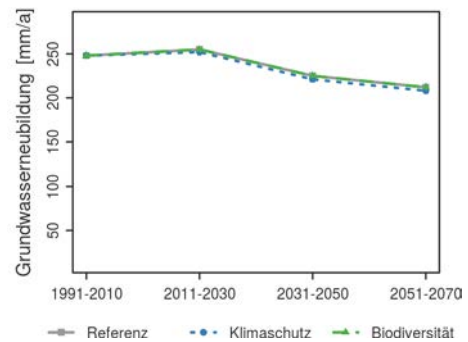


Abbildung 70: Entwicklung der Grundwasserneubildung unter landwirtschaftlichen Flächen (Modell: WaSiM-ETH)

Aufgrund des hohen Flächenanteils der Landwirtschaft im Landkreis Diepholz (knapp 90 %) entspricht die durchschnittliche regionale Grundwasserneubildung weitgehend den Werten der landwirtschaftlichen Flächen (s. Abb. 71). Nach der Periode 2011-2030 zeigen alle Modelle eine geringe Abnahme der Grundwasserneubildung bis auf ca. 230 mm/a in der Periode 2051-2070. Die unterschiedlichen Baumarten- und Fruchtartenanteile sowie Nutzungsstrategien, die in den Entwicklungspfaden abgebildet werden, wirken sich in der Gesamtbilanz nur gering aus. Der Rückgang der Grundwasserneubildung fällt trotz steigender Temperaturen und erhöhter Verdunstungsansprüche der Atmosphäre insgesamt moderat aus, es kann daher auch zukünftig mit hohen mittleren Grundwasserneubildungsraten von mehr als 200 mm/a gerechnet werden.

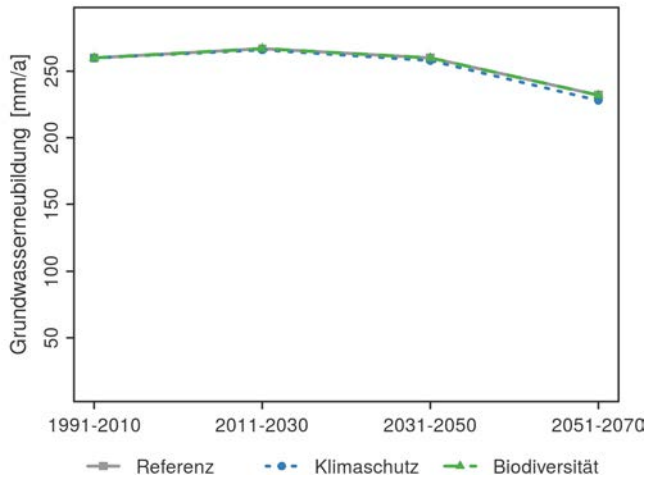


Abbildung 71: Entwicklung der Grundwasserneubildung für alle Landnutzungsformen (Modell: SWAT, Flächenbezug: Teileinzugsgebiet der Hache)

7.3.1.2.1.2 Abflusspende

Beitrag von: W1a

Analog zum Rückgang der Grundwasserneubildung geht auch die Abflusspende im Einzugsgebiet von Hache und Hunte (entspricht 4 % der Modellregion) im Simulationszeitraum leicht von 6,6 l/s/km² auf 5,5 l/s/km² zurück. Die Unterschiede zwischen den Entwicklungspfaden sind äußerst gering, da für diesen Indikator ohne Änderung der Landnutzungsanteile vor allem klimatische Faktoren ausschlaggebend sind.

7.3.1.2.1.3 Nitrat im Sickerwasser

Beiträge von: F1, L3

Die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser werden überwiegend durch Einträge aus der Landwirtschaft bestimmt, vor allem durch die organische und mineralische Stickstoffdüngung sowie durch die Stickstofffreisetzung durch Mineralisierung aufgrund der landwirtschaftlichen Nutzung ehemaliger Moorstandorte. Die Nitratkonzentrationen werden bei unveränderter Nutzung in Zukunft allein schon aufgrund der sinkenden Sickerwasserrate (Rückgang des Verdünnungseffektes) steigen. Nachfolgend werden die modellierten Ergebnisse zur Entwicklung der Nitratgehalte im Sickerwasser jeweils getrennt für Forst- und Landwirtschaft dargestellt.

Die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser unter Waldflächen sind wegen der hohen Stickstoffeinträge in die Böden schon aktuell (11,4 mg NO₃/l, 1991-2010) deutlich höher als in den anderen Modellregionen. Für die Zukunft schätzen die verwendeten Modelle weiter steigende Nitratkonzentrationen im Sickerwasser bis zu rund 120 mg NO₃/l im Jahr 2070 (s. Abb. 72), wobei die Unterschiede zwischen den Entwicklungspfaden sehr gering sind, d. h. die Art der Bewirtschaftung wirkt sich in dieser Zeitspanne kaum aus.

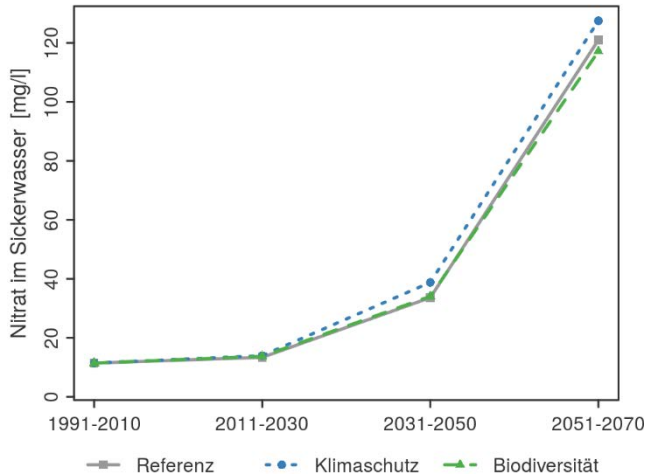


Abbildung 72: Entwicklung des Nitratgehalts im Sickerwasser unter Wald (Modelle: WaSiM-ETH u. VSD+)

Der enorme Anstieg der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser ist auf mehrere Ursachen zurückzuführen. Zunächst bedeutet der Rückgang der Sickerwassermenge unter Wald – auf weniger als die Hälfte der heutigen Menge bis zum Jahr 2070 – allein schon mehr als eine Verdoppelung der Konzentrationen. Zum anderen führen die anhaltend hohen Depositionen zu einer zunehmenden Stickstoffsättigung und entsprechend zu einem höheren Austragsrisiko für Stickstoff (vgl. ABER et al. 1989). Dieser Effekt wird noch durch die – im Rahmen der zu erwartenden Klimaerwärmung – erhöhte Abbaudynamik der organischen Bodensubstanz verstärkt.

Die absoluten Werte der Nitratkonzentration im Sickerwasser sollten jedoch aufgrund der hohen Unsicherheiten in der Modellkette (vgl. FLECK et al. 2017) nur als Trend angesehen werden. Insbesondere der Temperatureinfluss auf den Abbau unterschiedlich stabiler Fraktionen der organischen Substanz im Boden wird in der wissenschaftlichen Literatur zum Teil noch sehr konträr diskutiert.

Dennoch ergab eine umfassende Nitratinventur in 50 Waldbeständen auf terrestrischen Standorten (20 km nordwestlich der Modellregion Diepholz), dass schon unter den aktuellen Bedingungen fast 90 % der analysierten Werte über 10 mg NO₃/l und annähernd 50 % der Nitratkonzentrationen über dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 50 mg NO₃/l lagen (HORVÁTH et al. 2010). Diese Untersuchungen zeigen, dass das hier geschätzte Risiko für eine Region mit hohen atmosphärischen Stickstoffeinträgen und zusätzlich einem großen Anteil an Moorstandorten nicht unrealistisch zu sein scheint. Insbesondere die fortschreitende Degradierung der Moore (vgl. Kapitel 7.3.1.2.2.9 – Humussaldo) hat einen erheblichen Einfluss auf die dargestellten Ergebnisse. Entsprechend sollte in dieser Region auf mögliche Probleme durch zunehmende Stickstoffsättigung der Waldökosysteme besonders geachtet werden.

Eine weitere große Unsicherheit besteht aufgrund des großen Anteils von Moorbodenstandorten (27 % der Stichprobenpunkte). Die Arbeit von POYDA et al. (2016) zeigt, dass schon geringfügige Schwankungen (Dezimeterbereich) des Grundwasserflurabstandes erhebliche Auswirkungen auf die Nitratkonzentrationen im Bodenwasser haben können. Da der Grundwasserflurabstand im Projekt nur auf Grundlage von kleinmaßstäblichen Grundwassergleichenplänen abgeleitet werden konnte, bestehen auch vor diesem Hintergrund erhebliche Unsicherheiten.

Unter den landwirtschaftlich genutzten Flächen betragen die berechneten Nitratkonzentrationen im Sickerwasser bei Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen zur Stickstoffdüngung über den gesamten Betrachtungszeitraum und unabhängig von den Entwicklungspfaden 96 bis 108 mg NO₃ je Liter (s. Abb. 73; zurzeit existiert kein Grenzwert für Sickerwasser, der Trinkwassergrenzwert liegt derzeit bei 50 mg NO₃/l). Die durchschnittlichen Stickstofffrachten liegen bei 73 bis 77 kg Nitrat-N je Hektar und Jahr und damit über dem aktuell gültigen Grenzwert für Bilanzüberschüsse nach der Düngeverordnung (BMELV 2012a) von 60 kg Nitrat-N je Hektar und Jahr.

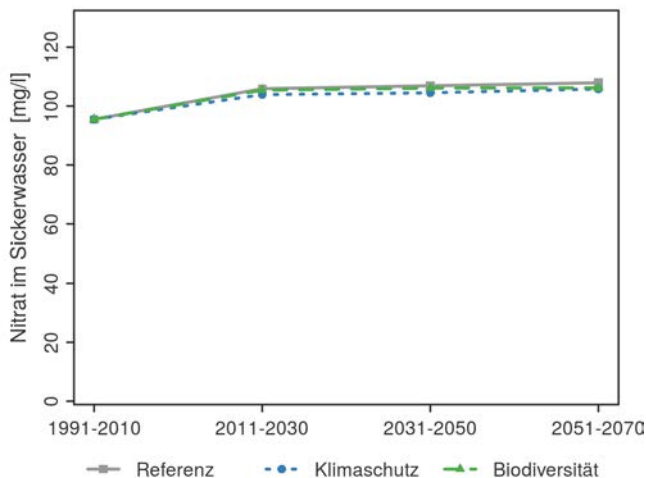


Abbildung 73: Entwicklung des Nitratgehalts im Sickerwasser unter landwirtschaftlichen Flächen (Modell: HERMES)

Die Entwicklungspfade zeigen keine bedeutenden Unterschiede im Austrag von Nitrat. In der Tendenz liegt das Niveau der Stickstoffkonzentrationen im Biodiversitätspfad leicht unter den Konzentrationen des Referenzpfades. Die Maßnahmen des Klimaschutzpfades (Verringerung der intensiv bewirtschafteten und gedüngten Ackerfläche durch Weideland und Luzerneanbau) führen im Gesamtzeitraum zu einem etwas stärkeren Absinken der Nitratgehalte (2011-2070).

7.3.1.2.1.4 *Nitrat im Grundwasser und in Fließgewässern*

Beiträge von: W1a, W1b

Die Nitratgehalte im Grundwasser und in Fließgewässern können mit der zur Verfügung stehenden Methode nur als Trend angegeben werden, da aufgrund der Auswahl des simulierten Einzugsgebiets (4 % der Modellregion) zu große Unsicherheiten bezüglich der Übertragbarkeit auf die gesamte Modellregion bestehen. Die Nitratgehalte in Diepholz resultieren fast ausschließlich aus landwirtschaftlichen Einträgen. Demnach bleibt der Nitratgehalt im Grundwasser im Durchschnitt des Projektionszeitraums (2011-2070) für den Referenzpfad weitestgehend konstant.

In den Fließgewässern steigt der Nitratgehalt bei Beibehaltung der bisherigen Wirtschaftsweise (Referenz) bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes um 17 %. Eine Bewirtschaftung gemäß den Rahmenbedingungen des Biodiversitätspfads mildert diese Steigerung nur leicht ab (+14 %) und auch die Einhaltung der Vorgaben des Klimaschutzpfades ergibt letztlich immer noch eine Steigerung um 6 %.

Die sich verringernde Grundwasserneubildung verursacht unabhängig von den Einzeltendenzen in den drei Entwicklungspfaden in der letzten Periode einen leichten Anstieg der Nitratwerte sowohl des Grundwassers als auch der Fließgewässer.

7.3.1.2.1.5 *Phosphat in Fließgewässern*

Beitrag von: W1a

Bei den Phosphatgehalten in Fließgewässern zeichnet sich eine günstige Entwicklung ab. Nach den Modellergebnissen sinken die Phosphatgehalte bis zum Jahr 2070 in allen drei Entwicklungspfaden deutlich: im Referenz- und Klimaschutzpfad um jeweils 29 % und im Biodiversitätspfad sogar um 43 %.

7.3.1.2.2 Forstwirtschaft

7.3.1.2.2.1 *Der aktuelle Waldzustand*

Beiträge von: F4, Ko

Wälder wachsen nur auf rund 10 % der Fläche des Landkreises Diepholz. Damit ist die Modellregion im Vergleich zu den durchschnittlichen Verhältnissen im Norddeutschen Tiefland mit ca. 23 % Waldanteil (CORINE LAND COVER 2006, HANSEN et al. 2013) eher eine waldarme Gegend. Die vorhandenen Wälder weisen jedoch im Gegensatz zu den vorrangig durch die Waldkiefer geprägten Beständen in der Mitte und im Osten der Norddeutschen Tiefebene überwiegend Laubbaumarten auf. An erster Stelle sind hier die Birken zu nennen, die gut ein Drittel der Waldfläche bedecken (s. Abb. 74).

Die Birkenbestände wachsen in der Regel auf mehr oder weniger abgetorften Moorflächen und werden daher nur in einem geringen Maße forstlich bewirtschaftet. Ein weiteres Drittel der Waldfläche besteht zu weitgehend gleichen Anteilen aus Eiche, Buche und ALn (Anderes Laubholz mit niedriger Umtriebszeit, hauptsächlich Schwarzerle). Auf der verbleibenden Waldfläche – hier zumeist auf den eher

sandigen und trockeneren Böden – wachsen vor allem Waldkiefern, aber auch Douglasien und Lärchen.

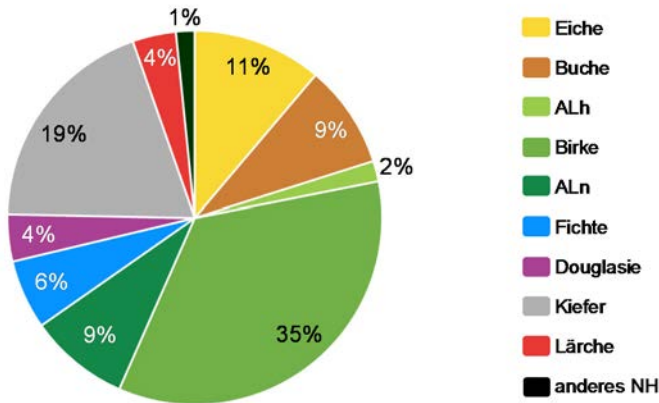


Abbildung 74: Flächenanteile der Baumarten zum Status quo

Die Wälder im Landkreis Diepholz sind überwiegend jung. Ein Blick auf die Altersklassenverteilung (s. Abb. 77) zeigt, dass rund 75 % der Bäume höchstens 60 Jahre alt sind. Diese unausgeglichene und forstlich eher ungünstige Altersklassenverteilung ist u. a. eine Folge der Torfnutzung, da sich erst nach Ende der Torfnutzung auf den abgetorften ehemaligen Hochmoorflächen hauptsächlich Birken ansamen konnten.

7.3.1.2.2.2 Veränderung des Waldzustandes

Beiträge von: F4, Ko

Die Auswirkungen der Entwicklungspfade auf die Indikatoren wurden zunächst losgelöst von den verschiedenen sich ändernden Risikofaktoren der Baumarten betrachtet, um die Effekte besser interpretieren zu können.

Wenn die forstliche Bewirtschaftung der Wälder in der Modellregion Diepholz weiterhin nach ihrer bisherigen Ausrichtung erfolgte (*Referenzpfad*), käme es auf Flächen ohne Grundwasseranschluss, auf denen forstlich kurzlebige und ertragschwache (Sand-)Birkenbestände wachsen, zu einem verstärkten Anbau ertragsreicherer Laubbaumarten wie Eiche und Buche. Auch auf nassen Standorten würden die (Moor-)Birkenbestände vergleichsweise rasch durch Schwarzerlen ersetzt. Letztlich verringerte sich dann der heutige Flächenanteil beider Birkenarten von 35 auf 16 % im Jahr 2070 (s. Abb. 75).

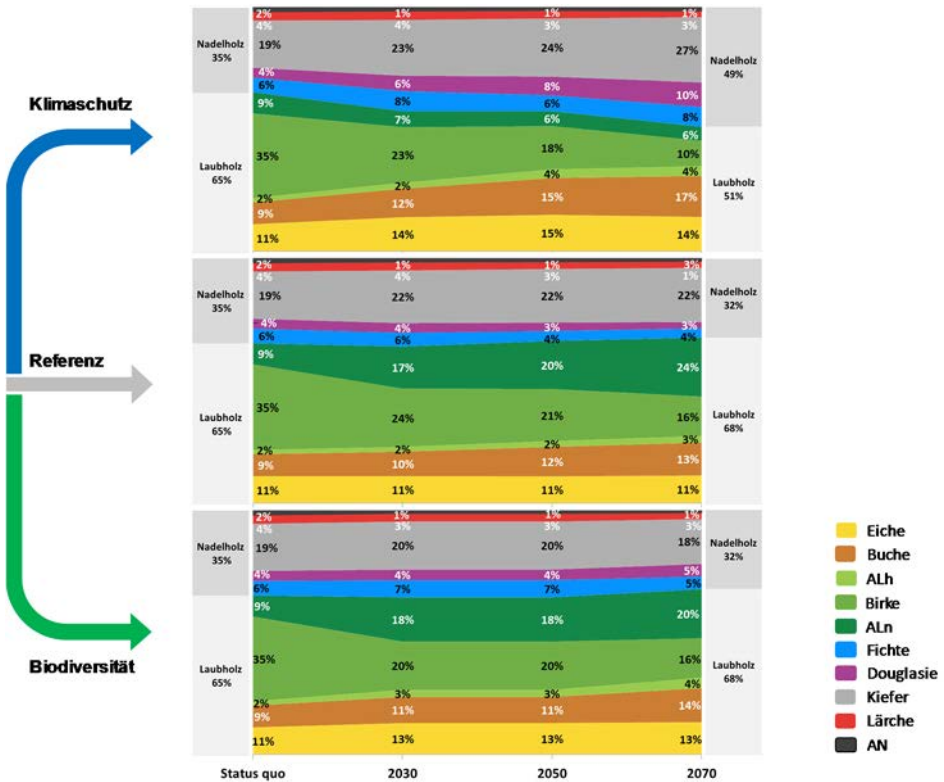
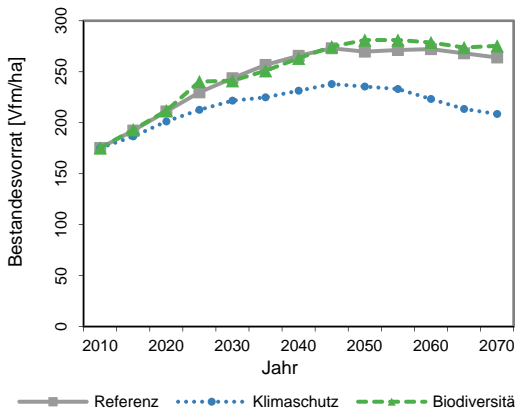


Abbildung 75: Baumartenspezifische Flächenanteile zum Status quo sowie deren Entwicklung unter den drei Entwicklungspfaden Biodiversität, Referenz und Klimaschutz bis zum Jahr 2070

Hinsichtlich der Flächenanteile der im Vergleich zur Birke langlebigeren Nadelbaumarten ergäben sich bis zu diesem Zeitpunkt nur unwesentliche Veränderungen, da die hier dominierenden Kiefernbestände innerhalb des Betrachtungszeitraumes nur in geringem Maße den Zieldurchmesser erreichen. Dadurch werden in der Folge auch keine umfangreichen Pflanzungen erforderlich, die ggf. einen Baumartenwechsel in größerem Stil ermöglichten. Bei Umsetzung dieser Referenz-Handlungsstrategie erhöht sich der Holzvorrat stetig von derzeit 175 Kubikmetern („Vorratsfestmeter mit Rinde“ = Vfm) je Hektar um rund 90 Vfm/ha bis zum Jahr 2070 (s. Abb. 76, links).

Gleichzeitig erhöht sich im gleichen Zeitraum auch das durchschnittliche Alter der Wälder von knapp 50 auf über 70 Jahre. Der laufende Zuwachs als Maß der Produktivität der Wälder in der entsprechenden Periode verringert sich allgemein während des Betrachtungszeitraumes um ca. 1,9 Vfm/ha (s. Abb. 76, rechts oben).



	laufender Zuwachs [m ³ /ha/a]		
	Ref	Kl	Bio
2000	8,5	8,5	8,5
2020	8,1	6,8	8,3
2040	7,7	7,1	7,6
2060	6,6	6,7	6,5

	entnommenes Rohholz [t/ha]		
	Ref	Kl	Bio
2000	1,7	1,7	1,7
2020	1,1	1,4	0,9
2040	2,0	2,3	1,6
2060	2,3	2,9	1,5

Abbildung 76: Entwicklung des Bestandesvorrates (links), des laufenden Zuwachses (rechts oben) sowie des entnommenen Rohholzes (rechts unten) unter den drei Entwicklungspfaden Referenz, Klimaschutz und Biodiversität

Im *Biodiversitätspfad* werden vorrangig höhere Altholzanteile sowie stärkere Baumdimensionen und dadurch auch ein höheres durchschnittliches Alter der Bestände angestrebt. Hierzu wird die Intensität der Holznutzung gegenüber dem Referenzpfad gesenkt.

Aufgrund der späteren und extensiveren Nutzung erhöht sich der durchschnittliche Bestandesvorrat bis zum Jahr 2070 stetig um rund 100 Kubikmeter (Vfm) je Hektar. Damit verbunden steigt auch das durchschnittliche Alter der Wälder von knapp 50 auf rund 80 Jahre. Die Entwicklung des laufenden Zuwachses im Biodiversitätspfad verläuft ähnlich wie im Referenzpfad. Ein Umbau zu standortgemäßen Waldgesellschaften findet nur langsam statt. In nennenswertem Umfang erfolgt dieser im Bereich der Birkenwälder auf feuchten Standorten durch Pflanzung von Schwarzerlen. Auf grundwasserfernen Standorten werden ältere Kiefernbestände mit Rotbuchen unterpflanzt. Insgesamt nimmt so der Anteil der Weichlaubhölzer (ALn) und der Buchen von 18 auf 34 % im Jahr 2070 zu (s. Abb. 75).

Die Handlungsstrategie *Klimaschutz* setzt auf eine Bewirtschaftung von Wäldern, mit der stärker als bisher Kohlenstoff im Wald und in Holzprodukten gespeichert wird sowie fossile Energieträger bzw. energieaufwändige Bau- und Werkstoffe durch Holz substituiert werden können. Die Strategie setzt daher auf verstärkten Umbau insbesondere ertragsschwacher Birkenwälder zugunsten vorratsreicher und zuwachsstarker Mischwälder mit führenden Nadelbaumarten. Einer starken Reduktion des Birken- und sonstigen Weichlaubbaumanteils zugunsten der Douglasie, Kiefer und Fichte folgt aber auch eine Ausweitung der Buchenanteile, da die Buche in vielen Fällen den Nadelbaumarten beigemischt würde (s. Abb. 75). Diese Umbaumaßnahmen bewirken mittelfristig eine spürbare Reduktion des laufenden Zuwachses (s. Abb. 76, rechts oben).

Trotz des verstärkten Waldumbaus und der damit verbundenen stärkeren Nutzung (s. Abb. 76, rechts unten) sowie vermehrter Begründung junger Bestände würde sich, wegen des hohen Anteils der Birkenbestände, das derzeitige Durchschnittsalter der Bestände innerhalb des festgelegten Betrachtungszeitraumes bis zum Jahr 2070 nur unwesentlich verändern (von rund 50 auf 55 Jahre; s. Abb. 77). Auch die Durchschnittsvorräte erhöhten sich bis zu diesem Zeitpunkt nur um knapp 45 Kubikmeter je Hektar (s. Abb. 76). Beides zeigt eindrucksvoll, dass waldbauliche Maßnahmen erst sehr langfristig wirksam werden.

Die Dynamik des laufenden Zuwachses als Maß der Produktivität der Wälder in der entsprechenden Periode zeigt in allen Entwicklungspfaden einen Rückgang über der Zeit (s. Abb. 76, rechts oben), wobei die Umbaumaßnahmen und somit der höhere Anteil junger Bestände unter dem Klimaschutz- und dem Referenzpfad zu geringeren Werten führen als in der Biodiversitätsvariante. In der letzten Periode deutet sich jedoch eine Umkehr dieses Trends an, da insbesondere unter dem Klimaschutzpfad verstärkt ertragsreiche Nadelbaumarten angebaut werden und diese in ihre produktivste Entwicklungsphase eintreten.

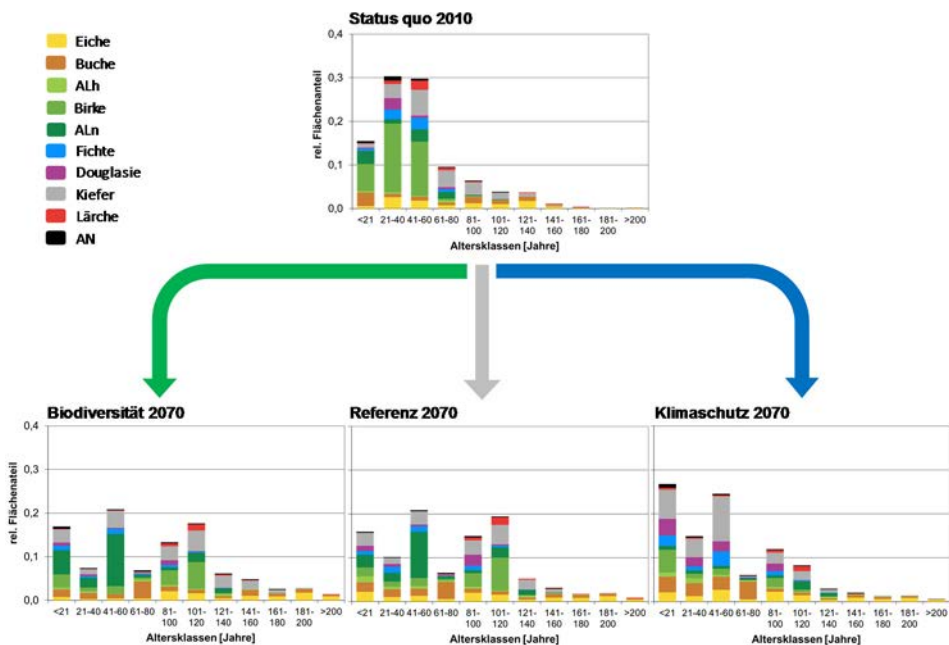


Abbildung 77: Baumartenspezifische Altersklassenverteilung zum Status quo sowie deren Entwicklung unter den drei Entwicklungspfaden Biodiversität, Referenz und Klimaschutz

7.3.1.2.2.3 Baumvitalität

Beitrag von: F2

Die untersuchten mittelalten Versuchsbestände der Baumarten Kiefer und Douglasie wiesen in der Modellregion Diepholz im Vergleich zu allen anderen Modellregionen in allen vier Untersuchungsjahren die höchste Kronenverlichtung auf. Beim Baumartenvergleich zeigte die Eiche in allen Modellregionen den schlechtesten Vitalitätszustand. Der untersuchte Eichenbestand in der Modellregion Diepholz war hinsichtlich seiner äußeren Kronenmerkmale auf einem ähnlichen Niveau wie in Uelzen. Der Kronenverlichtungsgrad der Rotbuchen verbesserte sich innerhalb des Untersuchungszeitraumes (2011-2014) und war 2013 und 2014 etwas geringer als in der Modellregion Oder-Spree.

Eine wesentliche Einflussgröße für die Vitalität der Bäume stellt die Stickstoffbelastung (durch landwirtschaftliche Emittenten) dar. Diepholz ist die Region mit den höchsten Einträgen, was anhand der Stickstoff-Nadel- bzw. -Blattspiegelwerte gut nachgewiesen werden konnte. Sowohl die Stickstoff-Nadelspiegelwerte der beiden Nadelbaumarten im Mittel mit 17,3 mg/g_{TM} (Kiefer, 2. Nadeljahrgang (Nj)) bzw. 19,9 mg/g_{TM} (Douglasie, 2. Nj) als auch die Blattspiegelwerte der beiden Laubbaumarten mit 28,2 mg/g_{TM} (Eiche) bzw. 27,0 mg/g_{TM} (Buche) weisen auf eine überoptimale Stickstoffversorgung der Bäume hin (= Ernährungsstufe 5). Dieser extreme Stickstoffeintrag und die damit verbundene Entgiftung des überschüssigen Stickstoffs führen zu einer Reihe von Veränderungen auf den verschiedenen Ebenen des Stoffwechsels. Der Stickstoff wird an Kohlenhydrate gebunden und zu Aminosäuren synthetisiert. Im Ergebnis wird der Pool der löslichen Aminosäuren stetig aufgefüllt. So betrug der arithmetische Mittelwert der Gehalte an löslichen Aminosäuren in den Kiefern- bzw. Douglasien-Nadeln in Diepholz 22,8 bzw. 41,7 $\mu\text{mol/g}_{\text{TM}}$ (s. Abb. 78) und übertraf die Werte der unbelasteten Modellregion Oder-Spree um das Doppelte (Kiefer, 2. Nj: 10,4 $\mu\text{mol/g}_{\text{TM}}$) bzw. das Vierfache (Douglasie, 2. Nj: 9,5 $\mu\text{mol/g}_{\text{TM}}$). Auch für die beiden Laubbaumarten Eiche und Buche war eine Verdoppelung der Gehalte löslicher Aminosäuren nachzuweisen. Unter hohen Stickstoff-Eintragsbedingungen wird innerhalb des Pools der freien Aminosäuren vor allem die Aminosäure Arginin aufgrund ihres besonders kleinen C/N-Verhältnisses bis zu 33 % des Gesamtgehaltes bei der Kiefer bzw. 66 % bei der Douglasie und 29 % bei der Buche angereichert.

Eine Ausnahme stellt die Eiche dar, bei der der prozentuale Arginingehalt nur 2,7 % betrug, aber gegenüber der Modellregion Oder-Spree mit 0,4 % noch immer deutlich höher war. Der effektive Ablauf dieser Assimilation ist vor allem an Kohlenhydrate und Energiereserven geknüpft. Sie sind somit photosyntheseabhängig und erfordern von den Pflanzen einen zusätzlichen Einsatz von Syntheseprodukten für die Entgiftung. Die Chlorophyll- und Proteingehalte in den Nadeln und Blättern waren entsprechend erhöht.

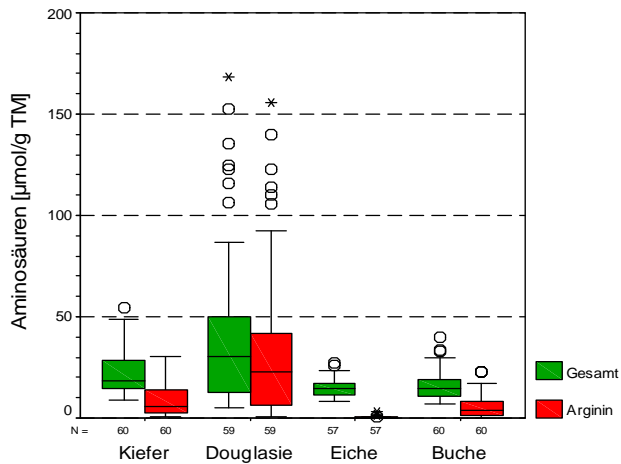


Abbildung 78: Mittlerer Gesamtgehalt der freien Aminosäuren bzw. Arginingehalte der vier Baumarten (2011 bis 2014, Kiefer und Douglasie 2. Nj)

7.3.1.2.2.4 Trockenstress Beitrag von: F1

Unter den heutigen Klimabedingungen ist die Standortswasserbilanz (Summe aus Klimatischer Wasserbilanz in der Vegetationsperiode und der nutzbaren Feldkapazität) für die Wälder in der Modellregion Diepholz im Mittel aller Stichprobenpunkte positiv und beträgt 204 mm. Dadurch ist der derzeitige Trockenstress der Waldbestände als gering einzuschätzen. Weniger als 1 % der knapp 900 untersuchten Stichprobenpunkte weisen aktuell ein mittleres Trockenstressrisiko auf (s. Abb. 79, unten links). Hierbei handelt es sich ausschließlich um Bestände mit führender Buche oder Fichte (s. Abb. 79, oben).

Bis zum Ende der Betrachtungsperiode im Jahr 2070 bleibt die Wasserbilanz positiv, sinkt aber kontinuierlich auf +35 mm ab. Insofern leiden die Wälder im Landkreis Diepholz auch zukünftig nur in eher geringem Umfang unter den Folgen von Trockenperioden, soweit sie auf den durchaus häufig in der Region vorkommenden grundwassernahen Standorten bzw. auf Böden mit hoher Wasserspeicherkapazität im Wurzelbereich wachsen.

Für Buchen- und Fichtenbestände nimmt zukünftig jedoch das Trockenstressrisiko auf Standorten mit einer eingeschränkten Wasserversorgung zu. Ausgehend von der Ist-Bestockung hat dies zur Folge, dass je nach Entwicklungspfad langfristig für insgesamt rund 3-4 % der Stichproben in der Modellregion ein hohes Trockenstressrisiko zu erwarten ist. Weitere 10-15 % werden ein mittleres Risiko aufweisen (s. Abb. 79).

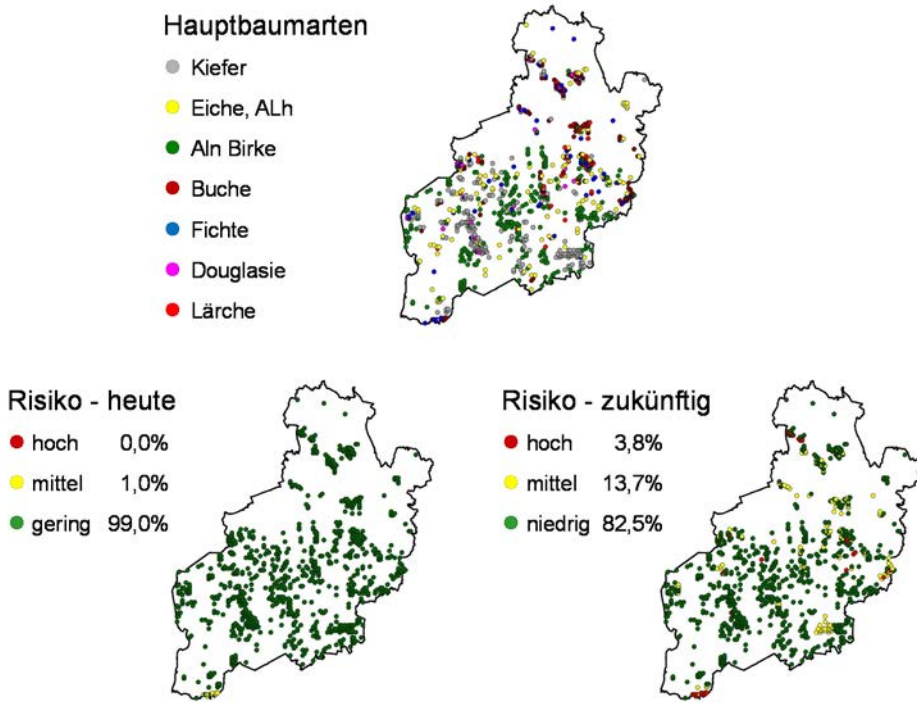


Abbildung 79: Hauptbaumarten an den betrachteten Stichprobenpunkten (oben) sowie ihre Gefährdung durch Trockenstress heute (unten links) und zukünftig (unten rechts) in Prozent der Stichprobenpunkte (Risikoklassen nach SPELLMANN et al. 2011)

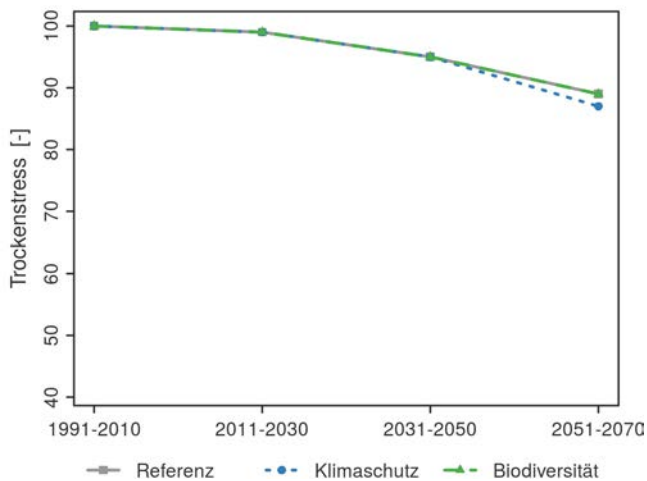


Abbildung 80: Entwicklung des Trockenstress-Index für Waldflächen (0 = extremer Stress, 100 = kein Stress)

Davon sind auf Standorten mit einer schlechten Wasserversorgung auch Eichen- und Douglasienbestände betroffen. Insgesamt kann das Risiko von Ertrags- und Vitalitätseinbußen für die Bestände in der Region Diepholz auch für die Zukunft als relativ gering eingestuft werden. Betroffen sind langfristig überwiegend die als trockenstresssensitiv eingestuften Buchen- und Fichtenbestände, die nicht auf grundwassernahen Standorten stocken. Der Trockenstress-Index (s. Abb. 80) verringert sich bei allen drei Entwicklungspfaden bis zur letzten Periode nur um 11 % bis 13 %.

7.3.1.2.2.5 *Sturmschäden*

Beitrag von: F4

Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Sturmereignisses von Orkanstärke an einem bestimmten Ort nimmt im Norddeutschen Tiefland deutlich von Ost nach West zu. In Diepholz liegt sie bei 40 bis 50 % im Jahrzehnt und ist damit im Vergleich zu den übrigen Regionen relativ hoch.

Da orkanartige Stürme überwiegend im Winterhalbjahr auftreten, wären in dieser laubfreien Zeit vor allem Nadelbäume davon betroffen, aber auch die Buchenbestände sind durch Sturmwurf gefährdet. Es würde vor allem die älteren Bestände treffen, da das Windwurfisiko mit der Bestandeshöhe steigt. Bezogen auf den Holzvorrat resultiert daraus gegenwärtig ein jährliches Windwurfisiko von knapp 2 %. In zukünftigen Perioden steigt durch Veränderungen der Baumartenzusammensetzung und der Altersstruktur bzw. Baumhöhe das Windwurfisiko leicht an. Wegen der höheren Flächenanteile potenziell gefährdeterer Nadelbaumarten weist der Klimaschutzpfad am Ende des Betrachtungszeitraums den größten Risikowert auf.

7.3.1.2.2.6 *Waldbrandrisiko*

Beitrag von: F1

Gemessen an der durchschnittlichen jährlichen Flächengröße, die von einem Waldbrand betroffen wird, ist das klimatische Waldbrandrisiko im Landkreis Diepholz grundsätzlich geringer als in den anderen Modellregionen. Trotz des hohen Anteils prinzipiell brandanfälligerer Birken- und Kiefernbestände überwiegt hier der Einfluss risikodämpfender Faktoren, z. B. der hohe Flächenanteil von Beständen auf grundwasserbeeinflussten Standorten.

Allein unter Berücksichtigung der Klimaentwicklung würde das Waldbrandrisiko mit steigendem Alter in allen Entwicklungspfaden zunächst etwas zurückgehen (0,003 % der Waldfläche, was 0,6 ha/a entspricht; s. Abb. 81) und sich nach 2030 auf jährlich 1 ha (2031-2050) bzw. zuletzt 1,2 ha/a (0,006 %) erhöhen. Die Entwicklung der Baumartenzusammensetzung dämpft das für die letzte Periode erwartete Waldbrandrisiko. Im Klimaschutzpfad wird bis zum Jahr 2070 der Anstieg des Waldbrandrisikos durch eine starke Verringerung des Birkenanteils und gleichzeitiger Erhöhung der Flächenanteile anderer Laubbaumarten sowie der Douglasie reduziert.

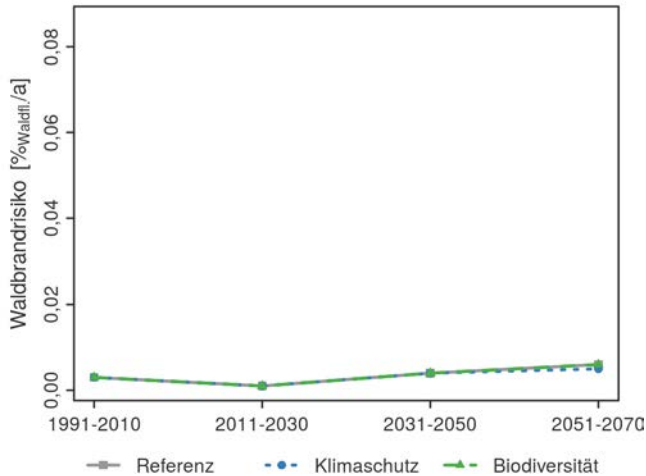


Abbildung 81: Entwicklung des Waldbrandrisikos (Modell: FWI)

7.3.1.2.2.7 Waldschutz

Beiträge von: F3a, F3b

Fraßschäden von sogenannten Kieferngrößschädlingen (u. a. die Schmetterlingsarten Forleule (*Panolis flammea*), Kiefernspinner (*Dendrolimus pini*) und Kiefernspanner (*Panolis flammea*)) treten in der Modellregion nur kleinflächig auf. Auch in früheren Zeiten waren die Wälder in Diepholz nicht sonderlich durch blatt- oder triebsschädigende Insekten gefährdet. Ein Grund für diese geringe Anfälligkeit der Wälder kann in dem atlantisch getönten Klima, in dem schon damals wie heute vergleichsweise geringen Waldanteil (10 %) und der verstreuten Lage der Waldflächen im Raum gesehen werden. Hierdurch werden das Auftreten und eine Ausbreitung von Schadinsekten generell erschwert. Es ist daher davon auszugehen, dass trotz zunehmender klimatischer Risikofaktoren aus der Kombination ansteigender Temperaturen und Trockenheit die Region gering gefährdet bleibt. Zudem wachsen die gefährdeten jüngeren Kiefernbestände, die zurzeit noch einen hohen Anteil an der Waldfläche haben, im Laufe des Simulationszeitraums in höhere Altersklassen mit einem generell abfallenden Forstschutzrisiko ein.

Der Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum* s. l.) ist eine Pilzart, die Waldbäume über deren Wurzeln befallen und nachfolgend in deren Stämmen Holzfäule hervorrufen kann. Betroffen sind in erster Linie Nadelbäume (Kiefer, Fichte, Douglasie und Lärche), aber auch verschiedene Laubbäume. In den Wäldern Norddeutschlands ist seit einiger Zeit eine auffällige und aggressive Zunahme des Wurzelschwammbefalls mit unterschiedlichen Schadbildern bis hin zur Auflösung von Waldflächen zu verzeichnen.

Im Kreis Diepholz wurden 18 repräsentative Kiefernwaldflächen hinsichtlich eines Befalls mit Wurzelschwamm untersucht. Dabei wurden an abgestorbenen und lebenden Bäumen vorhandene Fruchtkörper des Pilzes qualitativ beurteilt und der

Bestand bezüglich des vorgefundenen Schadensausmaßes eingestuft. Der Anteil der durch Wurzelschwamm geschädigten Bestände lag bei 51 %. In den meisten Fällen handelt es sich bisher um geringe Schäden. Bedeutende Beeinträchtigungen (allein) durch den Wurzelschwamm, die bis zur Bestandesauflösung gehen können, wurden lediglich in einem der untersuchten Kiefernbestände festgestellt, obwohl in einem repräsentativ ausgewählten Bestand 94 % der dort wachsenden Kiefern latent mit Wurzelschwamm befallen waren. Weitere Schäden durch andere Schaderreger, wie das durch Befall mit dem Pilz *Sphaeropsis sapinea* (Pilz bisher ohne deutschen Namen) verursachte Triebsterben, und durch Hallimascharten (*Armillaria*), wurden in den untersuchten Beständen in der Modellregion Diepholz nicht festgestellt.

7.3.1.2.2.8 *Stickstoffsaldo*

Beitrag von: F1

Die Wälder im Landkreis Diepholz nehmen derzeit mehr Stickstoff auf, als sie wieder an die Umwelt abgeben. Diese Aufnahme ist aufgrund der hohen regionalen Stickstoffdepositionen und der gleichzeitig hohen Aufnahmekapazität von Stickstoff – insbesondere der auf Moorböden wachsenden Wälder – höher als in den anderen Modellregionen. Die Simulationen zeigen, dass bei kontinuierlich hohen Bilanzüberschüssen das Risiko einer Stickstoffsättigung in Waldökosystemen ansteigt (vgl. ABER et al. 1989) und es so langfristig zu höheren Freisetzungsraten von Stickstoff kommen kann. Die in den Klimaprojektionen abgebildeten Temperaturerhöhungen führen zusätzlich zu einer verstärkten Abbauproduktivität der in Diepholz besonders großen Vorräte an organischer Bodensubstanz, sodass zunehmend Stickstoff unter Wald ausgetragen wird. Am Ende der Betrachtungsperiode betragen die Stickstoffverluste bei Fortführung der bisherigen Waldbewirtschaftung 29 Kilogramm je Hektar und Jahr (s. Abb. 82). Eine weitere Komponente, die in dieser Modellregionen beachtet werden muss, ist der hohe Anteil entwässerter Moorböden, der bei dieser Entwicklung eine nicht unerhebliche Rolle spielt (vgl. Kapitel 7.3.1.2.2.9 – Humussaldo).

Bei einer Waldwirtschaft unter den Vorgaben des Klimaschutzpfads wird diese Entwicklung durch die Verringerung der Holzvorräte und die damit verbundenen Stickstoffausträge (Holznutzung) zunächst noch verstärkt, doch zum Ende des Betrachtungszeitraums dämpft dann insbesondere das starke Wachstum der neu begründeten jungen Nadelholzbestände diese Verluste auf jährlich knapp 26 kg/ha. Im Biodiversitätspfad wirkt der Aufbau hoher Holzvorräte mit entsprechender Stickstoffbindung diesen Grundtrend entgegen. Es ergeben sich dadurch etwas niedrigere jährliche Stickstoffverluste bis zum Jahr 2070 (22,8 kg/ha). Mit den später einsetzenden Endnutzungen ist jedoch dann mit einem Anstieg zu rechnen. Die Größenordnung dieser Entwicklung hängt jedoch sehr stark vom Grundwasserflurabstand ab, der jedoch nur statisch betrachtet wurde.

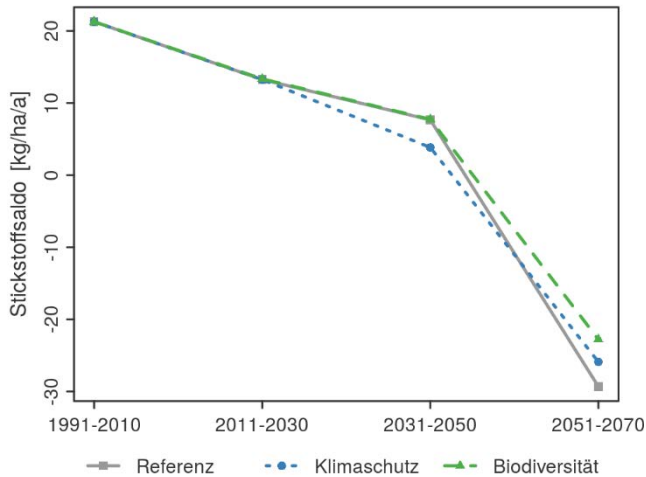


Abbildung 82: Entwicklung des Stickstoffsaldos unter Wald (Modell: VSD+)

7.3.1.2.2.9 Humussaldo

Beitrag von: F1

Der Humussaldo (gemessen am Kohlenstoffgehalt im Boden) der Waldflächen ist derzeit stark negativ. Die berechneten Humusverluste in Höhe von jährlich 585 kg Kohlenstoff je Hektar sind vor allem in den zahlreichen Wäldern auf ehemaligen Moorböden zu verzeichnen, die einstmals unter völlig anderen klimatischen und bodenhydrologischen Bedingungen entstanden sind. Hier wird aktuell der Humusabbau durch Entwässerungsmaßnahmen beschleunigt. Dieser Prozess wird klimabedingt während des Betrachtungszeitraumes insgesamt weiter begünstigt. Gegen Ende der Periode werden dann auch die Humusvorräte der anderen Waldböden geringer. Die modellierten jährlichen Humusverluste steigen auf 726 kg Kohlenstoff je Hektar (Referenz).

Nach HÖPER u. BLANKENBURG (2000) beträgt die jährliche Freisetzung von Kohlenstoff aus gedrähten Niedermooren 3.465 kg/ha/a und für gedrähte Hochmoore 2.350 kg/ha/a in Niedersachsen. Berücksichtigt man, dass der Anteil der organisch geprägten Böden an den Waldflächen der Stichprobenpunkte bei 27 % liegt, so erscheint die Größenordnung der geschätzten Humussalden plausibel. Vermutlich wird sogar ein großer Anteil der Humusverluste auf den organisch geprägten Böden durch die Senkenwirkung der terrestrischen Waldstandorte kompensiert. Bei Szenarien einer möglichen Wiedervernässung ist zu beachten, dass selbst nach vollständiger Vernässung nur sehr verzögert mit einem Rückgang der CO₂-Emissionen zu rechnen ist. Entsprechend können nur langfristig angelegte Überstauraßnahmen die Umkehr von einer CO₂-Quelle zu einer CO₂-Senke bewirken.

7.3.1.2.2.10 Treibhausgasemissionen

Beiträge von: F1, F4

Stabile Wälder, die hinsichtlich ihrer Alters- bzw. Durchmesserstruktur und Baumartenzusammensetzung nachhaltig aufgebaut sind, können so bewirtschaftet werden, dass sich Holzzuwachs und Holzeinschlag die Waage halten und die Kohlenstoffspeicher in der Biomasse konstant bleiben. Kohlendioxid wird zudem auch in den Holzprodukten mehr oder weniger lang gebunden. Darüber hinaus werden im Waldboden große Kohlenstoffmengen festgelegt.

In der Modellregion Diepholz wird die CO₂-Bilanz aktuell am stärksten vom Abbau organischer Bodensubstanz aus den Moorböden beeinflusst. Aufgrund dieser hohen Abbauraten weisen die Wälder hier aktuell eine vergleichsweise geringe effektive Kohlenstoffbindung von jährlich ca. 5 t CO₂ je Hektar auf (in Abb. 83 als negative CO₂-Emissionen dargestellt). Durch den allmählichen Rückgang der Kohlenstoffvorräte in den Moorböden lässt der Effekt des Humusabbaus in Zukunft (Jahre 2011-2030) zunächst etwas nach, um anschließend durch den dann einsetzenden Temperaturanstieg wieder zu steigen.

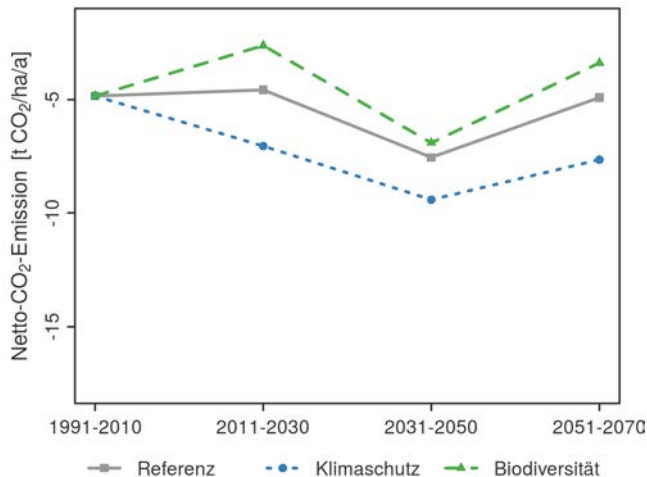


Abbildung 83: Entwicklung der Netto-CO₂-Emissionen im Wald (Modelle: WaldPlaner u. Yasso07)

Durch die Verwendung von Holz wird Kohlenstoff zum einen in Holzprodukten mehr oder weniger lang festgelegt und zum anderen werden fossile Brennstoffe ersetzt (energetische Substitutionseffekte). Die geringe Holzentnahme im Zeitraum 2011-2030 (vgl. Abb. 76, rechts unten) bewirkt einerseits einen Anstieg der oberirdischen Biomassevorräte und des darin gespeicherten Kohlenstoffes, andererseits führt sie zu einer geringeren Speicherung von Kohlenstoff in Holzprodukten sowie zu geringeren Substitutionseffekten. Bilanziert ergibt sich hieraus nur eine geringe Änderung der Netto-CO₂-Emissionen. Die im weiteren Verlauf leicht zunehmende Holznutzung und die gleichzeitig steigenden Holzvorräte stärken den Klimaschutz-

beitrag des Waldes (niedrigere Netto-CO₂-Emissionen). Gegen Mitte des Betrachtungszeitraumes werden diese Effekte durch die wärmegetriebene Humusmobilisierung etwas gedämpft. Dies führt zu leicht steigenden Netto-CO₂-Emissionen. Gegenüber dem Referenz- und Biodiversitätspfad bewirkt der Klimaschutzpfad durch eine stärkere Holznutzung und die vermehrte Berücksichtigung von Nadelbaumarten bei der Verjüngung der Bestände, dass durch deren starkes Wachstum der Atmosphäre vermehrt Kohlenstoff entzogen werden kann.

7.3.1.2.3 Landwirtschaft

7.3.1.2.3.1 *Der aktuelle Zustand*

Beitrag von: L3

Knapp drei Viertel der Flächen der Modellregion Diepholz werden landwirtschaftlich genutzt. Es dominieren der Ackerbau und die Viehhaltung. Im Referenzjahr 2010 wurden 97.407 Rinder, davon 22.122 Kälber und 29.978 Milchkühe, sowie 568.264 Schweine gehalten (STATISTISCHES BUNDESAMT 2010). Der Landkreis Diepholz ist aufgrund der im Vergleich zu den anderen Modellregionen relativ hohen Viehdichte unmittelbar von potenziellen Restriktionen zur Erreichung von Klimaschutzzielen betroffen.

7.3.1.2.3.2 *Veränderungen der Fruchtartenzusammensetzung*

Beiträge von: L3, L7

Die Veränderungen der Fruchtartenzusammensetzung (s. Abb. 84) ergeben sich aus den Ergebnissen der ökonomischen Modellrechnungen mit dem Modell MODAM. Das Modell wählt jeweils die wirtschaftlichste Lösung unter den aus den Entwicklungspfaden abgeleiteten Rahmenbedingungen. Die in der Modellierung berücksichtigten Früchte sind alle in der Region relevanten Getreidearten wie Winterweizen, Winterroggen, Wintergerste, Wintertriticale und Sommergerste, weiterhin Wintererbsen, Kartoffeln, Zuckerrüben, Silomais, Ackergras und Lupine sowie Dauergrünland.

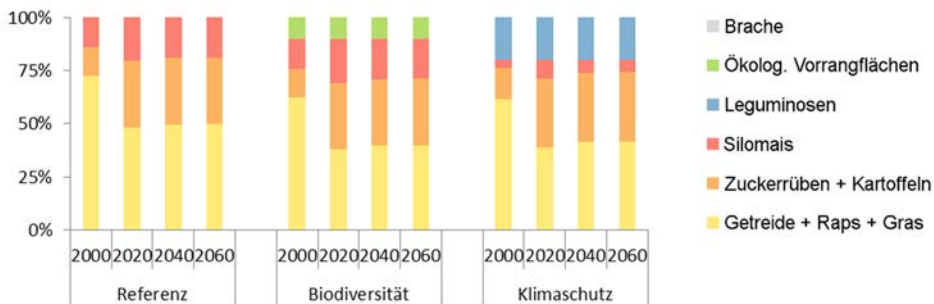


Abbildung 84: *Veränderungen des berechneten Anbauspektrums gängiger Ackerkulturen in der Modellregion Diepholz (Angaben jeweils für die Mitte der Perioden; 2000 = Status quo)*

Im Indikatorensystem werden die Naturalerträge von Acker- und Grünland zusammengefasst. Es handelt sich bei dem Indikator Ernteprodukte um das flächengewichtete Mittel der Ackerkulturen und Grünland in der Region Diepholz. Der Indikator zeigt, dass in der Modellregion Diepholz in den beschriebenen Entwicklungspfaden auch in Zukunft Erträge zumindest auf heutigem Niveau und auch darüber hinaus möglich sind.

Im *Referenzpfad* weist die Modellregion mit 14 % den höchsten Flächenanteil an Silomais im berechneten Anbauspektrum ackerbaulicher Kulturen auf (s. Abb. 84). Der Getreide- und Rapsanteil beläuft sich auf über 70 %, die Kartoffel- und Zuckerrübenflächen liegen bei ca. 10 %. Der Maisanteil steigt von 14 % in der ersten Periode auf über 20 % in der zweiten Zeitscheibe und bleibt dann konstant.

Durch Wegfall der Quotenregelung bei Zuckerrübe steigt deren Anteil von derzeit 13 auf 31 % in der zweiten Periode und bleibt dann konstant. Die Kartoffelfläche bleibt konstant. Dementsprechend fällt der Getreide- und Rapsanteil von 73 % in der ersten auf 50 % in der zweiten Periode und bleibt dann konstant.

Die Masse der Ernteprodukte beläuft sich zu Beginn des Betrachtungszeitraumes auf 8,6 t Trockenmasse (TM) je Hektar und Jahr (s. Abb. 85; Deutschland: 6,2 $t_{TM}/ha/a$). Die mittleren Erträge des Ackerlandes sind etwas geringer (8,5 $t_{TM}/ha/a$). Den höchsten Ertrag erzielt hier der Silomais (16,5 $t_{TM}/ha/a$), den geringsten Winterrraps (2,9 $t_{TM}/ha/a$). Die Masse der Ernteprodukte steigt im Verlauf des Betrachtungszeitraumes bei Fortführung der bisherigen Bewirtschaftung nach einem etwas stärkeren Sprung durch Ausdehnung des Zuckerrübenanbaus bis 2020 von rund 8,6 $t_{TM}/ha/a$ auf 11,7 $t_{TM}/ha/a$, dann weiter linear auf 14,6 $t_{TM}/ha/a$ an. Hierzu trägt das Ackerland mit zuletzt durchschnittlich 15,1 $t_{TM}/ha/a$ überproportional bei.

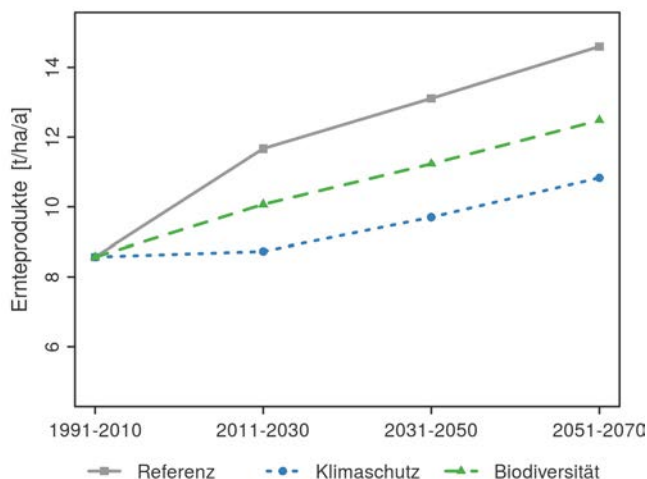


Abbildung 85: Entwicklung der Menge der Ernteprodukte (Acker- und Grünland)

Im *Biodiversitätspfad* wurden im Rahmen der Modellierung 10 % der Acker- und Grünlandflächen als „ökologische Vorrangflächen“ mit extensiver Bewirtschaftung ausgewiesen. Entsprechend wird die Anbaufläche an Getreide und Raps reduziert (s. Abb. 84). Die Menge der insgesamt produzierten Ernteprodukte steigt zwar in der Zukunft gleichmäßig an, sie ist aber gegenüber den Erträgen der Referenzbewirtschaftung reduziert. So werden zum Ende des Betrachtungszeitraumes jährlich nur 12,5 t_{TM}/ha produziert. Dies entspricht 86 % der Erträge der Referenzbewirtschaftung.

Der *Klimaschutzpfad* unterstellt, dass auf 20 % der Ackerfläche Luzerne angebaut wird, um damit Luftstickstoff im Boden zu binden und so die notwendige Menge an Mineraldünger, bei dessen Herstellung das Treibhausgas Kohlendioxid freigesetzt wird, zu reduzieren. Weiterhin werden bei diesem Entwicklungspfad nasse und stark humose Ackerflächen in extensives Dauergrünland umgewandelt. Dies verringert die Anbauanteile von Getreide und Raps um 10 % und die von Silomais und Gras um 6 bis 9 %. Die Ertragsentwicklung ist bei Umsetzung einer solchen klimaschützenden Wirtschaftsweise jener der Referenzbewirtschaftung unterlegen und weist ein um 26 % geringeres Endniveau auf.

7.3.1.2.3.3 Pflanzenschutz

Beitrag von: L2b

Ein wirtschaftlich wichtiger und auch naturschutzrelevanter Faktor ist die Behandlung von landwirtschaftlichen Flächen mit Pflanzenschutzmitteln (PSM) zum Schutz vor und zur Bekämpfung von Schädlingen, Unkräutern und Kalamitäten. Die Intensität dieser Behandlung wird mit dem sogenannten Behandlungsindex (BI) ausgedrückt, welcher die Anzahl von PSM-Anwendungen auf einer Fläche unter Berücksichtigung der Aufwandmengen (im Verhältnis zur zugelassenen Aufwandmenge) und Teilflächenbehandlungen abbildet. Wird eine Ackerfläche im Laufe des Jahres mit fünf verschiedenen (auch in Kombination) PSM in der jeweils zulässigen Aufwandmenge und -konzentration auf ganzer Fläche einmal behandelt, so weist diese Vorgehensweise einen Behandlungsindex von 5,0 auf. Genauso wird dieser Wert erreicht, wenn die Fläche mit dem gleichen Pflanzenschutzmittel fünfmal auf ganzer Fläche jeweils mit der maximal zugelassenen Aufwandmenge behandelt wird. Angestrebt wird sowohl aus wirtschaftlicher als auch naturschutzfachlicher Sicht ein möglichst geringer Behandlungsindex.

Auf der Grundlage der bereits dargestellten berechneten Entwicklung des Anbauspektrums landwirtschaftlicher Kulturen bis zum Jahr 2070 zeigt sich – abhängig von den jeweils eingeschlagenen Entwicklungspfaden – eine Abnahme des Behandlungsindex und damit des chemischen Pflanzenschutzaufwandes (s. Abb. 86).

Bei Fortführung der bisherigen Bewirtschaftung sinkt das vergleichsweise hohe Ausgangsniveau des Behandlungsindex (BI = 4,8; bei derzeit gängigen Kulturen und technischen Stand kann von einem Maximalwert von 8,0 ausgegangen werden) über den Betrachtungszeitraum hinweg nur gering auf einen Wert von zuletzt 4,6 ab. Im

Entwicklungspfad Biodiversität erfolgt diese Abnahme mit 0,6 Einheiten etwas deutlicher. Am deutlichsten wird die Pflanzenschutzintensität bei einer Bewirtschaftung der Flächen nach den Vorgaben des Entwicklungspfades Klimaschutz reduziert: Hier fällt der Wert von 4,8 auf 3,5.

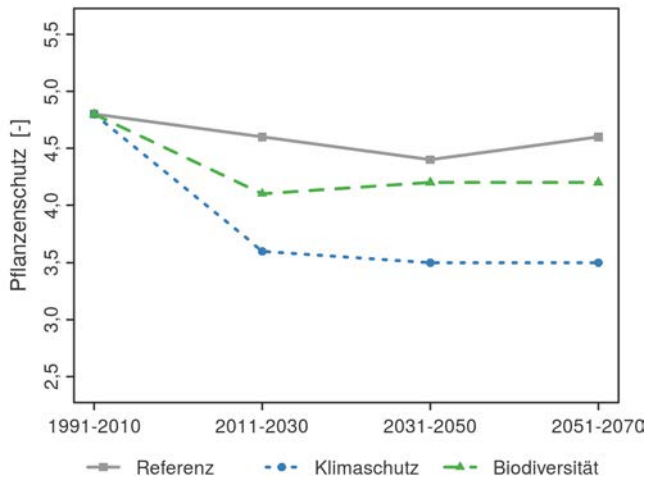


Abbildung 86: Entwicklung des Behandlungsindex auf landwirtschaftlichen Flächen

Die ermittelten Werte für den Indikator Pflanzenschutz sind im Referenzzeitraum in allen Regionen etwas geringer als die statistischen Mittelwerte des Vergleichsbetriebsnetzes Pflanzenschutz (FREIER et al. 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2015). Es wird angenommen, dass diese Abweichungen durch die höhere Aggregationsebene von Regionen des Vergleichsbetriebsnetzes Pflanzenschutz verursacht werden.

7.3.1.2.3.4 Stickstoffsaldo

Beiträge von: L6, L3

Bei der Ermittlung des Stickstoffsaldos für die landwirtschaftlichen Flächen wurde angenommen, dass die Pflanzenbestände den mit der Düngung und mit den Einträgen aus der Luft zugeführten Stickstoff auch unter günstigsten Umständen nicht vollständig aufnehmen können und somit bei der Produktion ein Stickstoffüberschuss eingeplant werden muss, um ein hohes Ertragsniveau zu erreichen. Hierdurch lassen sich Stickstoffverluste nie in Gänze vermeiden. Bei einem Austrag bis zu einer Höhe von 50 kg N je Hektar und Jahr werden aber keine gravierenden ökologischen Schäden erwartet. Die Salden der Entwicklungspfade liegen aber deutlich über dem Optimalbereich von 0 bis 50 kg N/ha/a (s. Abb. 87).

Es zeigt sich, dass bei einer Referenzbewirtschaftung der Stickstoffsaldo vom aktuell bereits hohen Niveau mit einem Wert von rund 100 kg Stickstoffüberschuss je Hektar und Jahr in der Zukunft auf über 120 kg je Hektar und Jahr ansteigt. Durch die steigenden Erträge wird vermehrt Humus abgebaut, was zu einer Freisetzung

von Stickstoff führt. Die Anpassungsszenarien hingegen vermindern den Humusabbau, wodurch weniger zusätzlicher Stickstoff frei wird. Im Entwicklungspfad Biodiversität sinkt der Stickstoffüberschuss dagegen auf zuletzt 95 kg leicht ab. Etwas deutlicher erfolgt diese Abnahme im Entwicklungspfad Klimaschutz. Hier sinkt der Stickstoffsaldo auf einen Wert von 86 kg/ha/a ab. Allerdings überschreiten auch diese Mengen die zuvor genannte Grenze des Optimalbereichs von 50 kg/ha/a deutlich.

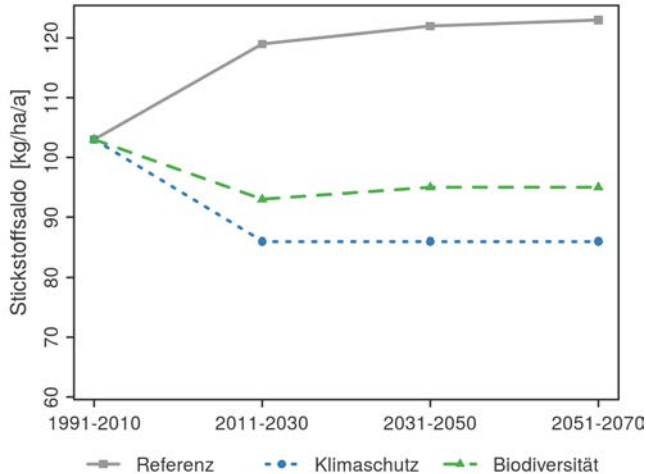


Abbildung 87: Entwicklung des Stickstoffsaldos unter landwirtschaftlichen Flächen (Modell: REPRO)

7.3.1.2.3.5 Humussaldo

Beitrag von: L3

Die zukünftige Entwicklung des Humussaldos ist in der Region Diepholz insgesamt positiv, wobei eine Fortsetzung der bisher praktizierten Landwirtschaft – bedingt durch das modellierte Fruchtartenspektrum – zunächst zu einem geringen Humusabbau führt (-72 kg Humus-C/ha/a, s. Abb. 88).

Zum Ende des Betrachtungszeitraumes wird jedoch ein leichter Humusaufbau von 63 kg Humus-C/ha/a (Referenzpfad) erwartet. Die Entwicklung des Humussaldos im Biodiversitätspfad erfolgt nahezu identisch zum Referenzpfad, allerdings wird in der letzten Periode nur ein Wert von 39 kg Humus-C/ha/a erreicht. Augenscheinlich sind die Auswirkungen des Biodiversitätspfades auf die modellierten Humussalden eher gering.

Demgegenüber kommt es bei der Umsetzung des Klimaschutzpfades durch die starke Ausweitung des Luzerneanbaus zu einer deutlichen Erhöhung des Humussaldos, der zuletzt +320 kg Humus-C/ha/a beträgt. Zusätzlich positiv wirken sich die Zwischenfrüchte und die Humusreproduktion aus organischen Düngern auf die

Humusmehrung aus. Gegenüber der Referenzbewirtschaftung werden somit jährlich rund 250 kg Humus-Kohlenstoff zusätzlich im Boden gebunden, was deutlich über dem empfohlenen Optimum von 100 kg C/ha/a liegt.

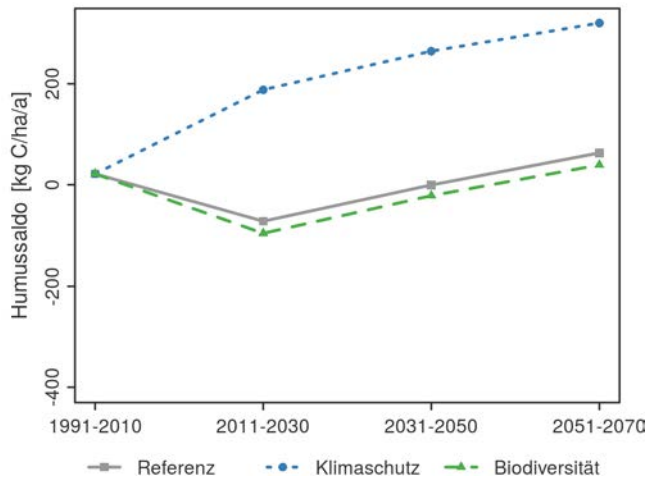


Abbildung 88: Entwicklung des Humussaldos in der Landwirtschaft (nach VDLUFA)

7.3.1.2.3.6 Treibhausgasemissionen

Beiträge von: L4, L5, L6

Die Treibhausgase (THG), die in der Region aus der landwirtschaftlichen Nutzung freigesetzt werden, stammen aus der ackerbaulichen Nutzung, der Grünlandnutzung und der Tierhaltung. Vereinfachend werden die Treibhausgase Lachgas (N_2O), Methan (CH_4) und Kohlendioxid (CO_2) in CO_2 -Äquivalente umgerechnet (Treibhaus-Wirkung: $\text{CO}_2 = 1$, $\text{CH}_4 = 25$, $\text{N}_2\text{O} = 298$) und aggregiert.

Die Modellregion Diepholz weist mit aktuell jährlich 4,75 t CO_2 äq/ha die – verglichen mit den übrigen Modellregionen – höchsten Emissionen an Treibhausgasen auf. Dies liegt zum einen an der intensiven Tierhaltung und zum anderen am Humusabbau der entwässerten Moore und der damit verbundenen Freisetzung von CO_2 . Bei einer Fortführung der bisher üblichen ertragsorientierten Landwirtschaft (Referenz) würde sich dieser Wert noch erhöhen und langfristig bei rund 5,4 t CO_2 äq einpendeln (s. Abb. 89).

Demgegenüber werden bei einer Bewirtschaftung unter stärkerer Beachtung naturschutzfachlicher Ziele im Rahmen des Biodiversitätspfades weniger Treibhausgase ausgestoßen. Die Anlage von Naturschutzbrachen bindet CO_2 im Humus und verringert die gedüngte ackerbauliche Fläche im Vergleich zum Referenzpfad. Letztlich werden hier zum Ende des Betrachtungszeitraumes dennoch rund 5,1 t CO_2 äq freigesetzt.

Deutlich geringere Treibhausgasemissionen werden nur mit einer Flächenbewirtschaftung nach den Vorgaben des Klimaschutzpfades erreicht. Insbesondere

der Humusaufbau und die damit verbundene CO₂-Bindung aus der Luft sowie der verringerte Einsatz von Stickstoff-Mineraldünger durch den Anbau von Luzerne auf einem Fünftel der Ackerfläche und die Wiedervernässung humusreicher und feuchter Standorte reduziert dabei die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2070 um gut eine Tonne pro Hektar und Jahr auf 3,7 t CO₂äq.

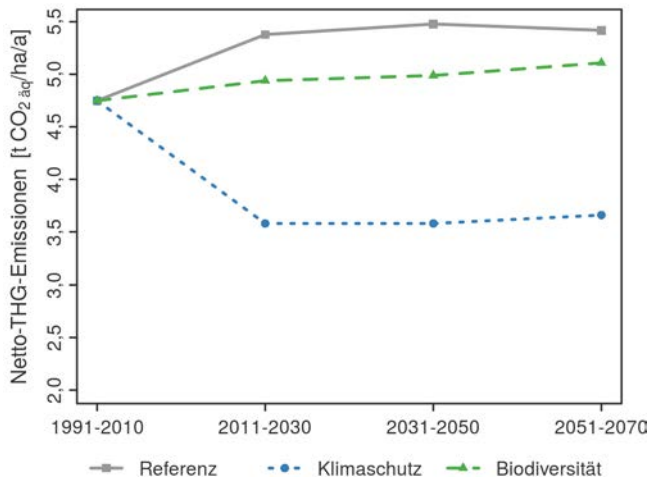


Abbildung 89: Entwicklung der Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft in CO₂-Äquivalenten (Modelle: MODAM, REPRO u. Extrapolation)

7.3.1.2.4 Naturschutz

7.3.1.2.4.1 Forstwirtschaft

Beiträge von: F5, F4

Die Wälder der Modellregion Diepholz sind – neben den Moorgebieten – im Vergleich zu vielen anderen Bereichen der offenen Landschaft naturnahe Lebensräume, die eine Vielzahl von z. T. seltenen Tier- und Pflanzenarten beherbergen. Um die derzeitigen naturschutzfachlichen Zustände der einzelnen Waldgesellschaften und ihre Entwicklungstendenz zu erfassen und zu analysieren, wurde auf geeignete vegetationskundliche Datensätze möglichst alter Aufnahmen zurückgegriffen und deren Untersuchungsflächen wurden vom Teilvorhaben F5 erneut aufgenommen. Auf diese Weise können seitdem bereits erfolgte und aktuell stattfindende Veränderungen in der Bodenvegetation sowie die vermutlichen Ursachen erkannt und beschrieben werden.

Bodensaurer Buchenwald

Der bodensaure Buchenwald (Hainsimsen-Buchenwald, *Luzulo-Fagetum*) als naturschutzfachlich wichtigste Waldgesellschaft in der Region weist – gemessen an Vegetationsaufnahmen der Jahre 1990 und 2011 – Veränderungen in der Zusammensetzung der Bodenvegetation nach ihren Arten und deren Deckungsgrad auf, die

verstärkt auf eine bessere Nährstoffversorgung – vor allem mit Stickstoff – sowie auf abnehmende Bodensäure hinweisen. Dies zeigt sich im Anstieg der mittleren Stickstoff- bzw. Nährstoffzahl sowie der Reaktionszahl der Bodenpflanzen.

Die „Gewinner“ dieser Veränderungen haben zwischen den Jahren 1990 und 2011 entweder in der Stetigkeit und/oder der Artmächtigkeit zugenommen. Ein besonders deutliches Beispiel hierfür ist die Himbeere (*Rubus idaeus*). Eine Art, die in den aufgenommenen Untersuchungsflächen neu auftritt ist z. B. die Große Brennnessel (*Urtica dioica*). Diese Arten konnten von den genannten Umweltänderungen profitieren, sie sind z. T. gleichzeitig Störzeiger. Auf der anderen Seite gibt es auch „Verlierer“. Hierzu zählen die Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa*) und das Rote Straußgras (*Agrostis capillaris*), die an Stetigkeit und Artmächtigkeit abgenommen haben. In der Zusammensetzung der Baumschicht haben sich keine dauerhaften Veränderungen ergeben. Die getroffenen Feststellungen gelten in vergleichbarer Weise für die anderen bislang untersuchten grundwasserfernen Waldtypen.

Birken-Eichenwald

Die Untersuchungen zeigen, dass sich diese Waldgesellschaft stark in Richtung des Buchenwaldes verändert. Solche Veränderungen werden seit längerem auch in anderen Regionen beobachtet. Bereits vor knapp zwei Jahrzehnten stellten HÄRDILE et al. (1997) fest: „Für viele Birken-Stieleichenwälder (*Betulo-Quercetum*) lässt sich heute belegen, dass sich gerade bei naturnaher oder ausbleibender Nutzung die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) nach und nach durchsetzen kann.“ Die in der Modellregion Diepholz durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass die Feuchte- und Stickstoffzahl der Pflanzenarten in der Bodenvegetation in der Tat signifikant zu-, die gewogene Lichtzahl dagegen geringfügig abnimmt. Sowohl in der Baum- als auch in der Strauchschicht haben die aus Nordamerika stammende Spätblühende Traubenkirsche (*Prunus serotina*) und die heimische Rotbuche (*Fagus sylvatica*) in der Baumschicht an Boden gewonnen. Die sukzessionale Entwicklung zum Buchenwald hat sichtbar begonnen. „Verlierer“ sind neben dem Heidekraut (*Calluna vulgaris*) zahlreiche konkurrenzschwache, lichtbedürftige Gräser wie Rotes Straußgras (*Agrostis capillaris*) und Dreizahn (*Danthonia decumbens*). Insgesamt kommt es zu einem starken Rückgang der mittleren Artenzahl (von 22 auf 15).

Erlenbruchwald

In den Erlenbruchwäldern der Modellregion gibt es ebenfalls markante Verschiebungen in der Vegetationszusammensetzung. Typische (Kenn-) Arten des Erlenbruchwaldes wie Bittersüßer Nachtschatten (*Solanum dulcamara*), Wasserminze (*Mentha aquatica*), Wolfstrapp (*Lycopus europaeus*) oder Sumpf-Reitgras (*Calamagrostis canescens*) gehen deutlich zurück. Der Rückgang dieser relativ lichtbedürftigen Bruchwaldarten deutet auf eine Verschlechterung der hydrologischen Bedingungen sowie einen stärkeren Kronenschluss hin.

Werden intakte Erlenbruchwälder entwässert, so ändert sich die Pflanzengesellschaft und es treten vermehrt Weiserpflanzen für diese Degradation der Standorte

auf. Diese sind vor allem die Himbeere (*Rubus idaeus*) und auch der Dornfarn (*Dryopteris carthusiana*; vgl. DÖRING-MEDERAKE 1991). Diese Pflanzen waren in vielen der untersuchten Flächen bereits vor zwei Dekaden vorhanden und weisen auf schon damals stattfindende Entwässerungsmaßnahmen hin. Inzwischen hat eine weitere merkliche Degradation stattgefunden, die vermutlich auf die anhaltende Entwässerung in der landwirtschaftlichen Umgebung zurückzuführen ist. Da Erlbruchwälder in Niedersachsen selten und nur in bestimmten Naturräumen vorkommen, werden sie gemäß der eigenen Vorgaben der Niedersächsischen Landesforsten grundsätzlich nicht gekalkt. Auffällig ist, dass nur etwa die Hälfte der untersuchten Bestände der Kategorie „historisch alte Waldstandorte“ zuzurechnen ist.

Kiefernwälder

Die niedersächsischen Kiefernwälder können in Abhängigkeit von der Nährstoffverfügbarkeit der Standorte drei Vegetationstypen zugerechnet werden (HEINKEN 1995): Die auf extrem nährstoffarmen Böden wachsenden Flechten-Kiefernwälder (*Cladonio-Pinetum*), die Weißmoos-Kiefernwälder (*Leucobryo-Pinetum*) sowie die auf vergleichsweise besseren Böden stockenden Drahtschmielen-Kiefernwälder (*Avenella flexuosa-Pinus sylvestris*-Gesellschaft). Wegen der zu geringen Stichprobenzahl mussten die Vegetationsdaten dieser drei Vegetationstypen jedoch für die Modellregionen Diepholz und Uelzen zusammengefasst und gemeinsam analysiert werden.

Die Analyse dieser Aufnahmen zeigt deutliche Veränderungen der Bodenvegetation. Insbesondere sind die ehemals zahlreich vorhandenen Strauchflechten (*Cladonia*-Arten) verschwunden. Vor allem die Flechten-Kiefernwälder unterliegen einem schnellen Vegetationswandel, der auch an vielen anderen Stellen in Deutschland zu beobachten ist. Daraus ergibt sich eine hohe Schutzbedürftigkeit des *Cladonio-Pinetum* (FISCHER et al. 2014, SCHMIDT et al. 2008).

Für alle drei Vegetationstypen gilt gemeinsam: Licht- und feuchtebedürftige Pflanzenarten haben signifikant abgenommen und sogenannter „Stickstoffzeiger“ zugenommen. Als Ursachen für diese Entwicklungen kommen verschiedene Faktoren in Betracht. Zunehmende Deckungsgrade der Baumschicht und die weiter anhaltenden Wirkungen der Entwässerung können den Rückgang von Licht- und Feuchtezeigern erklären. Sowohl der Eintrag von Stickstoff aus der Luft als auch die Humusakkumulation nach früherer Bodendegradation, z. B. durch Streunutzung, kommen als Ursachen für die Zunahme der Stickstoffzeiger in Betracht. Der Vegetationswandel in den untersuchten Kiefernwäldern stimmt mit entsprechenden Beobachtungen von REINECKE et al. (2011, 2014) in den Sand-Kiefernwäldern des Unterspreewaldes weitgehend überein.

Bei der Betrachtung einzelner Arten ergeben sich deutliche Zugewinne u. a. für die Spätblühende Traubenkirsche (*P. serotina*), den Rankenden Lerchensporn (*Cerato-capnos claviculata*) und die Himbeere (*R. idaeus*). Drahtschmiele (*D. flexuosa*) und Besenheide (*C. vulgaris*) sind neben den Strauchflechten und dem Weißmoos (*Leucobryum glaucum*) die hauptsächlichen Verlierer. Dazu nehmen weitere konkurrenzschwache,

lichtbedürftige Arten wie Schafschwingel (*Festuca ovina*) und Kleiner Sauerampfer (*Rumex acetosella*) erkennbar ab.

Quantitative Beurteilung des naturschutzfachlichen Wertes

Die Baumartenzusammensetzung der Wälder der Modellregion Diepholz ist im Mittel der Klasse „bedingt naturnah“ zuzuordnen (s. Abb. 90). Die Entwicklungen im Referenz- und Klimaschutzpfad verlaufen ähnlich. Wohingegen der Biodiversitätspfad deutlich abweicht. Der zunehmende Umbau hin zu naturnäheren Mischwäldern im Biodiversitätspfad führt im betrachteten Zeitraum zu einer geringen Annäherung an die Baumartenzusammensetzung der potenziell natürlichen Vegetation.

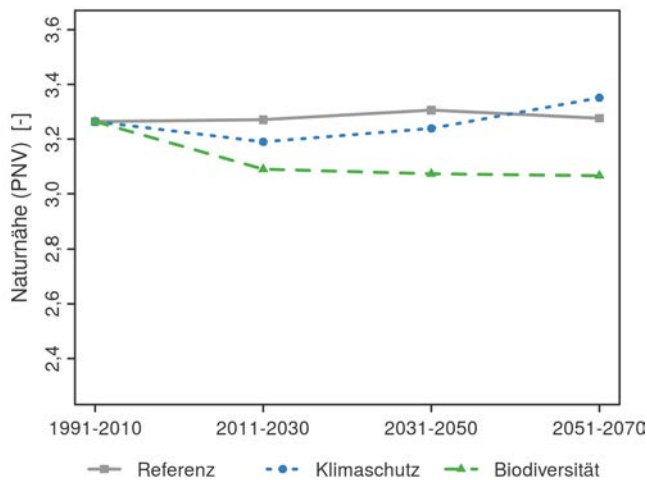


Abbildung 90: Entwicklung der Naturnähe von Waldflächen (Wälder der Stufe 1 (sehr naturnah) weisen die höchste Naturnähe auf und Wälder der Stufe 5 (kulturbestimmt) die geringste; PNV = potenziell natürliche Vegetation)

Die Diversität der Bestandestypen, beschrieben mit dem auf den Bereich 0 bis 1 begrenzten Simpson-Index, ist in der Modellregion Diepholz im Vergleich zu den übrigen Modellregionen sehr hoch. Dies ist möglich, da keine Baumart übermäßig dominiert. Weitere Gründe für die hohe Bestandestypendiversität können die kleinflächigen Waldbestände mit einer eher geringeren Bewirtschaftungsintensität sowie der hohe Anteil organisch geprägter Böden sein. Die Mischung ändert sich im zeitlichen Verlauf und über die drei Entwicklungspfade nur unwesentlich. Anders als in den übrigen Regionen ist keine nennenswerte Differenzierung der Entwicklungspfade im betrachteten Zeitraum zu erkennen (s. Abb. 91).

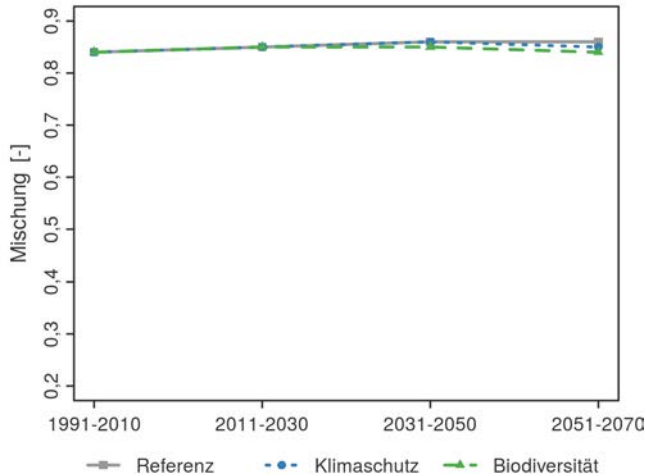


Abbildung 91: Entwicklung der Bestandestypendiversität (Simpson-Index)

Die Habitateignung der Wälder wurde mittels des Anteils alter Bäume beschrieben. Als Altholz werden alle Bäume jenseits ihrer planmäßigen Umtriebszeit bezeichnet. Ein günstiger Erhaltungszustand der Wald-Lebensraumtypen setzt einen Anteil von 20 % Altholz voraus (PAN u. ILÖK 2010). Der zu Beginn der Betrachtung niedrige Altholzanteil von 3 % (s. Abb. 92) steigt in allen Entwicklungspfaden bis 2070 an. In der Geschwindigkeit der Zunahme unterscheiden sich die Entwicklungspfade allerdings deutlich. Die Anhebung der Zielstärkendurchmesser gegenüber dem Referenzpfad führt im Biodiversitätspfad zu einem erheblich höheren Altholzanteil. Im Gegensatz dazu führt die Absenkung der Zielstärke zu einem deutlich geringeren Altholzanteil im Klimaschutzpfad.

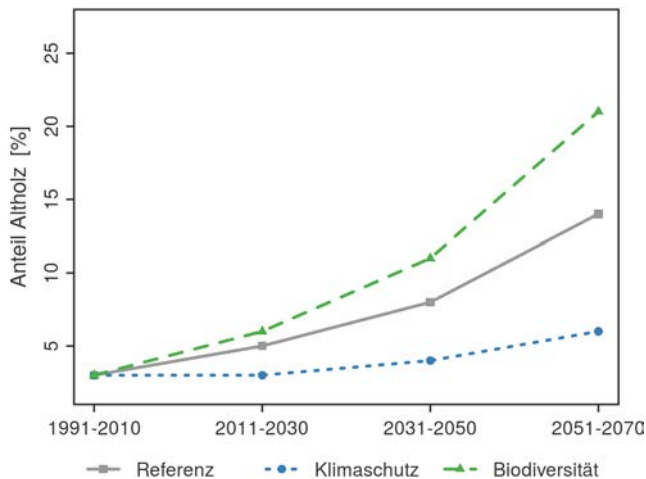


Abbildung 92: Entwicklung des Altholzanteils

7.3.1.2.4.2 *Landwirtschaft*

Beitrag von: L3

Die naturschutzfachliche Beurteilung der landwirtschaftlichen Flächen erfolgte anhand der Fruchtartendiversität und dem Anteil extensiv bewirtschafteter Flächen. Die mit dem Simpson-Index beschriebene Fruchtartendiversität ändert sich weder über die Zeit noch zwischen den Entwicklungspfaden. Sie beträgt in den Pfaden Referenz und Klimaschutz konstant 0,85. Lediglich im Biodiversitätspfad sinkt sie vernachlässigbar auf 0,84 ab.

Der Anteil der extensiv bewirtschafteten Flächen ändert sich nur durch die Vorgaben der Entwicklungspfade (s. Abb. 93). Im Biodiversitätspfad werden 10 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche „dunkelgrün“, d. h. unter Erfüllung naturschutzfachlicher Anforderungen bewirtschaftet, die über die normalen Greening-Ansprüche deutlich hinausgehen. Im Klimaschutzpfad werden Ackerflächen auf hydromorphen Böden in Grünland umgewandelt und extensiv bewirtschaftet.

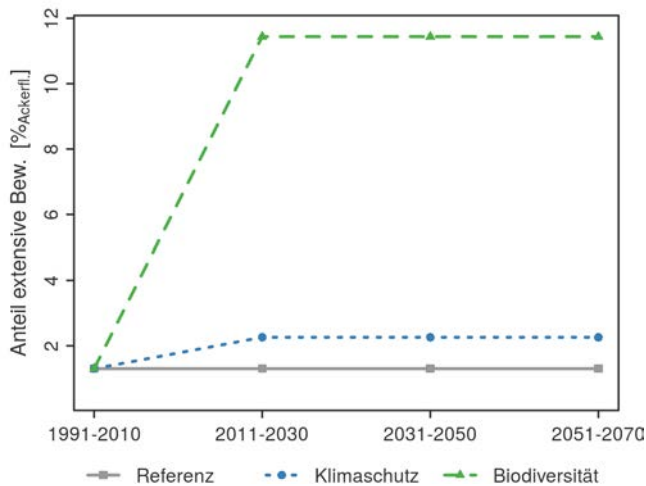


Abbildung 93: Entwicklung des Anteils der extensiv bewirtschafteten Ackerfläche

7.3.1.2.4.3 *Landschaft*

Beitrag von: Ko

Erste Hinweise auf die Auswirkungen einer Änderung der landwirtschaftlichen oder forstwirtschaftlichen Flächennutzung in einer Region auf die Biodiversität lassen sich am Zustand und den Veränderungen der Landschaftsdiversität sowie an den Mischungsverhältnissen der Ackerkulturen und Baumarten ablesen. Beide Aspekte können z. B. mit dem Simpson-Index zahlenmäßig beschrieben werden.

Als Datengrundlage für diese Bewertungen wurde neben den Ergebnissen der Fruchtartenmodellierung die Landschaftsbeschreibung des CORINE-Projektes (CORINE LAND COVER 2006) verwendet. Die Ergebnisse der Indexberechnungen (s. Abb. 94) zeigen, dass innerhalb des Betrachtungszeitraumes sowohl hinsichtlich

der (Fruchtarten-)Mischungsverhältnisse als auch der Landschaftsdiversität kaum Änderungen zu erkennen sind. Lediglich die Ausdehnung des Anteils extensiv genutzten Grünlandes im Rahmen des Klimaschutzpfades führt hier zu einer dauerhaften Anhebung der Landschaftsdiversität.

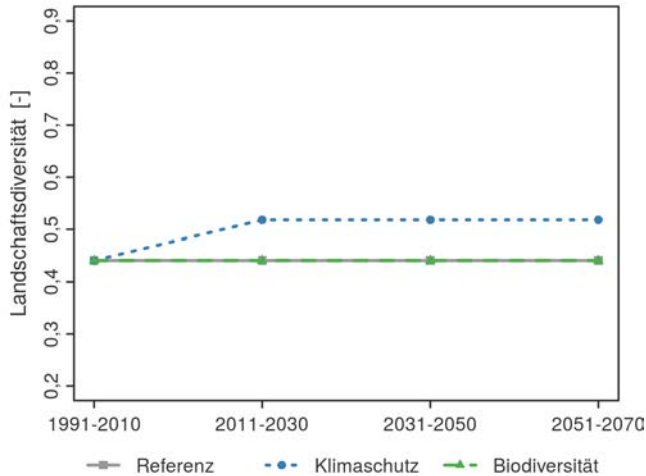


Abbildung 94: Entwicklung der Landschaftsdiversität (Simpson-Index)

7.3.1.2.5 Wertschöpfung

7.3.1.2.5.1 Forstwirtschaft

Beitrag von: F6

Auch wenn die finanziellen Erträge aus sogenannten Nebennutzungen in norddeutschen Forstbetrieben heutzutage bis zu 30 % betragen können (vgl. WILHELM u. MÖHRING 2014), erwirtschaften diese ihr hauptsächliches Einkommen (erwartungsgemäß) durch die Nutzung von Holz. Dabei hat, bereits unabhängig von der jeweiligen Wertschätzung bestimmter Baumarten am Markt und der daraus zu gewinnenden Holzsortimente, die nutzbare Volumenleistung der Wälder den entscheidenden Einfluss auf die jeweilige Höhe des (forst-)betrieblichen Einkommens.

Das Nutzungsvolumen in der Modellregion, berechnet mit Hilfe des „Modellbetriebs Diepholz“ beträgt im Mittel über alle Baumartengruppen und Entwicklungspfade 3,8 Erntefestmeter ohne Rinde (Efm) je Hektar und Jahr (s. Abb. 95). Diese im Vergleich eher bescheidenen Werte sind wesentlich durch die aktuelle Altersklassenverteilung (s. Abb. 77) sowie den erheblichen zukünftigen Vorratsaufbau bedingt (s. Abb. 76), insbesondere bei Umsetzung der Entwicklungspfade Referenz und Biodiversität.

Am Nutzungsvolumen hat derzeit die Baumartengruppe Kiefer mit gut 25 % den höchsten Anteil, gefolgt von anderem Laubholz mit niedriger Umtriebszeit (ALn: 17 %) sowie den Baumartengruppen Eiche, Fichte und Buche. Nadelholz

stockt auf etwa einem Drittel der Fläche und zeichnet für knapp 60 % der Nutzungen verantwortlich. Der relativ hohe Anteil der Baumartengruppe ALn ist überwiegend mit dem aktuell hohen Flächenanteil (35 %) der Birke zu erklären. Dieser Flächenanteil der Birke nimmt in allen Entwicklungspfaden zwar stetig ab, ihr Anteil am Einschlag bleibt aber bis zum Ende der Simulationsperiode auf hohem Niveau. Bezüglich seines Flächenanteils ist der Beitrag des ALn zum Einschlag zunächst deutlich unterproportional, dies „normalisiert“ sich in dieser Hinsicht jedoch im Zuge verstärkter (End-)Nutzung zum Ende des Betrachtungszeitraumes im Jahr 2070.

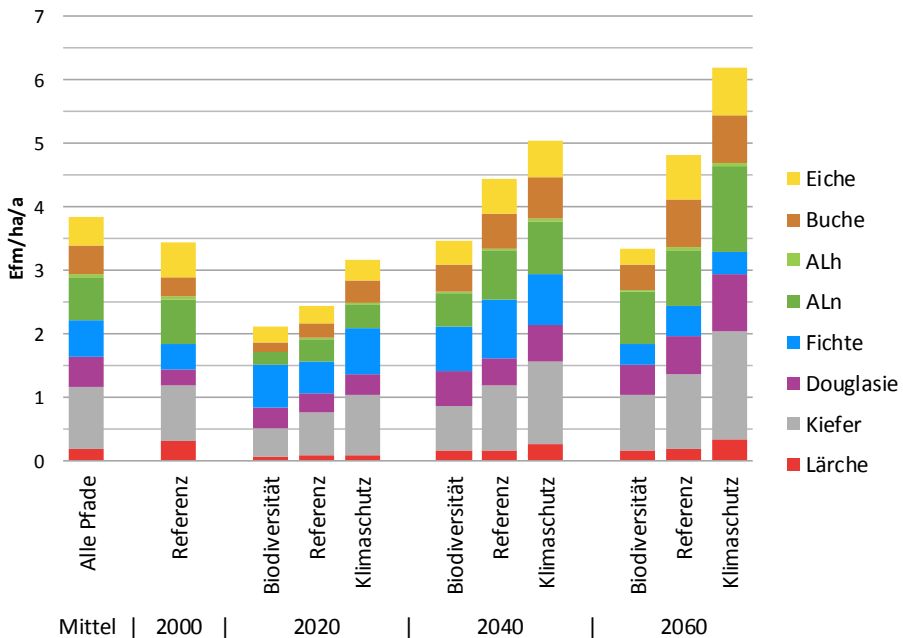


Abbildung 95: Durchschnittliches Nutzungsvolumen in den Zeiträumen (Angabe zur Mitte der Perioden) nach Baumartengruppe und Entwicklungspfad im Modellbetrieb

Die Simulation zeigt für alle Entwicklungspfade einen deutlichen Nutzungsrückgang in der näheren Zukunft (2020) gegenüber dem Ausgangszustand. Im weiteren zeitlichen Verlauf steigen Einschlagsvolumina in allen Entwicklungspfaden deutlich und übersteigen die aktuellen Nutzungen, mit Ausnahme des Entwicklungspfades Biodiversität. Dabei zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den drei Bewirtschaftungsvarianten. So übersteigt der Einschlag im Klimaschutzpfad jenen im Biodiversitätspfad zum Ende des Berechnungszeitraumes um 85 %.

Die im Rahmen des Entwicklungspfades Biodiversität angestrebte Erhöhung des durchschnittlichen Vorrates in den Wäldern (s. Abb. 76) bei gleichzeitiger Steigerung des Durchschnittsalters der Bestände sowie der Totholzvorräte lässt sich nur

mit einem deutlichen Nutzungsverzicht gegenüber der bisher üblichen Wirtschaftsweise erreichen. Dieser Nutzungsverzicht bewirkt ein entsprechend geringeres Arbeitsvolumen (s. Abb. 96) und ebenso eine geringere Nettowertschöpfung in der Region Diepholz (s. Abb. 97).

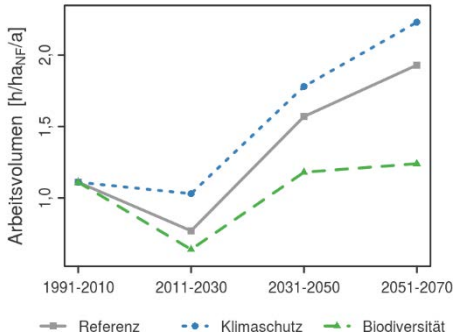


Abbildung 96: Entwicklung des Arbeitsvolumens der Holzernte im Modellbetrieb Diepholz

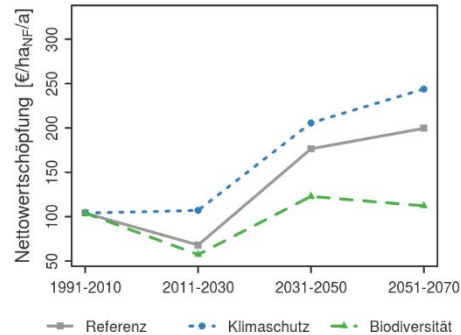


Abbildung 97: Entwicklung der forstwirtschaftlichen Nettowertschöpfung im Modellbetrieb Diepholz

Die Nettowertschöpfung (als sektorale Leistung zur Deckung von Löhnen und Gehältern, Unternehmereinkommen, Kapital-, Flächen- und Risikokosten sowie Betriebsgewinnen) wird in naher Zukunft in den Szenarien Referenz und Biodiversität deutlich, d. h. hier auf 68 € bzw. 57 €/ha und Jahr reduziert. Ein konsequentes Wirtschaften gemäß der unterstellten Szenarioannahmen führt Forstbetriebe ohne finanziellen Ausgleich daher in wirtschaftlich schwierige Situation.

Für den Zeitraum ab etwa dem Jahr 2035 lassen die simulierten Entwicklungspfade Referenz und Klimaschutz bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes einen deutlichen Anstieg von Arbeitsvolumen und Nettowertschöpfung erwarten; im Biodiversitätsszenario erreichen diese Größen nach dem anfänglich sehr deutlichen Einbruch zumindest wieder das derzeitige Ausgangsniveau.

Die Berechnungen zeigen insgesamt, dass die Forstbetriebe insbesondere in der nahen Zukunft vor besondere Herausforderungen gestellt sind. Unter den gewählten Entwicklungspfaden führt einzig das Klimaschutzszenario zu einem weitgehenden Erhalt von Arbeitsvolumen und Nettowertschöpfung in der Region. Eine konsequente Umsetzung insbesondere des Pfades Biodiversität würde hingegen ohne deutlichen monetären Ausgleich die Forstbetriebe der Region langfristig vor existenzielle Probleme stellen.

7.3.1.2.5.2 Landwirtschaft Beitrag von: L7

Von den Projektregionen weist Diepholz das zweithöchste Einkommensniveau der landwirtschaftlich Beschäftigten auf. Bis 2070 sinken die Einkommen in reinen Ackerbaubetrieben jedoch, während sie in Betrieben mit Schweinehaltung steigen.

Die Einkommen der Milchviehbetriebe stagnieren im Betrachtungszeitraum. Das Einkommensniveau liegt mit durchschnittlich 47 bis 58 Tsd. € je Beschäftigtem und Jahr höher als im Osten, aber trotz der hohen Investitionen in Tierhaltung und Biogasanlagen niedriger als in Uelzen, was zu einem Teil den niedrigen Milchpreisen zuzuschreiben ist. Die durchschnittliche Nettowertschöpfung je Hektar erhöht sich bei Fortführung der bisher üblichen Wirtschaftsweise (Referenzpfad) nach den durchgeführten Berechnungen in der näheren Zukunft von derzeit rund 850 € auf ca. 1.080 €/ha/a (s. Abb. 98). Der insgesamt positive Einkommensrend erklärt sich dabei aus den positiven Preistrends für Milch und Fleisch sowie der Zunahme an Biogasanlagen zwischen 2010 und 2030.

Danach verbleibt die Nettowertschöpfung auf diesem Niveau bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes. Die Anwendung des Biodiversitätspfades reduziert das durchschnittliche betriebliche Einkommen in den Modellergebnissen nur leicht, während der Klimaschutzpfad deutlichere Einkommensverluste in Höhe von 150 bis 170 € je Hektar Ackerfläche und Jahr in der Region verursacht. Die höheren Verluste im Klimaschutzpfad sind auf die höheren Anbauanteile von Leguminosen zurückzuführen. Dabei wird in allen Entwicklungspfaden ein gleich hohes Niveau an Direktzahlungen angenommen.

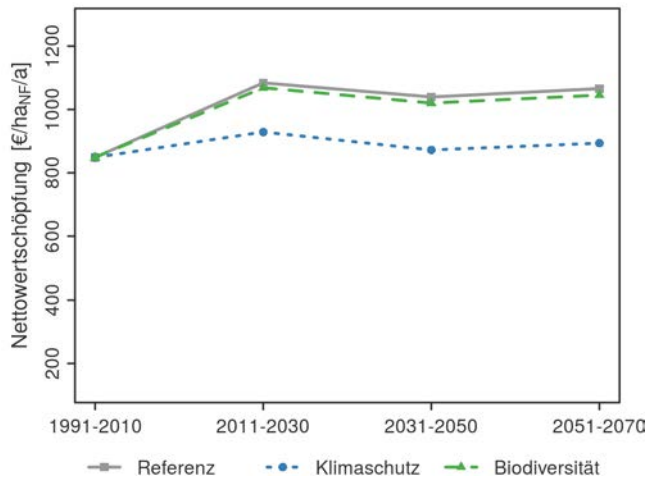


Abbildung 98: Entwicklung der landwirtschaftlichen Nettowertschöpfung im Modellbetrieb Diepholz (NF: Nutzfläche)

7.3.1.2.5.3 Ökosystemleistungen

Beitrag von: S1

Die Betrachtung der Wertschöpfung in den Sektoren Land- und Forstwirtschaft wurde durch eine Bewertung nicht am Markt gehandelter Ökosystemleistungen über die entsprechenden Entwicklungspfade und Perioden ergänzt. Dazu wurden beispielhaft die Ökosystemleistungen „Gewässerschutz“ sowie „Klimaschutz“ ausgewählt. Da es sich bei beiden Ökosystemleistungen um regulative Leistungen handelt,

kommt ihnen eine besonders hohe Relevanz bei der Betrachtung von Strategien zum nachhaltigen Landmanagement zu. Für die Analyse der Gewässerschutzwirkung wird die Nitratfracht im Sickerwasser betrachtet. Verringert sich die Nitratfracht als Folge der maßnahmeninduzierten Veränderungen in den Entwicklungspfaden, wird dies als positive Wirkung für den Gewässerschutz interpretiert. Die Klimaschutzwirkung wird im Vorhaben anhand der Senken- bzw. Quellenleistung bewertet.

Im Entwicklungspfad Biodiversität ergibt sich für die Landwirtschaft sowohl in der Periode 2011-2030 als auch 2031-2050 eine positive Wirkung für den Gewässerschutz (s. Tab. 28). Im Vergleich zu den anderen Modellregionen ist die Verringerung der Nitratfracht pro Hektar in der Modellregion Diepholz allerdings eher gering. In der Forstwirtschaft ergeben sich durchweg negative Wirkungen für den Gewässerschutz, wobei sich diese negativen Effekte im zeitlichen Verlauf noch verstärken. Dies ist im Zusammenhang mit dem steigenden Alter der Bestände, ihrer vermehrten Endnutzung und dem mit der Auflichtung einhergehenden Humusabbau zu sehen. Im Entwicklungspfad Klimaschutz entstehen im Vergleich zum Entwicklungspfad Biodiversität in der Landwirtschaft noch stärkere positive Effekte für den Gewässerschutz. In der Forstwirtschaft hingegen verstärken sich die negativen Effekte für den Gewässerschutz im Entwicklungspfad Klimaschutz. Im Gegensatz zu den drei anderen Modellregionen fällt in Diepholz die Klimaschutzwirkung im Biodiversitätspfad in der Landwirtschaft positiv aus. In der Forstwirtschaft ist mit einer verringerten Senkenleistung zu rechnen. Erwartungsgemäß wirkt der Klimaschutzpfad positiv auf die Klimaschutzwirkung (s. Tab. 28). Dies bedeutet, dass zukünftig mit verringerten Emissionen im Bereich der Landwirtschaft und auch mit einer höheren Senkenleistung im Bereich der Forstwirtschaft zu rechnen ist. Bei der Berechnung der Klimawirkung in der Forstwirtschaft wurden Substitutionseffekte berücksichtigt.

Tabelle 28: *Schutzwirkung der Entwicklungspfade Biodiversität (Bio) und Klimaschutz (Klim) je Jahr für die Schutzgüter „Gewässerschutz“ (in kg N) und „Klimaschutz“ (in t CO_{2äq}) in der Modellregion Diepholz*

		Landwirtschaft				Forstwirtschaft			
		2011-2030		2031-2050		2011-2030		2031-2050	
		absolut	pro ha	absolut	pro ha	absolut	pro ha	absolut	pro ha
Gewässerschutz [kg N]	Bio	13.347	0,09	75.636	0,51	-1.308	-0,07	-19.995	-1,07
	Klim	575.423	3,88	616.949	4,16	-4.485	-0,24	-39.430	-2,11
Klimaschutz [t CO _{2äq}]	Bio	13.347	0,09	20.763	0,14	-36.627	-1,96	-11.960	-0,64
	Klim	96.398	0,65	97.881	0,66	46.157	2,47	34.758	1,86

Da es bei der ökonomischen Bewertung der Ökosystemleistung „Gewässerschutz“ um eine Bewertung negativer Effekte bzw. um die Bewertung eines vermiedenen Schadens handelt, wird zur Monetarisierung des entstandenen Nutzens der Vermeidungskostenansatz herangezogen. Hierbei wird kein unmittelbarer Bezug zu den Umweltschäden hergestellt, sondern die Kosten ermittelt, die zur Vermeidung der den Umweltschaden verursachenden Aktivität angesetzt werden (UBA 2007). Unter Berücksichtigung der vorliegenden Literatur und eigener Kalkulationen wurden in den folgenden Berechnungen Vermeidungskosten für eine Verringerung der Nitratfracht im Sickerwasser im Vergleich zum Referenzpfad in Höhe von 3 € je Kilogramm Stickstoff angesetzt. Auch wenn prinzipiell davon ausgegangen werden muss, dass die Höhe der Vermeidungskosten starken betrieblichen und regionalen Unterschieden unterworfen sein kann, eignet sich dieser pragmatische Ansatz für die Abschätzung aggregierter Werte auf der Ebene einzelner Regionen (OSTERBURG et al. 2007, DEHNHARDT 2002).

Für die ökonomische Bewertung der Ökosystemleistung „Klimaschutz“ können Empfehlungen des Umweltbundesamtes zu den zukünftigen Klimakosten herangezogen werden (siehe hierzu UBA 2012, S. 5). Dabei werden kurzfristige Klimakosten (Jahr 2010), mittelfristige Klimakosten (Jahr 2030) und langfristige Klimakosten (Jahr 2050) unterschieden. Für die Abschätzungen der Klimakosten werden für die Periode 2011-2030 mittlere Klimakosten in Höhe von 80 €/t CO₂ und für die Periode 2031-2050 mittlere Klimakosten in Höhe von 145 €/t CO₂ veranschlagt.

Ökonomischer Nutzen für den Gewässerschutz

Auf der Grundlage der angesetzten Vermeidungskosten ergeben sich in der Region Diepholz für den Gewässerschutz auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen im Biodiversitätspfad vermiedene Kosten in Höhe von 40.042 € pro Jahr (0,27 € je Hektar und Jahr), während der Periode 2011-2030 und 226.907 €/a (1,53 €/ha/a) in der Periode 2031-2050. Im Bereich der Forstwirtschaft entstehen Kosten für den Gewässerschutz in der Periode 2011-2030 von -3.924 €/a (-0,21 €/ha/a) und in der Periode 2031-2050 in Höhe von -59.985 €/a (-3,21 €/ha/a).

Für den Klimaschutzpfad belaufen sich die vermiedenen Kosten für den Gewässerschutz in der Landwirtschaft auf 1.726.270 €/a (11,64 €/ha/a) in der Periode 2011-2030 und 1.850.846 €/a (12,48 €/ha/a) in der Periode 2031-2050. Für die Forstwirtschaft liegen die entsprechenden Beträge bei -13.455 €/a (-0,72 €/ha/a) in der Periode 2011-2030 bzw. bei -118.289 €/a (-6,33 €/ha/a) in der Periode 2031-2050.

Ökonomischer Nutzen für den Klimaschutz

Bezogen auf die bereits dargestellten Klimakosten ergeben sich im Biodiversitätspfad im Bereich Landwirtschaft vermiedene Kosten von 1.067.796 € pro Jahr (7,20 € je Jahr und Hektar) in der Periode 2011-2030 und in der Periode 2031-2050 erhöht sich der jährliche Nutzen auf 3.010.592 €/a (20,30 €/ha/a). Für die Forstwirtschaft entstehen in der Periode 2011-2030 im Biodiversitätspfad durchweg Kosten in Höhe

von jährlich -2.930.122 € (-156,80 €/ha/a) und in der Periode 2031-2050 in Höhe von -1.734.154 €/a (-92,80 €/ha/a).

Im Klimaschutzpfad werden im Bereich der Landwirtschaft jährlich Kosten in Höhe von 7.711.860 €/a (52 €/ha/a) in der Periode 2011-2030 und in Höhe von 14.192.789 €/a (95,70 €/ha/a) in der Periode 2031-2050 vermieden. Im Bereich der Forstwirtschaft zeichnet sich der Klimaschutz in allen Perioden durch eine Kostenreduktion aus. Sie beläuft sich in der Periode 2011-2030 auf jährlich 3.692.551 € (197,60 €/ha/a) und in der Periode 2031-2050 auf 5.039.884 €/a (269,70 €/ha/a).

Gesamtnutzen der Entwicklungspfade Biodiversität und Klimaschutz

Bezogen auf die hier bewerteten Ökosystemleistungen in der Modellregion Diepholz würde eine Umsetzung des Biodiversitätspfades in der Periode 2011-2030 zu Kosten von -1.822.283 € pro Jahr (-149,33 € je Hektar und Jahr) und in der Periode 2031-2050 zu einem Nutzen in Höhe von 1.503.345 €/a führen. Die Umsetzung des Klimaschutzpfades würde demgegenüber in der Periode 2011-2030 einen positiven Gesamtnutzen in Höhe von 13.130.681 €/a (261,24 €/ha/a) bewirken und in der Periode 2031-2050 in Höhe von 21.083.519 €/a (377,88 €/ha/a).

7.3.1.3 Bewertung mit dem Indikatorensystem

Beitrag von: Ko

Die in den vorangegangenen Abschnitten anhand der einzelnen Indikatoren innerhalb der Sektoren dargestellten Entwicklungen der Landnutzung sollen nachfolgend auf der Ebene der Kriterien sektorenübergreifend betrachtet werden.

Bei einer Fortführung der bisherigen Bewirtschaftungsweisen der Landnutzung (Referenzpfad) in der Modellregion Diepholz zeigen die in den sieben Kriterien gebündelten Indikatoren, dass sich die Kriterien „Produktivität“, „Beschäftigung“ und damit verbunden auch die „Wertschöpfung“ bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes im Jahr 2070 gegenüber dem jetzigen Zustand leicht verbessern (s. Abb. 99). Die Indikatoren des Kriteriums „Naturschutz“ verändern sich dagegen kaum, insofern sind hier weder positive noch negative Einflüsse einer weiterhin „üblichen“ Landnutzung zu erkennen. Da jedoch die Indikatoren für das Kriterium „Naturschutz“ in der Landwirtschaft nur eingeschränkt aussagefähig sind, wird eine Ergänzung durch weitere Indikatoren empfohlen.

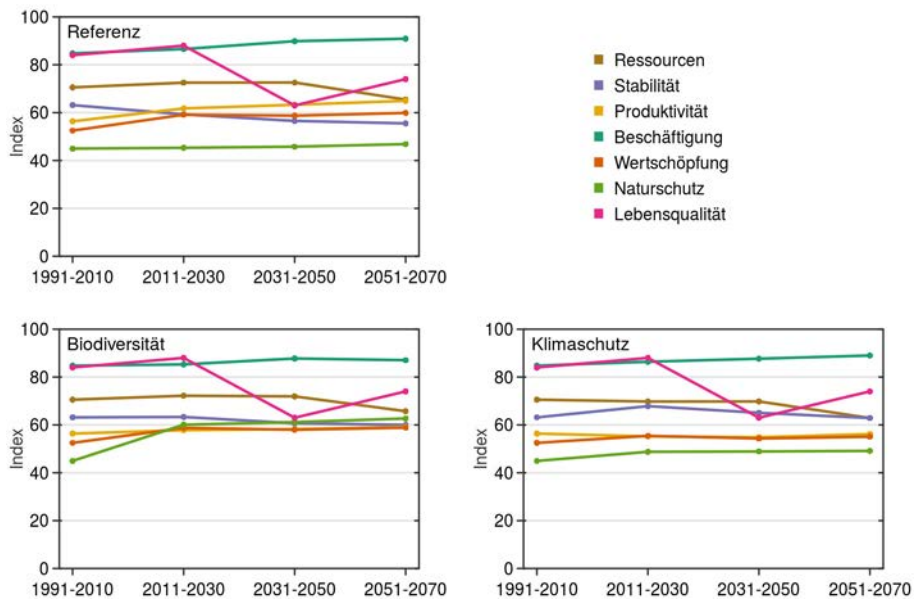


Abbildung 99: Veränderungen der Kriterien bei einer Bewirtschaftung gemäß der Entwicklungspfade Referenz, Biodiversität und Klimaschutz in der Modellregion Diepholz

Demgegenüber verringern sich die Werte der Kriterien „Ressourcen“, „Stabilität“ und „Lebensqualität“ und weisen somit auf eine künftige Verschlechterung in diesen Bereichen hin. Besonders deutlich fällt diese Entwicklung für das Kriterium „Lebensqualität“ aus. Dies beruht allerdings allein auf der erhöhten Hitzebelastung, abgeleitet aus einer Klimaprojektion, da die anderen Indikatoren dieses Kriteriums

im Rahmen der im Projekt durchgeführten Modellierungen nicht fortschreibbar waren und somit nicht berücksichtigt werden konnten. Die Werte der Kriterien „Ressourcen“ und „Stabilität“ sinken leicht. Ursächlich hierfür sind im Bereich „Ressourcen“ u. a. bei leicht abnehmender Sickerwasserrate die weiterhin hohen und noch steigenden Belastungen des Wassers mit Nitrat sowie im Bereich „Stabilität“ vor allem die weiterhin ansteigenden Emissionen von Treibhausgasen durch intensive Tierhaltung einerseits und Humusabbau auf entwässerten Moorstandorten andererseits. Hinzu kommt noch ein steigendes Windwurfisiko im Bereich der Forstwirtschaft.

Vergleicht man diese Entwicklungen mit den alternativen Entwicklungspfaden Biodiversität und Klimaschutz, so ist zu erkennen, dass diese erwartungsgemäß zu Verbesserungen in ihren jeweiligen Schwerpunktkriterien „Naturschutz“ (Entwicklungspfad Biodiversität) und „Stabilität“ (Entwicklungspfad Klimaschutz) führen. Bei den anderen Kriterien ergeben die Berechnungen – wenn überhaupt – nur unwesentliche Veränderungen. Dies lässt sich gut bei einem Vergleich der Werte der Kriterien für die Entwicklungspfade im Zeitraum 2051-2070 im Vergleich zum Status quo (Jahre 1991-2010) in Abbildung 100 erkennen. Die Geometrien der dort dargestellten Werte weichen kaum voneinander ab.

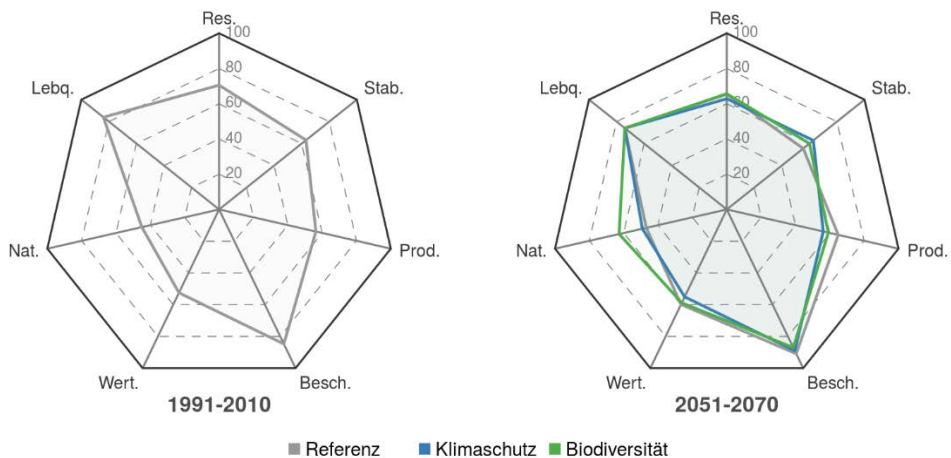


Abbildung 100: Kriterien für die Entwicklungspfade im Zeitraum 2051-2070 im Vergleich zum Status quo (1991-2010) (Res.: Ressourcen, Stab.: Stabilität, Prod.: Produktivität, Besch.: Beschäftigung, Wert.: Regionale Wertschöpfung, Nat.: Naturschutz, Lebq.: Lebensqualität)

7.3.1.4 Leitbilder

Beitrag von: S3

Um die aktuellen Sichtweisen der im Bereich der Landnutzung handelnden Personen möglichst zutreffend zu beschreiben, wurden im Rahmen des Projektes zunächst wichtige Akteure der Landnutzung und anschließend deren vorrangige Interessen (Themen) identifiziert (s. Abb. 101).



Abbildung 101: Akteursgruppen der Modellregion Diepholz und ihre (Nutzungs-)Interessen und Präferenzen (WRRL: Europäische Wasserrahmenrichtlinie)

Im Rahmen von Fokusgruppendifkussionen wurden anschließend Leitbilder für die vier Sektoren Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft und, der hohen regionalen Bedeutung Rechnung tragend, für den Bereich Naturschutz und Moornutzung mit 105 sektoralen Zielvorstellungen erarbeitet (siehe grauer Kasten).

Leitbild Landwirtschaft: Aus Sicht der beteiligten Akteure des Sektors Landwirtschaft wird die zukünftige Landnutzung im Landkreis Diepholz durch Familienbetriebe als Basis der Landwirtschaft bestimmt, die eine regionaltypische, aber vielfältige, moderne und flexible Landwirtschaft betreiben. Hierbei sollte die Landwirtschaft effektiv, effizient und ressourcenschonend betrieben werden und sich am Bedarf der Verbraucher orientieren. Zudem sollte die moderne Landwirtschaft in die Gesellschaft kommuniziert und besonders der urbanen Bevölkerung wieder nähergebracht werden. Im gesellschaftlichen Konsens und gemeinsam mit anderen Landnutzungsformen werden Synergien genutzt und sowohl Nahrungsmittel als auch Energie produziert. Eine hohe Bedeutung sollte auch dem Erhalt der Flächen für die Landwirtschaft und der Wasserverfügbarkeit beigemessen werden.

Leitbild Forstwirtschaft: Für die Forstakteure der Modellregion Diepholz liegt der zukünftigen Landnutzung in der Modellregion Landkreis Diepholz eine nachhaltige Wirtschaftsweise im Wald ohne Segregation der Funktionen zugrunde, die sich mittels angepasster Baumartenwahl (inkl. eingeführter Baumarten) den Herausforderungen des Klimawandels stellen kann. Hierbei wird eine Erhöhung des regional geringen Waldanteils angestrebt und grundsätzlich sowohl dem Arten- als auch Biotopschutz, aber auch dem Schutz des Grundwassers und Bodens über alle Nutzungsarten hinweg ein hoher Stellenwert eingeräumt. Zudem sollte eine umweltschonende, breit gestreute Landnutzung durch ortsansässige Betriebe erfolgen.

Leitbild Wasserwirtschaft: Aus Sicht der Wasserwirtschaftsvertreter sind in einer zukünftigen Landnutzung in der Modellregion Landkreis Diepholz die Fließgewässer nach Maßgabe der WRRL gestaltet, wobei entsprechende Auenbereiche zum Ausuferung geschaffen werden, die ökologisch wertvoll auch zum Hochwasserschutz beitragen. Zudem sind die Gewässer möglichst naturnah gestaltet, ohne in ihren Funktionen eingeschränkt zu sein. Somit tragen auch sie zu einem Ausgleich zwischen Nutzung und Natur bei. Ein hoher Stellenwert wird dem Grundwasser und dessen Schutz, auch über eine kontrollierte, wasserschonende Landbewirtschaftung, beigemessen. Um diese Aspekte gewährleisten zu können, sind die institutionellen und organisatorischen Strukturen auch zukünftig zu erhalten, da sie sich bewährt haben.

Leitbild Naturschutz und Moornutzung: Bei einer zukünftigen Landnutzung im Landkreis Diepholz sehen die Teilnehmer der Fokusgruppe Naturschutz und Moornutzung die Naturschutzgebiete durch ein Biotopverbundsystem miteinander vernetzt, wobei ein besonderes Augenmerk auf die Wiedervernässung der Moore und die Moorentwicklung mit dem Ziel „sich selbst regulierende Moore“ liegt. Auch wird eine standortangepasste landwirtschaftliche Nutzung besonders in Moor- und Moorrandlagen eingerichtet und entsprechend honoriert. Biomasseproduktion, besonders für die energetische Verwertung findet in begrenztem Umfang beispielsweise in Pufferzonen statt. Zudem ist die Landwirtschaft ein wichtiger Partner beim Erhalt und zur Pflege der Kulturlandschaft. Der Torfabbau erfolgt langfristig und trägt durch die anschließende Renaturierung zum Biotopverbundsystem und zur Arrondierung von Schutzgebieten positiv bei. Ergänzt wird die Landnutzung durch eine geordnete Siedlungsentwicklung, sodass die Landnutzung möglichst „Alle“ zufrieden stellt.

Diese sektoralen Leitbilder bildeten die Grundlage für einen regionalen Leitbildworkshop, auf dem ein gemeinsames regionales Leitbild abgeleitet wurde. Es hat folgenden Wortlaut:

Gemeinsames regionales Leitbild:

Die Landnutzung in der Modellregion sollte nachhaltig sein. Die Ansprüche von Ökologie und Ökonomie gilt es dabei miteinander zu verbinden und auszugleichen. Ziel ist es, die Fläche für die Nutzung im Landkreis zu erhalten. Die Basis der Landwirtschaft bilden ortsansässige Familienbetriebe. Die Forstwirtschaft orientiert sich am niedersächsischen LÖWE-Programm. Durch das Miteinander der Bereiche Land-, Forst-, Wasserwirtschaft und Naturschutz entstehen Synergien und damit Vorteile für alle Akteure der Landnutzung. Die Akzeptanz der modernen Landnutzung wird gesichert, indem sie transparent gestaltet und kommuniziert wird und den Verbraucher einbezieht.

Diesem regionalen Leitbild für eine nachhaltige Landnutzung liegen folgende 19 Leitsätze zugrunde:

1. In der Modellregion Diepholz bilden der Ausgleich von Ökologie und Ökonomie und die Ressourcen- und Umweltschonung die Grundlage für eine nachhaltige Landnutzung der Zukunft.

Der Landnutzung in der Modellregion Diepholz liegt das Nachhaltigkeitsprinzip zugrunde. Somit ist diese ressourcen- und umweltschonend und bringt Ökologie und Ökonomie miteinander in Einklang. Zudem erfolgt die Bewirtschaftung der Bodenart angepasst und es wird auf den Erhalt der Artenvielfalt geachtet.

2. In der Modellregion Diepholz bleibt die Fläche für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung erhalten.

Daher findet eine geordnete Siedlungsentwicklung statt, die Innenentwicklung und Nachverdichtung in den Vordergrund stellt, die Versiegelung stoppt und Flächen für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung sichert.

3. In der Modellregion Diepholz bewirtschaften ortsansässige Familienbetriebe die Flächen.

Die ortsansässigen Familienbetriebe bilden auch zukünftig die Basis der Landwirtschaft und sichern damit unterschiedliche Bewirtschaftungsformen und Kulturen in der Modellregion Diepholz. Die räumliche Nähe und Verbundenheit zu den Flächen fördert lokale Kommunikation und erleichtert Problemlösungen.

4. In der Modellregion Diepholz produzieren die vielfältigen landwirtschaftlichen Betriebe vornehmlich Nahrungsmittel, ohne die Diversifizierung zu vernachlässigen.

Die Landwirtschaft in der Modellregion ist auf Basis der ortsansässigen Familienbetriebe breit aufgestellt und sichert eine vielfältige Landnutzung. Die landwirtschaftlichen Betriebe produzieren in erster Linie Nahrungsmittel. Darüber hinaus ist Diversifizierung erwünscht. Dazu zählt die Produktion von erneuerbaren Energien. Sie wird als integrierter Bestandteil der landwirtschaftlichen Produktion gesehen. Die landwirtschaftlichen Betriebe passen sich an neue Herausforderungen an. So werden auch moderne und innovative Technologien integriert, nicht zuletzt um flexibel zu sein und die Entscheidungs- und Handlungsfreiheit zu bewahren. Hierzu zählen zum Beispiel der Anbau von Paludikulturen und Kurzumtriebsplantagen, deren Nutzung beispielsweise auf Grenzstandorten andere Standorte entlastet. Auch zukünftig wird im Landkreis der Erhalt regionaltypischer Produkte, wie z. B. die Moorschnucke, gefördert.

5. In der Modellregion Diepholz „fließen“ die Nährstoffströme regional und mit ausgeglichenen Bilanzen.

Ein Stoffstrommanagement ermöglicht eine effiziente Nutzung von Wirtschaftsdüngern und trägt damit dazu bei, einen Nährstoffüberschuss auf den Flächen zu verhindern und Nährstoffemissionen, auch über die Luft, zu vermindern. Die Bewirtschaftung bezüglich der Stoffeinträge wird kontrolliert, wobei besonders auf die nicht gezielten bzw. beabsichtigten Stoffeinträge geschaut wird. Hiervon profitieren Fließgewässer und Stillgewässer wie der Dümmer. Die Nährstoffe werden in erster Linie regional bezogen und die Tierhaltung ist in eine ordnungsgemäße Kreislaufwirtschaft eingeordnet. So können eventuell vorhandene Überkapazitäten abgebaut und der ordnungsgemäße Umgang mit den entstehenden Wirtschaftsdüngern gewährleistet werden.

6. In der Modellregion Diepholz folgt die regionale Waldentwicklung dem niedersächsischen LÖWE-Programm.

Die Nachhaltigkeit bei der Bewirtschaftung im Wald wird gewahrt und die standortgerechte Weiterentwicklung ertragreicher Waldbestände folgt auch regional dem niedersächsischen Programm für eine Langfristige Ökologische Waldentwicklung (LÖWE).

7. In der Modellregion Diepholz findet eine klimaangepasste Pflanzenwahl in Land- und Forstwirtschaft statt.

Da die Forstwirtschaft langfristig plant und heutiges Handeln Auswirkungen auf die weitere Zukunft hat, erfolgt die Pflanzenwahl so, dass auch unter zu erwartenden Klimaveränderungen eine erfolgreiche Waldentwicklung erwartet werden kann. Wenngleich die Anpassungszeiträume in der Landwirtschaft i. d. R. deutlich kürzer ausfallen, werden auch hier angepasste Sorten gewählt.

8. In der Modellregion Diepholz bilden die regionalen institutionellen und organisatorischen Strukturen der Gewässerunterhaltung und Trinkwasserversorgung die Basis für eine nachhaltige regionale Wasserwirtschaft.

Die regionalen institutionellen und organisatorischen Strukturen der Gewässerunterhaltung und Trinkwasserversorgung bilden mit ihrer guten regionalen Kenntnis und der Kenntnis der Situation vor Ort die Basis für eine angepasste Gewässerunterhaltung und gesicherte Trinkwasserversorgung.

9. In der Modellregion Diepholz werden die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie erreicht und nachhaltiger Wasserschutz in allen Bereichen der Landnutzung obligatorisch.

Die im Rahmen der WRRL vorgegebenen Ziele und die Qualitätsstandards für Oberflächenwasser und Grundwasser werden erreicht. In allen Landnutzungsformen wird ein nachhaltiger Wasserschutz sowohl hinsichtlich Qualität als auch Quantität betrieben. Dieses schließt eine wasserschonende Landwirtschaft ebenso mit ein wie auch den Grundwasserschutz bezüglich Erdgasfördertechniken (Fracking).

10. In der Modellregion Diepholz bestehen Hochwassersicherheit für alle vorhandenen Siedlungen und eine angepasste Gewässerunterhaltung.

Für alle Siedlungen ist, unter anderem durch die Schaffung von Retentionsräumen und die Ausweisung von Überschwemmungsgebieten, Hochwassersicherheit hergestellt. Neben einer Sicherstellung der Entwässerung der Flächen wird auch der Wasserrückhalt in der Landschaft (z. B. durch das Anstauen von Gräben) ermöglicht, um der Austrocknung von Flächen, besonders im Frühjahr und Sommer, entgegenzuwirken.

11. In der Modellregion Diepholz nimmt die Sicherung der Trinkwasserversorgung einen hohen Stellenwert innerhalb der Wasserwirtschaft ein und erfordert einen besonderen Schutz.

Ein besonderes Augenmerk wird auf die Sicherung der Trinkwasserversorgung sowohl hinsichtlich Quantität als auch Qualität gelegt. Die Trinkwasserschutzgebiete werden allgemein akzeptiert und die Auflagen der gültigen Wasserschutzgebietskataloge eingehalten, sodass die Verfügbarkeit sauberen Trinkwassers für die Allgemeinheit sichergestellt ist. Die Grundwasseranreicherung wurde und wird durch eine Verminderung der Flächenversiegelung erhöht.

12. In der Modellregion Diepholz arbeiten alle Landnutzergruppen zusammen und nutzen entstehende Synergien.

Um eine möglichst konfliktminimierende Landnutzung zu sichern, sind bei Fragen der Landnutzung alle betroffenen Gruppen eingebunden. Ein Miteinander der unterschiedlichen Landnutzungsformen und Landnutzergruppen – von Gesellschaft über Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft und Naturschutz, aber auch Tourismus und Gastronomie – wird gefördert und schafft Synergien.

13. In der Modellregion Diepholz wird die Akzeptanz der modernen Landwirtschaft gefördert und die Art der Landnutzung sachlich kommuniziert.

Die Akzeptanz der modernen Landwirtschaft in der Bevölkerung wird gefördert. Hierzu trägt eine allgemein sachliche Kommunikationskultur bei. Zusammenhänge und landwirtschaftliche Abläufe werden transparent kommuniziert und die Verbraucher einbezogen, sodass die Landwirtschaft im gesellschaftlichen Konsens stattfindet. Die Landnutzung, und besonders der Nutzungsaspekt, werden durch eine Imageaufwertung und positive Begleitung gesellschaftlich positiv bewertet.

14. In der Modellregion Diepholz vernetzt eine strukturreiche Normallandschaft die unterschiedlichen Biotope.

Die „Normallandschaft“, also „die vom Menschen geprägte Kulturlandschaft ohne Schutzgebiete und naturbelassene Landschaftsbereiche“⁸ ist für eine Vernetzung der Schutzgebiete strukturreich gestaltet. Ein Biotopverbund ermöglicht die Lebensraumvernetzung verschiedenster Biotope und Moorinseln. Diese Vernetzung gewährleistet gute Bedingungen für den Erhalt einer großen Artenvielfalt, die zudem durch die nachhaltige Landnutzung allgemein begünstigt wird.

15. In der Modellregion Diepholz werden noch vorhandene natürliche und naturnahe Flächen und Strukturen erhalten.

Noch vorhandene natürliche oder naturnahe Flächen und Strukturen werden in jedem Falle erhalten und gefördert. Kleinere eigenständige Waldflächen tragen als Trittsteinbiotope ebenso zur Biotopvernetzung bei wie auch Hecken und Einzelbäume.

16. In der Modellregion Diepholz werden abgebaute Flächen renaturiert und ungenutzte Moorbereiche wiedervernässt.

Flächen, auf denen der Rohstoffabbau beendet ist, werden durch die Eigentümer gemeinsam mit dem Naturschutz und dem Landkreis der Renaturierung zugeführt. Ungenutzte Moorbereiche sind wiedervernässt und werden so die dortigen Biotope auf, um den Zielen Biodiversität und Klimaschutz näher zu kommen.

⁸ http://publikationen.ub.uni-frankfurt.de/files/20428/Dissertation_Uebeler.pdf, S. 6

17. In der Modellregion Diepholz werden zusätzliche ökologische Leistungen in der Landschaft honoriert.

Zusätzliche ökologische Leistungen in der Landschaft werden über Mittel des Landkreises (z. B. im Rahmen der Eingriffsregelung) honoriert. Hierbei geht es auch um den Erhalt des „Normalen“ und dessen, was nicht bereits über das BNatschG oder entsprechende Verordnungen (Naturschutzgebiete) geschützt ist. Es werden zudem nur solche Aktivitäten gefördert, die über eine „ordnungsgemäße Landbewirtschaftung“ hinausgehen.

18. In der Modellregion Diepholz wird die Forschung nach Alternativen zum Torf angeregt.

In der Modellregion wird sich dafür eingesetzt, dass stärker nach Alternativen für Torf geforscht wird, um Torf als Rohstoff zu substituieren.

19. In der Modellregion Diepholz wird ein Abbau der Bürokratie angestrebt.

Zudem wird in der Modellregion, soweit regional beeinflussbar, eine Reduzierung der Vielzahl von Vorschriften und Gesetzen angestrebt. Beispielsweise sollte eine Beschleunigung von Genehmigungsverfahren sowie ein Bürokratieabbau in den Bereichen der Agrarumweltmaßnahmen und des Niedersächsischen Agrarumweltprogramms erreicht werden.

7.3.1.5 *Mögliche politische Anknüpfungspunkte für die Umsetzung der regionalen Leitbilder*

Beitrag von: S2

Die politische Strategie für die Region Diepholz kann nicht in dem Versuch bestehen, alle Inhalte der Leitbilder „auf einmal“ umzusetzen, oder darauf zu hoffen, dass irgendwann politische Instrumente „von oben“ geschaffen werden, mit denen sich das Leitbild verwirklichen lässt. Dazu bestehen zwischen den einzelnen Leitsätzen, die die Leitbilder unterfüttern, zu große Widersprüche, die durch unterschiedliche politische Instrumente verringert werden können. Zudem gibt es Leitsätze, die sich bereits im Rahmen der herrschenden politischen Rahmenbedingungen umsetzen lassen, z. B. die Waldentwicklung in der Region Diepholz am niedersächsischen LÖWE-Programm zu orientieren.

Schwieriger wird es, diejenigen Leitsätze umzusetzen, die eine stärker integrativ ausgerichtete nachhaltige ländliche Entwicklung beschreiben. Diese betonen zumeist Synergien und integrierte Strategien unter Kooperation aller relevanten Akteure und nennen besondere Ziele wie z. B. die Wiedervernässung von Moorflächen. Bei diesen ganz konkreten regionalen politischen Zielen kann nicht erwartet werden, dass sie im Rahmen der übergeordneten politischen Rahmenbedingungen selbstverständlich umgesetzt werden können. Dazu werden stark regional ausgerichtete, an Politikintegration orientierte Strategien bislang nicht entsprechend gefördert. Ein Ansatz der Region sollte folglich darin bestehen, integrative Leitsätze durch solche politischen Programme voranzubringen, die bereits einen entsprechenden integrativen Anspruch besitzen und diesen durch konkrete Instrumente (z. B. finanzielle Förderung) auch umsetzen. Dabei ist zu bedenken, dass die im Leitbild geforderte, sektorenübergreifende, integrierte Regionalpolitik der vertikalen und horizontalen Staatsorganisation zuwiderläuft. Sie kann weniger umfassend, sondern häufig nur über themenbezogene „Sonderprogramme“ oder einzelne, spezielle

Politiken umgesetzt werden, die parallel existieren und der eigentlich nach wie vor existierenden Sektoralpolitik nicht grundsätzlich widersprechen. Die erfolgversprechendste Strategie für die Region könnte also lauten, diejenigen Leitsätze auszuwählen, die zuerst umgesetzt werden sollen (Priorisierung) und entsprechende politische Sonderprogramme zu suchen, deren Ausrichtung diese speziellen Leitsätze besonders unterstützen.

Dabei könnten die seit langem als aussichtsreiche Strategie zur Erreichung einer intersektoralen, an Nachhaltigkeitszielen orientierten Regionalentwicklung angewendeten sogenannten Regional-Governance-Programme wichtige Anknüpfungspunkte für die Verwirklichung der regionalen Leitsätze bieten. Wichtige Elemente einer solchen, an Regional-Governance-Prinzipien ausgerichteten ländlichen Entwicklungspolitik sind (BMEL 2014: 6 ff., BÖCHER 2008, 2016, BÖCHER et al. 2008):

- Partizipation aller relevanten Akteure einer ländlichen Region an der Entscheidung über regionale Entwicklungsschritte,
- Aufbau eines regionalen Dialog- und Entscheidungsforums in Form regionaler Partnerschaften, die Entscheidungskompetenzen für die einzuschlagenden Entwicklungsschritte besitzen,
- Aufbau von akteurs- und sektorübergreifenden Kooperationen und Netzwerken,
- dauerhafte Einrichtung eines Regionalmanagements als wichtiger Steuerungs- und Organisationsakteur der ländlichen Entwicklung.

Konzepte einer integrierten ländlichen Entwicklung werten die Ebene der ländlichen Region auf, indem ihre Akteure, Probleme und Potenziale als Ausgangspunkt dienen und regionale Akteure im ländlichen Raum selbstständig an „ihrer Regionalentwicklung“ teilhaben und diese mitbestimmen sollen. Nichtsdestotrotz benötigt an Regional Governance orientierte integrierte ländliche Entwicklung nach wie vor die politische Unterstützung „von oben“ – Regional Governance stellt insofern einen regionalpolitischen Koordinationsmechanismus dar, der Formen von „Government“ und „Governance“ beinhaltet.

Regional Governance wird durch einzelne politische Programme unterstützt, z. B. durch die EU, den Bund oder auch die Länder. So stellt die Bundesregierung seit 2015 jährlich ca. 10 Mio. Euro für das „Bundesprogramm Ländliche Entwicklung“ bereit, mit dessen Hilfe u. a. Modellvorhaben und Wettbewerbe hinsichtlich der Entwicklung ländlicher Regionen initiiert werden sollen. Innerhalb der „Gemeinschaftsaufgabe Agrarstruktur und Küstenschutz“ (GAK) existiert der Fördergrundsatz „Integrierte ländliche Entwicklung“ (ILE), der sieben förderfähige Maßnahmen umfasst, die sich einer integrierten ländlichen Entwicklung im Sinne von Regional Governance zuordnen lassen (BMEL 2014, S. 9):

Ländliche Regionen können hier für verschiedene Maßnahmen Fördermittel erhalten, um die ländliche Entwicklung im Sinne von Regional Governance zu fördern. Der Fördergrundsatz „Integrierte ländliche Entwicklung“ wurde erstmals 2005 in die GAK eingeführt, die genannten Maßnahmen sind auch im neuen GAK-Rahmenplan 2015-2018 ein fester Bestandteil. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass mit den Fördergrundsätzen auch die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme gefördert wird (BMEL 2014), ein Ziel, das die Region Diepholz in ihren Leitsätzen formuliert.

Eine durchaus Erfolg versprechende Strategie für die Region Diepholz erscheint daher, die an einer integrierten ländlichen Entwicklung orientierten Ziele der Leitbilder im Rahmen einer Regional-Governance-Strategie umzusetzen und dafür konkrete Fördermaßnahmen zu nutzen. Eine weitere Möglichkeit stellt die Nutzung des Europäischen Landwirtschaftsfonds für den ländlichen Raum (ELER) und hier besonders des LEADER-Programms dar. Diese Förderprogramme sind mit finanziellen Instrumenten unterlegt und haben den Anspruch, intersektorale ländliche Entwicklungsstrategien mit Nachhaltigkeitsanspruch zu fördern (NAVARRO et al. 2016).

Grundansatz von LEADER ist, dass sogenannte „Lokale Aktionsgruppen (LAG)“ als lose Zusammenschlüsse (Netzwerke) aller für die ländliche Entwicklung relevanter regionaler Akteure (z. B. Land-, Forst-, Wasserwirtschaft, Naturschutz, Handel, Handwerk, Gewerbe, Tourismus, lokale Politik und Verwaltung) unter Einbezug der Zivilgesellschaft im ländlichen Raum gemeinsam spezifische Entwicklungskonzepte erarbeiten und verabschieden, deren Handlungsfelder definieren und über sich daraus ergebende Regionalentwicklungsprojekte entscheiden (BÖCHER 2003). In der EU-Förderperiode 2007-2013 wurden durch LEADER 244 Regionen in Deutschland gefördert. Auch in der aktuellen EU-Förderperiode 2014-2020 spielt LEADER eine wichtige Rolle für die Förderung ländlicher Regionen im Sinne von Regional Governance. Im Unterschied zu der Formulierung eines Leitbildes und von Leitsätzen, die prinzipiell erst einmal unverbindlich bleiben, sind bei LEADER die Formulierung einer regionalen Entwicklungsstrategie und die Umsetzung konkreter einzelner Maßnahmen mit finanzieller Förderung unterlegt. Dies bedeutet, dass einzelne Ziele der Leitsätze im Rahmen regionaler Entwicklungsprojekte umgesetzt werden können. Allerdings müssen dazu auch regionale Kofinanzierungsmittel bereitgestellt werden.

Aktuell in der Förderperiode 2014-2020 besitzt die Projektregion Diepholz räumliche Überschneidungen mit der LEADER-Region 434 „Vechta“ sowie den „ILE“ (in der GAK)-Regionen 221 „Diepholzer Land“ und 445 „Wittlager Land“. Hier gibt es konkrete, in der Region wirkende Förderprogramme einer integrierten ländlichen Entwicklung, in welche einzelne Ziele der regionalen Leitbilder eingespeist werden können. Es sollte versucht werden, in die Umsetzung der ländlichen Entwicklung im Rahmen dieser Programme Maßnahmen einzuspeisen, die der Zielerreichung der Leitsätze dienen.

Eine Besonderheit der Region stellt die Betonung von Moorschutzaktivitäten dar. Will die Region die diesbezüglichen Leitsätze umsetzen, empfiehlt es sich, die entsprechenden thematischen Sonderprogramme zu nutzen. Hier käme das Bundesförderprogramm „chance.natur“ in Frage, das zum einen Naturschutzgroßprojekte fördert, in dessen Rahmen zum anderen seit 2015 erstmals auch flankierende Maßnahmen zur ländlichen Regionalentwicklung gefördert werden. Die Region hat mit dem „Europäischen Fachzentrum Moor und Klima“ (EFMK) durch frühere, bereits abgeschlossene Naturschutzgroßprojekte sowie durch eine – leider nicht erfolgreiche – Bewerbung beim Bundeswettbewerb „idee.natur“ (einem Wettbewerb im Rahmen von „chance.natur“, der 2007 stattfand) große Erfahrungen und Potenziale, um die moorbezogenen Leitsätze auch tatsächlich umzusetzen. Will die Region mehr Moorschutz verwirklichen, könnte eine erneute Bewerbung bei „chance.natur“ ins Auge gefasst werden.

Unterstützt werden solche Bestrebungen zudem von der Landespolitik: Die niedersächsische Landesregierung hat 2014 ein neues Konzept für den Schutz der Moore vorgestellt (NDS. MUEK 2014) und bereits in ihrem Koalitionsvertrag Moorschutz als wichtige Aufgabe zur klimapolitischen Zielerreichung beschrieben (SPD u. BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN 2013, S. 82 f.), eine Änderung des niedersächsischen Landesraumordnungsprogramms beschlossen, nach der aus Gründen des Klima- und Naturschutzes gänzlich auf Vorranggebiete für den Torfabbau verzichtet und Alternativen zur Torfnutzung im Gartenbau etabliert werden sollen. Zudem haben die Länder Niedersachsen und Bremen in ihrem gemeinsamen Entwicklungsprogramm für den ländlichen Raum in der Förderperiode 2014-2020 (NDS. MELV 2014) koordinierten Moorschutz und Moorentwicklung als förderfähige Maßnahmen ausgewiesen, die einen Beitrag zu Klimaschutz und nachhaltiger Regionalentwicklung leisten sollen (NDS. MELV 2014, S. 108). Maßnahmen zur Förderung des Moorschutzes und der Biodiversität können in Niedersachsen in der Förderperiode 2014-2020 aus Mitteln des EFRE (Europäischer Fonds für regionale Entwicklung) finanziert werden.

Hier gibt es also derzeit zahlreiche konkrete, politisch wirksame Maßnahmen im Rahmen von Sonderprogrammen, die die Region zur Umsetzung ihrer Leitsätze nutzen kann.

Zur Konkretisierung der Leitbilder und bei der Priorisierung der Maßnahmen zu ihrer Verwirklichung bieten sich die Informationen über die heutige und künftige, vom jeweiligen Entwicklungspfad abhängige Ausprägung der Nachhaltigkeitsindikatoren an.

7.3.1.6 *Folgerungen für ein nachhaltiges Landmanagement*

Beitrag von: Ko

Die Auswirkungen des Klimawandels werden die Landnutzung in der Modellregion Diepholz vergleichsweise wenig beeinflussen. Insgesamt wird es bis zum Jahr 2070 deutlich wärmer. Die Hitzebelastung von Mensch und Tier nimmt dennoch nur moderat zu. Stärker belastend wirken zukünftig schwüle Witterungsperioden. Die ohnehin schon vergleichsweise geringe Kältebelastung im Winter verringert sich weiter. Insgesamt verlängert sich dadurch die Vegetationsperiode um etwa einen Monat.

Die zukünftig leicht zurückgehenden Sommerniederschläge dürften kaum zu einem nennenswerten Trockenstress für Pflanzen in der Region Diepholz führen. Insgesamt gehört die Modellregion Diepholz zu den Gebieten, die vom Klimawandel voraussichtlich gering betroffen sein werden.

7.3.1.6.1 Wasserwirtschaft

Beiträge von: F1, W1a, W1b

Die Wasserzufuhr erscheint auch in den kommenden Jahrzehnten für Land- und Forstwirtschaft mengenmäßig ausreichend. Hierzu trägt bei, dass sich einerseits die Höhe der jährlichen Gesamtniederschläge kaum verändert und andererseits die Bodenverhältnisse auch in trockeneren Phasen an den allermeisten Standorten pflanzenverfügbares Wasser gewährleisten werden. Als problematisch erweist sich jedoch die aktuelle und zukünftige Wasserqualität. Hier sind vor allem die Nitratgehalte im Sicker- und Grundwasser zu nennen. Die berechneten Nitratkonzentrationen (NO_3) im Bodensickerwasser landwirtschaftlich genutzter Flächen liegen während des gesamten Betrachtungszeitraums bei 96 bis 108 mg NO_3/l und damit deutlich über dem rechtlich vorgegebenen Trinkwassergrenzwert von 50 mg NO_3/l . Die Unterschiede zwischen den jeweiligen Entwicklungspfaden sind dabei gering. Die entsprechenden jährlichen Frachten erreichen stets 73 bis 77 kg Stickstoff je Hektar und liegen damit über dem aktuell zulässigen Stickstoffbilanzüberschuss nach Düngeverordnung (BMELV 2012a) von 60 kg je Hektar und Jahr. Diese Frachten sind künftig zu reduzieren.

7.3.1.6.2 Forstwirtschaft

Beiträge von: Ko, F1, F4, F6

In der Modellregion Diepholz kann sich die Forstwirtschaft darauf einstellen, dass sich das Trockenstressrisiko nur moderat erhöhen wird. Den Forstbetrieben wird auch in Zukunft ein breites Spektrum an standortsgemäßen Baumarten zur Verfügung stehen, sodass der Anpassungsbedarf bei der Baumartenwahl vergleichsweise gering ist. Dennoch gibt es deutliche Optimierungsmöglichkeiten bei der künftigen Waldentwicklung. So sollte der hohe Anteil der Weichlaubhölzer – hier vor allem der der Birke – mit einer relativ geringen Volumenleistung ebenso reduziert werden

wie die Anteile der Kiefer zugunsten ertragsstärkerer Baumarten. Dies würde sich positiv auf die CO₂-Bindung, die Rohstoffversorgung sowie die Ertragslage der örtlichen Forstbetriebe auswirken. Die Bestandesbehandlung sollte sich stärker an dem Wachstumsgang der Baumarten orientieren und die Endnutzung an den angestrebten Zielstärken sowie den lichtökologischen Ansprüchen des Nachfolgebstandes.

Die betriebswirtschaftlichen Kalkulationen lassen erkennen, dass nur unter den Bedingungen des Klimaschutzpfades das forstwirtschaftliche Arbeitsvolumen und die Nettowertschöpfung in der Region weitgehend erhalten bleiben. Dagegen würde eine konsequente Umsetzung des Pfades Biodiversität die regionalen Forstbetriebe langfristig vor existenzielle Probleme stellen, wenn sie für die von ihnen erbrachten Naturschutzleistungen keinen deutlichen monetären Ausgleich erhielten.

7.3.1.6.3 Landwirtschaft

Beiträge von: L3, L2b, L7

Die aktuell hohen Erträge in der Modellregion Diepholz sind insbesondere eine Folge der gegenüber den anderen Modellregionen durchschnittlich besseren Standortbedingungen (höhere Niederschläge, nährstoffreichere Böden). Diese Erträge werden durch die klimatischen Veränderungen zukünftig jährlich stärker schwanken. Die Ursachen hierfür sind in einem zukünftig häufigeren Auftreten widriger Umweltbedingungen während der für die Pflanzenentwicklung und Ertragsbildung kritischen Wachstumsphasen zu sehen.

Die Berechnungen zeigen, dass künftig von einem etwas höheren Wasserstressrisiko auszugehen ist (RIEDIGER et al. 2014). Dies liegt hauptsächlich an der jahreszeitlichen Verschiebung der bisherigen Niederschläge von den Sommer- (Wachstumsphase) in die Wintermonate. So stehen für den Silomais in der näheren Zukunft (bis ca. 2030) jährlich noch zwischen 172 mm und 229 mm/m² Wasser in den Sommermonaten zur Verfügung, zum Ende des Betrachtungszeitraumes (2051-2070) sind es nur noch 50 mm bis 107 mm/m² jährlich (SVOBODA u. HUFNAGEL 2015). Für Getreide und Hackfrüchte ist die Situation deutlich angespannter. Beim Winterweizen ist auch in der regenreichen Region Diepholz ab Beginn der Periode 2051-2070 rechnerisch kein weiterer Ertragszuwachs mehr möglich (SVOBODA et al. 2015). Ebenso verhält es sich mit der Produktion von Kartoffeln. Dagegen ist in der Grünlandbewirtschaftung bis 2070 eine Ertragssteigerung zu erwarten.

Möglichkeiten, dem Klimawandel entgegenzuwirken, liegen in angepassten Managementstrategien und in der Pflanzenzüchtung. Im Bereich des Managements sind zur Risikominimierung beispielsweise Bewässerungsmaßnahmen (Feldberegnung) zu nennen, die zu einer deutlichen Entspannung hinsichtlich des Trockenstresses in den Sommermonaten führen (RIEDIGER et al. 2014, 2016).

Die Tierhaltung hat heute in der Region Diepholz eine vergleichsweise hohe Bedeutung und Intensität (> 1 Großvieheinheit pro Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche). Deshalb können die Viehzahlen nicht ohne Weiteres aufgestockt werden, ohne die ökologischen Indikatoren wesentlich zu verschlechtern.

Der Entwicklungstrend des Humussaldos ist in den Regionen insgesamt positiv. Insbesondere im Klimaschutzpfad kommt es bei starker Ausweitung des Luzerneanbaus zu einer deutlichen Erhöhung des Humussaldos. Kritisch sind die Entwicklungen beim Stickstoffsaldo zu sehen. Bei Referenzbewirtschaftung wird er vom aktuell bereits hohen Niveau (100 kg N/ha/a) in Zukunft noch weiter ansteigen. Die Ausweisung von ökologischen Vorrangflächen auf 10 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche (Biodiversitätspfad) und der Ersatz der Düngung mit mineralischem Stickstoff durch den Anbau von Luzerne auf 20 % der Ackerfläche (Klimaschutzpfad) führt zu deutlichen Reduktionen der Stickstoffsalden, die aber immer noch die Grenze des Optimalbereiches von jährlich 50 kg je Hektar Stickstoffüberschuss deutlich überschreiten. Angesichts der angespannten Stickstoffproblematik in weiten Teilen der Modellregion sollte daher die Stickstoffeffizienz der Düngung erhöht, die Bioenergieförderung auf sinnvolle Energielinien beschränkt, die Emissionen der Tierhaltung reduziert und die landwirtschaftlich genutzten Moorstandorte differenzierter geschützt werden.

7.3.2 Uelzen

7.3.2.1 Klimaentwicklung

Beiträge von: K1, Ko

Für die Modellregion Uelzen weisen die in den Jahren 1951-2010 gemessenen Jahresmitteltemperaturen einen Anstieg um ca. 1,4 °C aus. Die Klimaprojektionen (siehe Kapitel 4.1) legen nahe, dass sich dieser Trend in der Zukunft weiter fortsetzen wird. Danach nimmt die mittlere Jahrestemperatur bis zum Jahr 2070 um weitere 1,8 °C zu (s. Tab. 29), sodass es dann in der Modellregion Uelzen insgesamt um etwa 3,2 °C wärmer sein wird als zur Mitte des 20. Jahrhunderts.

Tabelle 29: *Simulationsergebnisse (Mittelwerte) ausgewählter klimatischer Parameter der Modellregion Uelzen für die Zeiträume 1991-2010 und 2051-2070*

Parameter	1991-2010	2051-2070	2051-2070 – 1991-2010	
			absolut	[%]
Jahresmittel Lufttemperatur (°C)	9,2	11,0	1,8	---
Jahresmittel Tmax (°C)	13,4	15,5	2,1	---
Jahresmittel Tmin (°C)	5,4	6,8	1,4	---
Sommermittel Tmax (°C)	22,8	24,3	1,5	---
Wintermittel Tmin (°C)	0,7	1,5	2,2	---
Anzahl heiße Tage pro Jahr	7,1	9,8	2,7	38,0
Anzahl Kyselý-Tage pro Jahr (Tage in Hitzewellen)	4,6	4,9	0,3	6,5
Anzahl Tage mit Schwüle pro Jahr	10,4	15,0	4,6	44,2
Anzahl Frosttage pro Jahr	71,0	43,1	-27,9	-39,3
Anzahl Spätfröste April/(Mai)	4,8	2,5	-2,3	-47,9
Anzahl Barfrosttage	24,4	11,5	-12,9	-52,9
Jahressumme Niederschlag (mm)	726,7	738,8	12,1	1,7
Sommer Niederschlag (mm)	215,2	169,5	-45,7	-21,2
Winter Niederschlag (mm)	181,6	243,6	62,0	34,1
Anzahl Tage ohne Niederschlag pro Jahr	174,4	195,2	20,8	11,9
Jahressumme: Klimatische Wasserbilanz (mm)	147,7	77,7	-70,0	---
Sommer: Klimatische Wasserbilanz (mm)	-82,0	-167,7	-85,7	---
Länge Vegetationsperiode	170,6	203,0	32,4	19,0
Mittlere Schneedeckenhöhe (cm)	5,9	8,4	2,5	42,4
Anzahl Tage mit Schneehöhe ≥ 10 cm	3,7	5,3	1,6	43,2
Mittlere Andauer der Tage mit Schneehöhe ≥ 10 cm	2,7	1,8	-0,9	-33,3

Für die Zeit der Sommermonate Juni, Juli und August fällt die Temperaturzunahme bis zum Jahr 2070 mit 1,5 °C zwar etwas geringer aus, die Wintermonate werden jedoch 2,2 °C wärmer. Insgesamt ist festzuhalten, dass die Belastung durch hohe Lufttemperaturen und Schwüle in der Modellregion Uelzen verglichen mit allen anderen Modellregionen derzeit am geringsten ist und auch zukünftig bleiben wird. Dabei darf jedoch nicht übersehen werden, dass sowohl das mittlere Tagesmaximum der Lufttemperatur (Anstieg um 2,1 °C) als auch die Häufigkeit der „heißen Tage“ (+38 %, s. Tab. 29) in der Zukunft deutlich zunehmen werden.

Die Erwärmung führt auch zu einer verringerten Kältebelastung im Winter. Die Anzahl der Frosttage geht um rund 28 Tage (-39 %) zurück. Dennoch sind auch zukünftig immer noch vereinzelt Spätfröste möglich (ca. 2,5 Tage). Letztlich führt die Erwärmung bis 2070 zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode um 32 Tage (+19 %) im Vergleich zur aktuellen Vegetationsperiode.

In der Modellregion Uelzen fallen derzeit (1991-2010) durchschnittlich 727 mm Jahresniederschlag (s. Tab. 29). Dies ist im Vergleich zur übrigen Norddeutschen Tiefebene relativ viel. Daran wird sich zukünftig auch kaum etwas ändern. Im Gegensatz zu dem rückläufigen Trend in den anderen Modellregionen werden voraussichtlich die Jahresniederschläge in der Region Uelzen sogar eine geringe Zunahme (ca. 2 %) erfahren. Für die Sommermonate (Juni-August) muss zukünftig allerdings von einer geringeren Wasserversorgung ausgegangen werden (-21 %, s. Tab. 29).

Die Feuchteverhältnisse werden aber nicht nur durch den Niederschlag, sondern auch durch die Verdunstung bestimmt, die bei wärmerer und sonnenreicherer Witterung zunimmt. Ein Maß für die Feuchteverhältnisse ist u. a. die Klimatische Wasserbilanz. Auf das Jahr bezogen ist diese Bilanz im Westen der Norddeutschen Tiefebene derzeit positiv, im Osten bis Südosten allerdings negativ.

Die Modellregion Uelzen weist mit 148 mm (1991-2010) eine sehr hohe Klimatische Wasserbilanz auf. Diese wird, trotz eines Rückgangs um 70 mm, auch zukünftig im Vergleich mit dem übrigen Norddeutschen Tiefland ein hohes Niveau aufweisen. In den Sommermonaten ist die Klimatische Wasserbilanz allerdings bereits negativ (-82 mm) und wird sich zukünftig weiter rückläufig entwickeln (-168 mm in 2070; s. Tab. 29).

7.3.2.2 *Entwicklung der Landnutzung*

7.3.2.2.1 Wasserhaushalt

Beiträge von: F1, W1b, L1

Die Modellregion Uelzen gehört noch zu den ozeanisch geprägten Regionen im Norddeutschen Tiefland, dabei nehmen in seinen östlichen Bereichen subkontinentale Einflüsse zu. Die verbreitet vorkommenden Sand- und Sandlößböden haben eine eher niedrige Wasserspeicherkapazität. Ein direkter Grundwasseranschluss der

(Ober-)Böden und damit eine jederzeit zumindest ausreichende Wasserversorgung bestehen auf weniger als 10 % der Fläche. Dennoch werden hohe landwirtschaftliche Erträge im Rahmen der hier vorherrschenden intensiven Ackerbauwirtschaft erzielt. Dies gelingt u. a. durch die Bewässerung von 90 % der Ackerfläche. Das Bewässerungswasser wird zumeist aus Grundwasserbrunnen gewonnen.

7.3.2.2.1.1 Grundwasserneubildung

Beiträge von: F1, W1a, W1b

Die Grundwasserneubildung unter Wald bewegt sich auf einem hohen Niveau (s. Abb. 102). Weil die hier verbreiteten Sandböden nur wenig Wasser speichern können, versickert das Wasser, das in den Boden gelangt, daher zum größten Teil in tiefere Bodenschichten und trägt zur Grundwasserneubildung bei.

Über den gesamten Simulationszeitraum bleiben die hohen Grundwasserneubildungsraten unter Wald in allen drei Entwicklungspfaden relativ stabil. Da die Evapotranspirationsverluste aufgrund der steigenden Temperaturen kontinuierlich zunehmen, wird in der letzten Zeitscheibe etwas weniger Grundwasser neu gebildet. Die Grundwasserneubildung nimmt insgesamt leicht ab. Weil sich bei den kürzeren Umtriebszeiten der Baumarten des Klimaschutzpfades die oberirdische Biomasse relativ zur Referenz verringert, liegt die Grundwasserneubildung des Klimaschutzpfades bis zur letzten Zeitscheibe ein wenig höher als im Referenzpfad. Der Biodiversitätspfad hingegen erreicht aufgrund der größeren Evapotranspirationsverluste der sich aufbauenden größeren Biomassevorräte im Vergleich zur Referenz einen geringfügig niedrigeren Wert.

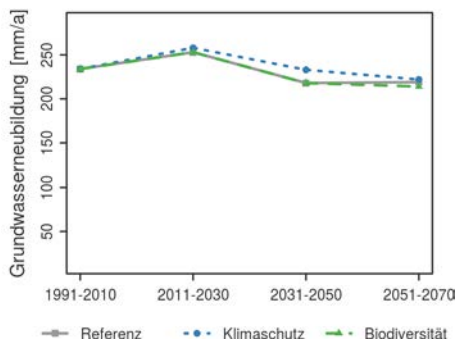


Abbildung 102: Entwicklung der Grundwasserneubildung unter Wald (Modell: WaSiM-ETH)

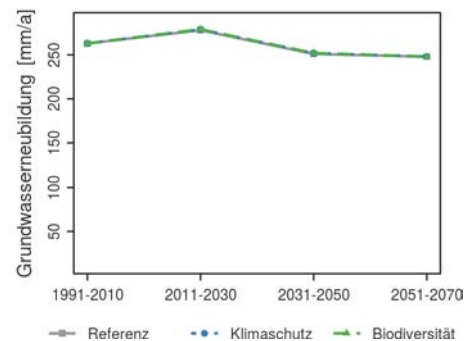


Abbildung 103: Entwicklung der Grundwasserneubildung unter landwirtschaftlichen Flächen (Modell: WaSiM-ETH)

In der Region wird rund die Hälfte der Flächen landwirtschaftlich genutzt, wobei der überwiegende Teil einer intensiven ackerbaulichen Nutzung unterliegt. In der Referenzperiode übertrifft die mittlere Sickerwassermenge auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen mit 263 mm/a diejenige unter Waldflächen um rund

50 mm/a (s. Abb. 103). Während des Simulationszeitraumes nimmt die Grundwasserneubildung zunächst leicht zu, um dann in den letzten beiden Zeitscheiben wieder zu sinken. Die Abnahme fällt geringer aus als unter den forstlich genutzten Flächen. Dies hängt damit zusammen, dass im Herbst und Winter (Nicht-Vegetationszeit) viele Ackerflächen nicht genutzt werden und somit vegetationsfrei oder nur von spärlicher Vegetation bedeckt sind, sodass der weit überwiegende Teil des Niederschlagswassers versickert und somit zur Grundwasserneubildung beitragen kann.

Auch die mit dem Flusseinzugsgebietsmodell SWAT modellierten Grundwasserneubildungsraten für alle Landnutzungsformen zeigen, trotz des deutlich erhöhten Verdunstungsanspruches der Atmosphäre, einen relativ konstanten Verlauf (s. Abb. 104). Die unterschiedlichen Baumartenanteile und Nutzungsstrategien, die in den Entwicklungspfaden abgebildet werden, wirken sich in der Gesamtbilanz kaum aus.

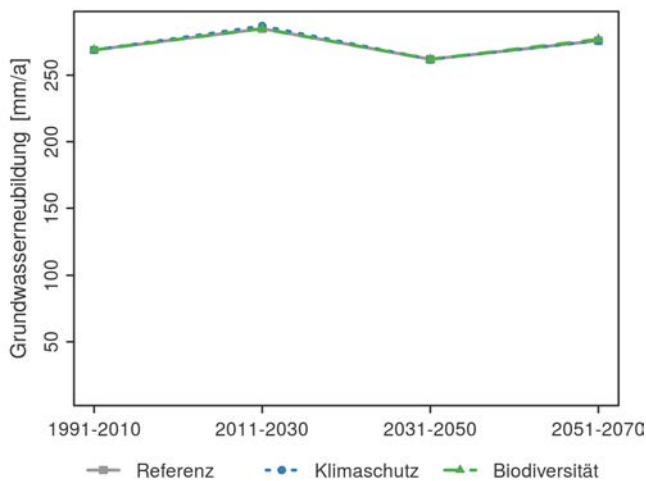


Abbildung 104: Entwicklung der Grundwasserneubildung für alle Landnutzungsformen (Modell: SWAT, Flächenbezug: Teileinzugsgebiet der Ilmenau)

7.3.2.2.1.2 Abflussspende

Beitrag von: W1a

Wie die Grundwasserneubildungsrate geht auch die Abflussspende im Einzugsgebiet der Ilmenau (nahezu identisch mit der Modellregion Uelzen) im Simulationszeitraum nur leicht von $5,0 \text{ l/s/km}^2$ auf $4,9 \text{ l/s/km}^2$ zurück. Die Unterschiede zwischen den Entwicklungspfaden sind sehr gering, da für diesen Indikator bei konstanten Flächenanteilen der verschiedenen Landnutzungsformen vor allem klimatische Faktoren ausschlaggebend sind.

7.3.2.2.1.3 Nitrat im Sickerwasser

Beiträge von: F1, L3

Die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser werden überwiegend durch Einträge aus der Landwirtschaft bestimmt, hier vor allem durch die mineralische Stickstoffdüngung. Die Konzentrationen im Sickerwasser werden aufgrund der geringfügig sinkenden Sickerwasserrate (Rückgang des Verdünnungseffektes) leicht steigen. Nachfolgend werden die modellierten Ergebnisse zur Entwicklung der Nitratgehalte im Sickerwasser jeweils getrennt für Forst- und Landwirtschaft dargestellt.

Die aktuellen Nitratkonzentrationen im Sickerwasser unter Wald sind gering (7,1 mg NO₃/l, 1991-2010). Die Konzentrationen sinken aufgrund leicht zurückgehender Depositionsraten bei zunächst leicht steigenden Sickerwassermengen in naher Zukunft zunächst geringfügig ab (5,7 mg NO₃/l, 2011-2030, s. Abb. 105). Der folgende leichte Anstieg der Nitratkonzentrationen auf 14,7 mg NO₃/l im Biodiversitätspfad bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes ist auf den Rückgang der Sickerwassermenge, die zunehmende Stickstoffsättigung (vgl. ABER et al. 1989 und Abbildung 115) und einen beschleunigten Humusabbau durch die Temperaturerhöhung zurückzuführen.

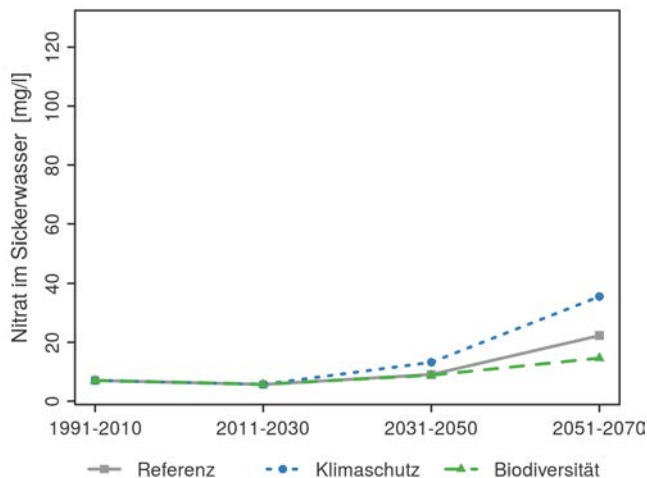


Abbildung 105: Entwicklung des Nitratgehaltes im Sickerwasser unter Wald (Modelle: WaSiM-ETH u. VSD+)

Die beachtlichen Unterschiede der Nitratkonzentrationen der Entwicklungspfade in der letzten Periode zeigen jedoch auch, dass die waldbaulichen Maßnahmen einen wesentlich stärkeren Effekt auf die zukünftige Entwicklung der Nitratkonzentrationen haben können als die anderen Einflussgrößen. Die drastische Reduzierung der Bestandesvorräte im Referenz- und Klimaschutzpfad (vgl. Abb. 109) führt zu einem erheblichen Rückgang der kontinuierlichen Einträge an organischer Substanz durch den oberirdischen und unterirdischen Streufall und entsprechend zu einer

leichten Beschleunigung der zunehmenden Stickstoffsättigung, da sich die C/N-Verhältnisse weiter verengen. Ein weiterer Treiber der Stickstoffsättigung sind die immer niedriger werdenden Stickstoffentzüge aufgrund der immer weiter absinkenden Zuwachsleistungen der Bestände (vgl. Abb. 109, rechts oben). Die Entwicklungspfade ergeben zum Ende des Betrachtungszeitraumes nur noch Zuwächse zwischen 5 und 6 m³/ha/a, was zu einer erheblichen Reduzierung des Wachstums der „Stickstoffsенke“ führt.

Die absoluten Werte der Nitratkonzentration im Sickerwasser sollten jedoch aufgrund der hohen Unsicherheiten in der Modellkette (vgl. FLECK et al. 2017) nur als Trend angesehen werden. Insbesondere der Temperatureinfluss auf den Abbau unterschiedlich stabiler Fraktionen der organischen Substanz im Boden wird in der wissenschaftlichen Literatur zum Teil noch sehr konträr diskutiert.

Die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser unter landwirtschaftlich genutzten Flächen liegen bei Fortführung der bisherigen Wirtschaftsweise und unter Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen zur Stickstoffdüngung (Referenzpfad) während des gesamten Betrachtungszeitraumes bei 113 bis 122 mg NO₃/l (s. Abb. 106; zurzeit existiert kein Grenzwert für Sickerwasser, der Trinkwassergrenzwert liegt derzeit bei 50 mg NO₃/l). Die durchschnittlichen Nitratfrachten liegen im Beobachtungszeitraum bei 93 bis 100 kg/ha (Grenzwert für Bilanzüberschüsse nach der Düngeverordnung: 60 kg/ha (BMELV 2012a))

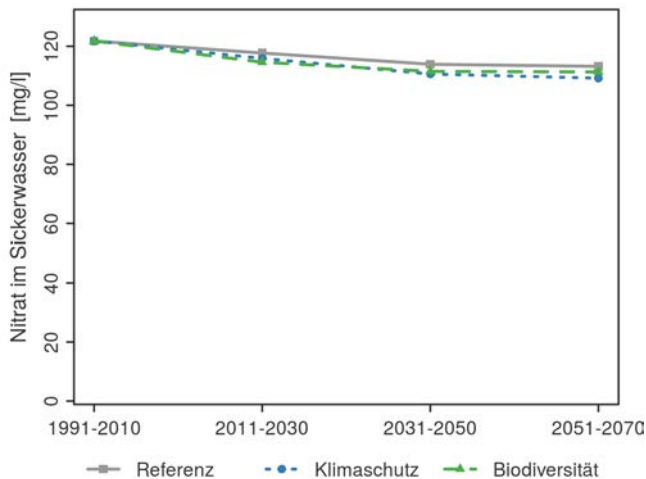


Abbildung 106: Entwicklung des Nitratgehaltes im Sickerwasser unter landwirtschaftlichen Flächen (Modell: HERMES)

Die Konzentrationen in den Entwicklungspfaden Klimaschutz (97 %) und Biodiversität (98 %) sind geringfügig niedriger als im Referenzpfad und zeigen eine vergleichbare Entwicklung über die Zeit. Die geringen Veränderungen im zeitlichen

Verlauf sind dabei zu vernachlässigen. Eine Veränderung der Bewirtschaftung zeigt keine nennenswerten Auswirkungen auf die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser.

7.3.2.2.1.4 *Nitrat im Grundwasser und in Fließgewässern*

Beiträge von: W1a, W1b

Die Nitratgehalte des Grundwassers und der Fließgewässer werden, analog zu den Nitratgehalten im Sickerwasser, überwiegend durch landwirtschaftliche Einträge bestimmt. Sie steigen im Grundwasser sowohl im Referenzpfad als auch im Biodiversitätspfad weitgehend kontinuierlich um insgesamt 12 % bzw. 10 % bis 2070 an. Im Klimaschutzpfad liegen die Nitratgehalte während des gesamten Betrachtungszeitraumes durchschnittlich 13 % oberhalb des aktuellen (1991-2010) Niveaus.

Für die Fließgewässer kann eine sehr ähnliche Entwicklung beobachtet werden. Allerdings sind die Steigerungsraten geringfügig höher: Bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes (2070) erhöhen sich die Nitratgehalte im Referenz- und im Biodiversitätspfad kontinuierlich um letztlich 14 % bzw. 13 %. Auch das Niveau der Nitratgehalte im Klimaschutzpfad liegt während des gesamten Betrachtungszeitraums über dem des Status quo (um 14 %).

Die in Uelzen mäßig zurückgehende Grundwasserneubildung ist einer der Gründe für die ansteigende Tendenz der Nitratkonzentration im Grundwasser und in den Fließgewässern.

7.3.2.2.1.5 *Phosphat in Fließgewässern*

Beitrag von: W1a

Die Phosphatkonzentrationen in den Fließgewässern sinken im Referenzpfad und im Klimaschutzpfad mit zunehmendem Maße bis zum Ende des Projektionszeitraums (2070) um 33 % bzw. 31 %. Im Biodiversitätspfad ist aufgrund der den Düngereintrag verringernenden Gewässerrandstreifen ein von Anfang an geringeres Niveau der Phosphatkonzentrationen zu erwarten, hier beträgt die Abnahme insgesamt 41 %.

7.3.2.2.2 Forstwirtschaft

7.3.2.2.2.1 *Der aktuelle Waldzustand*

Beiträge von: F4, Ko

Auf rund einem Drittel der Fläche der Modellregion Uelzen wachsen Wälder. Damit ist diese Region im Vergleich zu den durchschnittlichen Verhältnissen im Norddeutschen Tiefland mit ca. 23 % Waldanteil (CORINE LAND COVER 2006, HANSEN et al. 2013) eine walddreiche Gegend.

Bei den Baumarten dominiert die Waldkiefer mit einem Anteil von 61 % an der Waldfläche (s. Abb. 107). Nennenswerte Flächenanteile haben aktuell noch die Fichte mit im Vergleich zu den anderen Modellregionen hohen 13 % und die Eiche mit 6 % sowie die Buche mit 5 %. Von den Nadelbaumarten ist weiterhin die Douglasie (4 % Flächenanteil) erwähnenswert. Bei den Laubbaumarten nehmen die sogenannten Weichlaubhölzer (ALn und Birken) insgesamt 8 % der Waldfläche ein.

Die Altersstruktur der Wälder ist derzeit unausgeglichen und weist einen deutlichen Überhang der 40- bis 80-jährigen Bestände auf (s. Abb. 110).

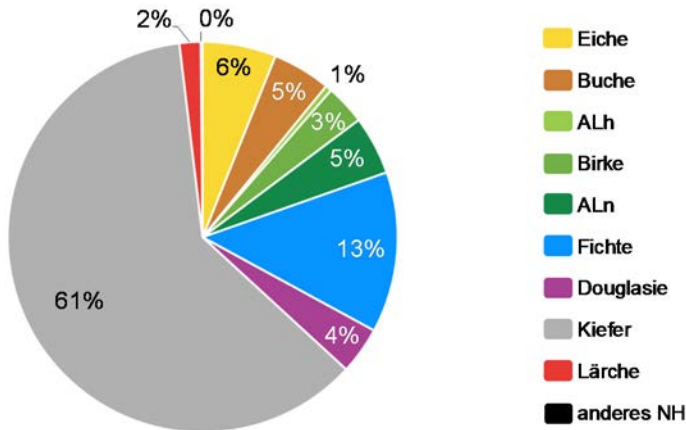


Abbildung 107: Flächenanteile der Baumarten zum Status quo

7.3.2.2.2 Veränderung des Waldzustandes

Beiträge von: F4, Ko

Würde die forstliche Bewirtschaftung der Wälder weiterhin nach ihrer bisherigen Ausrichtung erfolgen (*Referenzpfad*), käme es – bei Vernachlässigung der Effekte verschiedener Risikofaktoren – zu einer Erhöhung des Anteils der Laubbaumarten von derzeit 20 auf 31 % im Jahr 2070 und einem deutlich verstärkten Anbau der Nadelbaumart Douglasie. Dieser Waldumbau würde vor allem zu Lasten der Kiefer gehen (-18 %), aber auch die Fichtenanteile deutlich reduzieren. Der Douglasienanbau würde aus ökologischen Gründen in der Regel in Mischung mit Buche erfolgen, deren Anteil hierdurch auch steigt. Ertragsaspekte spielen bei der Ausweitung des Buchenanteils keine bestimmende Rolle. Neben der Kiefer und der Douglasie werden bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes keine anderen Nadelbaumarten in nennenswertem Umfang am Anbau beteiligt sein (s. Abb. 108).

Über den gesamten Projektionszeitraum betrachtet, steigt die Holznutzung deutlich an (s. Abb. 109, rechts unten). Dennoch nehmen zumindest mittelfristig auch die Bestandesvorräte zu, was sich aus dem Altersaufbau erklärt (s. Abb. 110). Derzeit liegen die Vorräte bei 261 Kubikmetern (Vorratsfestmeter mit Rinde = Vfm) je Hektar. Diese erhöhen sich relativ schnell um rund 50 Kubikmeter auf 310 Vfm/ha, um dann ab dem Jahr 2050 wieder mit zuletzt 250 Vfm/ha leicht unter das Ausgangsniveau zu fallen. Das durchschnittliche Alter der Wälder verändert sich in dem betrachteten Zeitraum nahezu nicht (heute rund 60 und 2070 knapp 59 Jahre), wohl aber die Besetzung der einzelnen Altersklassen.

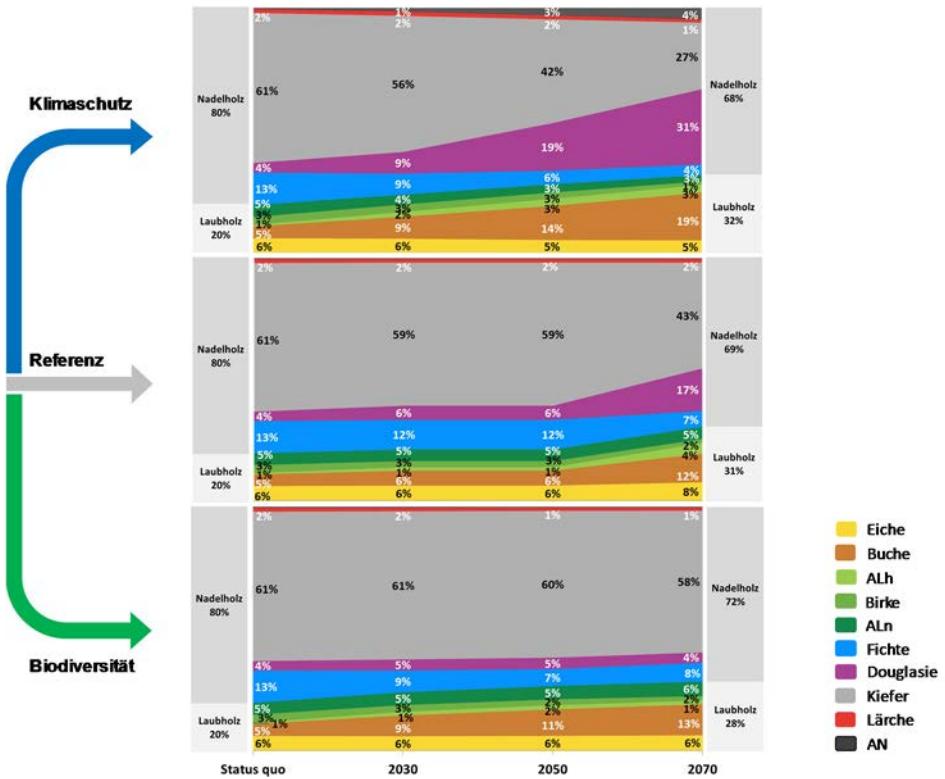


Abbildung 108: Baumartspezifische Flächenanteile zum Status quo sowie deren Entwicklung unter den drei Entwicklungspfaden Biodiversität, Referenz und Klimaschutz bis zum Jahr 2070

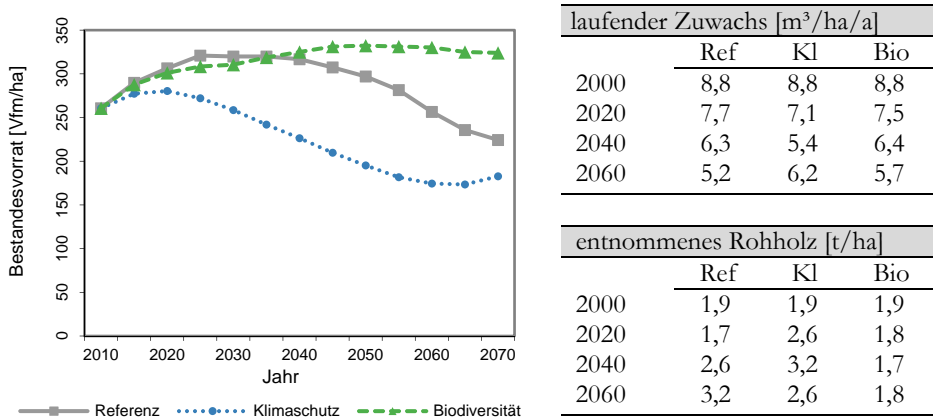


Abbildung 109: Entwicklung des Bestandsvorrates (links), des laufenden Zuwachses (rechts oben) sowie des entnommenen Rohholzes (rechts unten) unter den drei Entwicklungspfaden Biodiversität, Referenz und Klimaschutz

Beim Zuwachs sieht die Entwicklung anders aus. So zeigen die Modellrechnungen, dass sich der laufende Zuwachs als Maß der Produktivität der Wälder bis zum Zeitraum 2051-2070 von derzeit 8,8 Vfm/ha/a kontinuierlich auf zuletzt 5,2 Vfm/ha/a verringert (s. Abb. 109, rechts oben). Die deutliche Reduzierung des Zuwachses beruht u. a. auf dem Altern der früh im Zuwachs kulminierenden Hauptbaumart Kiefer und der Erhöhung der Laubbaumanteile, die im Vergleich zu den meisten Nadelbaumarten langsamer wachsen.

In der *Biodiversitätsvariante* werden vorrangig eine Laubwaldmehrung, höhere Altholzanteile, stärkere Baumdimensionen und damit verbunden auch ein höheres durchschnittliches Alter der Bestände angestrebt. Hierzu wird die Intensität der Holznutzung gegenüber dem Referenzpfad allgemein deutlich gesenkt (s. Abb. 109, rechts unten).

Aufgrund der geringeren Holznutzung erhöht sich das Durchschnittsalter der Bestände von derzeit knapp 60 auf knapp 90 Jahre in 2070. Entsprechend steigt auch ihr mittlerer Vorrat bis 2070 von derzeit rund 260 stetig auf knapp 330 Vfm/ha an. Durch die im Entwicklungspfad Biodiversität vorgegebene Behandlung erfolgt nur ein sehr langsamer Umbau der Bestände zu naturnahen Waldgesellschaften. Die Baumartenverteilung verändert sich daher nicht in dem Umfang wie bei der Referenzbewirtschaftung (s. Abb. 108).

Die Handlungsstrategie *Klimaschutz* setzt auf eine Bewirtschaftung von Wäldern, mit der stärker als bisher, Kohlenstoff im Wald und in Holzprodukten gespeichert wird sowie fossile Energieträger bzw. energieaufwändige Bau- und Werkstoffe durch Holz substituiert werden können. Die Strategie setzt daher auf verstärkten Umbau insbesondere ertragsschwacher Wälder zugunsten zuwachsstarker und später vorratsreicher Mischwälder mit führenden Nadelbaumarten. Einer Reduktion des Birken- und sonstigen Weichlaubbaumanteils zugunsten der Douglasie bewirkt aber auch eine Ausweitung der Buchenanteile. Die Buche wird in vielen Fällen den Nadelbaumarten beigemischt (s. Abb. 108).

Diese Umbaumaßnahmen führen mittelfristig zu einer spürbaren Reduktion des laufenden Zuwachses und zu einem starken Absinken des Bestandesvorrates (s. Abb. 109, links). Zum Ende des Betrachtungszeitraumes zeichnet sich jedoch eine Umkehr dieser Entwicklung ab, da dann die zuwachsstarken jungen Douglasienbestände ihre produktivste Entwicklungsphase erreichen.

Der Waldumbau findet unter dem Klimaschutzpfad frühzeitig und kontinuierlich statt, was am Ende der Projektionsperiode an den hohen Flächenanteilen in den Altersklassen bis 60 Jahre (s. Abb. 110), dem kontinuierlichen Vorratsabbau und den hohen Entnahmemengen in allen drei Projektionszeiträumen deutlich wird (s. Abb. 109, rechts unten). Der Waldumbau drängt die dominierende Kiefer zugunsten ertragsstarker Mischbestände aus Douglasie und Buche zurück. Dabei entsteht bis 2070 ein deutlicher Überhang an Jungbeständen bis Alter 60.

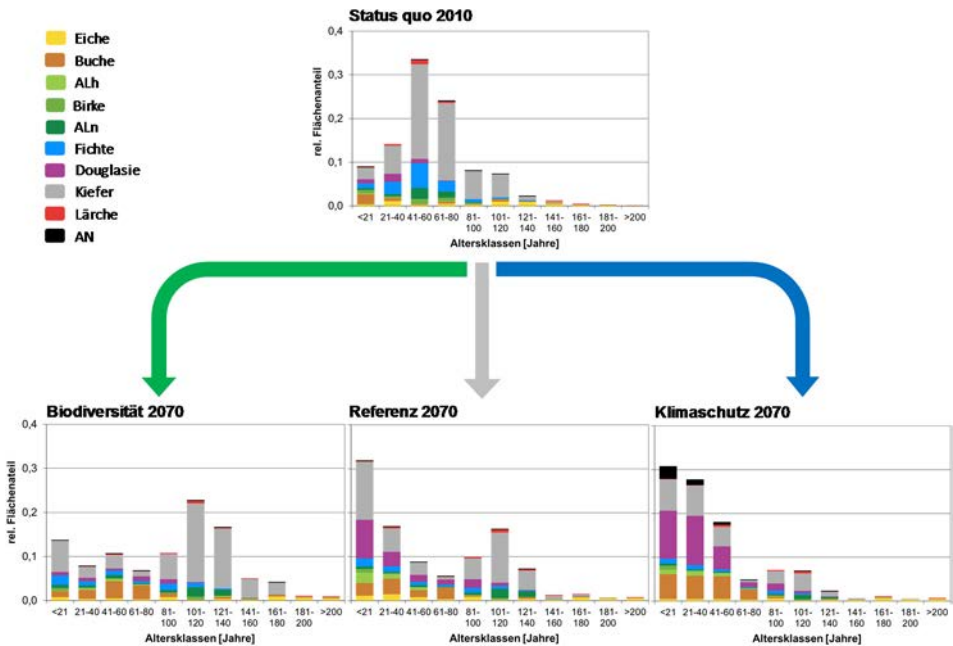


Abbildung 110: Baumartenspezifische Altersklassenverteilung zum Status quo sowie deren Entwicklung unter den drei Entwicklungspfaden Biodiversität, Referenz und Klimaschutz

7.3.2.2.2.3 Baumvitalität

Beitrag von: F2

Die Kronenzustände der untersuchten Kiefern, Eichen und Douglasien waren in der Modellregion Uelzen insgesamt geringfügig besser als in der Modellregion Diepholz. Im Jahre 2013 wiesen die Rotbuchen die geringste Kronenverlichtung im Vergleich zu den Beständen der anderen Regionen auf, die jedoch im Jahr 2014 wieder über dem Niveau der anderen Buchenbestände lag.

Die Stickstoff-Blattspiegelwerte (Mittelwert 2011 bis 2013) lagen bei den Nadelbäumen bei 17,3 mg/g_{TM} (Kiefer, 2. Nj) bzw. 21,2 mg/g_{TM} (Douglasie, 2. Nj). Mit 23,9 mg/g_{TM} (Eiche) bzw. 22,6 mg/g_{TM} (Buche) lagen die Laubbäume in der Modellregion Uelzen zwar deutlich unter den Werten von Diepholz, sie entsprachen aber immer noch einer überdurchschnittlich hohen Stickstoffversorgung (= Ernährungsstufe 4). Der Gehalt der freien Aminosäuren vor allem in den Nadeln war in dieser Modellregion sogar noch höher als in der Region Diepholz: Kiefer, 2. Nj 35,0 μmol/g_{TM}; Douglasie, 2. Nj 86,6 μmol/g_{TM}. Dass diese hohen Gehalte auf Stickstoffeinträge zurückzuführen sind, zeigen die hohen prozentualen Gehalte der Aminosäure Arginin mit 53 % bei der Kiefer bzw. 82 % bei der Douglasie. Die beiden Laubbaumarten akkumulieren nicht in diesem Maße freie Aminosäuren. Bei der Eiche lag der Gehalt mit 11,2 μmol/g_{TM} geringfügig über dem der Modellregion Oder-Spree, für die Buche konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen

diesen beiden Modellregionen nachgewiesen werden ($8,0 \mu\text{mol/g}_{\text{TM}}$ gegenüber $7,9 \text{ mmol/g}_{\text{TM}}$; s. Abb. 111).

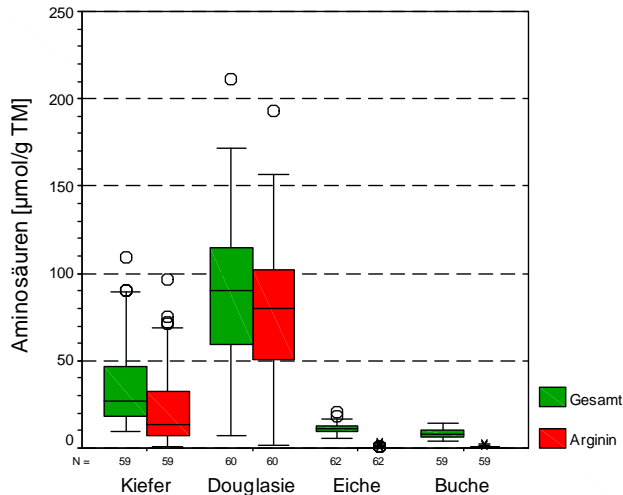


Abbildung 111: Mittlerer Gesamtgehalt der freien Aminosäuren bzw. Arginingehalt der vier Baumarten (2011 bis 2014, Kiefer und Douglasie 2. Nj)

7.3.2.2.2.4 Trockenstress Beitrag von: F1

Der Trockenstress ist für die Wälder in der Modellregion Uelzen eher ein geringes Problem, weil die Wasserversorgung aufgrund der relativ hohen Niederschläge auch in Zukunft auf den meisten Standorten ausreichend sein dürfte. Unter den heutigen Klimabedingungen ist die Standortwasserbilanz positiv und beträgt im Mittel aller Stichprobenpunkte 42 mm. Daher weisen derzeit nur knapp 2 % der Bestände auf den untersuchten Stichprobenpunkten ein mittleres Trockenstressrisiko auf (s. Abb. 112, unten links). Hierbei handelt es sich ausschließlich um Bestände mit führender Fichte.

Bis zum Jahr 2070 sinken jedoch die Standortwasserbilanzen kontinuierlich auf durchschnittlich - 121 mm. Ausgehend von der Ist-Bestockung hat dies zur Folge, dass – je nach Entwicklungspfad – in Zukunft für rund 7 % der Bestände (Fichte) ein hohes Trockenstressrisiko zu erwarten ist. Für weitere rund 19 % der Bestände wird ein mittleres Trockenstressrisiko erwartet.

Im Vergleich der Entwicklungspfade schneiden der Biodiversitätspfad und der Klimaschutzpfad langfristig etwas schlechter als der Referenzpfad ab (s. Abb. 113).

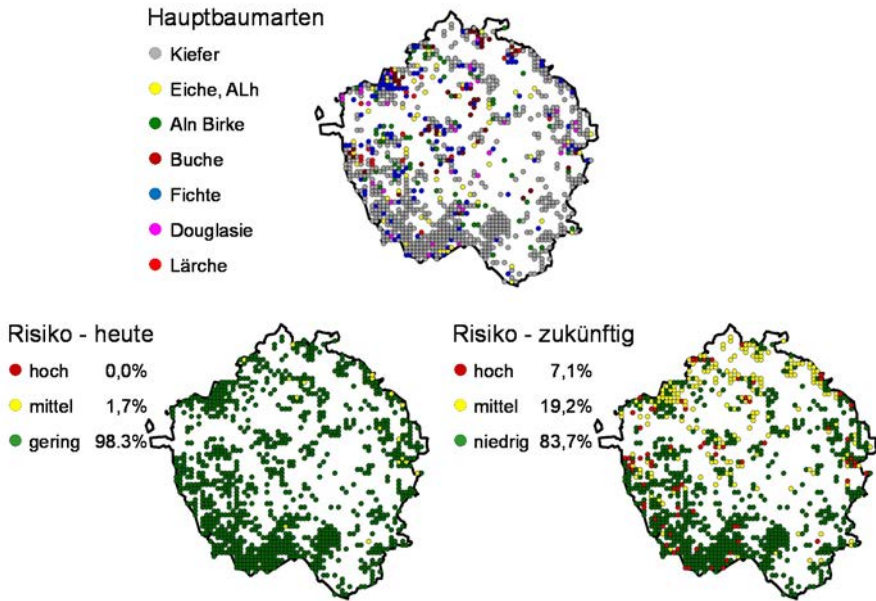


Abbildung 112: Hauptbaumarten an den betrachteten Stichprobenpunkten (oben) sowie ihre Gefährdung durch Trockenstress heute (unten links) und zukünftig (unten rechts) in Prozent der Stichprobenpunkte (Risikoklassen nach SPELLMANN et al. 2011)

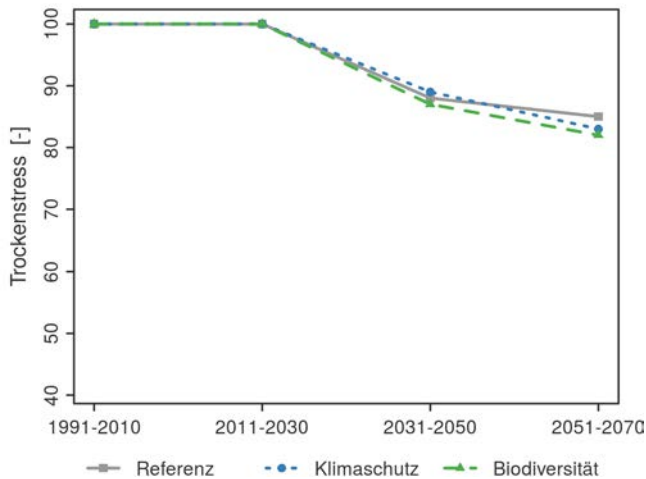


Abbildung 113: Entwicklung des Trockenstress-Index für Waldflächen (0 = extremer Stress, 100 = kein Stress)

7.3.2.2.2.5 *Sturmschäden*

Beitrag von: F4

Die Eintrittswahrscheinlichkeit sehr starker Stürme nimmt im Norddeutschen Tiefland von West nach Ost deutlich ab. In Uelzen ist die geschätzte Eintrittswahrscheinlichkeit eines Sturmereignisses gegenüber der Region Diepholz nur noch halb so hoch. Ein Orkan wird hier nur etwa alle 40 Jahre erwartet. Bezogen auf den Holzvorrat resultiert daraus gegenwärtig ein jährliches Windwurfrisiko von knapp 1,2 %.

Da orkanartige Stürme überwiegend im Winterhalbjahr auftreten, wären in dieser laubfreien Zeit vor allem Nadelbäume davon betroffen. Es würde vor allem die älteren Bestände treffen, da das Windwurfrisiko mit der Bestandeshöhe steigt. Dabei führen die unterschiedlichen Entwicklungspfade zu keinem grundsätzlich unterschiedlichen Ergebnis.

7.3.2.2.2.6 *Waldbrandrisiko*

Beitrag von: F1

Das Waldbrandrisiko ist in der Modellregion Uelzen aktuell nicht sehr hoch: Gemäß den Modellrechnungen werden heute jährlich rund 2,5 ha durch Waldbrände vernichtet. In der näheren Zukunft (bis 2030) sinkt dieser Wert bei allen drei Entwicklungspfaden auf 1 ha/a ab. Danach steigt er auf 3,1 ha/a an und erreicht bis 2070 ein Maximum von 3,4 ha/a (Referenzpfad, s. Abb. 114).

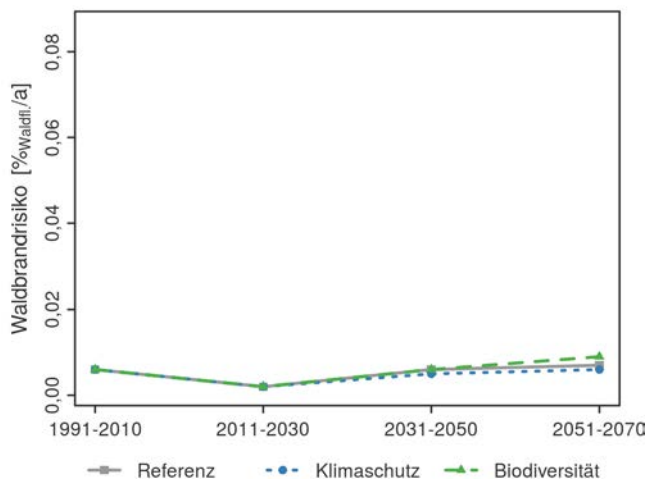


Abbildung 114: Entwicklung des Waldbrandrisikos (Modell: FWI)

Die Entwicklung des Waldbrandrisikos wird weniger durch regionsspezifische Besonderheiten als vielmehr durch den Wechsel der Baumarten beeinflusst. In allen Entwicklungspfaden dämpft der sinkende Kiefernanteil den klimatischen Effekt, sodass sich bis 2070 im Biodiversitätspfad ein Waldbrandrisiko von jährlich 4,0 ha ergibt und im Klimaschutzpfad von 2,5 ha/a.

7.3.2.2.2.7 *Waldschutz*

Beiträge von: F3a, F3b

In Gebieten mit großflächig zusammenhängenden Kiefernbeständen, wie der Region Uelzen, können die sogenannten Kieferngrößschädlinge, dies sind insbesondere die Schmetterlingsarten Forleule (*Panolis flammea*), Kiefernspinner (*Dendrolimus pini*) und Kiefernspanner (*Panolis flammea*), ein erhebliches forstwirtschaftliches Risiko darstellen.

Die Forleule konnte sich in der Vergangenheit wiederholt massenhaft vermehren, wenn es auch bisher nur zu kleinflächigen Schäden kam. Auch der Kiefernspinner zeigte in der Vergangenheit auffällige Vermehrungen. Für diesen Schmetterling könnte aufgrund der klimatischen Entwicklung die Wahrscheinlichkeit von Massenvermehrungen und deren Schadensausmaß signifikant ansteigen. Dies deuten auch historische Aufzeichnungen an. Letztlich bleiben die Risiken aber aufgrund der günstigeren standörtlichen Bedingungen (Klima, Boden, Lage) gegenüber den östlichen Hauptschadensgebieten des Kiefernspinners geringer.

Beim Kiefernspanner ist nach einer längeren Latenzzeit beginnend in den 1980er-Jahren wieder vermehrt mit einer Massenentwicklung zu rechnen. Dadurch ist das Risiko für (Fraß-)Schäden durch den Kiefernspanner in der Modellregion Uelzen mittelfristig erhöht. Da diese Art jedoch auch empfindlich auf hohe Temperaturen und Trockenheit im Sommer reagiert, ist bis zum Ende des Betrachtungszeitraums ein Rückgang ihrer Bestandesdichten zu erwarten.

Für die Erfassung von Schäden durch die Pilzart Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum* s. l.) wurden in der Modellregion Uelzen 21 repräsentative Flächen mit Kiefernbeständen im Alter von 30-130 Jahren auf einen Befall mit Wurzelschwamm untersucht. Dabei wurden an den abgestorbenen und lebenden Bäumen Fruchtkörper des Wurzelschwamms bonitiert und der Bestand bezüglich des Schadensausmaßes durch Wurzelschwamm klassifiziert. Der Anteil der durch Wurzelschwamm geschädigten Bestände lag bei 76 %. In den meisten Fällen handelt es sich bisher um geringe Schäden. Bedeutende Beeinträchtigungen (allein) durch den Wurzelschwamm, die bis zur Bestandesauflösung gehen können, wurden nicht festgestellt, obwohl in einem repräsentativ ausgewählten Bestand 97 % der Kiefern latent mit Wurzelschwamm befallen waren.

In einer Untersuchungsfläche wurde Hallimasch (*Armillaria* sp.) als Ursache für das Absterben einzelner Kiefern identifiziert. Schäden durch das *Diplodia*-Triebsterben (Schaderreger *Sphaeropsis sapinea*) wurden nicht festgestellt.

7.3.2.2.2.8 *Stickstoffsaldo*

Beitrag von: F1

Trotz der nur langsam sinkenden Stickstoffdepositionen ist die derzeitige Aufnahmekapazität der Wälder für Stickstoff in der Modellregion Uelzen groß genug, um einen deutlich positiven Stickstoffsaldo (jährliche Aufnahme 10,5 kg/ha, s. Abb. 115) zu ermöglichen. Ein langfristiger Bilanzüberschuss in der genannten

Größenordnung fördert das Risiko einer Stickstoffsättigung von Waldökosystemen (vgl. ABER et al. 1989). Hinzu kommt der immer geringer werdende Stickstoffentzug durch die erheblich zurückgehenden Zuwächse (vgl. Kapitel 7.3.2.2.2 und Abb. 109). Dennoch sinkt die jährliche Speicherleistung in den Entwicklungspfaden Referenz (5,9 kg/ha/a) und Biodiversität (9,4 kg/ha/a) bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes nur leicht ab. Demgegenüber werden bei einer klimaschutzorientierten Waldwirtschaft die Vorräte und entsprechend die kontinuierlichen Streueinträge dermaßen stark verringert (s. Abb. 110), dass die Böden während des Bestandesumbaus gegen Ende des Betrachtungszeitraumes von einer Stickstoffsänke zu einer Stickstoffquelle werden (negativer Stickstoffsaldo von -9,7 kg/ha/a, s. Abb. 115). Durch die Waldbehandlung im Klimaschutzpfad wurde also der Effekt der Stickstoffsättigung beschleunigt. Die zukünftig zu erwartenden Temperaturerhöhungen führen durch höhere Abbauaktivitäten zu einer weiteren Beschleunigung dieses Prozesses.

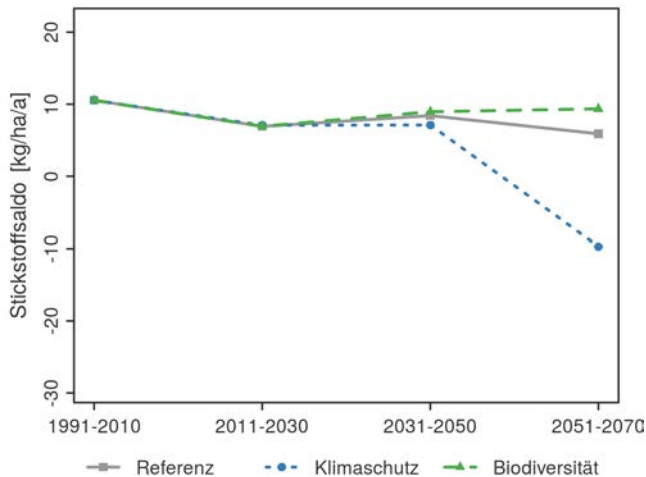


Abbildung 115: Entwicklung des Stickstoffsaldos im Wald (Modell: VSD+)

7.3.2.2.9 Humussaldo

Beitrag von: F1

Der Humussaldo der Waldböden (947 kg C/ha/a) weist in der Region aktuell auf unerwünscht starke Humusakkumulationen hin. Aufgrund der mit der Zeit steigenden Lufttemperaturen verstärken sich im Referenzpfad die Humus abbauenden Prozesse. Diese führen zu einem negativen Humussaldo mit jährlichen Verlusten von 327 kg C/ha/a in der Periode 2031-2050. Die Verluste erhöhen sich bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes (2070) noch etwas auf dann 410 kg C/ha/a. Im Rahmen des Biodiversitätspfades gibt es nur geringe Abweichungen vom Referenzpfad, hier sind in der letzten Zeitscheibe jährliche Humusverluste von 478 kg C/ha zu erwarten. Die Waldbehandlung nach den Vorgaben des Klimaschutzpfades mit

dem daran geknüpften verstärkten Baumartenwechsel verstärkt diese Tendenz (Verluste bis zu 698 kg C/ha/a).

Da die Humusvorräte im Laufe der Bestandesentwicklung sehr starken Schwankungen unterworfen sind (Nadelwälder weisen im Altersbereich 30-80 Jahre ihre relativ höchsten Akkumulationsraten auf, vgl. BÖTTCHER u. SPRINGOB 2001, COVINGTON 1981, JANDL et al. 2007), bietet sich ebenfalls eine Betrachtung über den gesamten Simulationszeitraum an. Hier haben sich die Kohlenstoffvorräte bei den Entwicklungspfaden um 148 (Referenz), 149 (Biodiversität) und 11 kg/ha/a (Klimaschutz) bis 2070 erhöht.

WARDLE et al. (1997, 2003) fanden für einen Zeitraum von über 2.900 Jahren nach dem letzten Feuer einen Anstieg der Kohlenstoffvorräte von 50 kg C/ha/a. Nach SCHLESINGER (1990) ist für Wälder der gemäßigten Zone eine Rate von 7 bis 120 kg C/ha/a zu erwarten, die somit in einer vergleichbaren Größenordnung wie die der Entwicklungspfade liegt. Bei diesem Vergleich ist zu beachten, dass die Kohlenstoffanreicherung in den ersten 3.000 Jahren der Bodenentwicklung vergleichsweise schnell abgelaufen sein soll und danach deutlich langsamer geworden ist. Eine Reduzierung der von SCHLESINGER (1990) angegebenen Raten durch eine Temperaturerhöhung ist ebenfalls bei diesem Vergleich noch nicht berücksichtigt. Entsprechend sind die für die Modellregion Uelzen berechneten Akkumulationsraten als vergleichsweise hoch zu bewerten.

7.3.2.2.2.10 *Treibhausgasemissionen*

Beiträge von: F1, F4

Die Wälder in der Region Uelzen sind über den Betrachtungszeitraum eine CO₂-Senke (in Abbildung 116 als negative CO₂-Emissionen dargestellt). Stabile Wälder, die hinsichtlich ihrer Alters- bzw. Durchmesserstruktur und Baumartenzusammensetzung nachhaltig aufgebaut sind, können so bewirtschaftet werden, dass sich Holzzuwachs und Holzeinschlag die Waage halten und die Kohlenstoffspeicher in der Biomasse konstant bleiben. Darüber hinaus kann im Waldboden Kohlenstoff festgelegt werden.

Die hier vorgenommene CO₂-Bilanz berücksichtigt die Kohlenstoffspeicherung in der Biomasse, im Boden und in den Holzprodukten sowie die energetische Substitution. Die Speicherleistung ist wie in den anderen Modellregionen hauptsächlich von den großen Kohlenstoffumsätzen im Boden geprägt. Hier zeigen sich im betrachteten Zeitraum starke Veränderungen: Die überwiegend armen Sandböden akkumulieren derzeit noch stark organische Substanz. Doch schon in näherer Zukunft (beginnend ab 2030) können die Waldböden zunehmend weniger Kohlenstoff binden. Die Abnahme ist im Klimaschutz- und Referenzpfad besonders ausgeprägt und resultiert aus der Verringerung der Holzvorräte im Bestand und der damit verbundenen Reduzierung der kontinuierlichen Streueinträge. Hinzu kommt, dass sich die steigenden Temperaturen auch auf den Umsatz der organischen Substanz auswirken können. Auch wenn aktuelle Untersuchungen gezeigt haben, dass schon die Temperaturerhöhungen der Vergangenheit in einigen Regionen zum verstärkten

Abbau der organischen Substanz geführt haben (PRIETZEL et al. 2016) muss erwähnt werden, dass Projektionen der Bodenkohlenstoffdynamik mit erheblichen Unsicherheiten (Modellstruktur, Parametrisierung, Abbauprozesse) verbunden sind (vgl. LUO et al. 2016).

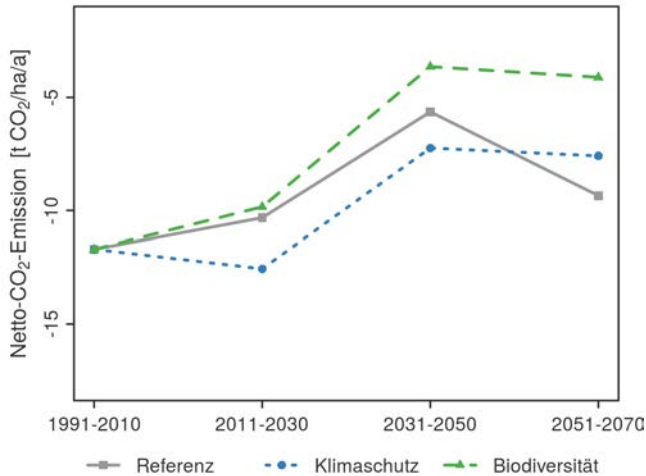


Abbildung 116: Entwicklung der Netto-CO₂-Emissionen im Wald (Modelle: WaldPlaner u. Yasso07)

Die Unterschiede zwischen den Modellierungsergebnissen für die verschiedenen Entwicklungspfade sind nur gering. So wird im Referenzpfad in der Mitte des Betrachtungszeitraumes (2031-2050) altersbedingt besonders viel Holz genutzt. In der Folge der Nutzungen werden vermehrt Jungbestände angelegt, die sich wiederum durch ein starkes Wachstum auszeichnen. Die Kohlenstoffbilanz verbessert sich zum Ende des Betrachtungszeitraums in allen drei Bewirtschaftungsvarianten geringfügig.

Betrachtet man die komplette Simulationsdauer, so betragen die Kohlenstoffsenkenleistungen für die drei Entwicklungspfade 2,5 (Referenz), 2,7 (Biodiversität) und 2,0 t C/ha/a (Klimaschutz). Nach WÖRDEHOFF (2016) ergeben sich für die Kiefer Speicherraten (materielle Substitution wurde aufgrund der Vergleichbarkeit nicht berücksichtigt) zwischen 2,2 und 3,4 kg C/ha/a, also in einer vergleichbaren Größenordnung. Diese Werte liegen deutlich über der langfristigen Speicherleistung für europäische Wälder von 0,75 t C/ha/a (LUYSSAERT et al. 2010). Aus diesen Zahlen wird ersichtlich, dass der abnehmende Trend vorwiegend den überdurchschnittlich hohen Akkumulationsraten in der ersten Simulationsperiode geschuldet ist.

7.3.2.2.3 Landwirtschaft

7.3.2.2.3.1 Der aktuelle Zustand

Beitrag von: L3

Rund die Hälfte der Fläche der Modellregion Uelzen wird landwirtschaftlich genutzt. Davon entfallen etwa 67.400 ha auf Ackerfläche und ca. 7.000 ha auf Grünland. Die Viehhaltung spielt hier, verglichen mit der Modellregion Diepholz, eine eher untergeordnete Rolle. Circa 90 % der Ackerfläche werden künstlich beregnet. Nur so lassen sich die sehr hohen Erträge erreichen. Dabei spielt der Kartoffel- und Zuckerrübenanbau eine herausragende Rolle, ergänzt durch den Anbau von Getreide, Winterraps und Silomais. Hinzu kommt ein relativ hoher Anteil an Brachfläche (LSKN-ONLINE 2011d).

7.3.2.2.3.2 Veränderungen der Fruchtartenzusammensetzung

Beiträge von: L3, L7

Die Veränderungen der Fruchtartenzusammensetzung (s. Abb. 117) in den Entwicklungspfaden über die Zeit sind die Ergebnisse ökonomischer Modellrechnungen mit dem Modell MODAM. Das Modell wählt die jeweils wirtschaftlichste Lösung unter den aus den Entwicklungspfaden abgeleiteten Rahmenbedingungen aus. Die in der Modellierung berücksichtigten Früchte sind alle in der Region relevanten Getreidearten wie Winterweizen, Winterroggen, Wintergerste, Wintertriticale und Sommergerste, weiterhin Winterraps, Kartoffeln, Zuckerrüben, Silomais, Ackergras und Lupine sowie Dauergrünland.

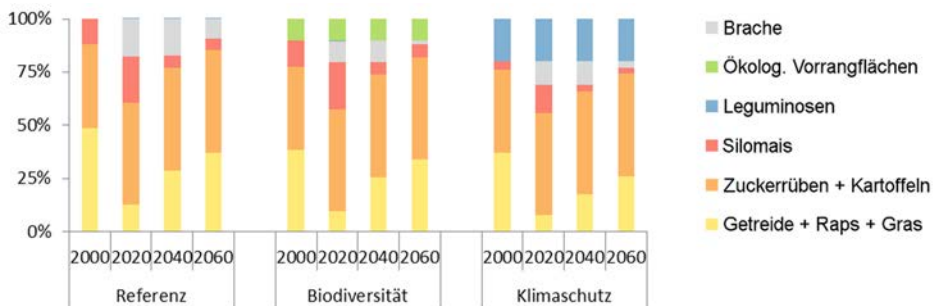


Abbildung 117: Veränderungen des berechneten Anbauspektrums gängiger Ackerkulturen in der Modellregion Uelzen (Angaben jeweils für die Mitte der Perioden; 2010 = Status quo)

Im Referenzpfad beläuft sich die Höhe der jährlichen Naturalerträge (flächengewichtetes Mittel der Acker- und Grünlanderträge) zu Beginn des Betrachtungszeitraumes auf 9,2 t Trockenmasse (TM) je Hektar und Jahr (s. Abb. 118). Dieser Wert liegt deutlich über dem deutschen Durchschnitt (6,2 t_{TM}/ha/a). Die mittleren Erträge des Ackerlandes sind nur geringfügig höher als der Mittelwert der Region und betragen jährlich 9,3 t_{TM}/ha. Den höchsten Ertrag mit 16,7 t_{TM}/ha/a liefert hier der Silomais. Den geringsten Ertrag bezogen auf die geerntete Trockensubstanz erbringt Winterraps auf schwachen Standorten mit 2,8 t_{TM}/ha/a.

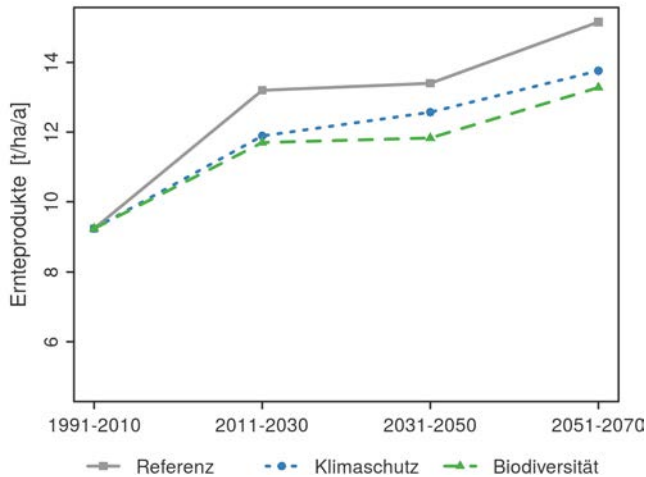


Abbildung 118: Entwicklung der Menge der Ernteprodukte (Acker- und Grünland)

Die Menge der Ernteprodukte steigt bei Fortführung der bisher üblichen Bewirtschaftung (Referenz) nach einer anfänglich etwas stärkeren Zunahme im weiteren Betrachtungszeitraum relativ gleichmäßig auf rund $15,2 \text{ t}_{\text{TM}}/\text{ha}/\text{a}$ an. Daran sind die Erträge des Ackerlandes mit $15,6 \text{ t}_{\text{TM}}/\text{ha}/\text{a}$ beteiligt. Das Grünland weist demgegenüber wesentlich geringere Steigerungen auf. Besonders in der Mitte des Betrachtungszeitraumes werden Ackerflächen zugunsten einer Brachlegung nicht bestellt (vgl. Abb. 118). Deren Fläche (17 %) geht aber dennoch in die Berechnung der mittleren Erträge ein. Zum Ende des Betrachtungszeitraumes werden minimale Erträge in Höhe von jährlich $4,5 \text{ t}_{\text{TM}}/\text{ha}$ bei Winterraps und maximale jährliche Erträge in Höhe von $21,1 \text{ t}_{\text{TM}}/\text{ha}$ bei der Zuckerrübe erzielt.

In der Modellregion Uelzen wird eine intensive Grünlandwirtschaft betrieben. Die steigenden Temperaturen und die längere Vegetationsperiode wirken sich positiv auf das Wachstum der Grünlandpflanzen aus. Im Sommer nimmt allerdings die Gefahr von Trockenperioden zu, was sich nachteilig auf die Ertragsentwicklung auswirkt. Daher fällt die erwartete Ertragssteigerung in dieser Region mit 10 % etwas geringer als in der Modellregion Diepholz aus.

Im *Biodiversitätspfad* wurden im Rahmen der Modellierung 10 % der möglichen Anbaufläche als „ökologische Vorrangflächen“ mit extensiver Bewirtschaftung ausgewiesen. Die Entwicklung auf der restlichen Fläche ist mit der in der Referenz vergleichbar. Es wird dabei ein verringertes Ertragsniveau von 86 % der Referenzbewirtschaftung erreicht.

Der *Klimaschutzpfad* unterstellt, dass auf 20 % der Ackerfläche Lupinen angebaut werden, die Luftstickstoff im Boden binden, um so die für den Ertrag notwendige Menge an Mineraldünger zu reduzieren, bei dessen Herstellung das Treibhausgas Kohlendioxid (CO_2) freigesetzt wird. Weiterhin wird bei diesem Entwicklungspfad

angenommen, dass nasse und stark humose Ackerflächen in extensives Dauergrünland umgewandelt werden. Die Ertragsentwicklung ist bei Umsetzung einer solchen klimaschützenden Wirtschaftsweise jener der Referenzbewirtschaftung leicht unterlegen und weist ein geringeres Endniveau (90 %) auf.

7.3.2.2.3.3 Pflanzenschutz Beitrag von: L2b

Sowohl aus wirtschaftlicher als auch naturschutzfachlicher Sicht wird ein möglichst geringer Pflanzenschutzmitteleinsatz angestrebt. Die Intensität der Behandlung wird mit dem sogenannten *Behandlungsindex* (BI) ausgedrückt, welcher die Anzahl von PSM-Anwendungen auf einer Fläche unter Berücksichtigung der Aufwandmengen (im Verhältnis zur zugelassenen Aufwandmenge) und Teilflächenbehandlungen abbildet (ausführliche Darstellung in Kapitel 7.3.1.2.3.3).

Der Behandlungsindex (aktuell 5,6) weist während des gesamten Betrachtungszeitraumes und bei allen Entwicklungspfaden in der Modellregionen Uelzen (s. Abb. 119) ein ca. doppelt so hohes Niveau auf wie in den östlichen Regionen Fläming und Oder-Spree. Dies liegt hauptsächlich an dem hohen Anteil der Hackfrüchte (Zuckerrüben und Kartoffeln) an der Fruchtartenzusammensetzung (s. Abb. 117). Dabei bleibt er während dieser Zeit im Referenzpfad weitgehend konstant (s. Abb. 119). Ein geringer Rückgang des Indikatorwertes bis 2070 ist bei Umsetzung des Biodiversitätspfads zu erwarten (Wert 5,2). Nennenswert ist der Rückgang aber nur bei einer Flächenbewirtschaftung nach den Vorgaben des Klimaschutzpfades, wo der Pflanzenschutzindex zuletzt einen Wert von 4,9 erreicht.

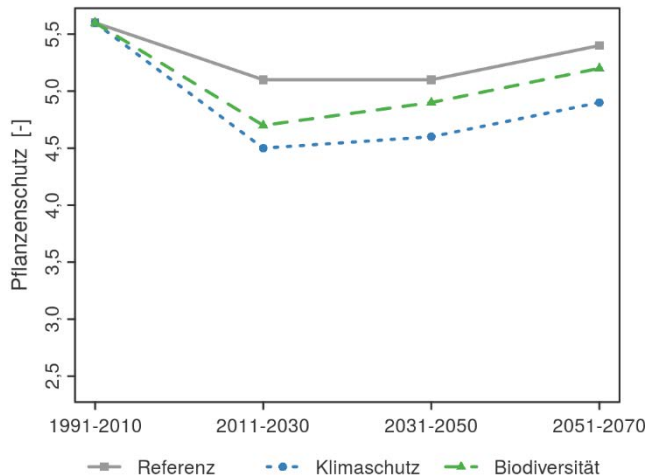


Abbildung 119: Entwicklung des Pflanzenschutz-Behandlungsindex

Die ermittelten Werte für den Indikator Pflanzenschutz sind im Referenzzeitraum in allen Regionen etwas geringer als die statistischen Mittelwerte des Vergleichsbetriebsnetzes Pflanzenschutz (FREIER et al. 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013,

2015). Es wird angenommen, dass diese Abweichungen durch die höhere Aggregationsebene von Regionen des Vergleichsbetriebsnetzes Pflanzenschutz verursacht werden.

7.3.2.2.3.4 *Stickstoffsaldo*

Beiträge von: L6, L3

Bei der Ermittlung des Stickstoffsaldos für die landwirtschaftlichen Flächen wird angenommen, dass die Pflanzenbestände den mit der Düngung und den Einträgen aus der Luft zugeführten Stickstoff auch unter günstigsten Umständen nicht vollständig aufnehmen können und somit bei der Produktion ein Stickstoffüberschuss eingeplant werden muss, um ein hohes Ertragsniveau zu erreichen. Hierdurch lassen sich Stickstoffverluste nie in Gänze vermeiden. Bei einem Austrag bis zu einer Höhe von 50 kg N je Hektar und Jahr werden bislang aber keine gravierenden ökologischen Schäden erwartet. Die Salden aller Entwicklungspfade liegen aber deutlich über dem Optimalbereich, der zwischen 0 und 50 kg N/ha/a liegt (s. Abb. 120).

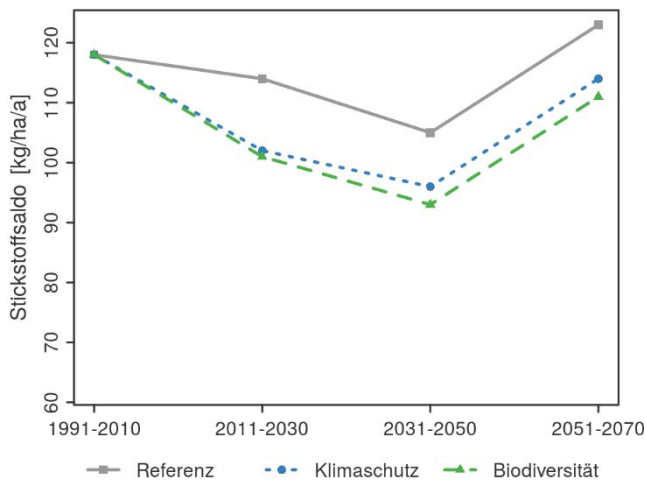


Abbildung 120: Entwicklung des Stickstoffsaldos unter landwirtschaftlichen Flächen (Modell: REPRO)

Betrachtet man die einzelnen Entwicklungspfade, so zeigt sich, dass in der Region Uelzen im Referenzpfad der Stickstoffsaldo von einem aktuellen hohen Niveau mit einem Wert von knapp 120 kg Stickstoffüberschuss je Hektar und Jahr zukünftig zunächst (bis 2040) auf einen Wert von 105 kg/ha/a leicht abfällt, zuletzt (2070) jedoch den Ausgangswert sogar leicht überschreitet (123 kg/ha/a Überschuss). Die Kurvenverläufe sind durch die Fruchtartenzusammensetzungen und angestrebten Erträge geprägt. Die steigenden Erträge der Ackerkulturen führten auf den jeweiligen Flächen zu einem Anstieg des Stickstoffsaldos. Im Entwicklungspfad Biodiversität wurden 10 % der Fläche „dunkelgrün“ bewirtschaftet, d. h. unter Erfüllung naturschutzfachlicher Anforderungen, die über die normalen Greening-Ansprüche

deutlich hinausgehen. Im Klimaschutzpfad wurden auf 20 % der Fläche Leguminosen angebaut sowie ca. 7 % von Ackernutzung in eine extensive Grünlandnutzung überführt. Durch diese Verringerung der gedüngten Fläche verlaufen die Werte in den Entwicklungspfaden Biodiversität und Klimaschutz ähnlich, jedoch auf einem um etwa 20 kg N/ha/a geringeren Niveau als im Referenzpfad. Damit wird auch von diesen beiden Entwicklungspfaden der zuvor genannte Optimalbereich von 0 bis 50 kg je Hektar und Jahr bis 2070 deutlich überschritten.

7.3.2.2.3.5 Humussaldo

Beitrag von: L3

Der Humussaldo, berechnet nach VDLUFA (KÖRSCHENS et al. 2004), weist aktuell in der Modellregion Uelzen mit einem Wert von -222 kg Humus-Kohlenstoff je Hektar und Jahr (s. Abb. 121) das höchste Humusdefizit aller Modellregionen auf.

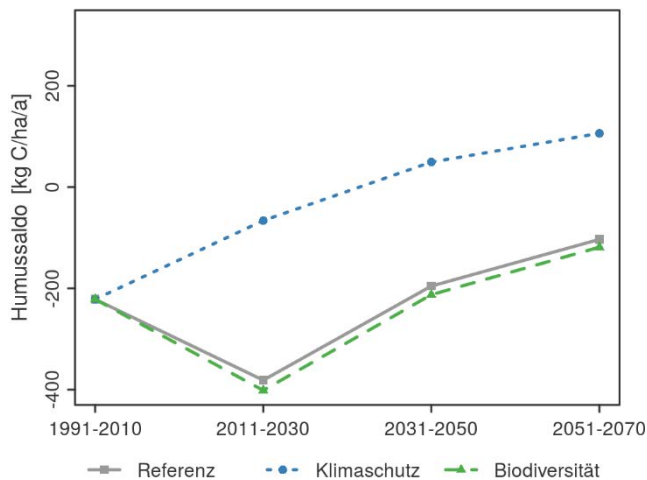


Abbildung 121: Entwicklung des Humussaldos in der Landwirtschaft (nach VDLUFA)

Dies liegt vor allem an dem hohen Anteil der Hackfrüchte im Anbauspektrum, was sich insbesondere bei der modellierten Ausweitung des Zuckerrübenanbaus in der nahen Zukunft (2011-2030) und bei Fortführung der bisherigen Wirtschaftsweise (Referenz) zeigt. Diese führt mittelfristig zu Humusdefiziten von 380 kg C/ha/a (Referenz) und 400 kg C/ha/a (Biodiversität). Gegen Ende des Projektionszeitraumes verringert sich das Defizit im Referenzpfad insbesondere durch Zwischenfruchtanbau sowie durch die Humus-Reproduktion aus organischen Düngern auf 103 kg C/ha.

Der Verlauf des Humussaldos ist im Biodiversitätspfad sehr ähnlich zum Referenzpfad. Bei einer Bewirtschaftung der Flächen nach den Vorgaben des Klimaschutzpfades bewirken die hohen Lupinenanteile im Anbauspektrum jedoch einen gegenüber der Referenzbewirtschaftung deutlich höheren Humussaldo. Dieser erreicht gegen Ende des Betrachtungszeitraumes einen jährlichen Überschuss von

106 kg C/ha/a und liegt damit um rund 200 kg C/ha/a oberhalb der für den Referenzpfad berechneten Werte.

7.3.2.2.3.6 Treibhausgasemissionen Beiträge von: I4, L5, L6

Die Treibhausgase (THG), die in den Regionen aus der landwirtschaftlichen Nutzung freigesetzt werden, stammen aus der ackerbaulichen Nutzung, der Grünlandnutzung und der Tierhaltung. Vereinfachend wurden die Treibhausgase Lachgas (N_2O), Methan (CH_4) und Kohlendioxid (CO_2) in CO_2 -Äquivalente umgerechnet (Treibhaus-Wirkung: $\text{CO}_2 = 1$, $\text{CH}_4 = 25$, $\text{N}_2\text{O} = 298$) und aggregiert.

Die Modellregion Uelzen weist aktuell mit jährlich 4,5 t CO_2 -Äquivalenten je Hektar (s. Abb. 122) nach Diepholz (4,7 t CO_2 äq/ha/a) die zweithöchsten Treibhausgasemissionen aller Modellregionen auf. Dies liegt an der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung und dem damit verbundenen Einsatz von mineralischem Dünger sowie dem vergleichsweise hohen Humusabbau durch intensiven Hackfruchtanbau. Die Treibhausgasemissionen sinken im Referenzpfad zwar zunächst aufgrund der Einführung von Brachflächen und dem dadurch geringeren Einsatz von Mineraldüngern leicht ab (4,3 t CO_2 äq/ha/a), steigen dann aber durch erhöhte ackerbauliche Intensität wieder deutlich an. Zuletzt liegen die THG-Emissionen bei 5,3 t CO_2 äq/ha/a und damit fast auf dem Niveau der Modellregion Diepholz (5,4 t CO_2 äq/ha/a).

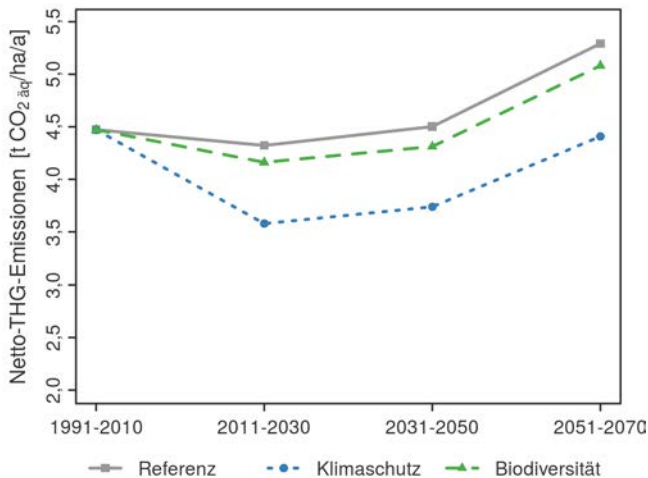


Abbildung 122: Entwicklung der Treibhausgasemissionen (CO_2 -Äquivalente) aus der Landwirtschaft (Modelle: MODAM, REPRO u. Extrapolation)

Die alternativen Entwicklungspfade führen zu einem vergleichbaren Verlauf auf geringerem Niveau (Biodiversität: 96 %; Klimaschutz: 83 %). Insbesondere wirken

sich hier der Humusaufbau und die damit verbundene Bindung von Kohlenstoffdioxid aus der Luft im Humus sowie der Verzicht auf Stickstoff-Mineraldünger auf den ökologischen Vorrangflächen bzw. beim Anbau von Lupinen aus.

7.3.2.2.4 Naturschutz

7.3.2.2.4.1 Forstwirtschaft

Beiträge von: F5, F4

Die vegetationskundliche Auswertung des naturschutzfachlichen Zustandes der Wälder der Modellregionen Diepholz und Uelzen erfolgte gemeinsam im Kapitel 7.3.1.2.4.

Quantitative Beurteilung des naturschutzfachlichen Wertes

Die Baumartenzusammensetzung der Wälder der Modellregion Uelzen ist im Mittel der Klasse „bedingt naturnah“ zuzuordnen (s. Abb. 123). Die Entwicklung in den drei Entwicklungspfaden verläuft recht unterschiedlich. Der zunehmende Umbau hin zu naturnäheren Mischwäldern im Biodiversitätspfad führt im betrachteten Zeitraum zu einer Annäherung an die Baumartenzusammensetzung der potenziell natürlichen Vegetation, wohingegen der vermehrte Nadelholzanbau im Klimaschutzpfad zu einer Abnahme der Naturnähe der Baumartenzusammensetzung führt. Der Referenzpfad bewirkt keine wesentlichen Änderungen der Naturnähe gegenüber dem heutigen Zustand.

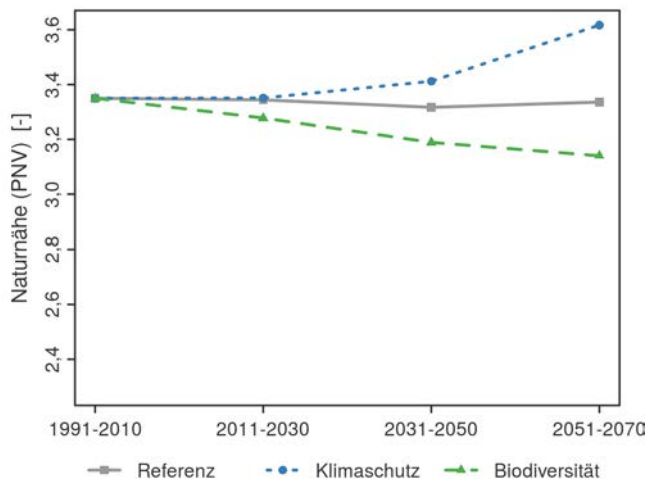


Abbildung 123: Entwicklung der Naturnähe von Waldflächen (Wälder der Stufe 1 (sehr naturnah) weisen die höchste Naturnähe auf und Wälder der Stufe 5 (kulturbestimmt) die geringste; PNV = potenziell natürliche Vegetation)

Die Dominanz der Kiefer und Fichte mit einem gemeinsamen Flächenanteil von 74 % bedingt gegenüber der Region Diepholz eine deutlich geringere aktuelle Bestandestypendiversität (s. Abb. 124) mit einem Simpson-Indexwert von 0,54. Der

massive Baumartenwechsel im Klimaschutzpfad führt zu einer Steigerung des Indexwertes auf 0,77 am Ende der Projektionsperiode. Auch unter dem Referenzpfad nimmt die Mischung auf 0,67 zu, während sich die Bestandestypendiversität im Biodiversitätspfad nicht wesentlich ändert.

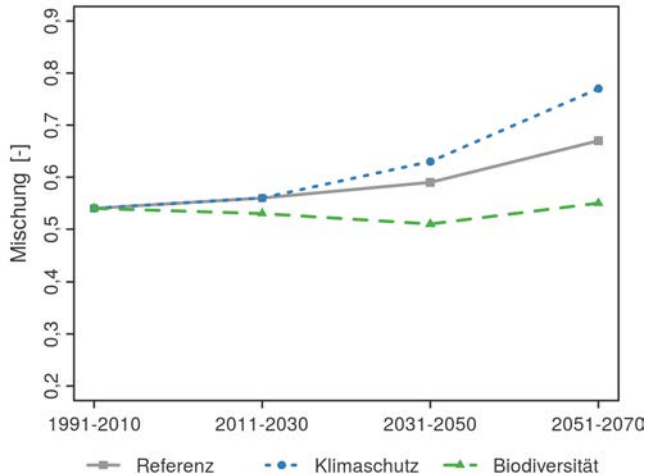


Abbildung 124: Entwicklung der Bestandestypendiversität (Simpson-Index)

Die Entwicklung des Altholzanteils (Bäume jenseits ihrer planmäßigen Umtriebszeit, s. Abb. 125) in Uelzen gleicht der Dynamik in Diepholz. Ausgehend von einem aktuellen Flächenanteil von 3 % werden im Biodiversitätspfad im Jahr 2070 23 % und im Referenzpfad 10 % erreicht. Im Klimaschutzpfad bleibt der Anteil mit 5 % nahezu unverändert.

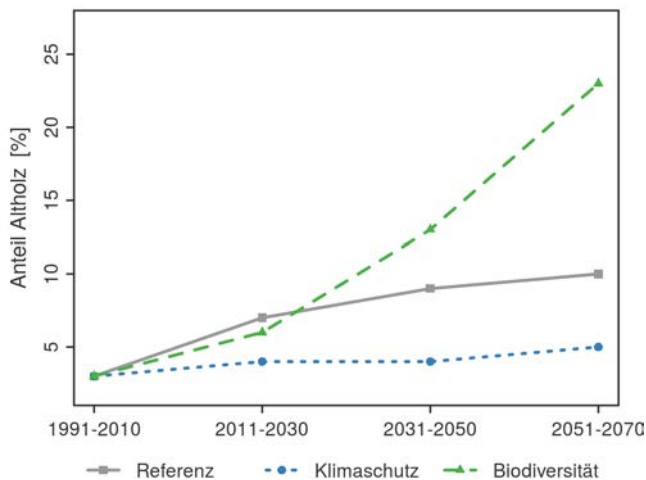


Abbildung 125: Entwicklung des Altholzanteils

7.3.2.2.4.2 *Landwirtschaft*

Beitrag von: L3

Die naturschutzfachliche Beurteilung der landwirtschaftlichen Flächen erfolgte anhand der Fruchtartendiversität und dem Anteil extensiv bewirtschafteter Flächen. Die mit dem Simpson-Index beschriebene Fruchtartendiversität schwankt geringfügig zwischen 0,80 und 0,88 (s. Abb. 126). Insgesamt ist eine sehr leichte Abnahme zu verzeichnen, wobei im Klimaschutzpfad die geringsten Änderungen auftreten.

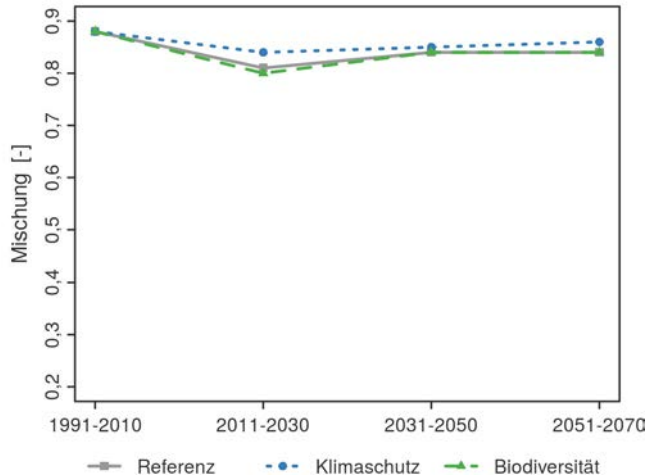


Abbildung 126: Entwicklung der Mischungsverhältnisse der Ackerkulturen (Simpson-Index)

Der Anteil der extensiv bewirtschafteten Flächen ändert sich nur durch die Vorgaben der Entwicklungspfade. Im Biodiversitätspfad werden 10 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche „dunkelgrün“ bewirtschaftet, d. h. unter Erfüllung naturschutzfachlicher Anforderungen, die über die normalen Greening-Ansprüche deutlich hinausgehen.

7.3.2.2.4.3 *Landschaft*

Beitrag von: Ko

Die Landschaftsdiversität, beschrieben mit dem Simpson-Index, liefert erste Hinweise auf die Auswirkungen der Änderungen in der landwirtschaftlichen oder forstwirtschaftlichen Flächennutzung. Basierend auf der Landschaftsbeschreibung des CORINE-Projektes (CORINE LAND COVER 2006, EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2013) wurden Änderungen der Fruchtartenzusammensetzung und der Waldtypen (Laub-, Nadel-, Mischwald) nachvollzogen. Die Abbildung 127 zeigt, dass hinsichtlich der Landschaftsdiversität innerhalb des Betrachtungszeitraumes keine nennenswerten Änderungen zu erkennen sind. Die Indikatorwerte zur Beschreibung der Landschaftsdiversität erhöhen sich im Laufe der Zeit nur geringfügig, bei Verfolgung einer klimaschützenden Bewirtschaftung fällt der Indikatorwert zum Ende des Betrachtungszeitraumes wieder auf das Ausgangsniveau zurück.

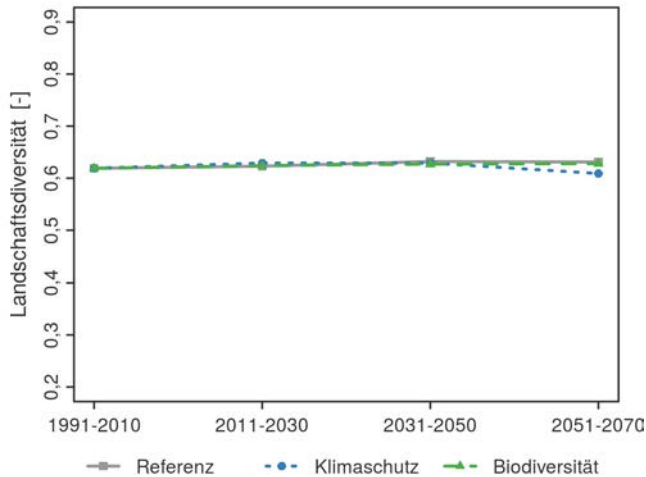


Abbildung 127: Entwicklung der Landschaftsdiversität (Simpson-Index)

7.3.2.2.5 Wertschöpfung

7.3.2.2.5.1 Forstwirtschaft

Beitrag von: F6

Das Nutzungsvolumen in der Modellregion Uelzen beträgt im Mittel für alle Baumartengruppen, Zeitscheiben und Entwicklungspfade 5,4 Erntefestmeter je Hektar und Jahr (s. Abb. 128). Die nutzbare Volumenleistung der Wälder hat, noch vor der jeweiligen Bewertung bestimmter Baumarten am Markt, den entscheidenden Einfluss auf die Höhe des (forst-)betrieblichen Einkommens. Das Nutzungsvolumen schwankt in Abhängigkeit vom jeweils unterstellten Entwicklungspfad recht deutlich. So verändern sich die Einschläge im Biodiversitätspfad kaum (ca. 4 Efm/ha/a), während bei den anderen beiden Bewirtschaftungsszenarien zeitweise bis zu ca. 7,5 Efm/ha/a genutzt werden.

Diese Nutzungshöhen werden wesentlich durch die aktuelle Altersklassenverteilung (s. Abb. 110) sowie den Vorratsabbau in den Entwicklungspfaden Referenz und Klimaschutz bestimmt. Der historisch zu erklärende Überhang der 41-60-jährigen Bestände führt insbesondere in diesen Pfaden zu erheblichen Endnutzungen während der zweiten Hälfte des Simulationszeitraumes, was zu einem deutlichen Vorratsabbau führt (s. Abb. 109, links).

Entsprechend der Baumartenverteilung erfolgen gut 60 % der Nutzungen in der Baumartengruppe Kiefer. Die nächsthöheren Anteile am Einschlagsvolumen haben die Baumartengruppen Fichte (19 %) und Douglasie (7,2 %). Die Nadelbaumarten wachsen aktuell (2010) auf knapp 78 % der Fläche der Modellregion und liefern im Simulationszeitraum fast 90 % des Holzeinschlags. Der Anteil der mit Nadelbäumen bestockten Fläche verringert sich im Projektionszeitraum je nach Entwicklungspfad um grob 10 %, der Anteil des Nadelholzes am Einschlagsvolumen bleibt dabei

jedoch durch die verstärkte Endnutzung bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes nahezu konstant bei 90 %.

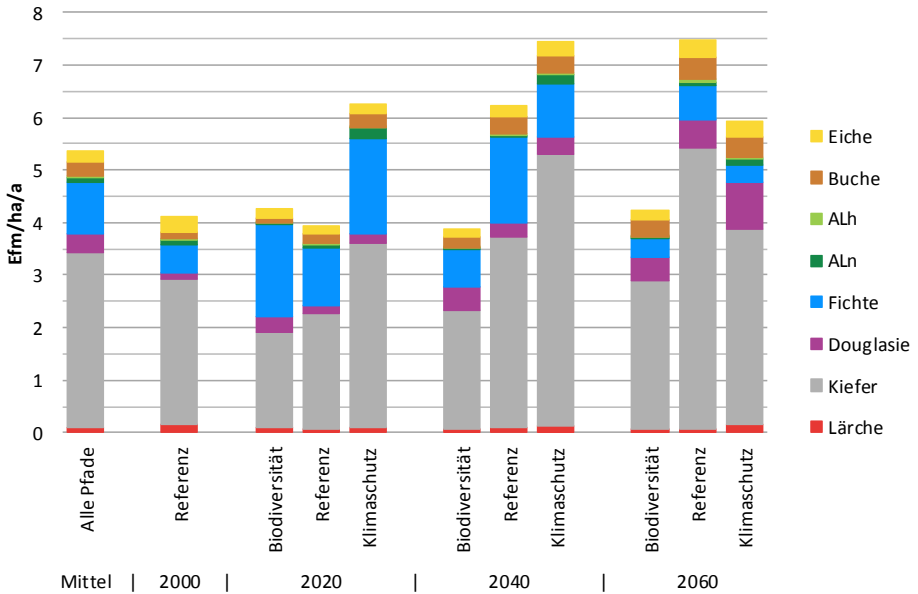


Abbildung 128: Durchschnittliches Nutzungsvolumen in den Zeiträumen (Angabe zur Mitte der Perioden) im Modellbetrieb Uelzen

Die in Zukunft steigenden Nutzungen führen in allen Entwicklungspfaden zu positiven Entwicklungen bezüglich der Arbeitsvolumina (s. Abb. 129) in der Holzernte sowie der Nettowertschöpfung im Bereich Forstwirtschaft (s. Abb. 128 und 130).

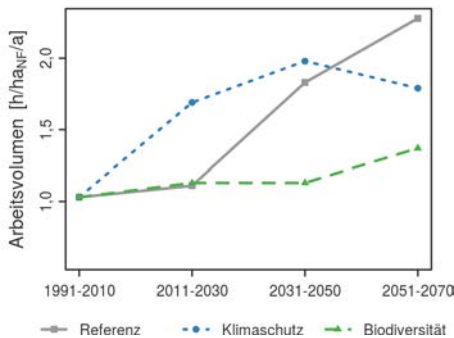


Abbildung 129: Entwicklung des Arbeitsvolumens der Holzernte im Modellbetrieb Uelzen

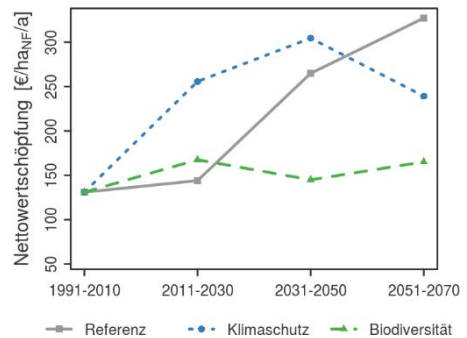


Abbildung 130: Entwicklung der forstwirtschaftlichen Nettowertschöpfung im Modellbetrieb Uelzen

Die Nettowertschöpfung, also die sektorale Leistung zur Deckung von Löhnen und Gehältern, Unternehmereinkommen, Kapital-, Flächen- und Risikokosten sowie Betriebsgewinnen, steigt in den Szenarien Referenz und Klimaschutz erheblich gegenüber dem aktuellen Stand an. Der Biodiversitätspfad führt demgegenüber während des gesamten Betrachtungszeitraumes nur zu einer leichten Steigerung der Nettowertschöpfung.

Die Nettowertschöpfung der Pfade Referenz und Klimaschutz ist zeitlich verschoben, bewegt sich aber mit 245 €/ha und Jahr (Referenz) bzw. 266 €/ha und Jahr (Klimaschutz) im Mittel über den Projektionszeitraum auf ähnlichem Niveau. Mit einer durchschnittlichen Nettowertschöpfung in Höhe von nur knapp 160 €/ha/a weist der Biodiversitätspfad eine um etwa 40 % reduzierte Wertschöpfung auf.

Die Simulationsrechnungen zeigen insgesamt, dass die Forstwirtschaft in Uelzen in den nächsten Jahrzehnten aufgrund der Vielzahl nahezu hiebsreifer Bestände günstige Naturalbedingungen vorfindet. Die Entwicklungspfade Klimaschutz und Referenz scheinen keine besonderen forstbetrieblichen Risiken zu beinhalten. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass diese Pfade mit einem, im Klimaschutzpfad sehr deutlichen, durchschnittlichen Vorratsabbau auf der Gesamtfläche einhergehen.

Unter den Entwicklungspfaden hat einzig das Biodiversitätsszenario im Betrachtungszeitraum keine erheblichen Auswirkungen auf die Höhe der Wertschöpfung und der Arbeitsvolumina.

7.3.2.2.5.2 *Landwirtschaft*

Beitrag von: L7

Die Modellregion Uelzen weist mit 85 bis 104 Tsd. € pro Arbeitskraft (AK) im Vergleich zu den anderen Modellregionen das höchste Einkommensniveau je Beschäftigtem auf. Dies ist vor allem auf den intensiven Kartoffel- und Zuckerrübenanbau bei intensiver und weitgehend flächendeckender Feldberegnung zurückzuführen. Die unterstellten Preistrends zeigen allerdings auch relative hohe Kostensteigerungen bei den Vorleistungen. Diese führen aufgrund der hohen Aufwendungen im Hackfruchtanbau zu insgesamt sinkenden Nettowertschöpfungen. In der zeitlichen Entwicklung ist bei reinen Ackerbaubetrieben langfristig mit einem leicht sinkenden Einkommen zu rechnen, wohingegen bei Schweinehalten steigende und bei Milchviehbetrieben mehr oder weniger stagnierende Einkommen zu erwarten sind. Insgesamt verringert sich im Laufe der Zeit die landwirtschaftliche Nettowertschöpfung um gut 10 % (s. Abb. 131).

Der Biodiversitätspfad reduziert dabei das Einkommen nur sehr geringfügig, wohingegen der Klimaschutzpfad deutliche Einkommensverluste von 80 bis 110 € je Hektar regionaler Ackerfläche verursacht. Dabei wird in allen Entwicklungspfaden ein gleich hohes Niveau an Direktzahlungen angenommen.

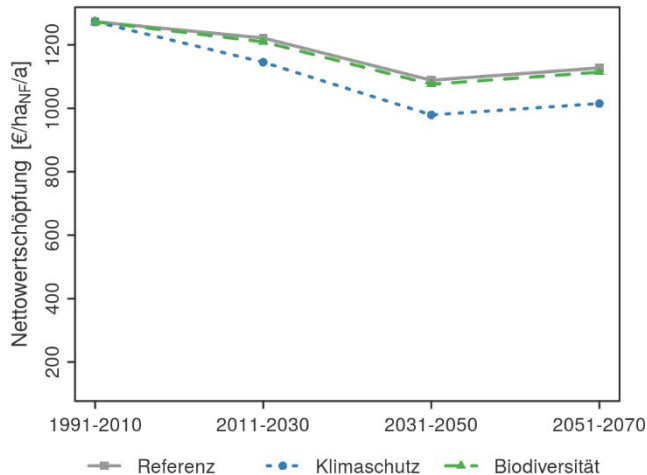


Abbildung 131: Entwicklung der landwirtschaftlichen Nettowertschöpfung im Modellbetrieb Uelzen (NF: Nutzfläche)

7.3.2.2.5.3 Ökosystemleistungen

Beitrag von: S1

Wie bereits für die Region Diepholz in Kapitel 7.3.1.2.5.3 beschrieben, wurde die Betrachtung der Wertschöpfung in den Sektoren Land- und Forstwirtschaft durch eine Bewertung der nicht am Markt gehandelten Ökosystemleistungen über die entsprechenden Entwicklungspfade und Perioden ergänzt. Hierfür wurden beispielhaft die Ökosystemleistungen „Gewässerschutz“ sowie „Klimaschutz“ ausgewählt. Die Analyse der Gewässerschutzwirkung erfolgte durch eine Betrachtung der Nitratfracht im Sickerwasser. Die Klimaschutzwirkung wird im Vorhaben anhand der Kohlenstoffsinken- bzw. -quellenleistung bewertet.

Im Entwicklungspfad Biodiversität ergibt sich für die Landwirtschaft in Uelzen sowohl in der Periode 2011-2030 als auch in der Periode 2031-2050 eine positive Wirkung für den Gewässerschutz. Insgesamt muss aber festgestellt werden, dass die Gewässerschutzwirkungen im Klimaschutzpfad deutlich besser ausfallen als im Biodiversitätspfad. In der Forstwirtschaft würden negative Effekte für den Gewässerschutz in beiden Perioden auftreten (s. Tab. 30). Erwartungsgemäß wirkt sich der Klimaschutzpfad positiv auf die Klimaschutzwirkung aus. Im Biodiversitätspfad entstehen in der Land- und Forstwirtschaft durchweg negative Effekte auf den Klimaschutz (s. Tab. 30).

Tabelle 30: *Schutzwirkung der Entwicklungspfade Biodiversität (Bio) und Klimaschutz (Klim) für die Schutzgüter Gewässerschutz (in kg N) und Klimaschutz (in t CO_{2äq}) in der Modellregion Uelzen*

		Landwirtschaft				Forstwirtschaft			
		2011-2030		2031-2050		2011-2030		2031-2050	
		absolut	pro ha	absolut	pro ha	absolut	pro ha	absolut	pro ha
Gewässerschutz [kg N]	Bio	210.020	2,71	163.521	2,11	-2.914	-0,06	-29.138	-0,60
	Klim	323.167	4,17	449.488	5,80	-6.799	-0,14	-139.379	-2,87
Klimaschutz [t CO _{2äq}]	Bio	-2.325	-0,03	-20.924	-0,27	-23.311	-0,48	-96.642	-1,99
	Klim	44.174	0,57	36.424	0,47	115.582	2,38	77.702	1,60

Ökonomischer Nutzen für den Gewässerschutz

Auf der Grundlage der angesetzten Vermeidungskosten (siehe Darstellung in Kapitel 7.3.1.2.5.3) ergeben sich im Bereich der Landwirtschaft im Biodiversitätspfad vermiedene Kosten in der Periode 2011-2030 in Höhe von 630.059 Euro pro Jahr (8,13 Euro je Hektar und Jahr) und 490.562 €/a (6,33 €/ha/a) in der Periode 2031-2050. Im Bereich der Forstwirtschaft betragen die Kosten im Bereich des Gewässerschutzes hingegen -8.742 €/a (-0,18 €/ha/a) in der Periode 2011-2030 und -87.415 €/a (-1,80 €/ha/a) in der Periode 2031-2050.

Für den Klimaschutzpfad belaufen sich die vermiedenen Schäden beim Gewässerschutz in der Landwirtschaft auf 969.500 €/a (12,51 €/ha/a) in der Periode 2011-2030 und 1.348.465 €/a (17,40 €/ha/a) in der Periode 2031-2050. Dem stehen in der Forstwirtschaft Kosten in Höhe von -20.397 €/a (-0,42 €/ha/a) in der Periode 2011-2030 und -418.136 €/a (-8,61 €/ha/a) in der Periode 2031-2050 gegenüber.

Ökonomischer Nutzen für den Klimaschutz

Bezogen auf die bereits dargestellten Klimakosten (siehe Kapitel 7.3.1.2.5.3) ergeben sich im Bereich der Landwirtschaft für die Region Uelzen im Biodiversitätspfad Kosten in Höhe von -185.995 €/a (-2,40 €/ha/a) in der Periode 2011-2030 und -3.034.047 €/a (-39,15 €/ha/a) in der Periode 2031-2050. Für die Forstwirtschaft entstehen Kosten in Höhe von -1.864.858 €/a (-38,40/ha/a) für den Klimaschutz im Biodiversitätspfad in der Periode 2011-2030 und -14.013.142 €/a (-288,55 €/ha/a) in der Periode 2031-2050.

Im Bereich der Landwirtschaft werden im Klimaschutzpfad jährlich Kosten in Höhe von 3.533.909 €/a (45,60 €/ha/a) in der Periode 2011-2030 und 5.281.489 €/a (68,15 €/ha/a) in der Periode 2031-2050 im Bereich Klimaschutz eingespärt. Der Klimaschutzpfad zeichnet sich im Bereich der Forstwirtschaft in allen Perioden durch eine Kostenreduktion im Bereich der Klimaschutzwirkung aus. Die jährlichen Nutzen für den Klimaschutz belaufen sich im Klimaschutzpfad auf

9.246.586 €/a (190,40 €/ha/a) in der Periode 2011-2030 und 11.266.848 €/a (232,00 €/ha/a) in der Periode 2031-2050.

Gesamtnutzen der Entwicklungspfade Biodiversität und Klimaschutz

Bezogen auf die hier bewerteten Ökosystemleistungen würde eine Umsetzung des Biodiversitätspfades Kosten in Höhe von -1.420.794 Euro pro Jahr (-32,67 Euro je Hektar und Jahr) in der Periode 2011-2030 und -16.556.627 €/a (-321,37 €/ha/a) in der Periode 2031-2050 verursachen. Die Umsetzung des Klimaschutzpfades würde hingegen einen positiven Gesamtnutzen von 13.749.994 €/a (248,51 €/ha/a) in der Periode 2011-2030 und 17.896.802 €/a (317,55 €/ha/a) in der Periode 2031-2050 erzeugen.

7.3.2.3 Bewertung mit dem Indikatorensystem

Beitrag von: Ko

Die in den vorangegangenen Abschnitten anhand von einzelnen Indikatoren dargestellten Entwicklungen innerhalb der Sektoren der Landnutzung werden nachfolgend auf der Ebene der Kriterien sektorenübergreifend dargestellt.

Bei einer Fortführung der bisherigen Bewirtschaftungsweisen der Landnutzung (Referenzpfad) bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes ergibt sich hinsichtlich der Entwicklung der die Indikatoren bündelnden sieben Kriterien eine deutliche Steigerung der Werte für die Bereiche „Produktivität“ und „Beschäftigung“ sowie in schwächerer Form auch für die „Wertschöpfung“ (s. Abb. 132, oben). Der Wert des Kriteriums „Naturschutz“ verändert sich ebenfalls leicht positiv, was darauf schließen lässt, dass zumindest in dieser Modellregion sich die bisher übliche Landnutzung nicht negativ auf die betrachteten naturschutzfachlichen Belange auswirkt. Da jedoch die Indikatoren für das Kriterium Naturschutz in der Landwirtschaft nur eingeschränkt aussagefähig sind, wird eine Ergänzung durch weitere Indikatoren empfohlen.

Wie bereits in der Modellregion Diepholz deuten sich hingegen für die Werte der Kriterien „Ressourcen“, „Stabilität“ und „Lebensqualität“ Verschlechterungen an. Am deutlichsten fällt dieser Trend für das Kriterium „Lebensqualität“ aus, das allerdings allein auf der projizierten Hitzebelastung beruht, weil die anderen Indikatoren dieses Kriteriums im Rahmen der im Projekt durchgeführten Modellierungen nicht fortschreibbar waren und somit statisch geblieben sind.

Die Werte der Kriterien „Ressourcen“ und „Stabilität“ vermindern sich. Ursächlich ist hierfür im Bereich Ressourcen die sowohl unter Wald als auch unter landwirtschaftlicher Nutzung zunehmende Nitratbelastung des Sickerwassers. Im Bereich Stabilität sind es vor allem die weiterhin ansteigenden Treibhausgasemissionen durch den intensiven Anbau von Hackfrüchten und dem damit verbundenen Humusabbau. An eine weitere Intensivierung des Hackfruchtanbaus ist auch ein

steigender Pflanzenschutz-Behandlungsindex gebunden. Hinzu kommt noch ein moderat steigender Trockenstress.

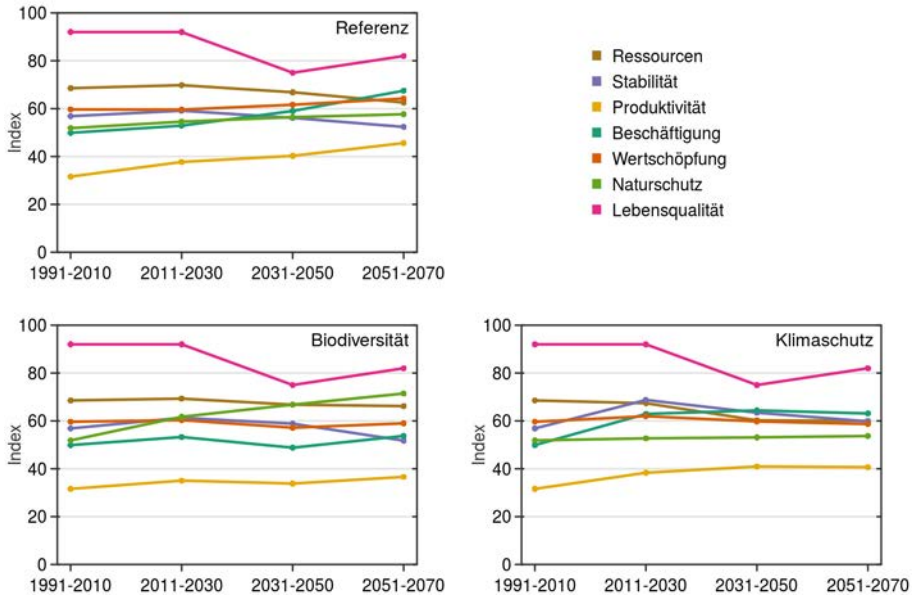


Abbildung 132: Veränderungen der Kriterien bei einer Bewirtschaftung gemäß der Entwicklungspfade Referenz, Biodiversität und Klimaschutz in der Modellregion Uelzen

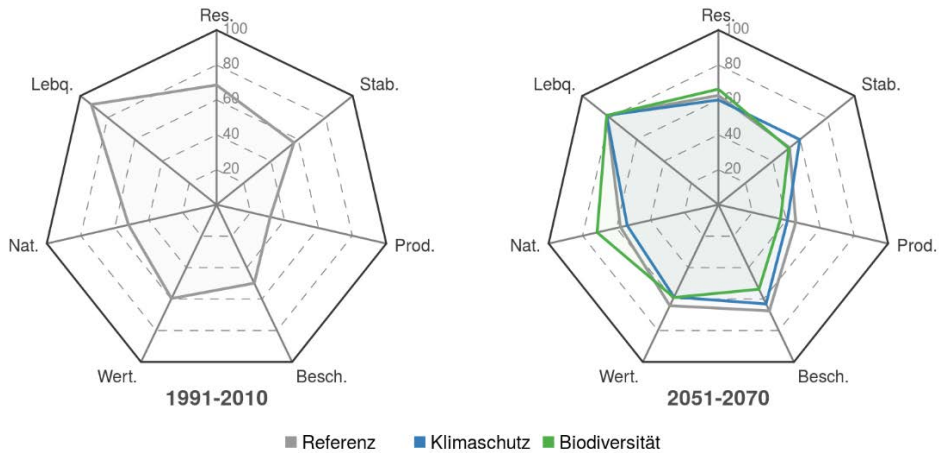


Abbildung 133: Kriterien für die Entwicklungspfade im Zeitraum 2051-2070 im Vergleich zum Status quo (1991-2010) (Res.: Ressourcen, Stab.: Stabilität, Prod.: Produktivität, Besch.: Beschäftigung, Wert.: Regionale Wertschöpfung, Nat.: Naturschutz, Lebq.: Lebensqualität)

Vergleicht man diese Entwicklungen mit den beiden alternativen Entwicklungspfaden Biodiversität und Klimaschutz, so ist zu erkennen, dass diese erwartungsgemäß zu Verbesserungen in ihren jeweiligen primären Wirkungsbereichen Naturschutz und Stabilität führen. Darüber hinaus weist der Entwicklungspfad Biodiversität leichte Vorteile für das Kriterium Ressourcen auf, während er bei den ökonomischen Kriterien „Produktivität“, „Beschäftigung“ und „Wertschöpfung“ zu schlechteren Ergebnissen als die beiden anderen Entwicklungspfade führt. Dies lässt sich gut durch einen Vergleich der Entwicklungspfade im Zeitraum 2051-2070 mit dem Status quo der Jahre 1991-2010 verdeutlichen (s. Abb. 133).

7.3.2.4 Leitbilder

Beitrag von: S3

Um die aktuellen Sichtweisen der im Bereich der Landnutzung handelnden Personen möglichst zutreffend zu beschreiben, wurden im Rahmen des Projektes zunächst wichtige Akteure der Landnutzung identifiziert und anschließend deren vorrangige Interessen (Themen) erfragt (s. Abb. 134).



Abbildung 134: Akteursgruppen der Modellregion Uelzen und ihre (Nutzungs-)Interessen und Präferenzen (WRRL = Wasserrahmenrichtlinie der EU, FFH = Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie der EU)

Im Rahmen von Fokusgruppendifkussionen wurden anschließend Leitbilder für die drei Sektoren Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Wasserwirtschaft mit 77 sektoralen Zielvorstellungen erarbeitet (siehe grauer Kasten).

Leitbild Landwirtschaft: Für die Vertreter des Sektors Landwirtschaft wird die Grundlage der zukünftigen Landnutzung in der Modellregion Uelzen durch eine, mit schlagkräftigen Betriebsstrukturen auf adäquaten Schlägen wirtschaftende Landwirtschaft gebildet, die mit ausreichender, jedoch mittels modernen Methoden und Techniken (Großberegnungsanlagen) wassersparender Beregnung eine nachhaltige und vielseitige Landbewirtschaftung betreibt. Klimaangepasste Fruchtfolgen und ein deutlich höherer Anteil Ökolandbau tragen hierzu ebenso bei wie auch eine hohe Akzeptanz innerhalb der regionalen Bevölkerung und eine regionale Planung mit Augenmaß.

Leitbild Forstwirtschaft: Ökologische Waldbewirtschaftung, die Erhöhung der Baumartenvielfalt und der Waldumbau unter Beachtung von Holznachfrage und globalisierten Märkten bilden aus Sicht der Forstakteure die Grundlage für eine Sicherstellung der Rohstoffproduktion und die Existenzsicherung der Forstwirtschaft in der zukünftigen Landnutzung der Modellregion. Die Vereinbarkeit der unterschiedlichen Landnutzungsformen und der Ausgleich zwischen Nutzung und Schutz sind ebenso wichtig wie die Akzeptanz des forstlichen Wirtschaftens in der Bevölkerung.

Leitbild Wasserwirtschaft: Die Vertreter der Wasserwirtschaft sehen die zukünftige Landnutzung der Modellregion Uelzen so, dass auf den fast ausschließlich beregneten, intensiv bewirtschafteten Ackerflächen eine Vielzahl von Kulturen angebaut wird, deren Verarbeitung überwiegend regional erfolgt. Der Wasserbedarf für die Beregnung wird über ein nachhaltiges Wassermanagement unter Einbeziehung der Sekundärwassernutzung gedeckt, wobei eine hohe Beregnungseffizienz über Großflächenberegnung erreicht wird. So wird die Wasserverfügbarkeit für die Bevölkerung (Trinkwasser) aus dem Grundwasser ebenso abgesichert wie der Bedarf von Gewerbe und Industrie (Brauchwasser). Einrichtung und Einhaltung von Gewässerrandstreifen stellen eine gute chemische Gewässerqualität sicher und sorgen innerhalb eines großräumigen Biotopsystems für die Vernetzung von Biotopen. Kulturlandschaftsverbände sichern einen Interessenausgleich zwischen den einzelnen Landnutzergruppen und minimieren so die Konflikte.

Diese sektoralen Leitbilder bildeten die Grundlage für einen regionalen Leitbildworkshop, auf dem ein gemeinsames regionales Leitbild abgeleitet wurde. Es hat folgenden Wortlaut:

Gemeinsames regionales Leitbild:

Die Landnutzung soll auch zukünftig nachhaltig erfolgen. Die Flächen im Landkreis sind primär der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung vorbehalten. Wettbewerbsfähige Betriebsstrukturen bilden die Basis für eine leistungsfähige Land- und Forstwirtschaft. Die Nutzung u. a. von Großflächenberegnung ermöglicht eine hohe Produktivität der Landwirtschaft. Das hierfür benötigte Wasser wird über ein nachhaltiges Wassermanagement bereitgestellt. Parallel wird die Trinkwasserversorgung der Bevölkerung aus dem Grundwasser sichergestellt. Die Akzeptanz der Landnutzung in der Bevölkerung wird durch eine sachliche Kommunikationskultur gefördert.

Diesem regionalen Leitbild für eine nachhaltige Landnutzung liegen folgende 21 Leitsätze zugrunde:

1. In der Modellregion Uelzen gilt das Prinzip der Nachhaltigkeit in allen Bereichen der Landnutzung.
Das Nachhaltigkeitsprinzip bildet für alle Bereiche der Landnutzung die Grundlage. Elementarer Bestandteil des Handelns in der Region ist die Sicherung der Lebensgrundlage für die nachfolgenden Generationen.
2. In der Modellregion Uelzen gibt es einen fairen Interessenausgleich zwischen den Landnutzungsformen.
In der Modellregion Uelzen wird die Landnutzung als Gesamtsystem betrachtet, in dem ein fairer Interessenausgleich zwischen den Landnutzerguppen stattfindet und die Nutzungen miteinander vereinbart werden. Dadurch bestehen vielfältige Nutzungs- und Entwicklungsmöglichkeiten für die verschiedenen Landnutzungsarten. Ein wichtiger Aspekt ist, dass auch zwischen Naturnutzung und -schutz ein ausgeglichenes Verhältnis besteht. Außerdem bezieht die Landnutzung sowohl den Tourismus als auch eine naturverträgliche Windenergienutzung auf land- und forstwirtschaftlichen Flächen mit ein.
3. In der Modellregion Uelzen wird die regionale Landnutzung vor einem globalen Hintergrund betrachtet.
Angesichts einer wachsenden Weltbevölkerung und der damit verbundenen Nachfrage nach Nahrung und Holz wird die Uelzener Landnutzung vor einem globalen Hintergrund betrachtet, orientiert sich also am Markt im globalen Wettbewerb.
4. In der Modellregion Uelzen sind die Flächen für die Land- und Forstwirtschaft gesichert.
Die Flächen im Landkreis sind primär der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung vorbehalten. Der Flächenverbrauch durch andere Nutzungen wie z. B. Städteplanung und Planung von Gewerbegebieten soll reduziert werden.
5. In der Modellregion Uelzen werden die Flächen flexibel genutzt.
Die regionale Flächennutzung wird flexibel gehandhabt und sektorübergreifend gestaltet. Das bedeutet, dass Flächen, die vorübergehend anderen Nutzungen zugeführt oder stillgelegt werden, problemlos wieder in die alte Nutzung überführt werden können. Dieses schließt eine langfristige Planung und Flächennutzung, beispielsweise der Forstwirtschaft, nicht aus.
6. In der Modellregion Uelzen bilden wettbewerbsfähige Betriebsstrukturen die Basis für eine leistungsfähige Land- und Forstwirtschaft.
Für die Landwirtschaft entstehen durch Flächenzusammenlegungen gut strukturierte Schläge. Auf diesen kann effizient gewirtschaftet und die Großflächenberegnung optimiert werden.
7. In der Modellregion Uelzen findet die Verarbeitung regionaler Produkte statt.
Ein Großteil der regionalen Produkte wird in der Region verarbeitet. Wertschöpfungsketten werden in der Region erweitert und zum Teil zu -kreisen ausgebaut. Die enge Vernetzung mit den nächsten Ballungszentren wie z. B. Hamburg fördert die Wirtschaftskraft und den Absatz und zieht darüber hinaus Naherholungsgäste in den Landkreis.
8. In der Modellregion Uelzen sichern wettbewerbsfähige Betriebsstrukturen die Einkommenssituation für Waldbesitzer und Landwirte.
Durch wettbewerbsfähige Betriebsstrukturen und regionale Verarbeitung, aber auch durch die langfristige Sicherung des Waldbestandes kann die Einkommenssituation der Waldbesitzer und Landwirte erhalten bzw. verbessert werden.

9. In der Modellregion Uelzen entscheiden Landwirte flexibel über ihre Wirtschaftsweise und Bewirtschaftungsrichtung.
Es besteht ein Nebeneinander unterschiedlicher Betriebsformen unter Einbeziehung sowohl von konventionellem als auch ökologischem Landbau auf der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche.
10. In der Modellregion Uelzen wird die Landwirtschaft sinnvoll intensiviert.
Um auf der gleichen Fläche höhere Erträge zu erzielen, wird die Landwirtschaft intensiviert. Hierbei wird jedoch auf einen „sinnvollen“ Rahmen geachtet.
11. In der Modellregion Uelzen wird ein breites Kulturartenspektrums in der Landwirtschaft angebaut.
Im Rahmen einer nachhaltigen Bewirtschaftung wird das vorhandene, vergleichsweise breite Kulturartenspektrum beibehalten.
12. In der Modellregion Uelzen existiert ein ausgeglichener Humushaushalt.
Um die Bodenqualität zu erhalten, erfolgt die Bodenbewirtschaftung mit Blick auf die Fruchtfolge und den Humusgehalt. Um einen ausgeglichenen Humushaushalt zu gewährleisten, erfolgen vermehrt der Anbau von Zwischenfrüchten und das Düngen mit organischem Dünger.
13. In der Modellregion Uelzen schaffen Aussiedlungsstandorte Erweiterungspotenzial für landwirtschaftliche Betriebe und verringern Konflikte mit der Bevölkerung.
Die Ausweisung von Aussiedlungsstandorten und Sondergebieten schafft Möglichkeiten, landwirtschaftliche Betriebe zu erweitern und beispielsweise Biogasanlagen oder Betriebe für die tierische Veredelung in ausreichendem Abstand zu Wohngebieten einzurichten.
14. In der Modellregion Uelzen werden die Wälder ökologisch bewirtschaftet.
Die ökologische Waldbewirtschaftung sichert eine nachhaltige Waldentwicklung. Das führt zu einer langfristigen Sicherung der Waldbestände, der Artenvielfalt und der Bodenfruchtbarkeit im Wald. Die Baumartenwahl und die Artenvielfalt in den Wäldern werden erhöht, um im Wald ein breites Artenspektrum zu entwickeln.
15. In der Modellregion Uelzen besteht ein nachhaltiges Wassermanagement.
Angesichts der klimatischen Veränderungen und der Intensivierung ist ein höherer Wasserverbrauch zu erwarten. Die langfristige und ausreichende Wasserversorgung wird über eine strategische Entwicklungsplanung gesichert. So sorgt ein nachhaltiges Wassermanagement dafür, dass neben dem Grundwasser auch Wasser des Elbe-Seitenkanals und Kühl-, Klar- und Prozesswasser verwendet wird. So kann unter Einhaltung der Sicherung von ausreichend Grundwasser für die Trinkwasserversorgung auch der Feldberegnung ausreichend Wasser zur Verfügung gestellt werden.
16. In der Modellregion Uelzen wird das Grundwasser sparsam und primär für die Trinkwasserversorgung verwendet.
In der Modellregion Uelzen besteht ein guter quantitativer Grundwasserzustand, der mit einer sparsamen und ausgeglichenen Wassermengenbewirtschaftung sichergestellt wird. Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung aus dem Grundwasser hat unter allen Umständen Vorrang vor anderen Nutzungen des Wassers.
17. In der Modellregion Uelzen fördern Anreizsysteme die Grundwasserneubildung und den dezentralen Wasserrückhalt.
Durch freiwilligen Waldumbau und die Anlage dezentraler Wasserspeicher kann die Grundwasserneubildung und die Wasserspeicherfähigkeit in der Region erhöht werden. Landwirte können durch ein Anreiz- und Anrechnungssystem auf das Wasserkontingent für die Feldberegnung motiviert werden, entsprechende Maßnahmen durchzuführen.

18. In der Modellregion Uelzen ist effiziente Großflächenberegung der Standard.

Eine hochgradig effiziente Großflächenberegung bildet die Grundlage für eine hohe Produktivität und zeitgemäße Maschinenbewirtschaftung in der Region. Die unterirdische Beregnungsinfrastruktur ist entsprechend bedarfsorientiert optimiert. Durch den Einsatz der Beregnung können Nährstoffzufuhr und -bedarf optimal angepasst und somit die Auswaschung der Nährstoffe minimiert werden.

19. In der Modellregion Uelzen besteht eine vernetzte Biotopstruktur unter Beachtung landwirtschaftlicher Belange.

Durch Entwicklungen in der Kulturlandschaft sind die Biotope des Landkreises unter Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Belange miteinander verbunden. Hierbei werden die Randstreifen von Wegen und Gewässern ebenso einbezogen wie auch ungenutzte landwirtschaftliche Flächen, wie z. B. Restflächen bei Großberegnungsanlagen. Um die Vernetzung dauerhaft zu realisieren, liegt ein besonderer Schwerpunkt auf dem Erhalt der Wegeseitenräume und den Gewässerrandstreifen, deren Gestaltung und Nutzung unbürokratisch abläuft. Zudem stehen Mittel und Personal bereit, die Gestaltung und Nutzung zu überwachen. Die Struktur der Gewässer ist überarbeitet und Durchgängigkeit hergestellt.

20. In der Modellregion Uelzen besteht eine gut ausgebaute Infrastruktur.

Durch Optimierung der regionalen Infrastruktur wird ein Beitrag geleistet, der Abwanderung aus der Region entgegenzuwirken. Das unterstützt gleichzeitig den Verbleib von Fach- und Arbeitskräften in der Region.

21. In der Modellregion Uelzen wird die Landnutzung durch den Bürger akzeptiert.

Die Landnutzung wird durch die regionale Bevölkerung akzeptiert. Darüber hinaus besteht ein Bewusstsein in der regionalen Bevölkerung, über ihr Konsum- und Nachfrageverhalten Einfluss auf die Märkte nehmen zu können, und damit auch auf die Art der Landnutzung.

7.3.2.5 *Mögliche politische Anknüpfungspunkte für die Umsetzung der regionalen Leitbilder* Beitrag von: S2

Die politische Strategie für die Region Uelzen kann nicht darin bestehen, zu versuchen, alle Inhalte der Leitbilder „auf einmal“ umzusetzen oder darauf zu hoffen, dass es irgendwann politische Instrumente „von oben“ gibt, mit denen sich die Inhalte „eins zu eins“ verwirklichen lassen. Die Analyse der übergeordneten europäischen und nationalen politischen Rahmenbedingungen hat gezeigt, dass die agrar- und forstpolitischen Programme stark von ökonomischen Aspekten geprägt sind. Grundsätzlich sind daher die Leitsätze der Region, die z. B. auf eine Intensivierung der Landwirtschaft abzielen, mit den herrschenden politischen Rahmenbedingungen kompatibel. Soweit sie die ökonomische Einbettung der regionalen Betriebsstrukturen in globale Märkte betreffen, ist davon auszugehen, dass sie bereits durch die grundlegenden politischen Rahmenbedingungen unterstützt werden.

Besondere Ziele der regionalen Leitbilder, wie z. B. der Ausbau von regionalen Wertschöpfungsketten hin zu regionalen Wirtschaftskreisläufen (Aspekte einer stärker regional geprägten nachhaltigen ländlichen Entwicklung) oder die Umsetzung einer nachhaltigen Wasserwirtschaft unter Berücksichtigung der Ansprüche

der europäischen Wasserrahmenrichtlinie, sollten hingegen eher durch politische Sonderprogramme umgesetzt werden.

Aus den guten Erfahrungen mit der integrativen Umsetzung konkreter Projekte in der Region Uelzen lassen sich bereits Hinweise zu den Mechanismen finden, mit denen die eigenen Leitbilder regional umgesetzt werden können. Im Projekt „Erlebnisraum Esterauniederung“, das Regional-Governance-Prinzipien nutzte und innerhalb des europäischen LEADER-Programms stattfand, ging es um eine Integration verschiedener Sektoren, u. a. Naturschutz, Wasser- und Bodenverbände und Landwirtschaft, im Sinne einer nachhaltigen Regionalentwicklung. Dabei wurde deutlich, dass insbesondere engagierte Akteure und Promotoren sowie die starke finanzielle Förderung und Unterstützung durch LEADER geholfen haben, dieses integrierte Projekt erfolgreich umzusetzen. Die Analyse der in der Region Uelzen wirksam werdenden Faktoren sowie der unterstützenden Akteure und Institutionen liefern Hinweise, wo es für die Umsetzung der Leitbilder und Entwicklungspfade regionspezifisch potenziell starke Partner geben kann. So gelang es, z. B. durch Kooperationen zwischen verschiedensten regionalen Akteuren und unter Einschluss des Kreisverbandes der Boden- und Wasserverbände Uelzen Maßnahmen zu verwirklichen, die der Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie dienen.

Dieses gelungene Beispiel innerhalb von LEADER zeigt, dass eine Kombination verschiedener politischer Erfolgsfaktoren notwendig ist, um tatsächlich die Integration der Sektoren voranzubringen. Zwingend erforderlich sind die Unterstützung durch höhere politische Ebenen (Förderung von LEADER im Rahmen des Landesprogramms PROFIL Niedersachsen), allgemein akzeptierte Akteure, die sich für eine integrierte Lösung einsetzen und andere Akteure mitreißen können (z. B. der weithin bekannte Naturschutzverband „Aktion Fischotterschutz“) und ein Angebot an Lösungen, das auf konkrete regionale Probleme ausgerichtet und auch für andere Akteure und ihre Interessen im Sinne von Win-win-Situationen interessant ist. So konnte zum Beispiel der Kreisverband der Wasser- und Bodenverbände Uelzen als starker Partner und Kofinanzierer gewonnen werden. Durch die umgesetzten Maßnahmen der Renaturierung konnte ein Anschluss an die Erfordernisse der EU-Wasserrahmenrichtlinie hergestellt werden.

Eine aus diesem Fall abzuleitende politische Umsetzungsempfehlung lautet, Teilbereiche der Leitbilder auf ihre Anschlussfähigkeit an politische Förderprogramme der integrierten ländlichen Entwicklung zu überprüfen und im Rahmen der weiteren Umsetzung, z. B. durch LEADER, zu fördern. Zudem könnte versucht werden, entsprechende starke regionale Partner als Umsetzungsförderer zu identifizieren und konkrete Win-win-Potenziale aufzuzeigen, um die Strategien für regionale Akteure interessant zu machen.

Es ist also hinsichtlich der Umsetzung der regionalen Leitbilder sinnvoll, an bereits vorliegende regionale Erfahrungen mit der Umsetzung integrierter Programme anzuknüpfen und je nach Leitbild entsprechende politische Programme zu nutzen, die einen integrativen Anspruch haben. Da bereits gute Erfahrungen mit

LEADER im Landkreis Uelzen vorliegen, wäre es sinnvoll, mit diesem Programm kompatible Aspekte der Leitbilder umzusetzen. Die „Heideregion Uelzen“ stellt innerhalb von LEADER eine der von 2014-2020 geförderten Regionen in Niedersachsen dar. Da LEADER insbesondere integrierte ländliche Regionalentwicklungsprozesse mit Fördermitteln unterstützt, gibt es hier gute Chancen, Teile der Leitbilder durch konkrete Projekte umzusetzen, die sich eher an einer solchen integrierten ländlichen Entwicklung orientieren. Dies betrifft besonders die Leitsätze, die den Aufbau regionaler Wertschöpfungsketten und eine Regionalisierung der Wertschöpfung beinhalten. Diese sind unmittelbar anschlussfähig an das für die LEADER-Förderung erstellte regionale Entwicklungskonzept der Heideregion Uelzen, das z. B. unter Handlungsfeld 6 „Land- und Forstwirtschaftsregion“ das Ziel formuliert: „Produkte aus der Region für die Region vermarkten“ (HEIDEREGION UELZEN 2015). Im Unterschied zu den formulierten Leitbildern ist die Umsetzung von LEADER mit Fördergeldern unterlegt, d. h. konkrete Projekte können auch mit finanzieller Unterstützung in die Tat umgesetzt werden.

Es sollte also versucht werden, diejenigen Leitbilder, die im Rahmen von NaLaMa-nT entwickelt wurden und die in eine regional orientierte nachhaltige Regionalentwicklung weisen, stärker an den sich derzeit am Beginn der Umsetzung befindlichen regionalen LEADER-Prozess anzudocken. Denn auch bei LEADER wurde ein regionales Leitbild formuliert, das durch Entwicklungsziele für den Zeitraum 2014-2020 mit konkreten Projekten und Maßnahmen umgesetzt werden soll (s. Abb. 135). Es greift ebenfalls den für die Region zentralen Aspekt eines nachhaltigen Wassermanagements zur Sicherung der Trinkwasserversorgung und der Feldberegnung auf.

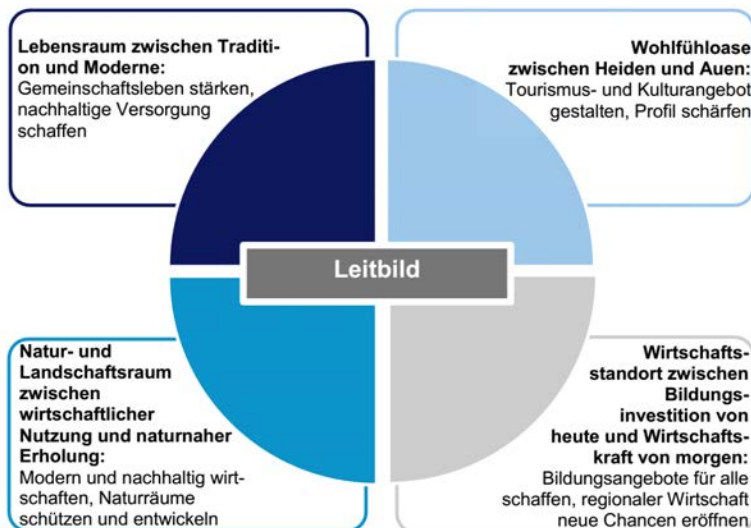


Abbildung 135: Entwicklungsziele der LEADER-Heideregion Uelzen (Quelle: HEIDEREGION UELZEN 2015)

Als eines der Ziele der Region wird z. B. angeführt, das Know-how zum Thema Grundwassermanagement und Feldberegnung weiter auszubauen (HEIDEREGION UELZEN 2015). Auch hier gibt es also konkrete Anknüpfungspunkte zwischen den Leitbildern und der bereits stattfindenden LEADER-Umsetzung in der Region.

Zur Konkretisierung der Leitbilder und bei der Priorisierung der Maßnahmen zu ihrer Verwirklichung bieten sich die Informationen über die heutige und künftige, vom jeweiligen Entwicklungspfad abhängige Ausprägung der Nachhaltigkeitsindikatoren an.

7.3.2.6 *Folgerungen für ein nachhaltiges Landmanagement*

Beitrag von: Ko

Aufgrund des Klimawandels wird es in der Modellregion Uelzen bis zum Jahr 2070 deutlich wärmer. Die Hitzebelastung für Mensch und Tier nimmt hierdurch weiter zu. Noch stärker als die Anzahl heißer Tage wächst die Zahl schwüler Tage. Die Kältebelastung im Winter geht deutlich zurück. Insgesamt verlängert sich die Vegetationsperiode um mehr als einen Monat. Trockenheit wird zukünftig eine etwas größere Rolle spielen. Die Gefahr einer sommerlichen Trockenheit und die damit verbundenen Risiken für land- und forstwirtschaftliche Kulturen nehmen zu, jedoch bleiben sie im Vergleich mit den weiter östlich gelegenen Modellregionen eher gering.

7.3.2.6.1 *Wasserwirtschaft*

Beiträge von: F1, W1a, W1b

Zukünftig erscheint eine für Land- und Forstwirtschaft mengenmäßig ausreichende Wasserversorgung meist noch gegeben zu sein. Die Grundwasserneubildungsraten gehen bis zum Jahr 2070 nur moderat zurück. Dennoch ist darauf hinzuweisen, dass durch die Verschiebung eines Teiles der Niederschläge aus der Vegetationsperiode in den Winter zukünftig eine höhere Beregnungswassermenge zur Sicherung des derzeitigen Ertragsniveaus erforderlich sein wird. Die Situation wird durch steigende Ertragsersparungen noch verschärft.

Die aktuelle und zukünftige Wasserqualität ist sorgfältig zu beobachten, da nach den durchgeführten Berechnungen die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser unter den landwirtschaftlich genutzten Flächen der Modellregion während des gesamten Betrachtungszeitraumes zwischen 113 und 122 mg NO₃ je Liter liegen und damit den rechtlich vorgegebenen Trinkwassergrenzwert von 50 mg NO₃/l deutlich überschreiten. Gleichzeitig liegen die damit verbundenen Stickstofffrachten bei 93 bis 100 kg/ha/a und somit weit jenseits des zulässigen Stickstoffbilanzüberschusses nach der Düngeverordnung (BMELV 2012a) in Höhe von jährlich 60 kg/ha. Die Konzentrationen in den Entwicklungspfaden Klimaschutz und Biodiversität liegen nur geringfügig darunter (-3 bis -2 %) und zeigen auch eine mit dem Referenzpfad vergleichbare zeitliche Entwicklung.

Unter Wald liegen die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser derzeit auf einem niedrigen Niveau (7 mg NO₃/l). Klimabedingt zeigen die Modelle jedoch einen beschleunigten Humusabbau und damit verbunden bei gleichzeitig leichtem Rückgang der Sickerwassermengen und Fortführung der bisherigen Wirtschaftsweise (Referenzpfad) einen Anstieg der Nitratkonzentrationen auf 22 mg NO₃/l bis 2070. Im Klimaschutzpfad steigen die Nitratkonzentrationen sogar auf rund 36 mg NO₃/l, während der Anstieg im Biodiversitätspfad auf 15 mg NO₃/l bis 2070 gedämpft wird.

7.3.2.6.2 Forstwirtschaft

Beiträge von: Ko, F1, F4, F6

Zur Senkung und Verteilung der Risiken sollten in der Modellregion Uelzen auch weiterhin Mischbestände gefördert werden. Bei der Nutzung der Altbestände sollte verstärkt auf die Wahl klimaangepasster Baumarten in der neuen Waldgeneration geachtet werden. Insbesondere die Fichtenbestände sind kritisch auf ihre Standortseignung (Wasserversorgung) und Trockenstressanfälligkeit zu prüfen. Gleiches gilt für bereits vollzogene Buchenvoranbauten im ökologischen Grenzbereich der Buche. Hier sind natürlich angekommene, trockenstresstolerantere Mischbaumarten (Eiche, Kiefer, Birke) in die Waldentwicklung zu integrieren oder ggf. auf Fehlstellen unter Einbeziehung der Douglasie, der Küstentanne oder der Roteiche künstlich einzubringen.

Die hohe klimatische Unsicherheit in Bezug auf die künftige Trockenstressbelastung der Wälder verdeutlicht, dass die Forstplanung eine große Verantwortung trägt und der Waldumbau nicht schablonenhaft, sondern einzelfallweise, unter Beachtung der kleinstandörtlichen Unterschiede gestaltet werden sollte. Ein schrittweiser Waldumbau mit einer fortwährenden Rückkoppelung der Anpassungsmaßnahmen an den Fortschritt der Klimafolgenforschung kann durch den ungleichen Altersklassenaufbau und die jährlich anstehenden Verjüngungsflächen stattfinden.

7.3.2.6.3 Landwirtschaft

Beiträge von: L3, L2b, L7

Die Erträge in der Modellregion Uelzen sind im Vergleich zu den anderen Modellregionen sehr hoch. Dies ist weniger ein Ergebnis einer besonders vorzüglichen Ausstattung mit guten Ackerbaustandorten als vielmehr eines intensiven landwirtschaftlichen Managements mit einer fast vollflächigen Feldberegnung.

Die Verschiebung eines Teils der Niederschläge in die Wintermonate und die höhere Verdunstung in der Vegetationszeit führen aufgrund der traditionell hohen Ertragserwartungen in der Modellregion zukünftig verstärkt zu Trockenstress bzw. einem erhöhten Bewässerungsbedarf. Hiervon sind besonders das Sommergetreide und die Hackfrüchte betroffen. Die Bedeutung der Beregnung für hohe und stabile Erträge wird deutlich zunehmen. Untersuchungen zeigen, dass in der Modellregion

der Grünlandertrag ohne Bewässerung aufgrund der abnehmenden Sommerniederschläge und dem damit verbundenen Risiko von Dürreperioden stagnieren wird.

Der Trend bei der Entwicklung des Humussaldos ist nach einem Zwischentief in der Periode 2011-2030 insgesamt zwar positiv, jedoch ist bei einer Fortführung der bisherigen Wirtschaftsweise (Referenzpfad) in der näheren Zukunft ein starker Humusabbau zu erwarten. Dies gilt in gleicher Weise für den Entwicklungspfad Biodiversität. Die Ursache hierfür ist in beiden Fällen der sehr hohe Anbauanteil an humuszehrenden Hackfrüchten (insbesondere Kartoffeln und Zuckerrüben, auch Silomais), welcher zu stark negativen Bilanzen führt. Derart negative Humusbilanzen beeinträchtigen nach der Bewertungsskala der VDLUFA (KÖRSCHENS et al. 2004) die Bodenfunktionen und Ertragsleistung. Nur im Klimaschutzpfad kommt es durch die Ausweitung des Lupinenanbaus zu einer deutlichen Erhöhung des Humussaldos in der Region Uelzen.

Durch den Einsatz von Wirtschaftsdünger aus der Tierhaltung kann der Humusgehalt des Bodens erhöht werden. Aufgrund der heute geringen Bedeutung der Tierhaltung in der Modellregion Uelzen (< 1 Großvieheinheit je Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche) könnten die Viehzahlen moderat aufgestockt werden, ohne die ökologischen Indikatoren wesentlich zu verschlechtern. Demzufolge sollte zur Erhöhung der Humusgehalte eine maßvolle Ausweitung des Wirtschaftsdüngereinsatzes angestrebt werden.

In der Modellregion Uelzen erreicht der Stickstoffsaldo im Referenzpfad nach einem Zwischentief wieder die durchaus hohen Ausgangswerte von rund 120 kg Stickstoffüberschuss je Hektar und Jahr. Im Entwicklungspfad Biodiversität, wie auch im Entwicklungspfad Klimaschutz, verläuft die Entwicklung ähnlich, lediglich um rund 10 kg/ha/a niedriger. Insgesamt ist festzuhalten, dass – unabhängig von einer speziellen Ausrichtung der Flächenbewirtschaftung – auch zukünftig der derzeit maximal zulässige Stickstoffüberschuss von 60 kg/ha/a deutlich überschritten wird. Dies ist im Hinblick auf das Trinkwasser und den Gewässerschutz durch eine effizientere Stickstoffdüngung zu vermeiden.

7.3.3 Fläming

7.3.3.1 Klimaentwicklung

Beiträge von: K1, Ko

Für die Modellregion Fläming weisen die in den Jahren 1951-2010 gemessenen Jahresmitteltemperaturen einen Anstieg um ca. 1,1 °C aus. Die Klimaprojektionen legen nahe, dass sich dieser Trend in der Zukunft weiter fortsetzen wird. Bis zum Jahr 2070 nimmt die mittlere Jahresmitteltemperatur demnach um weitere 2,3 °C zu (s. Tab. 31), sodass es dann in der Modellregion insgesamt ca. 3,4 °C wärmer sein wird als zur Mitte des 20. Jahrhunderts.

Tabelle 31: *Simulationsergebnisse (Mittelwerte) ausgewählter klimatischer Parameter der Modellregion Fläming für die Zeiträume 1991-2010 und 2051-2070*

Parameter	1991-2010	2051-2070	2051-2070 – 1991-2010	
			absolut	[%]
Jahresmittel Lufttemperatur (°C)	9,8	12,1	2,3	---
Jahresmittel Tmax (°C)	14,2	16,7	2,5	---
Jahresmittel Tmin (°C)	5,7	7,6	1,9	---
Sommermittel Tmax (°C)	24,2	26,1	1,9	---
Wintermittel Tmin (°C)	-1,3	1,3	2,6	---
Anzahl heiße Tage pro Jahr	12,7	23,9	11,2	88,2
Anzahl Kysely-Tage pro Jahr (Tage in Hitzewellen)	11,0	19,2	8,2	74,5
Anzahl Tage mit Schwüle pro Jahr	11,2	17,9	6,7	59,8
Anzahl Frosttage pro Jahr	75,4	40,9	-34,5	-45,8
Anzahl Spätfröste April/(Mai)	3,5	0,8	-2,7	-77,1
Anzahl Barfrosttage	25,1	10,9	-14,2	-56,6
Jahressumme Niederschlag (mm)	571,9	516,5	-55,4	-9,7
Sommer Niederschlag (mm)	179,6	123,8	-55,8	-31,1
Winter Niederschlag (mm)	125,2	146,3	21,1	16,8
Anzahl Tage ohne Niederschlag pro Jahr	182,7	211,8	29,1	15,9
Jahressumme: Klimatische Wasserbilanz (mm)	-89,0	-239,9	-150,9	---
Sommer: Klimatische Wasserbilanz (mm)	-157,8	-257,4	-99,6	---
Länge Vegetationsperiode	179,2	213,6	34,4	19,2
Mittlere Schneedeckenhöhe (cm)	6,0	7,5	1,5	25,0
Anzahl Tage mit Schneehöhe ≥ 10 cm	6,3	7,1	0,8	12,7
Mittlere Andauer der Tage mit Schneehöhe ≥ 10 cm	4,1	1,1	-3,0	-73,2

Für die Zeit der Sommermonate Juni, Juli und August fällt die Temperaturzunahme bis zum Jahr 2070 mit 1,9 °C etwas geringer aus. Die Wintermonate werden jedoch 2,6 °C wärmer. Insgesamt ist festzuhalten, dass die bereits heute hohen Temperaturen vermutlich zukünftig stärker steigen werden als in allen anderen Modellregionen. Die steigende Hitzebelastung zeigt sich auch in der Zunahme der Tage mit Hitzebelastung (KYSSELÝ 2004). Etwas moderater erhöht sich die Anzahl schwüler Tage. Zukünftig muss diesbezüglich von durchschnittlich 18 statt bisher 11 Tagen im Jahr ausgegangen werden (s. Tab. 31).

Die Erwärmung führt auch zu einer verringerten Kältebelastung im Winter. Die Anzahl der Frosttage geht um rund 35 Tage (46 %) zurück. Dennoch sind auch zukünftig immer noch vereinzelt Spätfröste möglich (in der Periode 2051-2070 im Mittel ca. 1 Tag pro Jahr). Letztlich führt die durchschnittliche Lufterwärmung bis 2070 zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode um 34 Tage (+19 %) im Vergleich zu den aktuellen Verhältnissen.

In der Modellregion Fläming fallen derzeit (1991-2010) durchschnittlich 572 mm Jahresniederschlag (s. Tab. 31). Damit gehört die Region zu den trockensten Gebieten Deutschlands.

Die Klimaprojektionen weisen für die Zukunft (bis 2070) einen Rückgang des Jahresniederschlags um 55 mm (-10 %) aus. Dadurch wird innerhalb dieses Zeitraums der Bodenwasserhaushalt deutlich beeinträchtigt. Für die Sommermonate (Juni-August) gilt dies besonders, da hier die relative Abnahme mit 31 % noch wesentlich stärker ausfällt, während in den Wintermonaten die Niederschläge leicht steigen (17 %). Infolge des zurückgehenden Jahresniederschlags erhöht sich die Zahl der niederschlagsfreien Tage bis zum Jahr 2070 von 183 auf 212 pro Jahr (16 %).

Die Feuchteverhältnisse werden aber nicht nur durch den Niederschlag, sondern auch durch die Verdunstung bestimmt, die bei wärmerer und sonnenreicherer Witterung zunimmt. Ein Maß für die Feuchteverhältnisse ist u. a. die Klimatische Wasserbilanz. Auf das Jahr bezogen ist diese Bilanz in großen Teilen der Norddeutschen Tiefebene derzeit positiv, im Osten bis Südosten allerdings negativ. In der Modellregion Fläming wird sie nach den durchgeführten Berechnungen bis 2070 von einem aktuellen Jahreswert von -89 mm (1991-2010) auf einen Wert von -240 mm deutlich abfallen. Allein für die drei Sommermonate beträgt der Rückgang 100 mm (s. Tab. 31). Der Sommer wird somit durchschnittlich noch deutlich trockener, als er heute bereits ist.

7.3.3.2 *Entwicklung der Landnutzung*

7.3.3.2.1 Wasserhaushalt

Beiträge von: F1, W1b, L1

Die Modellregion Fläming ist überwiegend durch subkontinentale Klimaverhältnisse geprägt. Nur in Teilen des Hohen Flämings fällt etwas mehr Niederschlag als in den angrenzenden Gebieten und es ist noch ein geringer ozeanischer Klimaeinfluss wahrnehmbar. Die aktuellen mittleren Jahresniederschläge sind niedriger als in den anderen Modellregionen und für norddeutsche Verhältnisse als sehr gering einzuordnen (vgl. Abb. 31). Ein Grundwasseranschluss der Vegetation besteht nur auf ca. 10 % der Flächen. Zudem können die hier vorherrschenden Sandböden nur in geringem Maße Wasser speichern. Insgesamt bewirken diese Rahmenbedingungen schon heute auf großen Flächen eine eher knappe Wasserversorgung von Waldbäumen und Ackerkulturen.

Wasserwirtschaftlich ist der Westfläming von besonderer Bedeutung. Er ist laut Landesentwicklungsplan des Landes Sachsen-Anhalt ein Vorranggebiet für die Wassergewinnung.

7.3.3.2.1.1 *Grundwasserneubildung*

Beiträge von: F1, W1a, W1b

Die mittlere Grundwasserneubildungsrate unter Wald ist mit 65 mm/a sehr gering (s. Abb. 136). Im Klimaschutzpfad nimmt das Niederschlagsangebot in den ersten beiden Zeitscheiben leicht zu, bevor es im Zeitraum 2051-2070 auf rund 580 mm zurückgeht. Folglich bleibt die Grundwasserneubildung zunächst auf einem etwa konstanten Niveau und fällt dann in der letzten Zeitscheibe im Referenzpfad auf durchschnittlich 22 mm/a ab, wobei es in einzelnen trockenen Jahren auch zu keiner nennenswerten Grundwasserneubildung kommt. Etwas besser stellt sich die Situation im Biodiversitätspfad dar. Durch die allmählich nachlassenden Verdunstungsverluste (Transpiration und Interzeption), bedingt durch sich altersgemäß auflichtende Bestände, fällt die Abnahme der Grundwasserneubildung in der letzten Zeitscheibe mit 32 mm/a etwas geringer aus. Im Klimaschutzpfad erfolgen schon im Zeitraum 2011-2030 starke Holzentnahmen und ein Umbau in leistungsstarke Baumarten wie der Douglasie. Die so begründeten Douglasienbestände erreichen in den Jahren 2051-2070 ein besonders produktives Alter, in dem auch die Transpiration sehr hoch ist. Hierdurch reduziert sich die Grundwasserneubildung auf dann nur noch 13 mm/a.

Die berechnete Grundwasserneubildung ist auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen mit rund 110 mm/a fast doppelt so hoch wie auf den forstwirtschaftlichen Flächen (s. Abb. 137 und Abb. 136). In den ersten beiden Zeitscheiben verändert sich die Höhe der Grundwasserneubildung nicht. Die höheren Verdunstungsverluste während der Vegetationsperiode werden durch die Zunahme der Nieder-

schläge im Winter ausgeglichen. Erst in der Periode 2051-2070 nimmt die Grundwasserneubildung vergleichbar mit den Waldflächen um etwa 30 mm/a auf im Mittel 80 mm/a ab.

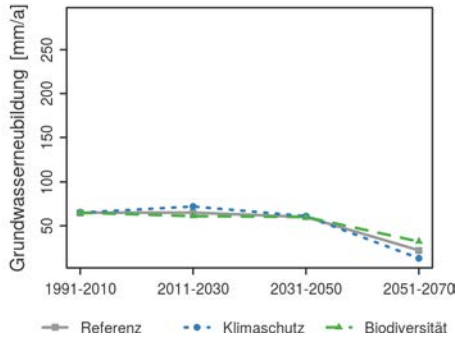


Abbildung 136: Entwicklung der Grundwasserneubildung unter Wald (Modell: WaSiM-ETH)

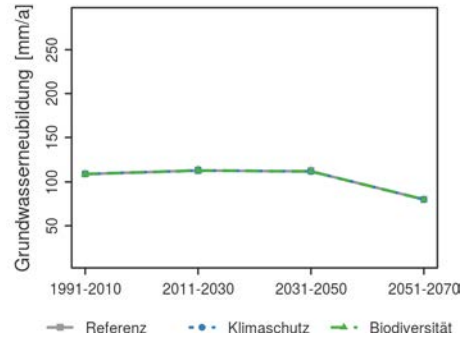


Abbildung 137: Entwicklung der Grundwasserneubildung unter landwirtschaftlichen Flächen (Modell: WaSiM-ETH)

Aufgrund der relativ gleichen Anteile landwirtschaftlich und forstlich genutzter Flächen liegt die Grundwasserneubildung für alle Landnutzungsformen unter heutigen Klimabedingungen im Mittel der Modellrechnungen bei 80 mm/a. Bis zur Periode 2011-2030 steigt sie leicht, danach zeigen die Modelle eine Abnahme bis zum Jahr 2070 auf 60 mm/a (s. Abb. 138). Da bereits unter den heutigen Klimabedingungen die mittlere Grundwasserneubildung gering ist, muss in Zukunft damit gerechnet werden, dass im Winterhalbjahr trockener Jahre insbesondere unter Waldflächen keine vollständige Auffüllung des Bodenwasserspeichers mehr erfolgt.

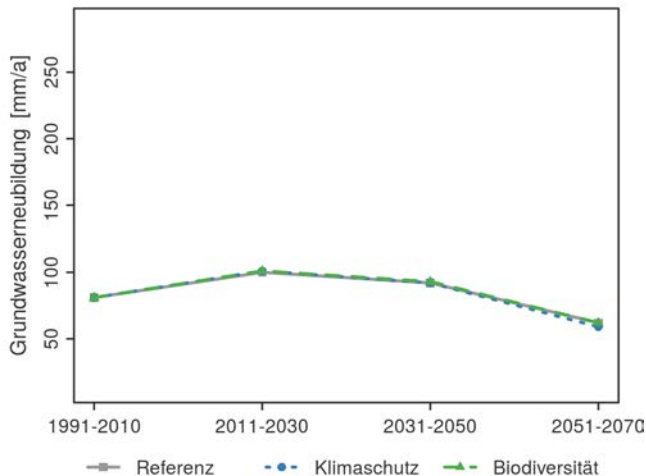


Abbildung 138: Entwicklung der Grundwasserneubildung für alle Landnutzungsformen (Modell: SWAT, Flächenbezug: Teileinzugsgebiet der Nuthe (ST))

7.3.3.2.1.2 Abflussspende

Beitrag von: W1a

Die für das Einzugsgebiet der Nuthe (27 % der Modellregion) berechnete Abflussspende steigt zunächst analog zur Grundwasserneubildungsrate von 2,3 l/s/km² im Status quo-Zeitraum auf 2,7 l/s/km² in den Jahren 2011-2030. Anschließend bleibt die Abflussspende in allen drei Entwicklungspfaden auch in den nächsten beiden Dekaden auf dem hohen Niveau von 2,6 l/s/km², fällt aber jedoch in den Jahren 2051-2070 auf 1,5 l/s/km². Dies entspricht dem schon bei der Grundwasserneubildungsrate beschriebenen Trend. Die Unterschiede zwischen den Entwicklungspfaden sind sehr gering, da für diesen Indikator bei unveränderten Landnutzungsanteilen vor allem klimatische Faktoren ausschlaggebend sind.

7.3.3.2.1.3 Nitrat im Sickerwasser

Beiträge von: F1, L3

Die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser werden überwiegend durch Einträge aus der Landwirtschaft bestimmt, hier vor allem durch die Stickstoffdüngung. Die Konzentrationen im Sickerwasser werden aufgrund der sinkenden Sickerwasserrate (Rückgang des Verdünnungseffektes) steigen. Nachfolgend werden die modellierten Ergebnisse zur Entwicklung der Nitratgehalte im Sickerwasser jeweils getrennt für Forst- und Landwirtschaft dargestellt.

Unter den Waldflächen im Fläming sind die aktuellen Nitratkonzentrationen sehr gering (4,2 mg NO₃/l) und sinken aufgrund leicht zurückgehender Depositionsraten bei stabiler Sickerwassermenge in naher Zukunft zunächst noch etwas ab (3,9 mg NO₃/l in der Periode 2011-2030, s. Abb. 139).

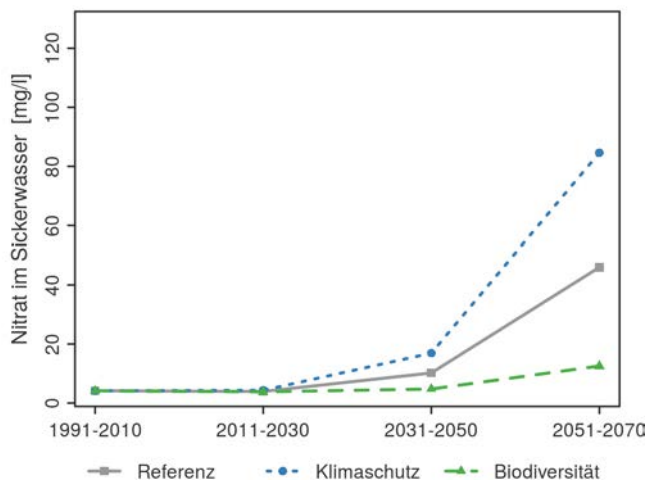


Abbildung 139: Entwicklung des Nitratgehalts im Sickerwasser unter Wald (Modelle: WaSiM-ETH u. VSD+)

Für den Biodiversitätspfad ergibt sich im weiteren Verlauf lediglich ein leichter Anstieg (12,6 mg NO₃/l), der sich vorwiegend auf die Halbierung der Sickerwasserrate zurückführen lässt. Der klimabedingte beschleunigte Humusabbau wird in diesem Entwicklungspfad durch die Erhöhung der Holzvorräte im Bestand (vgl. Abb. 144, links) und entsprechend höhere Streufalleinträge deutlich abgepuffert.

Anders verhält es sich jedoch, wenn die Holzvorräte im Bestand, wie bei den Entwicklungspfaden Referenz und Klimaschutz, reduziert werden. Der starke Rückgang des Holzzuwachses verringert die Stickstoffnettoentzüge durch den aufstockenden Bestand, sodass potenziell mehr Stickstoff ausgetragen werden kann. Im Klimaschutzpfad wirkt der Rückgang der Sickerwasserrate auf ein Fünftel der ursprünglichen Menge deutlich verschärfend auf die Nitratkonzentration (Rückgang des Verdünnungseffektes). Entsprechend kommt es zu einem Anstieg auf bis zu 84,6 mg NO₃/l (s. Abb. 139).

Die absoluten Werte der Nitratkonzentration im Sickerwasser sollten jedoch aufgrund der hohen Unsicherheiten in der Modellkette (vgl. FLECK et al. 2017) und sehr unterschiedlicher regionaler Ausprägungen von Modellen der Nitratauswaschungsgefährdung (vgl. KROS et al. 2004) nur als Trend angesehen werden. Insbesondere der Temperatureinfluss auf den Abbau unterschiedlich stabiler Fraktionen der organischen Substanz im Boden wird in der wissenschaftlichen Literatur zum Teil noch sehr konträr diskutiert.

Die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser unter den landwirtschaftlich genutzten Flächen der Modellregion liegen unter Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen zur Stickstoffdüngung und bei Fortführung der bisherigen Wirtschaftsweise (Referenzpfad) während des gesamten Betrachtungszeitraumes bei 111 bis 122 mg NO₃/l (s. Abb. 140); zurzeit existiert kein Grenzwert für Sickerwasser, der Trinkwassergrenzwert liegt derzeit bei 50 mg NO₃/l. Die geringen Änderungen im zeitlichen Verlauf sind zu vernachlässigen. Die Nitrat-N-Frachten (NO₃-N) in diesem Zeitraum liegen bei 20 bis 27 kg/ha und damit deutlich unter dem Grenzwert für Bilanzüberschüsse nach der Düngeverordnung (BMELV 2012a) von 60 kg/ha. Der leichte Anstieg in der Nitratkonzentration im Sickerwasser um 14 mg NO₃/l gegen Ende des Betrachtungszeitraumes ist einem verminderten Sickerwasseraufkommen geschuldet, welches bei vergleichbaren Stofffrachten (absolute Werte) zu einer höheren Konzentration führt.

Die Konzentrationen in den Entwicklungspfaden Klimaschutz (97 %) und Biodiversität (91 %) sind geringfügig geringer als im Referenzpfad und zeigen eine vergleichbare Entwicklung über die Zeit.

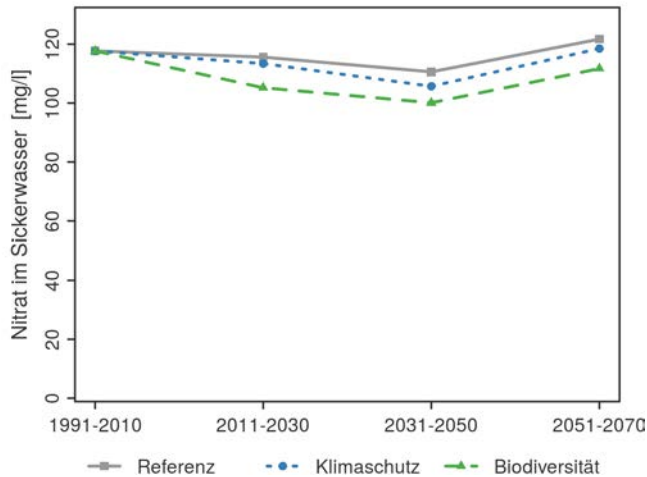


Abbildung 140: Entwicklung des Nitratgehalts im Sickerwasser unter landwirtschaftlichen Flächen (Modell: HERMES)

7.3.3.2.1.4 Nitrat im Grundwasser und in Fließgewässern

Beiträge von: W1a, W1b

Trotz der nahezu gleich großen Anteile der forstwirtschaftlich und landwirtschaftlich genutzten Flächen im Fläming werden die Nitratgehalte im Grundwasser überwiegend durch Einträge aus der Landwirtschaft bestimmt. Die Nitratgehalte steigen sowohl im Referenz- als auch im Biodiversitätspfad bis 2070 um 123 %. Im Vergleich dazu ist die Steigerung im Klimaschutzpfad aufgrund der Verringerung der mineralisch gedüngten Anbaufläche deutlich schwächer. Sie liegt bis 2070 43 % über dem derzeitigen Zustand.

Für die Fließgewässer wird eine sehr ähnliche Entwicklung prognostiziert. Hier steigen die Nitratgehalte im Referenz- und im Biodiversitätspfad um jeweils 99 %, während sie im Klimaschutzpfad „nur“ um 39 % zunehmen. Die modellierten Gewässerrandstreifen des Biodiversitätspfades zeigen keine erkennbare Wirkung, da sich die Gewässer in der Modellregion Fläming überwiegend im Wald befinden. Das starke Absinken der Abflusspende zum Ende des Betrachtungszeitraumes (2070) erklärt den erheblichen Anstieg der Nitratgehalte.

7.3.3.2.1.5 Phosphat in Fließgewässern

Beitrag von: W1a

Die Phosphatkonzentrationen sinken in allen Entwicklungspfaden von anfänglich 0,049 mg/l bis auf 0,042 mg/l in der Periode 2031-2050 und steigen schließlich in der Periode 2051-2070 auf 0,056 bzw. 0,060 mg/l. Sie erreichen damit am Ende des Betrachtungszeitraumes einen Anstieg von 14 bzw. 22 %. Der Verlauf der Phosphatkonzentration im Biodiversitätspfad unterscheidet sich, trotz der den Düngereintrag verringernden Gewässerrandstreifen, nicht wesentlich vom Referenzpfad.

7.3.3.2.2 Forstwirtschaft

7.3.3.2.2.1 Der aktuelle Waldzustand

Beiträge von: F4, Ko

Auf rund 42 % der Fläche der Modellregion Fläming wachsen Wälder. Damit ist die Modellregion im Vergleich zu den durchschnittlichen Verhältnissen im Norddeutschen Tiefland mit ca. 23 % Waldanteil (CORINE LAND COVER 2006, HANSEN et al. 2013) eine walddreiche Gegend.

Bei den Baumarten dominiert die Waldkiefer mit einem Anteil von 74 % an der Waldfläche. Nennenswerte Flächenanteile haben aktuell auch noch die Buche mit 13 % und die Eiche mit 6 %. Andere Nadel- oder Laubbaumarten weisen jeweils nur Anteile von bis zu 2 % auf (s. Abb. 141).

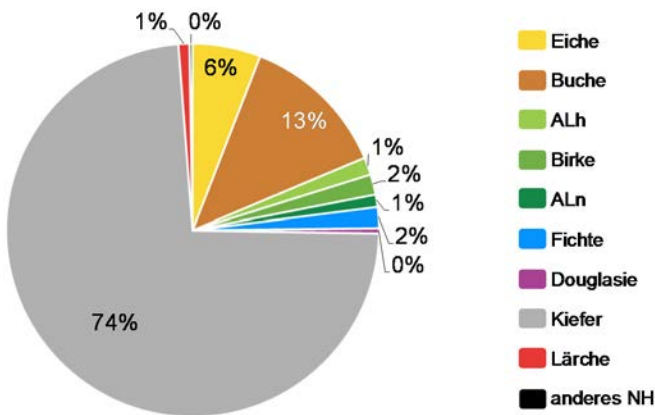


Abbildung 141: Flächenanteile der Baumarten zum Status quo

Die Altersstruktur der Wälder ist derzeit weitgehend ausgeglichen und daher forstwirtschaftlich als günstig einzustufen (s. Abb. 142).

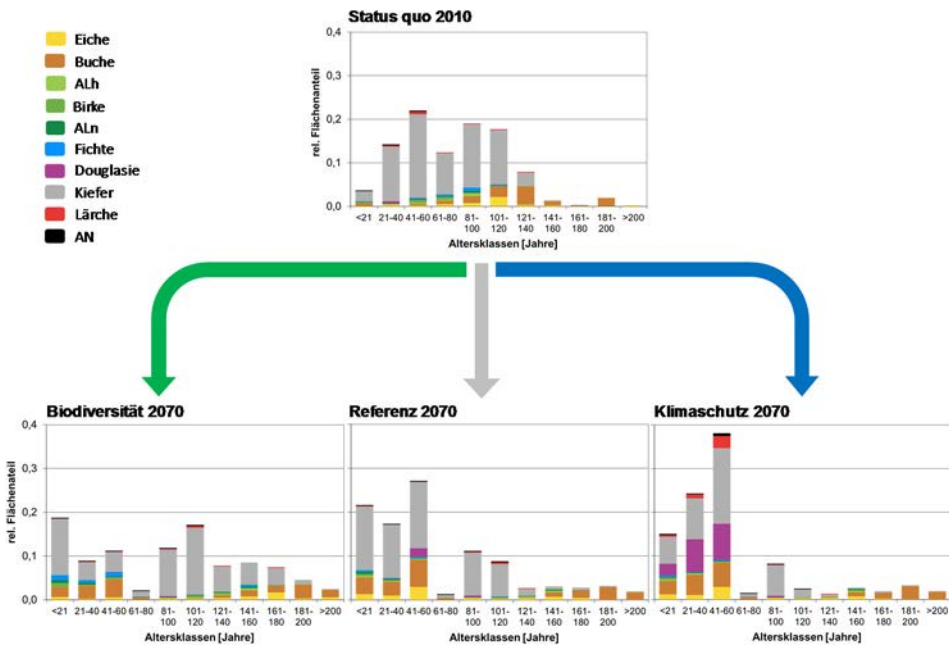


Abbildung 142: Baumartenspezifische Altersklassenverteilung zum Status quo sowie deren Entwicklung unter den drei Entwicklungspfaden Biodiversität, Referenz und Klimaschutz

7.3.3.2.2 Veränderung des Waldzustandes

Beiträge von: F4, Ko

Bei einer Fortsetzung der bisherigen Form der Waldbewirtschaftung (*Referenzpfad*) und unter Vernachlässigung der verschiedenen Risikofaktoren ergeben die Simulationsrechnungen, dass es zu einem mäßig verstärkten Anbau der Laubbaumarten Buche und Eiche kommen wird. Der Flächenanteil der Kiefer sinkt vor allem dadurch um 12 % ab. Die Buchen werden im Regelfall nur als Beimischung zur Kiefer gepflanzt, um aus ökologischen Gründen den Anteil der reinen Kiefernbestände zu verringern. Ertragsaspekte spielen bei der Ausweitung des Buchenanteils keine bestimmende Rolle. Bis zum Ende des Simulationszeitraumes vergrößert auch keine andere Nadelbaumart ihren Flächenanteil in nennenswertem Umfang (s. Abb. 143).

Trotz leicht abnehmender Nutzungen verringert sich der Bestandesvorrat von derzeit 263 Kubikmetern (Vorratsfestmeter mit Rinde (Vfm) je Hektar) kontinuierlich um rund 40 Kubikmeter auf 222 Vfm bis zum Jahr 2070 (s. Abb. 144, links).

Gleichzeitig nimmt auch das durchschnittliche Alter der Wälder von rund 77 auf knapp 64 Jahre ab. Die durchschnittliche Verringerung der Bestandesvorräte beruht u. a. auf der im Entwicklungspfad vorgegebenen Mischwaldmehrung, die zu einer Erhöhung der Laubbaumanteile (vor allem Buche) führt. Diese wachsen im Vergleich zu den meisten Nadelbaumarten langsamer und mit geringeren jährlichen Volumenzuwächsen.

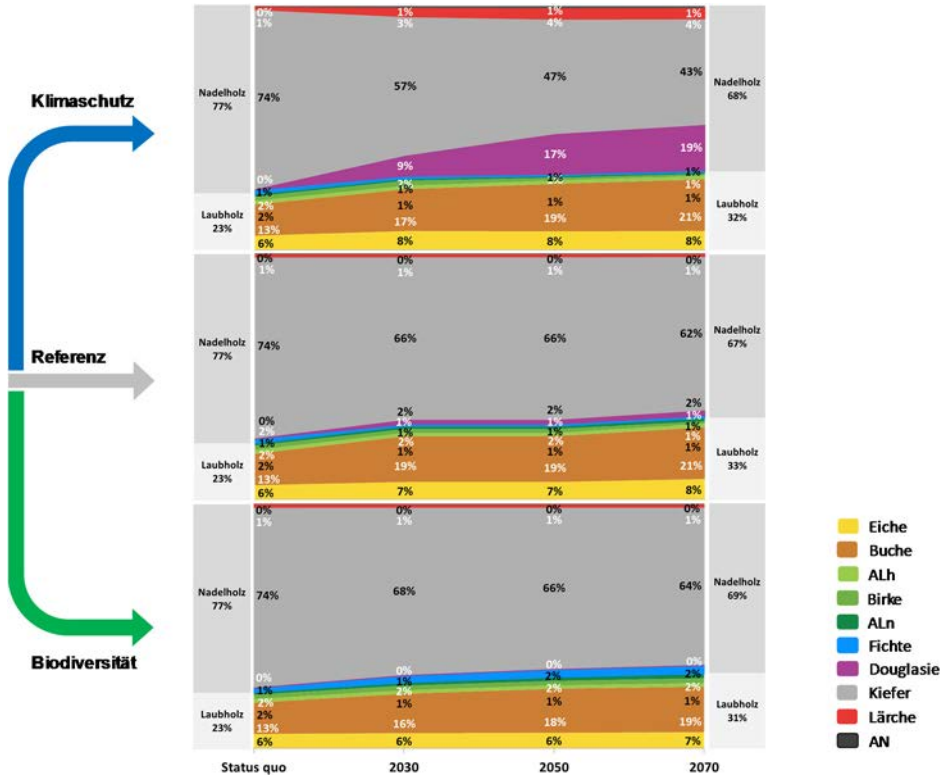
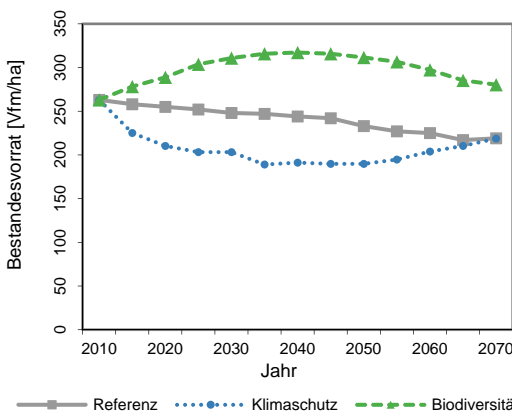


Abbildung 143: Baumartspezifische Flächenanteile zum Status quo sowie deren Entwicklung unter den drei Entwicklungspfaden Biodiversität, Referenz und Klimaschutz



	laufender Zuwachs [m³/ha/a]		
	Ref	Kl	Bio
2000	7,0	7,0	7,0
2020	5,4	5,0	6,1
2040	5,0	5,3	4,9
2060	5,3	6,6	4,0

	entnommenes Rohholz [t/ha]		
	Ref	Kl	Bio
2000	2,4	2,4	2,4
2020	2,3	2,9	0,9
2040	2,1	2,2	1,2
2060	2,1	1,9	1,1

Abbildung 144: Entwicklung des Bestandesvorrates (links), des laufenden Zuwachses (rechts oben) sowie des entnommenen Rohholzes (rechts unten) unter den drei Entwicklungspfaden Biodiversität, Referenz und Klimaschutz

Dementsprechend zeigen die Modellrechnungen, dass sich der laufende jährliche Volumenzuwachs als Maß der Produktivität der Wälder bis zum Zeitraum 2031-2050 von 7,0 auf 5,0 Vfm/ha/a verringert (s. Abb. 144, rechts oben). Erst danach steigt er bis 2070 wieder leicht auf 5,3 Vfm/ha/a an.

In der *Biodiversitätsvariante* werden vorrangig mehr Laubwälder, höhere Altholzanteile, stärkere Baumdimensionen und damit verbunden auch ein höheres durchschnittliches Alter der Bestände angestrebt. Hierzu wird die Intensität der Holznutzung gegenüber dem Referenzpfad allgemein deutlich gesenkt (s. Abb. 144, rechts unten). Aufgrund der geringeren Holznutzung erhöht sich bei dieser Variante das Durchschnittsalter der Bestände von derzeit 77 auf knapp 90 Jahre in 2070. Demzufolge steigt auch deren mittlerer Vorrat bis 2070 von derzeit 263 Vfm auf 292 Vfm an und erreicht, zwischenzeitlich (um 2040) sogar gut 315 Vfm. Der laufende Zuwachs würde von derzeit 7 Vfm/ha/a auf 4 Vfm/ha/a in der Periode 2051-2070 sinken. Durch die vorgegebene Behandlung erfolgt nur ein sehr langsamer Umbau der Bestände zu naturnahen Waldgesellschaften. Die Baumartenverteilung verändert sich daher nicht in dem Umfang, wie bei der Referenzbewirtschaftung (s. Abb. 143).

Der Entwicklungspfad *Klimaschutz*_κ setzt auf eine Bewirtschaftung der Wälder, mit der stärker als bisher Kohlenstoff im Wald und in Holzprodukten gespeichert wird sowie fossile Energieträger bzw. energieaufwändige Bau- und Werkstoffe durch Holz substituiert werden können. Die Strategie verstärkt dementsprechend den Umbau, insbesondere den der ertragsschwachen Wälder zugunsten zuwachsstarker Mischwälder mit führenden Nadelbaumarten. Einer Reduktion des Kiefernanteils zugunsten der Douglasie sowie der Lärche folgt aber auch eine Ausweitung der Buchenanteile. Die Buche wird unter Vernachlässigung des Trockenstressrisikos in vielen Fällen den Nadelbaumarten beigemischt (s. Abb. 143). Diese Umbaumaßnahmen bewirken zunächst eine spürbare Reduktion des laufenden Zuwachses auf rund 5 Vfm/ha/a (s. Abb. 144, rechts oben). Zum Ende des Betrachtungszeitraumes deutet sich jedoch mit 6,6 Vfm/ha/a eine Umkehr dieser Entwicklung an, da dann zunehmend die neu begründeten, zuwachsstarken jungen Nadelbaumbestände Wirkung entfalten.

Der Waldumbau findet unter dem Klimaschutzpfad frühzeitig und kontinuierlich statt. Dies führt zu einem kontinuierlichen Vorratsabbau, hohen Entnahmemengen in allen drei Perioden und hohen Flächenanteilen jüngerer Bestände in den Altersklassen bis 60 Jahre am Ende des Simulationszeitraumes (s. Abb. 142).

7.3.3.2.2.3 Baumvitalität

Beitrag von: F2

Die Versuchsbestände der Baumarten Kiefer, Rotbuche und Traubeneiche wiesen im Fläming die besten Kronenzustände über alle Versuchsjahre aus.

Die Untersuchungsflächen in der Modellregion sind noch durch ehemals starke und heute durch geringe Stickstoffeinträge gekennzeichnet. Die Nadelspiegelwerte der Kiefern und Douglasien kennzeichnen mit mittleren Stickstoffgehalten von

15,6 Milligramm pro Gramm Trockenmasse (Kiefer, 2. Nj) bzw. 17,7 mg/g_{TM} (Douglasie, 2. Nj) eine optimale Stickstoffversorgung (= Ernährungsstufe 3), während für die beiden Baumarten Eiche und Buche (Bestände nahe der Autobahn A9) eine Stickstoffübersversorgung (= Ernährungsstufe 4) zu beobachten ist. Dennoch akkumulieren auch die beiden Nadelbaumarten freies Arginin, was letztendlich auf zu hohe Stickstoffeinträge auf den natürlich armen Standorten schließen lässt. Der Gehalt an freiem Arginin war bei beiden Nadelbaumarten und bei der Eiche vergleichbar mit dem der Modellregion Diepholz (signifikant höher als in den Blättern der Bäume der Modellregion Oder-Spree und signifikant geringer als in der Modellregion Uelzen). Lediglich der mittlere Arginin-Gehalt der Buche in Höhe von 0,26 $\mu\text{mol/g}_{\text{TM}}$ unterschied sich nicht von den entsprechenden Werten der Buche in den anderen beiden Modellregionen Uelzen und Oder-Spree. Aufgrund der Witterung im Projektzeitraum 2011 bis 2014 mit eher durchschnittlichen Niederschlagsmengen waren keine ausgeprägten Trockenstressreaktionen der Bäume zu erwarten. Trotzdem zeigten vor allem 2014 drei Baumarten (Ausnahme Kiefer) anhand der Osmolalität des Blattpresssaftes (Indikator für die Wasserversorgung der Bäume) kurzzeitige Reaktionen auf Wassermangelbedingungen. Da es aber zu keiner signifikanten Akkumulation von freiem Prolin kam, waren dies nur kurze Trockenstress-episoden. Die an Wassermangelbedingungen gut angepasste Kiefer zeigte mit Werten für die Osmolalität des Nadelpresssaftes $> 0,76$ osmol/kg Wasser auch 2014 keine Trockenstressreaktionen (s. Abb. 145).

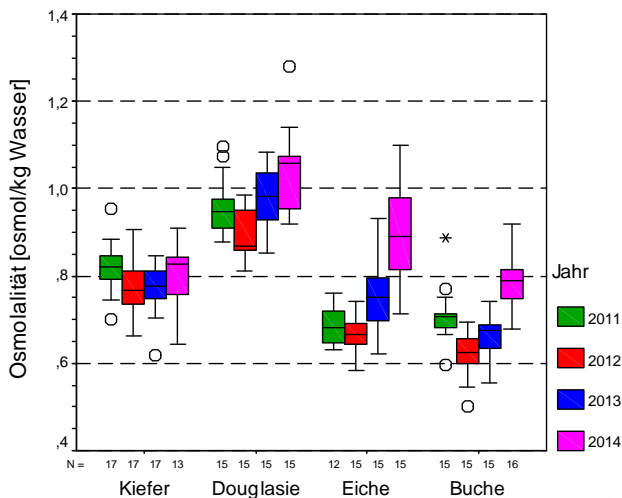


Abbildung 145: Osmolalität des Nadel- bzw. Blattpresssaftes der verschiedenen Baumarten in den vier Untersuchungsjahren

7.3.3.2.2.4 Trockenstress Beitrag von: F1

Unter den heutigen Klimabedingungen ist die Standortwasserbilanz (Summe aus Klimatischer Wasserbilanz in der Vegetationsperiode und der nutzbaren Feldkapazität) für die Wälder in der Modellregion Fläming im Mittel aller Stichprobenpunkte mit -110 mm deutlich negativ. Bis zum Jahr 2030 wird sich dieser Wert nur leicht auf -133 mm verschlechtern. Da die Kiefer einen relativ geringen Wasserbedarf hat und auf mehr als 80 % der Standorte die führende Baumart ist, wird das aktuelle Trockenstressrisiko als gering eingestuft. Nur für knapp 2 % der Waldstandorte wird bereits heute ein hohes und für rund 6 % der Flächen ein mittleres Trockenstressrisiko ausgewiesen (s. Abb. 146). Hierbei handelt es sich ausschließlich um Buchen- und Fichtenbestände.

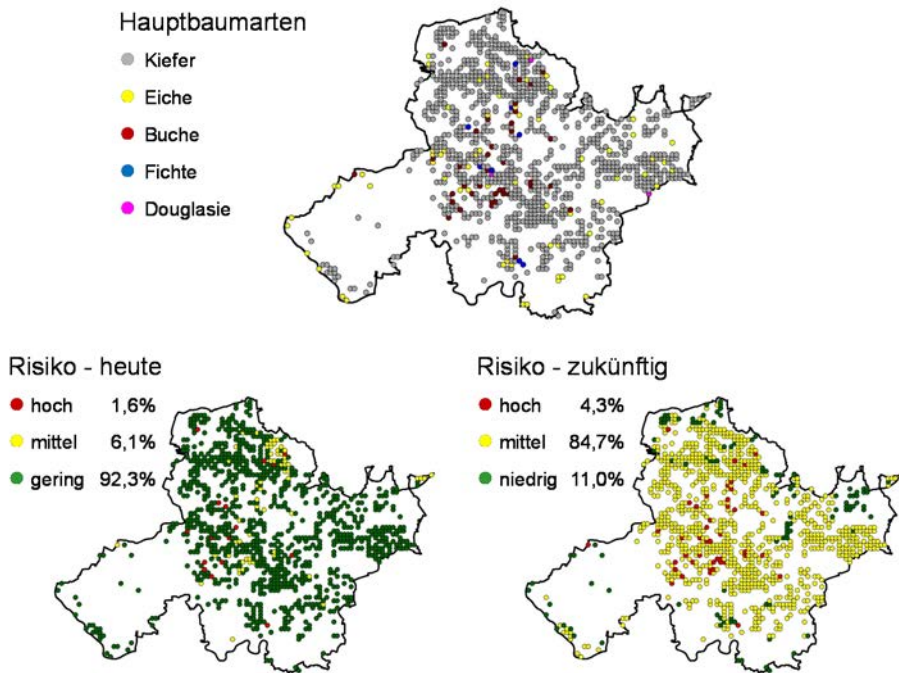


Abbildung 146: Hauptbaumarten an den betrachteten Stichprobenpunkten (oben) sowie ihre Gefährdung durch Trockenstress heute (unten links) und zukünftig (unten rechts) in Prozent der Stichprobenpunkte (Risikoklassen nach SPELLMANN et al. 2011)

Ab 2031 nimmt das Risiko von Ertrags- und Vitalitätseinbußen jedoch deutlich zu (s. Abb. 147). Die Standortwasserbilanz sinkt bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes (2070) auf unter -300 mm. Ausgehend von der Ist-Bestockung hat dies zur Folge, dass – je nach Entwicklungspfad – in Zukunft für rund 4 % der heute dort stehenden Bestände (Buche) ein hohes Trockenstressrisiko zu erwarten ist (s. Abb. 146). Fast 85 % aller untersuchten Bestände weisen dann ein mittleres

Risiko auf. Beim Vergleich der Entwicklungspfade zeigen sich im Hinblick auf das Trockenstressrisiko kaum Unterschiede.

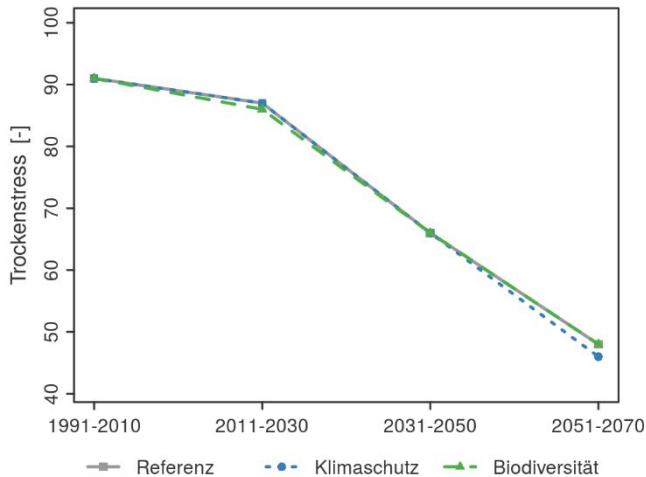


Abbildung 147: Entwicklung des Trockenstress-Index für Waldflächen (0 = extremer Stress, 100 = kein Stress)

Insgesamt muss das in Zukunft zu erwartende Risiko von Ertrags- und Vitalitätseinbußen für die Waldbestände in der Region Fläming als deutlich erhöht eingestuft werden. Betroffen sind langfristig fast alle Waldstandorte. Nur die Bestände, die auf grundwassernahen Standorten (ca. 10 %) wachsen, sind diesbezüglich günstiger einzuschätzen.

Eine Berücksichtigung des Trockenstressrisikos bei der Baumartenwahl würde zu einer deutlichen Änderung der zuvor für die Entwicklungspfade beschriebenen Baumartenzusammensetzungen führen. Dies betrifft insbesondere die Buchen- und Fichtenanteile, die weitgehend ausfallen. Davon würden Eiche und Douglasie profitieren. Gleichzeitig würde der Anteil der trockenstresstoleranten Baumart Kiefer nicht so stark abnehmen, wie zuvor simuliert (s. Abb. 143).

7.3.3.2.2.5 Sturmschäden

Beitrag von: F4

Das Windwurfisiko ist aufgrund der sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeit sehr starker Stürme in dieser Region von unter 10 % im Jahrzehnt eher nachrangig. Da orkanartige Stürme überwiegend im Winterhalbjahr auftreten, wären in dieser laubfreien Zeit vor allem Nadelbäume betroffen. Anfällig sind vor allem die älteren Bestände, da das Windwurfisiko mit der Bestandeshöhe steigt. Im Falle eines Sturmereignisses hätte die kieferndominierte Modellregion Fläming fast ausschließlich Verluste in den Kiefernbeständen zu befürchten.

7.3.2.2.2.6 Waldbrandrisiko

Beitrag von: F1

Das Waldbrandrisiko ist schon gegenwärtig relativ hoch. Gemäß der Modellrechnungen sind heute 0,027 % der Waldfläche (ca. 25 ha) jährlich durch Waldbrände stark gefährdet (s. Abb. 148).

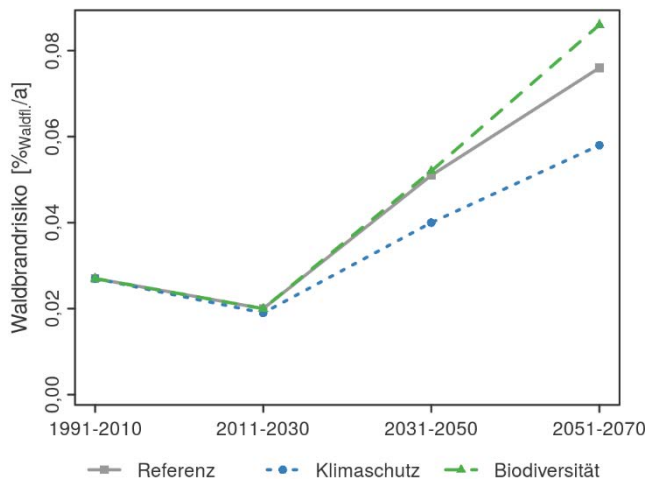


Abbildung 148: Entwicklung des Waldbrandrisikos (Modell: FWI)

Die Entwicklungspfade beeinflussen diesen klimabedingten Trend in unterschiedlichem Maße. Ausschlaggebend ist die jeweilige Reduzierung des Kiefernanteils in den Entwicklungspfadern. Generell ist festzuhalten, dass das Waldbrandrisiko nach einer leichten Abnahme in der näheren Zukunft (bis 2030) bis zum Ende des Beobachtungszeitraums (2070) deutlich ansteigen wird. Bei Fortführung der bisher üblichen Wirtschaftsweise errechnet sich zu diesem Zeitpunkt ein durchschnittlicher Verlust von rund 69 ha je Jahr. Im Biodiversitätspfad sind es gut 78 ha/a und bei Anwendung der klimaschutzorientierten Bewirtschaftung sind es (nur) knapp 53 ha/a.

7.3.3.2.2.7 Waldschutz

Beiträge von: F3a, F3b

Die den Wald des Flämings dominierenden Kiefernbestände liegen größtenteils in den Hauptschadgebieten (mehr als drei schwere Gradationen in den vergangenen 150 Jahren) der sogenannten Kiefernngroßschädlinge. Dies sind insbesondere die Schmetterlingsarten Forleule (*Panolis flammea*), Kiefernspinner (*Dendrolimus pini*) und Kiefernspanner (*Panolis flammea*). Ihre Massenvermehrungen werden hier durch die standörtlichen Bedingungen (Klima, Boden, Lage) stark begünstigt.

Die Forleule trat in jüngster Vergangenheit im Vergleich zur weiter östlich gelegenen Modellregion Oder-Spree in deutlich geringeren Dichten auf. Dies kann damit zusammenhängen, dass sich wegen der sehr warm-trockenen Frühjahrsbedingungen

in den vergangenen zwei Jahrzehnten keine Massenvermehrungen in dem zu befürchtenden Ausmaß entwickeln konnten. Die Altersklassenverteilung der Kiefernbestände lässt hingegen ansteigende Schaddichten erwarten. Langfristig kann jedoch entsprechend der Klimaprojektionen mit einem Rückgang der Waldschäden durch die Forleule aufgrund ansteigender saisonaler Temperaturen gerechnet werden (saisonale Trockenheit, sehr früher Falterschlupf).

Der Kiefernspinner tritt seit Anfang der 1980er-Jahre durch ansteigende Dichten und abnehmende Latenzdauer zunehmend in Erscheinung. Eine wachsende Gefahr von Massenvermehrungen dieses Schmetterlings ist aufgrund der erwarteten Klimaänderungen sehr wahrscheinlich. Dies gilt auch für einen weiteren Kiefernschädling, die Nonne (*Lymantria monacha*).

Der Kiefernspanner wurde in der Region in den Jahren 1996 bis 1999 in hohen Dichten beobachtet. Seither werden die Populationen zunehmend durch heiß-trockene Sommer beeinträchtigt. Der langfristige Trend abnehmender Populationsdichten bleibt auch aufgrund steigender Temperaturen und häufigerer Trockenereignisse bestehen.

Der Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum s. l.*) ist eine Pilzart, die Waldbäume über deren Wurzeln befallen und nachfolgend in den Stämmen Holzfäule hervorrufen kann. Betroffen sind in erster Linie Nadelbäume (Kiefer, Fichte, Douglasie und Lärche) aber auch verschiedene Laubbäume. In den Wäldern Norddeutschlands ist seit einiger Zeit eine auffällige und aggressive Zunahme des Wurzelschwambefalls mit unterschiedlichen Schadbildern bis hin zur Auflösung von Waldbeständen zu verzeichnen.

Für die Erfassung von Schäden durch Wurzelschwamm wurden in der Modellregion Fläming 25 repräsentative Flächen mit Kiefernbeständen im Alter von 35 bis 140 Jahren untersucht. Der Anteil der durch Wurzelschwamm äußerlich erkennbar (Fruchtkörper an Bäumen und/oder Stubben) infizierten Bestände lag bei 48 %.

In den meisten Fällen haben die Infektionen bisher nur zu geringen Schäden geführt. Bedeutende Beeinträchtigungen, die bis zur Bestandesauflösung gehen können, wurden nicht festgestellt, obwohl in einem repräsentativ ausgewählten Bestand 98 % der Kiefern latent mit Wurzelschwamm befallen waren (Nachweis des Pilzes in Holzproben mittels Laboruntersuchungen). Im Herbst 2013 starben auf ca. 0,5 ha Kiefern aufgrund des *Diplodia*-Triebsterbens in Kombination mit einem Befall durch Wurzelschwamm ab. In einer weiteren Untersuchungsfläche wurden Hallimaschpilze (*Armillaria sp.*) als Ursache für das Absterben einzelner Kiefern identifiziert.

7.3.3.2.2.8 *Stickstoffsaldo*

Beitrag von: F1

Der Stickstoffsaldo unter Wald und damit die Aufnahme von Stickstoff durch die Wälder sind zunächst stark positiv (14,4 kg/ha/a; s. Abb. 149). Ein langfristiger Bilanzüberschuss in der vorab aufgezeigten Größenordnung fördert das Risiko einer

Stickstoffsättigung von Waldökosystemen (vgl. ABER et al. 1989). Dieses wird durch das Absinken der jährlichen Zuwachsleistung in allen drei Entwicklungspfaden (vgl. Abb. 144, rechts oben) und damit verbundener geringerer Stickstoffnettoentzüge weiter verstärkt. Obwohl die jährliche Speicherrate im Referenzpfad bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes auf 6,8 kg/ha/a abnimmt, ergibt sich immer noch eine enorme Speicherrate der Bestände. Diese Rate konnte in der Biodiversitätsvariante mit 10,7 kg/ha/a durch die Erhöhung der Bestandesvorräte und entsprechend höherer Streufalleinträge und dadurch geringerer Kohlenstoffverluste fast auf dem Ausgangsniveau gehalten werde. Nur im Klimaschutzpfad ergibt sich aufgrund der abgesenkten Holzvorräte ein ausgeglichener Stickstoffsaldo (0,3 kg/ha/a).

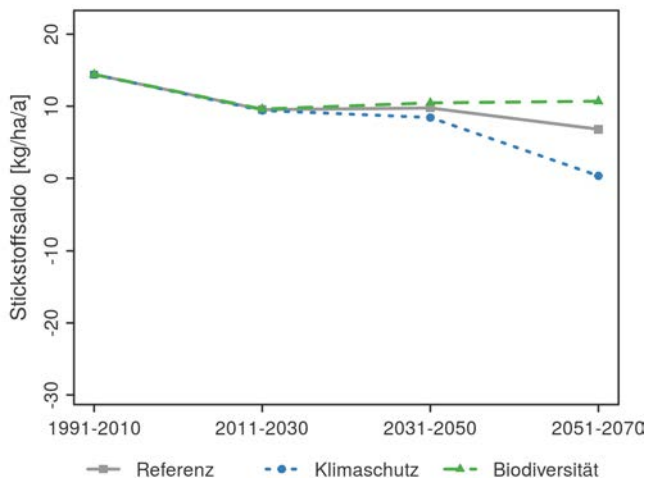


Abbildung 149: Entwicklung des Stickstoffsaldos unter Wald (Modell: VSD+)

7.3.3.2.2.9 Humussaldo

Beitrag von: F1

Der Humussaldo der Waldböden (1947 kg C/ha/a) weist in der Region aktuell auf starke Humusakkumulationen hin (s. Abb. 150). Aufgrund der mit der Zeit steigenden Lufttemperaturen verstärken sich im Referenzpfad Humus abbauende Prozesse. Diese führen schon in der Periode 2031-2050 zu einem negativen Humussaldo mit jährlichen Verlusten von 350 kg C/ha. Die Verluste erhöhen sich geringfügig bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes auf 367 kg C/ha/a.

Die Waldbehandlung nach den Vorgaben des Klimaschutzpfades mit dem daran geknüpften verstärkten Baumartenwechsel verstärkt diese Tendenz leicht (Verluste bis zu 391 kg C/ha/a), während im Biodiversitätspfad mit seinen längeren Produktionszeiträumen die Streueinträge der älteren Bestände erhöht und damit der Humussaldo geringfügig stabilisiert wird. Die Humusverluste sinken hier auf 288 kg C/ha/a.

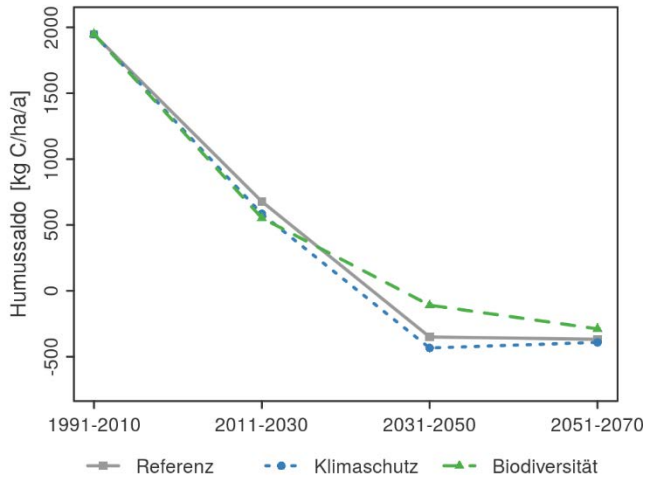


Abbildung 150: Entwicklung des Humussaldos unter Wald (Modell: Yasso07)

Da die Humusvorräte im Laufe der Bestandesentwicklung sehr starken Schwankungen unterworfen sind (Nadelwälder weisen im Altersbereich 30-80 Jahre ihre relativ höchsten Akkumulationsraten auf, vgl. BÖTTCHER u. SPRINGOB 2001, COVINGTEN 1981, JANDL et al. 2007), bietet sich ebenfalls eine Betrachtung über den gesamten Simulationszeitraum an. Hier haben sich die Kohlenstoffvorräte in den Entwicklungspfaden um 477 (Referenz), 526 (Biodiversität) und 427 kg/ha/a (Klimaschutz) erhöht.

WARDLE et al. (1997, 2003) fanden für einen Zeitraum von über 2.900 Jahren nach dem letzten Feuer einen Anstieg der Kohlenstoffvorräte von 50 kg C/ha/a und nach SCHLESINGER (1990) ist für Wälder der gemäßigten Zone eine Rate von 7 bis 120 kg C/ha/a zu erwarten. Bei diesem Vergleich ist auch noch zu beachten, dass die Kohlenstoffanreicherung in den ersten 3.000 Jahren der Bodenentwicklung vergleichsweise schnell ablaufen soll und danach deutlich langsamer wird. Eine Reduzierung der von SCHLESINGER (1990) angegebenen Raten durch eine Temperaturerhöhung ist ebenfalls bei diesem Vergleich noch nicht berücksichtigt. Entsprechend sind die Akkumulationsraten in der Modellregion Fläming als extrem hoch zu bewerten.

7.3.3.2.2.10 Treibhausgasemissionen Beiträge von: F1, F4

Die Wälder im Fläming sind über den gesamten Betrachtungszeitraum eine CO₂-Senke (in Abbildung 151 als negative CO₂-Emissionen dargestellt). Die CO₂-Bilanz berücksichtigt die Kohlenstoffspeicherung in der Biomasse, im Boden und in den Holzprodukten sowie die energetische Substitution.

Da die Entwicklung des Bodenspeichers (vgl. Abb. 150, Humussaldo) für die drei Entwicklungspfade relativ gleichförmig verläuft, ergeben sich die Differenzen

zwischen den Pfaden aufgrund der Speicherverschiebungen zwischen den Holzprodukten und der Biomasse. Es zeigt sich, dass sich der Biodiversitätspfad deutlich von den anderen beiden unterscheidet, da durch die geringeren Eingriffe der Speicher für die Holzprodukte im Gegensatz zu dem der anderen beiden Pfaden langsam aber kontinuierlich abnimmt. In den anderen beiden Entwicklungspfaden wird besonders viel Holz genutzt. In der Folge dieser Nutzungen werden vermehrt Jungbestände angelegt, die sich wiederum durch ein starkes Wachstum auszeichnen und entsprechend die Speicherleistung erhöhen.

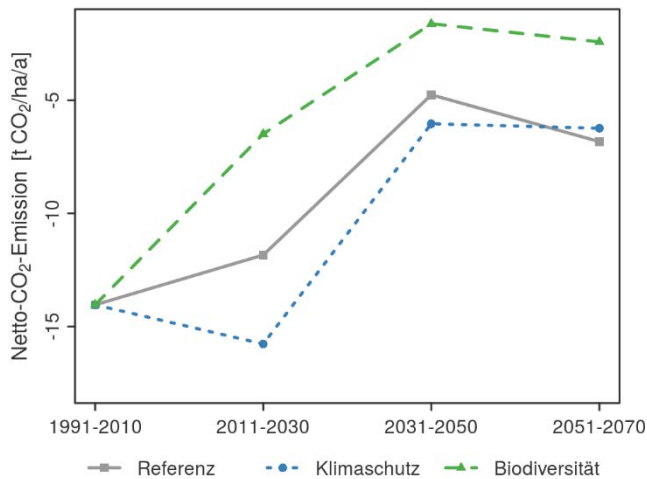


Abbildung 151: Entwicklung der Netto-CO₂-Emissionen im Wald (Modelle: WaldPlaner u. Yasso07)

Betrachtet man die komplette Simulationsdauer, so betragen die Klimaschutzleistungen für die drei Entwicklungspfade 2,6 (Referenz), 1,7 (Biodiversität) und 2,9 t C/ha/a (Klimaschutz). Nach WÖRDEHOFF (2016) ergeben sich für die Kiefer Speicherraten (materielle Substitution wurde aufgrund der Vergleichbarkeit nicht berücksichtigt) in Höhe von 2,2 bis 3,4 t C/ha/a, also in einer vergleichbaren Größenordnung. Diese Werte liegen deutlich über der langfristigen Speicherleistung für europäische Wälder von 0,75 t C/ha/a (LUYSSAERT et al. 2010). Aus diesen Zahlen wird ersichtlich, dass der abnehmende Trend der Speicherleistung vorwiegend den überdurchschnittlich hohen Akkumulationsraten in der ersten Simulationsperiode geschuldet ist.

7.3.3.2.3 Landwirtschaft

7.3.3.2.3.1 Der aktuelle Zustand

Beitrag von: L3

Circa 49 % der Flächen der Modellregion Fläming werden landwirtschaftlich genutzt. Dieser Anteil entspricht den durchschnittlichen brandenburgischen Verhältnissen (49 %), ist aber deutlich niedriger als der sachsen-anhaltische Durchschnitt (62 %). Größere zusammenhängende Bereiche landwirtschaftlicher Flächen liegen innerhalb der Modellregion vor allem im Bereich der Stadt Zerbst sowie im Umfeld der Lutherstadt Wittenberg.

7.3.3.2.3.2 Veränderungen der Fruchtartenzusammensetzung

Beiträge von: L3, L7

Die Veränderungen der Fruchtartenzusammensetzung (s. Abb. 152) sind ein Ergebnis der ökonomischen Modellrechnungen. Die in der Modellierung berücksichtigten Früchte sind alle relevanten Getreidearten wie Winterweizen, Winterroggen, Wintergerste, Wintertriticale und Sommergerste, weiterhin Winterraps, Kartoffeln, Zuckerrüben, Silomais, Ackergras und Lupine sowie das Dauergrünland.

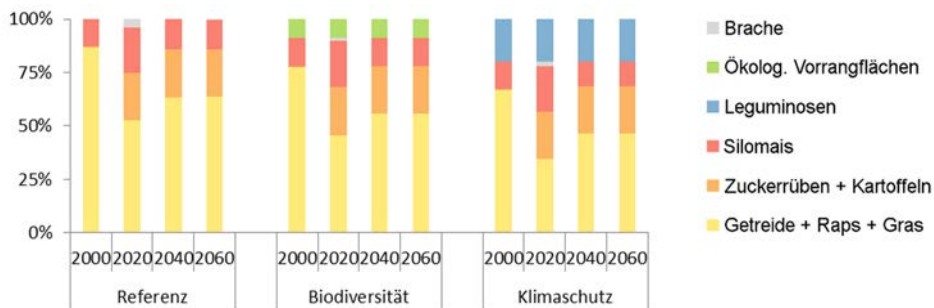


Abbildung 152: Veränderungen des berechneten Anbauspektrums gängiger Ackerkulturen in der Modellregion Fläming (Angaben jeweils für die Mitte der Perioden; 2010 = Status quo)

Im Referenzpfad beläuft sich die Höhe der jährlichen Naturalerträge (flächengewichtetes Mittel der Acker- und Grünlanderträge) zu Beginn des Betrachtungszeitraumes auf 5,7 t Trockenmasse je Hektar und Jahr (s. Abb. 153). Dieser Wert liegt etwas unter dem deutschen Durchschnitt (6,2 $t_{TM}/ha/a$). Die mittleren Erträge vom Ackerland in der Region sind mit 5,6 $t_{TM}/ha/a$ sogar noch etwas geringer. Den höchsten Ertrag bei Getreide erreicht der Winterweizen mit 7,2 $t_{TM}/ha/a$, den geringsten Ertrag erbringt der Winterroggen auf schwächeren Standorten (2,7 $t_{TM}/ha/a$).

Die Menge der Ernteprodukte steigt, nach einer anfänglich etwas stärkeren Zunahme, im weiteren Verlauf des Betrachtungszeitraumes bei Fortführung der bisher üblichen Bewirtschaftung (Referenz) relativ gleichmäßig auf rund 10 $t_{TM}/ha/a$ an.

Daran sind die Erträge des Ackerlandes mit 11,9 t_{TM}/ha/a überproportional beteiligt. Das Grünland weist wesentlich geringere Steigerungen in seiner Ertragsentwicklung auf.

Die Grünlandbewirtschaftung hat in der Modellregion Fläming eine mittlere Intensität. Hier wirken sich bis 2050 die steigenden Temperaturen und die sich verlängernde Vegetationsperiode positiv auf das Wachstum der Pflanzen aus. Danach dürfte jedoch der zunehmende Rückgang der Sommerniederschläge das Pflanzenwachstum mehr und mehr beeinträchtigen, sodass bis 2070 keine weiteren Ertragssteigerungen mehr zu erwarten sind.

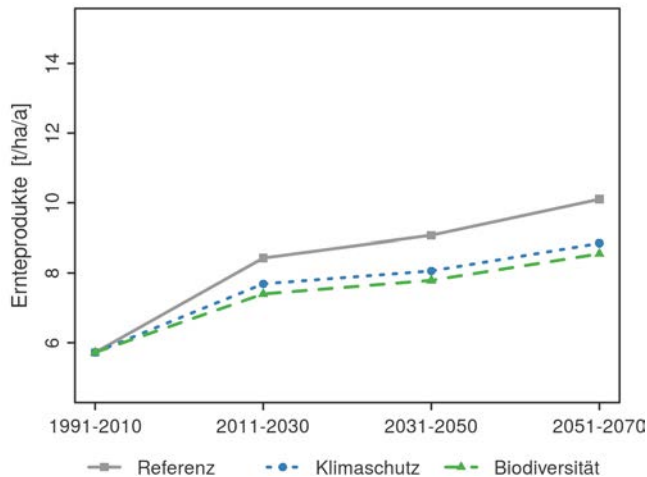


Abbildung 153: Entwicklung der Menge der Ernteerträge (Acker und Grünland)

Im *Biodiversitätspfad* wurden im Rahmen der Modellierung 10 % der möglichen Anbauflächen als „ökologische Vorrangflächen“ mit extensiver Bewirtschaftung ausgewiesen. Die Ertragsentwicklung der restlichen Fläche entspricht der Referenz. Auf regionaler Ebene erreicht das Ertragsniveau 85 % der Referenzbewirtschaftung.

Der *Klimaschutzpfad* unterstellt, dass auf 20 % der Ackerfläche Lupinen angebaut werden, um damit Luftstickstoff im Boden zu binden und so die notwendige Menge an Mineraldünger, bei dessen Herstellung das Treibhausgas Kohlendioxid freigesetzt wird, zu reduzieren. Die Ertragsentwicklung ist bei Umsetzung einer solchen klimaschützenden Wirtschaftsweise jener der Referenzbewirtschaftung leicht unterlegen und weist ein geringeres Endniveau (88 %) auf.

7.3.3.2.3.3 Pflanzenschutz Beitrag von: L2b

Sowohl aus wirtschaftlicher als auch naturschutzfachlicher Sicht wird ein möglichst geringer Pflanzenschutzmitteleinsatz angestrebt. Die Intensität der Behandlung wird mit dem sogenannten *Behandlungsindex* (BI) ausgedrückt, welcher die Anzahl von PSM-Anwendungen auf einer Fläche unter Berücksichtigung der Aufwandmengen

(im Verhältnis zur zugelassenen Aufwandmenge) und Teilflächenbehandlungen abbildet.

Auf der Grundlage der prognostizierten Entwicklung des Anbauspektrums der landwirtschaftlichen Kulturen bis zum Jahr 2070 (s. Abb. 152) zeigt sich kaum eine wesentliche Änderung des Behandlungsindex und damit des chemischen Pflanzenschutzaufwandes während des Betrachtungszeitraumes (s. Abb. 154).

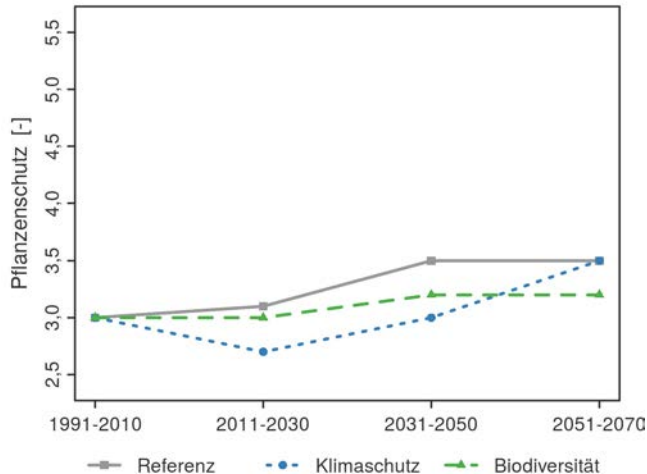


Abbildung 154: Entwicklung des Pflanzenschutz-Behandlungsindex

Allgemein ist festzuhalten, dass in der Region Fläming der Wert des Indikators „Behandlungsindex“ aktuell (Wert 3,0) und in der Zukunft wesentlich geringer als in den westlichen Modellregionen ist. Im Entwicklungspfad Referenz steigt der Behandlungsindex leicht an und erreicht gegen Ende des Betrachtungszeitraumes einen Wert von 3,5. Der Entwicklungspfad Biodiversität führt zukünftig nur zu sehr geringen Veränderungen in der Pflanzenschutzintensität. Hier steigt der Wert des Behandlungsindex letztlich (2060) nur auf 3,2. Zunächst niedriger, steigt der Wert im Klimaschutzpfad von 2,7 in 2020 auf 3,5 zum Ende des Betrachtungszeitraumes an.

Die ermittelten Werte für den Indikator Pflanzenschutz sind im Referenzzeitraum in allen Regionen etwas geringer als die statistischen Mittelwerte des Vergleichsbetriebsnetzes Pflanzenschutz (FREIER et al. 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2015). Es wird angenommen, dass diese Abweichungen durch die höhere Aggregationsebene von Regionen des Vergleichsbetriebsnetzes Pflanzenschutz verursacht werden.

7.3.3.2.3.4 Stickstoffsaldo

Beiträge von: L6, L3

Bei der Ermittlung des Stickstoffsaldos für die landwirtschaftlichen Flächen wird angenommen, dass die Pflanzenbestände den mit der Düngung und den Einträgen

aus der Luft zugeführten Stickstoff auch unter günstigsten Umständen nicht vollständig aufnehmen können und somit bei der Produktion ein Stickstoffüberschuss eingeplant werden muss, um ein hohes Ertragsniveau zu erreichen. Hierdurch lassen sich Stickstoffverluste nie in Gänze vermeiden. Bei einem Austrag bis zu einer Höhe von 50 kg N je Hektar und Jahr werden aber keine gravierenden ökologischen Schäden erwartet. Die Salden aller Entwicklungspfade liegen aber deutlich über dem Optimalbereich von 0 bis 50 kg N/ha/a (s. Abb. 155).

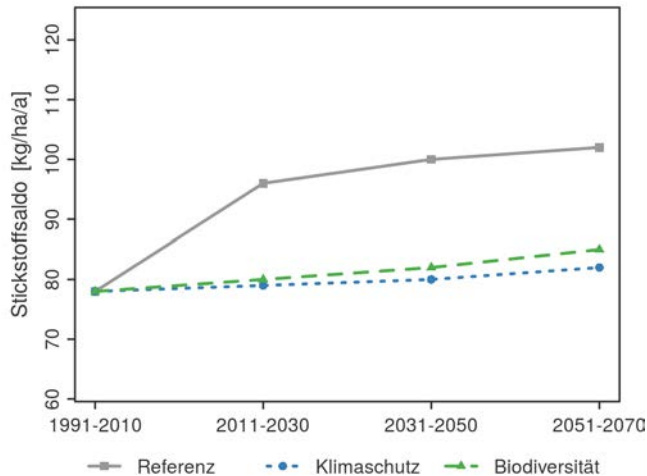


Abbildung 155: Entwicklung des Stickstoffsaldos unter landwirtschaftlichen Flächen (Modell: REPRO)

Es zeigt sich, dass im Referenzpfad der Stickstoffsaldo von einem bereits heute hohen Niveau von knapp 80 kg Stickstoffüberschuss je Hektar und Jahr zukünftig (2051-2070) auf 100 kg/ha/a Überschuss ansteigt, was hauptsächlich auf den Humusabbau und den damit frei werdenden Stickstoff zurückzuführen ist. In den Entwicklungspfaden Biodiversität und Klimaschutz verändern sich die Werte dagegen kaum, weil weniger Humus abgebaut wird. Allerdings wird in beiden Bewirtschaftungsformen mit 82 kg/ha/a (Klimaschutz) bzw. 85 kg/ha/a (Biodiversität) auch 2070 der Optimalbereich deutlich überschritten.

7.3.3.2.3.5 Humussaldo

Beitrag von: L3

Der Humussaldo liegt aktuell in der Modellregion Fläming mit einem Wert von -26 kg Humus-Kohlenstoff je Hektar und Jahr im Vergleich zu den anderen Modellregionen auf einem mittleren Niveau (s. Abb. 156). Zukünftig entwickelt sich die Humusbilanz insgesamt positiv, wobei – bedingt durch das modellierte Fruchtartenspektrum – zuerst eine geringe Humusmobilisierung erfolgt (-153 kg Humus-C/ha/a). Zum Ende des Betrachtungszeitraumes wird jedoch letztlich ein leichter Humusaufbau von 46 kg Humus-C ha/a im Referenzpfad erwartet.

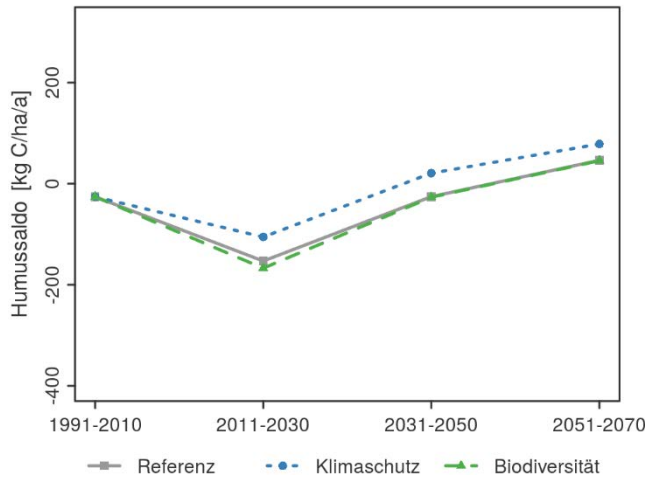


Abbildung 156: Entwicklung des Humussaldos in der Landwirtschaft (nach VDLUFA)

Positiv wirken sich insbesondere die Humusmehrung durch Zwischenfrüchte (+11 bis +32 kg Humus-C/ha/a gegenüber der Referenz) und die Humusreproduktion aus organischen Düngern (+44 kg Humus-C/ha/a) aus.

Der Humussaldo im Biodiversitätspfad liegt auf einem vergleichbaren Niveau wie bei der Referenzbewirtschaftung und folgt auch deren zeitlicher Entwicklung. Im Klimaschutzpfad bewirkt der Lupinenanbau auf 20 % der Ackerfläche einen erhöhten Humussaldo (+32 bis +48 kg Humus-C/ha/a).

7.3.3.2.3.6 Treibhausgasemissionen

Beiträge von: L4, L5, L6

Die Treibhausgase (THG), die in den Regionen aus der landwirtschaftlichen Nutzung freigesetzt werden, stammen aus der ackerbaulichen Nutzung, der Grünlandnutzung und der Tierhaltung. Vereinfachend wurden die Treibhausgase Lachgas (N_2O), Methan (CH_4) und Kohlendioxid (CO_2) in CO_2 -Äquivalente umgerechnet (Treibhaus-Wirkung: $\text{CO}_2 = 1$, $\text{CH}_4 = 25$, $\text{N}_2\text{O} = 298$) und aggregiert.

Die Modellregion Fläming weist aktuell mit jährlich 2,9 t CO_2 -Äquivalente je Hektar (s. Abb. 157) deutlich geringere Treibhausgasemissionen als die beiden westlichen Modellregionen des Projektes auf, in denen Werte von 4,5 bis 4,8 t CO_2 äq/ha/a erreicht werden.

Dies liegt an der ausgeglichenen Humusbilanz, dem geringen Anteil an Hackfrüchten sowie dem niedrigen Einsatz an organischen N-Düngern (niedriger Tierbesatz, wenig Gärreste aus Biogasanlagen). Die Emissionen steigen zunächst auf 3,6 t CO_2 äq/ha/a an, danach bis zum Ende des Betrachtungszeitraums aber nur noch leicht auf zuletzt 3,9 t CO_2 äq/ha/a. Die alternativen Entwicklungspfade zeigen einen vergleichbaren Kurvenverlauf auf geringerem Niveau (Biodiversität: 91 %;

Klimaschutz: 85 %). Insbesondere wirkt sich hier der Verzicht auf Stickstoff-Mineraldünger auf den ökologischen Vorrangflächen bzw. beim Anbau von Lupinen aus.

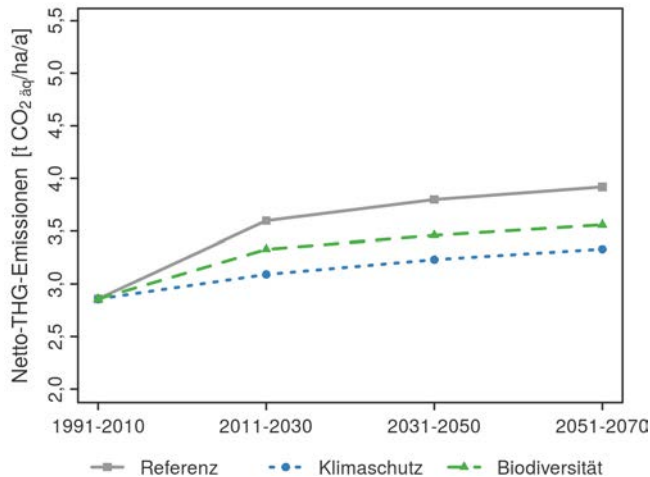


Abbildung 157: Entwicklung der Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalente) aus der Landwirtschaft (Modelle: MODAM, REPRO u. Extrapolation)

7.3.3.2.4 Naturschutz

7.3.3.2.4.1 Forstwirtschaft

Beiträge von: F5, F4

Um die derzeitigen naturschutzfachlichen Zustände der Wälder der Modellregion und deren Entwicklungstendenz zu erfassen und zu analysieren, erfolgten Untersuchungen zur Zusammensetzung der Waldbodenvegetation auf Flächen, für die bereits alte Vegetationsaufnahmen vorlagen.

Eichen-Kiefernwald

In der Modellregion Fläming handelt es sich mit einer Ausnahme bei allen untersuchten Eichen-Kiefernwäldern um historisch alte Waldstandorte, die seit mehreren hundert Jahren Wälder getragen haben. Die meisten Flächen liegen außerhalb rechtlich gesicherter Schutzgebiete (Naturschutz-, Fauna-Flora-Habitat- oder Europäische Vogelschutzgebiete bzw. Biosphärenreservate). Bodenschutzkalkungen wurden hier bisher nicht durchgeführt.

Die Vegetationsstruktur der Bestände hat sich in den letzten vier Jahrzehnten deutlich verändert. Als „Gewinner“, d. h. heute sowohl hinsichtlich der Anzahl als auch der Stärke ihres Vorkommens sehr viel häufiger auftretende Arten, sind neben der Himbeere (*Rubus idaeus*) und der Brombeere (*R. fruticosus* agg.) das Land-Reitgras (*Calamagrostis epigeios*) sowie der Stechende Hohlzahn (*Galeopsis tetrahit*) zu nennen. „Verlierer“ sind vor allem der Schafschwingel (*Festuca ovina*), die Besenheide (*Calluna vulgaris*), das Weißmoos (*Leucobryum glaucum*) und zahlreiche Arten offener, magerer

Standorte wie das Borstgras (*Nardus stricta*) oder die Rundblättrige Glockenblume (*Campanula rotundifolia*). Zudem sind die *Cladonia*-Arten (Rentierflechten) sehr stark zurückgegangen. Weitgehend verschwunden ist auch die Heide-Segge (*Carex ericetorum*). Die Gesamtartenzahl hat sich im Rahmen dieser Artenverschiebungen allerdings nur unwesentlich verändert. Die bisherigen Beobachtungen zeigen insgesamt eine hochsignifikante Zunahme von Pflanzenarten, die hohe Stickstoffgehalte im Boden bevorzugen.

Buchen-Traubeneichenwälder (NSG Flämingbuchen)

In den Buchen-Traubeneichenwäldern des Naturschutzgebietes Flämingbuchen sind die Veränderungen in der Vegetationsstruktur weniger deutlich als in den Eichen-Kiefernwäldern. Die Zunahme von Störungszeigern, wie Land-Reitgras (*Calamagrostis epigeios*) sowie Kleinblütigem Springkraut (*Impatiens parviflora*), ist allerdings auch hier erkennbar. Weiterhin kommt es zu einer hochsignifikanten Zunahme stickstoffliebender Bodenpflanzenarten, so u. a. der Großen Brennnessel (*Urtica dioica*). Der Deckungsgrad der Baumschicht hat in den letzten Jahrzehnten signifikant um fast zehn Prozent zugenommen (von 73 auf 82 %), während der Deckungsgrad der Krautschicht fast ebenso stark abgenommen hat (von 24 auf 16 %). Der höhere Deckungsgrad der Baumschicht, der Rückgang lichtliebender Bodenpflanzenarten und die Verdrängung der Eiche sind augenscheinlich auf die Zunahme der Buche zurückzuführen.

Hartholz-Auenwälder

Es handelt sich bei den Hartholz-Auenwäldern an der Elbe hauptsächlich um „ausgedeichte“ Auenstandorte, die höchstens noch durch sogenanntes „Qualmwasser“ beeinflusst werden. Bereits vorhandene Stickstoffzeigerarten wie der Giersch (*Aegopodium podagraria*), die Große Brennnessel (*Urtica dioica*), die Kratzbeere (*Rubus caesius*) und die Gefleckte Taubnessel (*Lamium maculatum*) haben an Stetigkeit und/oder Artmächtigkeit erkennbar zugenommen. Deutlich seltener als in früheren Zeiten ist in der Baumschicht und der Strauchschicht die Feldulme (*Ulmus minor*) anzutreffen. Betrachtet man weitere Untersuchungsflächen, so sind hier insgesamt Nässe- und Überschwemmungszeiger wie die Hunds-Quecke (*Elymus caninus*) oder das Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) deutlich zurückgegangen. Stickstoffzeiger haben hier in der Bodenvegetation nur geringfügig zugenommen. Auch die Vielfalt der Arten hat sich nur wenig verändert. Gründe hierfür sind vermutlich die ohnehin gut stickstoffversorgten Standorte und die schon lange vor der Erstaufnahme (um 1870) erfolgte Ausdeichung.

Quantitative Beurteilung des naturschutzfachlichen Wertes

Die Baumartenzusammensetzung der Wälder der Modellregion Fläming ist im Mittel der Klasse „bedingt naturnah“ zuzuordnen (s. Abb. 158). Darin stimmen die Wälder dieser Region mit denen der beiden westlichen Modellregionen überein, allerdings ist die mittlere Naturnähestufe um 0,5 Punkte niedriger, d. h. naturnäher.

Allerdings sind die Wälder der Region Oder-Spree im Mittel nochmals um fast eine halbe Stufe naturnäher und damit schon der Klasse „naturnah“ zuzuordnen.

Die Entwicklung in den Entwicklungspfaden Referenz und Biodiversität verläuft sehr ähnlich mit einer leichten Annäherung an die Baumartenzusammensetzung der potenziell natürlichen Vegetation. Im Klimaschutzpfad führt der vermehrte Nadelholzanbau zu einer Abnahme der Naturnähe der Baumartenzusammensetzung.

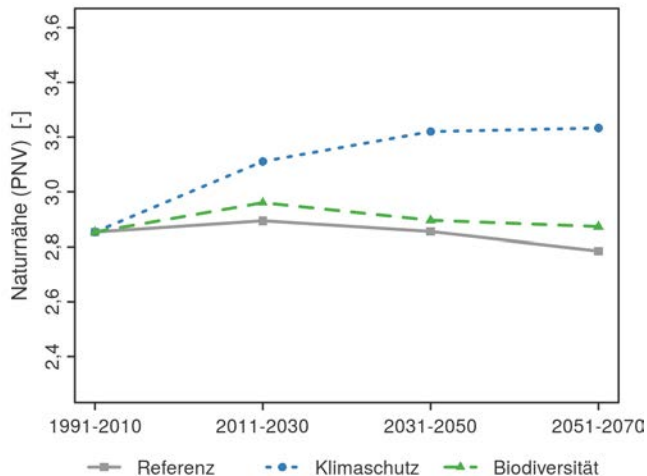


Abbildung 158: Entwicklung der Naturnähe von Waldflächen (Wälder der Stufe 1 (sehr naturnah) weisen die höchste Naturnähe auf und Wälder der Stufe 5 (kulturbestimmt) die geringste; PNV = potenziell natürliche Vegetation)

Die Dominanz der Kiefer spiegelt sich aktuell in der geringen Mischung mit einem Simpson-Index von 0,4 wider (s. Abb. 159). Die Waldentwicklungsdynamik bis 2070 führt unter dem Klimaschutzpfad zu einer deutlichen Steigerung der Bestandestypendiversität auf 0,68, im Referenzpfad auf 0,52 und auch im Biodiversitätspfad nimmt die Bestandestypendiversität auf 0,47 zu.

Bereits im Status quo liegt der Altholzanteil von 8 % (Bäume jenseits ihrer planmäßigen Umtriebszeit) im Fläming über den Werten der übrigen Regionen (s. Abb. 160). Im Biodiversitätspfad steigt der Altholzanteil sogar auf 27 % in der Periode 2051-2070, während im Referenzpfad ein wesentlich geringer Anstieg auf 11 % und keine nennenswerte Veränderung im Klimaschutzpfad zu verzeichnen ist.

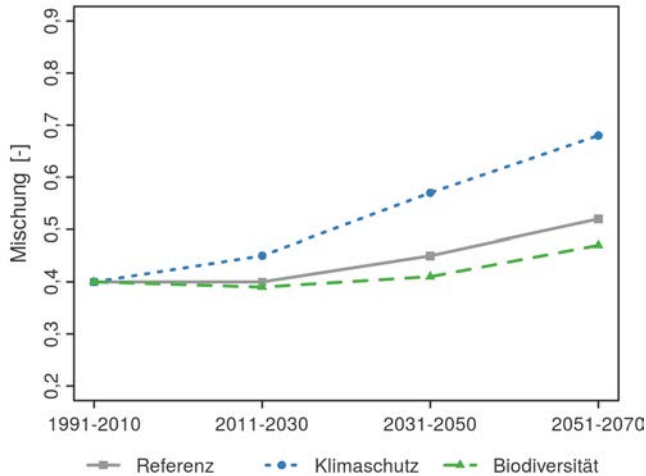


Abbildung 159: Entwicklung der Bestandestypendiversität (Simpson-Index)

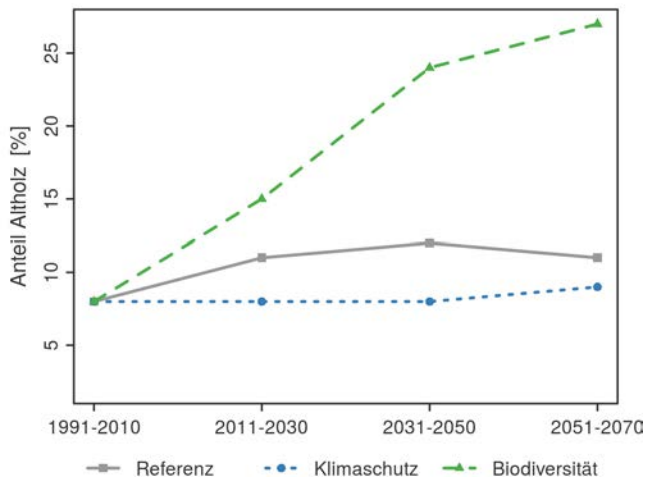


Abbildung 160: Entwicklung des Altholzanteils

7.3.3.2.4.2 Landwirtschaft

Beitrag von: L3

Die naturschutzfachliche Beurteilung der landwirtschaftlichen Flächen erfolgte anhand der Fruchtartendiversität und dem Anteil extensiv bewirtschafteter Flächen. Die mit dem Simpson-Index beschriebene Fruchtartendiversität schwankt nur minimal zwischen 0,79 und 0,82 (s. Abb. 161). Insgesamt ist eine sehr leichte Zunahme zu verzeichnen, wobei im Biodiversitätspfad die Fruchtartendiversität am geringsten ist.

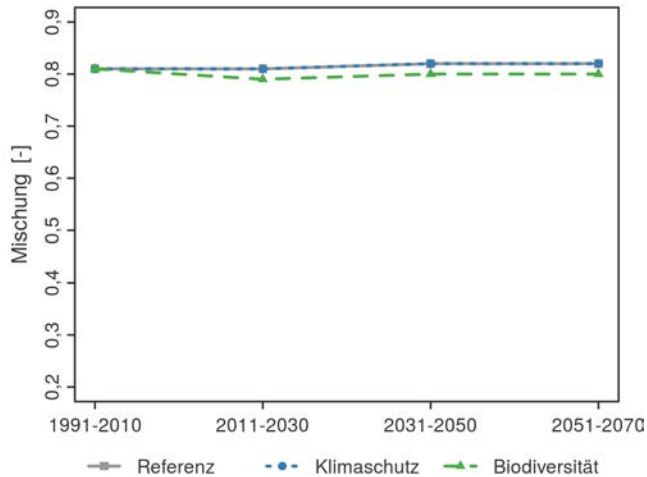


Abbildung 161: Entwicklung der Mischungsverhältnisse der Ackerkulturen (Simpson-Index)

7.3.3.2.4.3 Landschaft

Beitrag von: Ko

Die Landschaftsdiversität, beschrieben mit dem Simpson-Index, liefert erste Hinweise auf die Auswirkungen der Änderung landwirtschaftlicher oder forstwirtschaftlicher Flächennutzung. Basierend auf der Landschaftsbeschreibung des CORINE-Projektes (CORINE LAND COVER 2006, EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2013) wurden Änderungen der Fruchtartenzusammensetzung und der Waldtypen (Laub-, Nadel-, Mischwald) abgebildet. Die Abbildung 162 zeigt, dass hinsichtlich der Landschaftsdiversität innerhalb des Betrachtungszeitraumes kaum nennenswerte Änderungen zu verzeichnen sind.

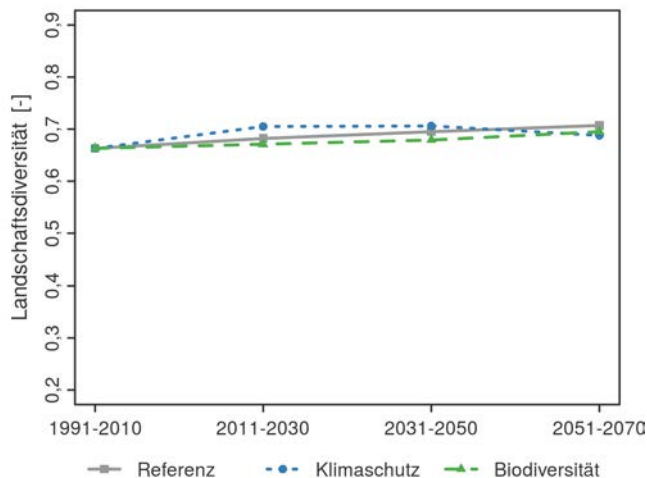


Abbildung 162: Entwicklung der Landschaftsdiversität (Simpson-Index)

Die Indikatorwerte zur Beschreibung der Landschaftsdiversität zeigen eine leicht steigende Tendenz und es gibt keinen wesentlichen Unterschied zwischen den Entwicklungspfaden. Durch die verlängerte Umtriebszeit der Bestände und den dadurch langsamen Umbau der Waldbestände im Biodiversitätspfad steigt in diesem Pfad die Landschaftsdiversität wesentlich langsamer als z. B. im Klimaschutzpfad, in dem ein rascher Wechsel hin zu schneller wachsenden Nadelbaumarten erfolgt.

7.3.3.2.5 Wertschöpfung

7.3.3.2.5.1 Forstwirtschaft

Beitrag von: F6

Das Nutzungsvolumen in der Modellregion Fläming beträgt im Mittel über alle Baumartengruppen, Perioden und Entwicklungspfade hinweg 4,4 Efm pro Hektar und Jahr (s. Abb. 163). Die nutzbare Volumenleistung der Wälder hat, noch vor der jeweiligen Bewertung bestimmter Baumarten am Markt, den entscheidenden Einfluss auf die Höhe des (forst-)betrieblichen Einkommens.

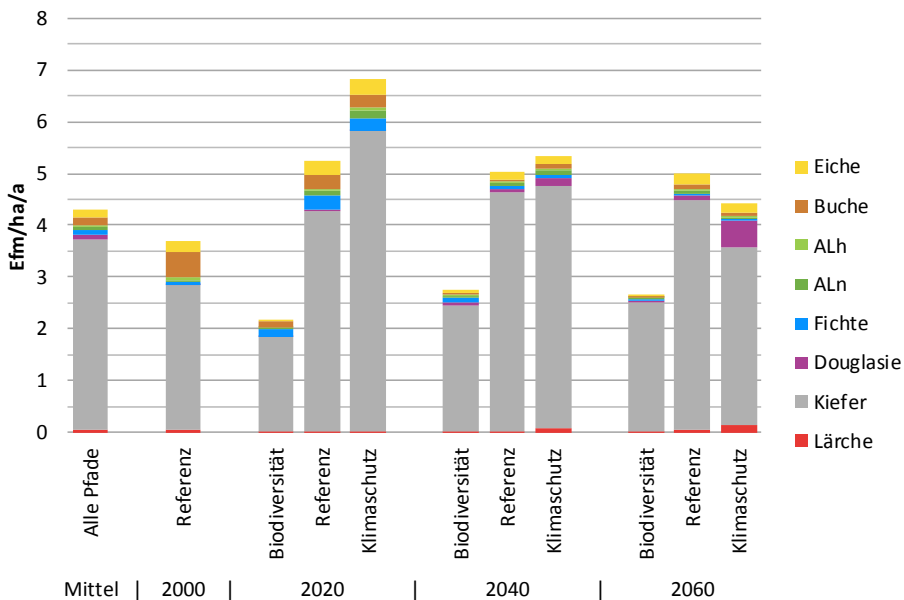


Abbildung 163: Durchschnittliches Nutzungsvolumen in den Zeiträumen (Angabe zur Mitte der Perioden) im Modellbetrieb Fläming

Genutzt wird weit überwiegend Holz der Baumartengruppe Kiefer. Es nimmt durchschnittlich über alle Entwicklungspfade und Perioden einen Anteil von über 80 % am gerenteten Holzvolumen ein. Mit deutlichem Abstand folgt dann Holz der Baumartengruppe Eiche mit einem Anteil von 3,5 %.

Die übrigen Baumartengruppen spielen insgesamt nur eine untergeordnete Rolle. Allein im Entwicklungspfad Klimaschutz gewinnt die Douglasie zum Ende des Projektionszeitraumes an Bedeutung für die Nutzung.

Die Übersicht zum Nutzungsvolumen nach Entwicklungspfaden (s. Abb. 163) zeigt, dass sich die Höhe der Erntevolumina im Laufe der Zeit für die Entwicklungspfade Referenz und Klimaschutz sehr ähnlich entwickelt. Vom aktuellen Niveau von jährlich 3,7 Efm/ha steigt der Einschlag rasch (2020) auf 5,2 Efm/ha (Referenz) bzw. 6,8 Efm/ha (Klimaschutz) an. Anschließend pendelt sich dann die Höhe der Nutzungen in diesen Pfaden auf rund 5 Efm/ha/a ein. Dieser Nutzungsanstieg führt in den Entwicklungspfaden Referenz und Klimaschutz zu entsprechend positiven Entwicklungen für das Arbeitsvolumen der Holzernte sowie für die Nettowertschöpfung der Forstwirtschaft in der Region Fläming (s. Abb. 164 und Abb. 165).

Im Entwicklungspfad Biodiversität gestaltet sich dagegen der zeitliche Verlauf der Nutzungshöhen deutlich anders. Es ergibt sich hier kurzfristig (2020) ein starker Abfall des Nutzungsvolumens von jährlich 3,7 auf nur 2,2 Efm/ha (s. Abb. 163). Im weiteren zeitlichen Verlauf steigen dann die Nutzungen wieder geringfügig auf maximal 2,8 Efm/ha/a in 2040 an. Für den gesamten Simulationszeitraum beträgt das Nutzungsvolumen im Biodiversitätspfad durchschnittlich jährlich 2,5 Efm/ha und erreicht damit nur etwa die Hälfte des Nutzungsvolumens der Referenzbewirtschaftung. Die im Rahmen des Entwicklungspfades Biodiversität gewünschte Erhöhung des durchschnittlichen Vorrates in den Wäldern (s. Abb. 144, links) bei gleichzeitiger Steigerung des Durchschnittsalters der Bestände sowie ihrer Totholzvorräte lässt sich nur mit einem deutlichen Nutzungsverzicht gegenüber der bisher üblichen Wirtschaftsweise erreichen. Dieser Nutzungsverzicht bewirkt eine entsprechende Reduzierung des Arbeitsvolumens und der Nettowertschöpfung in der Region (s. Abb. 164 und Abb. 165).

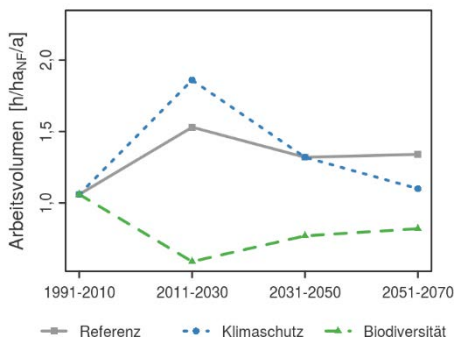


Abbildung 164: Entwicklung des Arbeitsvolumens der Holzernte im Modellbetrieb Fläming

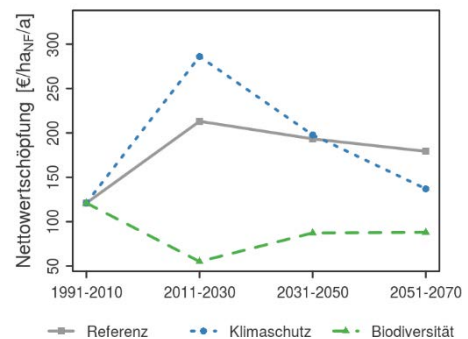


Abbildung 165: Entwicklung der forstwirtschaftlichen Nettowertschöpfung im Modellbetrieb Fläming

Die Nettowertschöpfung (als sektorale Leistung zur Deckung von Löhnen und Gehältern, Unternehmereinkommen, Kapital-, Flächen- und Risikokosten sowie Betriebsgewinnen) steigert sich in den Szenarien Referenz und Klimaschutz erheblich gegenüber dem aktuellen Stand auf ein mittleres Niveau von jährlich ca. 200 €/ha forstlicher Nutzfläche. Der Biodiversitätspfad hingegen führt in der Modellrechnung über den Betrachtungszeitraum hinweg zu einer deutlichen Verringerung der Nettowertschöpfung. Sie liegt durchschnittlich unter 90 € je Hektar und Jahr.

Die jeweils deutlichen Anstiege sowohl des Nutzungsvolumens als auch der Nettowertschöpfung zu Beginn des Betrachtungszeitraumes sind Ausdruck der konsequenten Umsetzung der unterstellten Strategien in den Entwicklungspfaden durch die Simulationen. In der Praxis ist davon auszugehen, dass forstliche Entscheidungsträger bestrebt sein werden, das Einschlagsniveau und damit auch Arbeitsvolumen und Wertschöpfung durch gestreckte Nutzungen über die Zeit zu nivellieren.

Eine konsequente Umsetzung des Entwicklungspfades Biodiversität führt zwar zu dem beabsichtigten Vorratsaufbau und der Anreicherung von Totholz. Wirtschaftlich erscheint er jedoch kritisch, da er die Forstbetriebe in der Modellregion Fläming ohne einen deutlichen monetären Ausgleich durch flankierende finanzielle Unterstützung langfristig vor existenzielle Probleme stellen würde.

7.3.3.2.5.2 *Landwirtschaft* Beitrag von: L7

In der Region Fläming ist das mittlere Einkommensniveau mit 35-43 Tsd. € je Beschäftigtem und Jahr deutlich niedriger als in den westlichen Modellregionen. In der zeitlichen Entwicklung ist bei reinen Ackerbaubetrieben langfristig mit einem leicht sinkenden Einkommen zu rechnen, wohingegen bei Schweinehalten steigende und bei Milchviehbetrieben leicht steigende Einkommen je Hektar und Jahr erwartet werden.

Die Unterschiede zwischen dem Referenz- und dem Biodiversitätspfad sind im gesamten Betrachtungszeitraum marginal (-8 bis -16 €/ha/a). Im Klimaschutzpfad sind die Einkommensverluste gegenüber dem Referenzpfad höher (-35 bis -55 €/ha) (s. Abb. 166), aber immer noch geringer als in den westlichen Regionen, da hier Lupinen als Leguminosen zum Einsatz kommen und die Nettowertschöpfung je ha auch in der Referenz schon relativ niedrig ist. Dabei wird in allen Szenarien ein gleich hohes Niveau an Direktzahlungen angenommen.

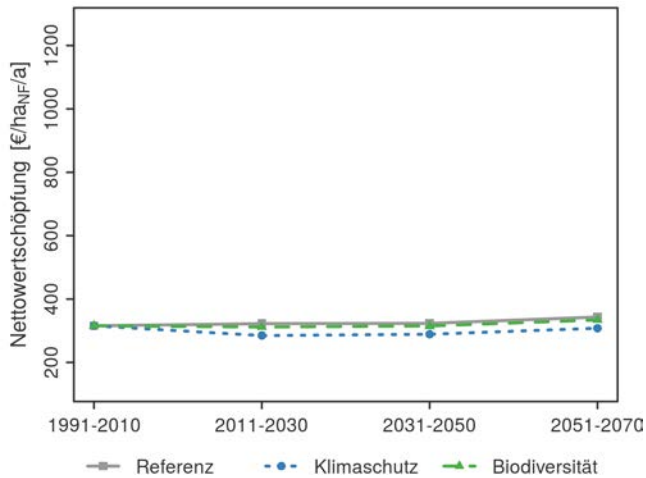


Abbildung 166: Entwicklung der landwirtschaftlichen Nettowertschöpfung im Modellbetrieb Fläming (NF: Nutzfläche)

7.3.3.2.5.3 Ökosystemleistungen
Beitrag von: S1

Die nicht am Markt gehandelten Ökosystemleistungen „Gewässerschutz“ und „Klimaschutz“ wurden, wie auch in den anderen Modellregionen, anhand der Veränderung der Nitratfracht im Sickerwasser und der Kohlenstoffsenken- bzw. Quellenleistung bewertet (siehe Kapitel 7.3.1.2.5.3).

Im Entwicklungspfad Biodiversität ergibt sich für die Landwirtschaft in der Region Fläming sowohl in der Periode 2011-2030 als auch in der Periode 2031-2050 eine positive Wirkung für den Gewässerschutz. Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Gewässerschutzwirkungen im Klimaschutzpfad deutlich schlechter ausfallen als im Biodiversitätspfad (s. Tab. 32).

Tabelle 32: Schutzwirkung der Entwicklungspfade Biodiversität (Bio) und Klimaschutz_K (Klim) je Jahr für die Schutzgüter „Gewässerschutz“ (in kg N) und „Klimaschutz“ (in t CO₂äq) in der Modellregion Fläming

		Landwirtschaft				Forstwirtschaft			
		2011-2030		2031-2050		2011-2030		2031-2050	
		absolut	pro ha	absolut	pro ha	absolut	pro ha	absolut	pro ha
Gewässerschutz [kg N]	Bio	93.304	1,09	92.448	1,08	3.274	0,03	42.565	0,39
	Klim	-19.688	-0,23	27.392	0,32	-13.097	-0,12	-97.135	-0,89
Klimaschutz [t CO ₂ äq]	Bio	-91.592	-1,07	-49.648	-0,58	-582.808	-5,34	-341.608	-3,13
	Klim	83.032	0,97	35.952	0,42	428.920	3,93	138.608	1,27

Im Klimaschutzpfad entstehen erwartungsgemäß durchweg positive Wirkungen für den Klimaschutz, während sich im Biodiversitätspfad – und hier insbesondere für die Forstwirtschaft – fortwährend negative Wirkungen für den Klimaschutz ergeben (s. Tab. 32).

Ökonomischer Nutzen für den Gewässerschutz

Auf der Grundlage der angesetzten Vermeidungskosten (siehe Kapitel 7.3.1.2.5.3) ergeben sich im Biodiversitätspfad im Bereich der Landwirtschaft für die Region Fläming vermiedene Kosten in Höhe von 279.912 Euro pro Jahr (3,27 Euro je Hektar und Jahr) in der Periode 2011-2030 und von 277.344 €/a (3,24 €/ha/a) in der Periode 2031-2050. Im Bereich der Forstwirtschaft beläuft sich der Nutzen für den Gewässerschutz im Biodiversitätspfad auf 9.823 €/a (0,09 €/ha/a) in der Periode 2011-2030 und von 127.694 €/a (1,17 €/ha/a) in der Periode 2031-2050.

Im Klimaschutzpfad entstehen Kosten für den Gewässerschutz in der Landwirtschaft in Höhe von -147.660 Euro pro Jahr (-0,69 €/ha/a) in der Periode 2011-2030 und ein jährlicher Nutzen in Höhe von 82.176 €/a (0,96 €/ha/a) in der Periode 2031-2050. Im Klimaschutzpfad ergeben sich in der Forstwirtschaft Kosten für den Gewässerschutz in Höhe von -39.290 €/a (-0,36 €/ha/a) und von -291.404 €/a (-2,67 €/ha/a) in der Periode 2031-2050.

Ökonomischer Nutzen für den Klimaschutz

Anknüpfend an die bereits beschriebene Herleitung der Klimakosten (siehe Kapitel 7.3.1.2.5.3) ergeben sich in der Modellregion Fläming im Bereich der Landwirtschaft im Entwicklungspfad Biodiversität Kosten in Höhe von -7.327.360 Euro je Jahr (-85,60 €/ha/a) in der Periode 2011-2030 und von -7.198.960 €/a (-84,10 €/ha/a) in der Periode 2031-2050. Für die Forstwirtschaft entstehen im Entwicklungspfad Biodiversität durchweg Kosten für den Klimaschutz in der Periode 2011-2030. Sie betragen jährlich -46.624.608 €/a (-427,20 €/ha/a) und in der Periode 2031-2050 -49.533.189 €/a (-453,85 €/ha/a).

Im Entwicklungspfad Klimaschutz sind in der Periode 2011-2030 im Bereich Landwirtschaft jährliche vermiedene Kosten für den Klimaschutz in Höhe von 6.642.560 €/a (77,60 €/ha/a) zu erwarten und in der Periode 2031-2050 in Höhe von 5.213.040 €/a (60,90 €/ha/a). Im Bereich der Forstwirtschaft führt der Klimaschutzpfad in allen Zeitscheiben zu wesentlich höher zu veranschlagenden Klimaschutzwirkungen. Der Nutzen für den Klimaschutz beläuft sich in der Periode 2011-2030 auf 34.313.616 €/a (314,40 €/ha/a) und in der Periode 2031-2050 auf 20.098.131 €/a (184,15 €/ha/a).

Gesamtnutzen der Entwicklungspfade Biodiversität und Klimaschutz

Bezogen auf die hier bewerteten Ökosystemleistungen würde eine Umsetzung des Biodiversitätspfades zu Kosten in Höhe von -53.672.056 Euro pro Jahr (-509,53 Euro je Hektar und Jahr) in der Periode 2011-2030 und zu -56.454.805 €/a

(-534,71 €/ha/a) in der Periode 2031-2050 führen. Die Umsetzung des Klimaschutzpfades würde hingegen einen positiven Gesamtnutzen in Höhe von 40.897.112 €/a (391,31 €/ha/a) in der Periode 2011-2030 und von 25.393.347 €/a (246,01 €/ha/a) in der Periode 2031-2050 bewirken.

7.3.3.3 Bewertung mit dem Indikatorensystem

Beitrag von: Ko

Die in den vorangegangenen Abschnitten anhand der einzelnen Indikatoren innerhalb der Sektoren dargestellten Entwicklungen der Landnutzung werden nachfolgend auf der Ebene der Kriterien sektorenübergreifend dargestellt.

Bei einer Fortführung der bisherigen Bewirtschaftungsweisen (Referenzpfad) in der Modellregion Fläming lassen die in den 7 Kriterien gebündelten Indikatoren erkennen, dass die Werte der Bereiche Produktivität, Beschäftigung und damit verbunden auch die Wertschöpfung bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes im Jahr 2070 gegenüber dem jetzigen Zustand weitgehend stabil bleiben bzw. stagnieren (s. Abb. 167). Die Indikatoren des Kriteriums „Naturschutz“ steigen leicht an, eine Fortführung der bisher „üblichen“ Landnutzung führt insofern nicht zwangsläufig zu einer breiten Verschlechterung naturschutzfachlicher Belange, wie dies gelegentlich der konventionellen Landwirtschaft unterstellt wird. Da jedoch die Indikatoren für das Kriterium „Naturschutz“ in der Landwirtschaft nur eingeschränkt aussagefähig sind, wird eine Ergänzung durch weitere Indikatoren empfohlen.

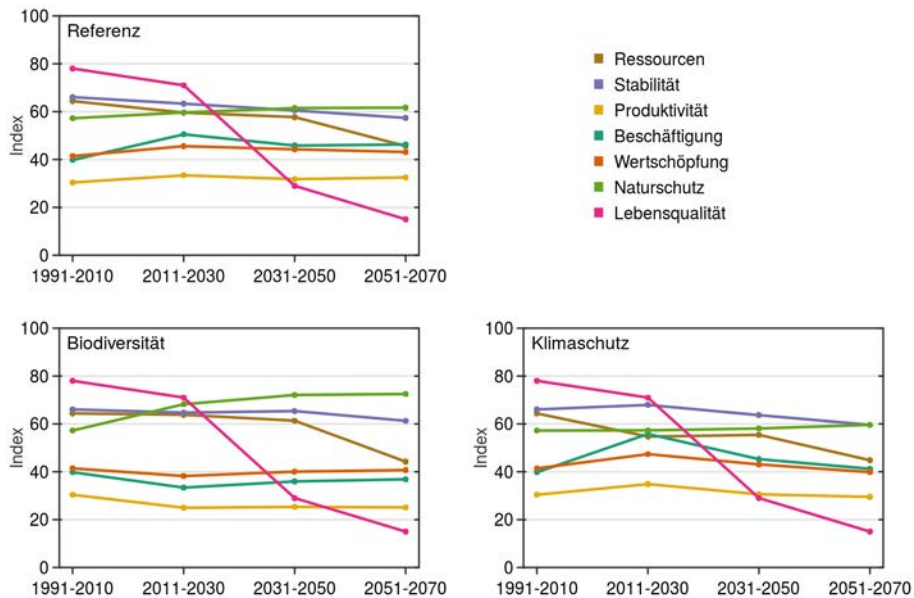


Abbildung 167: Veränderungen der Kriterien bei einer Bewirtschaftung gemäß der Entwicklungspfade Referenz, Biodiversität und Klimaschutz in der Modellregion Fläming

Demgegenüber verringern sich die Werte der Kriterien „Ressourcen“, „Stabilität“ und „Lebensqualität“ und weisen somit auf zukünftige Verschlechterungen in diesen Bereichen hin. Extrem deutlich fällt diese Entwicklung für das Kriterium „Lebensqualität“ aus. Dies beruht allerdings allein auf der deutlich erhöhten Hitzebelastung abgeleitet aus einer Klimaprojektion, da die anderen Indikatoren dieses Kriteriums im Rahmen der im Projekt durchgeführten Modellierungen nicht fortschreibbar waren und somit statisch geblieben sind. Die Werte der Kriterien „Ressourcen“ und „Stabilität“ vermindern sich von 68 bzw. 64 auf zukünftig (2070) 50 und 55. Die Ursachen hierfür können im Bereich Ressourcen u. a. in der deutlich abnehmenden Sickerwasserrate und den zukünftig leicht steigenden Belastungen des Wassers mit Nitrat gesehen werden. Im Bereich Stabilität sind u. a. ein ernsthaft zunehmender Trockenstress und ein daran geknüpfter Beregnungsbedarf zur Ertragsicherung zu nennen. Hinzu kommt noch die deutlich steigende Waldbrandgefahr für die Forstwirtschaft.

Bei einem Vergleich des Status quo (1991-2010) des Referenzpfades mit den Werten in 2051-2070 der beiden alternativen Entwicklungspfade Biodiversität und Klimaschutz (s. Abb. 168) ist zu erkennen, dass nur der Entwicklungspfad Biodiversität erwartungsgemäß zu nennenswerten Verbesserungen bei seinem „Schwerpunkt-kriterium“ Naturschutz (Entwicklungspfad Biodiversität) führt. Der Klimaschutzpfad erzielt keine Effekte hinsichtlich einer Verbesserung des Kriteriums „Stabilität“. Bei den anderen Kriterien ergeben die Berechnungen gegenüber dem Referenzpfad – wenn überhaupt – unwesentliche Verschlechterungen.

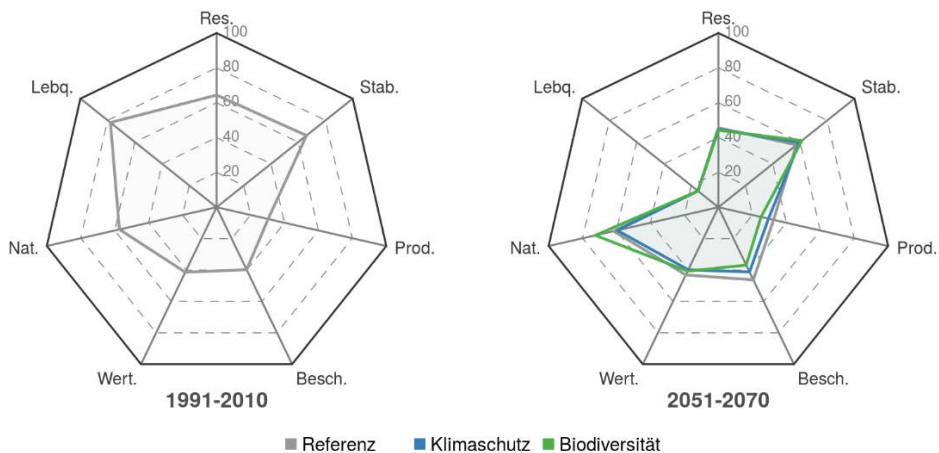


Abbildung 168: Kriterien für die Entwicklungspfade im Zeitraum 2051-2070 im Vergleich zum Status quo (1991-2010) (Res.: Ressourcen, Stab.: Stabilität, Prod.: Produktivität, Besch.: Beschäftigung, Wert.: Regionale Wertschöpfung, Nat.: Naturschutz, Lebq.: Lebensqualität)

7.3.3.4 Leitbilder

Beitrag von: S3

Um die aktuellen Sichtweisen der im Bereich der Landnutzung handelnden Personen möglichst zutreffend zu beschreiben, wurden im Rahmen des Projektes zunächst wichtige Akteure der Landnutzung und anschließend deren vorrangige Interessen (Themen) identifiziert (s. Abb. 169).



Abbildung 169: Akteursgruppen der Modellregion Fläming und ihre (Nutzungs-)Interessen und Präferenzen (WRRL = Wasserrahmenrichtlinie der EU, WEA = Windenergieanlagen, Freiflächen-PV = Freiflächen-Photovoltaikanlagen)

Im Rahmen von Fokusgruppendifkussionen wurden anschließend Leitbilder für die drei Sektoren Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Wasserwirtschaft mit 53 sektoralen Zielvorstellungen erarbeitet (siehe grauer Kasten).

Leitbild Landwirtschaft: Für die Landwirtschaftsvertreter in der Modellregion Fläming bildet der quantitative und auch der qualitative Erhalt landwirtschaftlicher Flächen für eine effiziente, marktorientierte und vorrangig der Nahrungsmittelproduktion gewidmete Landbewirtschaftung, die das Einkommen der landwirtschaftlichen Betriebe sichert, die Basis der zukünftigen Landnutzung im Fläming. Ein Wassermanagement und die Beregnung sichern die Möglichkeit der landwirtschaftlichen Nutzung auch zukünftig. Elementar ist, dass weiterer Flächenentzug verhindert wird. Möglichkeiten einfacherer Umnutzungen (Wald/Acker/Grünland) könnten das unterstützen. Auch dem Erhalt der Biodiversität soll Rechnung getragen werden. Wichtig für eine zukünftige Bewirtschaftung ist eine erfolgreiche Forschung. Die Vermittlung von Wissen und der Erhalt der Kompetenz der Landbewirtschaftler sind bedeutend.

Leitbild Forstwirtschaft: Aus Sicht der Forstwirtschaftsakteure liegt einer zukünftigen Landnutzung in der Modellregion Fläming die Aufrechterhaltung einer nachhaltigen Bewirtschaftung und die Weiterführung des Prinzips der Multifunktionalität zugrunde (Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion finden auf der gleichen Fläche statt). Neben dem Erhalt der Waldfläche sind auch der Erhalt der Eigentumsvielfalt und -größen sowie der Struktur und die Erhöhung der Holzmobilisierung, besonders im Privatwald, von hoher Bedeutung. Dieses, eine (klima-)angepasste Baumartenwahl und der Waldbau sowohl unter Einbeziehung neuer Baumarten als auch unter Beachtung der Nachfrage nach Nadelholz bilden die Basis für eine regionale Holzverarbeitung. Ein Trade-off der erneuerbaren Energien im Wald sollte nicht stattfinden, sondern im Wald dem Holz der Vorrang eingeräumt werden, wobei die thermische Verwertung des Holzes erst am Ende einer „Wertstoffkette Holz“ stehen sollte.

Leitbild Wasserwirtschaft: Laut den Akteuren der Wasserwirtschaft liegt der zukünftigen Landnutzung in der Modellregion Fläming ein funktionierendes Gewässermanagement zugrunde, auf dessen Basis eine standortangepasste landwirtschaftliche Flächenutzung stattfindet. Dadurch wird auch dem Gewässer- und Grundwasserschutz umfassend Rechnung getragen. Neben der weiteren Umsetzung der Ziele der WRRL erfolgt auch eine bedarfsgerechte Anpassung der Wassergewinnungsrechte mit Blick auch auf zukünftige Herausforderungen.

Diese sektoralen Leitbilder bildeten die Grundlage für einen regionalen Leitbildworkshop, auf dem ein gemeinsames regionales Leitbild abgeleitet wurde. Es hat folgenden Wortlaut:

Gemeinsames regionales Leitbild:

Die Landnutzung in der Region Fläming soll nachhaltig gestaltet sein. Die land- und forstwirtschaftlichen Flächen sollen in der Nutzung bleiben. Vielfältige Eigentumsformen und -größen bilden die Grundlage für regionale Wertschöpfung und regionale Stabilität. Eine multifunktionale Waldnutzung mit kaskadenartiger Holznutzung und mehr regionale Holzverarbeitung tragen dazu bei. Ein intelligentes zweiseitiges Wassermanagement steuert die Wasserstände bedarfsorientiert und stützt die regionale Landwirtschaft. Die Nutzung erneuerbarer Energien wird im Rahmen eines regionalen Energiekonzeptes gesteuert.

Dem regionalen Leitbild für eine nachhaltige Landnutzung liegen folgende 16 Leitsätze zugrunde:

1. In der Modellregion Fläming soll die Landnutzung nachhaltig sein und die land- und forstwirtschaftlichen Flächen für die Nutzung erhalten bleiben.
Die land- und forstwirtschaftlichen Produktionsflächen bleiben sowohl bezogen auf die Fläche als auch die Güte erhalten. Der weitere Entzug land- und forstwirtschaftlicher Flächen für außerlandwirtschaftliche Nutzungen wird deutlich reduziert, sodass das Gros der Flächen für die Bewirtschaftung zur Verfügung steht. So werden im Fläming, der angesichts der steigenden Weltbevölkerung gut positioniert ist, alle Flächen bewirtschaftet. Zudem werden E+A-Maßnahmen ausschließlich durch Entsiegelungen realisiert.
2. In der Modellregion Fläming werden keine Flächen aus der Bewirtschaftung genommen oder stillgelegt.
Neue Flächenstilllegungen aus naturschutzfachlichen Gründen gibt es in der Modellregion Fläming nur in Ausnahmefällen, ohne die Schutzgebiete einzuschränken.
3. In der Modellregion Fläming ermöglichen unterschiedliche Eigentumsformen und -größen Stabilität und Vielfalt in der Landnutzung.
Durch die Vielfalt der verschiedenen Eigentumsformen und unterschiedlichsten Eigentumsgrößen ergibt sich eine vielfältige Flächennutzung, die eine Grundlage für regionale Wertschöpfung darstellt und zu regionaler Stabilität beiträgt. Diese Eigentumsvielfalt fördert, über das breite Spektrum an Landnutzungsakteuren, auch die biologische Vielfalt auf den Flächen.
4. In der Modellregion Fläming wirtschaften Land- und Forstwirtschaft effizient und entsprechend den Marktbedürfnissen.
Die Landbewirtschaftung im Fläming ist effizient gestaltet, an die Marktbedürfnisse angepasst und von Fördermitteln möglichst unabhängig.
5. In der Modellregion Fläming wird durch die Land- und Forstwirtschaft ein wesentlicher Beitrag zur regionalen Wertschöpfung geleistet.
In der Land- und Forstwirtschaft wird eine hohe regionale Wertschöpfung gewährleistet. Dieses wird mittels einer durchdachten Intensivierung in der Landwirtschaft, einer Erhöhung der Holzmobilisierung, besonders im Privatwald, und einer allgemein gewinnorientierten Bewirtschaftung der Wälder erreicht. Die Verstärkung der regionalen Holzverarbeitung unterstützt die regionale Wertschöpfung maßgeblich.
6. In der Modellregion Fläming findet eine klimaangepasste Bewirtschaftung in Land- und Forstwirtschaft statt, wobei Biodiversität und Naturnähe abgewogen werden.
Die Pflanzenwahl in Land- und Forstwirtschaft wird an die sich verändernde klimatische Situation angepasst. In der Landwirtschaft geschieht dieses relativ kurzfristig, wohingegen in der Forstwirtschaft bereits längerfristig standortangepasster naturnaher Waldbau betrieben wird, um standortadäquate und ertragssichere Wälder zu erhalten. Angesichts der veränderten klimatischen Bedingungen findet kontinuierlich ein Abwägungsprozess zwischen Naturnähe und Biodiversität bzw. der Integration nicht heimischer Arten in Land- und Forstwirtschaft statt.
7. In der Modellregion Fläming steuert ein regionales Energiekonzept die regionale Energieproduktion.
Durch ein regional angepasstes Energiekonzept wird die regionale Energieproduktion gesteuert. Energieproduktion auf Waldstandorten ist wegen der hohen regionalen Bedeutung des Waldes mit strengen Auflagen belegt, sodass der Wald vornehmlich der Holzproduktion dient. Die Standortwahl erfolgt so, dass das touristische Potenzial der regionalen Naturparke

nur unerheblich durch den Bau von Windenergieanlagen beeinträchtigt wird. Über Energieproduktion und Energiepflanzenanbau ist auch die Landwirtschaft in das regionale Energiekonzept einbezogen, wobei Alternativen zum Mais einbezogen werden.

8. In der Modellregion Fläming produziert die Landwirtschaft vornehmlich Nahrungsmittel.

Das Hauptgeschäftsfeld der Landwirtschaft in der Modellregion Fläming liegt auf der Nahrungsmittelproduktion. Im Sinne einer Diversifizierung sind Energieproduktion und Energiepflanzenanbau ebenso ein fester Bestandteil der regionalen Landwirtschaft wie auch andere Aktivitäten.

9. In der Modellregion Fläming existiert eine multifunktionale Forstwirtschaft. Die integrative Erfüllung aller Waldfunktionen, also der Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion auf der gleichen Fläche, ist in der Modellregion Fläming selbstverständlich und lokal bedarfsorientiert angepasst.

10. In der Modellregion Fläming erfolgt die Holznutzung kaskadenartig. Eine thermische Verwertung erfolgt möglichst erst nach einer stofflichen Nutzung. Die Holznutzung erfolgt kaskadenartig. Das heißt, dass erst am Ende der stofflichen Nutzungskette die thermische Verwertung steht. Eine direkte thermische Verwertung erfolgt nur bei den Reststoffen.

11. In der Modellregion Fläming wird eine verantwortungsvolle Forstpolitik betrieben, die Interessenunterschiede der Akteure im Wald abwägt und ausgleicht und für die Aufrechterhaltung einer nachhaltigen Bewirtschaftung sorgt.

Der besonderen gesellschaftlichen Rolle des Waldes wird mittels einer strukturierten und institutionalisierten Moderation zur Abwägung von Interessensgegensätzen verschiedenster Akteure im und am Wald Rechnung getragen. So kann erreicht werden, dass die forstwirtschaftlichen Flächen hinsichtlich der Gebühren für Gewässerunterhaltung nicht mehr belastet werden. Auch unter der verstärkten Holznachfrage wird die Nachhaltigkeit als Grundprinzip der Forstwirtschaft beibehalten.

12. In der Modellregion Fläming bildet ein intelligentes zweiseitiges Wassermanagement für Be- und Entwässerung die Basis für eine nachhaltige regionale Land- und Forstwirtschaft.

Ein Wasser- bzw. Gewässermanagement für die Be- und Entwässerung ist eingerichtet und ermöglicht neben der schadlosen Ableitung von Wasser aus den Flächen auch die Möglichkeit des gezielten und bedarfsgerechten Wasserrückhalts. Durch ein intelligentes Wasser- und Stau- management ist die landwirtschaftliche Nutzung der Flächen auch unter klimatisch veränderten Bedingungen gesichert.

13. In der Modellregion Fläming werden die Nutzungsrechte kontinuierlich angepasst und bedarfsorientiert vergeben.

Die Wassergewinnungsrechte werden kontinuierlich auf einen aktuellen Stand gebracht und können so bei Nichtnutzung bedarfsgerecht neu vergeben werden.

14. In der Modellregion Fläming sind die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie erreicht und nachhaltiger Wasserschutz in allen Bereichen der Landnutzung obligatorisch.

Die im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie vorgeschriebenen Ziele sind in der Modellregion Fläming erreicht. Dieses geht mit einer verbesserten Gewässerqualität und einer Minderung der Stoffeinträge in Gewässer einher. Die Quantität ist mittels Wasserrückhalt in der Landschaft gesichert.

15. In der Modellregion Fläming stellen Land- und Forstwirtschaft Einkommensmöglichkeiten für die Bevölkerung bereit.

Arbeitsplätze in der Land- und Forstwirtschaft unterstützen den Verbleib der Bevölkerung in der Region und leisten damit einen Beitrag im Rahmen der demographischen Entwicklung.

16. In der Modellregion Fläming sichert eine gute Aus- und Weiterbildung den Fachkräftenachwuchs für die Land- und Forstwirtschaft.

Die Ausbildung in den Bereichen Land- und Forstwirtschaft soll praxisnah gestaltet sein. Dieses sichert die regionale Verfügbarkeit gut ausgebildeter Fachkräfte für die Land- und Forstwirtschaft.

7.3.3.5 *Mögliche politische Anknüpfungspunkte für die Umsetzung der regionalen Leitbilder*

Beitrag von: S2

Die Region Fläming unterscheidet sich von den drei anderen Modellregionen dadurch, dass sie sich über drei Landkreise (LK Anhalt-Bitterfeld, LK Wittenberg, LK Potsdam-Mittelmark) zweier Bundesländer erstreckt. Für eine konkrete politische Unterstützung der Leitbilder wäre es daher notwendig, die politischen Rahmenbedingungen auf nationaler und EU-Ebene mit denjenigen in den beiden Bundesländern abzustimmen und dabei die Besonderheiten der Landkreise einzubeziehen, um zu wirksamen politischen Entscheidungen für die Modellregion zu kommen.

Diese Art von Abstimmungen ist allerdings kurzfristig nicht zu erwarten und mittel- und langfristig auch eher unwahrscheinlich. Wie viele Forschungsprojekte gezeigt haben, ist eine abgestimmte nachhaltige Regionalentwicklung im ländlichen Raum, insbesondere über Bundesländergrenzen hinweg, schwierig, da einzelne Bundesländer im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU unterschiedliche Landesförderprogramme besitzen und aus haushaltstechnischen Gründen wenig Interesse daran haben, Haushaltsmittel für Maßnahmen einzusetzen, die auch im Nachbarbundesland Wirkungen erzielen (BÖCHER 2003). Forschungen zur Klimapolitik haben ebenfalls gezeigt, dass die für einen effektiven Klimaschutz notwendige Koordination und Integration verschiedener politischer Ebenen nur sehr schwer erreichbar ist (BÖCHER u. NORDBECK 2014). Die im Rahmen von NaLaManT durchgeführte Untersuchung der relevanten Sektoralpolitiken zeigt ebenfalls, dass eine integrierte nachhaltige Landnutzungspolitik auf der Basis der sektoralen politischen Rahmenbedingungen nur schwerlich erwartet werden kann (KAUFER et al. 2013, 2014, GIESSEN et al. 2013).

Wie bei den Leitbildern in den anderen Modellregionen, kann auch bei denen des Flämings nicht erwartet werden, dass sie sich „einfach“ und vollständig umsetzen lassen. Es gilt auch hier, für bestimmte einzelne Ziele Prioritäten zu setzen und die entsprechenden vorhandenen politischen Programme, die tatsächlich entsprechende (Förder-)Instrumente bereitstellen, zu nutzen, um Stück für Stück die Leitbilder umsetzen zu können. Einige der Ziele/Forderungen (Leitsätze) des regio-

nenal Leitbildes werden dabei bereits von den herrschenden politischen Rahmenbedingungen und ihren Instrumenten befördert: die tendenziell stärker an ökonomischer Wertschöpfung orientierte Landwirtschafts- und Forstpolitik unterstützt diejenigen Leitsätze, die die ökonomische Funktion von Land- und Forstwirtschaft in der Region betreffen. Die stark an ökologischen Erfordernissen ausgerichtete Wasserpolitik der EU unterstützt, insbesondere durch das politische Instrument der EU-Wasserrahmenrichtlinie, stark die Forderung des regionalen Leitbildes nach einem nachhaltigen Wasserschutz in allen Bereichen der Landnutzung. Für die genannten und die weiteren Leitsätze entsprechend ist also bereits unter den herrschenden politischen Rahmenbedingungen mit einer politischen Unterstützung zu rechnen.

Bei den Leitsätzen, die mehr auf eine Regionalisierung der Wertschöpfung abheben oder die Konzeption eines regionalen Energiekonzeptes thematisieren, handelt es sich wie in den anderen Regionen auch um Aspekte, die durch die „übergeordneten“ politischen Rahmenbedingungen weniger stark durch leistungsfähige Instrumente unterstützt werden. Hier sollte die politische Strategie ebenfalls lauten, zunächst einmal diejenigen Leitsätze und Themen zu identifizieren, die prioritär verwirklicht werden sollen, um dann nach entsprechenden Anknüpfungspunkten in den Förderprogrammen der Länder Brandenburg und Sachsen-Anhalt zu suchen, die in den drei Landkreisen wirken. Eine bereits genannte Schwierigkeit besteht dabei im landkreis- und länderübergreifenden Zuschnitt der Region, die dafür sorgt, dass bestimmte Maßnahmen nur schwer integrativ unterstützt werden können.

Der Leitsatz, nach dem ein regionales Energiekonzept die regionale Energieproduktion steuern soll, lässt sich zum Beispiel prinzipiell durch existierende politische Förderungen beeinflussen: So gab es in Brandenburg das Programm RENplus des Ministeriums für Wirtschaft und Europaangelegenheiten, das die Erarbeitung regionaler Energiekonzepte unterstützte. Antragsberechtigt waren die Regionalen Planungsgemeinschaften (RPG) des Landes Brandenburg. Alle fünf RPG haben ein regionales Energiekonzept erarbeitet, auch die für die Modellregion zuständige regionale Planungsgemeinschaft „Havelland-Fläming“. An diesem Energiekonzept hat auch der Landkreis Potsdam-Mittelmark aktiv mitgewirkt. Es umfasst aber nur die brandenburgischen Flächen. In Sachsen-Anhalt gibt es ebenfalls regionale Energiekonzepte (BMVI 2015), u. a. das Energiekonzept für den Landkreis Nordsachsen und für die Region Dübener Heide der Landkreise Wittenberg und Anhalt-Bitterfeld, die auf sachsen-anhaltischer Seite in die Projektregion fallen.

Die Erstellung eines eigenen, auf die Gebietskulisse der Projektregion Fläming bezogenen, länderübergreifenden regionalen Energiekonzeptes wird angesichts der bereits bestehenden landesspezifischen Aktivitäten eher schwer möglich sein. Es empfiehlt sich daher energiepolitisch, die bereits vorhandenen regionalen Energiekonzepte zu nutzen und die Ziele der Modellregion Fläming mittel- und langfristig an diese anzuknüpfen.

Die Tatsache, dass die Modellregion Fläming auch administrativ keine homogene Region ist, macht die Umsetzung der regionalen Leitbilder schwieriger. Eine politische Strategie sollte daher lauten, zur Umsetzung der Leitbilder konkrete Maßnahmen und Projekte zu entwickeln, die dann, je nach ihrer lokalen Verortung durch entsprechende Landesförderungen, z. B. im Rahmen der EU-Förderung (z. B. ESF, EFRE, ELER und/oder mittels LEADER), jeweils im sachsen-anhaltischen und brandenburgischen Teil der Projektregion umgesetzt werden können. Eine mehr auf Regionalität und integrierte ländliche Entwicklung ausgerichtete Regionalentwicklung, wie sie einige Leitsätze favorisieren (z. B. Leitsatz 1 und 5), kann hier ebenfalls an bereits gestartete LEADER-Aktivitäten in der Region anknüpfen. So gibt es in der NaLaMa-nT-Modellregion Fläming Flächenanteile an den drei LEADER-Regionen Mittlere Elbe-Fläming, Wittenberger Land (jeweils Sachsen-Anhalt) sowie Fläming-Havel (Brandenburg). In allen drei durch LEADER geförderten Regionen existieren Entwicklungsstrategien, die bis 2020 mit Mitteln der EU in ihrer konkreten Projektumsetzung gefördert werden. Diese Entwicklungsstrategien enthalten entsprechende Ziele für einzelne Handlungsfelder, u. a. regionale Wirtschaft, Natur- und Kulturraum, Daseinsvorsorge, Bildung und Lebensqualität (LAG MITTLERE ELBE-FLÄMING 2015), Anpassung der Region an den demographischen Wandel, innovative Projekte zur Energiewende und Anpassung an den Klimawandel, Sicherung von Fachkräften (LAG WITTENBERGER LAND 2015, S. 31), Infrastruktur und Daseinsfürsorge, Ortsbilder und den Naturraum erhalten und entwickeln (LAG FLÄMING-HAUEL 2014, S. 39 f.).

Die in den jeweiligen LEADER-Prozessen formulierten Ziele und Handlungsfelder bieten vielfältige Anknüpfungspunkte an die Leitbilder, die die Region Fläming im Rahmen von NaLaMa-nT erarbeitet hat. Es ist eine interessante politische Strategie, die Leitsätze und die damit verbundenen Ziele an bereits existierende Entwicklungsprozesse in der Region anzubinden, die sowohl politische als auch finanzielle Unterstützung seitens der EU und der jeweiligen Bundesländer erfahren. Eine Besonderheit bei LEADER in der Förderperiode 2014-2020 ist es, dass die LEADER-Methode (d. h. Regionalentwicklung im ländlichen Raum durch Vernetzung aller regionalen Akteure durch die Arbeit sogenannter lokaler Aktionsgruppen) nun erstmals auch fondsübergreifend zur Verfügung steht (sog. Multifondsansatz). Das heißt, es können Mittel aus verschiedenen Töpfen des Europäischen Struktur- und Investitionsfonds (ELER, EFRE, ESF) für die Umsetzung einer nachhaltigen Regionalentwicklung kombiniert eingesetzt werden. Dies zeigt z. B. die Entwicklungsstrategie der Region Wittenberger Land mit der Detailplanung bis 2020 auf (LAG WITTENBERGER LAND 2015, S. 72 ff.).

Die Strategie für die Modellregion Fläming sollte also lauten, ihre durch Leitbilder und einzelne Leitsätze formulierten Ziele, die Aspekte einer mehr regional orientierten nachhaltigen Entwicklung umfassen, stückweise in diejenigen politischen Umsetzungsprozesse der Region einzuspeisen, die bereits angelaufen sind und wo solche Strategien auch durch finanzielle Instrumente wie europäische

Fördermittel unterstützt werden. Diese spezielleren Leitsätze werden von den generellen politischen Rahmenbedingungen weniger stark befördert. Da die Modellregion als einzige Flächenanteile in zwei Bundesländern aufweist, sind hier jedoch unterschiedliche, jeweils auf die einzelnen Bundesländer begrenzte Fördermöglichkeiten zu beachten. Am relevantesten für die Umsetzung bestimmter Teilaspekte der Leitbilder erscheinen hier die bereits in der Region angelaufenen LEADER-Prozesse, die in beiden Bundesländern auch fondsübergreifend umgesetzt werden.

Zur Konkretisierung der Leitbilder und bei der Priorisierung der Maßnahmen zu ihrer Verwirklichung bieten sich die Informationen über die heutige und künftige, vom jeweiligen Entwicklungspfad abhängige Ausprägung der Nachhaltigkeitsindikatoren an.

7.3.3.6 *Folgerungen für ein nachhaltiges Landmanagement*

Beitrag von: Ko

Der Klimawandel wird die zukünftige Landnutzung in der Modellregion Fläming deutlich beeinflussen. Insgesamt wird es bis zum Jahr 2070 deutlich wärmer und die Hitzebelastung für Mensch und Tier nimmt hierdurch weiter zu. In geringerem Maße wächst die Belastung durch Schwüle. Die Kältebelastung im Winter geht gleichermaßen deutlich zurück, die Anzahl der Frosttage wird fast halbiert. Insgesamt verlängert sich die Vegetationsperiode um etwa einen Monat.

Die im Vergleich zu anderen Regionen bereits trockene Modellregion Fläming wird zukünftig voraussichtlich noch trockener. Dem deutlichen Niederschlagsrückgang in den Sommermonaten steht eine geringere Zunahme der Niederschläge im Winter gegenüber. Ein Ausgleich findet dadurch nur in geringem Umfang statt. Insgesamt gehört die Modellregion Fläming zu den Gebieten, die wegen der Zunahme der Trockenheit stärker vom Klimawandel betroffen sein könnten.

7.3.3.6.1 *Wasserwirtschaft*

Beiträge von: F1, W1a, W1b

Die zurzeit schon relativ geringen Jahresniederschläge (rund 570 mm) werden sich in Zukunft noch spürbar verringern. Dies gilt insbesondere für den Norden und den Westen der Modellregion, wo die Böden aufgrund der vorherrschenden Bodenverhältnisse häufig nur ein geringes Wasserspeichervermögen aufweisen. In Trockenphasen wird zukünftig pflanzenverfügbares Wasser wohl vielerorts nicht mehr ausreichend zur Verfügung stehen.

Bereits heute schränken die geringen Niederschläge die Grundwasserneubildung ein. Hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung weisen alle Modellsimulationen langfristig auf eine weitere Abnahme hin. Es muss daher damit gerechnet werden, dass zukünftig im Winterhalbjahr trockener Jahre keine vollständige Auffüllung des

Bodenwasserspeichers mehr erfolgt und eine ausreichende Wasserversorgung anspruchsvollerer landwirtschaftlicher Kulturen und junger Waldbestände gefährdet ist.

Auch die aktuelle und zukünftige Wasserqualität erscheinen problematisch, da die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser unter landwirtschaftlich genutzten Flächen bei Fortführung der bisherigen Bewirtschaftungsweise über dem gesamten Betrachtungszeitraum bei 111 bis 122 mg NO₃/l und damit deutlich oberhalb des Trinkwassergrenzwertes von 50 mg NO₃/l liegen. Die Nitratkonzentrationen bewegen sich in den Entwicklungspfaden Klimaschutz und Biodiversität nur wenig darunter (-3 bis -9 %) und zeigen auch eine mit dem Referenzpfad vergleichbare zeitliche Entwicklung. Die zugehörigen jährlichen Stickstofffrachten liegen während des gesamten Betrachtungszeitraumes bei 20 bis 27 kg/ha und damit unterhalb des derzeit zulässigen Stickstoffbilanzüberschusses nach der Düngeverordnung (BMELV 2012a) von 60 kg/ha/a.

Unter Wald liegen die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser derzeit auf einem niedrigen Niveau (4 mg NO₃/l). Aufgrund der Verringerung der Sickerwasserrate auf ein Drittel der aktuellen Menge, der Reduzierung der Bestandesvorräte und Humusverluste durch Temperaturerhöhungen ergibt sich bei Fortführung der bisherigen Bewirtschaftungsweise (Referenzpfad) ein Anstieg der Nitratkonzentrationen auf 46 mg NO₃/l bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes. Im Klimaschutzpfad steigen die Nitratkonzentrationen bei stärkerem Humusabbau und auf 1/5 der aktuellen Menge sinkende Sickerwasserflüsse bis 2070 sogar auf rund 85 mg NO₃/l an und überschreiten damit den rechtlich vorgegebenen Grenzwert für Trinkwasser von 50 mg NO₃/l. Dagegen dämpft eine Bewirtschaftungsweise gemäß den Vorgaben des Biodiversitätspfades (verzögerter Waldumbau) zeitweise den Anstieg der Nitratkonzentrationen, da hier der Humusabbau nur mäßig beschleunigt wird (2070: 13 mg NO₃/l). Einschränkend muss an dieser Stelle angemerkt werden, dass die hier vorgestellten Projektionen der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser unter Wald mit großen Unsicherheiten behaftet sind.

7.3.3.6.2 Forstwirtschaft

Beiträge von: Ko, F1, F4, F6

Die klimatischen Veränderungen der standörtlichen Verhältnisse werden sich direkt auf die forstbetrieblichen Ertragsaussichten und Produktionsrisiken auswirken. In der Region Fläming wird sich die bereits heute bestehende Trockenstressproblematik zukünftig weiter verschärfen. Selbst für die als trockenstresstolerant einzustufende Kiefer wird zunehmend eine mittlere Gefährdung projiziert, die nicht Existenz bedrohend ist, aber sich in einer geringeren Leistung und einer höheren Eintrittswahrscheinlichkeit abiotischer (u. a. Waldbrand) und biotischer Risiken (u. a. Kieferngrößschädlinge, Prachtkäfer) äußert.

Auch unter Berücksichtigung der Unsicherheiten der klimatischen Projektionen zeichnen sich selbst bei optimistischer Interpretation nur geringe Handlungsspielräume bei der Baumartenwahl ab. Dies spricht für eine stärkere Beteiligung anbauwürdiger und ökologisch zuträglicher, eingeführter Baumarten wie Douglasie, Küstentanne und Roteiche. Eine Diversifizierung des Baumartenspektrums durch Mischbestände, z. B. Laubholz in Mischung mit führender Kiefer oder Douglasie, ist notwendig, um die Risiken zu begrenzen bzw. besser zu verteilen. Hierbei sollte aus ökologischen Gründen auch die Buche zumindest als Begleitbaumart nicht ausgeschlossen werden. Ungeachtet der zahlreichen Buchenvoranbauten der Vergangenheit bleiben ihre Anbaumöglichkeiten aber insgesamt begrenzt, weil der Wasserbedarf von Buchenvoranbauten hoch ist, wie die Untersuchungen von PAUL et al. (2013) im Fläming gezeigt haben. Auch eine Förderung der Eiche/Roteiche sowie der Winterlinde erscheint auf geeigneten Standorten sinnvoll. Die Kiefer wird jedoch weiterhin die dominierende Hauptbaumart im Fläming bleiben, auch wenn andere Risiken, wie z. B. die künftig ansteigende Waldbrandgefahr oder der Kahlfraß durch Kiefern großschädlinge, nicht zu vernachlässigen sind (vgl. FLECK et al. 2015). Fragen der gesellschaftlichen Akzeptanz des Einsatzes von Insektiziden aus Gründen der Erhaltung der Wälder werden damit brisanter.

7.3.3.6.3 Landwirtschaft

Beiträge von: L3, L2b, L7

Die Erträge in der Modellregion Fläming sind im Vergleich zu den beiden westlichen Modellregionen niedrig. Dies ist insbesondere standörtlich bedingt (geringere Niederschläge und schwächere Böden). Außerdem muss im Fläming mit einer erhöhten Ertragsvariabilität bis hin zu Ertragsausfällen gerechnet werden. Diese Zunahme ist in veränderten Eintrittshäufigkeiten für widrige Umweltbedingungen infolge des Klimawandels zu sehen. Dies schließt auch das Eintreten von Hitzeperioden mit ein, welche in Zukunft auch wesentlich länger ausfallen können als bisher.

Die Klimaprojektionen zeigen, dass in Zukunft in der Modellregion Fläming mit einem deutlich erhöhten Trockenstressrisiko zu rechnen ist. Dies liegt insbesondere an der höheren Verdunstung in der Vegetationszeit und an der Verschiebung der Niederschläge in die Wintermonate. Von diesem Trockenstressrisiko sind besonders Sommergetreide und Hackfrüchte betroffen. Weiterhin zeigen die Untersuchungen, dass der Grünlandertrag ohne Bewässerung aufgrund der abnehmenden Sommer-niederschläge und dem damit verbundenen Risiko von Dürreperioden stagnieren wird.

Möglichkeiten, dem Klimawandel entgegenzuwirken, liegen in angepassten Managementstrategien und entsprechendem Züchtungsfortschritt. Zum Management zählt auch die Feldberegnung, die vor der Wende im Fläming noch weit verbreitet war und geeignet ist, in den Sommermonaten den Trockenstress deutlich zu entspannen. Durchschnittliche Bewässerungsmengen zur Sicherstellung der Erträge

liegen aktuell bei rund 90 mm/a und steigen im Laufe des Betrachtungszeitraumes auf bis zu 130 mm/a.

Ein weiterer Ansatz zur Risikobegrenzung sind Züchtungsstrategien, die darauf abzielen, kritische Entwicklungsphasen der Kulturpflanzen mit züchterischen Mitteln zu verkürzen, wie es zum Beispiel von mediterranen Sorten bekannt ist. Zusätzlich kann im Rahmen eines angepassten Zeitmanagements die Möglichkeit geschaffen werden, z. B. durch zweckmäßig gewählte Saattermine, das Zusammenreffen widriger Umweltbedingungen und kritischer Entwicklungsphasen zu vermeiden.

Durch den Einsatz von Wirtschaftsdünger aus der Tierhaltung kann der Humusgehalt des Bodens nachhaltig erhöht werden. Aufgrund der heutigen vergleichsweise geringen Bedeutung der Tierhaltung in der Modellregion Fläming (< 1 Großvieheinheit je Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche) könnten die Viehzahlen moderat aufgestockt werden, ohne die ökologischen Indikatoren zu verschlechtern.

Die Stickstoffsalden der Entwicklungspfade liegen mit 80 bis 100 kg/ha/a Überschuss deutlich über dem Optimalbereich von 0 bis 50 kg N/ha/a und auch über dem gesetzlich vorgegebenen Wert von 60 kg N/ha/a. Sie sind durch eine effizientere Stickstoffdüngung zukünftig zu reduzieren.

Der Entwicklungstrend des Humussaldos ist in der Modellregion insgesamt positiv. Insbesondere im Klimaschutzpfad kommt es durch die angenommene Ausweitung des Lupinenanbaus zu einer deutlichen Erhöhung des Humussaldos. Zum Ende des Berechnungszeitraumes erfolgt hier ein jährlicher Humusaufbau in Höhe von ca. 80 kg C/ha. Dieser Wert liegt nach der Bewertungsskala der VDLUFA (KÖRSCHENS et al. 2004) innerhalb des optimalen Bereiches von -75 bis 100 kg C/ha/a.

7.3.4 Oder-Spree

7.3.4.1 Klimaentwicklung

Beiträge von: K1, Ko

Bereits im Zeitraum 1951-2010 wurde eine Zunahme der Jahresmitteltemperatur in der Modellregion Oder-Spree um ca. 2,0 °C beobachtet. Die Klimaprojektionen legen nahe, dass sich dieser Trend in der Zukunft weiter fortsetzen wird. Danach nimmt die Jahresmitteltemperatur bis zum Jahr 2070 um weitere 2,3 °C zu (s. Tab. 33), sodass es dann in der Modellregion Oder-Spree insgesamt ca. 4,3 °C wärmer sein wird als zur Mitte des 20. Jahrhunderts.

Tabelle 33: *Simulationsergebnisse (Mittelwerte) ausgewählter klimatischer Parameter der Modellregion Oder-Spree für die Zeiträume 1991-2010 und 2051-2070*

Parameter	1991-2010	2051-2070	2051-2070 – 1991-2010	
			absolut	[%]
Jahresmittel Lufttemperatur (°C)	9,6	11,9	2,3	---
Jahresmittel Tmax (°C)	13,9	16,5	2,6	---
Jahresmittel Tmin (°C)	5,5	7,4	1,9	---
Sommermittel Tmax (°C)	24,0	25,8	1,8	---
Wintermittel Tmin (°C)	-1,7	0,9	2,6	---
Anzahl heiße Tage pro Jahr	10,9	20,6	9,7	89,0
Anzahl Kyselý-Tage pro Jahr (Tage in Hitzewellen)	5,3	8,6	3,3	62,3
Anzahl Tage mit Schwüle pro Jahr	13,3	19,3	6,0	45,1
Anzahl Frosttage pro Jahr	82,4	47,1	-35,3	-42,8
Anzahl Spätfröste April/(Mai)	3,8	1,2	-2,6	-68,4
Anzahl Barfrosttage	30,7	15,2	-15,5	-50,5
Jahressumme Niederschlag (mm)	584,9	527,9	-57,0	-9,7
Sommer Niederschlag (mm)	188,4	120,0	-68,4	-36,3
Winter Niederschlag (mm)	129,0	167,2	38,2	29,6
Anzahl Tage ohne Niederschlag pro Jahr	197,1	220,4	23,3	11,8
Jahressumme: Klimatische Wasserbilanz (mm)	-70,9	-223,0	-152,1	---
Sommer: Klimatische Wasserbilanz (mm)	-147,2	-257,7	-110,5	---
Länge Vegetationsperiode	179,0	211,5	32,5	18,2
Mittlere Schneedeckenhöhe (cm)	7,0	8,3	1,3	18,6
Anzahl Tage mit Schneehöhe ≥ 10 cm	5,0	8,4	3,4	68,0
Mittlere Andauer der Tage mit Schneehöhe ≥ 10 cm	3,8	2,8	-1,0	-26,3

Für das Jahresmittel des Tagesmaximums fällt die Zunahme mit 2,6 °C noch etwas höher aus. Das Jahresmittel des Tagesminimums erhöht sich hingegen „nur“ um 1,9 °C. Die durchschnittliche tägliche Temperaturspanne vergrößert sich ebenfalls. Deutlich sichtbar wird die Temperaturzunahme auch in den geänderten Häufigkeiten von Tagen mit extremen Wetterbedingungen. So nimmt die Zahl der „heißen Tage“ gegenüber dem Vergleichszeitraum der Jahre 1991-2010 um 89 % zu. Auch die Anzahl der Tage mit Hitzebelastung (Kyselý 2004) sowie die Tage mit Schwüle erhöhen sich.

Die Erwärmung führt ebenfalls zu einer verringerten Kältebelastung im Winter. Die Anzahl der Frosttage geht um knapp die Hälfte (43 %) zurück. Dennoch sind auch zukünftig immer noch vereinzelt Spätfröste möglich (in der Periode 2051-2070 im Mittel ca. 1 Tag pro Jahr). Letztlich führt die durchschnittliche Lufterwärmung bis 2070 zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode um einen Monat (33 Tage, bzw. 18 %; s. Tab. 33).

Die Modellregion Oder-Spree gehört schon heute zu den trockensten Regionen Deutschlands. Die Modellsimulationen deuten darauf hin, dass sich diese Situation noch verschärfen wird. Demnach wird zukünftig im Landkreis Oder-Spree im Vergleich zu den durchschnittlichen Verhältnissen der Norddeutschen Tiefebene die jährliche Jahresniederschlagsmenge besonders stark zurückgehen. Statt derzeit 585 mm werden dann (2051-2070) nur noch 528 mm erreicht (-10 %). Vor allem die Sommermonate (Juni-August) sind von diesem Rückgang besonders getroffen. Hier verringert sich die Niederschlagsmenge um mehr als ein Drittel von 188 mm auf 120 mm. Hierdurch verschlechtert sich die Wasserversorgung von Pflanzen und Tieren in dieser Zeit deutlich. Dagegen nehmen im Winter die Niederschläge um 38 mm (ca. +30 %) leicht zu (s. Tab. 33).

Die Feuchteverhältnisse werden aber nicht nur durch den Niederschlag, sondern auch durch die Verdunstung bestimmt, die bei wärmerer und sonnenreicherer Witterung zunimmt. Ein Maß für die Feuchteverhältnisse ist u. a. die Klimatische Wasserbilanz. Auf das Jahr bezogen ist diese Bilanz in großen Teilen der Norddeutschen Tiefebene derzeit positiv, im Osten bis Südosten allerdings negativ. In der Modellregion Oder-Spree wird sie nach den durchgeführten Berechnungen bis 2070 von dem aktuellen Jahreswert von -71 mm (1991-2010) auf -223 mm abfallen. Allein für die drei Sommermonate beträgt der Rückgang 111 mm (s. Tab. 33). Die Sommer werden somit deutlich trockener als sie es heute bereits sind.

7.3.4.2 Entwicklung der Landnutzung

7.3.4.2.1 Wasserhaushalt

Beiträge von: F1, W1b, L1

In der Modellregion Oder-Spree herrscht ein subkontinentales Klima mit, im Vergleich zu den sonstigen Verhältnissen in Deutschland, sehr geringen Niederschlägen. Aktuell liegen die mittleren Jahresniederschläge in der Modellregion bei 585 mm und sind damit als sehr gering einzustufen. Insofern sind die vielfach vorherrschenden Sandböden mit ihrer geringen Wasserspeicherkapazität für eine ertragreiche Land- und Forstwirtschaft eher ungünstig. Dieser Umstand wird aber forstwirtschaftlich etwas dadurch abgemildert, dass die Bäume auf etwa 22 % der Waldflächen Grundwasseranschluss haben.

7.3.4.2.1.1 Grundwasserneubildung

Beiträge von: F1, W1a, W1b

Die geringen Jahresniederschläge lassen auch bei bereits eingeschränkten Evapotranspirationsraten nur wenig Grundwasserneubildung unter Wald zu. Solange die Niederschläge im verwendeten Klimaszenario mehr oder weniger konstant bleiben (1991-2050), liegt auch die Grundwasserneubildung im Referenzpfad unter Wald konstant bei ca. 80 mm/a (s. Abb. 170). Der starke Rückgang der Niederschläge in der letzten Periode um rund 50 mm wirkt sich dann nur zu einem kleinen Teil auf die Evapotranspirationsraten aus, der größte Teil der Reduktion entfällt auf die Grundwasserneubildung, die um 40 mm/a abnimmt und sich dadurch gegenüber dem Status quo halbiert. Der Effekt der älteren und weniger dichten Bestände des Biodiversitätspfads mit ihren geringeren Transpirationsraten und Interzeptionsverlusten mildert dieses Ergebnis nur wenig ab (45 mm/a im Zeitraum 2051-2070). Umgekehrt bewirkt das Aufwachsen junger und besonders stark transpirierender Douglasienbestände im Klimaschutzpfad eine noch stärkere Abnahme der Grundwasserneubildung auf dann nur noch 28 mm/a.

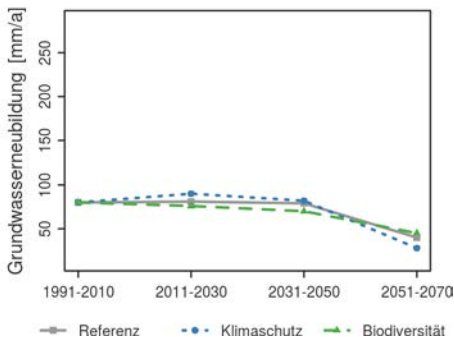


Abbildung 170: Entwicklung der Grundwasserneubildung unter Wald (Modell: WaSiM-ETH)

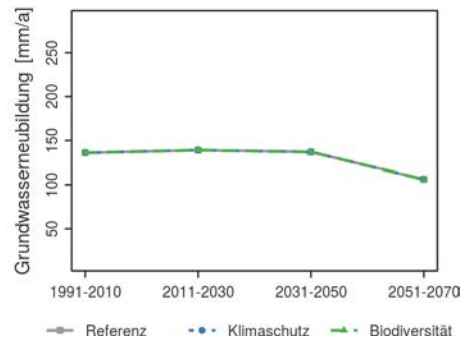


Abbildung 171: Entwicklung der Grundwasserneubildung unter landwirtschaftlichen Flächen (Modell: WaSiM-ETH)

Die berechnete Grundwasserneubildung auf den landwirtschaftlichen Flächen in der Modellregion liegt bei knapp 140 mm/a (s. Abb. 171). Ähnlich wie für die Waldflächen bleibt die Höhe der Grundwasserneubildung in den Zeitscheiben 2011-2030 und 2031-2050 konstant. Erst in den letzten 20 Jahren des Betrachtungszeitraumes muss mit einer deutlichen Verminderung der Grundwasserneubildung auf rund 100 mm/a gerechnet werden.

Die Modellrechnungen für alle Landnutzungsformen weisen auf eine weitere Abnahme der Grundwasserneubildung von heute 140 mm/a auf ca. 100 mm/a am Ende des Betrachtungszeitraums (2070) hin (s. Abb. 172). Da bereits unter den heutigen Klimabedingungen die mittlere Grundwasserneubildung gering ist, muss in Zukunft davon ausgegangen werden, dass im Winterhalbjahr trockener Jahre, insbesondere unter Waldflächen, keine vollständige Auffüllung des Bodenwasserspeichers mehr erfolgt.

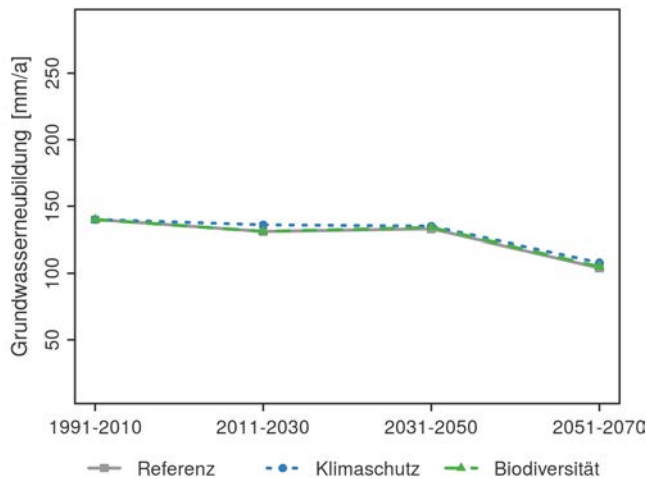


Abbildung 172: Entwicklung der Grundwasserneubildung für alle Landnutzungsformen (Modell: SWAT, Flächenbezug: Teileinzugsgebiet des Demnitzer Mühlentfließ)

7.3.4.2.1.2 Abflussspende

Beitrag von: W1a

Die mit dem Modell SWAT für das Einzugsgebiet des Mühlentfließ (3 % der Fläche der Modellregion Oder-Spree) berechnete Abflussspende sinkt in allen drei Entwicklungspfaden von 1,9 l/s/km² im Status quo auf 1,1 l/s/km² in der letzten Zeitscheibe (2051-2070). Dies entspricht in etwa dem mittleren relativen Verlauf der Grundwasserneubildung. Die Unterschiede zwischen den Entwicklungspfaden sind sehr gering, da für diesen Indikator bei gleichbleibenden Landnutzungsanteilen vor allem klimatische Faktoren ausschlaggebend sind.

7.3.4.2.1.3 Nitrat im Sickerwasser

Beiträge von: F1, L3

Die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser werden überwiegend durch Einträge aus der Landwirtschaft bestimmt, hier vor allem durch die mineralische und organische Stickstoffdüngung. Die Stickstoffdepositionen sind in dieser Modellregion eher gering. Die Konzentrationen im Sickerwasser werden langfristig allerdings aufgrund der sinkenden Sickerwasserrate (Rückgang des Verdünnungseffektes) steigen.

Nachfolgend werden die modellierten Ergebnisse zur Entwicklung der Nitratgehalte im Sickerwasser jeweils getrennt für Forst- und Landwirtschaft dargestellt.

Die aktuellen Nitratkonzentrationen unter Wald liegen bei mäßiger Stickstoffdeposition und geringen Sickerwassermengen auf einem niedrigen Niveau (7 mg NO₃/l, s. Abb. 173). Durch die allmählich sinkenden Depositionsmengen und eine vorerst leichte Zunahme der Sickerwassermengen sinkt die Nitratkonzentration zunächst noch leicht (6,1 mg NO₃/l im Zeitraum 2011-2030). Am Ende des Betrachtungszeitraumes (2051-2070) resultiert aus der Halbierung der Sickerwasserrate im Biodiversitätsszenario in etwa eine Verdoppelung der Nitratkonzentrationen (15 mg NO₃/l). In den Entwicklungspfaden Referenz und Klimaschutz werden im Zuge der Modellsimulationen die Bestandesvorräte drastisch reduziert (vgl. Abb. 177, rechts oben). Demzufolge verringert sich aufgrund der geringeren kontinuierlichen Streufallmenge und dadurch geringerer Kohlenstoffakkumulation die Stickstoffspeicherrate. Entsprechend kommt es im Referenzpfad zu einem Anstieg der Nitratkonzentrationen bis auf 42,2 mg NO₃/l in 2051-2070. Da sich im Klimaschutzpfad die Sickerwasserrate auf etwa 1/3 reduziert, fällt der Anstieg entsprechend stärker aus (66,4 mg NO₃/l in 2051-2070).

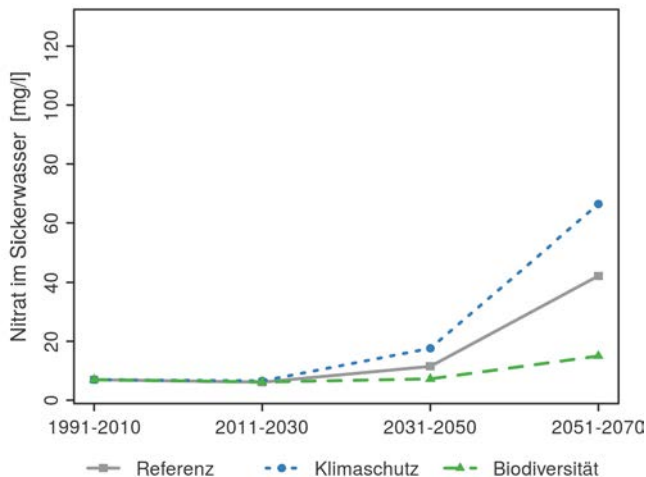


Abbildung 173: Entwicklung des Nitratgehalts im Sickerwasser unter Wald (Modelle: WaSiM-ETH u. VSD+)

Ein weiterer Treiber der Stickstoffsättigung (ABER et al. 1989) und der damit verbundenen höheren Nitratausträge sind die immer niedriger werdenden Stickstoffentzüge aufgrund der deutlich absinkenden Zuwachsleistungen der Bestände (vgl. Abb. 177, rechts oben). Die Entwicklungspfade ergeben zum Ende des Betrachtungszeitraumes nur noch Zuwächse zwischen 4,1 und 6,3 m³/ha/a, was zu einer erheblichen Reduzierung der „Stickstoffsénke Zuwachs“ führt. Durch den Temperaturanstieg und damit verbundenen höheren Abbauraten der organischen Substanz werden die vorab beschriebenen Effekte noch verstärkt. Die absoluten Werte der zukünftigen Nitratausträge sollten jedoch aufgrund der hohen Unsicherheiten in der Modellkette (vgl. FLECK et al. 2017) nur als Trend angesehen werden. Insbesondere der Temperatureinfluss auf den Abbau unterschiedlich stabiler Fraktionen der organischen Substanz im Boden wird in der wissenschaftlichen Literatur zum Teil noch sehr konträr diskutiert.

Die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser unter den landwirtschaftlich genutzten Flächen der Modellregion liegen unter Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen für die Stickstoffdüngung und bei Fortführung der bisherigen Wirtschaftsweise (Referenzpfad) während des gesamten Betrachtungszeitraumes bei 102 bis 122 mg NO₃/l (s. Abb. 174; zurzeit existiert kein Grenzwert für Sickerwasser, der Trinkwassergrenzwert liegt derzeit bei 50 mg NO₃/l).

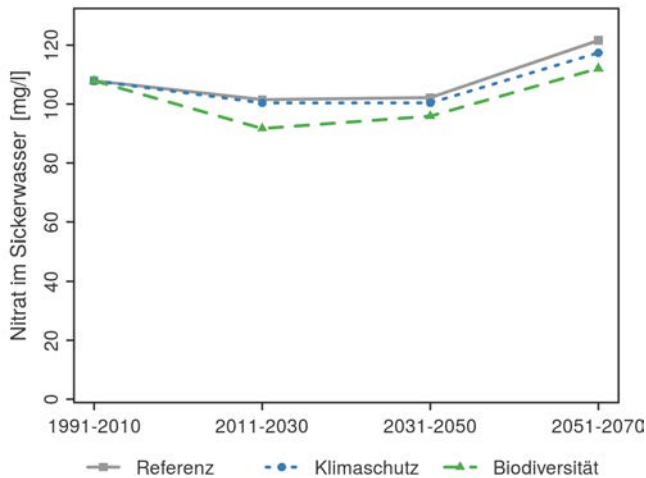


Abbildung 174: Entwicklung des Nitratgehalts im Sickerwasser unter landwirtschaftlichen Flächen (Modell: HERMES)

Die Nitrat-N-Frachten (NO₃-N) liegen relativ konstant bei 41 bis 44 kg/ha (Grenzwert für Bilanzüberschüsse nach der Düngerverordnung ist 60 kg/ha (BMELV 2012a)). Der leichte Anstieg der Konzentration gegen Ende des Betrachtungszeitraumes ist der sinkenden Sickerwasserrate geschuldet, was bei vergleichbaren Stofffrachten (absolute Werte) zu einer höheren Konzentration führt. Die Konzentrationen in den Entwicklungspfaden Klimaschutz (95 %) und Biodiversität (90 %)

sind unwesentlich geringer als im Referenzpfad und zeigen eine vergleichbare Entwicklung über die Zeit.

7.3.4.2.1.4 *Nitrat im Grundwasser und in Fließgewässern*

Beiträge von: W1a, W1b

Die Nitratgehalte des Grundwassers und der Fließgewässer werden, analog zu den Nitratgehalten im Sickerwasser, überwiegend durch landwirtschaftliche Einträge bestimmt. Nach einem zwischenzeitlichen Rückgang der Nitratgehalte bis zum Zeitraum 2031-2050 steigen die Nitratgehalte im Grundwasser sowohl im Referenzpfad als auch im Biodiversitätspfad bis zur letzten Zeitscheibe (2051-2070) um 11 % über den Wert des Status quo. Im Klimaschutzpfad wird im gesamten Projektionszeitraum (2011-2070) ein Niveau erwartet, das im Durchschnitt 31 % über dem Status quo liegt. Gegen Ende des Simulationszeitraums wird aber auch hier ein um 11 % über dem Status quo liegendes Niveau der Nitratkonzentrationen im Grundwasser erreicht.

Mit einem ähnlichen zeitlichen Verlauf steigen die Nitratgehalte der Fließgewässer bis 2060 im Referenz- und im Biodiversitätspfad um 32 % bzw. 29 % im Vergleich zum Status quo. Abweichend von der Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Grundwasser, sind in den Fließgewässern die Steigerungen mit 48 % gegenüber dem Status quo noch höher. Der Verlauf ist auf einem insgesamt um 68 % höheren Niveau im gesamten Projektionszeitraum (2011-2070) noch extremer als bei der relativen Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Grundwasser.

7.3.4.2.1.5 *Phosphat in Fließgewässern*

Beitrag von: W1a

Die Phosphatkonzentrationen sinken im Vergleich zum Status quo in allen drei Entwicklungspfaden bis 2070 um etwa 75 %. Dabei ist im Biodiversitätspfad aufgrund der den Düngereintrag verringernenden Gewässerrandstreifen ein von Anfang an geringeres Niveau der Phosphatkonzentrationen zu erwarten, hier beträgt die Abnahme insgesamt 81 %.

7.3.4.2.2 Forstwirtschaft

7.3.4.2.2.1 *Der aktuelle Waldzustand*

Beiträge von: F4, Ko

Auf rund 48 % der Fläche der Modellregion Oder-Spree wachsen Wälder. Damit ist diese Region im Vergleich zu den durchschnittlichen Verhältnissen im Norddeutschen Tiefland mit einem Waldanteil von ca. 23 % (CORINE LANDCOVER 2006, HANSEN et al. 2013) eine walddreiche Gegend.

Die Dominanz der Kiefer ist charakteristisch. Von den Laubbaumarten nimmt die Eiche mit 6 % aktuell den größten Flächenanteil ein. Die Edellaubbaumarten (ALh), wie Esche und Ahorn sowie die Weichlaubbaumarten Birke und z. B. Erle

(ALn) wachsen jeweils auf weniger als 5 % der Waldfläche (s. Abb. 175). Die Altersklassenstruktur wird aktuell durch Bestände im Alter von 41 bis 60 Jahren dominiert (s. Abb. 176).

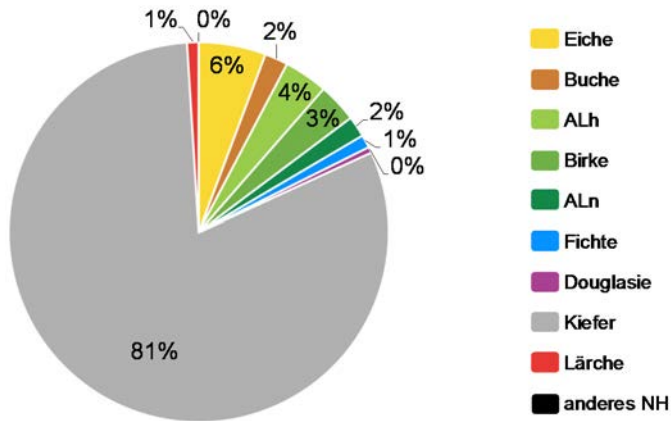


Abbildung 175: Flächenanteile der Baumarten zum Status quo

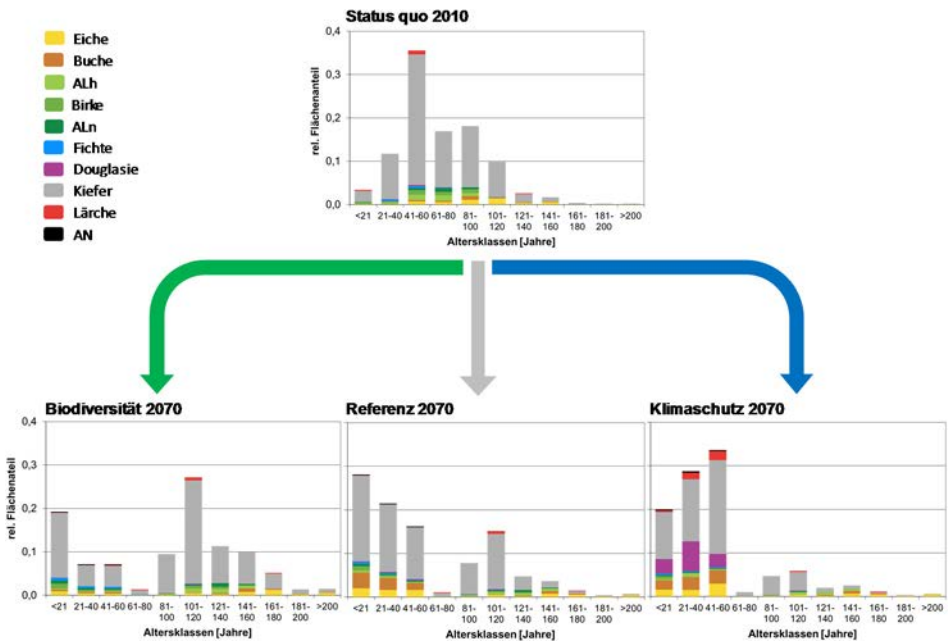


Abbildung 176: Baumartenspezifische Altersklassenverteilung zum Status quo sowie deren Entwicklung unter den drei Entwicklungspfaden Biodiversität, Referenz und Klimaschutz

7.3.4.2.2.2 Veränderung des Waldzustandes

Beiträge von: F4, Ko

Eine Fortsetzung der bisherigen Bewirtschaftung der Wälder in der Modellregion Oder-Spree (*Referenzpfad*) führt nach den Ergebnissen der Simulationsrechnungen unter Vernachlässigung der verschiedenen Risikofaktoren zu einem mäßig verstärkten Anbau der Laubbaumarten Buche und Eiche. Der Flächenanteil der Kiefer sinkt vor allem dadurch um 8 %. Die Buchen werden jedoch im Regelfall nur als Beimischung zur Kiefer gepflanzt, um den Anteil reiner Kiefernbestände aufgrund ökologischer Überlegungen zu verringern.

Durch eine moderate Erhöhung der Nutzungen und vor dem Hintergrund des stark unausgeglichene Altersklassenverhältnisses verringert sich der durchschnittliche Holzvorrat vergleichsweise stetig von derzeit 275 Kubikmeter (Vorratsfestmeter mit Rinde = Vfm) je Hektar um rund 70 Vfm bis zum Jahr 2070 (s. Abb. 177, links). Die Verringerung der Bestandesvorräte beruht u. a. auf der im Entwicklungspfad vorgegebenen Mischwaldmehrung, die zu einer Erhöhung der Laubbaumanteile (vor allem Buche) führt. Laubbäume wachsen im Vergleich zu den meisten Nadelbaumarten langsamer, d. h. ihr jährlicher Volumenzuwachs ist geringer. Gleichzeitig verringert sich auch das durchschnittliche Alter der Wälder von knapp 70 Jahren auf knapp 60 Jahre.

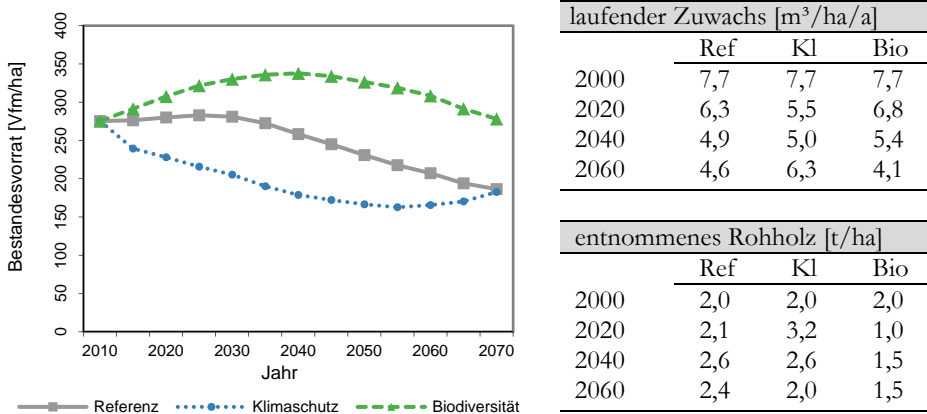


Abbildung 177: Entwicklung des Bestandesvorrates (links), des laufenden Zuwachses (rechts oben) sowie des entnommenen Rohholzes (rechts unten) unter den drei Entwicklungspfaden Biodiversität, Referenz und Klimaschutz

Die Modellrechnungen zeigen, dass der laufende jährliche Volumenzuwachs als Maß der Produktivität der Wälder bis zum Zeitraum 2051-2070 von 7,7 auf 4,6 Vfm/ha/a zurückgeht. Die deutlichsten Zuwachsrückgänge sind in den ersten vier Jahrzehnten zu verzeichnen (s. Abb. 177, rechts oben).

In der *Biodiversitätsvariante* werden vorrangig höhere Altholzanteile, stärkere Baumdimensionen und damit verbunden auch ein höheres durchschnittliches Alter der Bestände angestrebt. Hierzu wird die Intensität der Holznutzung gegenüber dem Referenzpfad allgemein deutlich gesenkt (s. Abb. 177, rechts unten). Aufgrund der geringeren Holznutzung erhöht sich das Durchschnittsalter der Bestände von derzeit knapp 70 auf gut 90 Jahre in 2070. Demzufolge steigt auch deren mittlerer Vorrat bis 2070 von derzeit 275 Vfm/ha auf rund 280 Vfm/ha an, zwischenzeitlich werden sogar gut 330 Vfm/ha erreicht (s. Abb. 177, links).

Der laufende Zuwachs sinkt von derzeit 7,7 Vfm/ha/a auf 4,1 Vfm/ha/a in der Periode 2051-2070. Durch die im Entwicklungspfad Biodiversität vorgegebene Behandlung erfolgt nur ein sehr langsamer Umbau – unter Vernachlässigung des Trockenstressrisikos – der Bestände zu naturnahen Waldgesellschaften. Die Baumartenverteilung verändert sich daher nahezu nicht (s. Abb. 178).

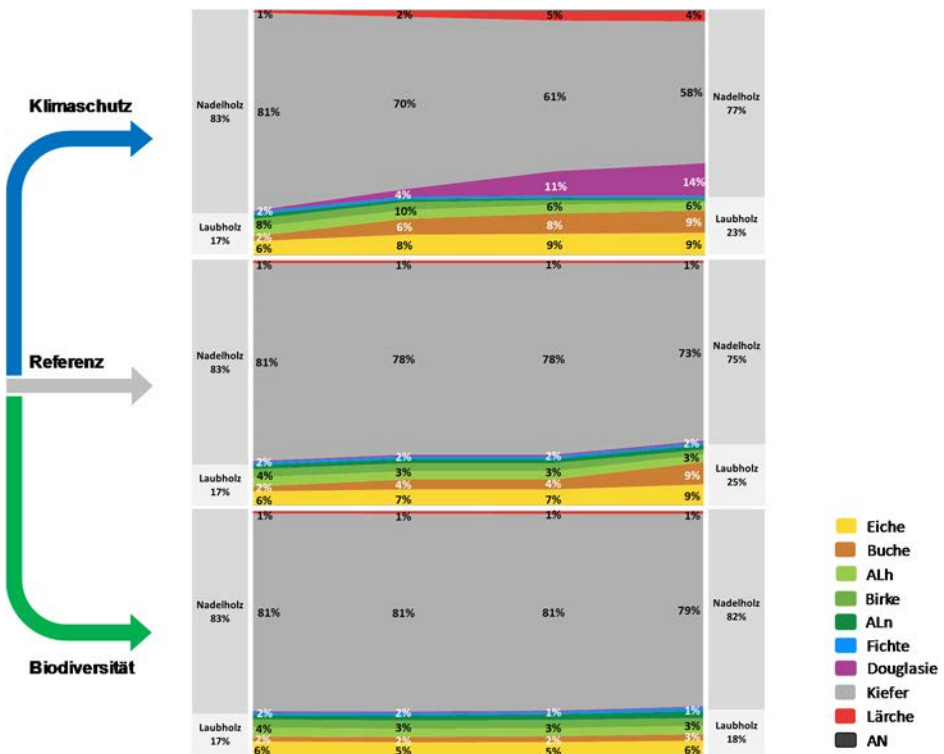


Abbildung 178: Baumartenspezifische Flächenanteile zum Status quo sowie deren Entwicklung unter den drei Entwicklungspfaden Biodiversität, Referenz und Klimaschutz

Die Handlungsstrategie *Klimaschutz* setzt auf eine Bewirtschaftung von Wäldern, mit der – stärker als bisher – Kohlenstoff im Wald und in Holzprodukten gespeichert wird sowie fossile Energieträger bzw. energieaufwändige Bau- und Werkstoffe durch

Holz substituiert werden können. Die Strategie setzt daher auf verstärkten Umbau, insbesondere ertragsschwacher Wälder zugunsten vorratsreicher und zuwachsstarker Mischwälder mit führenden Nadelbaumarten. Einer Reduktion des Birken- und sonstigen Weichlaubbaumanteils zugunsten der Douglasie folgt aber auch – unter Vernachlässigung des Trockenstressrisikos – eine Ausweitung der Buchenanteile. Die Buche wird in vielen Fällen den Nadelbaumarten beigemischt (s. Abb. 178).

Die Umbaumaßnahmen bewirken zunächst eine spürbare Reduktion des laufenden Zuwachses auf rund 5 Vfm/ha/a (s. Abb. 177, rechts oben). Zum Ende des Betrachtungszeitraumes deutet sich jedoch eine Umkehr dieser Entwicklung an, da dann zunehmend zuwachsstarke junge Nadelbaumbestände ihre produktivste Entwicklungsphase mit ca. 6,3 Vfm/ha/a erreichen.

Der Waldumbau findet im Klimaschutzpfad frühzeitig und kontinuierlich statt, was am Ende der Projektionsperiode an den hohen Flächenanteilen in den Altersklassen bis 60 Jahre (s. Abb. 176), dem kontinuierlichen Vorratsabbau und den hohen Entnahmemengen (s. Abb. 177, rechts unten) in allen drei Projektionszeiträumen deutlich wird. Der Waldumbau drängt die dominierende Kiefer zugunsten der ertragsstarken Mischbestände aus Douglasie und Buche zurück.

7.3.4.2.2.3 *Baumvitalität*

Beitrag von: F2

In der Modellregion Oder-Spree überrascht der sehr gute Kronenzustand der Douglasie über alle vier Untersuchungsjahre. Der Kronenverlichtungsgrad der untersuchten Kiefern und Eichen war etwas höher als im Fläming, aber deutlich geringer als in den beiden westlichen Modellregionen. Der Kronenzustand der Rotbuchen war schlechter als in Uelzen und im Fläming, aber besser als in der Modellregion in Diepholz.

Auch in der Modellregion Oder-Spree zeigten die Werte für die Osmolalität, hier auch bei der Kiefer in den Jahren 2012 bis 2014, bei der Douglasie 2011 und 2014 sowie bei der Eiche 2013 und 2014, im Gegensatz zu den beiden westlichen Modellregionen zumindest kurzzeitige Wassermangelbedingungen an (s. Abb. 179).

Im Vergleich der Modellregionen sind die insgesamt höheren Werte der Osmolalität in der Region Oder-Spree (für die beiden Baumarten Kiefer und Eiche mit Signifikanz $p \leq 0,05$, Tukey-Test) sowie die signifikant höheren prozentualen Prolingehalte der beiden Nadelbaumarten ein Hinweis für die geringere Wasserverfügbarkeit in den östlichsten Waldbeständen. Der insgesamt gute Kronenzustand und der jährliche Kreisflächenzuwachs der Bäume zeigen jedoch, dass diese Bestände sehr gut an die trockeneren Bedingungen angepasst sind.

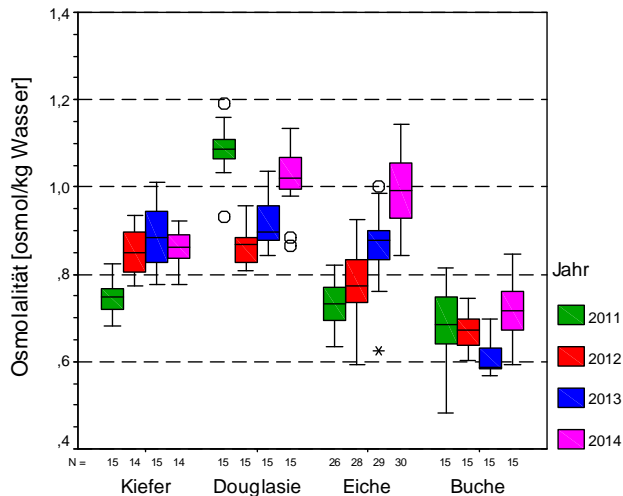


Abbildung 179: Osmolalität des Nadel- bzw. Blatt-Presssaftes der verschiedenen Baumarten in den vier Untersuchungsjahren

7.3.4.2.2.4 Trockenstress Beitrag von: F1

Unter den heutigen Klimabedingungen ist die Standortwasserbilanz (Summe aus Klimatischer Wasserbilanz in der Vegetationsperiode und der nutzbaren Feldkapazität) für die Wälder in der Region Oder-Spree im Mittel aller Stichprobenpunkte mit -105 mm deutlich negativ. Bis zum Jahr 2030 wird sich dieser Wert auf -153 mm verschlechtern.

Da die Kiefer einen relativ geringen Wasserbedarf hat und auf mehr als 90 % der Standorte die führende Baumart ist, wird das Trockenstressrisiko zurzeit als gering eingestuft. Nur auf weniger als 1 % der Waldstandorte wird bereits heute für die vorhandenen Wälder ein hohes und auf gut 3 % der Flächen ein mittleres Trockenstressrisiko ausgewiesen (s. Abb. 180).

Hierbei handelt es sich ausschließlich um Buchen- und Fichtenbestände. Ausgehend von der Ist-Bestockung hat dies zur Folge, dass – je nach Entwicklungspfad – in Zukunft für rund 9 % der Bestände (Buche) ein hohes Trockenstressrisiko zu erwarten ist. Circa 70 % aller Stichprobenpunkte weisen ein mittleres Risiko auf. Beim Vergleich der Entwicklungspfade zeigen sich im Hinblick auf das Trockenstressrisiko kaum Unterschiede. Insgesamt muss das künftige Risiko von Ertrags- und Vitalitätseinbußen für die Bestände in der Region Oder-Spree als deutlich erhöht eingestuft werden. Betroffen sind langfristig fast alle Waldstandorte. Nur die Bestände, die auf grundwassernahen Standorten (ca. 20 %) wachsen, sind diesbezüglich günstiger einzuschätzen.

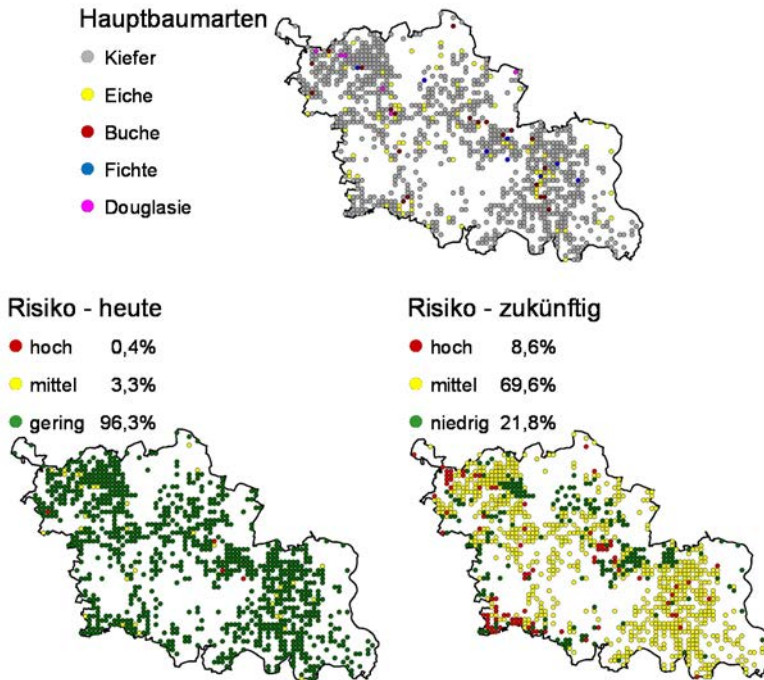


Abbildung 180: Hauptbaumarten an den betrachteten Stichprobenpunkten (oben) sowie ihre Gefährdung durch Trockenstress heute (unten links) und zukünftig (unten rechts) in Prozent der Stichprobenpunkte (Risikoklassen nach SPELLMANN et al. 2011)

Eine Berücksichtigung des Trockenstressrisikos würde zu einer deutlichen Änderung der zuvor für die Entwicklungspfade beschriebenen Baumartenzusammensetzungen führen. Hiervon sind insbesondere die Buchen- und Fichtenanteile betroffen, die weitgehend ausfallen. Davon würden Eiche und Douglasie profitieren. Gleichzeitig wird der Anteil der trockenstresstoleranten Baumart Kiefer nicht so gering ausfallen wie zuvor simuliert (s. Abb. 178).

Ab 2031 nimmt das Risiko von Ertrags- und Vitalitätseinbußen jedoch deutlich zu (s. Abb. 181). Die Standortwasserbilanz sinkt bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes (2070) auf knapp -350 mm.

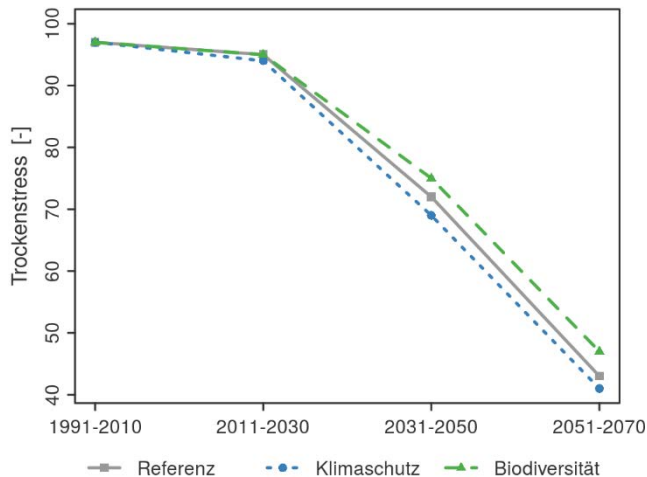


Abbildung 181: Entwicklung des Trockenstress-Index für Waldflächen (0 = extremer Stress, 100 = kein Stress)

7.3.4.2.2.5 Sturmschäden

Beitrag von: F4

Das Windwurfisiko ist aufgrund der sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeit sehr starker Stürme in dieser Region von unter 10 % im Jahrzehnt eher nachrangig. Da orkanartige Stürme überwiegend im Winterhalbjahr auftreten, wären in dieser laubfreien Zeit vor allem Nadelbäume betroffen. Anfällig sind vor allem die älteren Bestände, da das Windwurfisiko mit der Bestandeshöhe steigt. Im Falle eines Sturmereignisses hätte die kieferndominierte Modellregion Oder-Spree fast ausschließlich Verluste in Kiefernbeständen zu befürchten. Allerdings käme es dann bei den hier seltenen Baumarten Fichte, Lärche und Douglasie zukünftig wahrscheinlich öfter zu Totalverlusten.

7.3.4.2.2.6 Waldbrandrisiko

Beitrag von: F1

Das Waldbrandrisiko ist schon heute relativ hoch: Gemäß den Modellrechnungen werden bereits durchschnittlich 20 ha (0,02 % der Waldfläche) jährlich durch Waldbrände vernichtet (s. Abb. 182).

Die Entwicklungspfade beeinflussen diesen klimabedingten Trend in unterschiedlichem Maße. Ausschlaggebend ist die jeweilige Reduzierung des Kiefernanteils in dem betrachteten Entwicklungspfad. Generell ist dabei festzustellen, dass das Waldbrandrisiko nach einer leichten Abnahme in der näheren Zukunft (bis 2030) bis zum Ende des Beobachtungszeitraums (2070) deutlich ansteigen wird. Bei Fortführung der bisher üblichen Wirtschaftsweise ist zu diesem Zeitpunkt ein durchschnittlicher Verlust von rund 60 ha/a zu erwarten. Im Biodiversitätspfad sind es gut 70 ha/a und bei Anwendung der klimaschutzorientierten Bewirtschaftung sind

es knapp 47 ha/a. Selbst wenn man nur den letzten Wert betrachtet, bleibt festzuhalten, dass in der Modellregion Oder-Spree bis 2070 von mehr als einer Verdoppelung des klimabedingten Waldbrandrisikos auszugehen ist (s. Abb. 182).

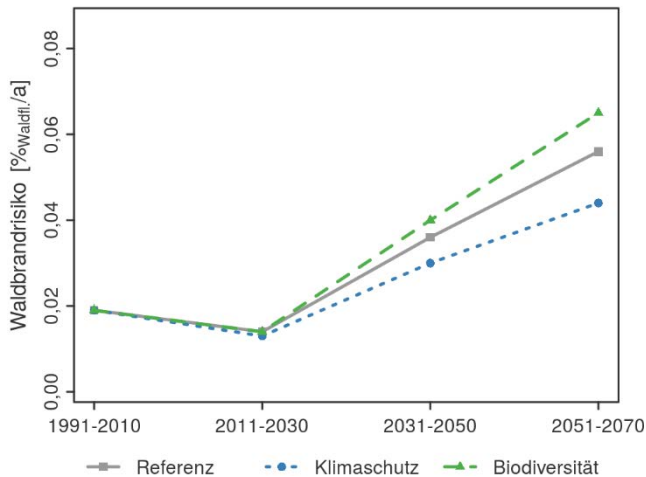


Abbildung 182: Entwicklung des Waldbrandrisikos (Modell: FWI)

7.3.4.2.2.7 Waldschutz

Beiträge von: F3a, F3b

Die den Wald dominierenden Kiefernbestände liegen vorwiegend in den Hauptschadensgebieten (mehr als drei schwere Gradationen in den vergangenen 150 Jahren) der sogenannten Kieferngrößschädlinge. Dies sind insbesondere die Schmetterlingsarten Forleule (*Panolis flammea*), Kiefernspinner (*Dendrolimus pini*) und Kiefernspanner (*Bupalus piniaria*). Eine Ausnahme hiervon bildet nur die Nonne (*Lymantria monacha*), eine Schmetterlingsart, die polyphag ist und hier nur in einem Nebenschadensgebiet auftritt.

Die Region weist in der jüngsten Vergangenheit regelmäßig hohe Schaddichten mit derzeit ansteigenden Populationsdichten auf. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass hier viele Massenvermehrungen erfahrungsgemäß vor einer Gefährdung der Bestände abbrechen, sodass im Vergleich zur Modellregion Fläming von einem deutlich geringeren Risiko auszugehen ist.

Die Forleule tritt regelmäßig in hohen Dichten auf. Seit 1997 brechen die Massenvermehrungen häufig aufgrund von trocken-warmen Frühjahrsbedingungen und niederschlagsreichen, kühlen Sommerabschnitten frühzeitig ab. Die Ergebnisse phänologischer Modellierungen weisen auf gute Voraussetzungen für erhöhte Schaddichten bei frühem Falterschlupf, gefolgt von günstigen klimatischen Frühjahrsbedingungen während der Eiablage hin. Langfristig gehen die Risiken durch die Forleule bei weiterhin ansteigenden Temperaturen voraussichtlich zurück.

Für den Kiefernspinner konnte ein starker Zusammenhang zwischen regionalklimatischen Faktoren und der Entwicklung der Schaddichten belegt werden. Steigende Temperaturen und abnehmende Niederschläge begünstigen die Entwicklung dieses Schmetterlings und erhöhen das zukünftige Risiko der Kiefernwälder.

Für die Erfassung von Schäden durch die Pilzart Wurzelschwamm (*Heterobasidion annosum* s. l.) wurden repräsentativ 36 Flächen mit Kiefernbestockung im Alter von 21-133 Jahren in der Region Oder-Spree untersucht. Der Anteil der durch Wurzelschwamm geschädigten Bestände lag demnach bei 17 %. In den meisten Fällen handelt es sich bisher um geringe Schäden. Bedeutende, allein durch den Wurzelschwamm verursachte Beeinträchtigungen, die bis zur Bestandesauflösung gehen können, wurden nicht festgestellt, obwohl 90 % der erfassten Kiefern latent mit Wurzelschwamm befallen waren. Bei der Populationsanalyse wurde der Kiefern-Wurzelschwamm (*H. annosum* s. str.) bei Kiefern, Fichten und anderen Baumarten festgestellt. In einer Untersuchungsfläche wurde Hallimasch (*Armillaria* sp.) als Ursache für das Absterben einzelner Kiefern identifiziert.

7.3.4.2.2.8 Stickstoffsaldo

Beitrag von: F1

Die atmosphärischen Stickstoffdepositionen sind in Oder-Spree verhältnismäßig gering. Im Bereich lokaler Emittenten können sie aber auch durchaus hohe Werte erreichen. Der Stickstoffsaldo und damit die Aufnahme von Stickstoff durch die Wälder sind aktuell deutlich positiv (10,5 kg/ha/a, s. Abb. 183).

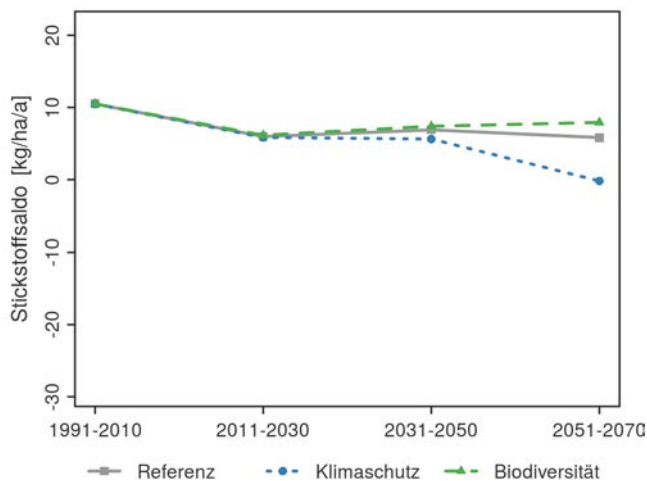


Abbildung 183: Entwicklung des Stickstoffsaldos unter Wald (Modell: VSD+)

Ein dermaßen kontinuierlich großer Bilanzüberschuss fördert das Risiko einer Stickstoffsättigung von Waldökosystemen (vgl. ABER et al. 1989). Obwohl die jährliche Speicherrate im Referenzpfad bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes auf 5,8 kg/ha/a abnimmt, besteht immer noch eine enorme Speicherrate der Bestände.

Diese Rate entspricht im Biodiversitätsszenario durch die Erhöhung der Bestandesvorräte und entsprechend höhere Streufalleinträge mit 7,9 kg/ha/a fast dem Ausgangsniveau. Nur im Klimaschutzpfad ergibt sich aufgrund der erheblich abgesenkten Holzvorräte eine gegen Null tendierende Speicherrate (-0,19 kg/ha/a).

7.3.4.2.2.9 Humussaldo

Beitrag von: F1

Der Humussaldo der Waldböden weist in der Region aktuell auf eine starke Humusakkumulation hin (2.043 kg C/ha/a, s. Abb. 184). Aufgrund der mit der Zeit steigenden Lufttemperaturen verstärken sich in allen Entwicklungspfaden jedoch die Humus abbauenden Prozesse. Diese führen zu einer rasanten Abnahme des Humussaldos auf ca. -200 kg C/ha/a. Die Verluste bleiben dann bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes nahezu konstant.

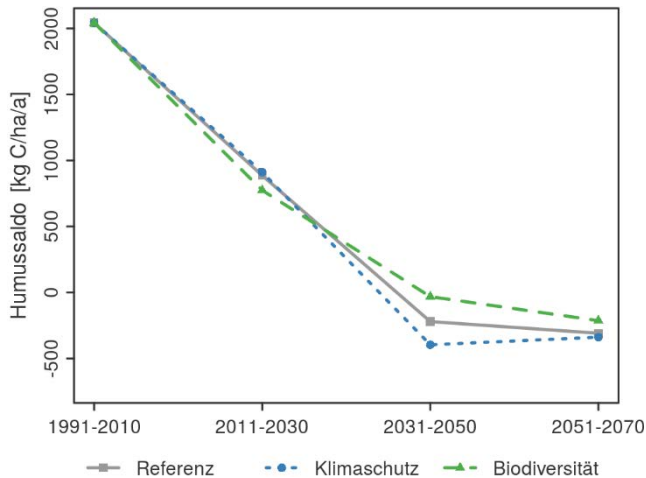


Abbildung 184: Entwicklung des Humussaldos unter Wald (Modell: Yasso07)

Die Waldbehandlung nach den Vorgaben des Klimaschutzpfades mit dem daran geknüpften verstärkten Baumartenwechsel verstärkt diese Tendenz geringfügig, während im Biodiversitätspfad mit seinen längeren Produktionszeiträumen die Streueinträge der älteren Bestände erhöht und damit der Humussaldo leicht stabilisiert wird.

Zahlreiche Studien (vgl. BÖTTCHER u. SPRINGOB 2001, COVINGTON 1981, JANDL et al. 2007) weisen darauf hin, dass die Humusvorräte im Laufe der Bestandesentwicklung sehr starken Schwankungen unterworfen sind. So weisen Nadelwälder im Altersbereich zwischen 30-80 Jahre ihre relativ höchsten Akkumulationsraten auf. Da in der Modellregion die Altersklasse 41-60-jähriger Kiefern (vgl. Abb. 176) deutlich überproportional vertreten ist, bietet sich ebenfalls eine Betrachtung über den gesamten Simulationszeitraum an. Über die gesamte Simulationsdauer

ergibt sich für die jeweiligen Entwicklungspfade eine Erhöhung der Kohlenstoffvorräte um 600 (Referenz), 643 (Biodiversität) und 555 kg/ha/a (Klimaschutz). Im Vergleich zu den aktuellen Kohlenstoffvorräten (60 bis 100 t C/ha, FLECK et al. 2017) in dieser Region und Akkumulationsraten aus der Literatur sind die ermittelten Werte als extrem hoch zu bewerten.

So fanden WARDLE et al. (1997, 2003) für einen Zeitraum von über 2.900 Jahren nach dem letzten Feuer einen Anstieg der Kohlenstoffvorräte von 50 kg C/ha/a und nach SCHLESINGER (1990) ist für Wälder der gemäßigten Zone eine Rate von 7 bis 120 kg C/ha/a zu erwarten.

7.3.4.2.2.10 Treibhausgasemissionen

Beiträge von: F1, F4

Die Wälder im Landkreis Oder-Spree sind über den gesamten Betrachtungszeitraum eine CO₂-Senke (in Abbildung 185 als negative CO₂-Emissionen dargestellt). Die CO₂-Bilanz berücksichtigt die Kohlenstoffspeicherung in der Biomasse, im Boden und in den Holzprodukten sowie die energetische Substitution.

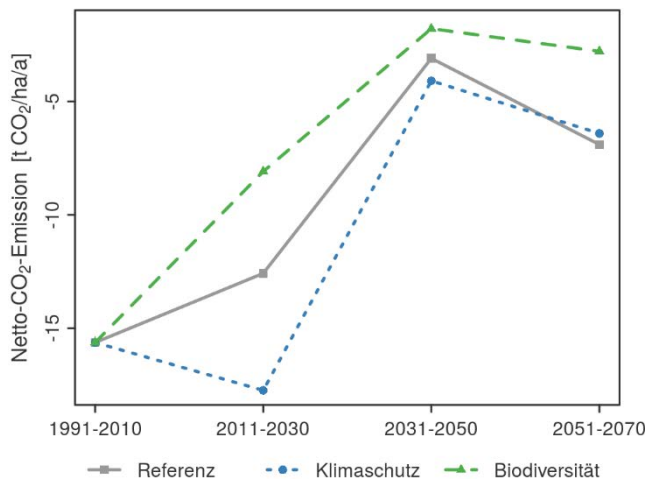


Abbildung 185: Entwicklung der Netto-CO₂-Emissionen im Wald (Modelle: WaldPlaner u. Yasso07)

Da die Entwicklung des Bodenspeichers (vgl. Abb. 184, Humussaldo) für die drei Entwicklungspfade relativ gleichförmig verläuft, ergeben sich die Differenzen zwischen den Entwicklungspfaden aufgrund der Speicherverschiebungen zwischen den Holzprodukten und der Biomasse. Es zeigt sich, dass sich der Biodiversitätspfad deutlich von den anderen beiden unterscheidet, da durch die geringeren Eingriffe der Speicher für die Holzprodukte im Gegensatz zu den anderen beiden Pfaden langsam aber kontinuierlich abnimmt. In den Entwicklungspfaden Referenz und Klimaschutz wird besonders viel Holz genutzt. In der Folge dieser Nutzungen werden vermehrt Jungbestände angelegt, die sich wiederum durch ein starkes Wachstum auszeichnen und entsprechend die Speicherrate erhöhen. Betrachtet man

die komplette Simulationsdauer, so betragen die Klimaschutzleistungen für die drei Pfade 2,6 (Referenz), 1,9 (Biodiversität) und 3,0 t C/ha/a (Klimaschutz). Nach WÖRDEHOFF (2016) ergeben sich für die Kiefer Speicherraten (materielle Substitution wurde aufgrund der Vergleichbarkeit nicht berücksichtigt) in Höhe von 2,2 bis 3,4 t C/ha/a, also in einer vergleichbaren Größenordnung. Diese Werte liegen deutlich über der langfristigen Speicherleistung für europäische Wälder von 0,75 t C/ha/a (LUYSSAERT et al. 2010). Aus diesen Zahlen wird ersichtlich, dass der Trend vorwiegend den überdurchschnittlich hohen Akkumulationsraten in der ersten Simulationsperiode geschuldet ist.

7.3.4.2.3 Landwirtschaft

7.3.4.2.3.1 *Der aktuelle Zustand*

Beitrag von: L3

Rund ein Drittel (ca. 37 %) der Fläche der Modellregion Oder-Spree wird landwirtschaftlich genutzt. Im Jahr 2007 betrug die durchschnittliche Betriebsgröße 196 ha. Der Trend zu weniger Betrieben mit größerer Nutzfläche ist ausgeprägt. Angebaut werden überwiegend Wintergetreide, insbesondere Winterroggen, Winterraps und Silomais, auch der Futterpflanzenanbau spielt eine gewisse Rolle. Brache war in den vergangenen Jahren verbreitet, vor allem auf Böden mit 25 und weniger Bodenpunkten. Der Anbau von Energiepflanzen für die Biogasproduktion hat in den letzten Jahren zugenommen. Das Verhältnis von Acker- zu Grünlandflächen liegt bei 5 : 1, das Grünland ist häufig an grundwassernahe Böden gebunden.

Der Tierbesatz ist, verglichen mit Uelzen und Diepholz, niedrig. Verbreitet findet sich eine meist extensive Mutterkuhhaltung, vorzugsweise konzentriert in Gebieten mit obligatorischem Grünland. Milchproduktion und Schweinehaltung sind zwar für einzelne Betriebe ein wesentlicher Produktionszweig, spielen jedoch in der Region eine geringe Rolle. Insgesamt gab es im Jahr 2007 149 rinderhaltende und 64 schweinehaltende Betriebe. Die Tierbestände sind sowohl bei Rindern, Schweinen und Schafen zurückgegangen. Der Schweinebestand nimmt jedoch seit Mitte der 1990er-Jahre wieder geringfügig zu.

Die Anzahl ökologischer Betriebe und damit auch die ökologisch bewirtschaftete Fläche haben sich in den vergangenen Jahren stetig erhöht. Schon 2007 lag die Region mit einem Anteil von 12 % ökologischem Landbau an der landwirtschaftlichen Nutzfläche über dem Durchschnitt des Landes Brandenburg (10,1 %) und der gesamten Bundesrepublik (5,1 %).

Eine Herausforderung für die Landwirtschaft sind die geringen Jahresniederschläge. Die Höhe und Verteilung der Niederschläge, insbesondere eine häufige Frühsommertrockenheit im Mai und Juni, begrenzen sowohl die Ertragshöhe als auch die Palette anbauwürdiger Fruchtarten.

7.3.4.2.3.2 Veränderungen der Fruchtartenzusammensetzung

Beiträge von: L3, L7

Die Veränderungen der Fruchtartenzusammensetzung (s. Abb. 186) sind die Ergebnisse ökonomischer Modellrechnungen mit dem Modell MODAM (ZANDER u. KÄCHELE 1999). Das Modell wählt jeweils die wirtschaftlichste Lösung unter den aus den Entwicklungspfaden abgeleiteten Rahmenbedingungen aus. Die in der Modellierung berücksichtigten Früchte sind alle relevanten Getreidearten wie Winterweizen, Winterroggen, Wintergerste, Wintertriticale und Sommergerste, weiterhin Winterraps, Kartoffeln, Zuckerrüben, Silomais, Ackergras und Lupine sowie das Dauergrünland.

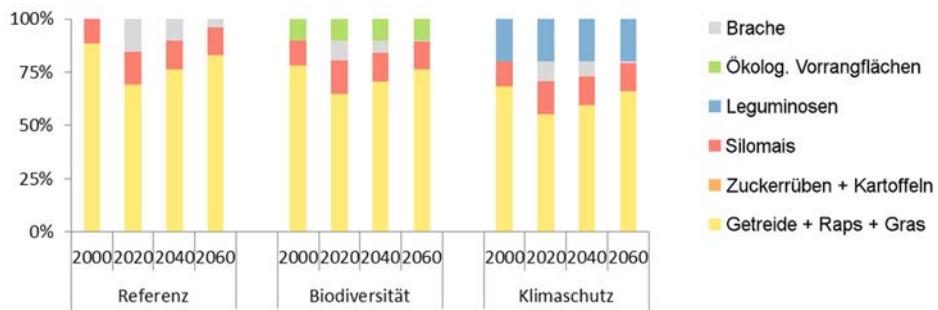


Abbildung 186: Veränderungen des berechneten Anbauspektrums gängiger Ackerkulturen in der Modellregion Oder-Spree (Angaben jeweils für die Mitte der Perioden; 2010 = Status quo)

Im Indikatorensystem werden die Naturalerträge von Acker- und Grünland zusammengefasst. Es handelt sich bei dem Indikator Ernteprodukte um das flächengewichtete Mittel der Ackerkulturen und Grünland in der Region Oder-Spree. Die Höhe der jährlichen Naturalerträge beläuft sich zu Beginn des Betrachtungszeitraumes auf 4,7 t Trockenmasse pro Hektar und Jahr (s. Abb. 187). Dieser Wert liegt deutlich unter dem deutschen Durchschnitt (6,2 t_{TM}/ha/a).

Im *Referenzpfad* steigt die Menge der jährlichen Naturalerträge (Ernteprodukte Acker und Grünland) im Verlaufe des Betrachtungszeitraumes fast linear an (s. Abb. 187) auf zuletzt im Mittel 8,2 t_{TM}/ha/a. Daran sind die Erträge des Ackerlandes mit 8,9 t_{TM}/ha/a überproportional beteiligt. Die Grünlandbewirtschaftung hat in der Modellregion Oder-Spree eine mittlere Intensität. Hier wirken sich bis 2030 die steigenden Temperaturen und die sich verlängernde Vegetationsperiode positiv auf das Wachstum der Pflanzen aus. Danach dürfte jedoch der zunehmende Rückgang der Sommerniederschläge das Pflanzenwachstum mehr und mehr beeinträchtigen, sodass für den Zeitraum bis 2070 von mittleren Ertragsverlusten in Höhe von 10 % auszugehen ist.

Im *Biodiversitätspfad* wurden im Rahmen der Modellierung 10 % der möglichen Anbauflächen als „ökologische Vorrangflächen“ mit extensiver Bewirtschaftung

ausgewiesen. Die Entwicklung auf der restlichen Fläche entspricht der im Referenzpfad. Auf der gesamten Fläche wird somit ein leicht verringertes Ertragsniveau von 86 % der Referenzbewirtschaftung erreicht.

Der *Klimaschutzpfad* unterstellt, dass auf 20 % der Ackerfläche Lupinen angebaut werden (s. Abb. 186), um damit Luftstickstoff im Boden zu binden und so die notwendige Menge an Mineraldünger, bei dessen Herstellung das Treibhausgas Kohlendioxid freigesetzt wird, zu reduzieren. Die Ertragsentwicklung ist bei Umsetzung einer solchen klimaschützenden Wirtschaftsweise jener der Referenzbewirtschaftung leicht unterlegen und weist ein geringeres Endniveau von 89 % auf.

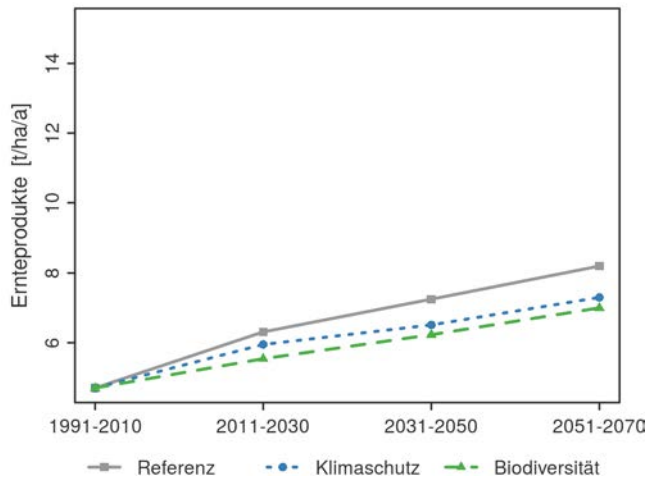


Abbildung 187: Entwicklung der Menge der Ernteprodukte (Acker- und Grünland)

7.3.4.2.3.3 Pflanzenschutz Beitrag von: L2b

Sowohl aus wirtschaftlicher als auch naturschutzfachlicher Sicht wird ein möglichst geringer Pflanzenschutzmitteleinsatz angestrebt. Die Intensität der Behandlung wird mit dem sogenannten *Behandlungsindex* (BI) ausgedrückt, welcher die Anzahl von PSM-Anwendungen auf einer Fläche unter Berücksichtigung der Aufwandmengen (im Verhältnis zur zugelassenen Aufwandmenge) und Teilflächenbehandlungen abbildet (ausführliche Darstellung in Kapitel 7.3.1.2.3.3 Diepholz).

Auf der Grundlage der prognostizierten Entwicklung des Anbauspektrums der landwirtschaftlichen Kulturen bis zum Jahr 2070 (s. Abb. 186) zeigt sich keine wesentliche Änderung des Behandlungsindex und damit des chemischen Pflanzenschutzaufwandes während des Betrachtungszeitraumes (s. Abb. 188). Allgemein ist festzuhalten, dass in der Region Oder-Spree der Wert des Indikators „Behandlungsindex“ aktuell (Wert 3,1) und auch in Zukunft wesentlich geringer als in den westlichen Modellregionen ist. Im Entwicklungspfad Referenz steigt der Behandlungsindex nach einem anfänglichen Rückgang von 0,5 Einheiten bis 2020 in der nächsten

Periode leicht an und erreicht gegen Ende des Betrachtungszeitraumes einen Wert von 3,0. Auch der Entwicklungspfad Biodiversität führt zukünftig nur zu sehr geringen Veränderungen in der Pflanzenschutzintensität. Hier fällt der Wert des Behandlungsindex bis 2070 nur auf 2,8. Ähnlich verläuft die Entwicklung im Klimaschutzpfad, bei dem bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes ebenfalls ein Wert von 2,8 erreicht wird.

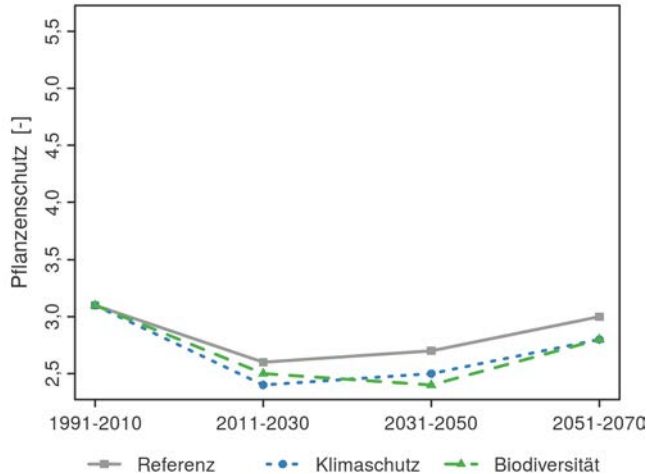


Abbildung 188: Entwicklung des Pflanzenschutz-Behandlungsindex

Die ermittelten Werte für den Indikator Pflanzenschutz sind im Referenzzeitraum in allen Regionen etwas geringer als die statistischen Mittelwerte des Vergleichsbetriebsnetzes Pflanzenschutz (FREIER et al. 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2015). Es wird angenommen, dass diese Abweichungen durch die höhere Aggregationsebene von Regionen des Vergleichsbetriebsnetzes Pflanzenschutz verursacht werden.

7.3.4.2.3.4 Stickstoffsaldo

Beiträge von: L6, L3

Bei der Ermittlung des Stickstoffsaldos für die landwirtschaftlichen Flächen wird angenommen, dass die Pflanzenbestände den mit der Düngung und den Einträgen aus der Luft zugeführten Stickstoff auch unter günstigsten Umständen nicht vollständig aufnehmen können und somit die Äcker zur Ertragsabsicherung systematisch „überdüngt“ werden. Hierdurch lassen sich Stickstoffverluste nie in Gänze vermeiden. Bei einem Austrag bis zu einer Höhe von 50 kg N je Hektar und Jahr werden bislang aber keine gravierenden ökologischen Schäden erwartet. Die Salden der Entwicklungspfade liegen jedoch deutlich über diesem Wert (s. Abb. 189).

Es zeigt sich, dass der Stickstoffsaldo bereits heute ein hohes Niveau von knapp 80 kg Stickstoff Überschuss je Hektar und Jahr erreicht hat und im Referenzpfad in der Zukunft weitgehend konstant bleibt. Die konstanten Stickstoffsalden entstehen

durch die ausgeglichenen Humussalden, die keinen zusätzlichen Stickstoff aus dem Humuspool verfügbar machen. In den Entwicklungspfaden Biodiversität und Klimaschutz sinken die Werte auf 67 kg/ha/a leicht ab, da hier Humus aufgebaut und freier Stickstoff im Humus gebunden wird. Allerdings überschreiten alle Bewirtschaftungsformen auch 2070 den zuvor genannten Optimalbereich.

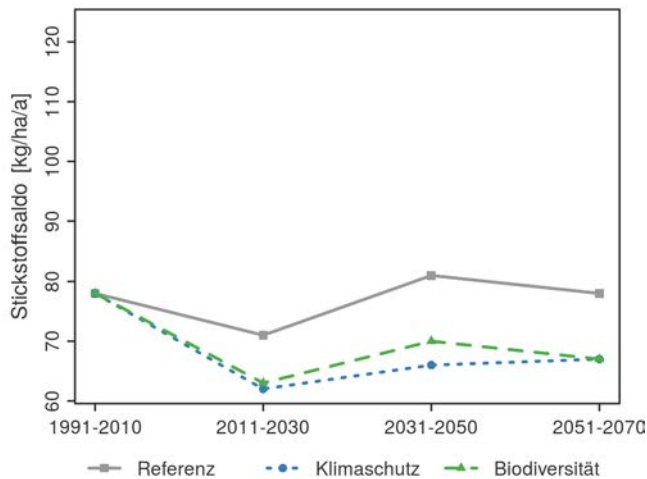


Abbildung 189: Entwicklung des Stickstoffsaldos unter landwirtschaftlichen Flächen (Modell: REPRO)

7.3.4.2.3.5 Humussaldo

Beitrag von: L3

Der Humussaldo, berechnet nach VDLUFA (KÖRSCHENS et al. 2004), liegt aktuell mit einer jährlichen Humuszehrung von -54 kg Humus-C je Hektar und Jahr im Vergleich zu den anderen Modellregionen auf einem mittleren Niveau (s. Abb. 190). Aufgrund steigender Erträge entwickelt sich die Humusbilanz zukünftig insgesamt positiv, zum Ende des Betrachtungszeitraumes wird ein deutlicher Humusaufbau von 165 kg Humus-C ha/a erwartet.

Positiv wirken sich insbesondere die Humusmehrung durch Zwischenfrüchte (+10 bis +16 kg Humus-C/ha/a) und die Humusreproduktion aus organischen Düngern (+42 bis +50 kg Humus-C/ha/a) aus. Der Humussaldo im Biodiversitätspfad liegt auf dem gleichen Niveau wie bei der Referenzbewirtschaftung. Im Klimaschutzpfad bewirkt der Lupinenanbau auf 20 % der Ackerfläche einen erhöhten Humussaldo (+28 bis +62 kg Humus-C/ha/a).

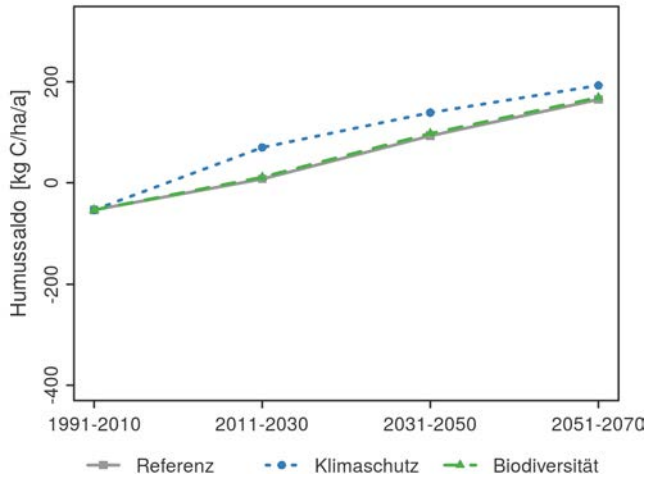


Abbildung 190: Entwicklung des Humussaldos in der Landwirtschaft (nach VDLUFA)

7.3.4.2.3.6 Treibhausgasemissionen
 Beiträge von: L4, L5, L6

Die Treibhausgase (THG), die in den Regionen aus der landwirtschaftlichen Nutzung freigesetzt werden, stammen aus der ackerbaulichen Nutzung, der Grünlandnutzung und der Tierhaltung. Vereinfachend wurden die Treibhausgase Lachgas (N₂O), Methan (CH₄) und Kohlendioxid (CO₂) in CO₂-Äquivalente umgerechnet (Treibhaus-Wirkung: CO₂ = 1, CH₄ = 25, N₂O = 298) und aggregiert.

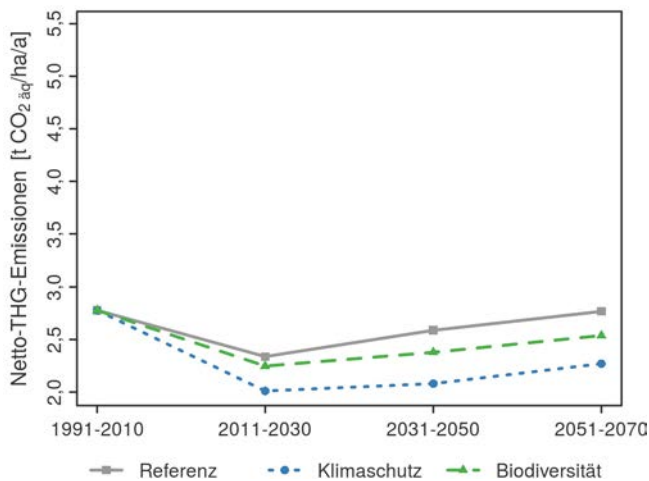


Abbildung 191: Entwicklung der Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalente) aus der Landwirtschaft (Modelle: MODAM, REPRO u. Extrapolation)

Die Modellregion Oder-Spree weist aktuell mit 2,8 t CO₂_{äq}/ha/a (s. Abb. 191) die geringsten Emissionen im Vergleich mit den übrigen Modellregionen auf. Dies liegt an den Böden und der vergleichsweise extensiven landwirtschaftlichen Nutzung (geringerer Tierbesatz, weniger organischer Dünger, weniger Gärreste aus Biogasanlagen). Die Referenzwerte fallen in den nächsten Jahren (bis 2011-2030) leicht ab (2,3 t CO₂_{äq}/ha/a) und steigen danach über den verbleibenden Betrachtungszeitraum wieder leicht an (bis auf 2,8 t CO₂_{äq}/ha/a). Die alternativen Entwicklungspfade zeigen einen vergleichbaren Kurvenverlauf auf niedrigerem Niveau (Biodiversität 89 %; Klimaschutz: 82 %). Insbesondere wirkt sich hier der Humusaufbau und der Verzicht auf Stickstoff-Mineraldünger auf den ökologischen Vorrangflächen bzw. der Anbau von Lupinen aus.

7.3.4.2.4 Naturschutz

7.3.4.2.4.1 Forstwirtschaft

Beiträge von: F5, F4

Die Wälder der Modellregion sind, im Vergleich zu vielen anderen Bereichen der offenen Landschaft, naturnahe Lebensräume, die eine Vielzahl von z. T. seltenen Tier- und Pflanzenarten beherbergen. Daher gilt es, diese Lebensräume im Rahmen einer nachhaltigen Landnutzung so wenig wie möglich zu beeinträchtigen, sie zu schützen und ggf. weiterzuentwickeln. Um die derzeitigen naturschutzfachlichen Zustände und deren Entwicklungstendenz zu erfassen und zu analysieren, erfolgten Untersuchungen zur Zusammensetzung der Waldbodenvegetation auf Flächen, für die bereits möglichst alte Vegetationsaufnahmen vorlagen.

Eichen-Hainbuchenwald / Kiefern-Traubeneichenwald

Die in der Modellregion Oder-Spree untersuchten Flächen lagen vornehmlich in naturschutzrechtlich geschützten, winterlindenreichen Eichen-Hainbuchenwäldern. Die Projektergebnisse zeigen sehr deutlich, dass in den letzten vier Jahrzehnten markante Veränderungen der Standortsbedingungen und der Vegetationsstruktur stattgefunden haben. Während die Feuchteversorgung der Böden offensichtlich zugenommen hat, sind die Bestände signifikant dunkler geworden und die Artenzahl der Gefäßpflanzen ist im Durchschnitt um mehr als fünf Arten zurückgegangen. Auch der Deckungsgrad von Strauch- und Krautschicht ist deutlich gesunken. Ursache hierfür dürfte ein dichter Bestandesschluss sein, sodass lichtbedürftige und konkurrenzschwache Arten, wie z. B. Zypressenwolfsmilch (*Euphorbia cyparissias*) oder der Gemeine Wirbeldost (*Clinopodium vulgare*) weitgehend aus den Beständen verschwunden sind.

Von wenigen Ausnahmen abgesehen ist es in den untersuchten Flächen trotz durchgeführter Durchforstungseingriffe nicht zu stärkeren Bodenverwundungen gekommen. Es treten daher kaum Arten auf, die als mögliche Störungszeiger gesehen werden müssen. Diese pflegliche Bestandesbehandlung entspricht dem Schutzstatus der untersuchten Gebiete.

Stieleichen-Hainbuchenwald / Erlenbruchwald / Erlen-Eschenwald

In den untersuchten Flächen des grundfeuchten Stieleichen-Hainbuchenwaldes (Naturschutzgebiet Eichwald im Odertal in der Nähe von Frankfurt/Oder) haben in knapp fünf Jahrzehnten nur recht geringe Verschiebungen in der Artenzusammensetzung stattgefunden. So sind die Flatter-Ulme (*Ulmus laevis*) und der Rote Hartriegel (*Cornus sanguinea*) leicht zurückgegangen, während Brennnessel und Himbeere geringfügig zugenommen haben. Auch in den untersuchten Erlenbruchwäldern und Erlen-Eschenwäldern in den Naturschutzgebieten Fürstenwalder Stadtluch und Kriegbusch (Unterspreewald) hat sich die Vegetationsstruktur vergleichsweise wenig verändert. Die Artenzahl blieb nahezu gleich. Allerdings kommt es zu einer signifikanten Zunahme von Stickstoffzeigern und einem leichten Rückgang von Bodenfrische anzeigenden Bodenpflanzenarten. Dies kann ein Hinweis auf negative Veränderungen der hydrologischen Verhältnisse sein.

Sandkiefernwald

Im Unterspreewald-Randgebiet haben REINECKE et al. (2011, 2014) die Änderungen in der Vegetation von Kiefernwäldern auf nährstoff- und basenarmen Standorten ebenfalls in den drei schon von HEINKEN (1995) unterschiedenen Waldtypen (Flechten-, Weißmoos- und Drahtschmielen-Kiefernwälder) entlang eines Nährstoff- bzw. Stickstoff-Gradienten untersucht. Sie stellten seit Mitte der 1960er-Jahre in allen drei Waldtypen massive Verschiebungen der Artenzusammensetzung, die Ausbreitung von stickstoffliebenden Arten und starke Rückgänge von Spezialisten nährstoffarmer Standorte, vor allem Bodenflechten der Gattung *Cladonia* („Rentierflechten“), fest. Als wesentliche Ursachen hierfür kommen Stickstoffeinträge aus der Luft und die Humusakkumulation nach Einstellung der bodendegradierenden Streunutzung in Betracht. Selbst auf extrem armen und trockenen Böden und bei moderaten Stickstoffeinträgen findet insbesondere in den Flechten-Kiefernwäldern ein starker Artenrückgang statt.

Quantitative Beurteilung des naturschutzfachlichen Wertes

Die Baumartenzusammensetzung der Wälder in der Modellregion Oder-Spree ist im Mittel der Klasse „naturnah“ zuzuordnen (s. Abb. 192). Damit weisen die Wälder eine Baumartenzusammensetzung auf, die im Vergleich aller Modellregionen am ehesten der Baumartenzusammensetzung der potenziell natürlichen Vegetation entspricht.

In den Entwicklungspfaden Referenz und Biodiversität zeigt sich nahezu keine Änderung. Lediglich der Klimaschutzpfad weist aufgrund des vermehrten Nadelholzanbaues einen Trend hin zu einer eher „bedingt naturnahen“ Baumartenzusammensetzung auf.

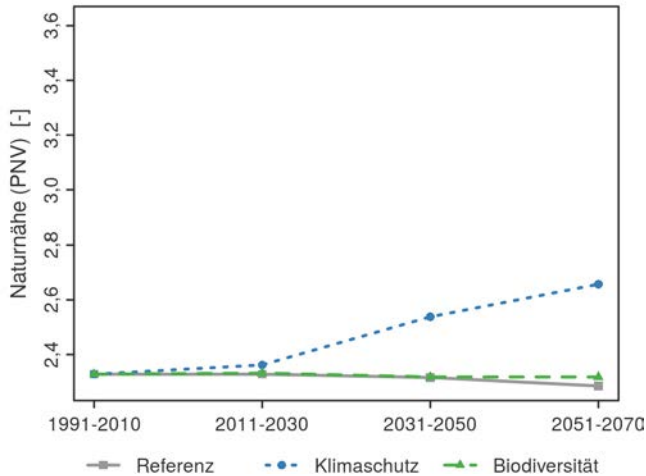


Abbildung 192: Entwicklung der Naturnähe von Waldflächen (Wälder der Stufe 1 (sehr naturnah) weisen die höchste Naturnähe auf und Wälder der Stufe 5 (kulturbestimmt) die geringste; PNV = potenziell natürliche Vegetation)

Die Bestandestypendiversität ist geprägt von der dominierenden Kiefer und hat somit aktuell im Vergleich aller Region den geringsten Simpson-Indexwert von 0,29 (s. Abb. 193). Wie auch im Fläming kommt es durch die Waldentwicklungsdynamik zu einer Steigerung der Mischung unter den Annahmen des Referenz- (0,34) und des Klimaschutzpfades (0,48) bis 2070. Im Biodiversitätspfad ändert sich die Bestandestypendiversität nicht.

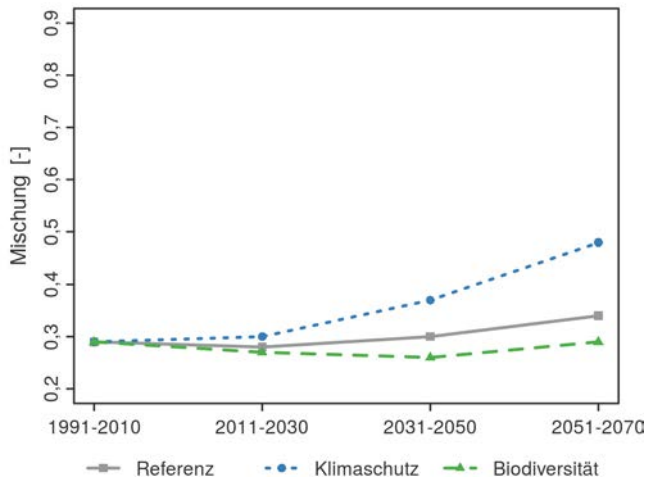


Abbildung 193: Entwicklung der Bestandestypendiversität (Simpson-Index)

Der Flächenanteil alter Wälder (Bäume jenseits ihrer planmäßigen Umtriebszeit) steigt von aktuell 4 % bis 2070 auf 25 % im Biodiversitätspfad (s. Abb. 194). Mit 8 % und 3 % bleiben der Referenz- und Klimaschutzpfad weit hinter diesem Wert zurück.

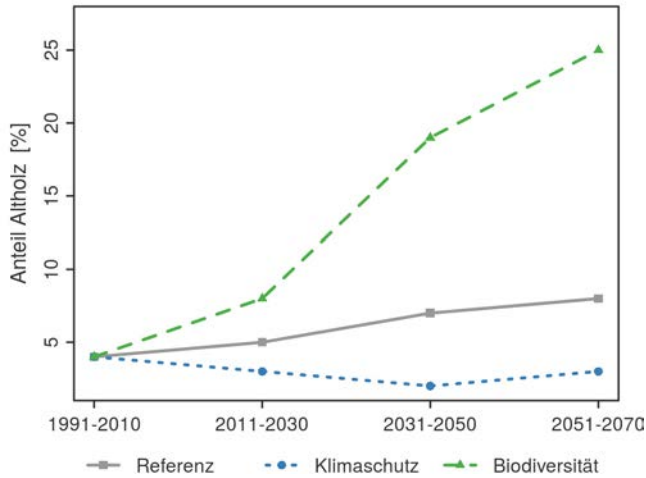


Abbildung 194: Entwicklung des Altholzanteils

7.3.4.2.4.2 Landwirtschaft Beitrag von: L3

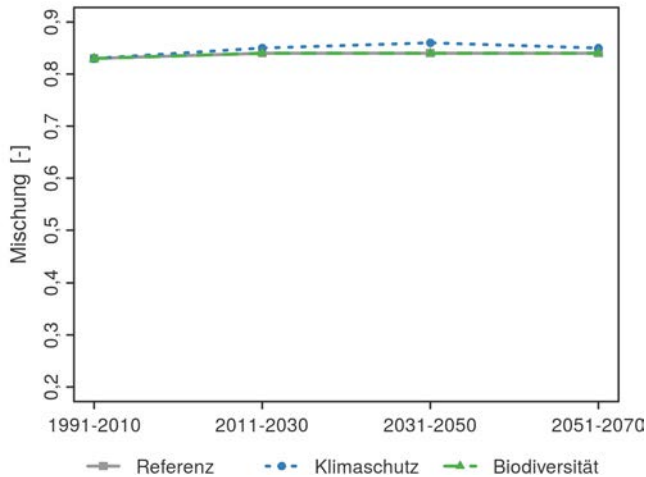


Abbildung 195: Entwicklung der Mischungsverhältnisse der Ackerkulturen (Simpson-Index)

Die naturschutzfachliche Beurteilung der landwirtschaftlichen Flächen erfolgte anhand der Fruchtartendiversität und des Anteiles extensiv bewirtschafteter Flächen. Die mit dem Simpson-Index beschriebene Fruchtartendiversität schwankt nur

minimal zwischen 0,83 und 0,86 (s. Abb. 195). Insgesamt ist eine sehr leichte Zunahme zu verzeichnen, wobei im Klimaschutzpfad die Fruchtartendiversität am stärksten steigt.

7.3.4.2.4.3 *Landschaft*

Beitrag von: Ko

Die Landschaftsdiversität, beschrieben mit dem Simpson-Index, liefert erste Hinweise auf die Auswirkungen der Änderung landwirtschaftlicher oder forstwirtschaftlicher Flächennutzung. Basierend auf der Landschaftsbeschreibung des CORINE-Projektes (CORINE LAND COVER 2006, EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY 2013) wurden Änderungen der Fruchtartenzusammensetzung und der Waldtypen (Laub-, Nadel-, Mischwald) abgebildet. Die Abbildung 196 zeigt, dass die Landschaftsdiversität innerhalb des Betrachtungszeitraumes leicht steigt. Bis zur Periode 2031-2050 verlaufen die Änderungen in den drei Entwicklungspfaden gleichgerichtet, wobei der Klimaschutzpfad innerhalb des Betrachtungszeitraumes die höchste Landschaftsdiversität aufweist und der Biodiversitätspfad die geringste. Erst in der letzten Periode sinkt die Landschaftsdiversität im Klimaschutzpfad aufgrund des Rückgangs der angebauten Fruchtarten auf den ackerbaulich genutzten Flächen auf ein Niveau, das unterhalb des Referenz- und Biodiversitätspfades liegt.

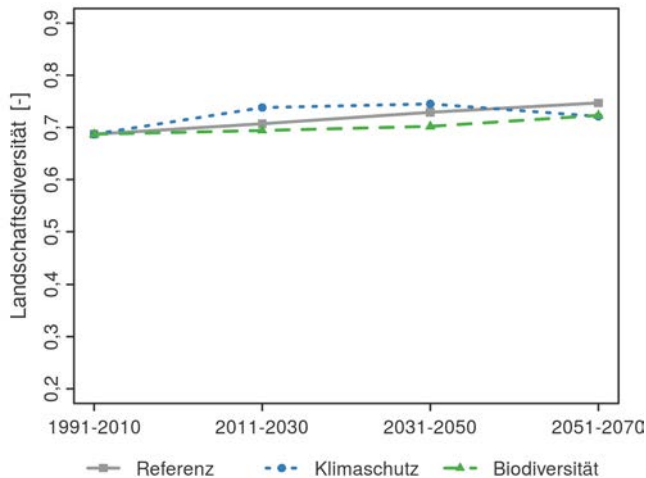


Abbildung 196: Entwicklung der Landschaftsdiversität (Simpson-Index)

7.3.4.2.5 Wertschöpfung

7.3.4.2.5.1 Forstwirtschaft

Beitrag von: F6

Das Nutzungsvolumen der Forstwirtschaft in der Modellregion Oder-Spree beträgt im Mittel aller Baumartengruppen, Perioden und Entwicklungspfade knapp 5 Efm/ha und Jahr (s. Abb. 197). Genutzt wird weit überwiegend Holz der Baumartengruppe Kiefer. Es nimmt durchschnittlich einen Anteil von 88 % am geernteten Holzvolumen ein. Von deutlich nachrangiger Bedeutung sind die Baumartengruppen Eiche und „anderes Laubholz mit niedriger Umtriebszeit“ (ALn) mit Anteilen von jeweils etwa 3 % an der Nutzungsmasse. Allein im Entwicklungspfad Klimaschutz gewinnt die Douglasie zum Ende des Projektionszeitraumes an Bedeutung für die Nutzung. Sie erreicht einen Anteil von gut 4 % am genutzten Volumen und löst damit die Eiche als zweitwichtigste Baumartengruppe nach der Kiefer ab.

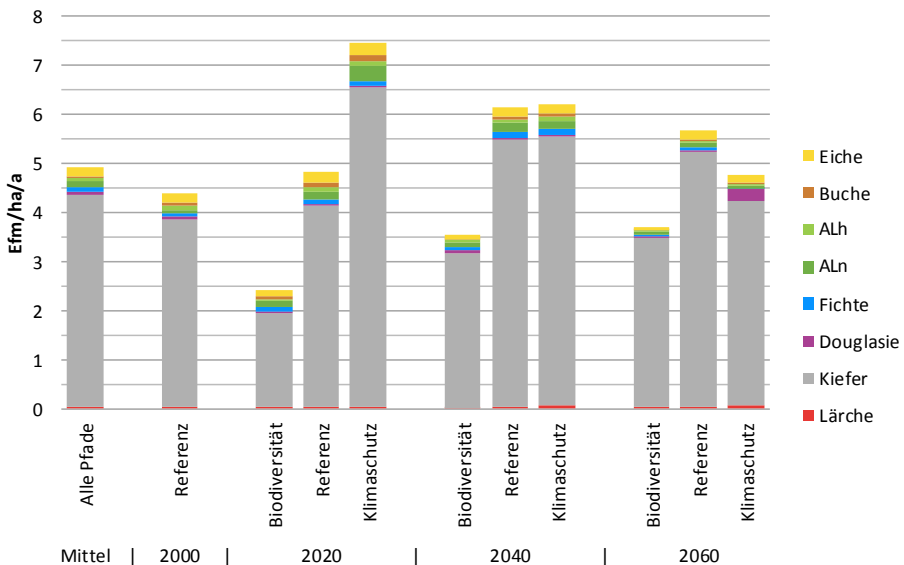


Abbildung 197: Durchschnittliches Nutzungsvolumen in den Zeiträumen (Angabe zur Mitte der Perioden) im Modellbetrieb Oder-Spree

Im Entwicklungspfad Biodiversität ergibt sich kurzfristig (2020) ein starker Abfall des Nutzungsvolumens von jährlich 4,4 auf nur 2,4 Efm/ha/a (s. Abb. 197). Im weiteren zeitlichen Verlauf steigen die Nutzungen dann geringfügig wieder auf maximal 3,5 Efm/ha/a in 2040 an. Für den gesamten Simulationszeitraum beträgt das Nutzungsvolumen im Biodiversitätspfad durchschnittlich jährlich 3,2 Efm/ha und erreicht damit etwas mehr als die Hälfte des Nutzungsvolumens der Referenzbewirtschaftung. Die im Rahmen des Entwicklungspfad Biodiversität gewünschte Erhöhung des durchschnittlichen Vorrates in den Wäldern bei gleichzeitiger Steigerung des Durchschnittsalters der Bestände sowie ihrer Totholzvorräte lässt sich nur mit

einem deutlichen Nutzungsverzicht gegenüber der bisher üblichen Wirtschaftsweise erreichen. Dieser Nutzungsverzicht bewirkt eine entsprechende Reduzierung des Arbeitsvolumens und der Nettowertschöpfung in der Region (s. Abb. 198 und Abb. 199).

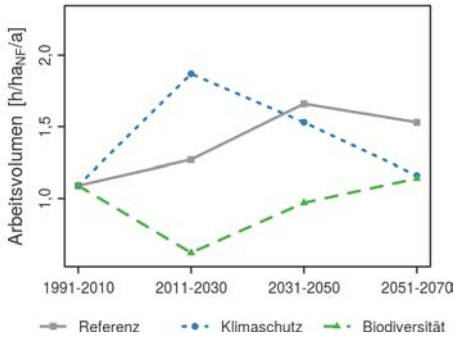


Abbildung 198: Entwicklung des Arbeitsvolumens der Holzzernte im Modellbetrieb Oder-Spree

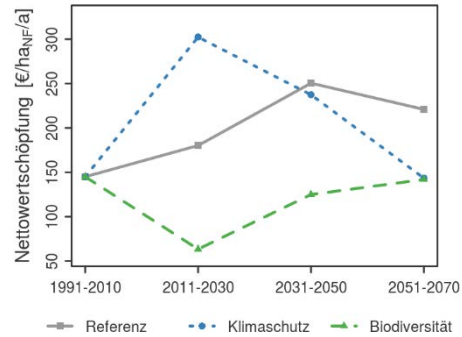


Abbildung 199: Entwicklung der forstwirtschaftlichen Nettowertschöpfung im Modellbetrieb Oder-Spree

Die Nettowertschöpfung (als sektorale Leistung zur Deckung von Löhnen und Gehältern, Unternehmereinkommen, Kapital-, Flächen- und Risikokosten sowie Betriebsgewinnen) steigert sich in den Entwicklungspfaden Referenz und Klimaschutz z. T. erheblich gegenüber dem aktuellen Stand auf ein mittleres Niveau von jährlich ca. 220 €/ha forstlicher Nutzfläche. Der Biodiversitätspfad führt hingegen nach den Modellrechnungen durchschnittlich zu einer Verringerung der Nettowertschöpfung während des Betrachtungszeitraumes; erst in der letzten Periode wird hier wieder eine Wertschöpfung in Größenordnung des Ausgangsniveaus erreicht.

Die jeweils steilen „Anstiege“ sowohl des Nutzungsvolumens als auch der Nettowertschöpfung im Klimaschutzpfad zu Beginn des Betrachtungszeitraumes sind Ausdruck der konsequenten Umsetzung der unterstellten Strategie in den Simulationsrechnungen.

7.3.4.2.5.2 Landwirtschaft Beitrag von: L7

In der Modellregion Oder-Spree ist das mittlere Einkommensniveau mit 16 bis 33 Tsd. € je Beschäftigtem und Jahr deutlich niedriger als in den übrigen Modellregionen. Ohne Direktzahlungen würden viele Betriebe nicht überlebensfähig sein. In der zeitlichen Entwicklung ist bei reinen Ackerbaubetrieben langfristig mit einem leicht sinkenden Einkommen zu rechnen, wohingegen bei Schweinehalten steigende und bei Milchviehbetrieben leicht steigende Einkommen je Hektar erwartet werden. Aufgrund der sehr niedrigen Nettowertschöpfung je Hektar sind die Unterschiede zwischen dem Referenz- und dem Biodiversitätspfad marginal (-10 bis -14 €/ha), im Klimaschutzpfad sind die Einkommensverluste etwas höher (-36 bis

-50 €/ha, s. Abb. 200). Dabei wird in allen Szenarien ein gleich hohes Niveau an Direktzahlungen angenommen.

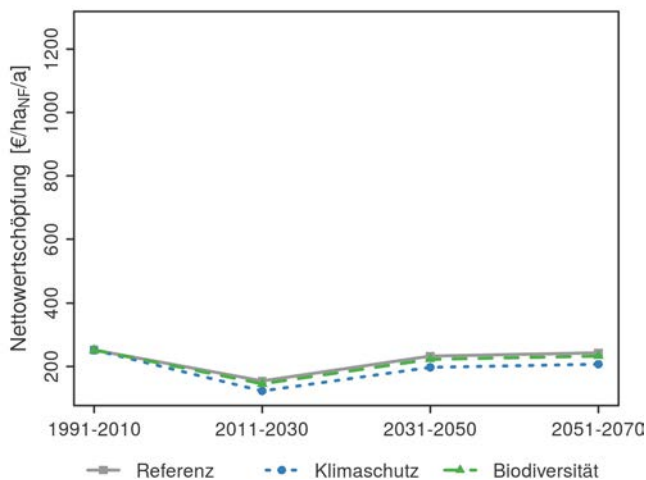


Abbildung 200: Entwicklung der landwirtschaftlichen Nettowertschöpfung im Modellbetrieb Oder-Spree (NF: Nutzfläche)

7.3.4.2.5.3 Ökosystemleistungen

Beitrag von: S1

Die Bewertung der nicht am Markt gehandelten Ökosystemleistungen „Gewässerschutz“ und „Klimaschutz“ hat eine besonders hohe Relevanz für die Betrachtung von Strategien zum nachhaltigen Landmanagement, da es sich um regulative Leistungen handelt. Die Analyse der Gewässer- und Klimaschutzwirkung erfolgte für die Region Oder-Spree äquivalent zum Vorgehen in den Regionen Diepholz, Uelzen und Fläming (siehe z. B. Kapitel 7.3.1.2.5.3).

Im Entwicklungspfad Biodiversität ergibt sich für die Landwirtschaft sowohl in der Periode 2011-2030 als auch in der Periode 2031-2050 eine positive Wirkung für den Gewässerschutz (s. Tab. 34). Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Gewässerschutzwirkungen im Klimaschutzpfad deutlich schlechter ausfallen als im Biodiversitätspfad und in der Periode 2011-2030 sogar negativ sind. In der Forstwirtschaft entstehen im Biodiversitätspfad in allen Perioden positive Wirkungen für den Gewässerschutz, während im Klimaschutzpfad stark negative Effekte auftreten.

Wie auch in den anderen Modellregionen werden im Klimaschutzpfad auch in Oder-Spree positive Wirkungen für den Klimaschutz bewirkt. Im Biodiversitätspfad ergeben sich hingegen sowohl bei der Land- als auch bei der Forstwirtschaft stark negative Effekte für den Klimaschutz (s. Tab. 34).

Tabelle 34: *Schutzwirkung der Entwicklungspfade Biodiversität (Bio) und Klimaschutz (Klim) für die Schutzgüter „Gewässerschutz“ (in kg N) und „Klimaschutz“ (in t CO₂äq) in der Modellregion*

		Landwirtschaft				Forstwirtschaft			
		2011-2030		2031-2050		2011-2030		2031-2050	
		absolut	pro ha	absolut	pro ha	absolut	pro ha	absolut	pro ha
Gewässerschutz [kg N]	Bio	220.781	2,57	58.417	0,68	4.262	0,04	44.748	0,42
	Klim	-40.376	-0,47	6.013	0,07	-19.178	-0,18	-116.132	-1,09
Klimaschutz [t CO ₂ äq]	Bio	-105.666	-1,23	-19.759	-0,23	-477.313	-4,48	-138.506	-1,30
	Klim	130.579	1,52	34.363	0,40	549.762	5,16	105.478	0,99

Ökonomischer Nutzen für den Gewässerschutz

Auf der Grundlage der angesetzten Vermeidungskosten (siehe Kapitel 7.3.1.2.5.3) ergeben sich im Bereich der Landwirtschaft im Entwicklungspfad Biodiversität in der Periode 2011-2030 vermiedene Kosten in Höhe von 662.343 Euro pro Jahr (7,71 Euro je Hektar und Jahr) und in der Periode 2031-2050 von 175.250 €/a (2,04 €/ha/a). Im Bereich der Forstwirtschaft ergibt sich im Biodiversitätspfad in der Periode 2011-2030 ein Nutzen für den Gewässerschutz in Höhe von 12.785 €/a (0,12 €/ha/a) und in der Periode 2031-2050 in Höhe von 134.244 €/a (1,26 €/ha/a).

Im Entwicklungspfad Klimaschutz entstehen im Bereich Landwirtschaft in der Periode 2011-2030 Kosten für den Gewässerschutz in Höhe von -316.263 €/a (-1,41 €/ha/a) und in der Periode 2031-2050 ein jährlicher Nutzen von 18.040 €/a (0,21 €/ha/a). In der Forstwirtschaft ergeben sich Kosten für den Gewässerschutz in Höhe von -57.533 €/a (-0,54 €/ha/a) in der Periode 2011-2030 und von -348.396 €/a (-3,27 €/ha/a) in der Periode 2031-2050.

Ökonomischer Nutzen für den Klimaschutz

Bezogen auf die bereits dargestellten Klimakosten (siehe Kapitel 7.3.1.2.5.3) entstehen im Bereich der Landwirtschaft im Entwicklungspfad Biodiversität in der Periode 2011-2030 Kosten in Höhe von -8.453.249 €/a (-98,40 €/ha/a) und von -2.864.998 €/a (-33,35 €/ha/a) in der Periode 2031-2050. Für die Forstwirtschaft belaufen sich die Kosten für den Klimaschutz im Entwicklungspfad Biodiversität in der Periode 2011-2030 auf -38.185.011 €/a (-358,40 €/ha/a) und auf -20.083.356 €/a (-188,50 €/ha/a) in der Periode 2031-2050.

Im Bereich der Landwirtschaft ergibt sich im Entwicklungspfad Klimaschutz in der Periode 2011-2030 ein jährlicher Nutzen für den Klimaschutz von 10.446.291 €/a (121,60 €/ha/a) und 4.982.606 €/a (58,00 €/ha/a) in der Periode 2031-2050. Der Klimaschutzpfad zeichnet sich im Bereich der Forstwirtschaft in allen Zeitscheiben durch eine Kostenreduktion im Bereich der Klimaschutzwirkung

aus. Der jährliche Nutzen für den Klimaschutz beträgt 43.980.950 €/a (412,80 €/ha/a) in der Periode 2011-2030 und 15.294.248 €/a (143,55 €/ha/a) in der Periode 2031-2050.

Bezogen auf die hier bewerteten Ökosystemleistungen würden durch eine Umsetzung des Entwicklungspfades Biodiversität in der Periode 2011-2030 in allen Regionen signifikante Kosten entstehen. In Oder-Spree wären es -45.975.917 €/a (-449,09 €/ha/a). Demgegenüber würde durch eine Umsetzung des Klimaschutzpfades in der Periode 2011-2030 in allen Regionen ein positiver Gesamtnutzen erzeugt. In Oder-Spree wären dies 54.306.113 €/a (532,99 €/ha/a). Für eine Umsetzung des Entwicklungspfades Biodiversität würden in der Periode 2031-2050 Kosten im Umfang von -22.773.104 €/a (-219,81 €/ha/a) anfallen, während sich der positive Gesamtnutzen des Klimaschutzpfades auf 20.294.894 €/a (201,76 €/ha/a) in der Periode 2031-2050 belaufen würde.

7.3.4.3 Bewertung mit dem Indikatorensystem

Beitrag von: Ko

Die in den vorangegangenen Abschnitten anhand von einzelnen Indikatoren dargestellten Entwicklungen innerhalb der Sektoren der Landnutzung werden nachfolgend auf der Ebene der Kriterien sektorenübergreifend dargestellt.

Bei einer Fortführung der bisherigen Bewirtschaftungsweisen der Landnutzung (Referenzpfad) bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes ergeben sich hinsichtlich der Entwicklung der die Indikatoren bündelnden sieben Kriterien geringe Steigerungen für die Bereiche „Produktivität“, „Beschäftigung“ und auch „Wertschöpfung“ (s. Abb. 201). Auch der Wert des Kriteriums „Naturschutz“ erhöht sich leicht. Dies weist darauf hin, dass eine „übliche“ bzw. konventionelle Landnutzung zumindest hinsichtlich der hier untersuchten naturschutzfachlichen Aspekte nicht zwangsläufig zu Verschlechterungen führen muss. Da jedoch die Indikatoren für das Kriterium „Naturschutz“ in der Landwirtschaft nur eingeschränkt aussagefähig sind, wird eine Ergänzung durch weitere Indikatoren empfohlen.

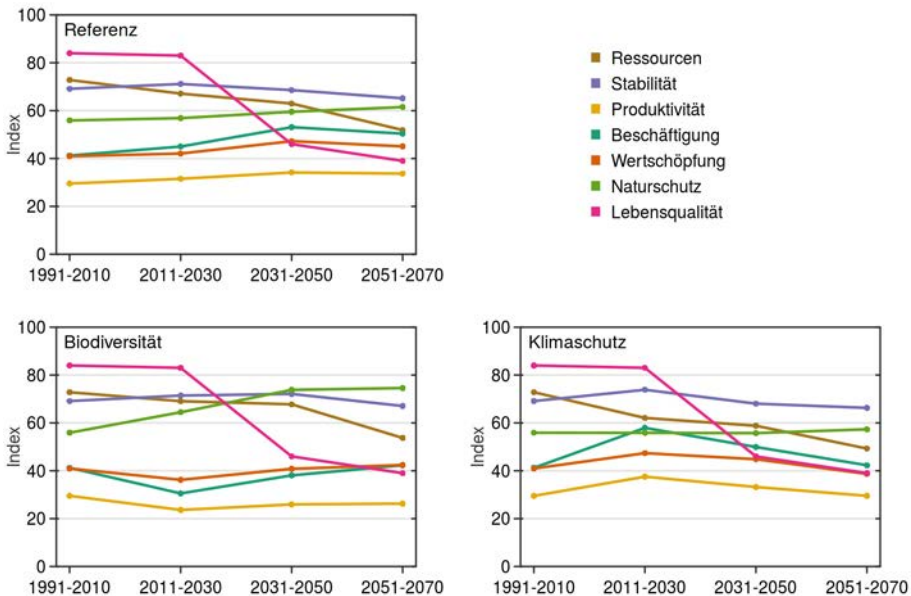


Abbildung 201: Veränderungen der Kriterien bei einer Bewirtschaftung gemäß der Entwicklungspfade Referenz, Biodiversität und Klimaschutz in der Modellregion Oder-Spree

Demgegenüber verringern sich mit der Zeit die Werte der Kriterien „Ressourcen“, „Stabilität“ und „Lebensqualität“ und weisen somit auf Verschlechterungen in diesen Bereichen hin. Besonders deutlich fällt diese Entwicklung für das Kriterium „Lebensqualität“ aus, aber auch das Kriterium „Ressourcen“ weist mit einem Rück-

gang seines Wertes in der letzten Betrachtungsperiode auf eine ungünstige Entwicklung hin. Beim negativen Trend für das Kriterium „Lebensqualität“ ist aber zu berücksichtigen, dass diese Entwicklung allein auf der projizierten Hitzebelastung beruht, weil die anderen Indikatoren dieses Kriteriums im Rahmen der im Projekt durchgeführten Modellierungen nicht fortschreibbar waren und somit statisch geblieben sind. Der fallende Wert des Kriteriums „Ressourcen“ ergibt sich u. a. durch die abnehmende Grundwasserneubildung sowie im forstlichen Bereich durch abnehmende Holzvorräte und -zuwächse. Im Bereich „Stabilität“ sind hier vor allem die Indikatoren Trockenstress, Bewässerungsbedarf und Waldbrandrisiko als treibende Einflussgrößen zu nennen.

Vergleicht man diese Entwicklungen mit den entsprechenden Veränderungen bei den beiden alternativen Entwicklungspfaden Biodiversität und Klimaschutz, so zeigt sich, dass nur der Entwicklungspfad Biodiversität zu nennenswerten Verbesserungen bei seinem „Schwerpunktkriterium“ Naturschutz führt. Der Klimaschutzpfad führt nicht zu einer merklichen Verbesserung des Kriteriums „Stabilität“. Bei den anderen Kriterien ergeben die Berechnungen mäßige Verschlechterungen gegenüber dem Referenzpfad. Dies lässt sich gut durch einen Vergleich der Werte der Kriterien beider Entwicklungspfade im Zeitraum 2051-2070 mit dem Status quo (1991-2010) in Abbildung 202 erkennen.

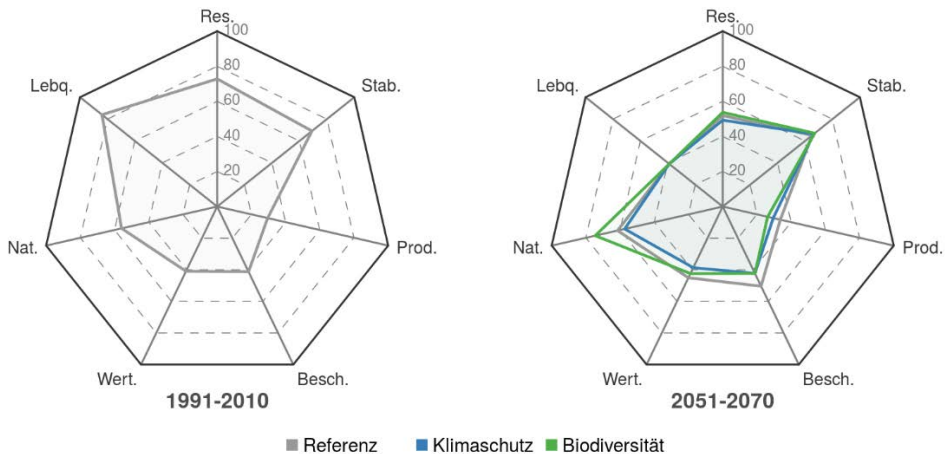


Abbildung 202: Kriterien für die Entwicklungspfade im Zeitraum 2051-2070 im Vergleich zum Status quo (1991-2010) (Res.: Ressourcen, Stab.: Stabilität, Prod.: Produktivität, Besch.: Beschäftigung, Wert.: Regionale Wertschöpfung, Nat.: Naturschutz, Lebq.: Lebensqualität)

7.3.4.4 Leitbilder

Beitrag von: S3

Um die aktuellen Sichtweisen der im Bereich der Landnutzung handelnden Personen in der Modellregion Oder-Spree möglichst zutreffend zu beschreiben, wurden im Rahmen des Projektes zunächst wichtige Akteure der Landnutzung identifiziert und anschließend deren vorrangige Interessen (Themen) erfragt (s. Abb. 203).

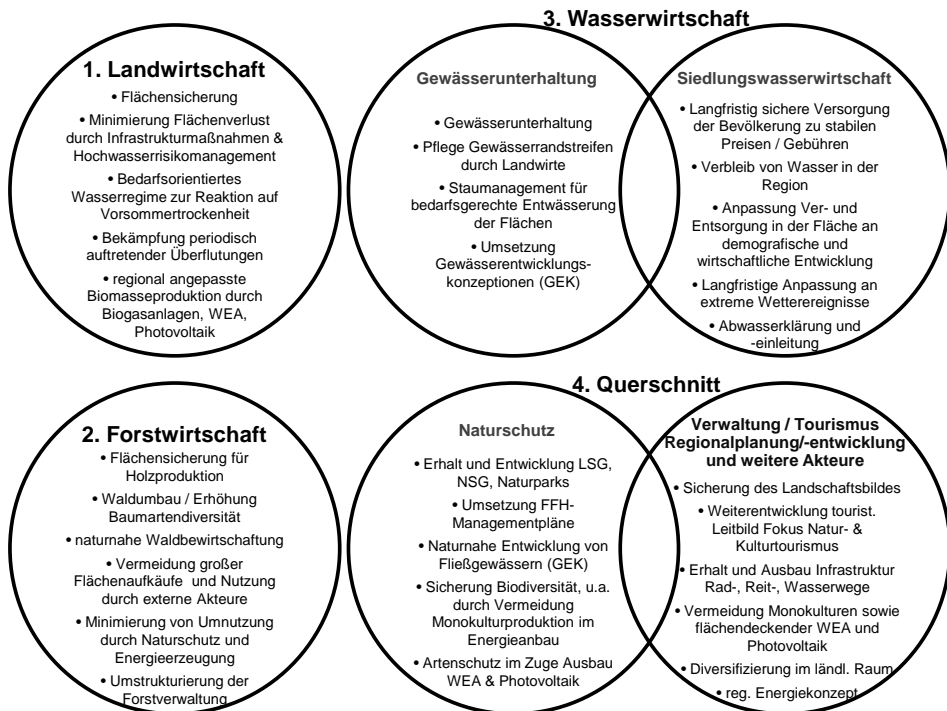


Abbildung 203: Akteursgruppen in der Modellregion Oder-Spree und ihre (Nutzungs-)Interessen und Präferenzen (GEK = Gewässerentwicklungskonzept, WEA = Windenergieanlagen, LSG = Landschaftsschutzgebiet, NSG = Naturschutzgebiet)

Im Rahmen von Fokusgruppendifkussionen wurden Leitbilder für die drei Sektoren Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Wasserwirtschaft mit 62 sektoralen Zielvorstellungen erarbeitet (siehe grauer Kasten).

Leitbild Landwirtschaft: Ein zentrales Ziel für die Vertreter der Landwirtschaft ist der Erhalt der landwirtschaftlichen Betriebe und der landwirtschaftlichen Nutzfläche in der Region. Stabile Strukturen im Agrarsektor werden als ein wichtiger Faktor zum Erhalt der wirtschaftlichen und demografischen Stabilisierung ländlicher Regionen insgesamt betrachtet. Der Erhalt von Agrarflächen sollte u. a. durch veränderte politische Rahmenbedingungen unterstützt werden, bspw. die Verlagerung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen auf nicht-landwirtschaftliche Flächen. Darüber hinaus werden Erleichterungen beim Landerwerb angeregt, so soll der Verkauf von Treuhandflächen sich besser an den Bedürfnissen der Landwirte vor Ort ausrichten. Landerwerb sollte zudem steuerliche Absetzmöglichkeiten bieten. Ein weiteres wichtiges regionales Themenfeld nach Ansicht der Teilnehmer ist die Gewässerunterhaltung. Ein intelligentes Wassermanagement ist vonnöten, welches sowohl den Wasserrückhalt auf den Flächen in Trockenzeiten als auch die schnelle Wasserabführung in nassen Perioden gewährleisten kann. Dazu gehört sowohl die Sicherstellung ausreichender Wasserstände in den Gewässern höherer Ordnung durch Staumanagement als auch die Verbesserung des Drainagenetzes auf den Flächen.

Leitbild Forstwirtschaft: Vertreter der Forstwirtschaft sehen über ihren eigenen Sektor hinaus die Stabilisierung und Stärkung des ländlichen Raumes im Zentrum ihrer Leitbildvorstellungen. Neben dem Erhalt und dem Ausbau technischer und sozialer Infrastruktur in den Orten dient dazu eine multifunktionale Landnutzung, die Stabilität durch Vielfalt schafft. Diese Multifunktionalität betrifft insbesondere den Wald, in dem die unterschiedlichen Interessen – Waldnutzung, Schutz, Erholung und Tourismus – harmonisiert werden sollen. Die wirtschaftliche Nutzung der regionalen Flächen und deren Erträge sollten den Bewohnern der Region zugutekommen, Arbeitsplätze in der Land- und Forstwirtschaft erhalten werden. Dabei sollte sich die konkrete Art der Nutzung an den jeweiligen natürlichen Standortbedingungen orientieren. Zielvorstellungen für die Waldnutzung selbst fokussieren auf bessere Voraussetzungen für effiziente Flächenbewirtschaftung: gut strukturierte Waldflächen sollten geschaffen und gesichert, Verfahren für Flurbereinigung im Wald vereinfacht werden. Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für Waldflächenverluste sollen im Landkreis selbst verortet sein, um damit verbundene Synergieeffekte der Bevölkerung in der Region zugutekommen zu lassen. Ziele der Waldnutzung sind gut strukturierte, stabile Mischwälder, die multifunktionalen Nutzungsansprüchen entsprechen und die an zu erwartende Folgen des Klimawandels angepasst sind.

Leitbild Wasserwirtschaft: Eine nachhaltige Gestaltung der Landnutzung insgesamt steht im Mittelpunkt des Interesses der Wasserwirtschaft/Gewässerunterhaltung im Landkreis Oder-Spree. Dazu gehört nach Aussagen der Teilnehmer eine nachhaltige, an standörtliche Gegebenheiten angepasste Nutzung der land- und forstwirtschaftlichen Flächen. Die Wasserbewirtschaftung in der Region muss den unterschiedlichen Erwartungen der Gewässeranrainer und Landnutzer Rechnung tragen. Dafür ist ein intelligentes, zweiseitiges Wassermanagement vonnöten, welches je nach Situation und Interessenlage Wasserableitung oder Wasserrückhalt in den Flächen sicherstellen kann.

Fortsetzung Leitbild Wasserwirtschaft

Eine weitere wichtige Zielstellung ist die Verbesserung der Hochwasservorsorge, bspw. durch verbesserte Gräbenbewirtschaftung einerseits; andererseits wird die Änderung politischer Rahmenbedingungen dafür als notwendig angesehen, mit der bspw. Siedlungstätigkeiten in besonders gefährdeten Gebieten eingeschränkt werden können. Angemahnt wird darüber hinaus die bessere, ganzheitliche Abstimmung von Nutzungsinteressen auf der Fläche sowie die Zusammenarbeit unterschiedlicher Gremien und Verwaltungseinrichtungen, auch über die Kreisgrenze hinweg. Betont wird die Bedeutung langfristig verlässlicher Planungen und Konzeptionen. Für den Bereich des Trinkwasserschutzes wird als konkretes Ziel die Wiedereinsetzung einer Trinkwasserschutzgebietskommission benannt.

Die sektoralen Leitbilder bildeten die Grundlage für einen regionalen Leitbildworkshop, auf dem ein gemeinsames regionales Leitbild abgeleitet wurde. Es hat folgenden Wortlaut:

Gemeinsames regionales Leitbild:

Die regionale Landnutzung in der Modellregion Oder-Spree soll nachhaltig und standortangepasst gestaltet werden. Ziel sind Erhalt und Gestaltung einer durch Landbewirtschaftung geformten Kulturlandschaft, die zur Stabilisierung des Lebens im ländlichen Raum beiträgt. Der Sicherung der Flächen für eine vielfältige Land- und Forstwirtschaft kommt besondere Bedeutung zu. Der Schwerpunkt für die Landwirtschaft liegt in der Nahrungsmittelproduktion; die Forstwirtschaft wird mit stabilen, strukturreichen Wäldern allen Ansprüchen nachhaltiger Nutzung gerecht. Ein auf den Gesamttraum Oder-Spree bezogenes intelligentes Wassermanagement sichert Nutzungs- und Schutzansprüche an die Gewässer in der Region. Kooperation und Kommunikation nach innen und außen sichern einerseits die Abstimmung der Interessen der Landnutzungsakteure und sorgen andererseits für eine Stärkung und bessere Darstellung von Leistungen und Erträgen des ländlichen Raumes.

Diesem regionalen Leitbild für eine nachhaltige Landnutzung liegen folgende 10 Leitsätze zugrunde:

1. Die Modellregion Oder-Spree betrachtet ihr Landschaftsbild als eine durch die Landbewirtschaftung geformte und gestaltete Kulturlandschaft.
Das Bild der derzeitigen Kulturlandschaft in unserer Region ist durch Landbewirtschaftung entstanden und geformt. Die Gestaltung dieses Landschaftsbildes erfordert die Sicherung und Entwicklung der derzeitigen Flächennutzung.
2. Eine nachhaltige, standortangepasste Flächennutzung ist Grundlage für die Gestaltung der Kulturlandschaft in der Modellregion Oder-Spree.
Eine nachhaltige Landnutzung insgesamt erfordert eine nachhaltige Bewirtschaftung der forst- und landwirtschaftlichen Flächen unter Beachtung aller drei Nachhaltigkeitsdimensionen (ökonomisch, ökologisch, sozial). Die Landbewirtschaftung auf den Flächen soll sich im Grundsatz an den natürlichen Gegebenheiten orientieren und die jeweiligen Besonderheiten der Standorte berücksichtigen. Neben der reinen Flächenbewirtschaftung gehören dazu unter anderem auch an die land- und forstwirtschaftliche Nutzung angepasste Wildbestände in der Region.

3. Die Landnutzung leistet ihren Beitrag zur Stabilisierung des Lebens im ländlichen Raum.

Die Nutzung der natürlichen Ressourcen durch Land- und Forstwirtschaft, naturnahen Tourismus sowie weiteren Wirtschaftsbereichen entlang der Wertschöpfungsketten leistet einen wichtigen Beitrag zur wirtschaftlichen Stabilisierung des ländlichen Raumes. Arbeitsplätze in den Land-, Forst- und Wasserwirtschaft können eine wichtige Rolle dabei spielen, die Abwanderung gerade junger Menschen aus der Region zu begrenzen. Dafür muss auch die technische und soziale Infrastruktur in den Dörfern des ländlichen Raumes gestärkt werden; unter anderem die Förderung des Zusammenarbeitens in Vereinen, die Stärkung des Dorflebens und des Miteinanders im ländlichen Raum sowie die Verbesserung von Kommunikations- und Versorgungsmöglichkeiten.

4. Wertschöpfung aus der Landnutzung in der Modellregion Oder-Spree kommt vor allem den Bewohnern der Region zugute.

Landschaft soll für ihre Bewohner lebenswert sein; daher sollte Landnutzung insgesamt im Sinne der Bewohner der Region gestaltet werden. Wirtschaftliche Erträge, die durch Nutzung der regionalen Flächenressourcen erarbeitet werden, sollen nach Möglichkeit wieder in die Region zurückfließen. Entwicklungspotenziale, wie bspw. beim Ausbau des wasser- und radorientierten Fremdenverkehrs, werden genutzt, um die attraktiven Landschaftsräume in Wert zu setzen und zu bewahren.

5. Die derzeitigen Flächenanteile der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung in der Modellregion Oder-Spree werden weiterhin gesichert.

Die Bedeutung des Erhalts von Agrar- und Forstflächen wird durch die Auswirkungen klimatischer Veränderungen und zunehmender Rohstoffverknappung weiterhin steigen. Land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen sollen in den aktuellen Flächenanteilen erhalten bleiben; es gilt Flächenverluste, bspw. durch Verkehrs- und Siedlungsvorhaben sowie insbesondere durch Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, zu begrenzen.

6. Die Vielfalt der landwirtschaftlichen Betriebsstrukturen und Aktivitäten sichert eine langfristig stabile Landnutzung in der Modellregion Oder-Spree. Der Schwerpunkt der Landwirtschaft liegt dabei in der Nahrungsmittelproduktion.

Eine langfristig stabile landwirtschaftliche Struktur in der Region erfordert eine Vielfalt in den Betriebs- und Produktionsformen. Der Erhalt landwirtschaftlicher Betriebe in ihrer Vielfalt wird gefördert. Bei der landwirtschaftlichen Nutzung der Flächen hat die Nahrungsmittelproduktion zur Ernährungssicherung der Bevölkerung Priorität.

7. Die Forstwirtschaft in der Modellregion Oder-Spree zeichnet sich durch strukturreiche stabile Wälder aus, die allen Ansprüchen nachhaltiger Nutzung entsprechen.

Schutz und Erhalt der Waldflächen durch Nutzung steht im Zentrum der Forstentwicklung. Eine multifunktionale Nutzung der Waldflächen dient der Harmonisierung von unterschiedlichen Interessen und erfüllt die Ansprüche an Nutzungs-, Schutz- und Erholungsfunktion. Strukturreiche, stabile Wälder werden gesichert, um regionalen Folgen der Klimaentwicklung zu begegnen.

8. Bei Bewirtschaftung und Schutz der Gewässer in der Modellregion Oder-Spree wird der Gesamttraum betrachtet; ein intelligentes Wassermanagement sichert die Interessen der Anrainer und Wassernutzer.

Ein nachhaltiges Bewirtschaftungskonzept für Fließgewässer in der Modellregion Oder-Spree muss das gesamte Fließgewässersystem betrachten. Ein intelligentes Wassermanagement beinhaltet abgestimmte Maßnahmen sowohl zur Wasserableitung aus den Flächen als auch zum Wasserrückhalt, je nach Situation und Interessenlage der Anrainer und Wassernutzer. Bestehende Trinkwasserschutzzonen werden weiterhin geschützt. Besonderes Augenmerk liegt auf der Hochwasservorsorge, wobei hier die Sicherung der Bevölkerung sowie sensibler Einrichtungen Vorrang hat.

9. Landnutzungsmanagement in der Modellregion Oder-Spree sichert eine umfassende Abstimmung der Nutzungsinteressen betroffener Akteure durch Kooperation und Kommunikation.

Die Ressource „Land“ ist nicht vermehrbar. Eine nachhaltige Landnutzung erfordert daher eine umfassende Abstimmung der unterschiedlichen Nutzungsinteressen und die Einbindung betroffener Akteure bei Nutzungsentscheidungen. Ein nachhaltiges Nutzungsmanagement in der Modellregion Oder-Spree berücksichtigt vorrangig die Interessen der Nutzer und Bewohner der Region selbst, anstatt von außen bestimmt zu werden.

10. Wissen und Bewusstsein um die Leistungen und Erträge der Landnutzung in der Modellregion Oder-Spree werden gestärkt und kommuniziert.

Wissen und Kompetenz über die Nutzungsaktivitäten im ländlichen Raum werden gesichert und weitergegeben. Das Bewusstsein, welche Leistungen der ländliche Raum über seine Grenzen hinaus erbringt, wird gestärkt und besser in die Öffentlichkeit transportiert. Ziel ist dabei langfristig auch eine bessere Honorierung dieser gesellschaftlichen Leistungen.

7.3.4.5 *Mögliche politische Anknüpfungspunkte für die Umsetzung der regionalen Leitbilder* Beitrag von: S2

Insgesamt repräsentieren die Leitbilder der Region Oder-Spree teilweise einen integrativen, an einer nachhaltigen ländlichen Entwicklung orientierten Ansatz der intersektoralen Politikintegration, betonen jedoch auch die Sicherung der bisherigen Flächennutzung. Analysen der übergeordneten europäischen und nationalen politischen Rahmenbedingungen zeigen, dass politische Programme der Landnutzung vielfach einen Anspruch an eine nachhaltige Entwicklung formulieren, dass dieser Anspruch jedoch auf der konkreten instrumentellen Ebene nicht gleichermaßen durch wirkungsvolle Politikinstrumente unterlegt wird. So können die übergreifenden politischen Rahmenbedingungen tendenziell einige der Leitsätze der Modellregion Oder-Spree weiter unterstützen, insbesondere, wenn diese eine Sicherung und Entwicklung der derzeitigen Flächennutzung betonen, denn diese existiert ja bereits unter den gegebenen politischen Rahmenbedingungen.

Die stärker an einer nachhaltigen, integrierten ländlichen Entwicklung orientierten Leitsätze, z. B. Betonung der wirtschaftlichen Stabilisierung des ländlichen Raums mit Stärkung des Dorflebens, eines „Miteinanders im ländlichen Raum“ u. ä., lassen jedoch keine Verwirklichung durch die übergreifenden Sektoralpolitiken erwarten. Für die Leitbilder gilt, wie in den anderen Modellregionen auch, dass eine

vollständige Realisierung innerhalb der derzeitigen politischen Rahmenbedingungen nicht automatisch zu erwarten ist. Die Region sollte hier ebenfalls einige Leitsätze priorisieren und versuchen, deren Ziele im Rahmen von solchen spezifischen Politiken umzusetzen, die bereits eine integrierte und nachhaltige ländliche Entwicklung fördern, in der Region bereits umgesetzt werden und mit Fördermitteln ausgestattet sind, damit Leitbilder auch durch konkrete Umsetzungsprojekte Wirklichkeit werden können.

Hierzu lohnt sich ebenfalls wie in den anderen drei Modellregionen der Blick in die Umsetzung von LEADER: Auch die Modellregion Oder-Spree ist in Teilen Bestandteil von LEADER Regionen der Förderperiode 2014-2020 in Brandenburg, zum einen der LAG Märkische Seen und zum anderen der Leader-Region-Oderland. Letztgenannte hat unter dem Handlungsfeld „Stärkung der regionalen Wirtschaft“ die Stärkung regionaler Wertschöpfungsketten zum Ziel (LAG ODERLAND 2014, S. 31). Weitere Ziele sind die Vermarktung land-, forst- und fischereiwirtschaftlicher Produkte und die Verbesserung der Qualität touristischer Angebote (LAG ODERLAND 2014, S. 32). Weiter geht es um Daseinsvorsorge und darum, Dorf- und Alltagskultur zu beleben (LAG ODERLAND 2014, S. 32). Klimaschutz und Naturraumgestaltung stellen weitere Handlungsfelder der LAG Oderland dar (LAG ODERLAND 2014, S. 34). Deutlich wird, dass viele Aspekte der regionalen Leitbilder der Modellregion Oder-Spree auch Bestandteil der Entwicklungsstrategie der LAG Oderland sind – allerdings mit dem Unterschied, dass im Rahmen der LEADER-Prozesse zwischen 2014 und 2020 auch Fördermittel zur Verfügung stehen, um konkrete Regionalentwicklungsprojekte umzusetzen, die diese Ziele unterstützen. Die Akteure der Modellregion sollten also versuchen, im Rahmen der regionalen LEADER-Umsetzung Projekte zu entwickeln, die helfen können, diejenigen Leitsätze, die einen Schwerpunkt auf Regionalität, Wertschöpfungsketten und Dorfentwicklung setzen, zu realisieren.

Auch die zweite der räumlich in Frage kommenden LEADER-Regionen, die LAG Märkische Seen weist in ihrer regionalen Entwicklungsstrategie Handlungsfelder aus, an die die Leitbilder der Modellregion Oder-Spree anschlussfähig sind. Lebendige Orte gestalten, regionale Ökonomie nachhaltig fördern und Kulturlandschaften mitgestalten und biologische Vielfalt erhalten lauten hier die drei Handlungsfelder (LAG MÄRKISCHE SEEN 2014, S. 31). Hierbei geht es auch um dörfliche Grundversorgung, Dorfleben, die Förderung regionaler Erzeuger und Betriebsgemeinschaften (LAG MÄRKISCHE SEEN 2014, S. 37), den Klimaschutz und die Unterstützung des energiewirtschaftlichen Leitbilds der Planungsregion Oderland-Spree (LAG MÄRKISCHE SEEN 2014, S. 40).

Wie auch in den anderen Modellregionen kann das Anknüpfen an in den Regionen bereits existierende Umsetzungsprozesse politischer Programme, die bereits mit finanziellen Mitteln unterlegt sind, eine vielversprechende Strategie sein, um einzelne Aspekte der Leitbilder zu realisieren. Das betrifft diejenigen Leitsätze, die sich an Konzepten einer integrierten ländlichen Entwicklung orientieren, da diese besonders

anschlussfähig an die entsprechenden Förderprogramme wie LEADER oder die weitere Umsetzung des ELER durch die entsprechenden Landesprogramme zur Entwicklung des ländlichen Raumes sind.

Zur Konkretisierung der Leitbilder und bei der Priorisierung der Maßnahmen zu ihrer Verwirklichung bieten sich die Informationen über die heutige und künftige, vom jeweiligen Entwicklungspfad abhängige Ausprägung der Nachhaltigkeitsindikatoren an.

7.3.4.6 *Folgerungen für ein nachhaltiges Landmanagement*

Beitrag von: Ko

Die Auswirkungen des Klimawandels werden die zukünftige Landnutzung in der Modellregion deutlich beeinflussen. Insgesamt wird es in der Modellregion Oder-Spree bis zum Jahr 2070 deutlich wärmer. Die Hitzebelastung für Mensch und Tier nimmt hierdurch weiter zu. In geringerem Maße wächst die Belastung durch schwüle Witterungsperioden. Die Kältebelastung im Winter geht deutlich zurück, die Anzahl der Frosttage wird fast halbiert. Insgesamt verlängert sich die Vegetationsperiode um etwa einen Monat.

Die im Vergleich mit anderen Regionen bereits sehr trockenen Verhältnisse werden zukünftig noch trockener. Dem kräftigen Niederschlagsrückgang, insbesondere in den Sommermonaten, steht nur eine deutlich geringere Zunahme der Niederschläge im Winter gegenüber. Ein Ausgleich findet dadurch nur in geringem Umfang statt. Insgesamt gehört die Modellregion Oder-Spree zu den Gebieten, die wegen der Zunahme der Trockenheit stärker vom Klimawandel betroffen sein könnten.

7.3.4.6.1 *Wasserwirtschaft*

Beiträge von: F1, W1a, W1b

Zukünftig erscheint eine für land- und forstwirtschaftliche Pflanzen mengenmäßig ausreichende Wasserversorgung nicht mehr zu jeder Zeit gesichert, da sich die derzeit bereits relativ geringen Jahresniederschläge (580 mm) noch spürbar verringern werden und insbesondere im Norden und Westen der Modellregion viele Standorte nur ein geringes Wasserspeichervermögen aufweisen.

Bereits heute ist die Grundwasserneubildung durch die geringen Niederschläge eingeschränkt. Alle Modellrechnungen weisen langfristig auf eine weitere Abnahme hin, sodass davon ausgegangen werden muss, dass zukünftig im Winterhalbjahr von trockenen Jahren keine vollständige Auffüllung des Bodenwasserspeichers mehr erfolgt.

Die aktuelle und zukünftige Wasserqualität ist vielerorts kritisch zu sehen. Die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser unter den landwirtschaftlich genutzten Flächen liegen bei Fortführung der bisherigen Wirtschaftsweise im gesamten

Betrachtungszeitraum zwischen 102 und 122 mg NO₃/l und damit deutlich oberhalb des rechtlich vorgegebenen Trinkwassergrenzwertes von 50 mg NO₃/l. Die Konzentrationswerte in den Entwicklungspfaden Klimaschutz und Biodiversität sind nur wenig geringer (-5 bis -10 %) und zeigen auch eine mit dem Referenzpfad vergleichbare zeitliche Entwicklung.

Die zugehörigen jährlichen Stickstofffrachten im Sickerwasser weisen während des gesamten Betrachtungszeitraumes Werte zwischen 41 bis 44 kg N/ha auf und bewegen sich damit unterhalb des derzeit zulässigen Stickstoffüberschusses nach der Düngeverordnung (BMELV 2012a) in Höhe von 60 kg N/ha/a.

Unter Wald liegen die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser derzeit auf einem niedrigen Niveau (7 mg NO₃/l). Die Halbierung der Sickerwasserrate im Biodiversitätsszenario hat in etwa eine Verdoppelung der Nitratkonzentrationen zur Folge (15 mg NO₃/l). Werden im Zuge der Modellsimulationen die Bestandesvorräte drastisch reduziert (Referenz- und Klimaschutzpfad), verringert sich aufgrund der geringeren Streufallmenge die Stickstoffspeicherrate. Entsprechend kommt es zu einem Anstieg der Nitratkonzentrationen bis auf 42,2 mg NO₃/l (Referenzpfad 2051-2070). Da sich im Klimaschutzpfad die Sickerwasserrate auf etwa 1/3 reduziert, fällt der Anstieg entsprechend stärker aus (66,4 mg NO₃/l). Durch den Temperaturanstieg und damit verbundene höhere Abbauraten werden die vorab beschriebenen Effekte noch verstärkt.

7.3.4.6.2 Forstwirtschaft

Beiträge von: Ko, F1, F4, F6

Für die Wälder in der Region Oder-Spree hat der Klimawandel gravierende Folgen. Die bereits heute bestehende Trockenstressproblematik wird sich zukünftig weiter verschärfen. Selbst bei der als trockenstresstolerant einzustufenden Kiefer ist zunehmend mit einer mittleren Gefährdung zu rechnen. Hierdurch wird nicht das Vorkommen der Kiefer bedroht, es ist aber sehr wohl mit einer geringeren Leistung und einer höheren Eintrittswahrscheinlichkeit abiotischer (u. a. Waldbrand) bzw. biotischer Risiken (u. a. Kiefern großschädlinge, Prachtkäfer) zu rechnen. Dennoch wird sie mit Abstand weiterhin die wichtigste Wirtschaftsbaumart bleiben.

Zur Begrenzung und zur Verteilung der Risiken gibt es selbst bei optimistischer Interpretation nur geringe Handlungsspielräume bei der Baumartenwahl. Dennoch ist eine Überführung der großflächigen Kiefern-Reinbestände in Mischbestände anzustreben. Vieles spricht für eine stärkere Beteiligung anbauwürdiger und ökologisch zuträglicher eingeführter Baumarten wie Douglasie, Küstentanne und Roteiche. Bei der Laubholzbeimischung sollte aus ökologischen Gründen auch die Buche zumindest als Begleitbaumart nicht ausgeschlossen werden, obwohl der Wasserbedarf von Buchenvoranbauten hoch ist (vgl. PAUL et al. 2013). Auch eine Förderung der Eiche/Roteiche auf geeigneten Standorten erscheint sinnvoll.

7.3.4.6.3 Landwirtschaft

Beiträge von: L3, L2b, L7

Die Erträge in der Modellregion Oder-Spree sind im Vergleich zu den anderen Modellregionen niedrig. Dies ist insbesondere standörtlich bedingt (geringere Niederschläge und schwächere Böden). Die Modellrechnungen, z. B. für Weizen (Pflanzenwachstumsmodell DSSAT, JONES et al. 2003), zeigen, dass in Zukunft bei Fortführung der heutigen Anbausysteme die Erträge im Mittel auf dem aktuellen Niveau liegen können (STRER et al. 2014). Allerdings ist vor allem in der Modellregion Oder-Spree mit einer erhöhten Ertragsvariabilität bis hin zu Ertragsausfällen zu rechnen. Diese Zunahme der Variabilität ist begründet durch veränderte Eintrittshäufigkeiten für widrige Umweltbedingungen infolge des Klimawandels. Sie haben besonders dann negative Auswirkungen auf die Landwirtschaft, wenn sie in Wachstumsphasen auftreten, die für die Ertragsbildung und Entwicklung der landwirtschaftlichen Kulturen entscheidend sind.

Weiterhin ist zukünftig mit einem deutlich erhöhten Trockenstressrisiko in der Modellregion Oder-Spree zu rechnen. Davon sind insbesondere das Sommergetreide und die Hackfrüchte betroffen. Zudem zeigen die Untersuchungen, dass der Grünlandertrag ohne Bewässerung aufgrund der abnehmenden Sommerniederschläge und dem damit verbundenen Risiko von Dürreperioden stagnieren wird. Durchschnittliche Bewässerungsmengen zur Sicherstellung der Erträge liegen aktuell bei 86 mm/a und steigen im Laufe des Betrachtungszeitraumes auf bis zu 109 mm/a.

Aufgrund der heute vergleichsweise geringen Bedeutung der Tierhaltung in der Modellregion Oder-Spree (< 1 Großvieheinheit pro Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche) könnten die Viehzahlen moderat aufgestockt werden, ohne die ökologischen Indikatoren wesentlich zu verschlechtern.

Die geringere Intensität der Landwirtschaft in der Modellregion spiegelt sich auch im Stickstoffaustrag wieder. Die Region Oder-Spree weist mit 60 bis 80 kg/ha/a die geringsten Stickstoffsalden aller Modellregionen auf. Die Salden des Klimaschutz- und Biodiversitätspfades liegen bei ähnlichem Verlauf ca. 15-20 % niedriger als im Referenzpfad. Es ist ein deutlicher Einfluss der Wirtschaftsweise (verstärkter Anbau von Lupine und 10 % ökologische Vorrangflächen) zu erkennen.

Der Entwicklungstrend des Humussaldos ist in der Modellregion insgesamt positiv. Insbesondere im Klimaschutzpfad kommt es durch die Ausweitung des Lupinenanbaus zu einer deutlichen Erhöhung des Humussaldos. Zum Ende des Berechnungszeitraumes erfolgt hier ein jährlicher Humusaufbau in Höhe von ca. 190 kg/ha. Dieser Wert liegt nach der Bewertungsskala der VDLUFA (KÖRSCHENS et al. 2004) innerhalb des mittelfristig tolerierbaren Bereiches und sollte auf lange Sicht durch geeignete Managementmaßnahmen reduziert werden.

7.4 Integratives Landmanagement – Folgerungen für das Norddeutsche Tiefland

Beitrag von: Ko

Das Norddeutsche Tiefland wird geologisch hauptsächlich durch die Saale- und Weichselvereisungen geprägt, die zu räumlich stark differenzierten Standortverhältnissen geführt haben. Bereits gegenwärtig besteht ein ausgeprägter Klimagradient mit von Westen nach Osten deutlich abnehmender Atlantizität und zunehmender Kontinentalität. Abgesehen von wenigen Ballungsräumen überwiegen ländliche Räume, in denen Land- und Forstwirtschaft auch im bundesweiten Vergleich eine überdurchschnittliche Bedeutung haben. Durch die regional unterschiedlichen Formen der Landnutzung haben sich in den letzten 200 Jahren vielfältige Kulturlandschaften entwickelt. Großflächige Aufforstungen ausgedehnter Moor-, Heide- und Dünenflächen, vorrangig mit der anspruchslosen Kiefer, haben zu einer Vervielfachung der Waldfläche geführt und die Grundlagen für eine heute leistungsfähige Forst- und Holzwirtschaft geschaffen. Die Einführung neuer bzw. verbesserter Produktionsverfahren in der Acker- und Grünlandbewirtschaftung sowie in der Tierhaltung ermöglichte eine enorme Steigerung der Produktivität. Unterschiede in den naturräumlichen Gegebenheiten und im wirtschaftlichen Umfeld wurden zu regionalen Spezialisierungen genutzt. Heute ist der Agrarsektor des Norddeutschen Tieflandes auch im europäischen Maßstab äußerst wettbewerbsfähig.

In dem Verbundprojekt wurden exemplarisch für vier Modellregionen Zustände und Wirkungsgefüge analysiert, szenariobasiert Entwicklungen abgeschätzt, inter- und transdisziplinär Anpassungsstrategien abgeleitet und deren Auswirkungen anhand von integrativen Indikatoren eines nachhaltigen Landmanagements hergeleitet. Die Modellregionen (s. Kap. 3) repräsentieren weite Teile des Altpleistozäns, während die küstennahen und/oder jungdiluvialen Bereiche des Norddeutschen Tieflandes keinen Eingang in die Untersuchungen fanden.

7.4.1 *Klimaentwicklung*

Beiträge von: K1, Ko

Die Aussagen zur langfristigen Entwicklung des Klimas sind mit großen Unsicherheiten behaftet. Dabei handelt es sich nicht um Vorhersagen im üblichen Sinne, sondern unter den gegebenen Randbedingungen und Annahmen (s. Kap. 4.1) um mögliche, wenn auch nicht unwahrscheinliche, zukünftige Entwicklungen. Gemäß der verwendeten Klimaprojektion nimmt im Untersuchungsraum die mittlere Lufttemperatur von der Periode 1991-2010 zur Periode 2051-2070 um knapp 2,1 °C zu. Dabei erwärmen sich die küstennahen Gebiete im Nordwesten deutlich geringer als die schon kontinental getönten Bereiche im Südosten (s. Abb. 204). Diese Differenzierung zeigt sich auch bei Betrachtung der berechneten Veränderungen der durch-

schnittlichen Tagesmaximal- und -minimaltemperaturen. Allerdings steigen die mittleren Tagesmaximaltemperaturen nicht so stark wie die mittleren Tagesdurchschnittstemperaturen, die sich im Durchschnitt um rund 2,3 °C erhöhen.

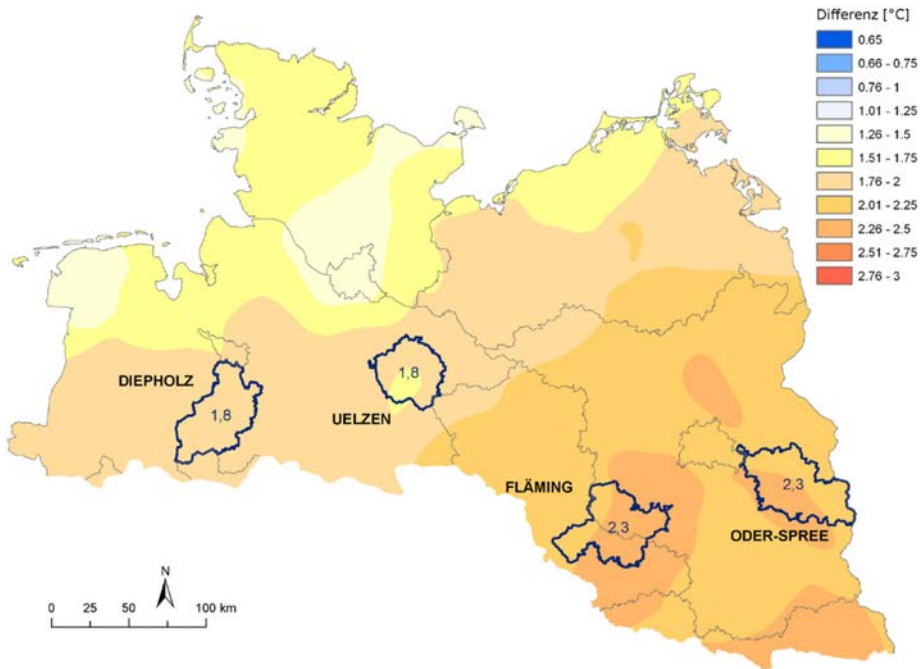


Abbildung 204: Änderung der Jahresmitteltemperatur (2051-2070 im Vergleich zu 1991-2010) unter Verwendung der „mittleren“ Klimaprojektion (s. Kap. 4.1)

Die räumlichen Unterschiede spiegeln sich auch in den sogenannten Ereignistagen wider. So geht im Osten des Norddeutschen Tieflandes die Zahl der Eis- und Frosttage stärker als im Westen zurück, ohne allerdings das dort niedrigere Niveau zu erreichen. Dies gilt auch für die Zahl der Tage mit Barfrösten. Im Gegensatz hierzu reduziert sich die Zahl der Spätfrosttage im Norddeutschen Tiefland gleichmäßig.

Bei den Sommertagen und den heißen Tagen (max. Temp. > 30 °C) weiten sich die Gebiete mit einer hohen Anzahl dieser Ereignisse im Zeitraum bis 2051-2070 aus. Davon sind die östlichen Gebiete künftig stärker betroffen, als sie es bereits heute schon sind. Neben dem Sachverhalt, dass sich die Anzahl heißer Tage häuft, wird sich nach den Berechnungen auch deren zeitliches Andauern verlängern. Die sogenannten Kyselý-Tage (drei aufeinanderfolgende Tage, während der die tagesmaximale Lufttemperatur 30 °C überschreitet und danach 25 °C nicht unterschreitet, KYSELÝ 2004) nehmen im gesamten Untersuchungsgebiet zu. Davon sind wiederum insbesondere die Regionen im Osten des Norddeutschen Tieflandes betroffen (s. Abb. 205).

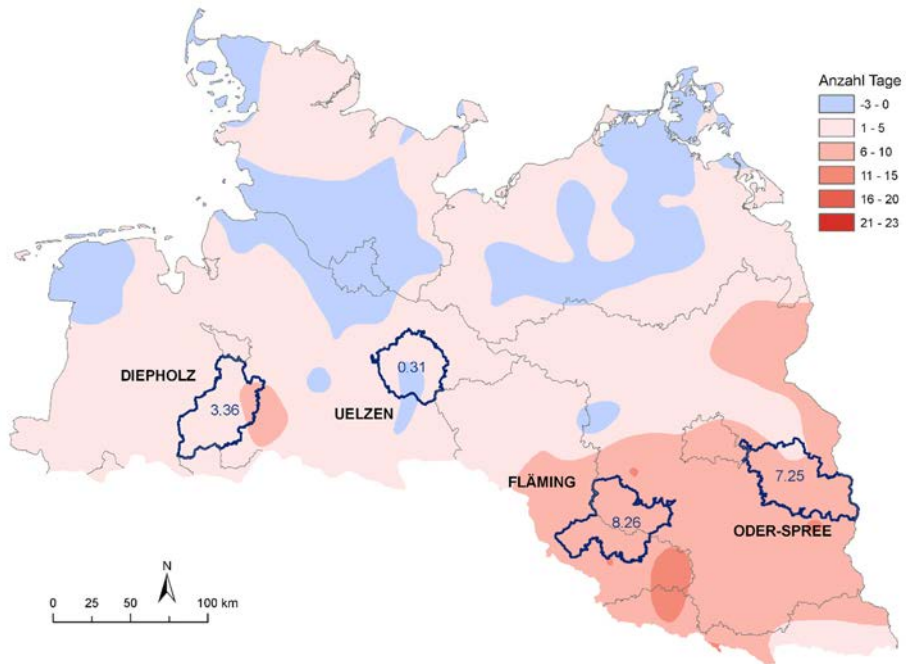


Abbildung 205: Änderung der Anzahl der Kysel-Tage (2051-2070 im Vergleich zu 1991-2010) unter Verwendung der „mittleren“ Klimaprojektion (s. Kap. 4.1)

Auch hinsichtlich des Niederschlages zeigt sich im Norddeutschen Tiefland ein West-Ost-Gradient. Demnach nehmen die Niederschläge von Westen nach Osten ab. Dies geschieht jedoch nicht gleichmäßig, da auch an geringen Geländeerhebungen, wie beispielsweise in der Hohen Heide oder an den Oderhängen, Luv- und Leeffekte auftreten (s. Abb. 206). Aktuell beträgt der Unterschied in der jährlichen Niederschlagssumme zwischen den westlichen Modellregionen Diepholz und Uelzen einerseits sowie Fläming und Oder-Spree auf der anderen Seite mindestens 120 mm. Dieser Unterschied wird sich nach den Berechnungen bis 2051-2070 vergrößern und steigt wegen eines deutlich größeren Niederschlagrückgangs im Osten auf bis zu 200 mm an (Vergleich Uelzen und Oder-Spree). So nehmen die berechneten jährlichen Niederschlagssummen in den östlichen Modellregionen bis 2051-2070 um ca. 55 mm ab, während sich die geringen Zugewinne (Uelzen +12 mm) und Verluste (Diepholz -15 mm) in den westlichen Modellregionen ausgleichen (s. Abb. 206). Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Verluste weitgehend in den Sommermonaten zu verzeichnen sind.

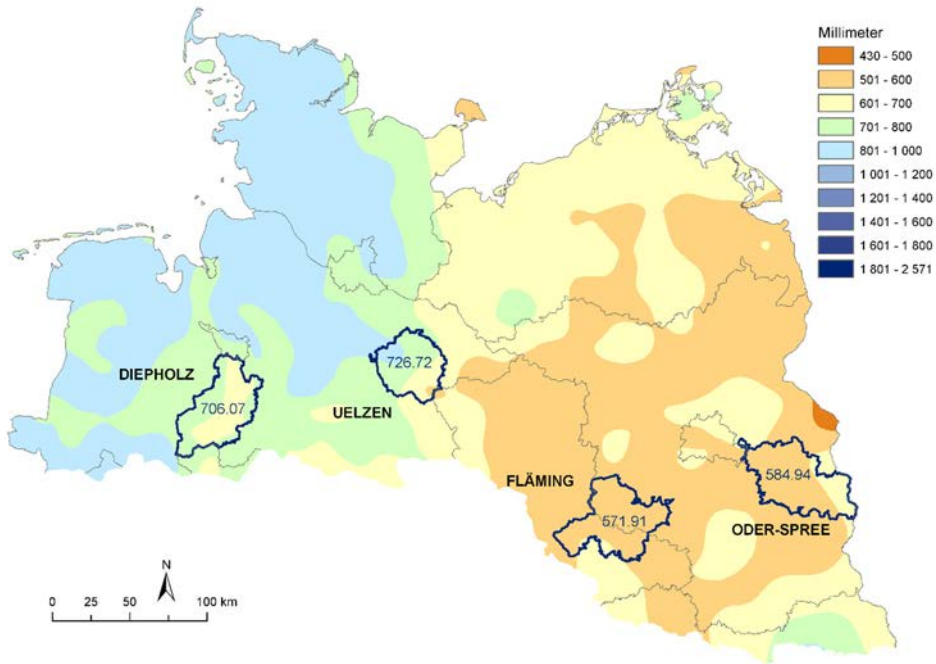


Abbildung 206: Aktuelle Verteilung der Niederschläge im Norddeutschen Tiefland (mittlere Jahressumme des Niederschlags 1991-2010) unter Verwendung der „mittleren“ Klimaprojektion (s. Kap. 4.1)

Die Zweiteilung des Niederschlagsgeschehens im Norddeutschen Tiefland lässt sich auch an der Anzahl der Tage ohne messbaren Niederschlag erkennen. Die geringste Anzahl dieser Tage ist aktuell im Westen zu verzeichnen, die größte im Osten. Zukünftig erhöht sich ihre Anzahl und zwar stärker in den östlichen als in den westlichen Bereichen des Untersuchungsraumes.

Für das Pflanzenwachstum ist die Klimatische Wasserbilanz von großer Bedeutung. Da der Niederschlag ein Bestandteil dieser Bilanzierung ist, findet man bei beiden Größen ähnliche räumliche Muster in ihrer aktuellen und zukünftigen Verteilung. Derzeit ist die Jahressumme der Klimatischen Wasserbilanz in den westlichen Modellregionen positiv, in den östlichen negativ. Infolge des Temperaturanstiegs bei gleichzeitig erhöhter Globalstrahlung und der sich daraus ergebenden stark ansteigenden Potenziellen Verdunstung verringern sich die Werte der Klimatischen Wasserbilanz jedoch stärker als die des Jahressniederschlags. Betrachtet man nur die meteorologischen Sommermonate (Juni-August), fällt der relative Rückgang noch deutlicher aus und erhöht den Trockenstress für die Pflanzen in diesem Zeitraum. Insgesamt weisen die Simulationsrechnungen aus, dass sich die Jahressummen der Klimatischen Wasserbilanz bis zur Periode 2051-2070 um 99 mm (Diepholz) bzw. 86 mm (Uelzen) in den westlichen Modellregionen und um 151 mm

(Fläming) bzw. 152 mm (Oder-Spree) in den östlichen Modellregionen verringern. Damit wäre zu diesem Zeitpunkt die Jahressumme der Klimatischen Wasserbilanz in den westlichen Modellregionen noch leicht positiv (Diepholz: 11 mm, Uelzen: 78 mm), in den östlichen Modellregionen jedoch deutlich negativ (Fläming: -240 mm, Oder-Spree: -223 mm; s. Abb. 207).

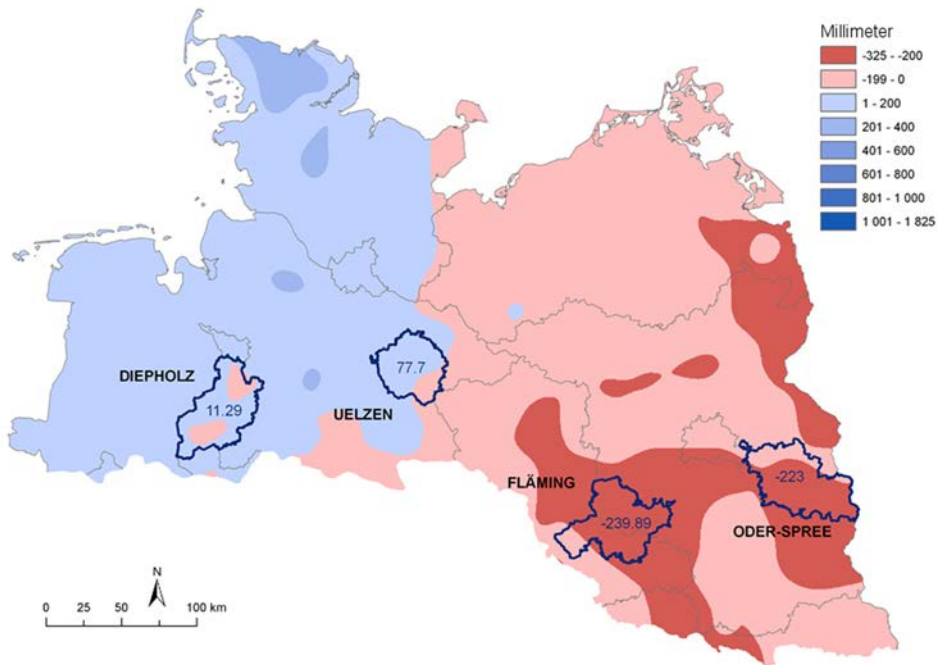


Abbildung 207: Mittlere Jahressumme der Klimatischen Wasserbilanz 2051-2070 unter Verwendung der „mittleren“ Klimaprojektion (s. Kap. 4.1.)

Als direkte Folge der Klimaerwärmung nimmt die Länge der Vegetationsperiode im Norddeutschen Tiefland während des Projektionszeitraumes um ca. 1 Monat zu. Bekanntlich spielt der Schnee in der Untersuchungsregion eine viel geringere Rolle als in den Mittelgebirgen und den Alpen. Für die Vegetation und insbesondere für die Landwirtschaft hat Schnee aber auch hier als „Schutzdecke“ eine nicht zu unterschätzende Bedeutung (z. B. im Zusammenhang mit Barfrösten). Für die Modellregionen bewegt sich die mittlere Schneehöhe aktuell (1991-2010) zwischen 5 und 7 cm und erhöht sich bis 2051-2070 geringfügig auf 7 bis 8 cm. Das geringe Anwachsen ist eine Folge der Zunahme der winterlichen Niederschläge. Dieser Umstand bewirkt auch, dass die Anzahl der Tage mit einer Schneedeckenhöhe von 10 cm und mehr ebenfalls um ca. 1 bis 3 Tage geringfügig zunimmt. Im Osten werden diese Ereignisse etwas öfter zu beobachten sein, was vor allem eine Folge der größeren Kontinentalität verbunden mit niedrigeren Wintertemperaturen ist.

Zusammenfassend ist somit Folgendes festzuhalten:

- Zukünftig erhöht sich die Lufttemperatur im Ostteil des Norddeutschen Tieflandes stärker als im Westteil.
- Beim Niederschlag sind über das Jahr und auch in den einzelnen Jahreszeiten die westlichen Gebiete deutlich feuchter als die östlichen.
- Der zukünftig zu erwartende Rückgang der Jahresniederschläge erfolgt überwiegend im Sommer und wird in den östlichen Regionen das Pflanzenwachstum stärker begrenzen als in den westlichen Regionen.
- Die Verdunstung nimmt infolge der Erwärmung und des Anstiegs der Einstrahlung zu, sodass 2051-2070 die mittlere Jahressumme der Klimatischen Wasserbilanz im Osten generell negativ ist. Im Sommer ist die Klimatische Wasserbilanz im gesamten Norddeutschen Tiefland negativ. Es besteht eine deutliche Tendenz zu einem trockeneren Klima.

7.4.2 Entwicklung der Landnutzung

7.4.2.1 Wasserhaushalt

7.4.2.1.1 Entwicklung der Wassermenge

Beiträge von: F1, W1a, W1b, L1

Der Wasserhaushalt im Norddeutschen Tiefland wird außer durch die jeweiligen Bodenverhältnisse entscheidend durch die Nähe oder Ferne der einzelnen Standorte zur Küste geprägt. So werden die westlichen Modellregionen Diepholz und Uelzen durch das stärker ozeanisch geprägte Klima begünstigt, auch wenn im Osten Niedersachsens schon subkontinentale Einflüsse vorherrschen. Auf der Grundlage der Modellierungen im Rahmen des verwendeten Klimaszenarios sind und bleiben die Niederschläge in Zukunft hier vergleichsweise hoch.

Überträgt man die Ergebnisse der beiden Modellregionen auf die umliegenden Gebiete, so ist trotz erhöhter Verdunstung bei steigenden Lufttemperaturen zu erwarten, dass die Wasserzufuhr im westlichen Teil des Norddeutschen Tieflandes auch in den kommenden Jahrzehnten für Land- und Forstwirtschaft mengenmäßig ausreichend sein wird, zumal nach Westen mit abnehmender Höhenlage der Regionen der Anteil der Böden mit Grundwasseranschluss steigt. Auf diesen Standorten bleibt Wasser auch bei zeitweise nicht ausreichendem Niederschlag für viele Pflanzen, insbesondere Forstpflanzen, erreichbar.

Die mit dem Flusseinzugsgebietsmodell SWAT modellierten Grundwasserneubildungsraten in den Modellregionen lassen für den Untersuchungsraum bis 2051-2070 eine Konstanz bis einen moderaten Rückgang erwarten (s. Abb. 208). Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass hier der Niederschlag im Winter selten als Schnee fällt, die Böden nicht oft gefroren sind und somit das Niederschlagswasser schnell

in den Boden eindringen kann. Dennoch ist darauf hinzuweisen, dass durch die Verschiebung eines Teiles der Niederschläge aus der Vegetationsperiode in den Winter zukünftig höhere Beregnungswassermengen erforderlich sein werden, um bei intensiver Ackerwirtschaft das bereits hohe Ertragsniveau zu sichern (RIEDIGER et al. 2016). Weiterhin steigende Ertrags Erwartungen werden diese Situation noch verschärfen.

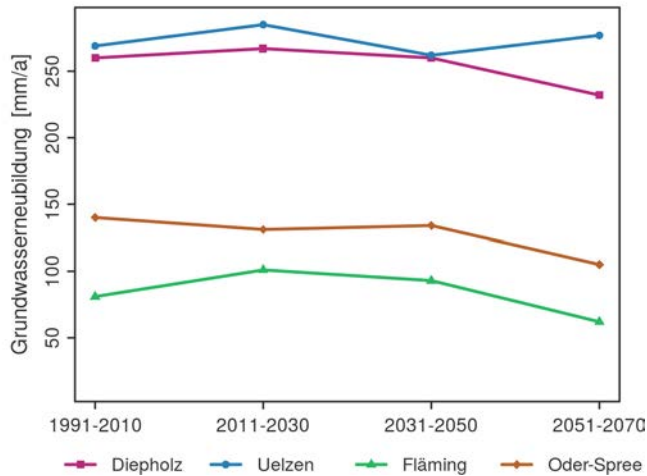


Abbildung 208: Entwicklung Grundwasserneubildung in den Modellregionen (Entwicklungspfad Referenz, Modell SWAT)

Die beiden östlich gelegenen Modellregionen, Fläming und Oder-Spree, liegen deutlich weiter vom Meer entfernt. Sie befinden sich dadurch in einem deutlich subkontinental geprägten Klimabereich, der ozeanische Einflüsse kaum noch erkennen lässt. Die durchschnittlichen Jahresniederschläge von ca. 570 bis 585 mm sind nicht nur für norddeutsche Verhältnisse als (sehr) gering einzustufen. Sie führen bereits heute zu geringen Grundwasserneubildungsraten. Hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung weisen alle Modellsimulationen langfristig auf eine weitere Abnahme hin. Es muss daher damit gerechnet werden, dass zukünftig im Winterhalbjahr trockener Jahren keine vollständige Auffüllung des Bodenwasserspeichers mehr erfolgt und dadurch die ausreichende Wasserversorgung anspruchsvollerer landwirtschaftlicher Kulturen und junger Waldbestände gefährdet ist.

7.4.2.1.2 Entwicklung der Wasserqualität

Beiträge von: F1, W1a, W1b, L1, L3

Neben einer bedarfsgerechten und gleichzeitig sparsamen Nutzung der zur Verfügung stehenden Wassermenge ist die Erreichung und Einhaltung einer für Menschen, Tiere und Pflanzen in jeder Hinsicht zuträglichen Wasserqualität ein wichtiges Merkmal nachhaltiger Landnutzung. Deswegen ist mit Nachdruck darauf

hinzuweisen, dass der aktuelle Zustand und die voraussichtliche zukünftige Wasserqualität im Untersuchungsraum nicht zufriedenstellend sind. Sie erfordern daher Maßnahmen zur Verbesserung der Situation bzw. eine diesbezüglich zielgerichtete Entwicklung. Hier sind vor allem die Nitratgehalte (mg NO₃/l) im Sicker- und Grundwasser zu nennen, die nach den Berechnungen aktuell zwischen rund 95 und 120 mg NO₃/l in den Modellregionen liegen und damit in allen Fällen den Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 50 mg NO₃/l (BMB u. BMVEL 2001) deutlich überschreiten.

Maßgeblich geprägt werden diese Zustände und die Entwicklungen von den landwirtschaftlich genutzten Flächen (s. Abb. 209). Die mit den Nitratkonzentrationen verbundenen jährlichen Stickstofffrachten erreichen in den westlichen Modellregionen 73 bis 100 kg N/ha/a und überschreiten somit den zulässigen Stickstoffbilanzüberschuss der Düngeverordnung (BMELV 2012a) von jährlich 60 kg N/ha.

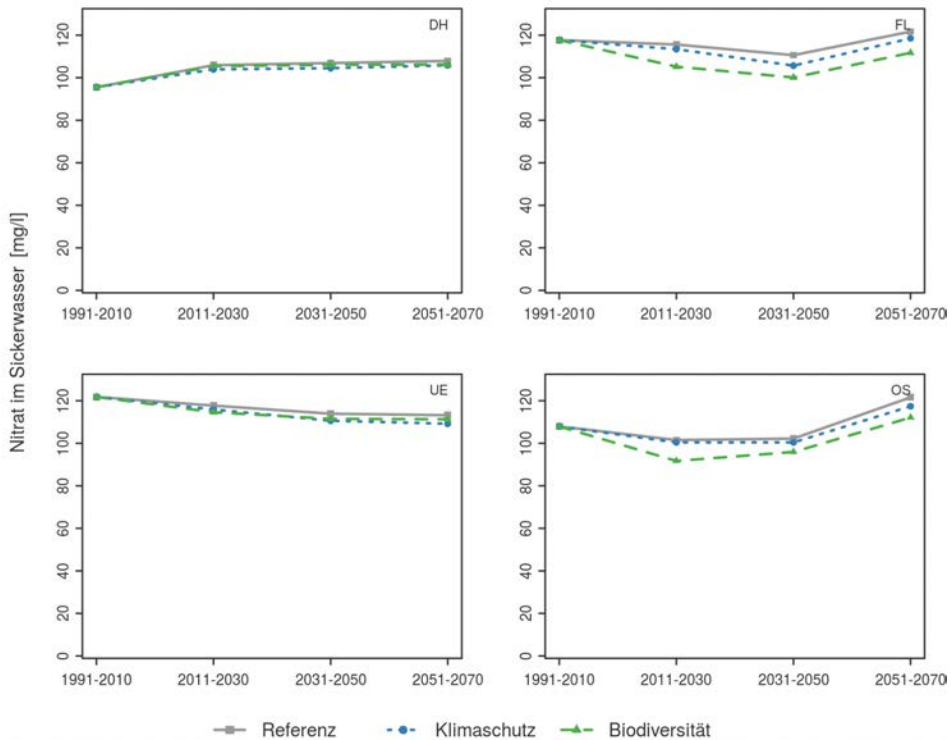


Abbildung 209: Entwicklung des Nitratgehaltes im Bodensickerwasser unter landwirtschaftlichen Flächen in den vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS)

In den östlichen Modellregionen sind die berechneten Stickstofffrachten durch die geringeren Sickerwassermengen geringer und betragen während des gesamten

Betrachtungszeitraumes 20 bis 44 kg N/ha/a. Sie liegen damit unterhalb des derzeit zulässigen Stickstoff-Bilanzüberschusses.

Auch zukünftig wird sich das heutige Niveau kaum positiv (= Verminderung) verändern. Darauf haben auch die betrachteten alternativen Bewirtschaftungsweisen (Klimaschutz und Biodiversität) nur wenig Einfluss. Sie zeigen eine mit dem Referenzpfad vergleichbare zeitliche Entwicklung.

Unter Wald liegen die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser derzeit auf einem niedrigen Niveau (4-11 mg NO₃/l; s. Abb. 210).

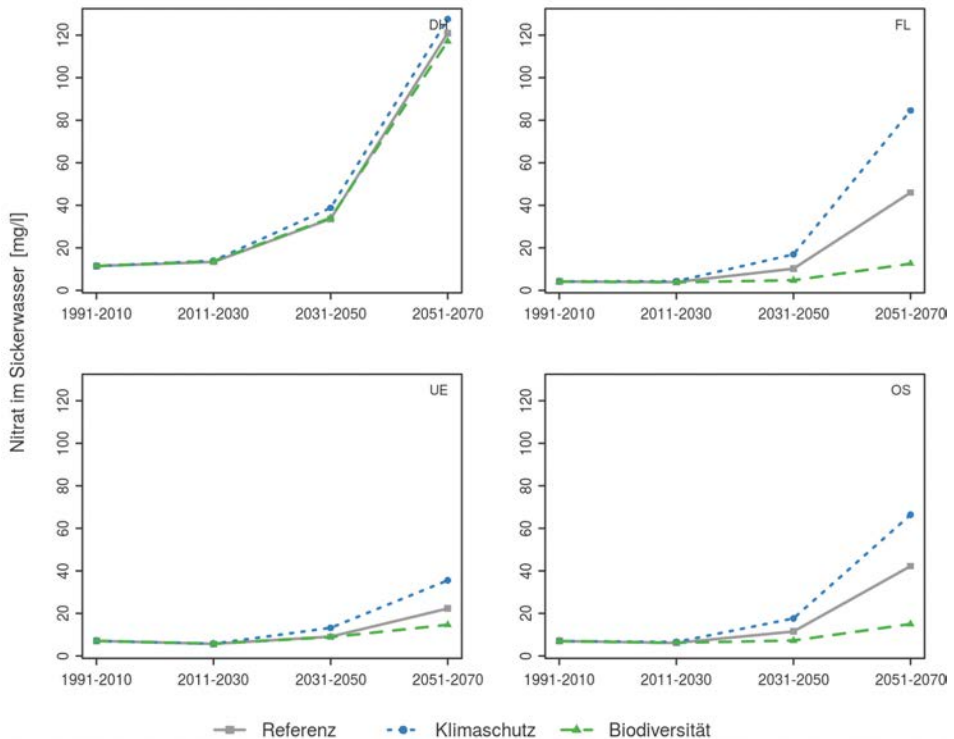


Abbildung 210: Entwicklung des Nitratgehaltes im Bodensickerwasser unter Waldflächen in den vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS)

Aufgrund der zum Teil erheblich reduzierten Sickerwassermengen (bis zu 1/5 des heutigen Niveaus) steigen die Konzentrationen gegen Ende des Betrachtungszeitraumes im gesamten Norddeutschen Tiefland an. Weitere Ursachen sind die deutliche Reduzierung der Zuwachsleistungen und eine damit einhergehende Reduzierung der Stickstoffentzüge, der verstärkte Humusumsatz aufgrund der Temperaturerhöhung und die zum Teil erhebliche Reduzierung der Bestandesvorräte. Werden letztgenannte auf dem Ausgangsniveau gehalten oder leicht erhöht (vgl. Biodiversitätspfad), dann entspricht die Erhöhung der Nitratkonzentrationen in etwa

dem Effekt der verringerten Sickerwassermenge, da bei hohen Vorräten der kontinuierlich höhere Streufalleintrag den klimabedingt höheren Humusumsatz abpuffern kann. Werden zusammen mit den anderen vorab genannten Faktoren auch die Vorräte abgesenkt, dann ergeben sich deutlich höhere Konzentrationen.

Den höchsten Anstieg (auf über 120 mg/l in der Periode 2051-2070) erfährt die Region Diepholz. Hier ist kein Unterschied zwischen den Entwicklungspfaden festzustellen, da diese Entwicklung überwiegend durch die entwässerten Moorböden geprägt ist. Eine deutliche Differenzierung der Entwicklungspfade ist hingegen in den Regionen Fläming und Oder-Spree in der letzten Periode zu verzeichnen. Allein in der Region Uelzen bleiben die Nitratkonzentrationen in allen Entwicklungspfaden unter dem Trinkwassergrenzwert von 50 mg/l (BMG u. BMVEL 2001). Aufgrund der erheblichen Unsicherheiten in der Modellkette (Klimaprojektionen, Standort-Leistungs-Modell, Grundwasserflurabstände, Wasserhaushaltsmodell, Stickstoffdeposition, Humusdynamik) sind die dargestellten Werte eher als Trend anzusehen.

7.4.2.2 Forstwirtschaft

7.4.2.2.1 Waldentwicklung

Beiträge von: F4, Ko

Die naturalen Ausgangssituationen in den vier Modellregionen spiegeln die forstlichen Verhältnisse in den drei Auswertungsregionen der Bundeswaldinventur West- bzw. Ostniedersächsisches Tiefland, Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg und Brandenburg Mitte gut wider (THÜNEN-INSTITUT 2014). Bemerkenswert ist die stark zunehmende Dominanz der Kiefer von West nach Ost (Flächenanteil der Kiefer: Diepholz 19 %, Uelzen 61 %, Fläming 74 %, Oder-Spree 81 %) und die sehr unausgeglichene Altersklassenverhältnisse, außer in der Modellregion Fläming. Es überwiegt deutlich der Anteil junger Bestände, insbesondere in der Altersspanne zwischen 41 und 60 Jahren (s. Abb. 211). Diese Ausgangssituationen spielen für die Simulation der Waldentwicklungen einschließlich des Waldumbaus eine bedeutende Rolle, da die langen Produktionszeiträume nur ein langsames Umsteuern erlauben.

Nach den Ergebnissen der Fortschreibung gemäß der Entwicklungspfade verschiebt sich beim Biodiversitätspfad mit seinen im Vergleich zum Referenzpfad höheren Zielstärken die Altersklassenstruktur bis 2051-2070 deutlich hin zu älteren Beständen, während der forcierte Waldumbau nach dem Klimaschutzpfad das Gegenteil bewirkt (s. Abb. 211): Dies hat auch Auswirkungen auf die Baumartenzusammensetzung, die sich beim Klimaschutzpfad wesentlich stärker als beim Referenzpfad zu Lasten der Kiefer (Fichte) und zugunsten der ertragsstarken Douglasie verschiebt (Ausnahme Diepholz: mehr Douglasie, weniger Birke).

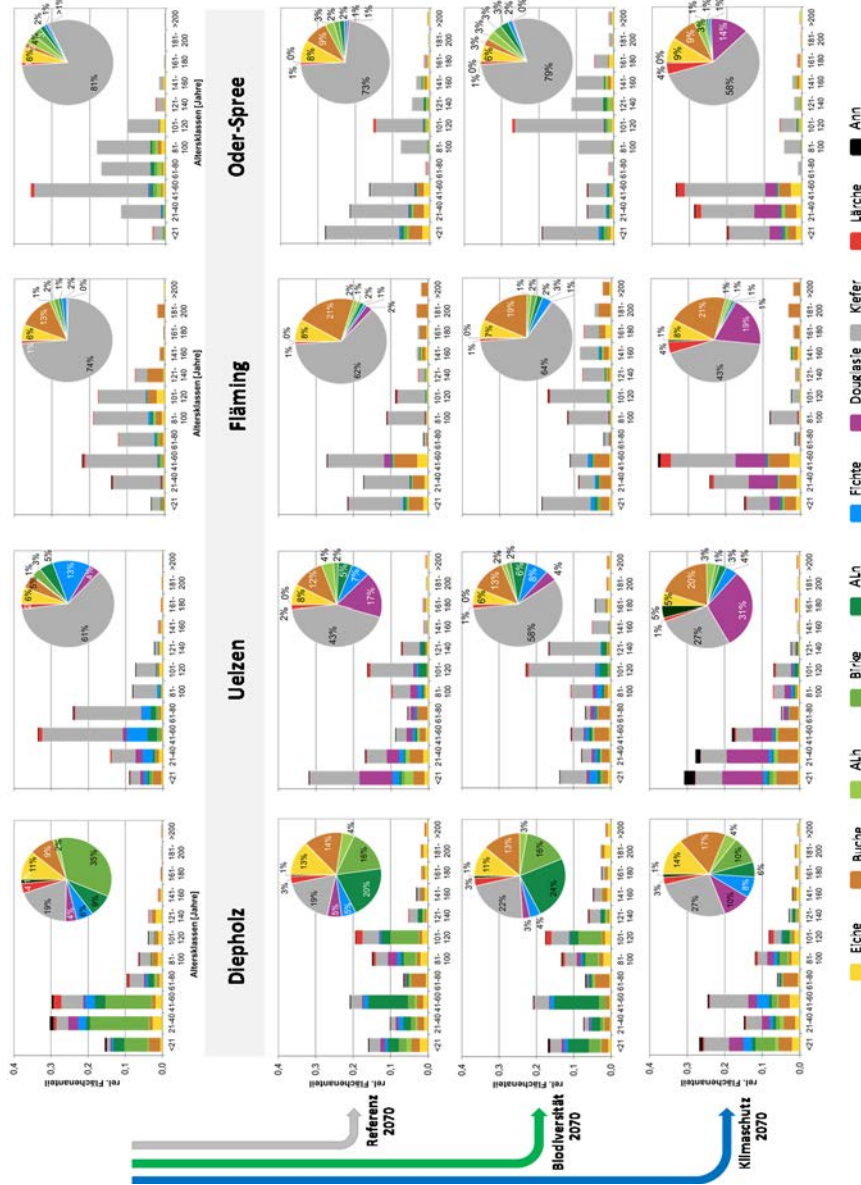


Abbildung 211: Entwicklung der Baumartenanteile und Altersklassenverteilung in den Modellregionen bis 2051-2070 (ALb = Anderes Laubholz mit hoher Umtriebszeit, ALn = Anderes Laubholz mit niedriger Umtriebszeit, Ann = Anderes Nadelholz)

Damit einhergehend erhöht sich auch der Anteil der Rotbuche, da diese Baumart, ungeachtet ihres Trockenstressrisikos, nach den Waldbauregeln der Simulationsrechnungen grundsätzlich der Douglasie beigemischt wird, um diese eingeführte

Baumart besser in die heimische Fauna und Flora zu integrieren. Im Biodiversitätspfad verändert sich während des Betrachtungszeitraums die Baumartenverteilung nur wenig.

Die Bestandesvorräte steigen bzw. fallen entsprechend dem Altersklassenaufbau in den Modellregionen und dem Nutzungsregime der Entwicklungspfade (s. Abb. 212). Während der Biodiversitätspfad durchgehend bzw. bis zur vorletzten Zeitscheibe 2031-2050 zu einem deutlichen Vorratsanstieg führt, werden beim Referenzpfad und vor allem in der Klimaschutzvariante die Bestandesvorräte mehr oder weniger schnell abgebaut (s. Abb. 212). Damit korrespondieren auch die Nutzungsmengen. Die höchsten Rohholzmengen fallen bei Umsetzung des Klimaschutzpfades an, die geringsten in der Biodiversitätsvariante.

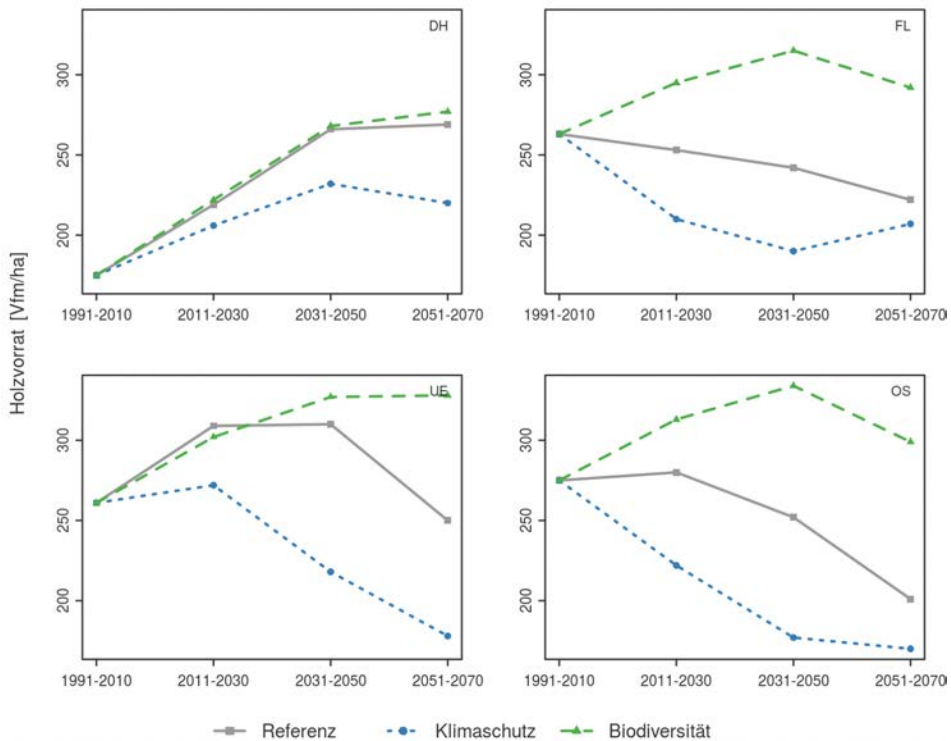


Abbildung 212: Vorratsentwicklung in den vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS)

Der Alterstrend, waldbauliche Eingriffe und der Waldumbau führen in allen Modellregionen und Entwicklungspfaden zunächst zu einer schnellen (Klimaschutzpfad) bzw. stetigen Abnahme des durchschnittlichen Zuwachses (Referenz- und Biodiversitätspfad). Durch den frühzeitigen Anbau ertragreicher Baumarten erfährt der Zuwachs im Klimaschutzpfad nach einem steilen Abfall eine Trendwende und steigt bis zur Periode 2051-2070 wieder an (s. Abb. 213).

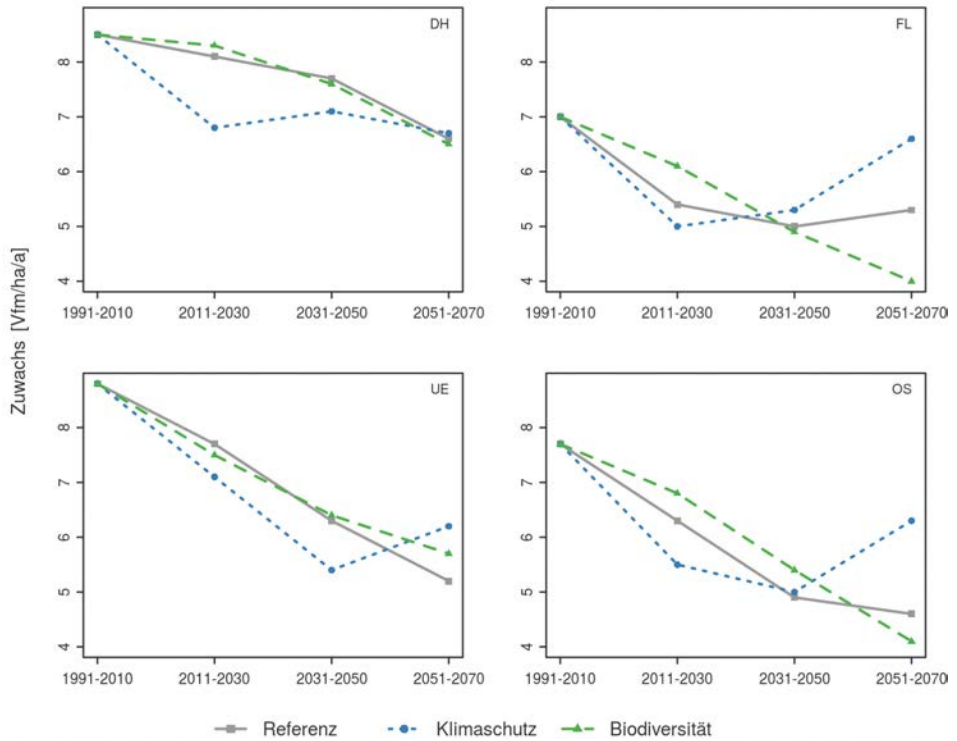


Abbildung 213: Veränderung des durchschnittlichen Holzzuwachses in den vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS)

7.4.2.2.2 Sturmschäden

Beitrag von: F4

Die Eintrittswahrscheinlichkeit für Sturmereignisse ist im Norddeutschen Tiefland regional sehr unterschiedlich und nimmt von West nach Ost ab (s. Tab. 35). Sie musste in Ermangelung weiterer Erkenntnisse für den Betrachtungszeitraum als konstant angenommen werden.

Tabelle 35: Wahrscheinlichkeit [%] eines Sturmereignisses innerhalb von 10 Jahren abgeleitet aus DWD-Daten. Die Spanne wird durch das 1. und 3. Quartil der Häufigkeitsverteilung gebildet.

Modellregion	Sturmwahrscheinlichkeit [%]
Diepholz	40-50
Uelzen	20-30
Fläming	< 10
Oder-Spree	< 10

Das Schadensausmaß bei einem Sturmereignis hängt außer von den lokalen Standortgegebenheiten von der Bestandeshöhe und der Baumartenzusammensetzung ab. Angesichts des hohen Flächenanteils jüngerer Bestände in den Modellregionen ist derzeit von einer relativ geringen Gefährdung auszugehen. Dies gilt trotz hoher Sturmwahrscheinlichkeit auch für die Modellregion Diepholz mit ihrem unausgeglichenem Altersklassenaufbau und hohen Laubholzanteilen. Mit der Dauer der Simulationen und zunehmenden Bestandeshöhen steigt in allen Regionen das Windwurfisiko mit deutlichen Niveauunterschieden an (s. Abb. 214). Mit den geringsten Kalamitätsholzanfällen ist in den beiden sehr kieferndominierten östlichen Regionen zu rechnen, während in den westlicheren Regionen besonders die Fichtenbestände gefährdet sind.

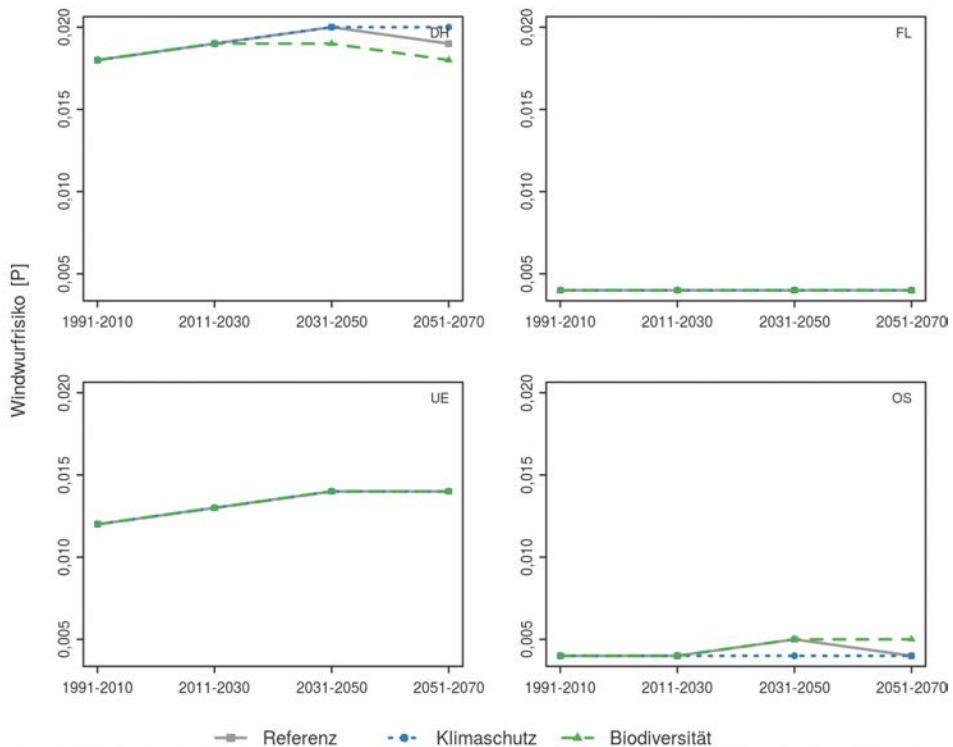


Abbildung 214: Entwicklung des Windwurfrisikos (Produkt aus Schadensausmaß und jährlicher Eintrittswahrscheinlichkeit) in den vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS)

7.4.2.2.3 Waldschutz

Beitrag von: F3a

Der überdurchschnittlich hohe Anteil Kiefernwälder im Norddeutschen Tiefland führt regelmäßig zu bestandesschädigenden Massenvermehrungen (zyklische Populationsdynamik) von Kiefern-schadinsekten. So neigen alle vier Kiefern-großschädlinge (KGS) – Forleule (*Panolis flammea*), Kiefernspanner (*Bupalus piniaria*), Kiefernspinner (*Dendrolimus pini*), Gemeine Kiefernbuschhornblattwespe (*Diprion pini*) – und die polyphage Nonne (*Lymantria monacha*) zu periodischen Massenvermehrungen. Diese können über den Nadelverlust zu Zuwachsverlusten mit ökonomischen Folgewirkungen und nach starkem oder wiederholtem Fraß zu erhöhter Mortalität bis hin zum flächigen Bestandesverlust führen. Die Gefährdung steigt mit zunehmender Kontinentalität des Klimas und abnehmender Nährstoff- und Wasserversorgung der Bäume an. Während im westniedersächsischen Tiefland das Risiko durch Kiefern-schadinsekten in Zukunft relativ gering bleiben wird, ist in den weiter östlich gelegenen Regionen mit fortschreitendem Klimawandel eher mit einem sich erhöhenden Risiko zu rechnen.

Ein ebenfalls zunehmendes Risiko ist die Etablierung des Eichenprozessions-spinners (*Thaumetopoea processionea*), insbesondere im Nordostdeutschen Tiefland, und dessen zunehmender Einfluss auf die Komplexkrankheit der Eiche.

Die heute noch relativ hohen Fichtenanteile im West- und Ostniedersächsischen Tiefland werden zunehmend durch Borkenkäferbefall – Buchdrucker (*Ips typographus*) und Kupferstecher (*Pityogenes chalcographus*) – bedroht.

7.4.2.2.4 Trockenstress

Beiträge von: F1, F4

Die Auswirkungen des Klimawandels werden regional zu unterschiedlichen Trockenstressgefährdungen der Baumarten führen, die allgemein von West nach Ost zunehmen. Dieses abiotische Risiko führt zu Vitalitäts- und Produktivitätseinbußen und in Extremfällen auch zum Absterben von Einzelbäumen oder Beständen. Hierbei handelt es sich nicht um ein neues Phänomen, denn bereits unter den heutigen klimatischen Bedingungen im Norddeutschen Tiefland weist die Klimatische Wasserbilanz (KWB) an vielen Standorten ein mehr oder weniger großes Defizit in den Sommermonaten auf. In Zukunft ist damit zu rechnen, dass es vermehrt auftritt. Im Projekt wurden Schwellenwerte der Standortwasserbilanz, die die KWB in der Vegetationsperiode mit der nutzbaren Feldkapazität verrechnet, als ein einfacher Ansatz zur Abschätzung des Trockenstressrisikos verwandt (SPELLMANN et al. 2011).

Betrachtet man das Trockenstressrisiko der heutigen Baumartenzusammensetzung unter den erwarteten Klimabedingungen im Jahre 2070, so zeigt sich in den beiden westlichen Modellregionen, dass Wassermangel auf jeweils mehr als 80 % der

Standorte kein Problem darstellen dürfte (s. Abb. 215), da in der Modellregion Diepholz insbesondere viele Laubholzbestände auf grundwassernahen Standorten oder Böden mit hoher Wasserspeicherkapazität wachsen und in der Modellregion Uelzen über 60 % der Bestände aus Waldkiefern bestehen. Zudem werden dort die Niederschläge weiterhin relativ hoch sein und die Temperaturerhöhung durch die Nähe zum Meer gedämpft.

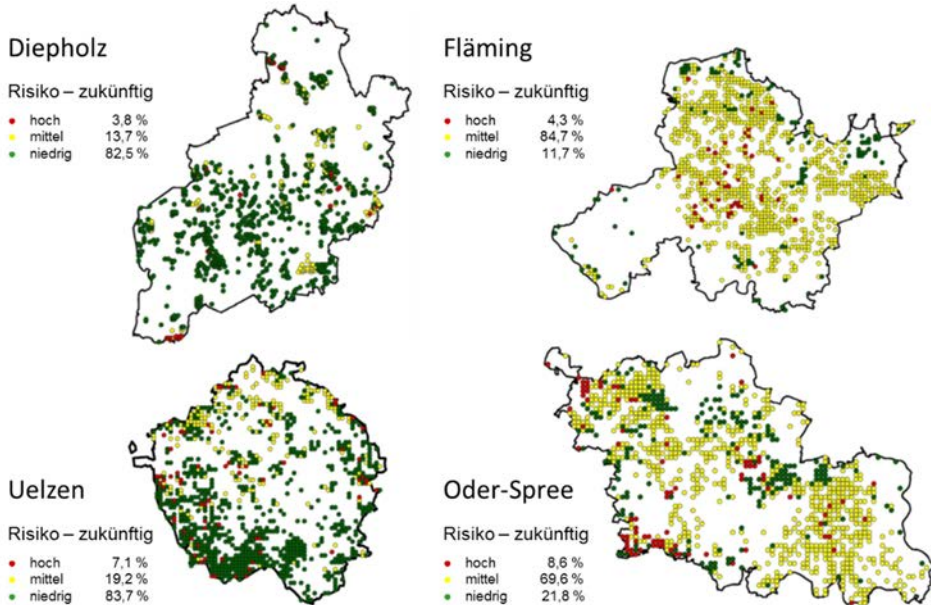


Abbildung 215: Trockenstressrisiko der heutigen Baumartenzusammensetzungen in den Modellregionen unter den erwarteten Klimabedingungen im Jahre 2070 (Risikoklassen nach SPELLMANN et al. 2011)

In den beiden östlichen Modellregionen wird dies voraussichtlich ganz anders aussehen. Trotz der überwiegenden Kiefernbestockung (s. Abb. 211) mit ihren geringen Wasseransprüchen zeigen die Berechnungen, dass eine große Zahl der Standorte eine Verschiebung von der niedrigen (Anteil heute > 90 %) in die mittlere Gefährdungsstufe (künftig ca. 70 bis 85 %) erfahren. Dies legt deutliche Anpassungen der Baumartenzusammensetzungen nahe. Hiervon wären insbesondere die Buchen- und Fichtenanteile zugunsten von Eiche und Douglasie betroffen. Gleichzeitig wird der Anteil der trockenstresstoleranten Baumart Kiefer nicht so stark abnehmen, wie zuvor simuliert.

7.4.2.2.5 Stickstoffsaldo

Beitrag von: F1

Aktuell nehmen die Wälder in den Modellregionen mehr Stickstoff auf, als sie wieder an die Umwelt abgeben. In den beiden östlichen Modellregionen lassen die Modellrechnungen zukünftig keine generellen Änderungen dieser positiven Bilanz erkennen (s. Abb. 216).

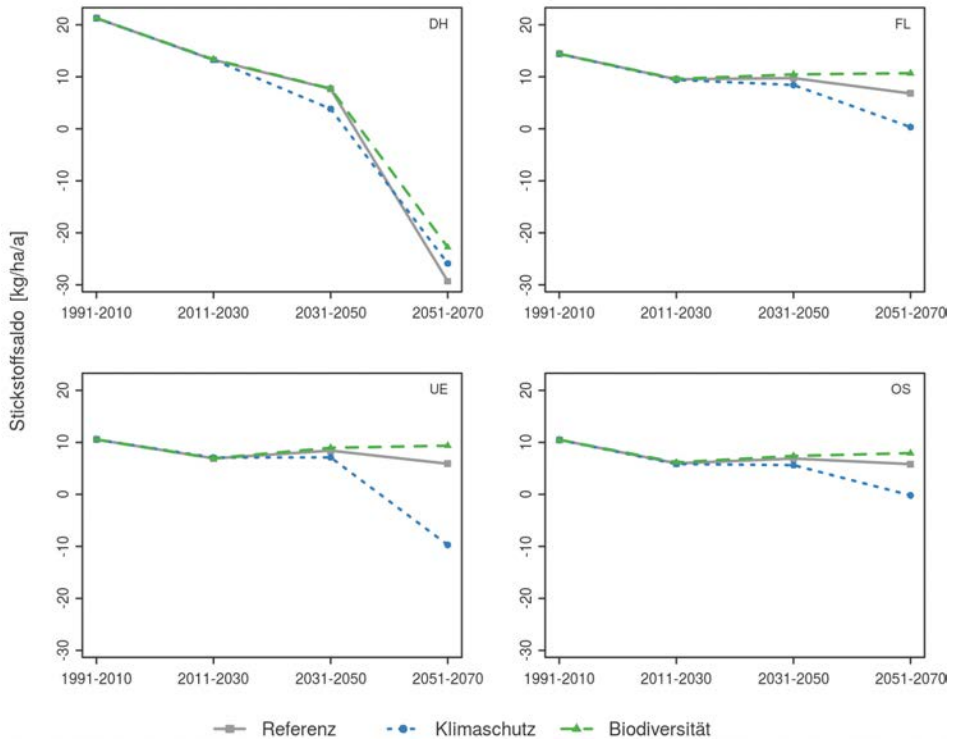


Abbildung 216: Entwicklung der Stickstoffsalden in den Wäldern der vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS)

Dies gilt insbesondere für die Bereiche mit niedrigen Stickstoffdepositionen aus der Luft, wie z. B. die Modellregion Oder-Spree. Allerdings werden sowohl im Fläming als auch in Oder-Spree bei der Umsetzung des Klimaschutzpfades durch den beschleunigten Waldumbau die Holzvorräte stark verringert, der Humusabbau beschleunigt und entsprechend Stickstoff freigesetzt. Stickstoffbindung und Stickstofffreisetzung halten sich dann in dieser Variante weitgehend die Waage, während der Aufbau von Altholzvorräten im Biodiversitätspfad zunächst zu einer steigenden Bindung von Stickstoff im Wald führt. In den westlichen Modellregionen, hier insbesondere in Diepholz, sind die atmosphärischen Stickstoffdepositionen deutlich höher. Entsprechend steigt das Risiko einer langfristigen Stickstoffsättigung und nachfolgenden Freisetzung von Stickstoff. Die in Diepholz besonders großen

Bodenvorräte an organischer Substanz in den auf Moorböden wachsenden Wäldern werden beim Eintreten der zu erwartenden Temperaturerhöhung und einer ausreichenden Wasserversorgung der Bodenfauna in einem immer stärkeren Maße abgebaut, sodass in dieser Region davon auszugehen ist, dass in der Folge zunehmend Stickstoff ausgetragen wird.

7.4.2.2.6 Humussaldo

Beitrag von: F1

Der am Kohlenstoffgehalt gemessene Humussaldo der Waldböden weist derzeit in drei der vier Modellregionen (Uelzen, Fläming, Oder-Spree) auf unerwünscht starke Humusakkumulationen hin (s. Abb. 217). Aufgrund der mit der Zeit steigenden Lufttemperaturen verstärken sich in allen Entwicklungspfaden die Humus abbauenden Prozesse. Diese führen dann zu einem negativen Humussaldo mit jährlichen Verlusten von rund 200 bis 700 kg C/ha. Dabei unterscheiden sich die Entwicklungspfade in ihren Auswirkungen letztlich nur wenig. Lediglich der Klimaschutzpfad in der Modellregion Uelzen weicht hier am Ende des Betrachtungszeitraumes etwas deutlicher von den beiden anderen Entwicklungspfaden ab.

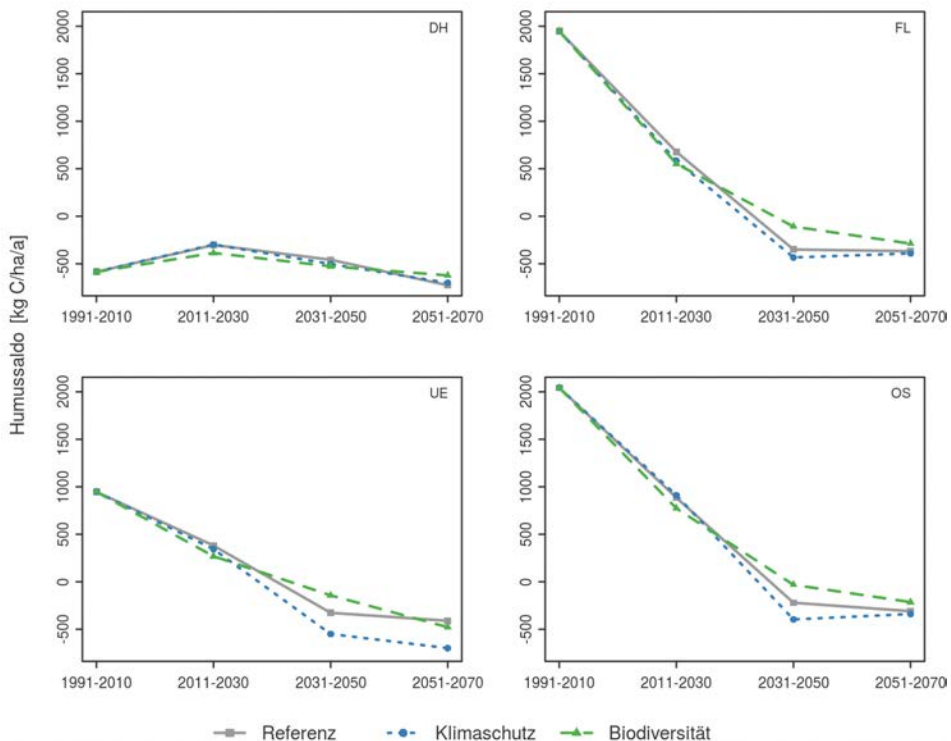


Abbildung 217: Entwicklung der Humussalden in den Wäldern der vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS)

Die Modellregion Diepholz muss wegen der hier häufig vorkommenden Moorböden unter den Waldbeständen gesondert betrachtet werden. Der Humussaldo der dortigen Waldflächen ist aktuell insgesamt stark negativ, da die einstmals unter völlig anderen klimatischen und bodenhydrologischen Bedingungen entstandenen Vorräte an organischer Substanz momentan durch Entwässerungsmaßnahmen sehr rasch abgebaut werden. Dieser Prozess wird durch den Klimawandel während des gesamten Betrachtungszeitraumes weiter begünstigt. Waldbaulich kann dieser Trend auch langfristig kaum umgekehrt werden, sondern nur durch eine Wiederannäherung an die ursprünglichen bodenhydrologischen Verhältnisse im Zuge wasserstauer Maßnahmen.

7.4.2.2.7 Treibhausgasemissionen

Beiträge von: F1, F4

Die Klimaschutzleistung des Forst- und Holzsektors basiert vor allem auf dem Erhalt und Ausbau der Kohlenstoffspeicherkapazität in der lebenden und toten Biomasse, dem Auflagehumus und dem Mineralboden von produktiven Wäldern sowie auf einer effizienten Nutzung von Holz (Produktspeicher) und den damit verbundenen energetischen und stofflichen Substitutionseffekten. Ohne Einbeziehung der stofflichen Substitutionseffekte binden die Wälder in den Modellregionen sowie die aus dem dort geernteten Holz gewonnenen Holzprodukte aktuell mit jährlich rund 5-15 t CO₂/ha nennenswerte Mengen an Kohlenstoff (in Abbildung 218 als negative CO₂-Emissionen dargestellt).

Dieser Klimaschutzbeitrag wird zukünftig in den meisten Modellregionen geringer. Die den Berechnungen zugrundeliegenden Modelle kommen zu höheren Kohlenstoffumsätzen im Boden aufgrund der mit dem Alter fortschreitenden Auflichtung der Bestände und der mit dem Klimawandel steigenden Temperaturen. Lediglich in der Modellregion Diepholz bleiben die Bindungsraten relativ gleichbleibend auf niedrigem Niveau (ca. 5 t CO₂/ha/a). Dies erklärt sich aus der hohen CO₂-Freisetzung aus den verbreitet vorkommenden Moorböden und der geringen Produktivität der in hohen Anteilen vertretenen Wälder aus Birke, Erle und Weide (35 % ALN). Allgemein ist die Kohlenstoffspeicherung im Biodiversitätspfad geringer. Dies ist vor allem auf die geringeren Holznutzungen zurückzuführen, die den Produktspeicher weniger auffüllen und nicht der energetischen Substitution fossiler Brennstoffe zugutekommen.

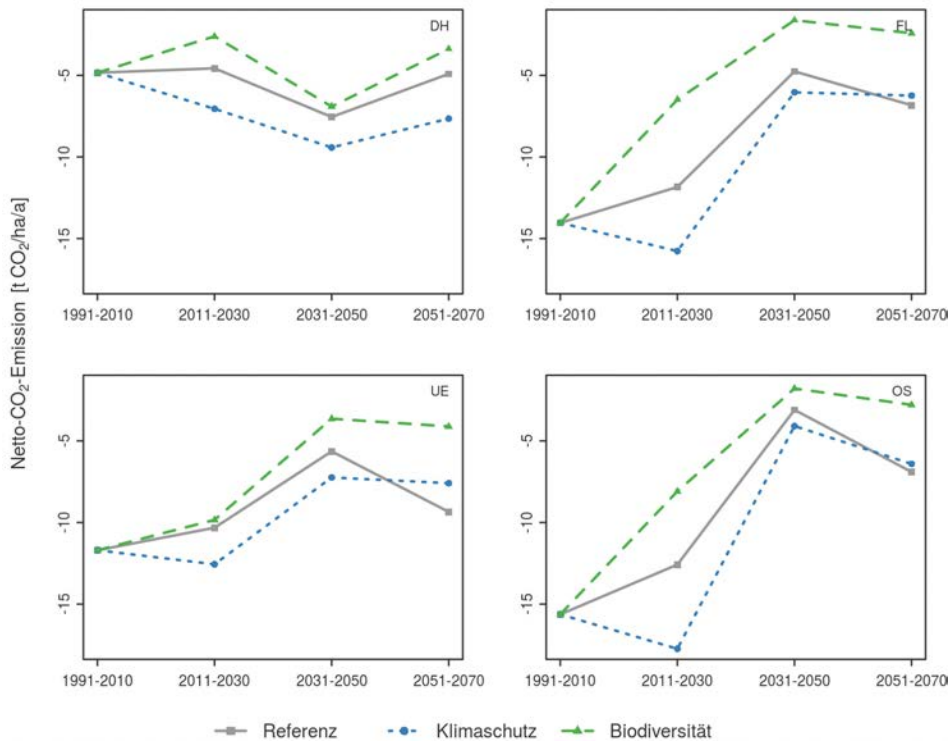


Abbildung 218: Entwicklung der Netto-CO₂-Emissionen der Wälder der vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS)

7.4.2.3 Landwirtschaft

7.4.2.3.1 Ernteprodukte (Erträge)

Beiträge von: L3, L4, L7

Die Erträge in den Modellregionen liegen auf unterschiedlichen Niveaus und folgen einem West-Ost-Gradienten. Diese Unterschiede bleiben über dem Betrachtungszeitraum weitestgehend konstant. Die hohen Erträge in den westlichen Modellregionen sind zum einen durch bessere Standortbedingungen (mehr Niederschläge, bessere Böden) und zum anderen durch intensives Management (z. B. Bewässerung in der Region Uelzen) begründet. Die geringsten Erträge werden in der Region Oder-Spree erwirtschaftet. In Diepholz und Uelzen ist bis zur Periode 2051-2070 mit einer Ertragssteigerung beim Grünland zu rechnen, während in den östlichen Modellregionen der Grünlandertrag ohne Bewässerung im Trend stagnieren (Fläming) oder sogar abnehmen (Oder-Spree) wird. Letzteres ist im Zusammenhang mit dem Rückgang der Sommerniederschläge und dem damit verbundenen Risiko von Dürreperioden zu sehen.

Mit dem dynamischen Pflanzenwachstumsmodell DSSAT (JONES et al. 2003) konnte gezeigt werden, dass in Zukunft mit denselben Anbausystemen, wie sie zurzeit üblich sind, die Erträge im Mittel auf gleichem Niveau gehalten werden können (STRER et al. 2014). Allerdings ist mit erhöhter Ertragsvariabilität bis hin zu Ertragsausfällen vor allem in den Modellregionen Fläming und Oder-Spree zu rechnen. Die Zunahme der Ertragsvariabilität ist auf Veränderung der Häufigkeit von widrigen Umweltbedingungen infolge des Klimawandels zurückzuführen, die sich insbesondere dann auswirken, wenn sie in die für die Ertragsbildung und Entwicklung kritischen Wachstumsphasen fallen. In Vorstudien wurden zwei Aspekte identifiziert, die für den Untersuchungsraum im Norddeutschen Tiefland maßgeblich sind, nämlich Dürren durch veränderte Wasserverfügbarkeit und extreme Temperaturen zum Zeitpunkt der Blüte.

Für verschiedene Anbausysteme wurde der Wasserbedarf je Zeitscheibe ermittelt. Demzufolge ist in der Zukunft ein deutlich gesteigertes Wasserstressrisiko zu erwarten. Dies ergibt sich aus den höheren Erträgen, die einen höheren Wasserbedarf verursachen, und der sich ändernden Niederschlagsverteilung mit geringeren Niederschlägen in der Wachstumszeit und höheren Niederschlägen in den Wintermonaten. Während für den Silomais in Diepholz in der ersten Zeitscheibe zwischen 172 mm und 229 mm als Saldo (Wasserangebot abzüglich Wasserbedarf) zur Verfügung stehen, sind es in der letzten Zeitscheibe nur 50 mm bis 107 mm (SVOBODA et al. 2015, SVOBODA u. HUFNAGEL 2015). Eine vergleichbare Reduktion ist auch in den übrigen Modellregionen festzustellen, nur dass dort die Klimatischen Wasserbilanzen in der Vegetationszeit schon heute negativ sind und die nutzbaren Feldkapazitäten der Böden geringer. Für Getreide und Hackfrüchte ist die Situation deutlich angespannter. Für Winterweizen wird eine ausgeglichene Bilanz bereits zu Beginn der dritten Zeitscheibe im Jahr 2050 erreicht. Ab diesem Datum ist auch in der regenreichen Region Diepholz rechnerisch kein weiterer Ertragszuwachs möglich. Ebenso verhält es sich mit der Produktion von Kartoffeln.

Anpassungspotenziale an den Klimawandel liegen in den Managementstrategien und dem Züchtungsfortschritt. Eine Modellstudie zur Wirkung von Klimawandel versus Management bzw. Züchtungsfortschritt am Standort Diepholz hat z. B. gezeigt, dass mit ca. 75 % ein beträchtlicher Teil der aktuellen Ertragsentwicklung auf gutes Management und Züchtungsfortschritt zurückzuführen ist. Mit diesen Ansätzen lassen sich bei allen Unsicherheiten negative Auswirkungen des Klimawandels auf die Ertragsentwicklung reduzieren (STRER et al. 2014). Hierzu zählt u. a. die Feldberegnung. In Abbildung 219 ist die Entwicklung der durchschnittlichen Bewässerungsmengen zur Sicherstellung der Erträge in den Modellregionen dargestellt. Die Entwicklungspfade haben einen relativ geringen Einfluss auf den jeweiligen Bewässerungsbedarf der untersuchten Feldfrüchte. Gleichwohl ist festzuhalten, dass wegen der ökologischen Vorrangflächen des Biodiversitätspfades bzw. dem Lupinenanbau im Klimaschutzpfad, die nicht bewässert werden, für die „produktiven“ Feldfrüchte insgesamt mehr Bewässerungswasser zur Verfügung stehen wird.

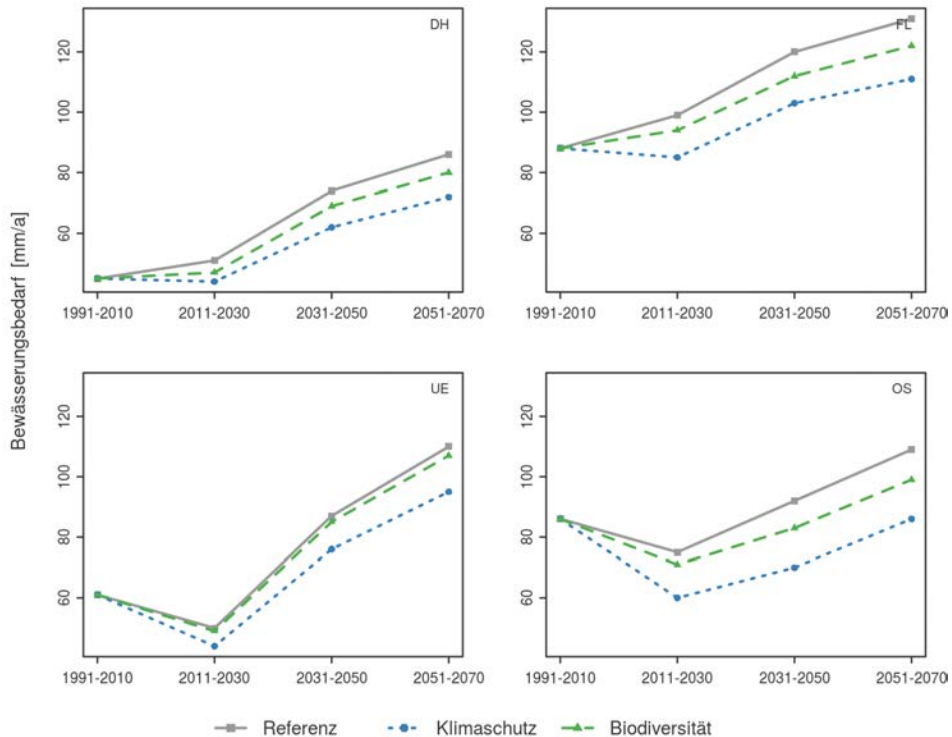


Abbildung 219: Entwicklung des Bewässerungsbedarfs landwirtschaftlicher Flächen in den vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS)

Ein züchterischer Ansatz zur Klimaanpassung liegt in der Verkürzung der kritischen Entwicklungsphasen der Feldfrüchte, wie dies bei mediterranen Sorten der Fall ist. Zusätzlich bietet ein verändertes Zeitmanagement bei den Saatterminen Möglichkeiten, das Zusammentreffen widriger Umweltbedingungen mit kritischen Entwicklungsphasen der Kulturpflanzen zu vermeiden. Interessant könnte die Entwicklung von Anbaukonzepten sein, bei denen das „knappe“ Beregnungswasser konzentriert auf produktiven Böden und für beregnungswürdige Fruchtarten (z. B. Mais, Gemüse, Soja) eingesetzt wird. Gleichzeitig könnten Flächen mit schlechten Böden und extensiver Nutzung – z. B. extensive Weidehaltung – ausgewiesen werden, um dort höhere Grundwasserspenden zu ermöglichen.

7.4.2.3.2 Pflanzenschutz

Beitrag von: L2b

Die Untersuchungen und Auswertungen der Pflanzenschutzmaßnahmen zeigen deutliche Unterschiede in der Intensität des Pflanzenschutzes zwischen den einzelnen Fruchtarten sowie den Modellregionen. Bezogen auf die einzelnen Fruchtarten wurden die höchsten Behandlungsindizes beim Anbau von Kartoffeln, Zuckerrüben

und Winterraps ermittelt. Mais erfordert demgegenüber den geringsten Pflanzenschutzmitteleinsatz.

Beim Vergleich der Modellregionen sind signifikante Unterschiede zwischen den westlichen Regionen Diepholz und Uelzen und den östlichen Regionen Fläming und Oder-Spree in den Pflanzenschutz-Intensitäten der Fruchtarten Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen, Triticale, Sommergerste, Hafer, Kartoffeln, Mais und Körnererbsen festzustellen. Es besteht ein abnehmender Gradient von West nach Ost, der allerdings nicht für die Fruchtarten Winterraps, Zuckerrüben und Sonnenblumen gilt.

Auch unter Berücksichtigung der prognostizierten Entwicklung des Anbauspektrums der landwirtschaftlichen Kulturen bis zur Periode 2051-2070 zeigt sich dieser Gradient sehr deutlich (s. Abb. 220). Dabei fallen die Unterschiede zwischen den Entwicklungspfaden in den westlichen Modellregionen höher aus als in den östlichen. Generell lässt sich festhalten, dass die Fortführung der bisherigen Wirtschaftsweise mit der jeweils höchsten Pflanzenschutzintensität (Behandlungsindex) verbunden ist.

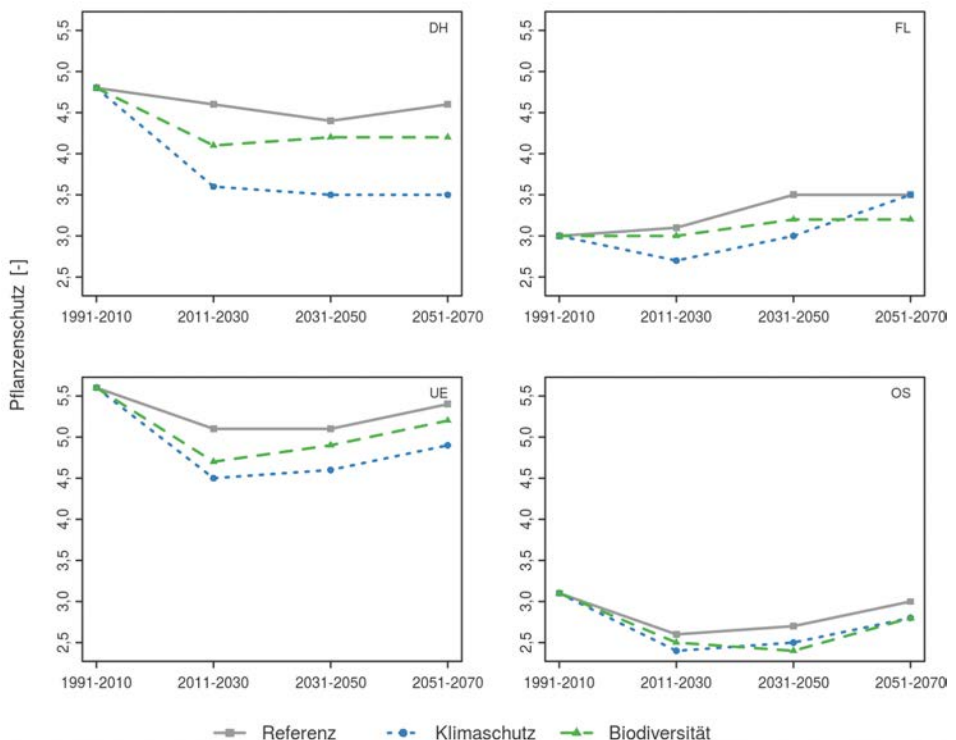


Abbildung 220: Entwicklung des Pflanzenschutzes auf landwirtschaftlichen Flächen in den vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS) anhand des Behandlungsindexes

Die Behandlungsintensität im Pflanzenschutz hängt aber nicht nur von dem angebauten Spektrum der Ackerkulturen ab, sondern auch von weiteren Faktoren. So spielen die betrieblichen Zielsetzungen und Ausstattungen sowie das Wissen und die Wahrnehmungen der Entscheidungsträger ebenfalls eine große Rolle. Betriebe mit besseren Böden setzen innerhalb der Regionen mehr Pflanzenschutzmittel ein. Des Weiteren gibt es unabhängig von der Bodengüte Unterschiede zwischen Ackerbau- und Gemischtbetrieben. Außerdem steigt die Intensität des Pflanzenschutzmitteleinsatzes mit sinkendem Arbeitskräftebesatz. Sie ist in Familienbetrieben höher als in anderen untersuchten Rechtsformen und steht in einem engen Zusammenhang zur Ertragsfähigkeit, gemessen als Ackerzahl.

7.4.2.3.3 Stickstofffrachten

Beitrag von: L3

Die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser wurden bereits im Zusammenhang mit dem Wasserhaushalt diskutiert. Ihre Zustände und Entwicklungen werden maßgeblich von der landwirtschaftlichen Nutzung geprägt und sind in Diepholz und Uelzen heute und auch zukünftig zu hoch. Trotz unterschiedlicher Anbausysteme und Bewirtschaftungsintensitäten sind die Unterschiede zwischen den Regionen relativ gering. Dies erklärt sich durch die unterschiedlichen Sickerwassermengen, die von Westen nach Osten deutlich abnehmen und die durch die Feldbergung im Westen noch überprägt werden.

Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass bei abnehmenden Sickerwassermengen zwar die Nitratkonzentrationen steigen, aber nicht unbedingt auch die Nitratfrachten, die das Grundwasser mehr oder weniger schnell erreichen.

Bei der Betrachtung der mit dem Modell HERMES geschätzten Nitrat-N-Frachten werden große Unterschiede zwischen den Modellregionen deutlich. In der Region Uelzen sind die jährlichen Stickstoffausträge mit 93 bis 100 NO_3 kg/ha/a heute am höchsten. Sie überschreiten deutlich die in der bis Anfang 2017 gültigen Düngeverordnung (BMELV 2012a) vorgegebenen 60 kg. In der Region Diepholz liegen diese Werte mit 73 bis 77 $\text{kg NO}_3/\text{ha/a}$ und künftig leicht fallender Tendenz deutlich niedriger. Ein geringerer Anteil Hackfrüchte und deutlich mehr Grünland wirken sich hier positiv auf den Nitrataustrag aus. In den östlichen Modellregionen spiegelt sich die geringere Intensität der Landwirtschaft deutlich im Nitrataustrag wider. Die Werte liegen in der Region Oder-Spree zwischen 40 und 44 $\text{kg NO}_3/\text{ha/a}$ und in der Region Fläming zwischen 20 bis 27 $\text{kg NO}_3/\text{ha/a}$. Hier ist auch eine Tendenz zu geringeren Austrägen festzustellen, die im Zusammenhang mit den in Zukunft abnehmenden Sickerwassermengen bei vergleichbarem Management zu sehen sind.

Ergänzend wird darauf hingewiesen, dass die für den Status quo in den Regionen ermittelten Werte zum Teil erheblich von den im AGRUM-Projekt (BACH et al. 2014) berechneten Stickstoffüberschüssen abweichen. Insbesondere in der Region Uelzen sind die mit HERMES berechneten Stickstofffrachten deutlich höher. In der

Region Diepholz sind die Werte vergleichbar und in den Regionen Fläming und Oder-Spree liegen die HERMES Werte auf einem deutlich geringeren Niveau.

7.4.2.3.4 Humussaldo

Beitrag von: L3

Der Entwicklungstrend des Humussaldos ist regional sehr unterschiedlich, jedoch meist positiv. Im Klimaschutzpfad kommt es durch die starke Ausweitung des Luzerneanbaus in den Regionen Diepholz und Uelzen zu einer deutlichen Erhöhung des Humussaldos (s. Abb. 221).

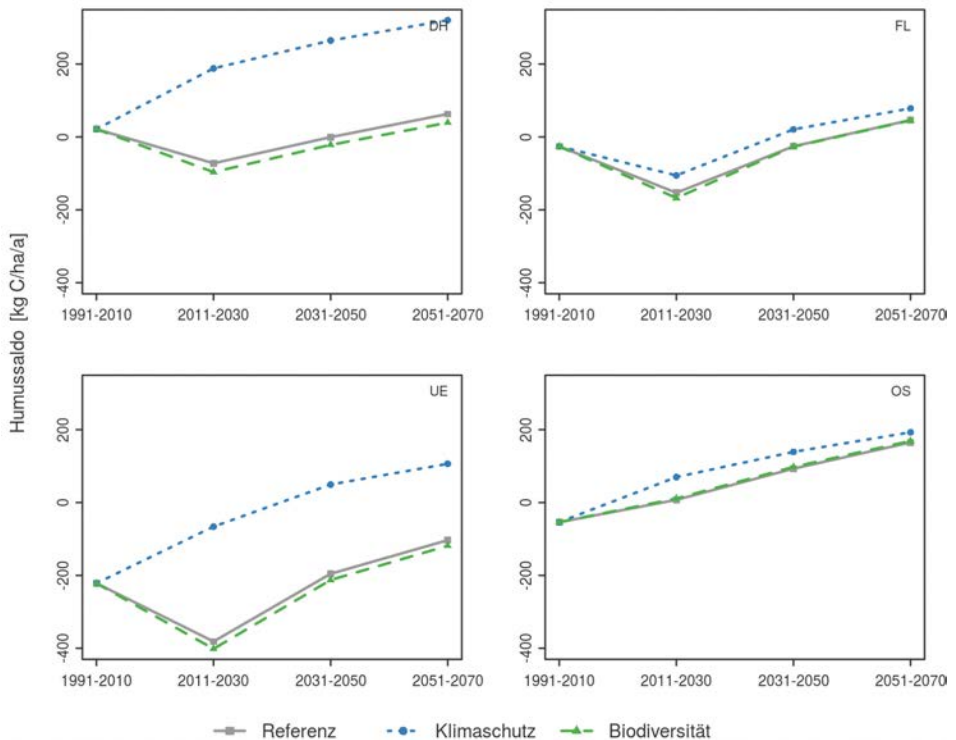


Abbildung 221: Entwicklung des Humussaldos auf landwirtschaftlichen Flächen in den vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS)

In der Periode 2051-2070 wird in der Region Diepholz ein Humussaldo von 320 kg C/ha/a erreicht. Dieser liegt nach der Bewertungsskala der VDLUFA (KÖRSCHENS et al. 2004) aber oberhalb des mittelfristig tolerierbaren Bereiches und kann zu einem erhöhten Risiko für Stickstoffverluste bei einer geringen Stickstoffeffizienz führen. Eine solche Entwicklung ist im Sinne des Grundwasserschutzes zu vermeiden. In Uelzen wird in den Perioden 2011-2030 und 2031-2050 deutlich mehr Humus abgebaut, als es für eine nachhaltige Landwirtschaft zuträglich ist. Die Pfade

Referenz und Biodiversität unterscheiden sich hierbei in den jeweiligen Zeitscheiben nur marginal. Besonders in der Periode von 2011-2030 wird durch den vermehrten Anbau von humuszehrenden Hackfrüchten die Bilanz stark negativ (Referenz: -381 kg C/ha/a , Biodiversität: -401 kg C/ha/a). Dies erhöht das Risiko, dass die Bodenfunktionen und die Ertragsleistung negativ beeinflusst werden. Dem kann man mit passenden Managementmaßnahmen (Zwischenfrüchte, organische Düngung, Zwischenfrüchte) begegnen und den Humussaldo in einem optimalen Bereich von -75 bis 100 kg C/ha/a halten. In den Regionen Fläming und Oder-Spree wurden die Anforderungen des Klimaschutzpfads mit Hilfe von Lupinen erfüllt, die eine deutlich geringere Auswirkung auf die Humusbilanz zeigen.

7.4.2.3.5 Treibhausgasemissionen

Beiträge von: L4, L5, L6

Bei den Treibhausgaskonzentrationen zeigt sich eine Zweiteilung der Modellregionen. Die westlichen Modellregionen weisen deutlich höhere Treibhausgasemissionen als die östlichen Modellregionen auf (s. Abb. 222).

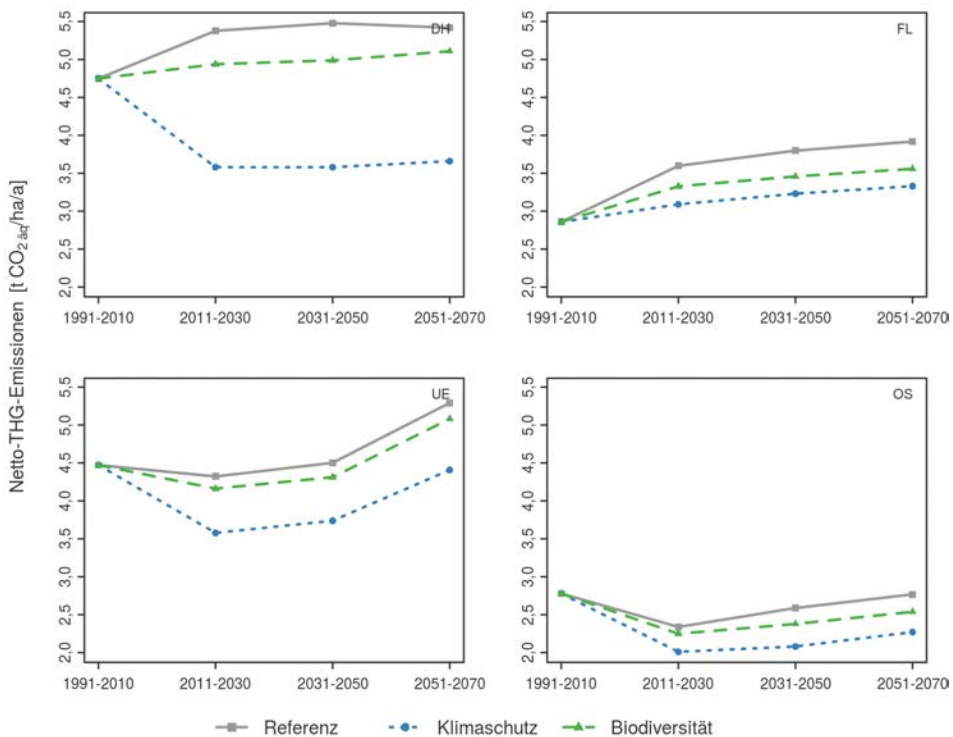


Abbildung 222: Entwicklung der Netto-Treibhausgasemissionen (CO_2 -Äquivalente) in der Landwirtschaft unter den drei Entwicklungspfaden bis 2051-2070 in den vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS)

Eindeutig „führend“ ist hier aktuell die Modellregion Diepholz mit jährlich 4,75 t CO₂äq/ha, danach folgt die Modellregion Uelzen mit jährlich 4,5 t CO₂äq/ha. Bei Fortführung der bisher üblichen ertragsorientierten Landwirtschaft (Referenz) würden sich diese Werte langfristig auf rund 5,4 t CO₂äq/ha/a in Diepholz und vergleichbare 5,3 t CO₂äq/ha/a in Uelzen einpendeln. Die östlichen Modellregionen Fläming und Oder-Spree weisen aktuell mit jährlich 2,9 t bzw. 2,8 t CO₂äq/ha deutlich geringere Treibhausgasemissionen auf, die sich nach dem Referenzpfad im Fläming langfristig (2051-2070) auf ca. 3,9 t CO₂äq/ha/a zubewegen, während sie in der Modellregion Oder-Spree auf dem derzeitigen Niveau bleiben werden.

Die Unterschiede zwischen den Modellregionen erklären sich durch die intensivere landwirtschaftliche Nutzung in den westlichen Regionen. Speziell in der Region Diepholz ist dies einerseits auf die intensive Tierhaltung und andererseits auf den Humusabbau der kultivierten Moorstandorte zurückzuführen. In der Modellregion Uelzen spiegelt sich die Intensität der Landwirtschaft in einem relativ hohen Einsatz mineralischer Düngemittel sowie in dem ausgedehnten, durch Feldberegung ertragreichen Hackfruchtanbau wider, der mit einem hohen Humusabbau verbunden ist. Umgekehrt führen eine ausgeglichene Humusbilanz, eng begrenzte Anbauflächen für Hackfrüchte, niedrige Anteile organischer Stickstoffdünger (niedriger Tierbesatz, wenig Gärreste aus Biogasanlagen) sowie geringe Flächenanteile organischer Böden in den Modellregionen Fläming und Oder-Spree zu entsprechend niedrigeren Treibhausgasemissionen.

Die alternativen Bewirtschaftungen im Rahmen der Entwicklungspfade Biodiversität und Klimaschutz verursachen in allen Modellregionen geringere Treibhausgasemissionen. Die Effekte bei einer Bewirtschaftung unter stärkerer Beachtung naturschutzfachlicher Aspekte (Biodiversitätspfad) sind jedoch vergleichsweise gering und liegen bei 5-10 %. Deutlich werden die Treibhausgasemissionen hingegen bei einer Flächenbewirtschaftung nach den Vorgaben des Klimaschutzpfades gesenkt. Insbesondere der verringerte Einsatz von Stickstoffmineraldünger durch den im Klimaschutzpfad angenommenen Anbau von Luzerne auf einem Fünftel der Ackerfläche sowie die Wiedervernässung humusreicher und feuchter Standorte reduzieren die Treibhausgasemissionen. In der Modellregion Diepholz führt dies bis zur Periode 2051-2070 zu einer Reduktion um gut eine Tonne auf 3,7 t CO₂äq/ha/a. In den anderen Modellregionen sind die Effekte zwar nicht ganz so deutlich, die Treibhausgasemissionen werden aber auch hier durchschnittlich um rund 15 % gesenkt.

7.4.2.4 *Naturschutz*

Beitrag von: Ko

Die vorrangige Zielsetzung des Naturschutzes ist es, autochthone und kulturhistorisch gewachsene Lebensgemeinschaften, also das Natur- und Kulturerbe zu erhalten bzw. wiederherzustellen. Dazu werden abwehrende oder gestaltende Maßnahmen ergriffen, um statische oder dynamische Ziele auf Ebene der Gene, der Arten, der Ökosysteme oder der Landschaften zu erreichen. Im Projekt wurde der Naturschutz nicht als unmittelbarer Landnutzer betrachtet, sondern als integraler Bestandteil einer multifunktionalen Land-, Forst- und Wasserwirtschaft. Neben einer Zustandsanalyse im Bereich der Forstwirtschaft zur Gewinnung aktueller Informationen über die Naturnähe der Bodenvegetation in den wichtigsten Waldgesellschaften des Norddeutschen Tieflandes, zur Erarbeitung von Störungszeigerlisten für die Bodenvegetation und zur Verbesserung des Kenntnisstandes über die Ursache-Wirkungs-Beziehungen beim Auftreten dieser Störungszeiger wurde eine Veränderungsanalyse für einige dynamische, naturschutzfachliche Indikatoren durchgeführt. Sie beziehen sich auf den Anteil Altholz in den Wäldern, die Mischung der Baumarten und der Feldfrüchte und die Naturnähe sowie die Landschaftsdiversität. Der Anteil streng geschützter bzw. extensiv bewirtschafteter Flächen ist statisch und auf den Istzustand (Referenz- und Klimaschutzpfad) bzw. auf die Vorgaben des Biodiversitätspfades festgeschrieben.

7.4.2.4.1 Forstwirtschaft

Beiträge von: F4, F5, Ko

In allen Modellregionen spiegeln die Entwicklungen der Altholzanteile die natur-schutzfachlichen Vorgaben der drei Entwicklungspfade und die Fortschreibung der Altersklassen wider.

Während in Diepholz mit seinen sehr jungen Altersstrukturen alle drei Entwicklungspfade einen stetigen Anstieg des Altholzanteils bis zum Ende des Simulationszeitraumes zeigen, sind die Entwicklungen in den drei anderen Modellregionen differenzierter. So steigt in der Modellregion Oder-Spree der Altholzanteil von aktuellen 4 % bis 2051-2070 auf 25 % im Biodiversitätspfad und 8 % im Referenzpfad, während er im Klimaschutzpfad sogar gering auf 3 % sinkt (s. Abb. 223).

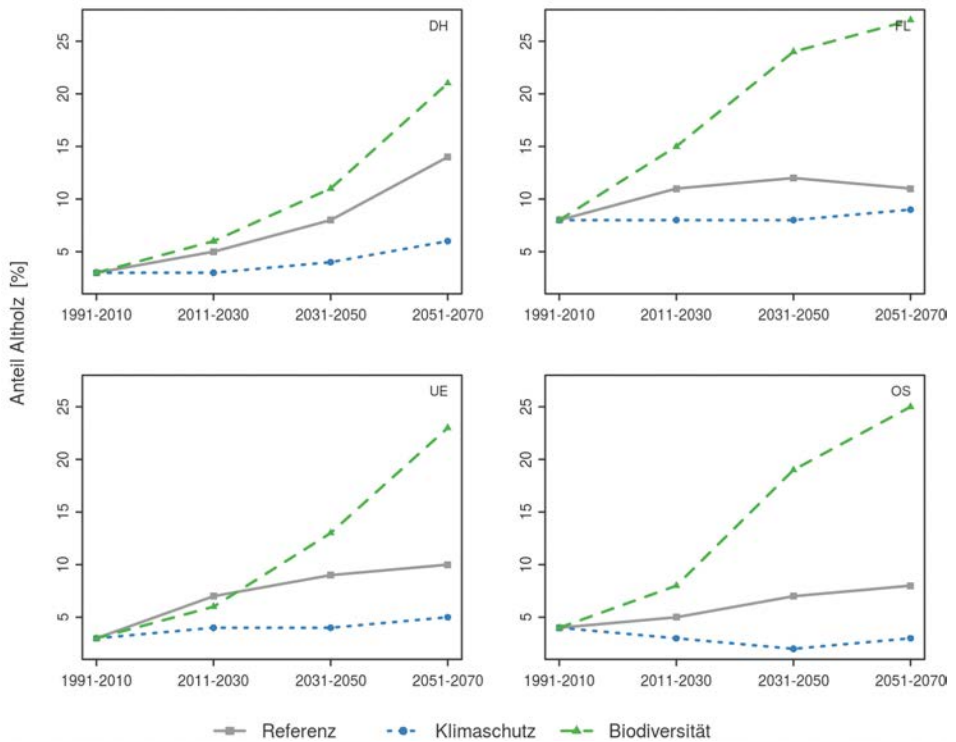


Abbildung 223: Entwicklung des Altholzanteils in den vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS)

Die Mischung der Baumarten hängt außer von den waldbaulichen Ausgangssituationen in den Modellregionen unmittelbar vom Altersaufbau der Wälder und dem nach den Entwicklungspfaden unterschiedlich voranschreitenden Waldumbau ab. Während in der Modellregion Diepholz mit seinem schon heute relativ breit gefächerten Baumartenspektrum und einem hohen Anteil junger Bestände sich der Simpson-Indexwert im Betrachtungszeitraum bei den unterschiedlichen Bewirtschaftungskonzepten kaum ändert, sind in allen anderen Regionen deutliche Veränderungen, insbesondere im Klimaschutzpfad zu verzeichnen (s. Abb. 224).

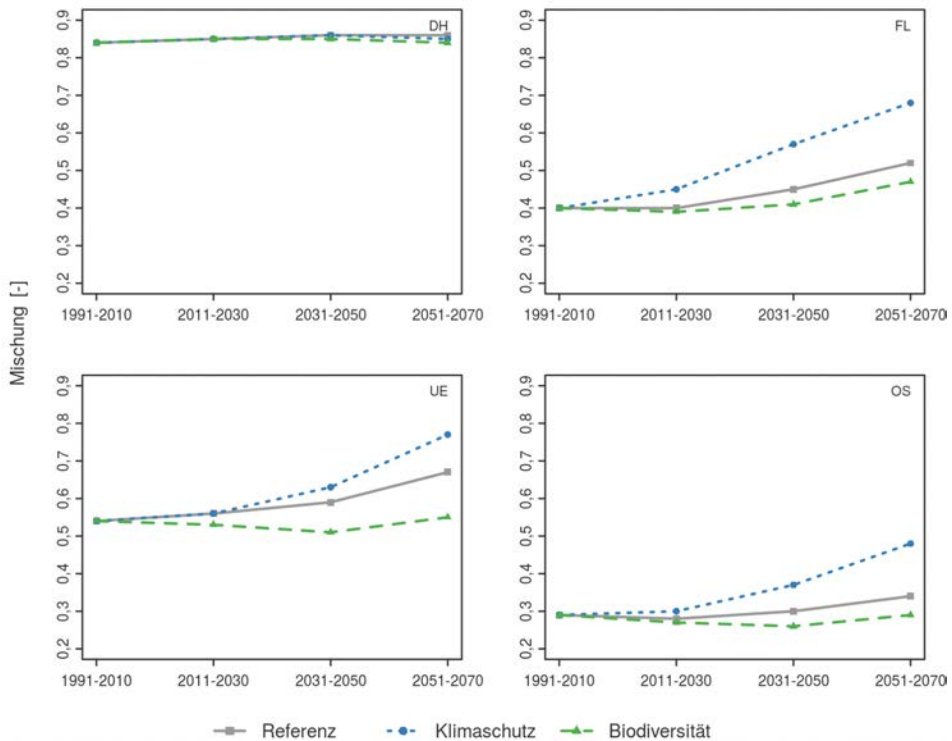


Abbildung 224: Entwicklung der Bestandestypenmischung in den vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS)

Eine Veränderung des Indikators „Naturnähe“ ist in dem 60-jährigen Projektionszeitraum im Wesentlichen durch Waldumbau zu erreichen. Der Klimaschutzpfad führt am schnellsten zu Umbaumaßnahmen, wodurch eine, wenn auch z. T. geringe Steigerung der Naturnähe zu erzielen ist, während unter dem Biodiversitätspfad der Indikatorwert sogar etwas sinkt und unter Referenzbedingungen nahezu unverändert ist (s. Abb. 225). Kritisch ist in diesem Zusammenhang die Aussagekraft des Indikators Naturnähe anzusprechen, da die Referenz statisch ist und gerade dieses Projekt gezeigt hat, dass es Standortkonstanz unter den Bedingungen des Klimawandels und der Stoffeinträge nicht mehr gibt.

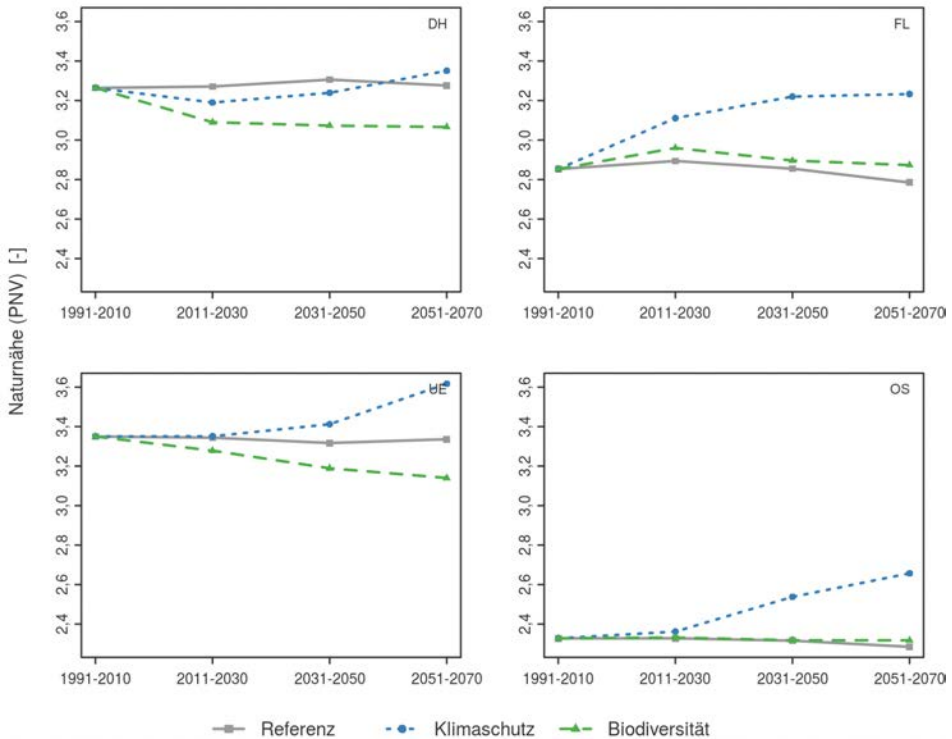


Abbildung 225: Entwicklung der Naturnähe der Wälder in den vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS)

Der statische Indikator „Anteil streng geschützter Flächen“ umfasst nach SCHERFOSE (2011) die Naturschutzgebiete (NSG) sowie die Kernzonen von Biosphärenreservaten und Nationalparks (NP). Letztere kommen in den Modellregionen nicht vor. Die Kernzonen des Biosphärenreservats „Flusslandschaft Elbe“ am Südrand des Fläming-Gebietes sind alle NSG. Es verbleibt also letztlich nur diese Kategorie als Indikator. Die NSG-Anteile für die Modellregionen erweisen sich als recht unterschiedlich (s. Abb. 226). Den höchsten Anteil hat die Modellregion Diepholz mit knapp 7 %, was auf den hohen Anteil Moorflächen zurückzuführen ist. Ebenfalls recht hoch ist der Anteil in der Region Oder-Spree, was hier an den Niedermoorgebieten im Spreewald und den Auenstandorten an der Oder liegt. Bezieht man die Flächenkulisse des europäischen Schutzgebietsnetzwerkes „Natura 2000“ mit seinen FFH- und Vogelschutz-Gebieten in die Kategorie der streng geschützten Flächen mit ein, so erhöht sich deren Flächenanteil erheblich.

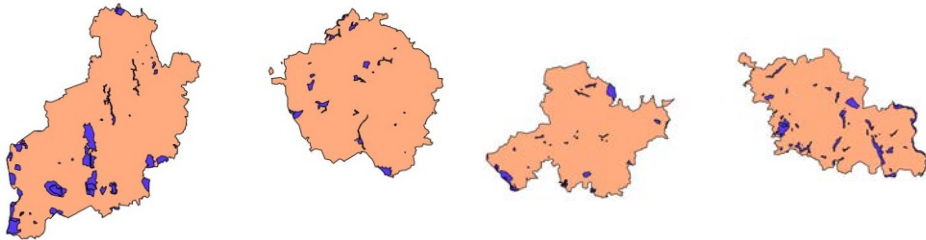


Abbildung 226: Anteil der streng geschützten Flächen in den Modellregionen (blau eingefärbt, von links nach rechts: Diepholz 6,9 %, Uelzen 2,3 %, Fläming 3,1 % und Oder-Spree 5,7 %)

7.4.2.4.2 Landwirtschaft

Beitrag von: L3

Für den landwirtschaftlichen Bereich zeigen die Indizes in den Modellregionen, dass innerhalb des Betrachtungszeitraumes sowohl die (Fruchtarten-)Mischungsverhältnisse (s. Abb. 227) als auch die Landschaftsdiversität (s. Abb. 228) kaum Veränderungen erkennen lassen. Lediglich in der Modellregion Diepholz hebt die Ausdehnung des Anteils extensiv genutzten Grünlandes im Rahmen des Klimaschutzpfades den Wert des Indikators Landschaftsdiversität.

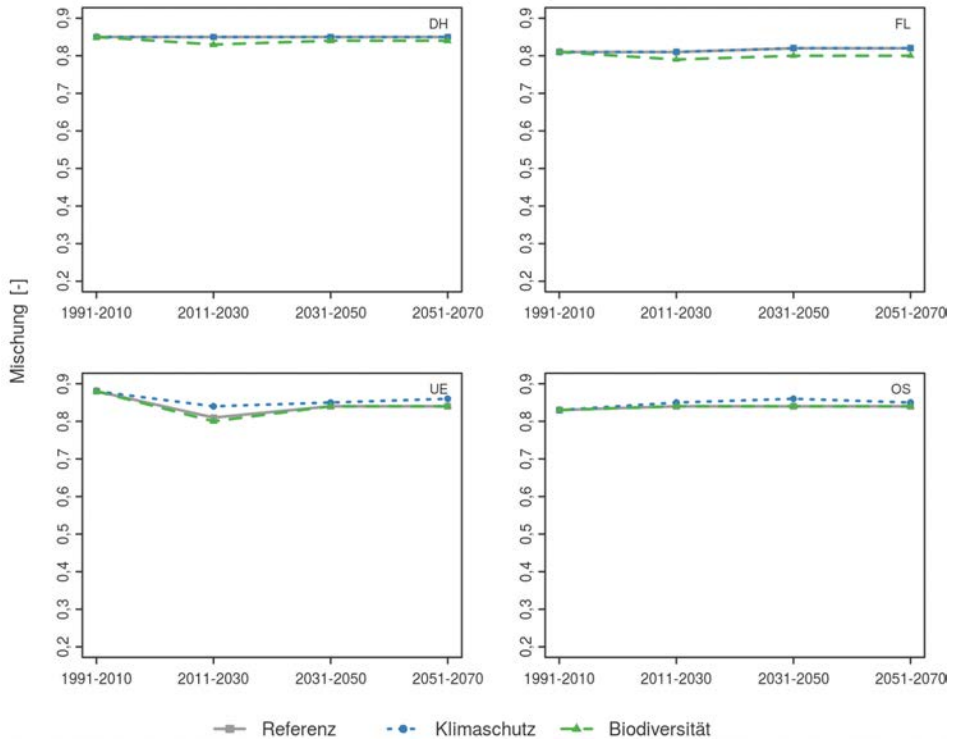


Abbildung 227: Entwicklung Fruchtartenmischung in den vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS)

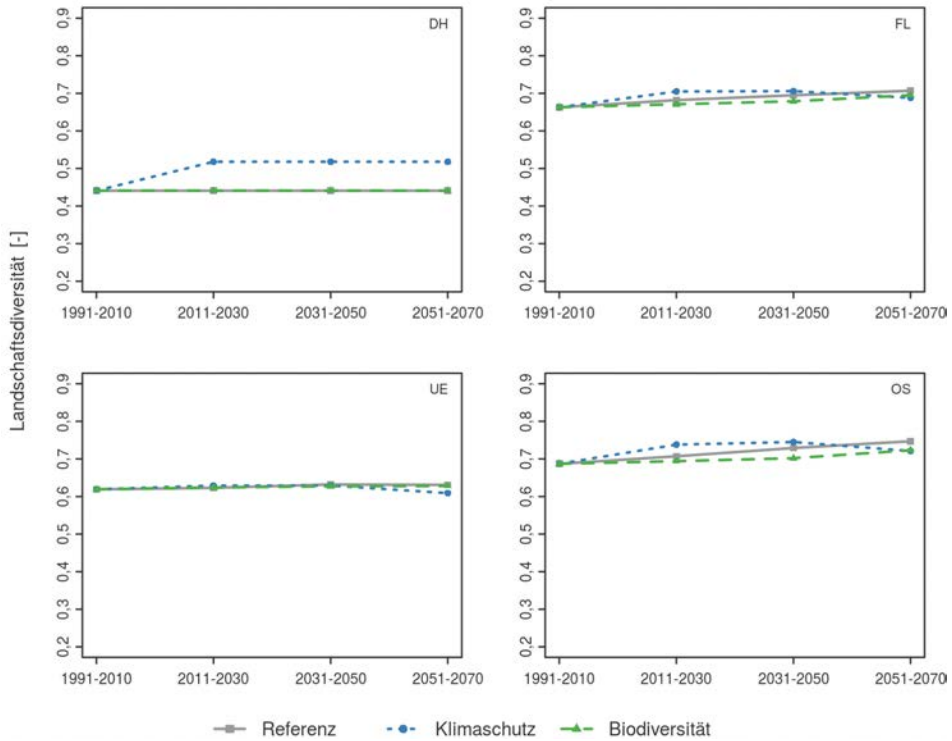


Abbildung 228: Entwicklung der Landschaftsdiversität in den vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS)

7.4.2.5 Wertschöpfung

7.4.2.5.1 Forstwirtschaft

Beitrag von: F6

Die drei Entwicklungspfade Referenz, Klimaschutz und Biodiversität spannen für die Forstbetriebe einen breiten Handlungsraum auf, deren Vorteilhaftigkeit erst durch Indikatoren und ihre Bewertung deutlich wird. Dabei treten die Effekte der alternativen Entwicklungspfade nur vergleichsweise langsam ein, denn über lange Zeiträume bleibt die jeweilige naturale Ausgangssituation bestimmend. Dennoch konnten die Kalkulationen auf Ebene der Modellbetriebe Fragen nach den Effekten bestimmter, eher grundsätzlicher Strategien (Entwicklungspfade) in den Modellregionen beantworten.

Gemessen am Entwicklungspfad Referenz zeigt die Projektion des Entwicklungspfad Biodiversität für alle Modellregionen eine generell reduzierte Nutzung der Ressource Holz (s. Abb. 229). Die im Rahmen des Entwicklungspfad Biodiversität gewünschte Erhöhung des durchschnittlichen Vorrates in den Wäldern bei

gleichzeitiger Steigerung des Durchschnittsalters der Bestände sowie der Totholzvorräte lässt sich nur mit einem deutlichen Nutzungsverzicht gegenüber der bisher üblichen Wirtschaftsweise erreichen.

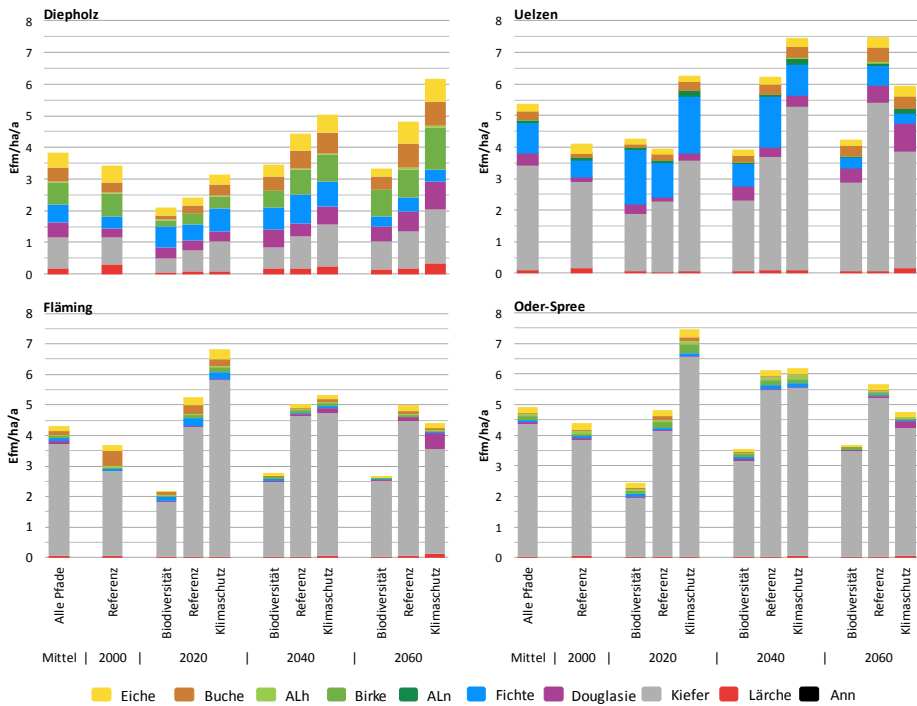


Abbildung 229: Entwicklung der Holznutzung in den vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS) getrennt nach Baumarten

Dies ist verbunden mit einer verminderten forstlichen Wertschöpfung (s. Abb. 230) und einem Rückgang der für den ländlichen Raum bedeutsamen Beschäftigungsmöglichkeiten (s. Abb. 231). Dies kann Forstbetriebe langfristig vor existenzielle Probleme stellen, da diese ihr Einkommen hauptsächlich durch die Nutzung von Holz erwirtschaften, auch wenn die finanziellen Erträge aus sogenannten Nebennutzungen (Schnitt- und Deckgrün, Weihnachtsbäume, Wild, Kompensationsmaßnahmen) in einzelnen norddeutschen Forstbetrieben heutzutage bis zu 30 % betragen können (vgl. WILHELM u. MÖHRING 2014). Dabei hat, noch vor der jeweiligen Wertschätzung bestimmter Baumarten am Markt und der mit ihnen zu gewinnenden Holzsortimente, die nutzbare Volumenleistung der Wälder den entscheidenden Einfluss auf die Höhe des (forst-)betrieblichen Einkommens.

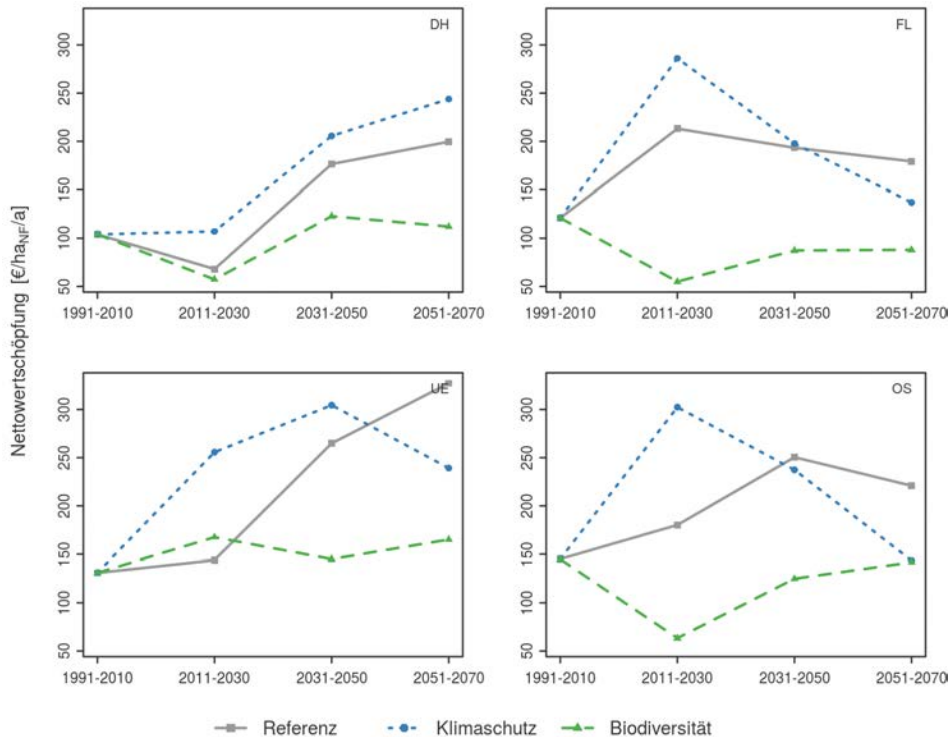


Abbildung 230: Entwicklung der forstwirtschaftlichen Wertschöpfung in den vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS)

Im Entwicklungspfad Klimaschutz erfolgt zur Steigerung der CO₂-Bindung im stehenden Holz und in Produkten aus Holz ein intensiver Waldumbau in Richtung sehr produktiver Nadelbaumarten mit nachfolgend langfristiger, stofflicher Nutzung. Dies führt in Verbindung mit den vorher genannten Zusammenhängen innerhalb des Betrachtungszeitraumes für die Modellregionen zu einer insgesamt gesteigerten forstlichen Wertschöpfung und Beschäftigung. Am Ende des Betrachtungszeitraumes zeigt der Referenzpfad hinsichtlich der Nettowertschöpfung – mit Ausnahme der Region Diepholz – in den Modellregionen bessere Werte auf als der Klimschutzpfad, da die Effekte des Waldumbaus im eingeschränkten Zeitraum in den übrigen Regionen noch nicht umfänglich zu Tage treten.

Die Berechnungen zeigen überregional, dass die Forstbetriebe insbesondere in der nahen Zukunft vor besondere Herausforderungen gestellt sind. Von den zur bisherigen Wirtschaftsweise alternativen Entwicklungspfaden führt auch der Klimschutzpfad zu einem weitgehenden Erhalt von Arbeitsvolumen und Nettowertschöpfung in den Regionen. Insofern sind die Entwicklungspfade Klimaschutz und Referenz grundsätzlich mit keinen besonderen forstbetrieblichen Risiken ver-

bunden. Das Zurückfallen des Entwicklungspfades Klimaschutz in der Modellregion Oder-Spree auf das Wertschöpfungsniveau des Biodiversitäts-Entwicklungspfades am Ende des Betrachtungszeitraums ist als vorübergehend anzusehen, bis sich die erst verzögert einsetzenden Kiefernumbauten in ertragreichere Douglasien-Mischbestände entwickelt haben.

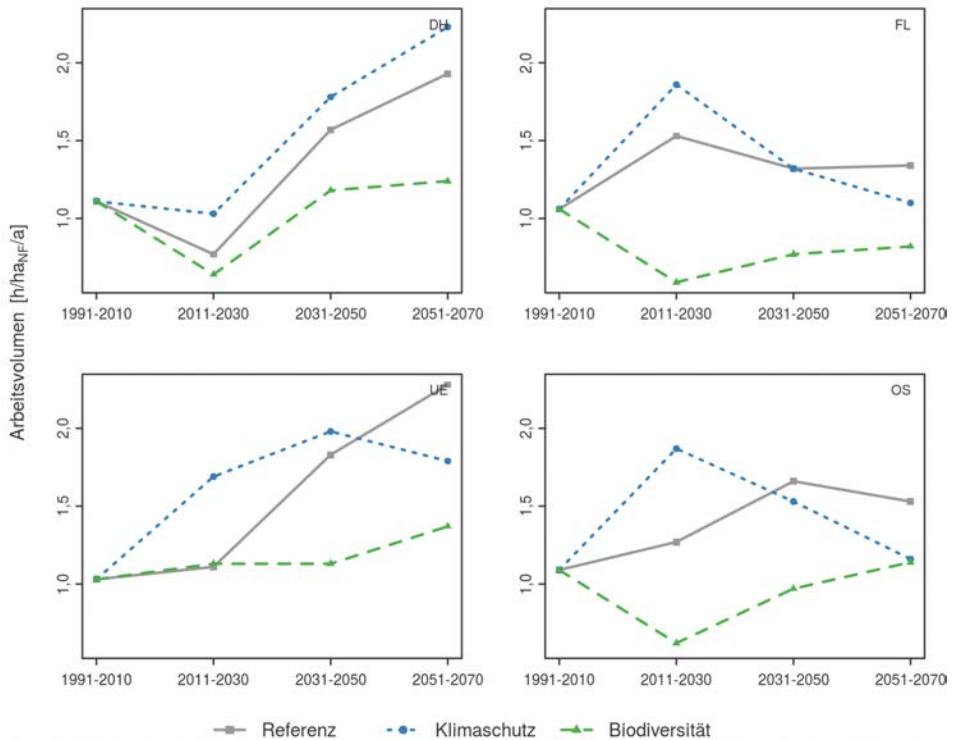


Abbildung 231: Entwicklung des Arbeitsvolumens in der Forstwirtschaft in den vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS)

In der Praxis ist davon auszugehen, dass die forstlichen Entscheidungsträger bestrebt sein werden, die in den ersten Jahren gemäß den Simulationen sprunghaft ansteigenden Einschlagsvolumina durch gestreckte Nutzungen über die Zeit zu nivellieren, mit entsprechend dämpfenden Folgen für Arbeitsvolumina und die Wertschöpfung. Dies gilt insbesondere für die Modellregionen Fläming und Oder-Spree, aber auch für die Modellregion Uelzen.

Die konsequente Umsetzung des Entwicklungspfades Biodiversität würde zwar zu dem beabsichtigten Vorratsaufbau und zur Anreicherung von Totholz führen, wirtschaftlich erscheint er jedoch kritisch, da er die Forstbetriebe in den Modellregionen, ohne einen deutlichen Ausgleich durch flankierende finanzielle Unterstützung, langfristig vor existenzielle Probleme stellen würde. Dies gilt bis 2051-2070 insbesondere für die beiden östlichen Modellregionen Fläming und Oder-Spree.

Grundsätzlich ist anzumerken, dass im Betrachtungszeitraum bis 2051-2070 der Entwicklungspfad Referenz und insbesondere der Klimaschutzpfad zu einem deutlichen Vorratsabbau in den Regionen führen würden. Nachfolgend käme es allerdings zu einem gewissen Ausgleich gegenüber dem Entwicklungspfad Biodiversität; während in letzterem dann verstärkt die Nutzung der in höhere Zielstärken eingewachsenen Bestände einsetzen würde, ließen in den beiden anderen Entwicklungspfaden die Umbauten in ertragsreichere Nadelbaumarten eine schrittweise Erhöhung des Vorratsniveau erwarten.

7.4.2.5.2 Landwirtschaft

Beitrag von: L7

Im Gegensatz zur Forstwirtschaft wird die landwirtschaftliche Nettowertschöpfung in einem deutlich geringeren Maße von den hier unterstellten Bewirtschaftungsformen beeinflusst. Lediglich die Umsetzung des Klimaschutzpfades beeinträchtigt in den Modellregionen Diepholz und Uelzen die wirtschaftliche Situation der Betriebe, indem es die Nettowertschöpfung gleichmäßig über die Zeit um rund 16 %, entsprechend jährlich 150 bis 170 €/ha Ackerfläche, in Diepholz bzw. 10 %, entsprechend 80 bis 110 €/ha Ackerfläche, in Uelzen, senkt (s. Abb. 232).

Weiterhin unterscheiden sich die berechneten Ergebnisse der landwirtschaftlichen und forstlichen Nettowertschöpfung nicht allein durch ihre absolute Höhe, sondern auch stark durch ihre Beträge innerhalb und zwischen den Modellregionen. So sind die Nettowertschöpfungen in den Modellregionen Diepholz und Uelzen deutlich (rund dreifach) höher als in den beiden östlichen Modellregionen Fläming und Oder-Spree. Dies ist in der Modellregion Uelzen vor allem auf den intensiven Kartoffel- und Zuckerrübenanbau bei intensiver und weitgehend flächendeckender Feldberegnung zurückzuführen.

In der zeitlichen Entwicklung ist bei den reinen Ackerbaubetrieben aller Modellregionen langfristig mit einem leicht sinkenden Einkommen zu rechnen, wohingegen bei Schweinehaltern steigende und bei Milchviehbetrieben mehr oder weniger stagnierende Einkommen zu erwarten sind. Dies führt in der Modellregion Diepholz zu einem mäßig ansteigenden Wertschöpfungsniveau, während dies in den anderen Modellregionen eher stagniert (Fläming, Oder-Spree) oder leicht sinkt (Uelzen). Bei den im Mittel sehr niedrigen Wertschöpfungen in Oder-Spree würden dort viele Betriebe ohne Direktzahlungen nicht überlebensfähig sein. Anzumerken ist, dass überregionale Markteinflüsse langfristige wirtschaftliche Prognosen praktisch unmöglich machen und die getroffenen Aussagen notwendigerweise *ceteris paribus* Bedingungen unterstellen.

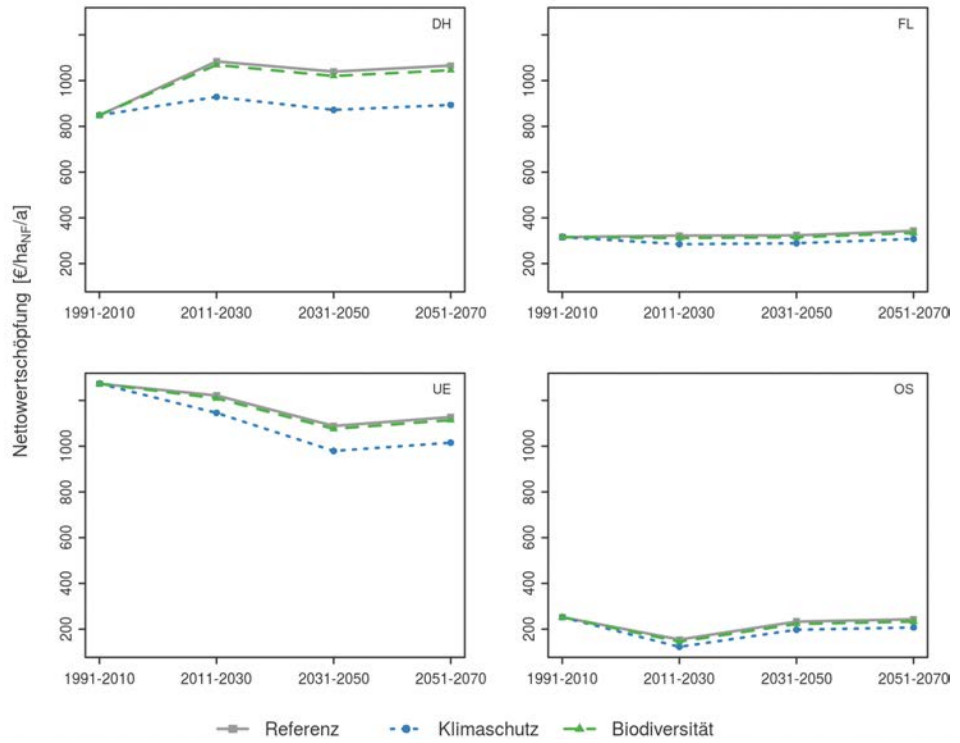


Abbildung 232: Entwicklung der landwirtschaftlichen Wertschöpfung in den vier Modellregionen Diepholz (DH), Uelzen (UE), Fläming (FL) und Oder-Spree (OS)

7.4.3 *Vergleich der Modellregionen*

7.4.3.1 *Leitbilder*

Beitrag von: S3

Die Leitbilder der Modellregionen bestehen jeweils aus 10 bis 21 Leitsätzen. Diese beinhalten neben Aussagen zu den betrachteten Sektoren der Landnutzung auch Aussagen zu anderen Landnutzergруппen und zu weiteren Rahmenbedingungen. Die Leitbilder reflektieren außer den unterschiedlichen regionalen Besonderheiten der Landnutzung auch die unterschiedlichen regionalen Schlüsselthemen sowie diverse Landnutzungsinteressen regionaler Akteursgruppen, sodass die Leitbilder in einigen wesentlichen Punkten deutlich unterschiedliche Akzente setzen.

7.4.3.1.1 Regionale Schwerpunkte der Leitbilder

Beitrag von: S3

In der *Modellregion Diepholz* ist besonders das Thema Wasser von hoher Bedeutung, sowohl was die regionale institutionelle Ausstattung als auch die Sicherung der Trinkwasserversorgung und den nachhaltigen Wasserschutz anbelangt (s. Kap. 7.3.1.4). Bezüglich des Wasserschutzes wird besonders auf einen regionalen Nährstoffstrom mit ausgeglichener Bilanz verwiesen. Zudem ist die hohe Bedeutung des Naturschutzes und des Landschaftserhalts hervorzuheben, da sich mehrere Leitsätze direkt oder indirekt mit diesen Aspekten beschäftigen. Hierbei liegt das Augenmerk nicht nur auf naturnahen Flächen und Bereichen, sondern ebenso auf der „Normallandschaft“ bzw. Kulturlandschaft. Eine regionale Besonderheit ist ferner auch die im Leitbild angesprochene Moornutzung und -renaturierung. Wenngleich die Forstwirtschaft von untergeordneter Bedeutung ist, so soll sich doch die Waldentwicklung am LÖWE-Programm der Niedersächsischen Landesforsten orientieren.

Einen besonderen Schwerpunkt des Leitbildes der *Modellregion Uelzen* bildet die Landwirtschaft, der mehr als die Hälfte der Leitsätze gewidmet sind (s. Kap. 7.3.2.4). Außerdem werden weitere Aspekte angesprochen, die mit der Landwirtschaft zusammenhängen. Das betrifft zum Beispiel Fragen der Verarbeitung und der Bodenqualität, aber auch quantitative Aspekte des Wassermanagements, weil ein hoher Anteil der Ackerflächen beregnet wird. Diese Aspekte schließen Fragen zu den Einsparungspotenzialen moderner Beregnungstechniken ebenso ein wie die Möglichkeiten der Substitution von Grundwasser für die Feldberegnung durch Wasser aus anderen Quellen. Darüber hinaus werden die regionale Wettbewerbsfähigkeit von Land- und Forstwirtschaft und eine „sinnvolle“ Intensivierung der Landnutzung bei flexibler Wirtschaftsweise auf den Flächen vor einem globalen Hintergrund angestrebt.

Im Leitbild der *Modellregion Fläming* nimmt die Forstwirtschaft einen besonders hohen Stellenwert ein (s. Kap. 7.3.3.4). So beschäftigen sich mehr als die Hälfte der

Leitsätze direkt oder indirekt mit forstwirtschaftlichen Aspekten, was den hohen Waldflächenanteil, aber auch die hohe regionale Bedeutung der Forstwirtschaft unterstreicht. Zudem ist das Thema Wasser und Wassermanagement regional bedeutsam, wobei besonders die Vergabe von Nutzungsrechten thematisiert wird. Neben einer marktorientierten Bewirtschaftung der Flächen wird eine vielfältige Eigentumsstruktur angestrebt. Zudem soll ein regionales Energiekonzept die regionale Energieproduktion steuern.

Die Leitsätze für das Leitbild der *Modellregion Oder-Spree* sind vergleichsweise ausgewogen auf die Sektoren der Landnutzung verteilt (s. Kap. 7.3.4.4). Betont werden die Vielfältigkeit der regionalen Landnutzung sowie die Stabilität der Flächenverfügbarkeit für Land- und Forstwirtschaft. Ein weiterer Schwerpunkt sind Kooperation und Handlungsverantwortung der regionalen Akteure für eine nachhaltige Landnutzung.

7.4.3.1.2 Gemeinsamkeiten der regionalen Leitbilder

Beitrag von: S3

Neben den regionalen Besonderheiten gibt es jedoch auch Themen, die überregional von Bedeutung sind. So sind allgemein die ökonomische Sicherung der Land- und Forstwirtschaft und im Besonderen der Erhalt der land- und forstwirtschaftlichen Flächen von herausragender Bedeutung.

Sicherung der land- und forstwirtschaftlichen Flächen

- | | |
|---------------|--|
| DH Leitsatz 2 | In der Modellregion Diepholz bleibt die Fläche für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung erhalten. |
| UE Leitsatz 4 | In der Modellregion Uelzen sind die Flächen für die Land- und Forstwirtschaft gesichert. |
| FL Leitsatz 1 | In der Modellregion Fläming soll die Landnutzung nachhaltig sein und die land- und forstwirtschaftlichen Flächen für die Nutzung erhalten bleiben. |
| OS Leitsatz 5 | Die derzeitigen Flächenanteile der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung in der Modellregion Oder-Spree werden weiterhin gesichert. |

Darüber hinaus spielen in den Leitbildern aller Regionen die Themen Wasser, regionales Wassermanagement und das Erreichen der Ziele der EU-Wasserrahmenrichtlinie eine wichtige Rolle, wobei jeweils regionale Aspekte für unterschiedliche Ausprägungen sorgen (z. B. Diepholz – Moorvernässung und Trinkwasserqualität, Uelzen – Beregnung und Grundwasser, Fläming – ein beidseitiges Wassermanagement für Be- und Entwässerung, Oder-Spree – Schutz der Gewässer und ein intelligentes Wassermanagement).

Wassermanagement und Gewässerbewirtschaftung

- DH Leitsatz 8 In der Modellregion Diepholz bilden die regionalen institutionellen und organisatorischen Strukturen der Gewässerunterhaltung und Trinkwasserversorgung die Basis für eine nachhaltige regionale Wasserwirtschaft.
- DH Leitsatz 9 In der Modellregion Diepholz werden die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie erreicht und nachhaltiger Wasserschutz in allen Bereichen der Landnutzung obligatorisch.
- DH Leitsatz 10 In der Modellregion Diepholz bestehen Hochwassersicherheit für alle vorhandenen Siedlungen und eine angepasste Gewässerunterhaltung.
- DH Leitsatz 11 In der Modellregion Diepholz nimmt die Sicherung der Trinkwasserversorgung einen hohen Stellenwert innerhalb der Wasserwirtschaft ein und erfordert einen besonderen Schutz.
- UE Leitsatz 15 In der Modellregion Uelzen besteht ein nachhaltiges Wassermanagement.
- UE Leitsatz 16 In der Modellregion Uelzen wird das Grundwasser sparsam und primär für die Trinkwasserversorgung verwendet.
- UE Leitsatz 17 In der Modellregion Uelzen fördern Anreizsysteme die Grundwasserneubildung und den dezentralen Wasserrückhalt.
- UE Leitsatz 18 In der Modellregion Uelzen ist effiziente Großflächenberegnung der Standard.
- FL Leitsatz 12 In der Modellregion Fläming bildet ein intelligentes zweiseitiges Wassermanagement für Be- und Entwässerung die Basis für eine nachhaltige regionale Land- und Forstwirtschaft.
- FL Leitsatz 13 In der Modellregion Fläming werden die Nutzungsrechte kontinuierlich angepasst und bedarfsorientiert vergeben.
- FL Leitsatz 14 In der Modellregion Fläming sind die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie erreicht und nachhaltiger Wasserschutz in allen Bereichen der Landnutzung obligatorisch.
- OS Leitsatz 8 Bei Bewirtschaftung und Schutz der Gewässer in der Modellregion Oder-Spree wird der Gesamtraum betrachtet; ein intelligentes Wassermanagement sichert die Interessen der Anrainer und Wassernutzer.

Während in den westlichen Modellregionen Aspekte wie der Erhalt der Biotopstruktur bzw. des Landschaftsbildes Bestandteil der Leitbilder sind, wird in den östlichen ein besonderes Augenmerk auf die soziale Komponente der Nachhaltigkeit gelegt. Hier werden die Aspekte der Einkommenssicherung der Bevölkerung und die Fachkräftesicherung explizit in den Leitbildern verankert.

Landschaftserhalt und Biotopvernetzung

- DH Leitsatz 17 In der Modellregion Diepholz werden zusätzliche ökologische Leistungen in der Landschaft honoriert.
- DH Leitsatz 16 In der Modellregion Diepholz werden abgebaute Flächen renaturiert und ungenutzte Moorbereiche wiedervernässt.
- DH Leitsatz 15 In der Modellregion Diepholz werden noch vorhandene natürliche und naturnahe Flächen und Strukturen erhalten.
- DH Leitsatz 14 In der Modellregion Diepholz vernetzt eine strukturreiche Normallandschaft die unterschiedlichen Biotope.
- UE Leitsatz 19 In der Modellregion Uelzen besteht eine vernetzte Biotopstruktur unter Beachtung landwirtschaftlicher Belange.

Soziale Aspekte

- FL Leitsatz 15 In der Modellregion Fläming stellen Land- und Forstwirtschaft Einkommensmöglichkeiten für die Bevölkerung bereit.
- FL Leitsatz 16 In der Modellregion Fläming sichert eine gute Aus- und Weiterbildung den Fachkräftenachwuchs für die Land- und Forstwirtschaft.
- OS Leitsatz 4 Wertschöpfung aus der Landnutzung in der Modellregion Oder-Spree kommt vor allem den Bewohnern der Region zugute.
- OS Leitsatz 3 Die Landnutzung leistet ihren Beitrag zur Stabilisierung des Lebens im ländlichen Raum.

Von hoher Relevanz für die Akteure ist zudem, eine Vielfalt der Betriebs- und Eigentumsstrukturen zu erhalten sowie ein Miteinander der verschiedenen Landnutzungsgruppen zu gewährleisten, wobei dieses neben den betrachteten Sektoren auch die Bürger und die Gesellschaft mit einschließt.

Abschließend zeigt die vergleichende Analyse, dass bei allen regionalen Besonderheiten und Akzentuierungen auch Leitbildvorstellungen und eine Vielzahl von Leitsätzen entwickelt wurden, die über alle Modellregionen trotz unterschiedlicher Schlüsselthemen und regionaler Landnutzungsinteressen ähnlich sind und somit auch überregional von Bedeutung sein können.

7.4.3.2 Ausprägung der Indikatorensysteme

Beiträge von: allen Teilvorhaben

Die bewerteten Zustände des Indikatorensystems (vgl. Kap. 6.2) lassen bereits zum Status quo (1991-2010) zum Teil deutliche Unterschiede hinsichtlich des Zielerreichungsgrades der betrachteten Kriterien zwischen den Modellregionen erkennen. Unterschiede zwischen den Modellregionen sind z. B. bei den Kriterien „Produktivität“, „Beschäftigung“ und „Wertschöpfung“ vorhanden. Hier liegen die Werte

der westlichen Modellregionen Diepholz und Uelzen über denen der östlichen Modellregionen Fläming und Oder-Spree (s. Abb. 233). Bei den anderen Kriterien ist ein solchermaßen ausgeprägter West-Ost-Gradient nicht so auffällig bzw. nicht vorhanden.

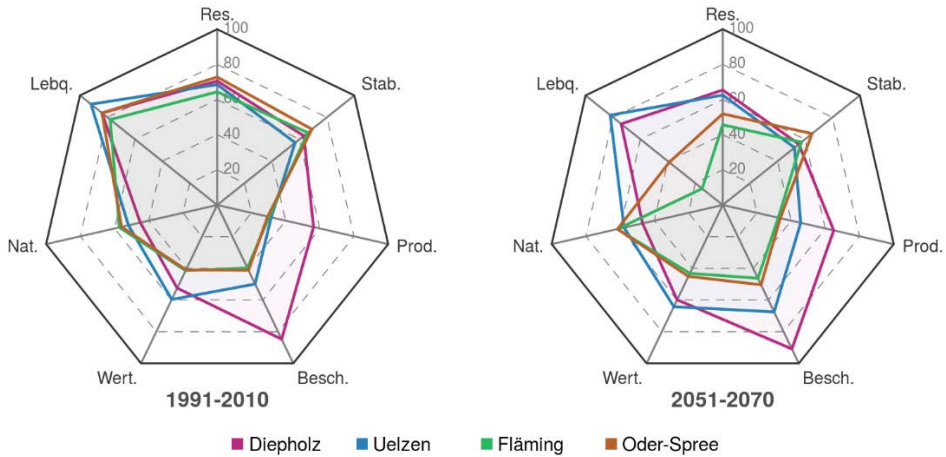


Abbildung 233: Status quo (links) und Veränderungen der Kriterien in den Modellregionen bis zur Periode 2051-2070 (rechts) bei einer Landnutzung gemäß des Referenzpfades (Kriterien im Uhrzeigersinn: Ressourcen (Res.), Stabilität (Stab.), Produktivität (Prod.), Beschäftigung (Besch.), Wertschöpfung (Wert.), Naturschutz (Nat.) und Lebensqualität (Lebq.); Herleitung der Kriterien s. Kap. 6.2

Betrachtet man die Ergebnisse zur zukünftigen Entwicklung unter Fortschreibung der bisher üblichen land- und forstwirtschaftlichen Bewirtschaftungsweisen (*Referenzpfad*), so verstärkt sich der oben beschriebene West-Ost-Gradient: Zum Ende des Betrachtungszeitraums wird besonders in den östlichen Modellregionen für das Kriterium „Lebensqualität“ ein deutlicher Rückgang projiziert. Dies gilt in abgeschwächter Form auch für das Kriterium „Ressourcen“. Die Werte der Kriterien „Stabilität“ und „Naturschutz“ zeigen keine deutlichen Veränderungen.

Eine Bewirtschaftung der land- und forstwirtschaftlichen Flächen nach den Vorgaben des *Biodiversitätspfades* ändert diese Entwicklungen dahingehend, dass sich die Werte für die Kriterien „Produktivität“, „Beschäftigung“ und „Wertschöpfung“ in den Modellregionen mäßig bis deutlich verringern. Dafür sind Zugewinne bei den Kriterien „Stabilität“ und – erwartungsgemäß deutlich – „Naturschutz“ zu verzeichnen (s. Abb. 234). Den Rückgang des Kriteriums „Ressourcen“ vermag eine Landnutzung entlang des Entwicklungspfades Biodiversität zwar etwas zu dämpfen, aufheben kann sie ihn jedoch nach den Simulationsergebnissen nicht.

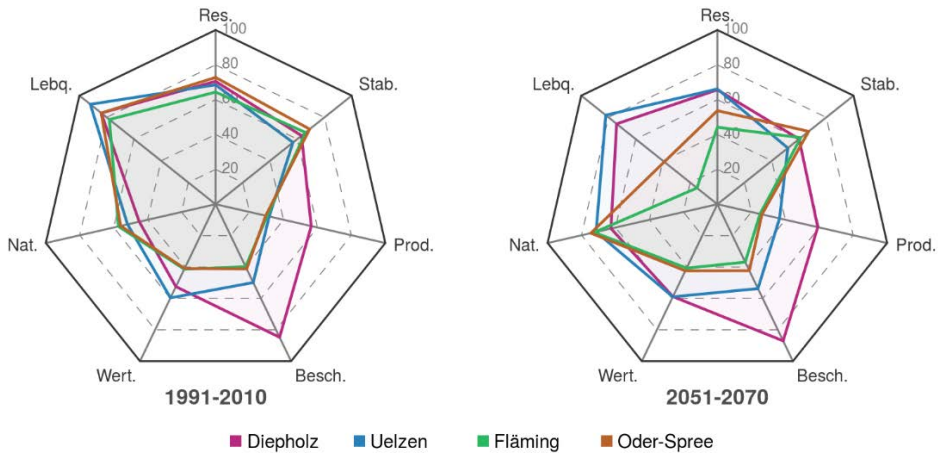


Abbildung 234: Status quo (links) und Veränderungen der Kriterien in den Modellregionen bis zur Periode 2051-2070 (rechts) bei einer Landnutzung gemäß des Biodiversitätspfades (Erläuterung der Abkürzungen in Abb. 233)

Im Klimaschutzpfad zeigt das Kriterium „Stabilität“ überraschenderweise kaum nennenswerte Veränderungen (s. Abb. 235). Eine Ursache hierfür dürfte sein, dass die im Klimaschutzpfad initiierten (langfristigen) Entwicklungen innerhalb der 60-jährigen Betrachtungsperiode noch nicht volle Wirkung zeigen können. Deutlichere Verbesserungen sind im Bereich „Produktivität“ und „Beschäftigung“, insbesondere in den Regionen Diepholz und Uelzen sowie in stark abgeschwächter Form in Oder-Spree erkennbar. Die Werte der Modellregionen für das Kriterium „Naturschutz“ verändern sich nur marginal (Ausnahme die Modellregion Diepholz).

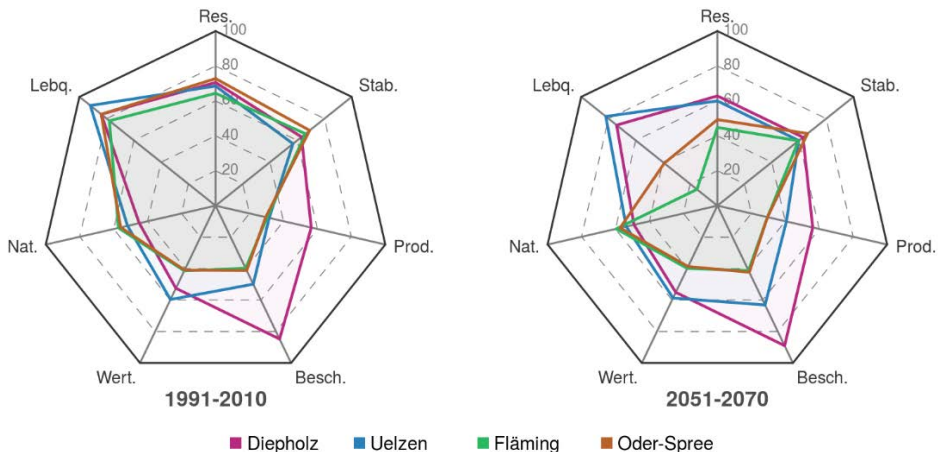


Abbildung 235: Status quo (links) und Veränderungen der Kriterien in den Modellregionen bis zur Periode 2051-2070 (rechts) bei einer Landnutzung gemäß des Klimaschutzpfades (Erläuterung der Abkürzungen in Abb. 233)

Der in allen Entwicklungspfaden zu erkennende Rückgang des Kriteriums „Ressourcen“ ist im Klimaschutzpfad am deutlichsten ausgeprägt. Dies ist durch einen forcierten Waldumbau und damit einhergehend leichte Minderungen des durchschnittlichen Holzvorrates in den Waldbeständen zu erklären

Die Auswirkungen der unterschiedlichen Entwicklungspfade auf die Ausprägungen der einzelnen Kriterien werden besonders deutlich, wenn man für die einzelnen Modellregionen die bewerteten „Endzustände“ in der Periode 2051-2070 mit den Startwerten der Periode 1991-2010 vergleicht (s. Abb. 236). Es wird deutlich, dass die Entwicklungspfade keinen Einfluss auf das hier ausschließlich klimabeeinflusste Kriterium „Lebensqualität“ haben. Allerdings sind die östlichen Modellregionen durch die enge Koppelung von Klima und Lebensqualität erwartungsgemäß stärker beeinträchtigt als die westlichen Modellregionen.

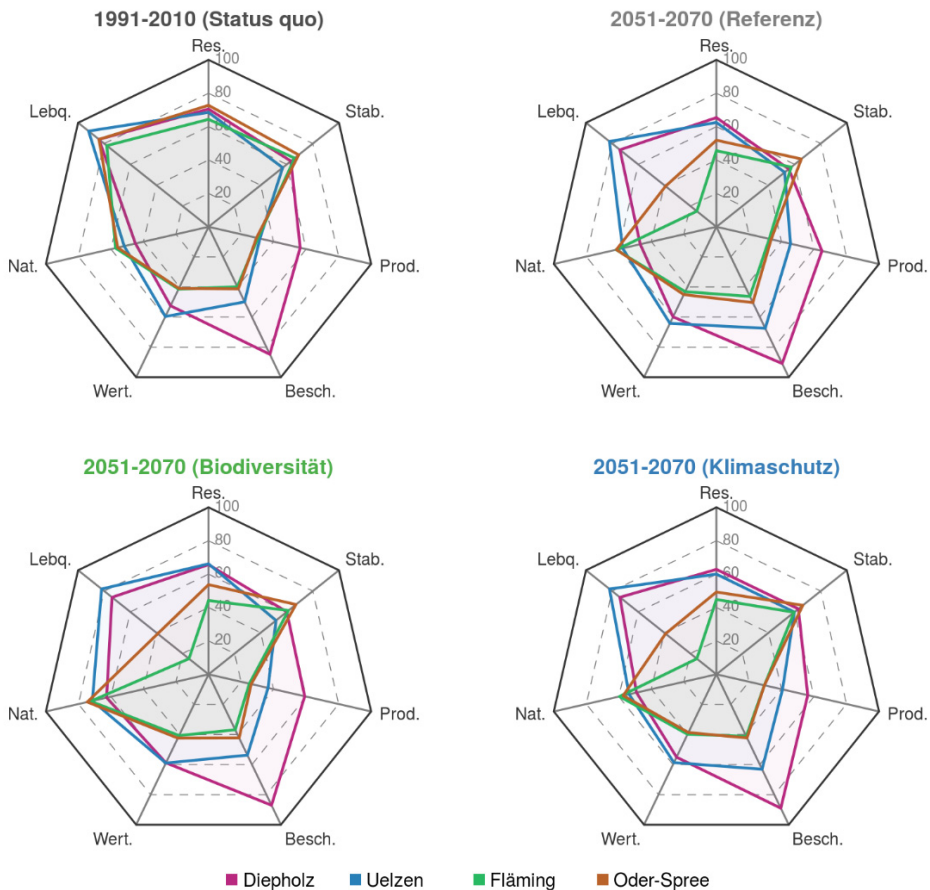


Abbildung 236: Veränderungen der Kriterien in den Modellregionen vom Status quo (1991-2010) bis zur Periode 2051-2070 (Erläuterung der Abkürzungen in Abb. 233)

Die Umsetzung des Biodiversitätspfades führt im Vergleich zur Referenzbewirtschaftung in allen Modellregionen einerseits zu einer geringeren Ausprägung der ökonomischen Kriterien, andererseits aber auch zu besseren Werten bei den Kriterien „Naturschutz“ und „Ressourcen“. Eine Umsetzung des Klimaschutzpfades führt dagegen in den Sektoren Land- und Forstwirtschaft zu keinen Einbußen bei den ökonomischen Kriterien. Der Wert dieser Kriterien verändert sich in den Modellregionen nur unwesentlich.

7.4.4 *Stadt-Land-Vergleich*

Beitrag von: S1

Die große Bedeutung der Stadt-Umland-Beziehungen fand bereits bei der Auswahl der Modellregionen im Norddeutschen Tiefland Beachtung. So wurden die Modellregionen so gewählt, dass sie nicht nur auf einem klimatischen und naturräumlichen Gradienten liegen, sondern ebenso einen strukturellen, wirtschaftlichen und auch demografische Gradienten abbilden. Die Stadt-Umland-Beziehung wurde ebenfalls im Rahmen der ökonomischen Bewertung nicht-marktlicher Ökosystemleistungen bei der Schätzung der Nachfragefunktionen untersucht. Zu Beginn der Untersuchungen stand hierbei die Annahme, dass die vom Umland bereitgestellten Ökosystemleistungen auch in den Städten Nutzen stiften, es also sogenannte räumliche *Nutzen-Spillover* gibt. Stadt- und Landbewohner dürften zumindest partiell unterschiedliche Nutzungserwartungen an den ländlichen Raum haben. Die zugrundeliegende Hypothese: Stadtbewohner interessiert eher die Erholung und der Naturschutz, die Bewohner ländlicher Räume dagegen eher die Nutzung des Raumes zur Einkommenserzielung z. B. durch Nutzung für regenerative Energien. Dies dürfte sich auch in einer unterschiedlichen Bewertung der Ökosystemleistungen bzw. von Änderungen der Landnutzung im ländlichen Raum niederschlagen⁹.

Im Mittelpunkt der Untersuchungen zum Stadt-Land-Vergleich stand eine deutschlandweite Befragung mittels eines sogenannten Choice-Experiments. Um bei der ökonomischen Bewertung mittels eines Choice-Experimentes die Stadt-Land-Beziehungen zu berücksichtigen, wurden durch die Ziehung von Zufallsstichproben in den Modellregionen sowohl Personen aus den Städten der Modellregionen als auch aus den ländlichen Räumen befragt. Durch die Berücksichtigung der Eigenschaft der befragten Personen bzw. Haushalte – Stadtbewohner: ja/nein – in der ökonometrischen Auswertung wurde untersucht, ob die Ökosystemleistungen von den Bewohnern von Städten bzw. den Großstädten anders bewertet werden als von Bewohnern aus ländlichen Räumen.

Da ein zentraler Aspekt bei einer Befragung mittels Choice-Experiments die Auswahl geeigneter Attribute (KLØJGAARD et al. 2012, COAST u. HORROCKS 2007,

⁹ So konnten BERGMANN et al. (2008) Unterschiede in der Bewertung hinsichtlich der Nutzung des ländlichen Raumes für die Gewinnung regenerativer Energien aufzeigen.

COAST et al. 2012) ist, wurde zur Festlegung der Attribute neben einer Literaturlauswertung zu Landnutzungsinteressen bzw. -konflikten die Ergebnisse der Akteursanalyse (Leitbildprozess) des Teilvorhabens S3 verwendet. Letztendlich erfolgte die finale Auswahl der Attribute und deren Ausprägungen in einer Fokusgruppe (n = 15) in der Region Uelzen.

Die Befragung wurde im März und April 2013 durchgeführt. Die Befragten wurden mittels Zufallsstichprobe durch ein Umfrageinstitut rekrutiert. Dabei wurden Aspekte wie Alter, Geschlecht und Bundesland berücksichtigt. Die Befragung startete mit sogenannten „Warm-up-Fragen“ zum Status quo der Landnutzung in einem 15 km-Umkreis um den Haushalt der Befragten. Anschließend wurden die Befragten zufällig auf eine der insgesamt sechs Untersuchungsgruppen verteilt und es wurde den Befragten die jeweiligen Attribute des Choice-Experimentes vorgestellt (s. Tab. 36). Diesbezüglich wurden die Befragten auch nach dem jeweiligen Status quo der Attribute in einem 15 km-Umkreis um ihren Wohnort befragt (5-Punkte-Skala). Im eigentlichen Choice-Experiment wurden die Befragten mit insgesamt neun Choice Sets konfrontiert. Der Fragebogen enthielt weiterhin verschiedene Einstellungsfragen zu Aspekten der Land- und Forstwirtschaft, Fragen zu ihrem sozioökonomischen Hintergrund und ihrem Wohnort, der mittels einer Georeferenzierung erfasst wurde und eine spätere Einbindung geocodierter Daten zur Landnutzung etc. ermöglichte.

Tabelle 36: Attribute des Choice-Experimentes und deren Verteilung über die sechs Sample

Attributtyp	Wald I	Wald II	Agrar I	Agrar II	Landschaft I	Landschaft II
fix	Waldanteil Schlaggröße Jährlicher Beitrag zu einem Fond					
flexibel	Wald Unterwuchs	Biodiversität im Wald	High Nature Value	Biodiversität in der Agrarlandschaft	Wasserqualität	Biodiversität in der Gesamtlandschaft
	Nadelbäume	Wald-Stilllegung	Hecken	Maisanteil	Grünlandanteil	Streuobstwiesen
	Alter Wald	Invasive Baumarten	Flächenversiegelung	Grünlandanteil	Laubbäume	Tiere auf der Weide

Die insgesamt sechs Untersuchungsgruppen wurden verschiedenen Landschaftstypen zugeordnet. Die ersten beiden bezogen sich dabei auf Wälder, das Sample 3 und 4 auf die Landwirtschaft und die letzten beiden Sample auf eher generelle Landschaftstypen und diesbezügliche Attribute (s. Tab. 36). Die verschiedenen Sample

weisen dabei zwei gemeinsame „fixe“ Attribute (Waldanteil, Schlaggröße) auf und unterscheiden sich bezüglich verschiedener „flexibler“ Attribute (u. a. Biodiversität im Wald, Biodiversität in der Agrarlandschaft, Hecken, Maisanteil)¹⁰. Zusätzlich enthält jedes Sample noch das sogenannte Preisattribut, was in dieser Untersuchung der jährliche Beitrag zu einem Naturschutzfond war. Insgesamt konnten 18 verschiedene Schätzungen der marginalen Zahlungsbereitschaft der Befragten für verschiedene Landnutzungsänderungen ermittelt werden. Tabelle 36 stellt die Attribute der Befragung mittels Choice-Experiment in Abhängigkeit von der Untersuchungsgruppe dar.

Insgesamt wurden 8.219 Personen bzw. Haushalte befragt, welche vergleichsweise gleichmäßig über die verschiedenen Untersuchungsgruppen verteilt sind. Auch unterscheiden sich die Untersuchungsgruppen kaum bezüglich des sozioökonomischen Hintergrunds der Befragten. Insgesamt leben 38-40 % der Befragten in urbanen Gebieten.

Die Befragten bevorzugen eine Erhöhung des Waldanteils im unmittelbaren Wohnumfeld (15 km-Umkreis) und sprechen sich gegen eine Verringerung des Waldanteils aus. Für die Schlaggröße kann festgestellt werden, dass die Befragten sich sowohl gegen eine Erhöhung als auch eine Verringerung der Schlaggröße aussprechen, also demnach den Status quo bevorzugen. Die hohen Standardabweichungen für die beiden Attribute lassen vermuten, dass die Präferenzen der Befragten sehr heterogen verteilt sind. Die Befragten sprechen sich insbesondere gegen eine Erhöhung des Unterwuchses im Wald sowie gegen eine Erhöhung des Anteils an Nadelwäldern aus. Zudem bevorzugen die Befragten höhere Biodiversität im Wald, sind für eine Ausweitung der Stilllegungsfläche im Wald und wollen den Anteil von invasiven Arten nicht erhöhen. Für die Landwirtschaft kann festgestellt werden, dass die Befragten die Erhöhung der Biodiversität auf landwirtschaftlichen Flächen bevorzugen und sich deutlich gegen eine weitere Erhöhung des Maisanteils in der Landschaft aussprechen. Überraschenderweise wird auch eine Erhöhung des Grünlandanteils als negativ bewertet. Die letzten beiden Untersuchungsgruppen zielen auf die Bewertung eher allgemeiner Landschaftsaspekte ab. Hier bewerten die Befragten eine Verbesserung der Wasserqualität als positiv. Auch hier deuten die hohen Standardabweichungen bei den Attributen zum Grünland- und Laubbaumanteil auf starke Präferenzheterogenität unter den Befragten hin. Wie auch in den Untersuchungsgruppen zuvor, sprechen sich die Befragten hier ebenfalls für eine Erhöhung der Biodiversität aus. Zudem sprechen sich die Befragten für eine Erhöhung des Anteils an Streuobstwiesen aus und zeigen starke Präferenzen für eine Erhöhung der Tiere auf der Weide. Diese Ergebnisse werden durch die Untersuchung von GRAMMATIKOPOULOVA et al. (2012) bestätigt und wurden auch so in der zuvor durchgeführten Fokusgruppe geäußert.

¹⁰ Für eine detaillierte Beschreibung der Attribute und Level siehe Schlussbericht des Teilprojektes S1.

Bezogen auf die Präferenzunterschiede zwischen den Befragten, die in einer Stadt wohnen, und der ländlichen Bevölkerung zeigen die Regressionsanalysen, dass von den 60 Interaktionen zwischen den Attributen und Ausprägungen und der Zugehörigkeit zur Stadt-Gruppe nur insgesamt sechs Interaktionen signifikant sind. Präferenzunterschiede zwischen Stadt- und Landbevölkerung konnten regressionsanalytisch nur für diese sechs Interaktionen nachgewiesen werden. Die Präferenzen unterscheiden sich also nur in wenigen Aspekten der Landnutzung. Im Gegensatz zur ländlichen Bevölkerung hat die urbane Bevölkerung in der vorliegenden Untersuchung eine noch stärkere Präferenz für eine Ausweitung der Waldfläche (Aufforstung). Konkret wird diesbezüglich eine Erhöhung um 10 % genannt. Im Bereich der Landwirtschaft sprechen sich die Befragten aus urbanen Gebieten für eine deutliche Verringerung der Schlaggröße aus (Halbierung). Im Gegensatz zur ländlichen Bevölkerung bestehen bei der urbanen Bevölkerung noch stärkere Präferenzen für eine Erhöhung der Biodiversität in den Untersuchungsregionen. Auch spricht sich die urbane Bevölkerung noch stärker für eine Erhöhung des Anteils an Laubbäumen im Bereich der Waldbewirtschaftung aus. Außerdem konnten starke Präferenzen der urbanen Bevölkerung für eine Erhöhung des Anteils an Streuobstwiesen identifiziert werden. Zudem kann festgestellt werden, dass, im Gegensatz zur ländlichen Bevölkerung, die urbane Bevölkerung eine starke Präferenz für eine Änderung der momentanen Landnutzung in den Untersuchungsregionen, also gegen den Status quo, zeigt.

Zusammenfassend kann somit festgestellt werden, dass die urbane Bevölkerung im Gegensatz zur ländlichen Bevölkerung eine stärkere Präferenz für den Biodiversitätsschutz, eine naturnahe Waldbewirtschaftung und eine ökologischere Landnutzung zeigt. Dies könnte ein Hinweis dafür sein, dass für die urbane Bevölkerung – im Gegensatz zur ländlichen Bevölkerung – noch stärker der ökologische Wert und der Erholungswert der Landschaften im Untersuchungsgebiet im Vordergrund steht und Aspekte wie die Wettbewerbsfähigkeit der Sektoren Land- und Forstwirtschaft eher eine untergeordnete Rolle spielen. Gleichzeitig wird hierdurch die hohe Bedeutung der Untersuchungsregionen als Erholungsraum für die städtische Bevölkerung unterstrichen. Um diese Bedeutung weiter zu stärken und ggf. zusätzlich Einkommensquellen in diesem Bereich zu erschließen, sollten bei der Entwicklung von Leitbildern in den Untersuchungsregionen ggf. zukünftig Aspekte wie Biodiversitätsschutz, naturnahe Waldbewirtschaftung und Extensivierung der Landnutzung eine größere Rolle spielen.

8 Schlussfolgerung und Ausblick

8.1 Nachhaltiges Landmanagement – Handlungsoptionen

Beitrag von: Ko

Nachhaltiges Landmanagement ist eine anspruchsvolle Aufgabe, deren Erfüllung unverzichtbar ist, um den Generationenvertrag in den land- und forstwirtschaftlichen Betrieben langfristig zu wahren, vielfältige ökonomische und ökologische Leistungen zu erbringen, der Flächenbedeutung der Landnutzungsformen für die Gesellschaft gerecht zu werden und den ländlichen Raum zu stärken. Es setzt einen planmäßigen Umgang der Landnutzer mit knappen Ressourcen voraus und muss sich den ökologischen, ökonomischen und sozioökonomischen Herausforderungen von heute und morgen stellen. Die wichtigsten Treiber sind der Klimawandel, die Globalisierung der Märkte und der gesellschaftliche Wandel mit ihren Wechselwirkungen. Vor allem der Klimawandel wird sich gravierend auf die Landnutzung auswirken. Er vollzieht sich nicht von heute auf morgen, sondern allmählich in Dekaden, sodass Zeit bleibt, die notwendigen Maßnahmen für den Klimaschutz und die Klimaanpassung einzuleiten. Diese Zeit muss aber auch genutzt werden.

Die Auswirkungen des Klimawandels werden im Norddeutschen Tiefland regional unterschiedlich ausfallen. Es zeichnet sich ein West-Ost-Gradient zunehmender Beeinträchtigung ab. Insgesamt wird es im Norddeutschen Tiefland bis zum Jahr 2070 deutlich wärmer und dies stärker in den Winter- als in den Sommermonaten. Dabei weisen die Klimaprojektionen für die östlichen Regionen auf eine Erhöhung der Durchschnittstemperatur um mehr als 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter hin. Sie liegen damit über dem international politisch angestrebten Grenzwert. Außerdem werden die Sommer trockener, die Winter feuchter und die Vegetationszeiten verlängern sich. Hierdurch verändern sich die Produktionsgrundlagen, die Produktionsrisiken und die Ertragsaussichten der land- und forstwirtschaftlichen Betriebe. Um diese auch in ihrer zeitlichen Dynamik zu analysieren – soweit dies aus heutiger Perspektive und nach dem Stand des Wissens möglich ist – hat das Forschungsvorhaben NaLaMa-nT verschiedene Zeitscheiben zwischen 2010 und 2070 betrachtet, Handlungsoptionen in Entwicklungspfaden zusammengefasst (Referenz-, Biodiversitäts- und Klimaschutzpfad; vgl. Kapitel 4.3) und deren Auswirkungen im Zusammenspiel mit verschiedenen Marktszenarien und Klimaprojektionen hinsichtlich ihrer Implikationen untersucht.

Im Folgenden werden synoptisch Handlungsalternativen für die wirkungsseitig eng miteinander verknüpften Bereiche Wasserwirtschaft, Landwirtschaft und Forstwirtschaft dargestellt.

8.1.1 Handlungsoptionen der Wassernwirtschaft

Beiträge von: W1a, W1b, F1, Ko

Der Landschaftswasserhaushalt wird von den klimatischen Bedingungen, den Bodenverhältnissen und der Gestaltung der Landnutzung geprägt. Die mit verschiedenen Modellsystemen durchgeführten Zustands- und Veränderungsanalysen weisen darauf hin, dass Wasser in der Vegetationszeit künftig knapper sein wird. Die Grundwasserneubildung nimmt überwiegend moderat ab und der Trockenstress nimmt zu. Damit steigt der Bewässerungswasserbedarf für landwirtschaftliche Kulturen. Bezogen auf den Stoffhaushalt bleibt die Stickstoff-Eutrophierung ein wesentliches Problem. Sie entstammt überwiegend der agrarischen Landnutzung, aber auch unter Wald zeichnet sich, getrieben durch die Verringerung der Sickerwassermengen, der Bestandesvorräte, der Zuwachsleistungen und einem mit den steigenden Temperaturen zunehmenden Humusabbau, eine Erhöhung der heute geringen Nitratkonzentrationen ab.

Bezogen auf die ökologischen Indikatoren des Wasser- und Stoffhaushalts haben die verschiedenen Entwicklungspfade nur zu relativ geringen Unterschieden geführt. Im forstlichen Sektor reduziert der Klimaschutzpfad durch seinen gesteigerten Biomasseabbau das Trockenstressrisiko, dies wirkt sich jedoch erst nach 2070 verstärkt aus. Der Biodiversitätspfad scheint im Vergleich zu den beiden anderen Entwicklungspfaden vorteilhafter für die Humusstabilisierung zu sein, da bei ihm die Streueinträge kontinuierlich hoch sind. In der Landwirtschaft steigt der Bewässerungsbedarf gemäß den Modellrechnungen in allen Regionen. Die Pfade Biodiversität und Klimaschutz weisen im Vergleich mit dem Referenzpfad einen geringeren Anstieg auf. In diesen Entwicklungspfaden sind ebenfalls die Nitratausträge ungefähr proportional zu den nicht gedüngten Flächenanteilen (10 % ökologische Vorrangflächen bzw. 20 % Ackerflächen mit Leguminosenanbau und Umwandlung von Ackerflächen in extensives Grünland) reduziert.

Bezogen auf den Wasserhaushalt lässt sich aus den Untersuchungsergebnissen die Empfehlung ableiten, die Bewässerungsstrategien neu auszurichten. Für einige der westlichen Regionen des Norddeutschen Tieflandes bedeutet dies, dass Alternativen zur Grundwasserentnahme gefunden werden müssen, um den steigenden Beregnungswasserbedarf zu decken. Andernfalls würde man gegen die Vorgaben der europäischen Wasserrahmenrichtlinie verstoßen. In Uelzen wird diesbezüglich der Bau von weiteren Wasserrückhaltebecken ebenso diskutiert wie die Zuführung bzw. Versickerung von Wasser aus der Elbe oder der Waldbau zur Erhöhung der Grundwasserneubildung. In den ostdeutschen Regionen mit ihren zurzeit schon relativ geringen Jahresniederschlägen wird sich die Wasserversorgung für anspruchsvollere landwirtschaftliche Kulturen weiter verschärfen. Hier muss das früher bestehende Beregnungssystem wieder aufgebaut und zugleich die Wasserableitung im Fall von Hochwässern an den Flüssen gesichert werden. Beides erfordert erhebliche Investitionen, die durch Förderprogramme unterstützt werden sollten. Der Waldbau muss sich an der Vermeidung von Trockenstress ausrichten.

Bezogen auf den Stoffhaushalt sollte zwingend die Stickstoffeffizienz der Düngung verbessert werden. Dadurch würden sich nicht nur die Stickstoffüberschüsse der Landwirtschaft reduzieren, sondern auch die Nitratfrachten ins Grundwasser und in die Fließgewässer. Außerdem würden sich die Stickstoffemissionen verringern, was zugleich einen wirksamen Beitrag zum Klimaschutz darstellen würde. Die Pläne zur Novellierung der Düngeverordnung weisen diesbezüglich in die richtige Richtung. Weitere Maßnahmen sind bessere Düngungstechniken, ein differenzierter Moorschutz, der Erhalt von Dauergrünland und die Beschränkung der Bioenergieförderung auf sinnvolle Energielinien (WEINGARTEN et al. 2016). Bei den waldbaulichen Konzepten sollte verstärkt darauf geachtet werden, eine Mobilisierung organischer Substanzen aus den Humusvorräten zu vermeiden.

8.1.2 Handlungsoptionen der Forstwirtschaft

Beiträge von: Ko, F4, F6

Die Forstwirtschaft ist aufgrund ihrer langen Produktionszeiträume und starken Bindung an die Standortverhältnisse in besonderem Maße von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen. In Verbindung mit der nur moderaten waldbaulichen Steuerung natürlicher Prozesse und dem langsamen genetischen Fortschritt vollziehen sich die Anpassungsmaßnahmen daher nur allmählich. Die erwarteten Temperaturerhöhungen, veränderten Niederschlagsverteilungen und häufigeren Witterungsextreme werden in Zukunft das Schädlings- und Störungsregime, die Struktur der Wälder sowie die Ertragsaussichten der Forstbetriebe wesentlich verändern (SPELLMANN et al. 2011, HANEWINKEL et al. 2013). Gleichzeitig setzen die jeweiligen Ausgangssituationen vor Ort enge Grenzen, um auf die Veränderungen der Umwelt schnell reagieren zu können. Insofern muss sich die Forstwirtschaft strategisch neu ausrichten und dabei die Adaptation der Wälder an den Klimawandel stets im Blick haben.

Die drei im Projekt simulierten Entwicklungspfade Referenz, Klimaschutz und Biodiversität, deren Vorteilhaftigkeit erst durch die Indikatoren und ihre Bewertung deutlich wird, spannen einen breiten Handlungsraum auf. Der Biodiversitätspfad ist im Vergleich zum Referenzpfad durch mehr Wälder mit natürlicher Entwicklung, eine reduzierte Nutzung, einen erhöhten Altholzanteil und einen langsameren Baumartenwechsel gekennzeichnet. Zudem sind die Wertschöpfung und das Arbeitsvolumen vermindert. Dies würde langfristig viele Forstbetriebe ohne eine finanzielle Unterstützung durch die öffentliche Hand vor existenzielle Probleme stellen. Beim Klimaschutzpfad erfolgt gegenüber der Referenz eine intensivere Nutzung, eine Verminderung der Altholzanteile und ein aktiver Umbau in Richtung produktiverer Nadelbaumarten (z. B. Douglasie mit beigemischter Buche). Dies würde zu einer höheren CO₂-Bindung im Wald und im Produktspeicher bei gleichzeitiger Erhöhung der Wertschöpfung und einem gesteigertem Arbeitsvolumen führen.

Der Vergleich der vier Modellregionen unterstreicht die Forderung nach standörtlich differenzierten Anpassungskonzepten für die Wälder im Norddeutschen Tiefland. Angesichts der Langfristigkeit der forstlichen Produktion und der Unsicherheiten der Klimaprojektionen verbietet sich jegliche Form von Aktionismus (SPELLMANN et al. 2011). Ein adaptives Management vermeidet grobe Fehler und nutzt den Erkenntnisfortschritt der Klimafolgenforschung. Es berücksichtigt bestehende und sich ggf. weiter verschärfende Risikofaktoren ebenso wie neu entstehende Bedrohungen (GADOW 2000, BUONGIORNO u. ZHOU 2015). Die Anpassung sollte nach BOLTE et al. (2011) flexibel mit Hilfe einer Mischung von Maßnahmen geschehen, die aktiv fördern, passiv dulden oder aktiv Gegenmaßnahmen einleiten. Unter aktiver Förderung werden dabei u. a. angepasste, die vorhandenen Bestände stabilisierende Pflegekonzepte und ein zielgerichteter Waldumbau verstanden. Passive Duldung umfasst z. B. die Erhaltung und Förderung standortsgemäßer Naturverjüngung, während ein Baumartenwechsel bei nicht standortsgemäßer Verjüngung als aktive Gegenmaßnahme gesehen wird. Nach SPELLMANN (2010) sollten folgende Prioritäten gelten:

1. **Priorität:** Stabilisierung der vorhandenen Wälder durch Förderung der Einzelbaumvitalität und -stabilität, den Erhalt und die begünstigende Pflege standortsgemäßer Mischbaumarten sowie eine Verkürzung der Produktionszeiten und Gefährdungszeiträume durch gestaffelte Durchforstungen (zunächst stark, dann mäßig und schließlich schwach).
2. **Priorität:** Senkung bzw. Verteilung der Risiken durch die Förderung standortsgemäßer Naturverjüngung, eine ausreichende Anzahl Zukunftsbäume (gut veranlagte Endbestandsanwärter) mit Reserven für Ausfälle sowie soziales und qualitatives Umsetzen, angepasste Vorratshöhen, eine differenzierte Zielstärkennutzung und einen konsequenten Waldschutz inklusive angepasster Wildbestände.
3. **Priorität:** Standortsgemäßer Waldumbau mit Baumarten, deren Ansprüche an die Wasser- und Nährstoffversorgung auch künftig gedeckt sind. Es empfiehlt sich schon heute, nicht standortsgemäße Naturverjüngung zu entfernen, künftig nicht standortsgemäße Naturverjüngung mit trockenstresstoleranteren Baumarten zu überpflanzen, Störungslöcher für die Einbringung von Mischbaumarten zu nutzen, Pionierbaumarten in die Verjüngungsmaßnahmen einzu beziehen, anbauwürdige, eingeführte Baumarten (Douglasie, Küstentanne, Japan. Lärche, Roteiche) in die Waldbaukonzepte zu integrieren (vgl. VOR et al. 2015) und den Anbau von Baumarten in ihrem standörtlich/klimatischen Grenzbereich zu vermeiden.

Die Anpassung der Wälder an den Klimawandel erfordert insbesondere eine bessere Beratung und Betreuung der kleineren und mittleren Privat- und Kommunalwaldbetriebe und zudem bessere Fördermöglichkeiten im Bereich der Forstwirtschaft. Der Waldklimafonds bietet diesbezüglich große Chancen, den Umfang und die Wirksamkeit freiwilliger Anpassungsmaßnahmen zu erhöhen.

8.1.3 *Handlungsoptionen der Landwirtschaft*

Beiträge von: L3, L7, L2b, Ko

Der Klimawandel wird die Landwirtschaft im Norddeutschen Tiefland weit weniger treffen als andere Regionen Europas oder der Welt. Die überwiegend negativen Auswirkungen der globalen Agrarproduktion könnten bei insgesamt gleichbleibender bzw. steigender Nachfrage nach Agrarprodukten dazu führen, dass sich der Klimawandel für die deutsche Landwirtschaft im Ergebnis stärker in Form steigender Agrarpreise bemerkbar machen wird als in Gestalt ungünstigerer Ertragsbedingungen vor Ort (WBA 2010). Dies ist eine Bestätigung für die ertragsorientierte Landwirtschaft, wie sie im Rahmen des Projektes im Mittelpunkt stand. Die jährliche Disposition, die geringe Bindung an den Standort, die starke Steuerung der Produktionsprozesse sowie der schnelle technische und züchterische Fortschritt bieten der Landwirtschaft vielfältige Anpassungsmöglichkeiten an veränderte Klimabedingungen, Veränderungen des Schädlings- und Pathogenregimes sowie veränderte Preisrelationen (s. z. B. FIELD 2012, IPCC 2015).

Für die Landwirtschaft ist hinsichtlich der zukünftig zu erwartenden Erntemenge an Acker- und Grünlandprodukten der Referenzpfad führend, gefolgt vom Biodiversitätspfad. Am schlechtesten schneidet der Klimaschutzpfad ab. Im gesamten Betrachtungszeitraum wird es in allen vier Regionen sowohl beim Biodiversitäts- als auch in stärkerem Ausmaße beim Klimaschutzpfad zu Einkommensverlusten im Vergleich zum Referenzpfad kommen. Dabei zeigen die Modellierungen, dass beim Referenzpfad auch zukünftig die monetären Erträge (sog. Leistungen = Marktleistung + Förderprämie) in der Regel über den Kosten liegen werden, d. h. dass unter den getroffenen Grundannahmen in allen Regionen grundsätzlich weiterhin Landwirtschaft wirtschaftlich betrieben werden kann. Dabei schneiden die westlichen Regionen deutlich besser ab als die beiden östlichen. In Letzteren ist die Landwirtschaft auf marginalen Standorten ohne flächenbezogene Direktzahlungen weder heute noch in Zukunft kostendeckend. In der Modellregion Oder-Spree könnte die Höhe der derzeitigen Prämienzahlungen zukünftig sogar zeitweise für eine Kostendeckung nicht ausreichend sein.

Eine nachhaltige Landnutzung muss ihre Leistungen so erbringen, dass andere Ökosysteme nicht beeinträchtigt werden. Nach den Zustands- und Veränderungsanalysen ist dies in den Modellregionen nicht immer der Fall. So beeinträchtigen regional die Grundwasserentnahmen zur ertragssichernden Feldberegnung die Grundwasserkörper, die Stickstoffemissionen aus der Düngung und Tierhaltung

führen zu Nährstoffungleichgewichten und Florenverfälschung in Wäldern und die Nitratauswaschungen aus Ackerflächen beeinträchtigen die Qualität des Grundwassers und der Fließgewässer. Außerdem ist die Bodenfruchtbarkeit regional durch negative Humusbilanzen gefährdet. Die Wirksamkeit von Pflanzenschutzmaßnahmen hat eine Schlüsselrolle für die Produktivität und die Ökosysteme. Des Weiteren steht die Tierhaltung im Westen Niedersachsens in keinem ausgewogenen Verhältnis mehr zur Fläche der Betriebe, was die Versorgung mit Futter und die Entsorgung der Gülle angeht. Zudem schwindet das Lebensraumangebot für viele Offenlandarten immer mehr.

Diesen Beeinträchtigungen muss mit Gegenmaßnahmen begegnet werden, die sich vielfach schon durch angepasste Bewirtschaftungsintensitäten und produktionstechnische Verbesserungen (z. B. Entwicklung ressourceneffizienter Bewässerungstechnologien) erzielen lassen. Hinzu kommen Anpassungen des ordnungsrechtlichen Rahmens wie im Fall der Stickstoffdüngung, Information, Ausbildung und Beratung, Agrarumweltmaßnahmen und die Förderung investiver Maßnahmen.

8.2 Verstetigung der Ergebnisse

Beitrag von: Ko

Das Verbundprojekt hat gezeigt, dass die regionale Vielfalt der Problemlagen, Rahmenbedingungen und Interessenkonstellationen angepasste Konzepte unter Mitarbeit der Akteure vor Ort erfordern, um die erarbeiteten Wissens- und Entscheidungsgrundlagen mit den Interessen, Wertvorstellungen und Erfahrungen der Bevölkerung im ländlichen Raum und den Ansprüchen der Besucher aus dem städtischen Bereich zusammenzuführen. Dafür ist es essentiell, gemeinsame Schnittmengen zwischen Wissenschaftlern und regionalen Akteuren zu erarbeiten, Vertrauen für einen dauerhaften Austausch zu schaffen, frühzeitig Konfliktpotenziale aufzudecken und so die Akzeptanz von Projektarbeit und -empfehlungen unter den regionalen Akteuren zu sichern. Als Bezugsebene haben sich die Landkreise bewährt, weil sie Identität stiften, sich viele Informationen auf ihre Grenzen beziehen und die bestehenden Netzwerke den Wissenstransfer und die Öffentlichkeitsarbeit wirksam unterstützen.

Die im Verbundprojekt NaLaMa-nT gewonnenen Ergebnisse sind von erheblichem wissenschaftlichen und praktischen Nutzen, da mit ihnen die bestehenden Planungsgrundlagen und -werkzeuge weiterentwickelt und verbessert werden konnten. Sie ermöglichten es, klimasensitive Anpassungsstrategien aufzuzeigen, die sich u. a. auf die landwirtschaftlichen Kulturspektren und Produktionsverfahren, auf Managementsysteme der Tierhaltung sowie die Baumartenwahl und die zielgerichtete Waldentwicklung beziehen. Zugleich wurden die eigenen Kompetenzen der Projektpartner ausgebaut, deren wissenschaftliche Konkurrenzfähigkeit gestärkt und der Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und regionalen Akteuren ausgebaut.

Ein Teil der Ergebnisse des Projektes NaLaMa-nT wird bereits jetzt in nachfolgenden Forschungsvorhaben genutzt, so z. B. auf forstlicher Seite im Verbundprojekt „DSS RiskMan“ (Decision Support System – Risikomanagement: Entscheidungsunterstützung zur Verteilung und Begrenzung von Risiken für die Forstwirtschaft vor dem Hintergrund des Klimawandels) bzw. im Verbundprojekt WP-KS-KW (Veränderte Produktivität und Kohlenstoffspeicherung der Wälder Deutschlands angesichts des Klimawandels; Förderung beider Projekte durch BMEL/BMUB über den Waldklimafonds). Die im Rahmen des Vorhabens entwickelten landwirtschaftlichen Produktionsverfahren sowie das erstellte landwirtschaftliche Betriebsmodell der regionalen Landnutzung in den Modellregionen werden am Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) weiterentwickelt und für zukünftige Fragestellungen genutzt. Der Modellansatz wird bereits in einem neu begonnenen EU-Projekt in angepasster Form weitergeführt. Den Modellregionen stehen die im Projekt NaLaMa-nT erarbeiteten regionalen Leitbilder zur Verfügung. Sie können in geeigneter Form in die regionalen Planungsgremien und Pläne zur Entwicklung der Landkreise integriert werden.

Ein zentrales Ergebnis des Verbundprojektes ist der Katalog der transsektoralen, wissenschaftlich begründeten, funktionalen, aussagekräftigen und praktisch erprobten Kriterien und Indikatoren eines nachhaltigen Landmanagements. Mit ihnen lassen sich Zustände beschreiben, Veränderungen aufzeigen und Anpassungsstrategien ableiten. Sie ermöglichen es, Ziele und Leitbilder zu konkretisieren sowie Zielerreichungsgrade zu bestimmen. Insbesondere die 12 Schlüsselindikatoren sind ein guter „Fühler“ in der Fläche. Sie sollten in dieser oder einer ähnlichen Form politisch in ein Monitoringsystem implementiert werden, um die Nachhaltigkeit des Landmanagements sektoral und transsektoral zu überwachen. Zu ihrer „Bedienung“ liefern die forstlichen und landwirtschaftlichen Bodenzustandserhebungen, die Bundeswaldinventuren, die InVeKoS-Erhebungen sowie die Gewässermessnetze wertvolle Informationen. Sie müssen ggf. regional verdichtet werden und es sind, insbesondere im landwirtschaftlichen Bereich, in Bezug auf den Pflanzenschutz und den Naturschutz Ergänzungen notwendig.

8.3 Ausblick

Beitrag von: Ko

Das Hauptziel des Verbundprojektes war es, eine Wissens- und Entscheidungsgrundlage für ein nachhaltiges Landmanagement im Norddeutschen Tiefland unter heutigen und künftigen Rahmenbedingungen zu erarbeiten. Hierzu wurden die ökologischen Grundlagen, die Land- und Ressourcennutzung, die Risiken, die betriebliche und regionale Wertschöpfung und die Stadt-Land-Beziehungen analysiert. Modellgestützt wurden die Auswirkungen des Klimawandels und der Globalisierung der Märkte abgeschätzt, quantitative, transsektorale Indikatoren eines nachhaltigen Landmanagements identifiziert und partizipativ sektorale und regionale Leitbilder entwickelt. Dabei wurde ein Perspektivwechsel von einer disziplinären Orientierung hin zu einer integrierten Betrachtung komplexer sozial-ökologischer Systeme gewagt. Zusätzlich zur Generierung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse wurden im Regionalmanagement unterschiedliche wissenschaftliche Disziplinen zusammengeführt, sektorale Lösungsansätze integriert sowie Praxis- und Erfahrungswissen von nicht-wissenschaftlichen Akteuren einbezogen. Dieses Vorgehen hat sich bewährt und sollte in Institutionen verankert fortgesetzt werden. Als Partner bieten sich die Landkreise sowie die forstlichen und landwirtschaftlichen Ressortforschungseinrichtungen der Länder an. Angesichts des nachlassenden Verständnisses weiter Teile der Bevölkerung für die Landnutzung empfiehlt sich ein gemeinsames, proaktives Vorgehen der Landnutzer zur Implementierung und Sicherung eines ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltigen Landmanagements. Allerdings erfordern die notwendigen Anpassungsprozesse an die sich bereits heute deutlich abzeichnenden ökologischen und ökonomischen Veränderungen erhebliche Investitionen, die ohne Förderung durch die öffentliche Hand von vielen Betrieben finanziell nicht allein bewältigt werden können. Die Weiterentwicklung der politisch-institutionellen Rahmenbedingungen auf regionaler, nationaler und EU-Ebene und der jeweils entsprechenden förderrechtlichen Instrumente ist dazu ebenfalls notwendig wie die Stärkung der Information, Beratung, Ausbildung und Forschung.

Literatur

- ABER, J. D.; NADELHOFFER, K. J.; STEUDLER, P. A.; MELILLO, J. M. (1989): Nitrogen saturation in northern forest ecosystems. *BioScience*, 39, 378-386
- ADENÄUER, M. (2015): Mündliche Mitteilung; Universität Bonn.
- AG BODEN (2000): Methodendokumentation Bodenkunde. Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden. Geologisches Jahrbuch, Reihe G, Informationen aus den Bund-Länder-Arbeitsgruppen der staatlichen geologischen Dienste. – 2. überarb. Aufl., Schweizerbart, Stuttgart, 232 S.
- AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. verb. u. erw. Aufl., Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Hannover, 438 S.
- AG BODEN (2010): Neue Methoden und Aktualisierungen der Methodendokumentation Bodenkunde. <http://www.bgr.bund.de>
- ALBERT M.; HANSEN J.; NAGEL J.; SCHMIDT M.; SPELLMANN H. (2015): Assessing risks and uncertainties in forest dynamics under different management scenarios and climate change. *Forest Ecosystems* 2, 14 (doi: 10.1186/s40663-015-0036-5)
- ALBERT, M.; LEEFKEN, G.; NUSKE, R.; AHREND, B.; SUTMÖLLER, J.; SPELLMANN, H. (2016): Auswirkungen von klimatischer Unsicherheit auf die Forstplanung am Beispiel von vier Regionen im norddeutschen Tiefland. *AFJZ*, 187 Jg., 9/10, 161-185
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. (1998): Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper* 56. FAO, Rom. <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm>
- AMT FÜR STATISTIK BERLIN-BRANDENBURG (2010): Bevölkerungsprognose für das Land Brandenburg 2009-2030. Statistischer Bericht. www.statistik-berlin-brandenburg.de
- AMT FÜR STATISTIK BERLIN-BRANDENBURG (2011a): Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte und deren Pendlerverhalten nach Gemeinden im Land Brandenburg 30. Juni 2010. Statistischer Bericht
- AMT FÜR STATISTIK BERLIN-BRANDENBURG (2011b): Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung im Land Brandenburg. https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/Statistiken/statistik_SB.asp?Ptyp=700&Sageb=33000&creg=BBB&anzwer=10 (Zugriff am 07.10.2015)
- AÖW (ALLIANZ DER ÖFFENTLICHEN WASSERWIRTSCHAFT E.V.) (2013): Nutzungskonflikte im Grundwasser – Prioritäten beachten, Aöw-Positionspapier, April 2013
- ARBEITSAGENTUR (2011): http://www.pub.arbeitsagentur.de/hst/services/statistik/000000/html/start/karten/aloq_kreis_jahr.html (Zugriff am 08.12.2011)
- ARBEITSAGENTUR DESSAU (2011): <http://www.arbeitsagentur.de/Dienststellen/RDSAT/Dessau/AA/5-Presse/Presseinformationen/2011/056-2011-PI-AMR-06-2011-PDF.pdf>
- ARBEITSAGENTUR POTSDAM (2011): <http://www.arbeitsagentur.de/Dienststellen/RD-BB/Potsdam/AA/A01-Allgemein-Info/Publikation/pdf/Der-Potsdamer-Arbeitsmarkt-im-Juni-2011.pdf>
- ARBEITSAGENTUR WITTENBERG (2011): <http://www.arbeitsagentur.de/Dienststellen/RD-SAT/Wittenberg/AA/07-Zahlen-Daten-Fakten/Arbeitsmarktberichte/2011/AM-06-11.pdf>
- ARNOLD, J.; SRINIVASAN, R.; MUTTIAH, R.; WILLIAMS, J. (1998): Large area hydrologic modeling and assessment Part I: Model development, *J. Am. Water Resources Ass.* 34, 1, 73-89
- ARNOLD, J.G.; KINIRY, J.R.; SRINIVASAN, R.; WILLIAMS, J.R.; HANEY, E.; NEITSCH, S.L. (2011): Soil and Water Assessment Tool – Input/Output File Documentation – version 2009. <http://swatmodel.tamu.edu/> (Zugriff am 20.08.2014)
- BACH, M.; HILLEBRECHT, B.; HUNSAGER, E.; STEIN, M. (2014): Berechnung von Stickstoff-Flächenbilanzen für die Landwirtschaft in Deutschland mit Regionalgliederung Kreise und kreisfreie Städte. Jahre 2003 bis 2011. Abschlussbericht. Wettenberg, 2014

- BACHINGER, J.; ZANDER, P. (2007): ROTOR, a tool for generating and evaluating crop rotations for organic farming systems. *Europ. J. Agronomy* 26, 2, 130-143
- BARKMANN, T.; SIEBERT, R.; LANGE, A. (2017). Land-use experts' perception of regional climate change: an empirical analysis from the North German Plain. *Climatic Change* 144, 2, 287-301
- BATTERMANN H.W.; THEUVSEN, L. (2010): Feldberegnung in Nordost-Niedersachsen: Regionale Bedeutung und Auswirkungen differenzierter Wasserentnahmeerlaubnisse. Studie (2007-2009) im Auftrag des Fachverbandes Feldberegnung. Endbericht. <https://www.lwk-niedersachsen.de/download.cfm/file/12243.html>
- BAUERNZEITUNG (2007): Pflanzliche Produkte. Preise. Wöchentliche Veröffentlichungen
- BAUERNZEITUNG (2008): Pflanzliche Produkte. Preise. Wöchentliche Veröffentlichungen
- BAUERNZEITUNG (2009): Pflanzliche Produkte. Preise. Wöchentliche Veröffentlichungen
- BBR (BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG, Hrsg.) (2005): Genügend Raum für den Ausbau erneuerbarer Energien? BBR-Berichte KOMPAKT, 13
- BEIERLE, T.C. (2002): The Quality of Stakeholder-Based Decisions. *Risk Analysis* 22, 4 (August), 739-749. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12224747> (Zugriff am 23.10.2017)
- BERGER, G.; PFEFFER, H. (2011): Naturschutzbrachen im Ackerbau – Praxishandbuch für die Anlage und optimierte Bewirtschaftung kleinflächiger Lebensräume für die biologische Vielfalt. *Natur & Text, Rangsdorf*. 160 S.
- BERGER, G.; PFEFFER, H. (2014): Mündliche Mitteilung. Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.
- BERGMANN, A.; COLOMBO, S.; HANLEY, N. (2008): Rural versus Urban Preferences for Renewable Energy Developments. *Ecological Economics*, 65, 3, 616-625
- BERKES, F. (2009): Evolution of co-management: Role of knowledge generation, bridging organizations and social learning. *J. Environ. Manage.* 2009, 90, 1692-1702
- BGR (BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE) (2007): Ermittlung der bodenkundlichen Feuchtestufe, Verknüpfungsregel 4.14. Ad-hoc-AG Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der BGR
- BMEL (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT) (2014): Ländliche Entwicklung aktiv gestalten. Leitfaden, Berlin, 45 S.
- BMEL (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT) (2015a): Durchschnittliche Wochenarbeitszeiten und Bruttoverdienste der Arbeiter im Produzierenden Gewerbe. Statistik und Berichte des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft. Statistischer Monatsbericht. Preise und Löhne. <http://www.etracker.de/lncnt.php?et=dQsbmg&url=http://etracker.zadi.de/lncnt.php?et=W5E&url=http://berichte.bmelv-statistik.de/MBT-0305090-0000.xls>; <http://www.bmelv-statistik.de/de/statistischer-monatsbericht/c-preise-und-loehne/> (Zugriff am 25.02.2015)
- BMEL (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT) (2015b): Tarifliche Stundenlöhne in der Landwirtschaft. Statistik und Berichte des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft. Statistischer Monatsbericht. Preise und Löhne. <http://www.etracker.de/lncnt.php?et=dQsbmg&url=http://etracker.zadi.de/lncnt.php?et=W5E&url=http://berichte.bmelv-statistik.de/MBT-0305030-0000.xls>; <http://www.bmelv-statistik.de/de/statistischer-monatsbericht/c-preise-und-loehne/> (Zugriff am 25.02.2015)
- BMEL (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT) (2015c): Umsetzung der EU-Agrarreform in Deutschland. Broschüre, Berlin. 122 S.
- BMELV (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (2011): Nationaler Strategieplan der Bundesrepublik Deutschland für die Entwicklung ländlicher Räume 2007-2013, 75 S.

- BMELV (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (2012a): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV). In der am 01.06.2012 geltenden Fassung durch Artikel 5 Abs. 36 G. v. 24.02.2012 BGBl. I S. 212 (gültig bis 2016)
- BMELV (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (2012b): Ackerbohne, Erbse & Co. Die Eiweißpflanzenstrategie des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft zur Förderung des Leguminosenanbaus in Deutschland. Veröffentlichung am 21.12.2012, zuletzt neu aufgelegt 2016. http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/EiweisspflanzenstrategieBMEL.pdf?_blob=publicationFile
- BMG; BMVEL (BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT; BUNDESMINISTERIUM FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT) (2001): Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001). Zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 17. Juli 2017 (BGBl. I S. 2615)
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT, Hrsg.) (2003): Hydrologischer Atlas von Deutschland. Erweiterte Ausgabe. Bonn
- BMU (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT, Hrsg.) (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. 180 S.
- BMUB (BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, BAU UND REAKTORSICHERHEIT, Hrsg.) (2014): Wasserwirtschaft in Deutschland, Teil 1: Grundlagen. Bonn
- BMVI (BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR) (2015): Regionale Energiekonzepte in Deutschland – Bestandsaufnahme. MORO-Forschung Heft 1, Bonn
- BOCKSTALLER, C.; GUICHARD, L.; KEICHINGER, O.; GIRARDIN, P.; GALAN, M.-B.; GAILLARD, G. (2009): Comparison of methods to assess the sustainability of agricultural systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 223-235
- BODENMARKT EXKLUSIV (2005, 2007, 2010, 2013): Verpachtung von Agrarland in Niedersachsen <http://www.bodenmarkt.info/g/BM-Ex/3-1/3-1.html> (Zugriff am 24.03.2015)
- BODENMARKT EXKLUSIV (2009-2013): Verkäufe von Agrarland in Brandenburg. <http://www.bodenmarkt.info/g/BM-Ex/3-1/3-1.html> (Zugriff am 25.03.2015)
- BÖCHER, M. (2003): Die politische Steuerung nachhaltiger Regionalentwicklung. Das Beispiel der EU-Gemeinschaftsinitiative LEADER+. In: GRANDE, E.; PRÄTORIUS, R. (Hrsg.): Politische Steuerung und neue Staatlichkeit (Staatslehre und politische Verwaltung Bd. 8), Baden-Baden, Nomos, 235-258
- BÖCHER, M. (2008): Regional Governance and Rural Development in Germany: the Implementation of LEADER+. *Sociologia Ruralis*, 48, 372-388
- BÖCHER, M. (2016): Regional Governance und ländliche Räume. In: HERBST, M.; DÜNKEL, F.; STAHL, B. (Hrsg.): Daseinsvorsorge und Gemeinwesen im ländlichen Raum. Springer VS, Wiesbaden, 61-80
- BÖCHER, M.; NORDBECK, R. (2014): Klima-Governance: Die Integration und Koordination von Akteuren, Ebenen und Sektoren als klimapolitische Herausforderung Einführung in den Schwerpunkt. *Der moderne Staat*, Jg. 7, Heft 2, 253-268
- BÖCHER, M.; TÖLLER, A.E. (2012): Umweltpolitik in Deutschland. Eine politikfeldanalytische Einführung. Springer VS, Wiesbaden
- BÖCHER, M.; TÖLLER, A.E. (2016): Umwelt- und Naturschutzpolitik der Bundesländer. In: WOLF, F.; HILDEBRANDT, A. (Hrsg.): Die Politik der Bundesländer. Zwischen Föderalismusreform und Schuldenbremse. Springer VS, Wiesbaden, 259-281
- BÖCHER, M.; KROTT, M.; TRÄNKNER, S. (Hrsg.) (2008): Regional Governance und integrierte ländliche Entwicklung: Ergebnisse der Begleitforschung zum Modell- und Demonstrationsvorhaben „Regionen Aktiv“. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden
- BÖTTCHER, J.; SPRINGOB, G. (2001): A carbon balance model for organic layers of acid forest soils. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 164, 399-405

- BOGDAIN, T. (2014): Modellierung von „dunkelgrünen“ Vorrangflächen zur Förderung von Biodiversität im Ackerbau. Bachelorarbeit, Hochschule Anhalt (FH), Fachbereich Landwirtschaft, Ökotropologie und Landschaftsentwicklung
- BOLTE, A.; WELLBROCK, N.; DUNGER, K. (2011): Welche Maßnahmen sind umsetzbar? *AFZ/Der Wald*, 2, 27-29.
- BONTEN, L.T.C.; REINDS, G. J., POSCH, M. (2016): A model to calculate effects of atmospheric deposition on soil acidification, eutrophication and carbon sequestration. *Environmental Modelling & Software*, 79, 75-84
- BRAAT, L. (1991): The predictive meaning of sustainability indicators. In: KUIK, O.; VERBRUGGEN, H. (Eds.): *In Search of Indicators of Sustainable Development*. Kluwer Academic, Dordrecht, 57-70
- BRANDT, P.; ERNST, A.; GRALLA, F.; LUEDERITZ, C.; LANG, D. J.; NEWIG, J.; REINERT, F.; ABSON, D. J.; VON WEHRDEN, H. (2013): A review of transdisciplinary research in sustainability science. *Ecol. Econ.*, 92, 1–15
- BREITSCHUH, G.; ECKERT, H. (2006): *Kriteriensystem Nachhaltige Landwirtschaft – Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebe*. Schriftenreihe Landwirtschaft und Landschaftspflege in Thüringen, 8, 7-24
- BREITSCHUH, G.; ECKERT, H.; MATTHES, I.; STRÜMPFEL, J. (2008): *Kriteriensystem nachhaltige Landwirtschaft (KSNL). Ein Verfahren zur Nachhaltigkeitsanalyse und Bewertung von Landwirtschaftsbetrieben*. KTBL, Darmstadt, KTBL-Schrift, 466
- BRÜGEMANN, K.; GERNAND, E.; KÖNIG VON BORSTEL, U.; KÖNIG, S. (2012): Defining and evaluating heat stress thresholds in different dairy cow production systems. *Archiv Tierzucht*, 55, 1, 13-24
- BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT (2011): *Regionalisierte Arbeitsmarktstatistik*, Dezember 2011
- BUNDESREGIERUNG 2017: *Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie*. Neuauflage 2016. https://www.bundesregierung.de/Content/Infomaterial/BPA/Bestellservice/Deutsche_Nachhaltigkeitsstrategie_Neuauflage_2016.pdf?__blob=publicationFile&v=7 (Zugriff am 25.10.2017)
- BUNDI, U.; PETER, A.; FRUTIGER, A.; HÜTTE, M.; LIECHTI, P.; SIEBER, U. (2000): Scientific base and modular concept for comprehensive assessment of streams in Switzerland. In: JUNGWIRTH, M.; MUHAR, S.; SCHMUTZ, S. (Hrsg.): *Assessing the Ecological Integrity of Running Waters*. *Developments in Hydrobiology (DIHY)*, 149, 477-487
- BUNN, S. E.; ABAL, E. G.; SMITH, M.J.; CHOY, S.C.; FELLOWS, C.S.; HARCH, B.D.; KENNARD, M. J. ; SHELDON, F. (2010): Integration of science and monitoring of river ecosystem health to guide investments in catchment protection and rehabilitation. *Freshwater Biol.*, 55 (Suppl. 1), 223-240
- BUONGIORNO, J.; ZHOU, M. (2015): Adaptive economic and ecological forest management under risk. *Forest Ecosystems*, 2, 1, 1-15 (doi: 10.1186/s40663-015-0030-y)
- BURTON, I.; VAN AALST, M. (2004): *Look before You Leap. A risk management approach for incorporating climate change adaptation into World Bank operations*. International Bank for Reconstruction and Development/The Worldbank Group. Washington, DC
- CARLOWITZ, H. C. v. (1713): *Sylvicultura oeconomica oder hausswirthliche Nachricht und naturmäßige Anweisung zur wilden Baum-Zucht*. Reprint der Ausgabe Leipzig, Braun, 1732. Veröffentlichungen der Bibliothek „Georgius Agricola“ der TU Bergakademie Freiberg Nr. 135 (2000)
- CHRISTEN, O. (1996): *Nachhaltige Landwirtschaft („Sustainable agriculture“)* Ideengeschichte, Inhalte und Konsequenzen für Forschung, Lehre und Beratung. Bericht über Landwirtschaft, Band 74, Landwirtschaftsverlag
- CHRISTEN, O. (1999): *Nachhaltige Landwirtschaft – Von der Ideengeschichte zur praktischen Umsetzung*. Schriftenreihe des Instituts für Landwirtschaft und Umwelt, Bonn, Heft 1/1999
- CHRISTEN, O. (2003): *Nachhaltige Entwicklung in der Agrar-und Ernährungswirtschaft – Zeitgeist oder Megatrend? Initiativen zum Umweltschutz*, 56, 1-7
- CHRISTEN, O. (2009): *Indikatoren nachhaltiger Landwirtschaft – Konzepte und Anwendungsgebiete*. Initiativen zum Umweltschutz, 74, 5-12

- CHRISTEN, O.; O'HALLORAN-WIETZHOLTZ, Z. (2002): Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung der Landwirtschaft. Schriftenreihe des Instituts für Landwirtschaft und Umwelt, Bonn, Heft 3/2002
- CHRISTEN, O., HÖVELMANN, L., HÜLSBERGEN, K.-J., PACKEISER, M., RIMPAU, J.; WAGNER, W. (2009): Nachhaltige landwirtschaftliche Produktion in der Wertschöpfungskette Lebensmittel. Erich Schmidt Verlag, Berlin
- COAST, J.; HORROCKS, S. (2007): Developing attributes and levels for discrete choice experiments using qualitative methods. *Journal of Health Services Research and Policy*, 12, 1, 25-30
- COAST, J., H.; AL-JANABI, E.J.; SUTTON, S.; HORROCKS, J.; VOSPER, D.; SWANCUTT, R.; FLYNN, T. (2012): Using qualitative methods for attribute development for discrete choice experiments: issues and recommendations. *Health Economics*, 21, 6, 730-741
- COENEN, R. (2000): Konzeptionelle Aspekte von Nachhaltigkeitsindikatorensystemen. TA-Datenbank-Nachrichten, Juni 2000, 9. Jg., 2, 47-53
- CORINE LAND COVER (2006): CORINE Landcover – Bodenbedeckungsdaten für Deutschland. Aktualisierung für Deutschland 2006. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2006>
- COVINGTON, W. W. (1981): Changes in forest floor organic matter and nutrient content following clear cutting in northern hardwoods. *Ecology*, 62, 1, 41-48
- CUNDILL, G.; RODELA, R. (2012): A Review of Assertions about the Processes and Outcomes of Social Learning in Natural Resource Management. *Journal of Environmental Management*, 113, 7-14
- DE VRIES, W.; HETTELINGH, J.-P.; POSCH, M. (2015): Critical Loads and Dynamic Risk Assessments. *Environmental Pollution*, 25. Springer. Dordrecht, Heidelberg, New York, London. 647 S.
- DEHNHARDT, A. (2002): Der ökonomische Wert der Elbauen als Nährstoffsenke: Die indirekte Bewertung ökologischer Leistungen. In: DEHNHARDT, A.; MEYERHOFF, J. (Hrsg.): Nachhaltige Entwicklung der Stromlandschaft Elbe. Vauk-Verlag, Kiel
- DIEPHOLZ (2011): Internetauftritt des Landkreises Diepholz. <http://www.diepholz.de/internet/page.php?naviID=1000042&site=1000080&brotID=1000042&ctyp=2&rubrik=1000017> (Zugriff am 08.12.2011)
- DIETERICH, V. v. (1953): Forstwirtschaftspolitik: Eine Einführung. Hamburg, Berlin, Paul Parey. 398 S.
- DLG (DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTS-GESELLSCHAFT E. V.) (2017): <http://www.nachhaltige-landwirtschaft.info> (Zugriff am 13.10.2017)
- DÖRING-MEDERAKE, U. (1991): Feuchtwälder im nordwestdeutschen Tiefland; Gliederung – Ökologie – Schutz. *Scripta Geobotanica*, 19, Göttingen
- ENGELHARDT, H. (2004). Auswirkungen von Flächengröße und Flächenform auf Wendezeiten, Arbeitserledigung und verfahrenstechnische Maßnahmen im Ackerbau. Inauguraldissertation. Gießen: Justus-Liebig-Universität. <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2005/2254/pdf/EngelhardtHeiko-2005-02-22.pdf> (Zugriff am 03.09.2015)
- EUROPÄISCHES PARLAMENT UND EUROPÄISCHER RAT (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, ABl. L 327 der Europäischen Gemeinschaften vom 22.12.2000
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2013): Corine Land Cover 2006 seamless vector data. Kopenhagen, Denmark
- FIELD, C.B. (2012): Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge
- FISCHER, P.; BÜLTMANN, H.; DRACHENFELS, O. v.; HEINKEN, T.; WAESCH, G. (2014): Rückgang der Flechten-Kiefernwälder in Niedersachsen seit 1990. *Inform.d. Naturschutz Niedersachs.*, 34, 1, 54-65

- FLECK, S.; MEESENBERG, H. (2015): Klimawandel und Nachhaltiges Landmanagement im norddeutschen Tiefland. In: NORDWESTDEUTSCHE FORSTLICHE VERSUCHSANSTALT (Hrsg.): Waldzustandsbericht 2015 für Sachsen-Anhalt, 40-42
- FLECK, S.; AHREND, B.; SUTMÖLLER, J.; MESSAL, H.; MEISSNER, R.; MEESENBERG, H. (2016): Zukünftiger Anstieg der Nitratkonzentrationen unter Wald im norddeutschen Tiefland: droht Stickstoff-Eutrophierung durch Klimawandel? In: WERNECKE, G.; EBNER VON ESCHENBACH, A.-D.; STRUNCK, Y.; KIRSCHBAUER, L.; MÜLLER, A.: Wasserressourcen: Wissen in Flussgebieten vernetzen. Beiträge zum Tag der Hydrologie am 17./18. März 2016 in Koblenz, ausgerichtet von der Hochschule Koblenz und der Bundesanstalt für Gewässerkunde. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 37. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA), Hennef, 71-81
- FLECK, S.; AHREND, B.; SUTMÖLLER, J.; ALBERT, M.; EVERS, J.; MEESENBERG, H. (2017): Is biomass accumulation in forests an option to prevent climate change induced increases in nitrate concentrations in the North German lowland? *Forests*, 8, 6, 1-28 (doi: 10.3390/f8060219)
- FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT WESER (Hrsg.) (2009): EG-Wasserrahmenrichtlinie: Bewirtschaftungsplan 2009 für die Flussgebietseinheit Weser – Maßnahmenprogramm 2009 für die Flussgebietseinheit Weser. <http://www.fgg-weser.de/component/jdownloads/send/8-eg-wrrl/338-bwp-2009-weser-091222> (Zugriff am 23.10.2017)
- FREDE, H.-G.; BACH, M. (2003): Nachhaltigkeit in einer multifunktionalen Landschaft. *Initiativen zum Umweltschutz*, 56, 24-36
- FREIER, B.; PALLUTT, B.; JAHN, M.; SELLMANN, J.; GUTSCHE, V.; ZORNACH, W. (2008): Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz. *Berichte aus dem Julius Kühn-Institut*, 144
- FREIER, B.; PALLUTT, B.; JAHN, M.; SELLMANN, J.; GUTSCHE, V.; ZORNACH, W.; MOLL, E. (2009): Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz Jahresbericht 2008. *Berichte aus dem Julius Kühn-Institut*, 149
- FREIER, B.; SELLMANN, J.; SCHWARZ, J.; JAHN, M.; MOLL, E.; GUTSCHE, V.; ZORNACH, W. (2010): Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz Jahresbericht 2009. *Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007–2009. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut*, 156, <https://ojs.openagrar.de/index.php/BerichteJKI/issue/view/740> (Zugriff am 23.10.2017)
- FREIER, B.; SELLMANN, J.; SCHWARZ, J.; JAHN, M.; MOLL, E.; GUTSCHE, V.; ZORNACH, W. (2011): Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz Jahresbericht 2010. *Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007–2010. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut*, 161, <https://ojs.openagrar.de/index.php/BerichteJKI/issue/view/782> (Zugriff am 23.10.2017)
- FREIER, B.; SELLMANN, J.; SCHWARZ, J.; KLOCKE, B.; MOLL, E.; GUTSCHE, V.; ZORNACH, W. (2012): Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz Jahresbericht 2011. *Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007–2011. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut*, 166, <https://ojs.openagrar.de/index.php/BerichteJKI/issue/view/822> (Zugriff am 23.10.2017)
- FREIER, B.; SELLMANN, J.; STRASSEMAYER, J.; SCHWARZ, J.; KLOCKE, B.; KEHLENBECK, H.; ZORNACH, W. (2013): Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz Jahresbericht 2012. *Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007–2012. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut*, 172, <https://ojs.openagrar.de/index.php/BerichteJKI/issue/view/870> (Zugriff am 23.10.2017)
- FREIER, B.; SELLMANN, J.; STRASSEMAYER, J.; SCHWARZ, J.; KLOCKE, B.; KEHLENBECK, H.; ZORNACH, W. (2015): Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz Jahresbericht 2013. *Analyse der Ergebnisse der Jahre 2007–2013. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut*, 178, <https://ojs.openagrar.de/index.php/BerichteJKI/issue/view/996> (Zugriff am 23.10.2017)
- GADOW, K. v. (2000): Evaluating Risk in Forest Planning Models. *Silva Fennica*, 34, 2, 181-191
- GAUER, J.; KROHNER, F. (2012): Waldökologische Naturräume Deutschlands – Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke. *Sonderheft Landbauforschung*, Nr. 359, 42 S.
- GIEBEN, L.; HUBO, C.; KROTT, M.; KAUFER, R. (2013): Steuerungspotentiale von Zielen und Instrumenten des Politiksektors Forstwirtschaft und deren möglicher Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung ländlicher Regionen. *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht*, 36, 3, 261-291

- GÖBEL B. (1997): Messung und Modellierung des flächenhaften Wasser- und Stofftransports aus landwirtschaftlich genutzten Flächen auf zwei Maßstabebenen unter besonderer Berücksichtigung der Bereitstellung bodenkundlicher Daten für die Modellrechnung. *EcoSys*, Suppl. Bd. 19, 1-117
- GÖMANN, H.; KREINS, P. (2015): mündliche Mitteilung; Thünen Institut
- GRAMMATIKOPOULOU, I.; POUTA, E.; SALMIOVIRTA, M.; SOINI, K. (2012): Heterogeneous preferences for agricultural landscape improvements in southern Finland. *Landscape and Urban Planning* 107, 181-191
- GRIER, C. G.; RUNNING, S. W. (1977): Leaf Area of Mature Northwestern Coniferous Forests: Relation to Site Water Balance. *Ecology*, 58, 4, 893-899
- GRIMBLE, R.; CHAN, M.-K. (1995): Stakeholder analysis for natural resource management in developing countries. Some practical guidelines for making management more participatory and effective. *Natural Resources Forum*, 19, 2, 113-124
- GRIMBLE, R.; WELLARD, K. (1997): Stakeholder Methodologies in Natural Resource Management: a Review of Principles, Contexts, Experiences and Opportunities. *Agricultural Systems*, 55, 2, 173-197
- HÄNI, F.; BRAGA, F.; STÄMPFLI, A.; KELLER, T.; FISCHER, M.; PORSCHE, H. (2003): RISE, a tool for holistic sustainability assessment at the farm level. *IAMA International Food and Agribusiness Management Review*, 6, 4, 78-90
- HÄRDILE, W.; HEINKEN, T.; PALLAS, J.; WELB, W. (1997): Quercion roboris, bodensaure Eichenmischwälder. In: DIERSCHKE, H. (Hrsg.): *Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands*, Heft 2: *Quercio-Fagetea (H5)*, Sommergrüne Laubwälder. Göttingen
- HAMBERGER, J. (2003): Nachhaltigkeit – eine Idee aus dem Mittelalter? Wie es dazu kam, dass wir unsere Wälder nachhaltig bewirtschaften. *LWF aktuell*, 37, 38-41
- HAMILTON, J.; WELLS-TOKER, C. (2006): Reconceptualizing Dialogue in Environmental Public Participation. *Policy Studies Journal*, 34, 4 (November), 755-775 (doi:10.1111/j.1541-0072.2006.00200.x)
- HANEWINKEL, M. (2001): Neuausrichtung der Forsteinrichtung als strategisches Managementinstrument. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*, 172. Jg., 11, 202-211
- HANEWINKEL M.; CULLMANN D.; SCHELHAAS M.-J.; NABUURS G.-J.; ZIMMERMANN N. (2013) Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change*, 3, 203-207
- HANS-BÖCKLER-STIFTUNG (2015): Informationen zur Tarifpolitik. Tarifpolitischer Jahresbericht 2014: Zwischen Mindestlohn und Tarifeinheit. Hans-Böckler-Stiftung. Düsseldorf. http://www.boeckler.de/pdf/p_ta_jb_2014.pdf (Zugriff am 25.02.2015)
- HANSEN J.; NAGEL, J. (2014): Waldwachstumskundliche Softwaresysteme auf Basis von TreeGrOSS – Anwendung und theoretische Grundlagen. Beiträge aus der NW-FVA. Band 11. 224 S.
- HANSEN, M.C.; POTAPOV, P.V.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S.A.; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S.V.; GOETZ, S.J.; LOVELAND, T.R.; KOMMAREDDY, A.; EGOROV, A.; CHINI, L.; JUSTICE, C.O.; TOWNSHEND J.R.G. (2013): High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342(6160), 850-853 (doi: 10.1126/science.1244693)
- HARTIG, G.L. (1795): Anweisung zur Taxation der Forste oder zur Bestimmung des Holztrags der Wälder. Heyer, Gießen
- HAUFF, V. (Hrsg.) (1987): *Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung*. Eggenkamp Verlag, Greven
- HAUNERT, G. (2017): Messtechnische und modellgestützte Untersuchungen zum Boden- und Landschaftswasserhaushalt im Westfläming. Dissertation. Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg, Naturwissenschaftliche Fakultät III, 185 S.
- HEALEY, P. (2002): Spatial Planning as a Mediator for Regional Governance: Conceptions of Place in the Formation of Regional Governance Capacity. In: FÜRST, D.; KNIELING, J. (Hrsg.): *Regional Governance. New Modes of Self-Government in the European Community*. Academy for Spatial Research and Planning (ARL), Hannover, 7, 13-25

- HEALY, S. (2003): Public participation as the performance of nature. *The Sociological Review*, 51 (s2), 94-108
- HEIDEREGION UELZEN (2015): Regionales Entwicklungskonzept Heiderregion Uelzen zur Teilnahme am LEADER-Auswahlverfahren 2014-2020 in Niedersachsen. Uelzen
- HEINK, U.; KOWARIK, I. (2010): What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. *Ecol. Indicators*, 10, 584-593
- HEINKEN T. (1995): Naturnahe Laub- und Nadelwälder grundwasserferner Standorte im niedersächsischen Tiefland: Gliederung, Standortsbedingungen, Dynamik. *Dissertationes Botanicae*, 239, 1-311
- HEISSENHUBER, A.; BREITSCUH, G. (2000): Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Wirtschaftsweisen. *VDLUFA-Schriftenreihe* 55/2000/Teil 1, 83-98
- HERMANS, L. M. (2005): Actor analysis for water resources management – Putting the promise into practice. Netherlands: Faculty Technology, Policy and Management, TU Delft. 233 S. http://www.hydrology.nl/images/docs/dutch/2005.10.31_Leon_Hermans.pdf
- HERRMANN, A.; KERSEBAUM, K.-C.; TAUBE, F. (2005): Nitrogen fluxes in silage maize production: relationship between nitrogen content at silage maturity and nitrate concentration in soil leachate. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 73, 1, 59-74
- HLAVINKA, P.; TRNKA, M.; KERSEBAUM, K.C.; CERMÁK, P.; POHANKOVÁ, E.; ORSÁG, M.; POKORNÝ, E.; FISCHER, M.; BRTNICKÝ, M.; ŽALUD, Z. (2014): Modelling of yields and soil nitrogen dynamics for crop rotations by HERMES under different climate and soil conditions in the Czech Republic. *The Journal of Agricultural Science*, 152, 188-204
- HÖLTERMANN, A.; OESTEN, G. (2001): Forstliche Nachhaltigkeit – Ein forstliches Konzept als Vorbild für die Strategie der nachhaltigen Entwicklung? *Der Bürger im Staat*, 51. Jg., 39-45
- HÖPER, H.; BLANKENBURG, J. (2000): Emissionen klimarelevanter Gase aus niedersächsischen Mooren und Möglichkeiten der Reduzierung. *NNA-Berichte*, 13, 2, 110-117
- HOFFMANN, P. (2014): Mündliche Mitteilung; Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
- HORVÁTH, B.; MEIWES, K.J.; MEESENBURG, H.; ACKERMANN, J. (2010): Nitratausträge unter Wald. Untersuchungen auf Standorten mit hohen luftbürtigen Stickstoffeinträgen. *Grundwasser*, 9, 32
- HÜLSBERGEN, K.-J. (2003a): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Habilitationsschrift. Landwirtschaftliche Fakultät der Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg. Shaker Verlag Aachen
- HÜLSBERGEN, K.-J. (2003b): Das Indikatorsystem „Repro“ zur einzelbetrieblichen Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Unternehmen. *Initiativen zum Umweltschutz*, 56, 99-108
- HÜLSBERGEN, K.-J. (2009): Ein Modell zur Analyse und Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebssysteme. In: GRIMM, C.; HÜLSBERGEN, K.-J. (Hrsg.): Nachhaltige Landwirtschaft – Indikatoren, Bilanzierungsansätze, Modelle. *Initiativen zum Umweltschutz*, 74, 13-28
- HÜLSBERGEN, K. J.; DIEPENBROCK, W. (1997): Das Modell REPRO zur Analyse und Bewertung von Stoff- und Energieflüssen in Landwirtschaftsbetrieben. In: DIEPENBROCK, W.; KALTSCHMITT, M.; NIEBERG, H.; REINHARDT, G. (Hrsg.): Umweltverträgliche Pflanzenproduktion: Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen. Zeller-Verlag Osnabrück, 159-184
- HÜLSBERGEN, K.-J.; DIEPENBROCK, W.; ROST, D. (2000): Weiterentwicklung des Modells REPRO und GIS-gestützte Anwendung in Referenzbetrieben Sachsen-Anhalts. Forschungsbericht im Auftrag des Ministeriums für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- HÜLSBERGEN, K.-J.; CHRISTEN, O.; HOLZ, F.; SCHÜLER, E.; NEHRING, W.; KAMM, U. (2002): REPRO bewertet die Landwirtschaft – Betriebsbilanzierungsprogramm dokumentiert Umweltwirkungen. *Neue Landwirtschaft*, 12, 34-37
- HUNDESHAGEN, J.C. (1826): Die Forstabschätzung auf neuen wissenschaftlichen Grundlagen. Heinrich Laupp, Tübingen

- IPCC (2011): IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change“. <http://www.ipcc.ch/> (Zugriff am 12.12.2011)
- IPCC (2014): Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core writing Team R.K. PACHAURI and L.A. MEYER (Eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 S.
- IPCC (2015): Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Vol. 3. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge
- IRI (International Research Institute for Climate and Society) (2007): Integrated climate risk management: a concept. UNDP. <http://www.managingclimaterisk.org>
- IRWIN, A. (1995): Citizen Science: a study of people, expertise and sustainable development. Routledge. London
- JAHN, T.; BERGMANN, M.; KEIL, F. (2012): Transdisciplinarity: Between Mainstreaming and Marginalization. *Ecological Economics*, 79 (July), 1-10 (doi:10.1016/j.ecolecon.2012.04.017)
- JANDL, R.; LINDNER, M.; VESTERDAL, L.; BAUWENS, B.; BARITZ, R.; HAGEDORN, F.; JOHNSON, D. W.; MINKKINEN, K.; BYRNE, K.A. (2007): How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma*, 137, 253-268
- JANKIEWICZ, P.; NEUMANN, J.; DUIJNISVELD, W.H.M.; WESSOLEK, G.; WYCISK, P.; HENNINGS, V. (2005): Abflusshöhe – Sickerwasserrate – Grundwasserneubildung – Drei Themen im Hydrologischen Atlas von Deutschland. *Hydrologie und Wasserwirtschaft*, 49, 2-13
- JISCHA, M.-F. (1999): Das Leitbild Nachhaltigkeit und das Konzept Technikbewertung. *Brandenburgische Umwelt Berichte (BUB)* 5 S., 81-94 (Zuerst erschienen in: *Chemie Ingenieur Technik*, 69, 12/1997, 1695-1703)
- JONES, J.W.; HOOGENBOOM, G.; PORTER, C.H.; BOOTE, K. J.; BATCHELOR, W.D.; HUNT, L.A.; WILKENS, P.W.; SINGH, U.; GIJSMAN, A.J.; RITCHIE, J.T (2003): The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy*, Volume 18, Issues 3-4, January 2003, 235-265
- JUNGLAUS, J.H., LORENZ, S.J.; TIMMRECK, C.; REICK, C.H.; BROVKIN, V.; SIX, K.; SEGSCHEIDER, J.; GIORGETTA, M. A.; CROWLEY, T.J.; PONGRATZ, J.; KRIVOVA, N.A.; VIEIRA, L.E.; SOLANKI, S.K.; KLOCKE, D.; BOTZET, M.; ESCH, M.; GAYLER, V.; HAAK, H.; RADDATZ, T.J.; ROECKNER, E.; SCHNUR, R.; WIDMANN, H.; CLAUSSEN, M.; STEVENS, B.; MAROTZKE, J. (2010): Climate and carbon-cycle variability over the last millennium. *Clim. Past Discuss.*, 6, 723-737, <https://www.clim-past.net/6/723/2010/cp-6-723-2010.pdf> (doi:10.5194/cpd-6-1009-2010; Zugriff am 23.10.2017)
- KÄSE, H. (1969): Ein Vorschlag für eine Methode zur Bestimmung und Vorhersage der Waldbrandgefährdung mit Hilfe komplexer Kennziffern. Berlin
- KAUFER, R.; KROTT, M.; HUBO, C.; GIESSEN, L. (2013): Steuerungspotenziale der Agrar- und Raumordnungspolitik für ökologisch und ökonomisch nachhaltige ländliche Regionen. *Raumforschung und Raumordnung* 71, 5, 381-396
- KAUFER, R.; GIESSEN, L.; HUBO, C.; KROTT, M. (2014): Steuerungspotenziale des Politiksektors Wasserwirtschaft für eine nachhaltige Entwicklung ländlicher Regionen: Wasserpolitische Ziele und Instrumente. *Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht*, 37, 4, 410-433
- KERSEBAUM, K.C. (2007). Modelling nitrogen dynamics in soil-crop systems with HERMES. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 77, 39-52
- KERSEBAUM, K.C.; MIRSCHEL, W.; WENKEL, K.-O.; MANDERSCHIED, R.; WEIGEL, H.-J.; NENDEL, C. (2009a): Modelling climate change impacts on crop growth and management in Germany. In: UTSET, A. (Hrsg.): *Climate Variability, Modeling Tools and Agricultural Decision Making*. Nova Science Publisher Inc., New York, 183-194
- KERSEBAUM, K.C.; NENDEL, C.; MIRSCHEL, W.; MANDERSCHIED, R.; WEIGEL, H.-J.; WENKEL, K.-O. (2009b): Testing different CO₂ response algorithms against a face crop rotation experiment and application for climate change impact assessment at different sites in Germany. *Időjárás Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 113, 79-88

- KLØJGAARD, M.E.; BECH, M.; SØGAARD, R. (2012): Designing a Stated Choice Experiment: The Value of a Qualitative Process. *Journal of Choice Modelling*, 5, 2, 1-18
- KNAUF, M.; KÖHL, M.; MUES, V.; OLSCHOFKY, K.; FRÜHWALD, A. (2015): Modeling the CO₂-effects of forest management and wood usage on a regional basis. *Carbon Balance and Management* 10, 13 (doi: 10.1186/s13021-015-0024-7)
- KÖRSCHENS, M.; ROGASIK, J.; SCHULZ, E.; BÖNING, H.; EICH, D.; ELLERBROCK, R.; FRANKO, U.; HÜLSBERGEN, K.-J.; KÖPPEN, D.; KOLBE, H.; LEITHOLD, D.; MERBACH, I.; PESCHKE, H.; PRYSTAV, W.; REINHOLD, J.; ZIMMER, J. (2004): Humusbilanzierung: Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. Standpunkt des Verbands Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
- KOLKWITZ, R.; MARSSON, M. (1902): Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mitteilungen der königlichen Prüfanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, Berlin-Dahlem, 1, 33-72
- KOMMUNIKATION UND WIRTSCHAFT GMBH (Hrsg.) (2007): Deutsche Landkreise im Portrait – Landkreis Diepholz
- KROS, H.; TIETEMA, A.; MOL-DIJKSTRA, J. P.; DE VRIES, W. (2004): Quantification of nitrate leaching from forest soils on a national scale in The Netherlands. *Hydrology and Earth System Science, Discussions, European Geosciences Union* 8, 4, 813-822
- KTBL (KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT E.V.) (2010): KTBL-Datensammlung. Betriebsplanung Landwirtschaft 2010/11. Darmstadt, 784 S. ISBN: 978-3-941583-38-2
- KUCKARTZ, U. (2012): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Beltz Juventa, Weinheim und Basel, 188 S.
- KÜSTERMANN, B.; SCHMID, H.; WENSKE, K.; HÜLSBERGEN, K.-J. (2006): Umwelt- und Betriebsmanagement mit dem Modell REPRO. 26. GIL-Jahrestagung. http://www.gil-net.de/Publikationen/18_137.pdf (Zugriff am 23.10.2017)
- KYSELÝ, J. (2004): Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic. *Int. J. Biometeorol.* 49, 91-97
- LAG FLÄMING-HAVEL E.V. (2014): 2014 – 2020 Regionale Entwicklungsstrategie für die LAG Fläming-Havel, Wiesenburg-Mark
- LAG MÄRKISCHE SEEN E.V. (2014): Regionale Entwicklungsstrategie der LAG Märkische Seen e.V. 2014-2020, Hoppegarten OT Hönow
- LAG MITTLERE ELBE-FLÄMING (2015): Bewährtes erhalten – Neues wagen! Lokale Entwicklungsstrategie 2014-2020, Dessau-Roßlau
- LAG ODERLAND (2014): Regionale Entwicklungsstrategie (2014-2020) für die LEADER- Region Oderland, Wriezen
- LAG WITTENBERGER LAND (2015): Lokale Entwicklungsstrategie der Interessengruppe / Subregion/ LAG Wittenberger Land, Lutherstadt Wittenberg
- L Aidig, F.; Piepho, H.-P.; DrobeK, T.; Meyer, U. (2014): Genetic and non-genetic long-term trends of 12 different crops in German official variety performance trials and on-farm yield trends, *Theor. Appl. Genet.*, 127, 2599-2617
- LANDKREIS ODER-SPREE (2009): Statistisches Jahrbuch. Hrsg.: Landkreis Oder-Spree, Dezernat II, AG Statistik
- LANDKREIS ODER-SPREE (2012): Internetauftritt. <http://www.landkreis-oder-spree.de/index.phtml?mNavID=1.100&sNavID=1273.1&La=1> (Zugriff am: 05.01.2012)
- LANG, D.J.; WIEK, A.; BERGMANN, M.; STAUFFACHER, M.; MARTENS, P.; MOLL, P. (2012): Transdisciplinary research in sustainability science: Practice, principles, and challenges. *Sustainability Science*, 7 (Suppl. 1), 25-43
- LANGE, J. (2002): Zur Geschichte des Gewässerschutzes am Ober- und Hochrhein – Eine Fallstudie zur Umwelt- und Biologiegeschichte. Fakultät für Biologie, Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg. 355 S.

- LANGE, A.; SIEBERT, R.; BARKMANN, T. (2015): Sustainability in Land Management: An Analysis of Stakeholder Perceptions in Rural Northern Germany. *Sustainability*, 7, 1, 683-704
- LANGE, A.; SIEBERT, R.; BARKMANN, T. (2016) Incrementality and regional bridging: instruments for promoting stakeholder participation in land use management in northern Germany. *Society & Natural Resources*, 29, 7, 868-879
- LANGHANS, S.D.; REICHERT, P.; SCHUWIRTH, N. (2014): The method matters: A guide for indicator aggregation in ecological assessments. *Ecological Indicators*, 45, 494-507
- LAWA (LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER) (1996): Gewässergüteatlas der Bundesrepublik Deutschland. Biologische Gewässergütekarte 1995. Berlin
- LAWA (LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER) (Hrsg.) (1998): Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der BRD – Chemische Gewässergüteklassifikation –. 1. Aufl., Kulturbuchverlag, Berlin
- LBV BRANDENBURG (LANDESAMT FÜR BAUEN UND VERKEHR) (2011): http://www.lbv.brandenburg.de/dateien/stadt_wohnen/rb_bevoelkerungsvorausschaetzung_2009_bis_2030.pdf (Zugriff am 05.12.2011)
- LEYS, A.J.; VANCLAY, J.K. (2011): Social learning: A knowledge and capacity building approach for adaptive co-management of contested landscapes. *Land use policy*, 28, 574-584
- LGLN (LANDESAMT FÜR GEOINFORMATION UND LANDESVERMESSUNG NIEDERSACHSEN) (2016): FAQ zum Dümmer – Wasserqualität und Ursache. http://www.gll.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=31104&article_id=107394&_psmand=34 (Zugriff am 13.01.2016)
- LSKN (LANDESBETRIEB FÜR STATISTIK UND KOMMUNIKATION NIEDERSACHSEN) (2007): Agrarstrukturerhebung 2007
- LSKN (LANDESBETRIEB FÜR STATISTIK UND KOMMUNIKATION NIEDERSACHSEN) (2010): Eigene Berechnung nach LSKN-Online: M6080020 (Zugriff am 11.11.2010)
- LSKN (LANDESBETRIEB FÜR STATISTIK UND KOMMUNIKATION NIEDERSACHSEN) (2010a): Landwirtschaftszählung 2010, Heft 1 Teil A – Gemeindeergebnisse. <http://www.statistik.niedersachsen.de/download/75470> (Zugriff am 23.10.2017)
- LSKN (LANDESBETRIEB FÜR STATISTIK UND KOMMUNIKATION NIEDERSACHSEN) (2010b): Landwirtschaftszählung 2010, Heft 4 – Viehhaltung. <http://www.statistik.niedersachsen.de/download/73726> (Zugriff am 23.10.2017)
- LSKN (LANDESBETRIEB FÜR STATISTIK UND KOMMUNIKATION NIEDERSACHSEN) (2011): www.lskn.niedersachsen.de/download/51672 (Zugriff am 08.12.2011)
- LSKN-ONLINE (2011a): Tabelle Z0000001 (Zugriff am 08.12.2011)
- LSKN-ONLINE (2011b): Tabelle Z1001696 (Zugriff am 09.11.2011)
- LSKN-ONLINE (2011c): Eigene Berechnung nach Daten des LSKN-Online: Tabelle P70H5109 (Zugriff am 08.12.2011)
- LSKN-ONLINE (2011d): Eigene Darstellung nach Daten LSKN-Online: Tabelle K6080014 (Zugriff am 08.12.2011)
- LUO, Y.; AHLSTRÖM, A.; ALLISON, S.; BATJES, N.; BROVKIN, V.; CARVALHAIS, N.; CHAPPELL, A.; CIAIS, P.; DAVIDSON, E.; FINZI, A.; GEORGIU, K.; GUENET, B.; HARARUK, O.; HARDEN, J.; HE, Y.; HOPKINS, F.; JIANG, L.; KOVEN, C.; JACKSON, R.B.; JONES, C.D.; LARA, M.J.; LIANG, J.; MCGUIRE, A.D.; PARTON, W.; PENG, C.; RANDERSON, J.T.; SALAZER, A.; SIERRA, C.A.; SMITH, M.J.; TIAN, H.; TODD-BROWN, K.E.O.; TORN, M.; VAN GROENIGEN, K.J.; WANG, Y.P.; WEST, T.O.; WEI, Y.; WIEDER, W.R.; XIA, J.; XU, X.; XU, X.-J.; ZHOU, T. (2016): Toward more realistic projections of soil carbon dynamics by Earth system models. *Global Biogeochemical Cycles*, 30, 1, 40-56
- LUYET, V.; SCHLAEPFER, R.; PARLANGE, M.; BUTTLER, A. (2012): A Framework to Implement Stakeholder Participation in Environmental Projects. *Journal of Environmental Management*, 111 (November 30), 213-219

- LUYSSAERT, S.; CIAIS, P.; PIAO, S. L.; SCHULZE, E.-D.; JUNG, M.; ZAEHLE, S.; SCHELHAAS, M. J.; REICHSTEIN, M.; CHURKINA, G.; PAPALE, D.; ABRIL, G.; BEER, C.; GRACE, J.; LOUSTAU, D.; MATTEUCCI, G.; MAGNANI, F.; NABUURS, G.J.; VERBEECK, H.; SULKAVA, M.; VAN DER WERF, G.R.; JANSSENS, I.A.; VETTER, M.; PARIS, J. D.; BOURIAUD, O.; PEYLIN, P.; VIOVY, N.; VUICHARD, N.; FREIBAUER, A. (2010): The European carbon balance. Part 3: forests. *Glob. Chang. Biol.*, 16, 1429-1450
- MARWEDE, M.; ERDMANN, L.; BEHRENDT, S. (2007): Normative Orientierungen der Wald- und Landnutzung. IZT. Berlin
- MCPFE (1993a): Resolution H1: General Guidelines for the Sustainable Management of Forests in Europe, Second Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, 16-17 June 1993, Helsinki. http://www.foresteuropa.org/docs/MC/MC_helsinki_resolutionH1.pdf (Zugriff am 1.11.2017)
- MCPFE (1993b): Resolution H2: General Guidelines for the Conservation of the Biodiversity of European Forests, Second Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, 16-17 June 1993, Helsinki. http://www.foresteuropa.org/docs/MC/MC_helsinki_resolutionH2.pdf (Zugriff am 1.11.2017)
- MCPFE (2003): Improved Pan-European Indicators for Sustainable Forest Management – as adopted by the MCPFE Expert Level Meeting 7-8 October 2002, Vienna, Austria. Available at: http://www.foresteuropa.org/documentos/improved_indicators.pdf
- MEADOWS, D.H.; MEADOWS, D.L.; RANDERS, J.; BEHRENS III, W.W. (1972): The Limits to Growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. Universe Books, 205 S.
- MEESBURG, H.; AHRENDT, B.; KALLWEIT, R.; SCHELER, B.; WAGNER, M.; FLECK, S. (2014): Interzeption in Wäldern: eine (zu) wenig beachtete Größe des Wasserkreislaufs. *Forum für Hydrologie u. Wasserbewirtschaftung*, 34.14, 199-206
- MEINSHAUSEN, M.; SMITH, S.J.; CALVIN, K.; DANIEL, J. S.; KAINUMA, M.L. T.; LAMARQUE, J.-F.; MATSUMOTO, K.; MONTZKA, S.A.; RAPER, S.C.B.; RIAHI, K.; THOMSON, A.; VELDEERS, G.J.M.; VAN VUUREN, D.P. P. (2011): The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300. *Climatic Change* (2011), 109-213 (doi:10.1007/s10584-011-0156-z)
- MESSAL, H.; DEBEBE, W.; FOHRER, N. (2015): Räumliche und zeitliche Analysen von Abfluss und Wasserinhaltsstoffen in Flusseinzugsgebieten des Norddeutschen Tieflandes. Poster auf dem Hochschultag der Agrarfakultät der CAU zu Kiel, Deutschland
- MEYER, P.; ENGEL, F. (2016): Repräsentanz der Wälder mit natürlicher Entwicklung in Deutschland. In: ENGEL, F.; BAUHUS, J.; GÄRTNER, S.; KÜHN, A.; MEYER, P.; REIF, A.; SCHMIDT, MAR.; SCHULTZE, J.; SPÄTH, V.; STÜBNER, S.; WILDMANN, S.; SPELLMANN, H.: Wälder mit natürlicher Entwicklung in Deutschland: Bilanzierung und Bewertung. BfN-Schriftenreihe: Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 145, 151-190
- MITCHELL, G. (1996): Problems and Fundamentals of Sustainable Development Indicators. *Sustainable Development*, Vol. 4, 1-11
- MONTEITH, J.L. (1965): Evaporation and Environment. In: FOGY, G. (Hrsg.): *Symp. Soc. Exp. Biol. XIX: The state and movement of water in living organism*. 205-234
- MÜLLER, U.; WALDECK, A. (2011): Auswertungsmethoden im Bodenschutz – Dokumentation zur Methodendatenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS). *GeoBerichte*, 19, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover
- NAVARRO, F.A.; WOODS, M.; CEJUDO, E. (2016): The LEADER Initiative has been a Victim of Its Own Success. The Decline of the Bottom-Up Approach in Rural Development Programmes. The Cases of Wales and Andalusia. *Sociologia Ruralis*, 56 (2): 270-288 (doi: 10.1111/soru.12079)
- NDS (1991): LÖWE – Langfristige Ökologische Waldentwicklung. Programm der Landesregierung Niedersachsen
- NDS MELV (NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ) (2014): Pfeil 2014-2020 – Gezielt ins Land. Programm zur Förderung der Entwicklung im ländlichen Raum Niedersachsen und Bremen, Hannover

- NDS MUEK (NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND KLIMASCHUTZ) (2014): Niedersächsische Moorlandschaften – Planungsstand und Sofortprogramm 2014/2015, Hannover
- NEWIG, J. (2005): Erleichtert Öffentlichkeitsbeteiligung die Umsetzung (umwelt-)politischer Maßnahmen? Ein Modellansatz zur Erklärung der Implementationseffektivität. In: FEINDT, P.; NEWIG, J. (Hrsg.): Partizipation, Öffentlichkeitsbeteiligung, Nachhaltigkeit. Metropolis-Verlag, Marburg, 89-116
- NEWIG, J.; FRITSCH, O. (2009): Environmental Governance: Participatory, Multi-Level – And Effective? *Environmental Policy and Governance*, 19, 3, 197-214
- NUSKE, A. (1983): Ein Modell für die Stickstoff-Dynamik von Acker-Lößböden im Winterhalbjahr – Messungen und Simulationen. Dissertation, Universität Hannover, 164 S.
- NW-FVA (2011): Waldplaner. <http://www.nw-fva.de/index.php?id=216> (Zugriff am 17.12. 2011)
- OFFERMANN, F.; BANSE, M.; EHRMANN, M.; GOCHT, A.; GÖMANN, H.; HAENEL, H.-D.; KLEINHANS, W.; KREINS, P.; LEDERBUR, O.V.; OSTERBURG, B.; PELIKAN, J.; RÖSEMANN, C.; SALOMON, P.; SANDERS, J.; (2012): vTI-Baseline 2011 – 2021: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland, 1st ed, Landbauforschung. Eigenverlag, Braunschweig
- ORLOWSKY, B.; GERSTENGARBE, F.;-W.; WERNER, P. C. (2008): A resampling scheme for regional climate simulations and its performance compared to a dynamical RCM. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. 92, Issue 3-4, 209-223
- OSTERBURG, B.; RÜHLING I.; RUNGE, T.; SCHMIDT, T.G.; SEIDEL, K. (2007): Kosteneffiziente Maßnahmenkombination nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. In: OSTERBURG, B.; RUNGE, T. (Hrsg.): Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer – eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. Landbauforschung Völknerode, Sonderheft 307, FAL-Braunschweig, 3-157
- OVERBECK, M.; SCHMIDT, M.; NAGEL, R.-V.; HANSEN, J. (2012): Modellbasierte Simulation waldbaulicher Anpassungsstrategien am Beispiel des niedersächsischen Harzes. *AFJZ*, 183, 208-224
- PAHL-WOSTL, C. (2009): A Conceptual Framework for Analysing Adaptive Capacity and Multi-Level Learning Processes in Resource Governance Regimes. *Global Environmental Change* 19, 3 (August), 354-365
- PAN; ILÖK (PLANUNGSBÜRO FÜR ANGEWANDTEN NATURSCHUTZ; INSTITUT FÜR LANDSCHAFTSÖKOLOGIE) (2010): Bewertung des Erhaltungszustandes der Lebensraumtypen nach Anhang I der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie in Deutschland – Überarbeitete Bewertungsbögen der Bundesländer-Arbeitskreise als Grundlage für ein bundesweites FFH-Monitoring, Arbeitspapier eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz. http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/monitoring/Bewertungsschemata_L_RT_Sept_2010.pdf (Zugriff am 12.05.2014)
- PAUL, G.; MEIBNER, R.; OLLESCH, G. (2013): Einfluss prognostizierter Klimaveränderungen auf die Grundwasserneubildung in einem wasserwirtschaftlich sensiblen Teileinzugsgebiet der Elbe. In: WEINGARTNER, R., SCHÄDLER, B. (Hrsg.): Wasserressourcen im globalen Wandel. Hydrologische Grundlagen – von der Messung zur Anwendung. Beiträge zum Tag der Hydrologie, 4.-6. April, Bern, Schweiz. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 32.13, 133-143
- PAUL G.; MEIBNER, R.; OLLESCH, G. (2014): Abschätzung von Auswirkungen des Klimawandels auf den Landschaftswasserhaushalt im Fläming. *Wasserwirtschaft*, 104, 10, 23-28
- PENMAN, H.L. (1948): Natural Evaporation from Open Water, Bare Soil and Grass. *Proc. Roy. Meteorol. Soc.*, Vol. 193, 120-145
- PETERS, G.P.; ANDREW, R.M.; BODEN, T.; CANADELL, J.G.; CIAIS, P.; LE QUÉRÉ, C.; MARLAND, G.; RAUPACH, M.R.; WILSON, C. (2013): The challenge to keep global warming below 2 °C. *Nature Climate Change*, Vol. 3, January, 4-6
- PETERSON, N.D.; BROAD, K.; ORLOVE, B.; RONCOLI, C.; TADDEI, R.; VELEZ, M.-A. (2010): Participatory processes and climate forecast use: Socio-cultural context, discussion, and consensus. *Climate and Development*, 2, 1, 14-29 (doi:10.3763/cdev.2010.0033)

- POYDA, A.; REINSCH, T.; KLUB, C.; LOGES, R.; TAUBE, F. (2016): Greenhouse gas emissions from fen soils used for forage production in northern Germany. *Biogeosciences*, 13, 5221-5244
- PRIETZEL, J.; ZIMMERMANN, L.; SCHUBERT, A.; CHRISTOPHEL, D. (2016): Organic matter losses in German Alps forest soils since the 1970s most likely caused by warming. *Nature Geoscience*, 9, 543-548
- RAISSI, F.; MÜLLER, U.; MEESENBURG, H. (2009): Ermittlung der effektiven Durchwurzelungstiefe von Forststandorten. *GeoFakten*, 9, 1-7
- RAMETSTEINER, E. (2001): Gesamteuropäische Kriterien und Indikatoren. Arbeiten sowie weitere Vorhaben im gesamteuropäischen Abstimmungsprozess. *Forst u. Holz*, 56. Jg., 459-463
- REED, M.S. (2008): Stakeholder Participation for Environmental Management: A Literature Review. *Biological Conservation*, 141, 10, October, 2417-2431
- REED, M.; EVELY, A.C.; CUNDILL, G.; FAZEY, I.; GLASS, J.; LAING, A.; NEWIG, J. et al. (2010): What Is Social Learning? *Ecology and Society*, 15
- REGIONALSTATISTIK (2011a): Eigene Berechnung nach Daten www.regionalstatistik.de (Zugriff am 08.12.2011)
- REGIONALSTATISTIK (2011b): Daten www.regionalstatistik.de (Zugriff am 09.11.2011)
- REICHE, E.-W. (1995): Ein Modellsystem zur Erstellung regionaler Wasser- und Stoffbilanzen. In: OSTENDORF, B. (Hrsg.): Räumlich differenzierte Modellierung von Ökosystemen. *Bayreuther Forum Ökologie*, 13, 121-128
- REINECKE, J.; KLEMM, G.; HEINKEN, T. (2011): Veränderung der Vegetation nährstoffarmer Kiefernwälder im nördlichen Spreewald-Randgebiet zwischen 1965 und 2010. *Verh. Bot. Ver. Berlin Brandenburg*, 144, 63-97
- REINECKE, J.; KLEMM, G.; HEINKEN, T. (2014): Vegetation change and homogenization of species composition in temperate nutrient-deficient Scots pine forests after 45 yr. *J. Veg. Sci.*, 25, 113-121 (doi: 10.1111/jvs.12069)
- RICHTER, A.; ADLER, G. H.; FAHRAK, M.; ECKELMANN, W. (2007): Erläuterungen zur nutzungsdifferenzierten Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland BÜK 1000 N. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.). Hannover, 46 S., ISBN 978-3-00-022328-0
- RIEDIGER J.; BRECKLING B.; NUSKE R.S.; SCHRÖDER W. (2014): Will climate change increase irrigation requirements in agriculture of Central Europe? A simulation study for Northern Germany. *Environmental Sciences Europe*, 26, 18, 1-13 (doi: 10.1186/s12302-014-0018-1)
- RIEDIGER, J.; BRECKLING, B.; SVOBODA, N.; SCHRÖDER, W. (2016). Modelling regional variability of irrigation requirements due to climate change in Northern Germany. *Science of the Total Environment*, 541, 329-340
- RIMPAU, J. (2003) Nachhaltigkeit – ein neues Leitbild für die Landwirtschaft. *Initiativen zum Umweltschutz*, 56, 37-49
- RINKER, A. (2001): Beschreibung der Wasser- und Stoffhaushaltsdynamik devastierter Flächen mit dem Simulationsmodell WASMOD am Beispiel des Braunkohlentagebaus Espenhain. Dissertation an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg. <http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/2010/GeowissenschaftenRinkerAndreas194831.pdf> (Zugriff am 25.10.2017)
- RINKER, A.; DEUNERT, F.; SCHRÖDER, W. (2007): Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels auf Phosphat- und Stickstoff-Austräge Schleswig-Holsteinischer Böden. *Proceedings AGIT*, http://www.agit.at/php_files/myAGIT/papers/2007/6139.pdf (Zugriff am 25.10.2017)
- ROEDENBECK, I. (2004): Bewertungskonzepte für eine nachhaltige und umweltverträgliche Landwirtschaft – Fünf Verfahren im Vergleich. *BIOGUM-Forschungsbericht*
- RUPP, H.; PAUL, G.; MEIBNER, R.; OLLESCH, G. (2013): Unterschiede und Gemeinsamkeiten in der Bodenwasserdynamik unterschiedlicher Wald- und Ackerstandorte. *Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG), Böden – Lebensgrundlage und Verantwortung*. 7.-12. September, Rostock, 4 S.
- RÜTER, S. (2011): Welchen Beitrag leisten Holzprodukte zur CO₂-Bilanz? *AFZ/Der Wald*, 15, 15-18

- SCHAFFNER, A.; HÖVELMANN, L. (2009): Der DLG-Nachhaltigkeitsstandard „Nachhaltige Landwirtschaft – zukunftsfähig“. Initiativen zum Umweltschutz, 74, 161-169
- SCHARPF, F.W. (2000): Interaktionsformen. Akteurszentrierter Institutionalismus in der Politikforschung, Opladen
- SCHERFOSE, V. (2011): Das deutsche Schutzgebietssystem – Schwerpunkt: Streng geschützte Gebiete – Aktivitäten der Bundesländer. BFN Skripten, 294, 197 S.
- SCHIERENBECK, H.; LISTER, M. (2002): Risikomanagement im Rahmen der wertorientierten Unternehmenssteuerung. In: HÖLSCHER, R.; ELFGEN, R. (Hrsg.): Herausforderung Risikomanagement. Identifikation, Bewertung und Steuerung industrieller Risiken. Wiesbaden, 181-203
- SCHIMMING, C.-D.; METTE, R.; REICHE, E.-W.; SCHRAUTZER, J.; WETZEL, H. (1995): Stickstoffflüsse in einem typischen Agrarökosystem Schleswig-Holsteins. Messergebnisse, Bilanzen, Modellvalidierung. Z. f. Pflanzenernähr. u. Bodenk., 158, 4, 313-322
- SCHLESINGER, W.M. (1990): Evidence from chronosequence studies for a low carbon-storage potential of soil. *Nature*, 348, 232-234
- SCHMIDT, M. (2010): Ein standortsensitives, longitudinales Höhen-Durchmesser-Modell als Lösung für das Standort-Leistungs-Problem in Deutschland. In: NAGEL, J. (Hrsg.): Jahrestagung der Sektion Ertragskunde des DVFFA in Körbecke, 131-152
- SCHMIDT, M.; FISCHER, P.; GÜNZL, B.; HEINKEN, T.; KELM, H.-J.; MEYER, P.; PRÜTER, J.; WAESCH, G. (2008): Flechten-Kiefernwälder – Artenvielfalt durch alte Nutzungsformen? *AFZ/DerWald*, 8, 424-425
- 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. *Can. J. For Res.*, Vol. 40, 8, 1636-1652 (doi: 10.1139/X10-099)
- SCHMITZ, F.; POLLEY, H.; HENNIG, P.; DUNGER, K.; SCHWITZGEBEL, F. (2008): Die zweite Bundeswaldinventur – BWI2: Inventur- und Auswertungsmethoden; zu den Bundeswaldinventuren 2001 bis 2002 und 1986 bis 1988. Arbeitsber. Inst. Waldökol. Waldinventuren 2008/1, Hamburg: vTI, 85 S.
- SCHULLA, J.; JASPER, K. (2007): Model Description WaSiM-ETH. Technical report. http://www.wasim.ch/de/products/wasim_description.htm
- SCHULLA, J. (2015): Model description WaSiM (Water balance Simulation Model), completely revised version of 2012 with 2013 to 2015 extensions. Hydrology Software Consulting J. Schulla, Regensdorferstrasse 162, CH 8049 Zürich. www.wasim.ch (Zugriff 25.10.2017)
- SCHWOERER, M. (2001): Deutsche Aktivitäten zur Umsetzung der AGENDA 21. *Forst u. Holz*, 56. Jg., 463-466
- SIMPSON, E.H. (1949): Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688, <http://dx.doi.org/10.1038/163688a0> (Zugriff am 25.10.2017)
- SPD; BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN (2013): Erneuerung und Zusammenhalt. Nachhaltige Politik für Niedersachsen. Koalitionsvereinbarung 2013-2018, Hannover
- SPEIDEL, G. (1972): Planung im Forstbetrieb – Grundlagen und Methoden der Forsteinrichtung. Paul Parey, Hamburg/Berlin
- SPELLMANN, H. (2010): Nachhaltige Waldbewirtschaftung auf ökologischen Grundlagen. In: DEPENHAUER, O.; MÖHRING, B. (Hrsg.): Waldeigentum. Bibliothek des Eigentums, Band 8. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 99-116
- SPELLMANN, H. (2013): 300 Jahre forstliche Nachhaltigkeit – „...jede Zeit will ihre Antworten“. *AFZ/Der Wald*, 68. Jg., 11, 14-18
- SPELLMANN, H.; HILLEBRAND, K.; CORNELIUS, P. (2001): Konzept zur Erfassung und Sicherung der Nachhaltigkeit in multifunktional genutzten Wäldern, *Forst u. Holz*, 56. Jg., 469-473
- SPELLMANN, H.; KEHR, I.; HILLEBRAND, K.; SCHÜTZE, C. (2004): Niedersächsische Beiträge in: STOCK, R. (Hrsg.) 2004: Nachhaltige und multifunktionale Forstwirtschaft – ein Verfahrens- und Zustandsvergleich für verschiedene Testregionen in der Bundesrepublik Deutschland. Schriftenreihe „Initiativen zum Umweltschutz“ der DBU, Band 58, 283 S.

- SPELLMANN, H.; SUTMÖLLER, J.; MEESENBURG, H. (2007): Risikovorsorge im Zeichen des Klimawandels. *AFZ/Der Wald*, 23, 1246-1249
- SPELLMANN, H.; ALBERT, M.; SCHMIDT, MAT.; SUTMÖLLER, J.; OVERBECK, M. (2011): Waldbauliche Anpassungsstrategien für veränderte Klimaverhältnisse. *AFZ/Der Wald*, 66 Jg., 11, 19-23
- SRU 1998: Umweltgutachten 1998 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen. Umweltschutz: Erreichtes sichern – Neue Wege gehen. Drucksache des Bundestages 13/10195 vom 03.03.1998
- STATISTIK SACHSEN-ANHALT (2011a): <http://www.statistik.sachsen-anhalt.de/bevoelkerung/prognose/statistik/gem/p5.15082430.html> (Zugriff am 05.12.2011)
- STATISTIK SACHSEN-ANHALT (2011b): <http://www.statistik.sachsen-anhalt.de/bevoelkerung/prognose/statistik/gem/p5.15091060.html> (Zugriff am 05.12.2011)
- STATISTIK SACHSEN-ANHALT (2011c): <http://www.statistik.sachsen-anhalt.de/bevoelkerung/prognose/statistik/gem/p5.15091375.html> (Zugriff am 05.12.2011)
- STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER (2011): Statistik lokal – Daten für die Kreise, kreisfreien Städte und Gemeinden Deutschlands. http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/inhalt_lokal.pdf (Zugriff am 25.10.2017)
- STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER (2012): Internetauftritt. http://www.statistik-portal.de/Statistikportal/de_jb01_jahrtab1.asp (Zugriff am 05.01.2012)
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2010): Erhebung über die Rinderbestände. <https://www.regionalstatistik.de/genesis/online/data;jsessionid=5411B2F7951A2C599C6690CDF17F0304?operation=abruftabelleBearbeiten&levelindex=1&levelid=1452618607638&auswahloperation=abruftabelleAuspraegungAuswahlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&selectionname=115-38-4&auswahltext=%23Z-03.11.2010&werteabruf=Werteabruf> (Zugriff am 13.01.2016)
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2014): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei – Methodische Grundlagen der Agrarstrukturerhebung 2013. Fachserie 3 Reihe 2. S. 5. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- STEVENS, B.M.; GIORGETTA, M.; ESCH, T.; MAURITSEN, T.; CRUEGER, S.; RAST, M.; SALZMANN, H.; SCHMIDT, J.; BADER, K.; BLOCK, R.; BROKOPF, I.; FAST, S.; KINNE, L.; KORNBLUEH, U.; LOHMANN, R.; PINCUS, T.; REICHLER, ROECKNER, E. (2013): Atmospheric component of the MPI-M Earth System Model: ECHAM6, *J. Adv. Model. Earth Syst.*, 5, 146-172 (doi:10.1002/jame.20015)
- STOCK, R. (Hrsg.) (2004): Nachhaltige und multifunktionale Forstwirtschaft – ein Verfahrens- und Zustandsvergleich für verschiedene Testregionen in der Bundesrepublik Deutschland. Schriftenreihe „Initiativen zum Umweltschutz“ der DBU, Band 58, 283 S.
- STRER, M.; SVOBODA, N.; HERRMANN, A. (2014): Can agriculture manage climate change effects? A modelling approach. In: CARLTON, R.; MOHAMMED, S.; STORKEY, J.; TOPP, K.; WEST, J. (Hrsg.): *Agronomic decision making in an uncertain climate*. University of Leeds, Leeds, UK on 19 - 20 June 2014. Association of Applied Biologists, Wellesbourne, 63-70
- SUTMÖLLER, J.; SPELLMANN, H.; FIEBIGER, C.; ALBERT, M. (2008): Der Klimawandel und seine Auswirkungen auf die Buchenwälder in Deutschland. In: NORDWESTDEUTSCHE FORSTLICHE VERSUCHS-ANSTALT (Hrsg.): *Ergebnisse angewandter Forschung zur Buche*. Beiträge aus der NW-FVA, Band 3, 135-158
- SVOBODA, N.; HUFNAGEL, J. (2015): Weniger Wasser für den Silomais – Auswirkungen des Klimawandels auf die Silomaisproduktion in Norddeutschland. In: KAGE, H.; SIELING, K.; FRANCKE-WELTMANN, L. (Hrsg.): *Multifunktionale Agrarlandschaften – Pflanzenbaulicher Anspruch, Biodiversität, Ökosystemdienstleistungen: Kurzfassungen der Vorträge und Poster*; 58. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, 22. bis 24. September 2015, Braunschweig. Halm, Göttingen, 85-86
- SVOBODA, N.; STRER, M.; HUFNAGEL, J. (2015): Rainfed winter wheat cultivation in the North German Plain will be water limited under climate change until 2070. *Environmental Sciences Europe*, 27, 24, 1-7
- THÜNEN-INSTITUT (2014): Dritte Bundeswaldinventur – Ergebnisdatenbank. <https://bwi.info> (Zugriff am 11.06.2016)

- TK (TECHNIKER KRANKENKASSE) (2013): Gesundheitsreport 2013 – Veröffentlichungen zum Betrieblichen Gesundheitsmanagement der TK, Band 28. Hamburg, Techniker Krankenkasse. <http://www.tk.de/centaurus/servlet/contentblob/516416/Datei/83065/Gesundheitsreport-2013.pdf> (Zugriff am 25.02.2015)
- TUOMI, M.; THUM, T.; JÄRVINEN, H.; FRONZEK, S.; BERG, B.; HARMON, M.; TROFYMOW, J. A.; SEVANTO, S.; LISKI, J. (2009): Leaf litter decomposition – estimates of global variability based on YASSO07 model. *Ecological Modelling*, 220, 3362-3371
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2002): BMVEL/UBA-Ammoniak-Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungsszenarien bis zum Jahre 2010. Forschungsbericht 299 42 245/02, Berlin
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2007): Ökonomische Bewertung von Umweltschäden. Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten. Umweltbundesamt, Dessau
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2012): Schätzungen der Umweltkosten in den Bereichen Energie und Verkehr. Empfehlungen des Umweltbundesamtes, Dessau
- UELZEN (2011): <http://www.uelzen.de/desktopdefault.aspx/tabid-3731/> (Zugriff am 16.12.2011)
- UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. Luft, Boden, Abfall, Heft 31
- USEPA (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY) (2016): National Rivers and Streams Assessment 2008-2009: A Collaborative Survey (EPA/841/R-16/007). U.S. Environmental Protection Agency. Office of Water and Office of Research and Development. Washington, DC. March 2016.
- VAN DER WERF, H.M.G.; PETTIT, J. (2002): Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicator-based methods. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93, 131-145
- VAN WAGNER, C.E. (1987): Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System. Canadian Forestry Service, Forestry Technical Report, 35, Ottawa
- VOR, T., SPELLMANN, H., BOLTE, A., AMMER, C. (2015): Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten. Baumartenportraits mit naturschutzfachlicher Bewertung. Göttinger Forstwissenschaften, 7, 296 S.
- WAGNER, S. (2004): Möglichkeiten und Beschränkungen eines funktionsorientierten Waldbaus. *Forst und Holz*, 59, 3, 105-111
- WAGNER, M.; SUTMÖLLER, J.; NAGEL, R.-V.; RUDOLPH, J.; HANSEN, J.H.; AHRENDTS, B.; MEESENBERG, H.; FLECK, S.; SCHELER, B.; EVERS, J.; PAAR, U.; NOLTENSMEIER, A.; NAGEL, J.; SPELLMANN, H.; EICHHORN J. (2016): Zukünftige Entwicklung der Wasserverfügbarkeit und ihre Bedeutung für das Wachstum der Buche in Hessen. In: NORDWESTDEUTSCHE FORSTLICHE VERSUCHSANSTALT (Hrsg.): Gefährdungen der Ökosystemdienstleistungen von Wäldern. Fachtagung vom 9. bis 10. Oktober 2014 in Göttingen. Beiträge aus der NW-FVA, Band 14, 147-172
- WAHMHOFF, W. (2003): Nachhaltigkeit managen mit Indikatoren. *Initiativen zum Umweltschutz*, 56, 13-23
- WALDMANN, F. (2007): Allgemeine Erläuterungen zu den digitalen Bodendaten der Region Mittlerer Oberrhein, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Freiburg
- WARDLE, D.A.; ZACRHISSION, O.; HÖRNBERG, O.; GALLET, C. (1997): The influence of island area on ecosystem properties. *Science*, 227, 1296-1299
- WARDLE, D.A.; HÖRNBERG, G.; ZACKRISSION, O.; KALELA-BRUNDIN, M.; COMMES, D.A. (2003): Long-term effects of wildfire on ecosystem properties across an island area gradient. *Science*, 300, 972-975
- WBA (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT AGRARPOLITIK) (2010): EU-Agrarpolitik nach 2013 – Plädoyer für eine neue Politik für Ernährung, Landwirtschaft und ländliche Räume. WBA, Berlin [http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraeate/Agrarpolitik/Gutachten GAP.pdf?__blob=publicationFile](http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraeate/Agrarpolitik/Gutachten%20GAP.pdf?__blob=publicationFile) (Zugriff am 25.10.2017)

- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (1999): Welt im Wandel – Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken. Jahresgutachten 1998. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 383 S.
- WCED (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT) (1987): Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm> (Zugriff am 05.08.2015)
- WEINGARTEN, P.; BAUHAUS, J.; ARENS-AZEVEDO, U.; WEIGER, H. (2016) Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung. Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft 222
- WEITH, TH.; BESENDÖRFER, C.; GAASCH, N.; KAISER, D.B.; MÜLLER, K.; REPP, A.; ROGGA, S.; STRAUB, C.; ZSCHEISCHLER, J. (Hrsg.) (2013): Nachhaltiges Landmanagement: Was ist das? Diskussionspapier Nr. 10 Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V. (Hrsg.)
- WESSOLEK, G.; DUJNISVELD, W.H.M.; TRINKS, S. (2008): Hydro-pedotransfer functions (HPITFs) for predicting annual percolation rate on a regional scale. *Journal of Hydrology*, 356, Heft 1-2, 17-27
- WESSOLEK, G.; KAUPENJOHANN, M.; RENGER, M. (2009): Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. *Bodenökologie und Bodengene*, Heft 40, TU Berlin, Selbstverlag
- WILHELM, CH.; BERGER, M. (2014): Risikomanagement in privaten Unternehmen – Umgang mit Naturgefahren und Reputationsrisiken. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*: September 2014, Vol. 165, 9, 250-258 (doi: 10.3188/szf.2014.0250)
- WILHELM, S.; MÖHRING, B. (2014) Der Privatwald-Betriebsvergleich Westfalen-Lippe. *AFZ/Der Wald*, 69 Jg., 23, 30-33
- WILLKE, H. (2002): *Dystopia. Studien zur Krisis des Wissens in der modernen Gesellschaft*. Suhrkamp, Frankfurt (a. M.)
- WÖRDEHOFF, R. (2016): Kohlenstoffspeicherung als Teilziel der strategischen Waldbauplanung. Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, Georg-August-Universität Göttingen. 208 S.
- ZANDER, P.; KÄCHELE, H. (1999): Modelling multiple objectives of land use for sustainable development. *Agricultural Systems*, 59, 311-325
- ZAPF, R.; SCHULTHEISS, U.; DOLUSCHITZ, R.; OPPERMAN, R.; DÖHLER, H. (2009): Nachhaltigkeitsbewertungssysteme – Allgemeine Anforderungen und vergleichende Beurteilung der Systeme RISE, KSNL und DLG Zertifizierungssystem für nachhaltige Landwirtschaft, Berichte über Landwirtschaft, Band 87, Landwirtschaftsverlag
- ZSCHEISCHLER, J.; ROGGA, S. (2015): Transdisciplinarity in Land Use Science – A Review of Concepts, Empirical Findings and Current Practices. *Futures*, 65, 28-44

Abkürzungen

AbwAG	Abwasserabgabengesetz
AK	Arbeitskraft
ALh	andere Laubbaumarten mit hoher Umtriebszeit („Edellaubbaumarten“)
ALn	andere Laubbaumarten mit niedriger Umtriebszeit („Weichholzlaubbaumarten“)
AN	Andere Nadelholzarten
BA	Baumarten
BB	Berlin Brandenburg
BbgWG	Brandenburgisches Wassergesetz
BI	Behandlungsindex
BKF	Bodenkundliche Feuchtestufe (Landwirtschaft)
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BT-Drs.	Bundestagsdrucksache
BWaldG	Bundeswaldgesetz
BWI	Bundeswaldinventur
dgÖVF	dunkelgrüne ökologische Vorrangflächen
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
DüV	Düngeverordnung
DWD	Deutscher Wetterdienst
Efm	Erntefestmeter
EFRE	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
EK	Ertragsklasse (Landwirtschaft)
ELER	Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raumes
EstG	Einkommensteuergesetz
EU	Europäische Union
EU FLEGT	Aktionsplan der Europäischen Union: Forest Law Enforcement, Governance and Trade
FF	Fruchtfolge
FFH-Schutzgebiete	Schutzgebiete gemäß der Fauna-Flora-Habitat-Naturschutzrichtlinie der Europäischen Union

FoVG	Forstvermehrungsgutgesetz
FSC	Forest Stewardship Council
FTP	Forest Technology Platform
GAK RP	Rahmenplan der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“
GEK	Gewässerentwicklungskonzept
GFA	Grundwasserflurabstand
GfP	Gute fachliche Praxis
GVE	Großvieheinheiten
HolzSiG	Holzhandels-Sicherungs-Gesetz
hpnV	heutige potenziell natürliche Vegetation
ILE	Integrierte ländliche Entwicklung
InVeKoS	Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KWB	Klimatische Wasserbilanz
LAG	Lokale Aktionsgruppen
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
Lbh	Laubholz
LEADER	Liaison entre actions de développement de l'économie rurale (Förderprogramm der Europäischen Union)
LN	Landwirtschaftliche Nutzfläche
LRT	(FFH-)Lebensraumtypen
LSG	Landschaftsschutzgebiet
LWaldGe	Landeswaldgesetze
Mq	Mittlerer Abfluss
N-Bilanz	Stickstoffbilanz
Ndh	Nadelholz
NI	Niedersachsen
Nj	Nadeljahrgang
NSG	Naturschutzgebiet
NV	Naturverjüngung
NWG	Niedersächsisches Wassergesetz

PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes
pnV	potenziell natürliche Vegetation
PP	Projektpartner
PROFIL Niedersachsen	Programm zur Förderung im ländlichen Raum – Niedersachsen und Bremen
PSM	Pflanzenschutzmittel
RCP	Representative Concentration Pathways nach IPCC
RPG	Regionale Planungsgemeinschaften
RZWas 2008 ST	Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Förderung von wasserwirtschaftlichen Vorhaben – Sachsen-Anhalt
ST	Sachsen-Anhalt
THG	Treibhausgase
THI	Temperatur-Luftfeuchtigkeits-Index
TM	Trockenmasse
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
Vfm	Vorratsfestmeter mit Rinde
WasEE-VO ST	Wasserentnahmeentgeltverordnung für das Land Sachsen- Anhalt
WEA	Windenergieanlagen
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie

Autoren

- Ko** Prof. Dr. Hermann Spellmann, Dr. Georg Leefken,
Robert Nuske, Inge Kehr
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung Waldwachstum, Göttingen
- K1** Prof. Dr. Peter C. Werner
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), Potsdam
- W1a** Prof. Dr. Nicola Fohrer, Dr. Hilmar Messal
*Universität Kiel, Abteilung Hydrologie und Wasservirtschaft des Instituts für
Natur- und Ressourcenschutz, Kiel*
- W1b** Prof. Dr. Ralph Meißner, Dr. Gundula Hauernert
*Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ (Leipzig-Halle),
Department Bodenphysik, Lysimeterstation Falkenberg, Falkenberg*
- F1** Dr. Henning Meesenburg, Dr. Bernd Ahrends,
Dr. Stefan Fleck, Johannes Suttmöller
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung Umweltkontrolle, Göttingen
- F2** Prof. Dr. Ralf Kätzel, Dr. Sonja Löffler, Dr. Jens Schröder
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE), Eberswalde
- F3a** Dr. Katrin Möller, Tim Ziesche
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE), Eberswalde
- F3b** Dr. Gitta Langer
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung Waldschutz, Göttingen
- F4** Prof. Dr. Jürgen Nagel, Dr. Matthias Albert
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung Waldwachstum, Göttingen
- F5** Dr. Peter Meyer, Dr. Marcus Schmidt, PD Dr. Wilfried Hakes
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung Waldwachstum, Göttingen
- F6** Prof. Dr. Bernhard Möhring, Sebastian Ohrmann
*Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung für Forstökonomie und
Forsteinrichtung, Göttingen*
- L1** Prof. Dr. Winfried Schröder, PD Dr. Broder Breckling, Jan Riediger
Universität Vechta, Lehrstuhl für Landschaftsökologie, Vechta
- L2a** Prof. Dr. Andreas von Tiedemann, Dr. Bernd Ulber,
Dr. Mark Winter, Helge Stahlmann
*Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Allgemeine Pflanzenpathologie und
-schutz, Abteilung Agrarentomologie, Göttingen*

- L2b** Prof. Dr. Bärbel Gerowitt, Dr. Sabine Andert, Christoph von Redwitz
Universität Rostock, Professur für Phytomedizin, Rostock
- L3** Johannes Hufnagel, Dr. Nikolai Svoboda
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V., Institut für Landnutzungssysteme, Münchenberg
- L4** Prof. Dr. Johannes Isselstein, Dr. Manfred Kayser,
Markus Eggers, Verena Hammes
Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Graslandwissenschaft, Göttingen/Vechta
- L5** Prof. Dr. Dr. Matthias Gaulty, Dr. Christian Lambertz,
Kerstin Wegner, Daniel Gieseke
Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Produktionssysteme der Nutztiere, Göttingen
- L6** Prof. Dr. Olaf Christen, Jana Dvorák
Universität Halle-Wittenberg, Professur Allgemeiner Pflanzenbau/Ökologischer Landbau, Halle
- L7** Dr. Peter Zander
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V., Institut für Sozioökonomie, Münchenberg
- S1** Prof. Dr. Volkmar Hartje, Dr. Henry Wüstemann
TU Berlin, Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung, FG Landschaftsökonomie, Berlin
- S2** Prof. Dr. Max Krott, Prof. Dr. Michael Böcher
Georg-August-Universität Göttingen, Abteilung Forst-, Naturschutzpolitik und Forstgeschichte, Göttingen
- S3** Dr. Rosemarie Siebert, Tim Barkmann, Andrej Lange
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V., Institut für Sozioökonomie, Münchenberg
- DH** Detlef Tänzer, Melanie Hoffmann
Landkreis Diepholz
- UE** Dr. Jürgen Grocholl, Dorothee Spindelndreher, Annika Oetzmann
Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Bezirksstelle Uelzen
- FL** Harald Knauer, Lydia Stöck
Regionale Planungsgemeinschaft Havelland-Fläming
- OS** Andrej Lange
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V., Institut für Sozioökonomie, Münchenberg

Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt

Band

- 1 (2007) **Clusterstudie Forst und Holz Niedersachsen.** Burkhard Rüter, Jan Hansen, Agatha Ludwig, Hermann Spellmann, Jürgen Nagel, Bernhard Möhring, Matthias Dieter. 92 S.
- 2 (2008) **Die Waldkiefer – Fachtagung zum Baum des Jahres 2007.** Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.). 98 S.
- 3 (2008) **Ergebnisse angewandter Forschung zur Buche.** Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.). 343 S.
- 4 (2008) **Ergebnisse des westdeutschen IUFRO-Küstentannen-Provenienzversuches im Alter 27.** Hans-Martin Rau, Armin König, Wolfhard Ruetz, Hendrik Rumpf, Egbert Schönfelder. 62 S.
- 5 (2010) **Fichtenherkunftsversuch von 1962 und IUFRO-Fichtenherkunftsversuch von 1972. Ergebnisse von mehr als 30-jähriger Beobachtung in Deutschland.** Mirko Liesebach, Hans-Martin Rau, Armin O. König. 467 S.
- 6 (2011) **Kohlenstoffstudie Forst und Holz Niedersachsen.** René Wördehoff, Hermann Spellmann, Jan Evers, Jürgen Nagel. 92 S.
- 7 (2012) **Das digitale Luftbild. Ein Praxisleitfaden für Anwender im Forst- und Umweltbereich.** Arbeitsgruppe Forstlicher Luftbildinterpreten (Hrsg.). 84 S.
- 8 (2012) **Züchtung und Ertragsleistung schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb. Erkenntnisse aus drei Jahren FastWood, ProLoc und Weidenzüchtung. Fachtagung vom 21. bis 22.09.2011 in Hann. Münden.** Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.). 430 S.
- 9 (2012) **SILVAQUA – Auswirkungen forstlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Zustand von Gewässern in bewaldeten Einzugsgebieten am Beispiel der Oker im Nordharz.** Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.). 226 S.
- 10 (2013) **Waldentwicklungsszenarien für das Hessische Ried. Entscheidungsunterstützung vor dem Hintergrund sich beschleunigt ändernder Wasserhaushalts- und Klimabedingungen und den Anforderungen aus dem europäischen Schutzgebietssystem Natura 2000.** Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.). 397 S.

Band

- 11 (2014) **Waldwachstumskundliche Softwaresysteme auf Basis von TreeGroSS – Anwendung und theoretische Grundlagen.** Jan Hansen, Jürgen Nagel. 224 S.
- 12 (2015) **Synopse der Hauptmerkmale der forstlichen Standortskartierungsverfahren der Nordwestdeutschen Bundesländer.** Wolfgang Schmidt, Volker Stüber, Thomas Ullrich, Uwe Paar, Jan Evers, Klaus Dammann, Thomas Hövelmann, Marcus Schmidt. 136 S.
- 13 (2015) **Pilotstudie zu den lokalen Auswirkungen des Klimawandels auf die Forstwirtschaft in ausgewählten Regionen Sachsen-Anhalts.** Stefan Fleck, Matthias Albert, Pavel Plašil, Ralf Nagel, Johannes Suttmöller, Bernd Ahrends, Matthias Schmidt, Jan Evers, Jan Hansen, Marc Overbeck, Wolfgang Schmidt, Hermann Spellmann, Henning Meesenburg. 221 S.
- 14 (2016) **Gefährdungen der Ökosystemdienstleistungen von Wäldern. Fachtagung vom 9. bis 10. Oktober 2014 in Göttingen.** Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.). 185 S.
- 15 (2016) **Waldbodenzustandserhebung für Hessen – Ergebnisse der zweiten Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II).** Uwe Paar, Jan Evers, Inge Dammann, Nils König, Andreas Schulze, Marcus Schmidt, Egbert Schönfelder, Birte Scheler, Thomas Ullrich, Johannes Eichhorn. 466 S.
- 16 (2017) **Hochwertiges Forstvermehrungsgut im Klimawandel. Symposium des Verbundprojektes FitForClim vom 14. bis 15. Juni 2016 in Chorin.** Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.). 185 S.
- 17 (2017) **Waldböden: Nutzung und Schutz. Fachtagung vom 10. bis 11. Oktober 2016 in Göttingen.** Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.). 157 S.

Band

- 18 (2017) **Nachhaltiges Landmanagement im Norddeutschen Tiefland.** H. Spellmann, B. Ahrends, M. Albert, S. Andert, T. Barkmann, M. Böcher, B. Breckling, O. Christen, J. Dvorak, M. Eggers, S. Fleck, N. Fohrer, M. Gauly, B. Gerowitt, D. Gieseke, J. Grocholl, W. Hakes, V. Hammes, V. Hartje, G. Haunert, M. Hoffmann, J. Hufnagel, J. Isselstein, R. Kätzel, M. Kayser, I. Kehr, H. Knauer, M. Krott, C. Lambertz, A. Lange, G. Langer, G. Leefken, S. Löffler, H. Meesenburg, R. Meißner, H. Messal, P. Meyer, B. Möhring, K. Möller, J. Nagel, R. Nuske, A. Oetzmann, S. Ohrmann, C. v. Redwitz, J. Riediger, M. Schmidt, J. Schröder, W. Schröder, R. Siebert, D. Spindelndreher, H. Stahlmann, L. Stöck, J. Suttmöller, N. Svoboda, D. Tänzer, A. v. Tiedemann, B. Ulber, K. Wegner, P.C. Werner, M. Winter., H. Wüstemann, P. Zander, T. Ziesche. 436 S.

Alle Bände der „Beiträge der NW-FVA“ sind auch als freie Onlineversion über die Homepage der NW-FVA (www.nw-fva.de), des Verlags sowie über den Göttinger Universitätskatalog (GUK) bei der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen (<http://www.sub.uni-goettingen.de>) erreichbar. Es gelten die Lizenzbestimmungen der Onlineversion.

Der Klimawandel und die Globalisierung der Märkte beeinflussen zunehmend unsere Gesellschaft. Ein zukunftsfähiges, nachhaltiges Landmanagement hat diesen Entwicklungen Rechnung zu tragen. Es muss sich neu ausrichten und dabei seine Ziele und Maßnahmen so konzipieren, dass es flexibel auf sich ändernde Rahmenbedingungen reagieren kann. Im Verbundprojekt „NaLaMa-nT“ wurden für das Norddeutsche Tiefland in den Modellregionen Diepholz, Uelzen, Fläming und Oder-Spree die Zustände analysiert, modellgestützt Entwicklungen abgeschätzt, Anpassungsnotwendigkeiten in der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft aufgezeigt und transsektorale Kriterien und Indikatoren eines nachhaltigen Landmanagements identifiziert. Die Ergebnisse bieten Entscheidungshilfen, um potenzielle Interessenskonflikte auszugleichen und Anpassungsmaßnahmen sowie ein transsektorales Nachhaltigkeitsmonitoring zu initiieren. Sie schaffen belastbare Grundlagen für raumbezogene Planungen und Entscheidungen in Betrieben, Verwaltungen und der Politik.



GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT
GÖTTINGEN

ISBN: 978-3-86395-342-3
eISSN: 2512-594X

Universitätsdrucke Göttingen