



*NALAMA-nT*

Nachhaltiges  
Landmanagement  
Norddeutsches Tiefland

# NACHHALTIGES LANDMANAGEMENT

Modellregion Uelzen

Entwicklung der Landnutzung  
Schlussfolgerungen

## Projekt- und Regionalpartner:

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Abteilung für Hydrologie und Wasserwirtschaft

Georg-August Universität Göttingen

- Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie
  - Abteilung Forstökonomie und Forsteinrichtung
  - Abteilung Forst- und Naturschutzpolitik und Forstgeschichte
- Fakultät für Agrarwissenschaften
  - Abteilung Tierzucht und Haustiergenetik
  - Abteilung Graslandwissenschaft
  - Abteilung für Allgemeine Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ), Lysimeterstation Falkenberg

Hochschule Vechta, Lehrstuhl für Landschaftsökologie

Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE)

- Fachbereich Waldökologie und Monitoring
- Fachbereich Waldschutz und Wildökologie

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V.

- Institut für Landnutzungssysteme
- Institut für Sozioökonomie

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA), Göttingen

- Abteilung Waldwachstum
- Abteilung Umweltkontrolle
- Abteilung Waldschutz

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

TU Berlin, Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung

Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften

Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Phytomedizin

Landkreis Diepholz

Landkreis Uelzen

Regionale Planungsgemeinschaft Havelland-Fläming

Regionale Planungsgemeinschaft Anhalt-Bitterfeld-Wittenberg

Regionale Planungsgemeinschaft Oderland-Spree

## Herausgeber:

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA)

Grätzelstr. 2, 37079 Göttingen

Tel.: 0551-69401-0, Fax: 0551-69401-160

E-Mail: [zentrale@nw-fva.de](mailto:zentrale@nw-fva.de)

Website: <https://www.nw-fva.de>

Titelfoto: LGRain GmbH ([www.lgrain.de](http://www.lgrain.de))

# Inhalt

1	Das Projekt .....	1
2	Die Modellregion Uelzen.....	2
2.1	Zahlen und Fakten .....	2
2.2	Sichtweisen zur Landnutzung .....	4
3	Klimaentwicklung.....	6
4	Entwicklung der Landnutzung.....	9
4.1	Szenarien.....	9
4.2	Wasserhaushalt .....	11
4.3	Forstwirtschaft.....	13
4.4	Landwirtschaft .....	23
5	Politische Instrumente .....	28
5.1	Einschätzung des regionalen Leitbildes vor dem Hintergrund der politischen Rahmenbedingungen.....	28
5.2	Mögliche politische Anknüpfungspunkte für die Umsetzung der regionalen Leitbilder .....	28
6	Folgerungen für ein nachhaltiges Landmanagement .....	30
7	Quellen.....	33
8	Fachbegriffe .....	36
9	Anhang .....	39

# 1 Das Projekt

Das Verbundprojekt Nachhaltiges Landmanagement im norddeutschen Tiefland (NaLaMa-nT) hatte sich zum Ziel gesetzt, eine Wissens- und Entscheidungsgrundlage für ein nachhaltiges Landmanagement im Untersuchungsraum unter heutigen und künftigen Rahmenbedingungen zu erarbeiten. Hierfür wurde der Zeitraum von 2011 bis 2070 betrachtet. Gleichzeitig sollte die angewandte Forschung stärker mit den Akteuren in den Regionen vernetzt werden.

„Nachhaltiges Landmanagement“ wurde im Projekt 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.

In den Jahren 2010 bis 2015 arbeiteten insgesamt 21 wissenschaftliche Arbeitsgruppen aus 11 Forschungseinrichtungen der Land-, Forst- und Wasserwirtschaft, der Klimatologie sowie der Sozioökonomie gemeinsam mit 4 Arbeitsgruppen aus Kommunalverwaltungen bzw. regionalen Planungsgemeinschaften in ausgewählten Modellregionen (siehe Abbildung 1) zusammen. Eine dieser Modellregionen ist die Region Uelzen.

Gefördert wurde das Projekt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Forschungsfördermaßnahme „Nachhaltiges Landmanagement“ als Teil des Rahmenprogrammes „Forschung für Nachhaltige Entwicklung“ (FONA).

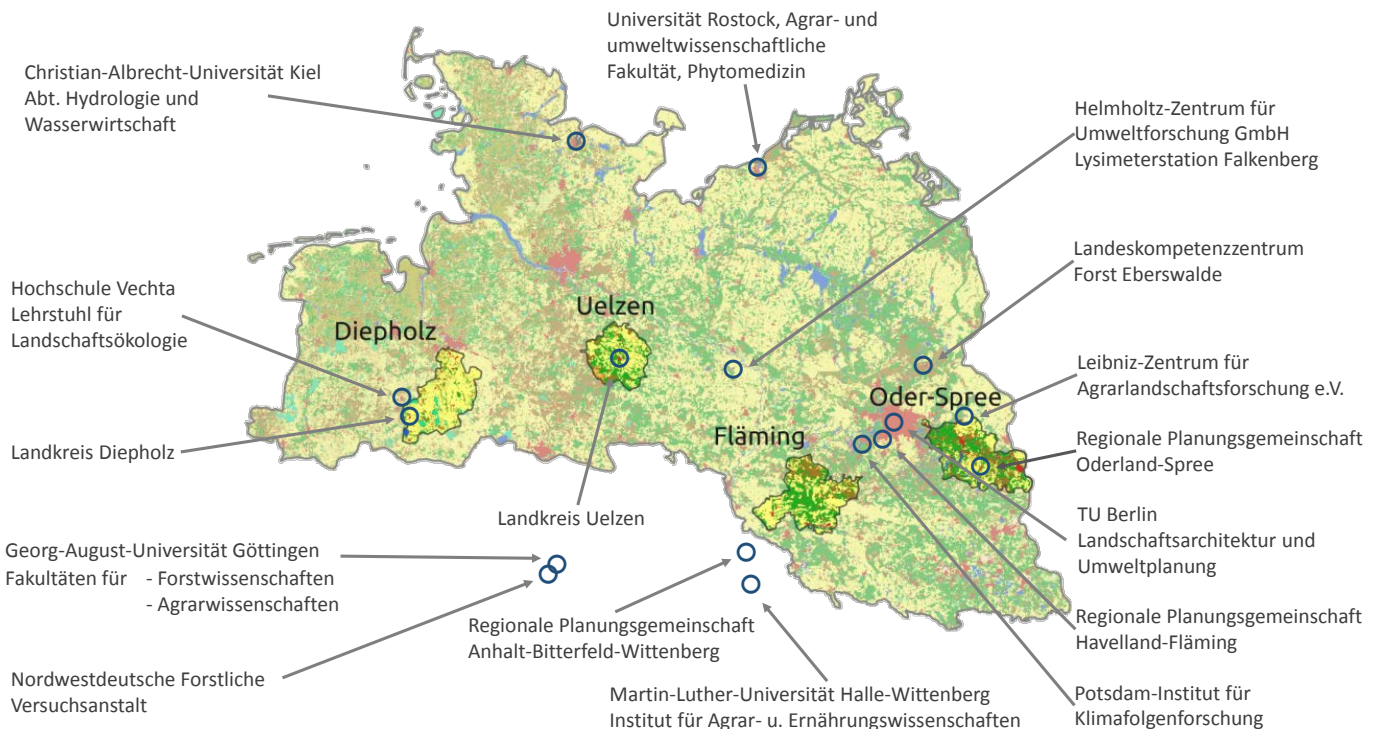


Abbildung 1: Untersuchungsraum norddeutsches Tiefland, Modellregionen und am Projekt beteiligte wissenschaftliche und regionale Institutionen.

## 2 Die Modellregion Uelzen

### 2.1 Zahlen und Fakten

Der Landkreis Uelzen liegt im Osten Niedersachsens, südlich der Hansestadt Hamburg, von der er noch durch den Landkreis Lüneburg getrennt wird. Mit 1.450 km<sup>2</sup> 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. In der Modellregion leben ca. 94.000 Einwohner, dies entspricht 64,7 Einwohner pro Quadratkilometer (siehe Tabelle 1).

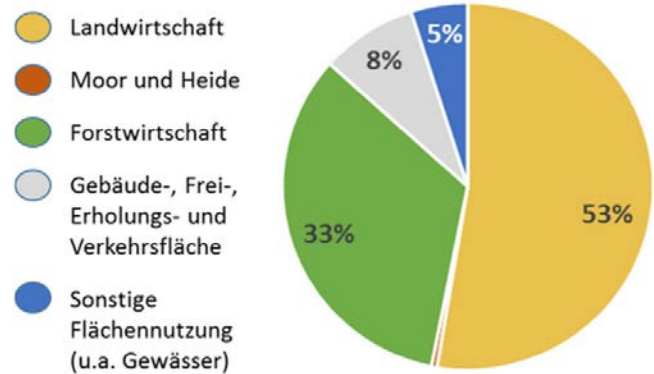


Abbildung 2: Flächenanteile der Landnutzungen in der Modellregion Uelzen.

Tabelle 1: Strukturdaten der Modellregion Uelzen.

<b>Basisdaten</b>	
Fläche <sup>1</sup>	1.454,1 km <sup>2</sup>
Einwohnerzahl <sup>2</sup>	94.020
Bevölkerungsdichte <sup>2</sup>	64,7 EW/km <sup>2</sup>
prognostizierte Bevölkerungsentwicklung <sup>3</sup>	- 14,6 % (2009-2030)
Pendlersaldo <sup>4</sup>	-3.536
<b>Flächennutzung (2011)<sup>1</sup></b>	
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 %)
<b>Beschäftigung</b>	
Erwerbstätige (2009) <sup>5</sup>	39.600
Erwerbstätige in der Land-, Forstwirtschaft und Fischerei	2.600 (6,6%)
Erwerbstätige im produzierenden Gewerbe (einschl. Bau)	7.500 (18,9%)
Erwerbstätige im Bereich Dienstleistungen	29.500 (74,5%)
<b>Landwirtschaft (2010)<sup>6</sup></b>	
Fläche Ackerland	67.407 ha
Fläche Dauergrünland	7.013 ha
Anzahl Betriebe	859 Betriebe
Betriebe mit Viehhaltung	538 Betriebe mit 22.400 GV
	0,28 GV / ha <sub>LF</sub> (2010) <sup>7</sup>
	233 Rinder-, 176 Schweine-, 185 Pferde-, 62 Schaf- und 128 Geflügelhalter
<b>Forstwirtschaft</b>	
Fläche Forstwirtschaft (2011) <sup>1</sup>	48.692 ha
<b>Wirtschaft</b>	
Bruttowertschöpfung (2009) <sup>8</sup>	1,95 Milliarden €
Arbeitslosenquote (2010) <sup>9</sup>	8,1 %

<sup>1</sup> vgl. LSKN-Online 2011a

<sup>2</sup> vgl. LSKN-Online 2011b

<sup>3</sup> vgl. LSKN 2011

<sup>4</sup> LSKN-Online 2011c

<sup>5</sup> Regionalstatistik 2011a

<sup>6</sup> LSKN 2007

<sup>7</sup> LSKN 2010

<sup>8</sup> Regionalstatistik 2011b

<sup>9</sup> vgl. Arbeitsagentur 2011

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.

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).

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 Uelzen betreibt.



Feldberegnung in Uelzen (Bild: LWK Niedersachsen).

## 2.2 Sichtweisen zur Landnutzung

Unter Landnutzung bzw. der Nutzung des ländlichen Raumes wird nicht nur die direkte Nutzung des Bodens durch Land-, Forst- und Wasserwirtschaft verstanden, auch wenn diese Bereiche den ländlichen Raum stark prägen. Hierzu gehören u. a. auch die Bedürfnisse und Anforderungen seitens der Bevölkerung an die Erholung sowie den Natur- und Landschafts(bild)schutz.

Um die aktuellen Sichtweisen der im Bereich der Landnutzung handelnden Personen möglichst zutreffend zu beschreiben, wurden im Rahmen des Projektes zunächst wichtige Vertreter der Landnutzung und anschließend deren vorrangigen Interessen (Themen) identifiziert (siehe Abbildung 3).



Abbildung 3: Akteursgruppen in der Modellregion Uelzen und ihre (Nutzungs-)Interessen und Präferenzen. (WRRL = Wasserrahmenrichtlinie der EU, FFH = Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie der EU).

Im Rahmen von Workshops entstanden drei sektorale Leitbilder mit Zielvorstellungen für die Sektoren Wasserwirtschaft, Landwirtschaft und Forstwirtschaft (siehe Kasten). Gemeinsam erarbeiteten die regionalen Stakeholder, moderiert durch einen Projektpartner, auf Grundlage dieser sektoralen Zielvorstellungen das gemeinsame regionale Leitbild.

**Leitbild Landwirtschaft:** Für die Vertreter des Sektors Landwirtschaft wird die Grundlage der zukünftigen Landnutzung im Landkreis Uelzen durch eine mit schlagkräftigen Betriebsstrukturen auf adäquaten Schlägen wirtschaftende Landwirtschaft gebildet, die mit ausreichenden, jedoch 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.

#### **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.



### 3 Klimaentwicklung

Zur Abschätzung des Klimaeinflusses auf die zukünftige Entwicklung der Landnutzung wurde im Rahmen des Projektes NaLaMa-nT das IPCC Szenario „RCP 8.5“ verwendet (IPCC 2013, Moss et al. 2010, VAN VUUREN et al. 2011). Dieses Szenario unterstellt einen starken Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in den nächsten Jahrzehnten (siehe Abbildung 4). Eine Regionalisierung der Klima-Projektion des Globalmodells ECHAM6 (STEVENS et al. 2013) für Deutschland wurde mit dem Modell STARS (ORLOWSKY et al. 2008) vorgenommen.

Die innerhalb des Zeitraums von 1991 bis 2012 für das Szenario angenommene CO<sub>2</sub>-Entwicklung zeigt den gleichen Verlauf, wie die tatsächlich in dem Zeitraum gemessenen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die beobachteten Werte lagen sogar etwas über denen des Szenarios RCP 8.5. Die Werte für das mittlere RCP 4.5-Szenario liegen ab 2005 deutlich unterhalb der aktuellen Emission. Dies gilt auch für die Szenarien RCP 3-PD und RCP 6. Falls der Trend der CO<sub>2</sub>-Emissionen anhält, kann das seinerzeit vom IPCC als eher extrem eingeschätzte Szenario RCP 8.5 als durchaus realistisch angesehen werden.

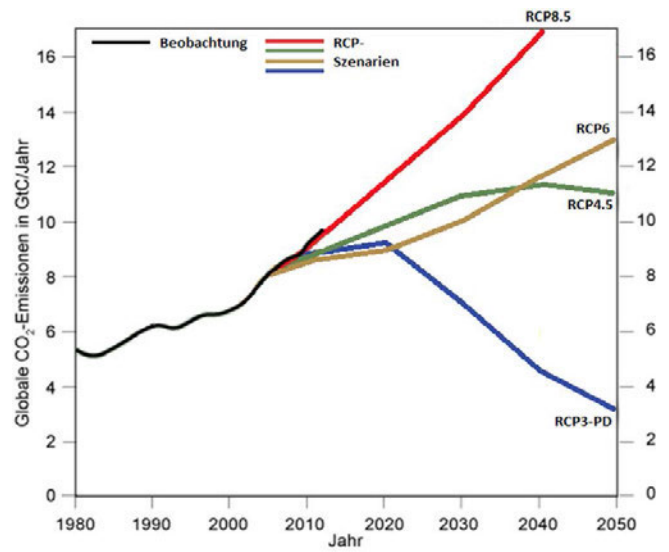


Abbildung 4: Gemessene (schwarze Linie) und entsprechend den RCP-Szenarien vorgegebene globale CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr für den Zeitraum 1980 bis 2050 (PETERS et al. 2013, verändert).

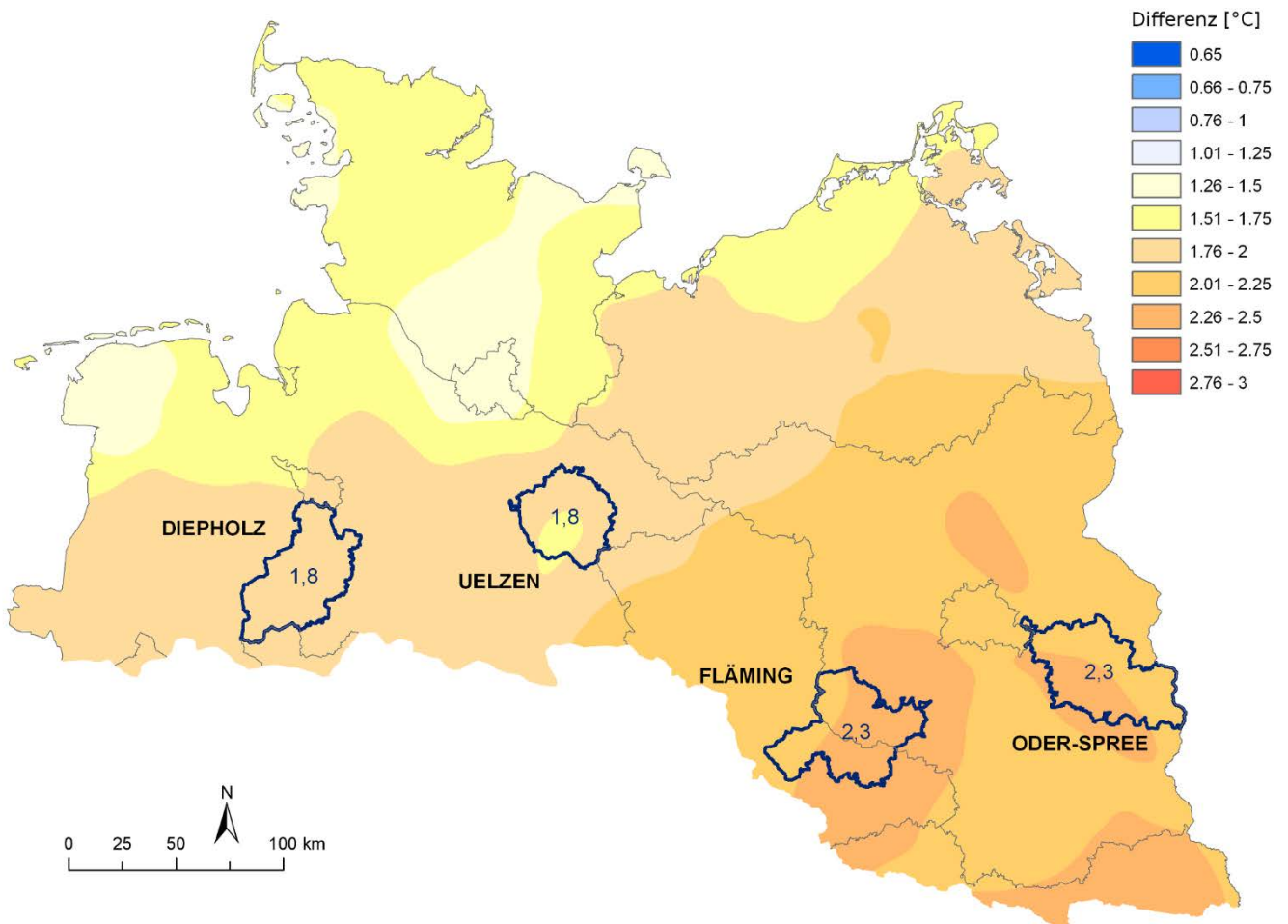


Abbildung 5: Änderung der mittleren Jahresmitteltemperatur (2051-2070 im Vergleich zu 1991-2010).

## Lufttemperatur

Für die Modellregion Uelzen weisen die in den Jahren 1951-2010 gemessenen Jahresmitteltemperaturen einen Anstieg um ca. 1,4 °C aus. Die Klimaprojektionen 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 (vgl. Tabelle 2), sodass es dann in der Modellregion Uelzen insgesamt um etwa 3,2 °C wärmer sein wird als zur Mitte des 20. Jahrhunderts.

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 %, vgl. Tabelle 2) in der Zukunft deutlich zunehmen werden.

Die Erwärmung führt erwartungsgemäß auch zu einer verringerten Kältebelastung im Winter. Die Frosttage gehen folglich 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 Vegetationsdauer.

*Tabelle 2: 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	in Prozent
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	---
Sommersmittel Tmax (°C)	2,8	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 Kysely-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 (Tage)	170,6	203,0	32,4	19,0
Mittlere Schneedeckenhöhe (cm)	5,9	8,4	2,5	42,4
Anzahl der 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

## Niederschlag

In der Modellregion Uelzen fallen derzeit (1991-2010) durchschnittlich 727 mm Jahresniederschlag (siehe Tabelle 2). Dies ist im Vergleich zur übrigen norddeutschen Tiefebene ein relativ hoher Wert. Daran wird sich zukünftig auch kaum etwas ändern. Im Gegensatz zu dem rückläufigen Trend in den anderen Modellregionen, werden 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 %, siehe Tabelle 2).

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 (KWB = Niederschlag minus potentieller Verdunstung). Auf das Jahr bezogen ist diese Bilanz in großen Teilen 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 zukünftig weiter schrumpfen (-168 mm in 20170; siehe Tabelle 2).



Wolken über Uelzen (Bild: Inge Kehr, NW-FVA).

## 4 Entwicklung der Landnutzung

### 4.1 Szenarien

#### Entwicklungspfade der Landnutzung

Die Entwicklung der Landnutzung in einer Region wird nicht nur vom zukünftigen Klimageschehen beeinflusst, sondern unterliegt auch externen Einflüssen wie z. B. politischen Entscheidungen, den vielseitigen Abhängigkeiten von den Weltmärkten und der Bevölkerungsentwicklung.

Für die zwei Hauptakteure der Landnutzung Land- und Forstwirtschaft wurden daher verschiedene Entwicklungen in Form von Szenarien beschrieben und ihre Auswirkungen auf die Entwicklung in den ländlichen Räumen mit Hilfe von Modellen eingeschätzt. Es handelt sich hierbei um die sich jeweils deutlich voneinander unterscheidenden Entwicklungspfade „Referenz“, „Biodiversität“ und „Klimaschutz“. Der Referenzpfad gilt als Basis (sog. „Baseline“), dem die beiden Pfade „Biodiversität“ und „Klimaschutz“ gegenübergestellt werden.

Der Referenzpfad soll die Fortsetzung der derzeitigen ertragsorientierten Land- und Forstwirtschaft abbilden. Dagegen werden beim Entwicklungspfad „Biodiversität“ naturschutzfachliche Anforderungen stärker berücksichtigt, wie z. B. die zielorientierte Bewirtschaftung ökologischer Vorrangflächen auf 10 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche oder die Ausrichtung der Baumartenwahl an den Baumarten der natürlichen Waldgesellschaften und ein hoher Anteil alter Waldbestände mit entsprechenden

Totholzanteilen. Beim Entwicklungspfad „Klimaschutz“ wird eine Landnutzung unterstellt, welche vorrangig die Emission von Treibhausgasen, insbesondere von Kohlendioxid, deutlich reduziert. Dies beinhaltet u. a. den Ersatz der Düngung mit mineralischem Stickstoff durch den Anbau von Leguminosen auf 20 % der Ackerfläche, die Umwandlung nasser und stark humoser Ackerflächen in extensives Dauergrünland oder die Bevorzugung von Mischbeständen mit führenden Nadelbaumarten bei der Verjüngung zur Erhöhung der stofflichen Holznutzung (siehe Abbildung 6).

#### Bewertung der Landnutzungsentwicklung

Die aktuellen Zustände sowie die modellierten zukünftigen Entwicklungen der Landnutzung in den Modellregionen werden anhand ausgewählter Nachhaltigkeitskriterien und -indikatoren zahlenmäßig beschrieben (siehe Tabelle 3 und Tabellen im Anhang). Diese lassen sich bewerten und gewichten, über die Sektorengrenzen zusammenführen und ermöglichen eine Beurteilung der Entwicklung der Landnutzung. Auf dieser Grundlage können dann der Zustand und die Entwicklung der Region analysiert, bestehende Leitbilder diskutiert und ggf. erforderliche Anpassungsstrategien abgeleitet werden.

Tabelle 3: Übersicht der Nachhaltigkeitskriterien und -indikatoren des Projekts NaLaMa-nT.

Kriterien	Indikatorgruppen	Indikatoren
1. Ressourcen	Fläche, Boden, Wald, Wasser	14
2. Stabilität	Ausfälle u. Gegenmaßnahmen, Bodenzustand, THG-Emissionen	12
3. Produktivität	Biomasseproduktion, Wassermenge	5
4. Beschäftigung	Beschäftigung	1
5. Regionale Wertschöpfung	Wertschöpfung	4
6. Naturschutz	Vorrangflächen, Vielfalt, Naturnähe	6
7. Lebensqualität	Stadt-Land-Vergleich	4



Abbildung 6: Die Entwicklungspfade der Landnutzung im Projekt NaLaMa-nT.



Im Projekt betrachtete Sektoren Land-, Forst-, und Wasserwirtschaft (Zeichnung: Georg Leefken, NW-FVA).

## 4.2 Wasserhaushalt

Der Landkreis 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 Beregnungswasser wird zumeist aus Grundwasserbrunnen gewonnen.

### Grundwasserneubildung

Die Grundwasserneubildung liegt unter heutigen Klimabedingungen bei 250 mm/a. Zukünftig bleiben die Grundwasserneubildungsraten trotz deutlich erhöhter atmosphärischer Verdunstung weitgehend stabil und gehen lediglich moderat zurück (vgl. Abbildung 7).

### Nitrat im Sickerwasser

Die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser werden überwiegend durch Einträge aus der Landwirtschaft bestimmt, hier vor allem durch die Stickstoff-Düngung. Die Konzentrationen im Sickerwasser werden auf Grund der sinkenden Grundwasserneubildung (Rückgang des Verdünnungseffektes) steigen. Nachfolgend werden die modellierten Ergebnisse zur Entwicklung der Nitratgehalte im Sickerwasser jeweils getrennt für Forst- und Landwirtschaft dargestellt.

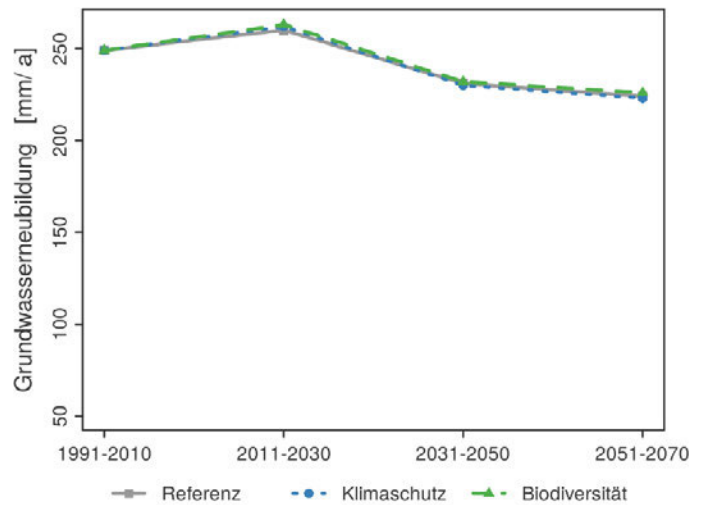
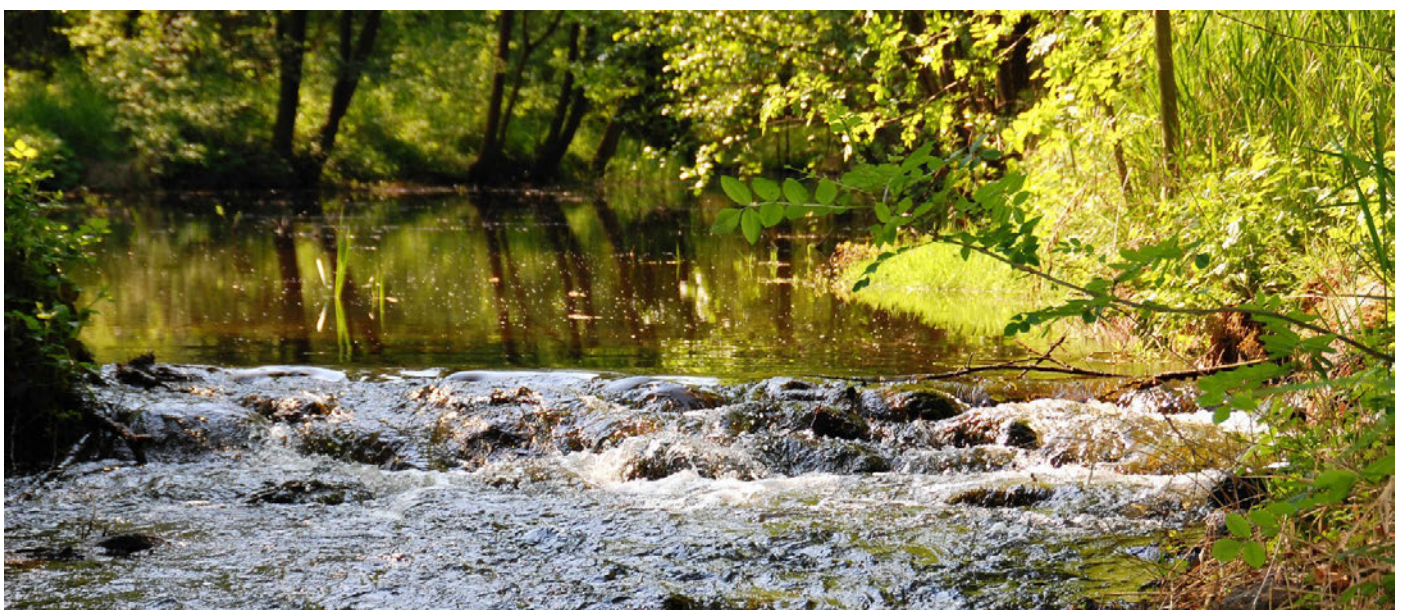


Abbildung 7: Erwartete Entwicklung der Grundwasserneubildung (alle Landnutzungsformen).

### *Wald*

Im Landkreis Uelzen sind die aktuellen Nitratkonzentrationen im Sickerwasser unter Wald gering (7,1 mg NO<sub>3</sub>/l). Sie sinken aufgrund leicht zurückgehender Depositionsraten bei zunächst leicht steigenden Sickerwassermengen in naher Zukunft zunächst noch etwas (5,7 mg NO<sub>3</sub>/l, 2011-2030, siehe Abbildung 8). Danach bewirken jedoch der klimabedingt beschleunigte Humusabbau und der gleichzeitige Rückgang der Sickerwassermengen einen vergleichsweise deutlichen Anstieg der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser bis auf 22,3 mg NO<sub>3</sub>/l (Referenzpfad 2070).



Aue bei Lüder (Bild: Daniela Behrns)

Dieser Anstieg erfolgt im Klimaschutzpfad noch deutlicher (bis zu 35,5 mg NO<sub>3</sub>/l), weil der dort schneller fortschreitende Waldumbau den Humusabbau beschleunigt. Im Gegensatz hierzu verringert der langsamer fortschreitende Waldumbau der Wälder im Biodiversitätspfad den Humusabbau. Dadurch steigen hier die Nitratkonzentrationen zum Ende des Betrachtungszeitraumes nur auf 14,7 mg NO<sub>3</sub>/l an.

Da insbesondere der Temperatureinfluss auf den Abbau unterschiedlich stabiler Fraktionen der organischen Substanz im Boden in der wissenschaftlichen Literatur zum Teil noch sehr konträr diskutiert wird, muss bei den hier vorgestellten Projektionen der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser von einer großen Unsicherheit ausgegangen werden.

#### Landwirtschaftlich genutzte Flächen

Die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser unter den landwirtschaftlich genutzten Flächen in der Modellregion liegen bei Fortführung der bisherigen Wirtschaftsweise und unter Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen (Referenzpfad) während des gesamten Betrachtungszeitraumes bei 113 bis 122 mg NO<sub>3</sub>/l (siehe Abbildung 9; zzt. kein Grenzwert für Sickerwasser, Trinkwassergrenzwert derzeit: 50 mg NO<sub>3</sub>/l). Die Nitratfrachten liegen im Beobachtungszeitraum bei 93 bis 100 kg/ha (Grenzwert für Bilanzüberschüsse nach Düngeverordnung: 60 kg/ha).

Die Konzentrationen in den Entwicklungspfaden Klimaschutz (97 %) und Biodiversität (98 %) sind geringfügig geringer als im Referenzpfad und zeigen eine vergleichbare Entwicklung über die Zeit. Die geringen Veränderungen im zeitlichen Verlauf sind dabei zu vernachlässigen.

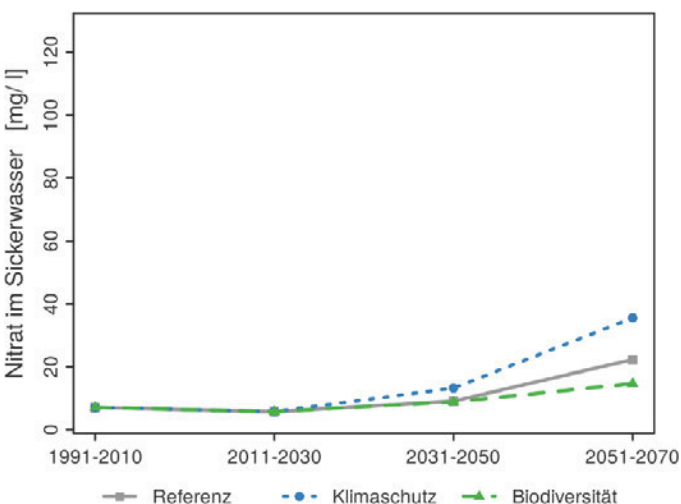


Abbildung 8: Entwicklung des Nitratgehalts im Bodensickerwasser unter Wald.

#### Nitrat im Grundwasser und in Fließgewässern

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 über den gesamten Simulationszeitraum durchschnittlich um 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 Simulationszeitraumes (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 ganzen Simulationszeitraums höher (um 14 %) als im Status quo Zeitraum.

#### Phosphat in Fließgewässern

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 verringernden, Gewässerrandstreifen ein von Anfang an geringeres Niveau der Phosphatkonzentrationen zu erwarten, hier beträgt die Abnahme insgesamt 41 %.

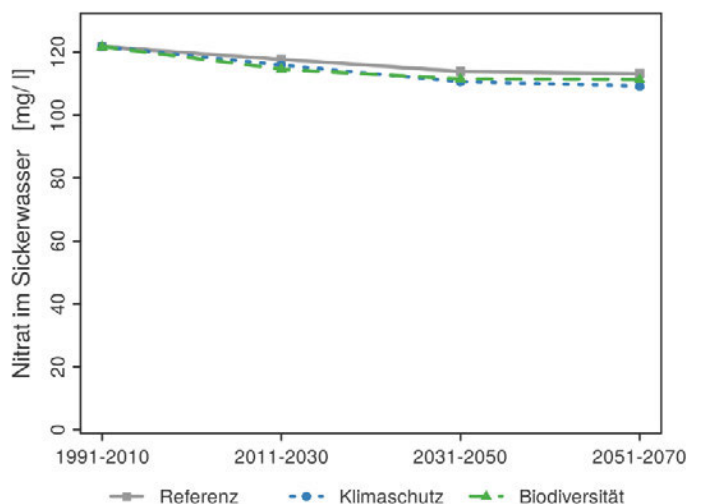


Abbildung 9: Entwicklung des Nitratgehalts im Bodensickerwasser unter landwirtschaftlich genutzten Flächen (Acker und Grünland).

## 4.3 Forstwirtschaft

### Der aktuelle Waldzustand

Auf rund 33 % der Fläche des Landkreises Uelzen 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.

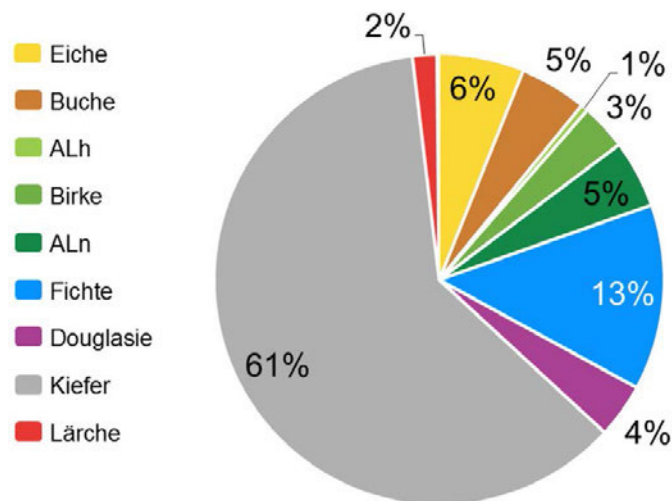


Abbildung 10: Derzeitige Flächenanteile der Baumarten.

Bei den Baumarten dominiert die Waldkiefer mit einem Anteil von 61 % an der Waldfläche. Nennenswerte Flächenanteile haben aktuell noch die Fichte mit im Vergleich zu den anderen Modellregionen hohen 13 % und die Eiche mit 6 %. Von den Nadelbaumarten ist weiterhin die Douglasie (4 % Flächenanteil) zu erwähnen. Bei den Laubbaumarten nehmen die sogenannten Weichlaubhölzer (ALn und Birken) insgesamt 8 % der Waldfläche ein (siehe Abbildung 10).

Die Altersstruktur der Wälder in der Modellregion Uelzen ist derzeit unausgeglichen und weist einen deutlichen Überhang von 40- bis 80-jährigen Beständen auf (siehe Abbildung 14).

### Die zukünftige Waldentwicklung

Die Auswirkungen der Entwicklungspfade auf die Indikatoren wurden zunächst losgelöst von den sich ändernden Trockenstressrisiken der Baumarten betrachtet, um die Effekte besser interpretieren zu können. Die Fortschreibung der Waldbestände erfolgte mit dem Wachstumsimulator WaldPlaner (HANSEN und NAGEL 2014). Bestimmte Bestandeskennwerte fanden Eingang in die Wasserhaushaltsmodellierung mit WaSim-ETH (SCHULLA und JASPER 2007) deren Ergebnisse wiederum in die Stoffhaushaltsmodelle einfließen.

### Referenz

Bei Fortsetzung der forstlichen Bewirtschaftung nach ihrer bisherigen Ausrichtung kommt es – bei Vernachlässigung des Trockenstressrisikos – 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 geht vor allem zu Lasten der Kiefer, nachfolgend aber auch der Fichte. Der Flächenanteil der Kiefer wird in der Folge um 18 % abgesenkt. Die Buchen werden jedoch im Regelfall nur als Beimischung zur Douglasie gepflanzt, um den Anteil reiner Douglasienbestände aus ökologischen Gründen zu verringern. 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 angebaut (siehe Abbildung 14).

Über den gesamten Projektionszeitraum betrachtet, steigt die Holznutzung deutlich (siehe Abbildung 13). Dennoch nehmen zumindest mittelfristig auch die Bestandesvorräte zu (siehe Abbildung 11). 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).

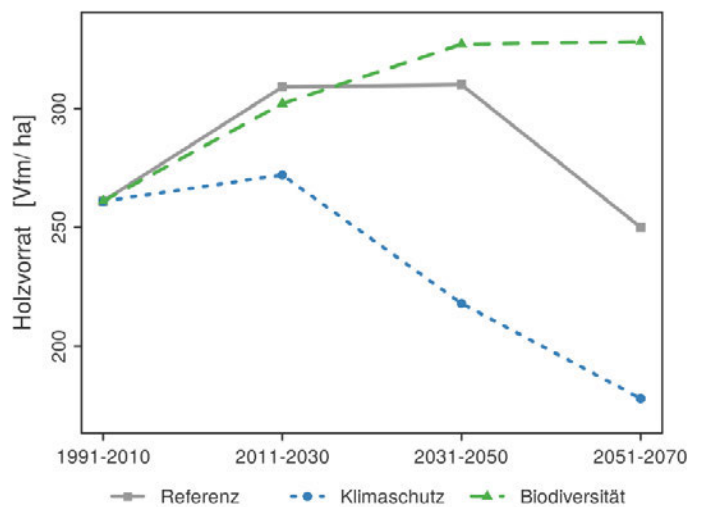


Abbildung 11: Entwicklung des Bestandesvorrates (Vfm = Vorratsfestmeter = m<sup>3</sup> mit Rinde).



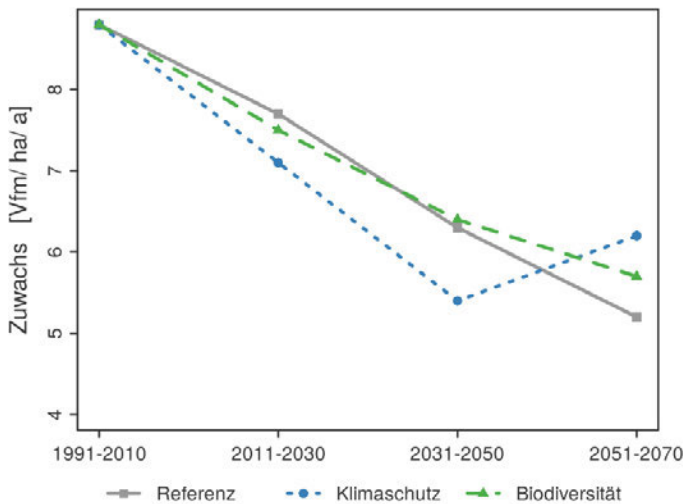


Abbildung 12: Entwicklung des laufenden Zuwachses (Vfm = Vorratsfestmeter =  $m^3$  mit Rinde).

Beim Zuwachs sieht die Entwicklung jedoch 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 (siehe Abbildung 12). Die deutliche Reduzierung des Zuwachses beruht u. a. auch auf der stärkeren Abnutzung und Umwandlung der älteren Kiefernbestände insbesondere zum Ende des Betrachtungszeitraumes sowie der Erhöhung der Laubbaumanteile, die im Vergleich zu den meisten Nadelbaumarten langsamer wachsen.

#### Biodiversität

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 (siehe Abbildung 13).

Auf Grund der geringeren Holznutzung erhöht sich das Durchschnittsalter der Bestände von derzeit knapp 60 auf knapp 90 Jahre in 2070. Gemäß des Durchschnittsalters der Bestände 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 (siehe Abbildung 14).

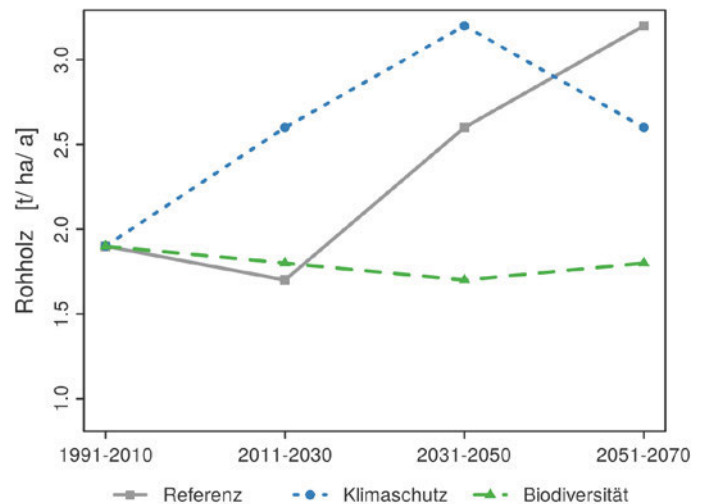


Abbildung 13: Entwicklung des geernteten Rohholzes (in Tonnen reiner, trockener Holzsubstanz).

#### 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 zu Gunsten der Douglasie, folgt aber auch eine Ausweitung der Buchenanteile. Die Buche wird in vielen Fällen den Nadelbaumarten beigemischt (siehe Abbildung 14).

Diese Umbaumaßnahmen bewirken mittelfristig eine spürbare Reduktion des laufenden Zuwachses (siehe Abbildung 12) und ein starkes Absinken des Bestandesvorrates (siehe Abbildung 11). Zum Ende des Betrachtungszeitraumes deutet sich jedoch eine Umkehr dieser Entwicklung an, 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, dem kontinuierlichen Vorratsabbau und den hohen Entnahmemengen in allen drei Projektionszeiträumen deutlich wird (siehe Abbildung 13). Der Waldumbau drängt die dominierende Kiefer zu Gunsten der ertragsstarken Mischbestände aus Douglasie und Buche zurück. Dabei entsteht bis 2070 ein deutlicher Überhang der Jungbestände bis Alter 60.

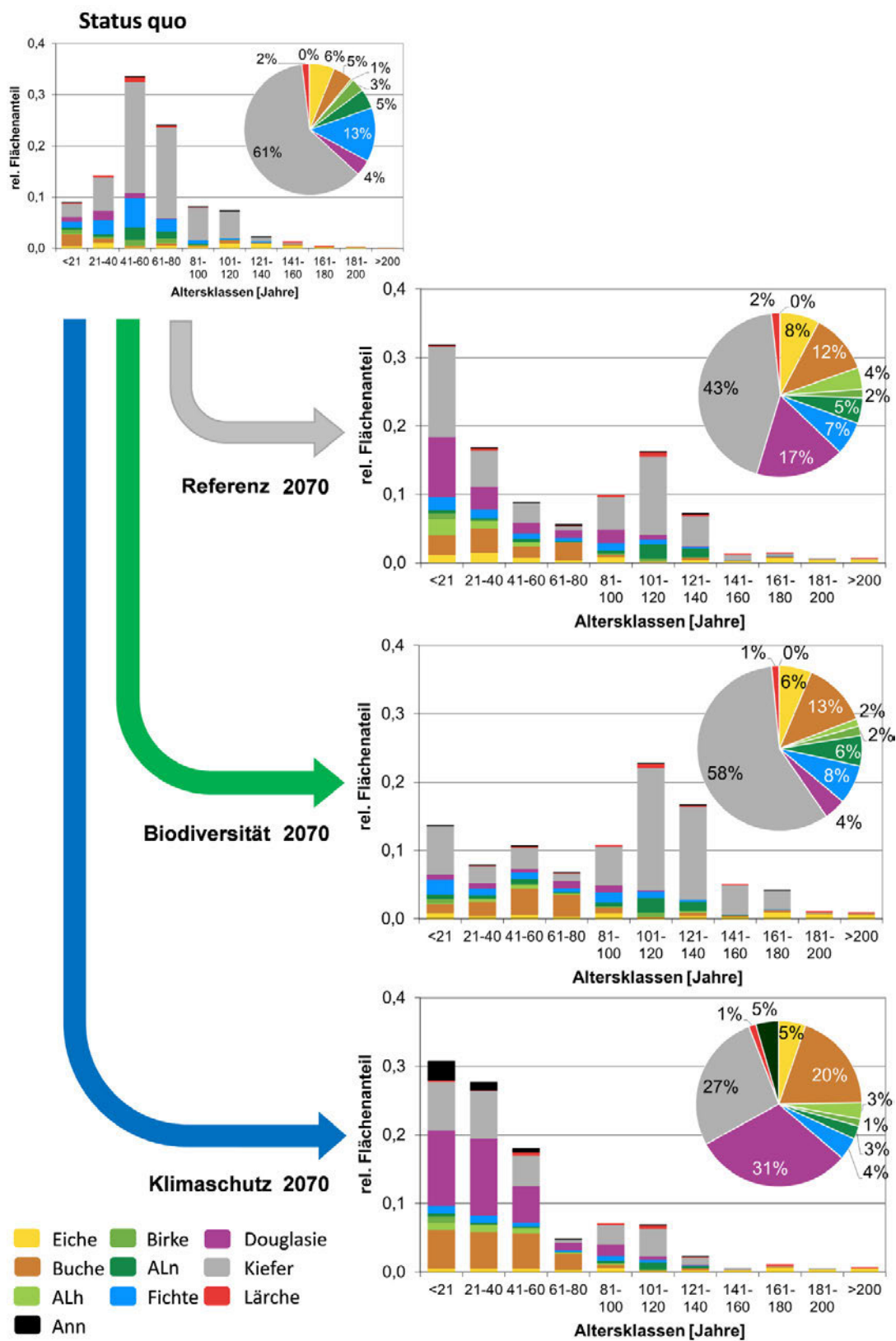


Abbildung 14: Flächen- und Altersklassenverteilung zum Status quo sowie in den drei Szenarien Referenz, Biodiversität und Klimaschutz im Jahr 2070 (ALh = anderes Laubholz mit hoher Umtriebszeit, ALn = anderes Laubholz mit niedriger Umtriebszeit, Ann = anderes Nadelholz).

## Zukünftige Risiken der Forstwirtschaft

### Sturmschäden

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 Windwurfisiko 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 Windwurfisiko mit der Bestandeshöhe steigt. Dabei führen die unterschiedlichen Bewirtschaftungsszenarien zu keinem unterschiedlichen Ergebnis.

### Trockenstress

Unter den heutigen Klimabedingungen ist die Standortwasserbilanz (Summe aus Klimatischer Wasserbilanz in der Vegetationsperiode und der nutzbaren Feldkapazität) für die Wälder in der Region der Modellregion Uelzen 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 (siehe Abbildung 16). Hierbei handelt es sich ausschließlich um Bestände mit führender Fichte.

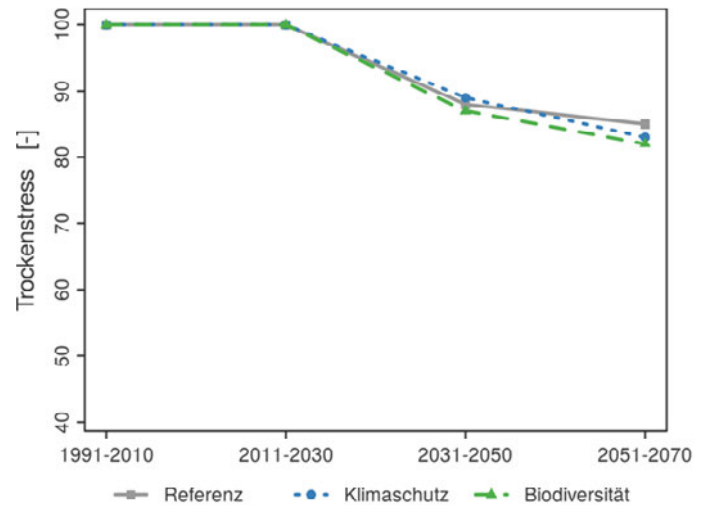


Abbildung 15: Entwicklung des Trockenstressrisikos (0 = extrem, 100 = nicht vorhanden).

Bis zum Jahr 2070 sinkt jedoch die Standortwasserbilanz kontinuierlich auf -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 ab (siehe Abbildung 15).

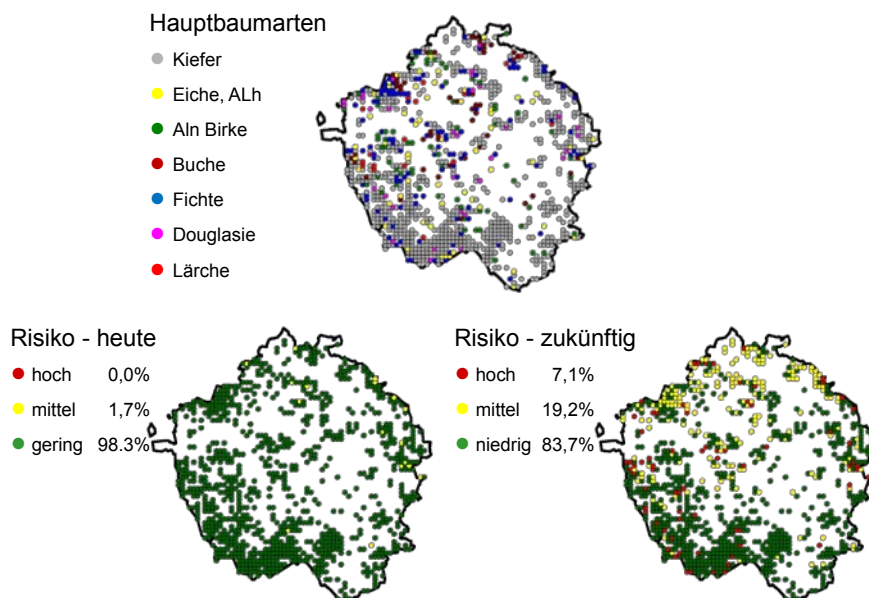


Abbildung 16: Hauptbaumarten an den betrachteten Stichprobenpunkten (oben) sowie ihre Gefährdung durch Trockenstress heute (unten links) und zukünftig (unten rechts). Risikoklassen nach SPELLMANN et al. 2011.

Insgesamt kann für die Bestände in der Modellregion Uelzen das zukünftige Risiko von Ertrags- und Vitalitätseinbußen durch Trockenstress als relativ gering eingestuft werden. Betroffen sind langfristig überwiegend die Baumarten Buche und Fichte auf schlechter mit Wasser versorgten Standorten.

### Waldbrandrisiko

Das Waldbrandrisiko ist in der Modellregion Uelzen aktuell nicht sehr hoch: Gemäß der 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, siehe Abbildung 17).

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, so dass sich bis 2070 im Biodiversitätspfad ein Waldbrandrisiko von jährlich 4,0 ha ergibt und im Klimaschutzpfad von 2,5 ha/a.

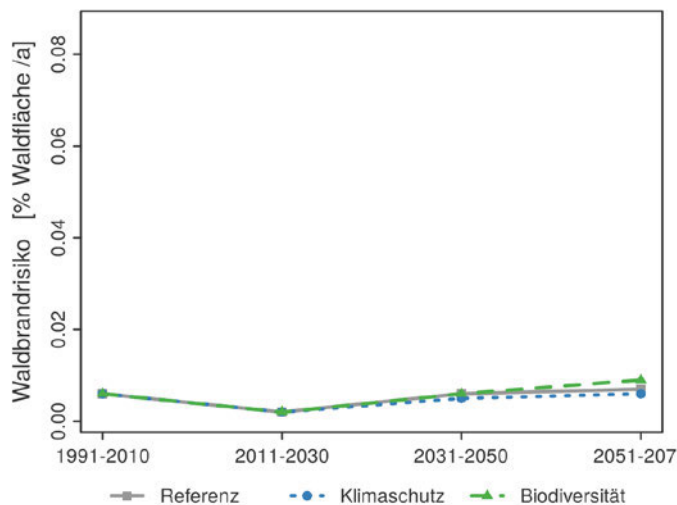


Abbildung 17: Entwicklung des Waldbrandrisikos.

### Pilzbefall

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 Waldbeständen zu verzeichnen.

Für die Erfassung von Schäden durch Wurzelschwamm 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 während der Bereisungen der Untersuchungsflächen in den Modellregionen nicht festgestellt.

### Kieferngrößschädlinge

In Gebieten mit großflächig zusammenhängenden Kiefernbeständen, wie der Region Uelzen, können die sog. 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 auch bisher nur kleinflächig. 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 Hauptschadgebieten 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.



Kiefernbestand bei Uelzen (Bild: Annika Oetzmann, LK Uelzen).

Die Modellregion Uelzen grenzt im Norden an ein Hauptschadgebiet der Nonne an. Mäßig ansteigende Temperaturen und ebenso abnehmende Niederschläge können die Entwicklung dieser Art in der Region deutlich fördern, auf der anderen Seite nehmen die für den Befall durch die Nonne anfälligen Altersklassen zukünftig ab. Bislang sind nur wenige Schadflächen und wenige Bekämpfungsmaßnahmen in der Modellregion bekannt.

#### *Baumvitalität*

Die Vitalität von Bäumen lässt sich u. a. am Zustand ihrer Kronen (Belaubungs-/Benadelungsdichte, Verzweigung) einschätzen. Die Kronenzustände der wiederholt während der Projektlaufzeit untersuchten Kiefern, Eichen und Douglasien war in der Modellregion Uelzen insgesamt geringfügig besser als in der weiter westlich gelegenen Modellregion Diepholz. Bei den Rotbuchen waren die diesbezüglichen Ergebnisse unterschiedlich. Zeigten diese in einem Untersuchungsjahr die geringsten Kronenverlichtungen im Vergleich zu den Beständen der anderen Regionen, so lagen die Werte im darauf folgenden Jahr wieder über dem Niveau dieser Vergleichsbestände.

Der anhand von Bohrkernen festgestellte Dickenzuwachs stagnierte in den vergangenen zwei Jahrzehnten in der Modellregion Uelzen, teilweise gingen die Zuwächse sogar zurück. Trotz einiger sehr produktiver Jahre zum Beispiel bei Douglasie und Eiche sind die aktuellen Zuwachswerte bei allen Arten geringer als um 1990.

#### Stoffhaushalt

Die atmosphärischen Stickstoffdepositionen sind in der Modellregion Uelzen im Vergleich zu den beiden südöstlicher gelegenen Modellregionen Fläming und Oder-Spree hoch.

#### *Stickstoff-Saldo*

Für die forstwirtschaftlichen Flächen wurde der Stickstoff-Saldo mit dem Modell VSD+ (BONTEN et al. 2011, POSCH und REINDS 2009) ermittelt. Trotz der nur langsam sinkenden Stickstoff-Depositionen ist die derzeitige Stickstoff-Aufnahmekapazität der Wälder in der Region Uelzen groß genug, um einen deutlich positiven Stickstoff-Saldo (jährliche Aufnahme 10,5 kg/ha) zu ermöglichen. Dieser Wert sinkt jedoch bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes auf 5,9 kg/ha/a ab. Neben der allgemein langsam zurückgehenden Stickstoff-Deposition ist für diesen Trend vor allem der sich klimabedingt verstärkende Humusabbau ausschlaggebend, da hierbei Stickstoff freigesetzt wird.

Bei einer klimaschutzorientierten Waldwirtschaft werden im Rahmen eines beschleunigten Waldumbaus die Holzvorräte stark verringert, der Humusabbau beschleunigt und entsprechend Stickstoff freigesetzt. Auf Grund der deutlichen Verringerung der Stickstoff-Salden ist gegen Ende des Betrachtungszeitraumes (2051-2070) dann ein negativer Stickstoff-Saldo (-9,7 kg N/ha/a) zu verzeichnen.

Im Gegensatz dazu führt der Aufbau von Altholzvorräten beim Biodiversitätspfad zu einer steigenden Bindung von Stickstoff im aufstockenden Bestand und damit zu einem weiterhin stark positivem Stickstoff-Saldo (9,4 kg/ha/a in den Jahren 2051-2070).

#### *Humus-Saldo*

Der Humus-Saldo wurde mit dem Kohlenstoffmodell Yasso07 (TUOMI et al. 2009, 2011) berechnet. Der Humus-Saldo der Waldböden (947 kg C/ha/a) weist in der Region aktuell auf unerwünscht starke Humusakkumulationen hin. Auf Grund der mit der Zeit steigenden Lufttemperaturen verstärken sich beim Referenzpfad die Humusabbauenden Prozesse. Diese führen zu einem negativen Humus-Saldo mit jährlichen Verlusten von 327 kg C/ha in der Periode 2031-2050. Die Verluste erhöhen sich bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes (2070) noch etwas auf dann 410 kg C/ha/a. Die Waldbehandlung nach den Vorgaben des Klimaschutzpfades mit dem daran geknüpften verstärkten Baumartenwechsel verstärkt diese Tendenz (Verluste bis zu 698 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.

## Kohlenstoffdioxid - Emissionen

Stabile Waldökosysteme haben langfristig betrachtet eine ausgeglichene Kohlenstoffdioxidbilanz, d. h. sie geben genauso viel Kohlenstoff ab wie sie aufnehmen. Allerdings können einzelne Waldbestände zeitweilig mehr CO<sub>2</sub> aufnehmen als sie abgeben und umgekehrt. Kohlendioxid wird zudem auch in den Holzprodukten mehr oder weniger lang gebunden. Darüber hinaus trägt die Substitution von emissionsintensiven Materialien wie Glas, Aluminium, Stahl oder Ziegelsteine und von fossilen Energieträgern durch den nachwachsenden Rohstoff und Energieträger Holz wesentlich zum Klimaschutz bei.

Die Wälder in der Region Uelzen sind über den Betrachtungszeitraum eine CO<sub>2</sub>-Senke (in Abbildung 18 als negative CO<sub>2</sub>-Emissionen dargestellt). Die CO<sub>2</sub>-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 Ursache hierfür ist der dann temperaturabhängig beschleunigte Humusabbau, der sich bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes noch verstärkt. Zuletzt besteht durchaus die Gefahr, dass der Boden zu einer Kohlenstoffquelle wird.

Diese Modellberechnungen sind aber nicht unumstritten, da die Aktivität der Zersetzerfauna auch stark von der Bodenfeuchte abhängt, die in den verwendeten Modellen aber nicht bzw. nur eingeschränkt als Einflussgröße eingeht.

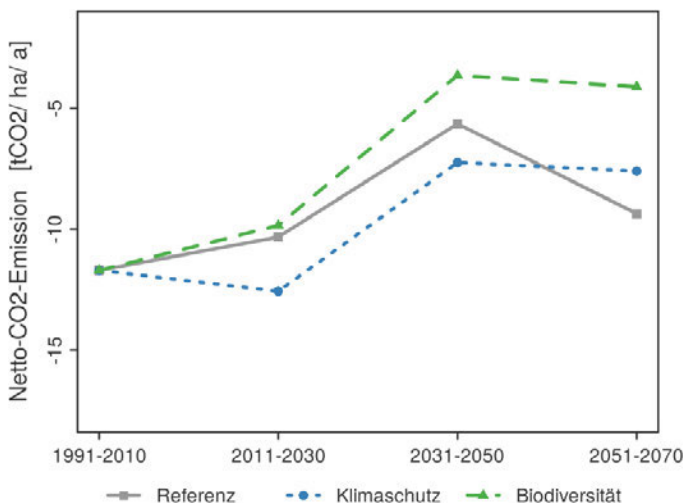


Abbildung 18: Entwicklung der Netto-CO<sub>2</sub>-Emissionen im Wald.

Die Unterschiede zwischen den Modellierungsergebnissen für die verschiedenen Entwicklungspfade sind aber nur gering. So wird im Referenzpfad in der Mitte des Betrachtungszeitraumes (2031-2050) altersbedingt besonders viel Holz genutzt und in dessen Folge vermehrt Jungbestände gepflanzt, die sich wiederum durch ein starkes Wachstum auszeichnen. Gleichzeitig kann durch das genutzte Holz die Verwendung anderer, in ihrer Herstellung „CO<sub>2</sub>-emissionsintensiver“ Bau- und Werkstoffe reduziert werden (Substitutionseffekte). Die Kohlenstoffbilanz verbessert sich dadurch zum Ende des Betrachtungszeitraums in allen drei Bewirtschaftungsvarianten geringfügig.

## Naturschutz

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 und sie im Rahmen ihrer natürlichen Dynamik 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 alte Aufnahmen vorliegen.

### *Bodensaurer Buchenwald*

Der bodensaure Buchenwald (Hainsimsen-Buchenwald, Luzulo-Fagetum) zeigt – gemessen an Vegetationsaufnahmen der Jahre 1990 und 2011 – Veränderungen in der Zusammensetzung der Bodenvegetation nach ihren Arten und deren Dichte auf, die verstärkt auf eine bessere Nährstoffversorgung – vor allem mit Stickstoff – sowie abnehmende Bodensäure hinweisen.

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, dürfen z. B. die Himbeere (*Rubus idaeus*) und die Große Brennnessel (*Urtica dioica*) gelten. Auf der anderen Seite gibt es auch „Verlierer“. Hierzu zählen die Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa*) und das Rote Straußgras (*Agrostis capillaris*). In der Zusammensetzung der Baumschicht haben sich praktisch keine dauerhaften Veränderungen ergeben.

Eine mögliche Erklärung liegt in der sogenannten Buchen-vitalitätsschwäche (schütterer Belaubung, Kleinblättrigkeit, fehlendes Reaktionsvermögen der Baumkrone). So wurde im Jahr der Wiederholungsaufnahmen (2012) bei der jährlichen Waldzustandserhebung durch die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA) für die über 60-jährige Buche in Niedersachsen mit einer mittleren Kronenverlichtung von 33 % der höchste Kronenverlichtungsgrad und gleichzeitig die intensivste Buchenmast (Fruchtbildung) in der Zeitreihe seit 1984 festgestellt (NDS ML 2012). Birken-Eichenwald

Die Untersuchungen zeigen, dass sich diese Waldgesellschaft des niedersächsischen Tieflandes stark in Richtung des Buchenwaldes verändert. Sowohl in der Baum- als auch in der Strauchschicht hat die waldbaulich und naturschutzfachlich problematische, aus Nordamerika in Deutschland eingebürgerte Spätblühende Traubenkirsche (*Prunus serotina*) und auch die heimische Rotbuche in der Baumschicht 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 drastischen Rückgang der mittleren Artenzahl (von 22 auf 15).

#### Erlenbruchwald

In den Erlenbruchwäldern der Modellregion Uelzen gibt es ebenfalls markante Verschiebungen in der Vegetationszusammensetzung. Typische (Kenn)-Arten des Erlenbruchwaldes wie Bittersüßer Nachtschatten (*Solanum dulcamara*), Wasserröhrling (*Mentha aquatica*), Wolfstrapp (*Lycopus europaeus*) oder Sumpf-Reitgras (*Calamagrostis canescens*) gehen zurück. Dieser Rückgang hinsichtlich der (Boden-)Feuchte anspruchsvoller, aber auch relativ lichtbedürftiger Gefäßpflanzenarten deutet auf eine Verschlechterung der hydrologischen Bedingungen sowie einen stärkeren Kronenschluss hin.

Werden intakte Erlenbruchwälder entwässert, ändert sich die Pflanzengesellschaft und es treten vermehrt Weiserpflanzen für diese Degradation der Standorte auf. Dies sind vor allem die Himbeere (*Rubus idaeus*) und der Dornfarn (*Dryopteris carthusiana*; vgl. DÖRING-MEDERAKE 1991). Diese Pflanzen waren in vielen der untersuchten Flächen bereits vor zwei Dekaden vorhanden und weisen darauf hin, dass sich schon damals Entwässerungsmaßnahmen entsprechend negativ ausgewirkt hatten. Inzwischen hat eine weitere merkliche Degradation stattgefunden, die offensichtlich auf die anhaltende Entwässerung in der landwirtschaftlichen Umgebung zurückzuführen ist.

#### Kiefernwälder

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

Die Analyse dieser Aufnahmen zeigt deutliche Veränderungen der Bodenvegetation in den Kiefernwäldern der niedersächsischen Modellregionen. Insbesondere sind ehemals zahlreich vorhandene Strauchflechten (*Cladonia*-Arten) verschwunden. Dies dürfte insbesondere die Kiefernwälder auf nährstoffarmen Standorten (*Cladonio-Pinetum*) betreffen, für die diese Flechten typisch sind. Die Veränderung dieser Wälder ist jedoch nicht allein hier in Niedersachsen, sondern an vielen Stellen in Deutschland zu beobachten. Auf die sich daraus ergebende hohe Schutzbedürftigkeit des *Cladonio-Pinetum* wird in zahlreichen Untersuchungen verwiesen (z. B. FISCHER et al. 2014, SCHMIDT et al. 2008).

Für alle drei Vegetationstypen gemeinsam gilt: Licht- und feuchtebedürftige Pflanzenarten haben signifikant abgenommen, offensichtlich als Folge eines zunehmenden Kronenschlusses. Dafür nehmen sogenannte „Stickstoffzeiger“ zu, was einerseits durch den Eintrag von Stickstoff aus der Luft, andererseits durch eine, nach zurückliegenden Bodendegradationen, z. B. durch Streunutzung, wieder zunehmende Humusakkumulation erklärt werden kann. Diese Beobachtungen stehen in guter Übereinstimmung mit entsprechenden Beobachtungen von REINECKE et al. (2011, 2014) in den Sand-Kiefernwäldern des Unterspreewaldes. Bei der Betrachtung einzelner Arten ergeben sich deutliche Zugewinne u. a. für die Spätblühende Traubenkirsche (*Prunus serotina*), den Rankenden Lerchensporn (*Ceratocarpus claviculata*) und die Himbeere (*Rubus idaeus*). Drahtschmielen (*Deschampsia flexuosa*) und Besenheide (*Calluna 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.

## Wertschöpfung

Auch wenn die finanziellen Erträge aus sogenannten Nebennutzungen in einzelnen norddeutschen Forstbetrieben heutzutage bis zu 30 % betragen können (vgl. MÖHRING und WILHELM 2014), erwirtschaften diese ihr hauptsächliches Einkommen durch die Nutzung von Holz. 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.

Das Nutzungsvolumen in der Modellregion Uelzen beträgt im Mittel über alle Baumartengruppen, Zeitscheiben und Entwicklungspfade 5,4 Erntefestmeter je Hektar und Jahr (Abbildung 19). Dabei schwankt dieser Wert in Abhängigkeit vom jeweils unterstellten Entwicklungspfad recht deutlich. So verändern sich die Einschläge im Biodiversitätspfad kaum (ca. 4 Efm/ha/a). Im Gegensatz dazu werden in den beiden anderen Bewirtschaftungsszenarien zeitweise maximal bis zu ca. 7,5 Efm/ha/a genutzt.

Wesentlich bedingt werden diese Nutzungshöhen durch die aktuelle Altersklassenverteilung (siehe Abbildung 14) sowie den Vorratsabbau in den Entwicklungspfaden „Referenz“ und „Klimaschutz“. Der historisch bedingte Überhang von 41-60-jährigen Beständen führt insbesondere in diesen Pfaden zu erheblichen Endnutzungen während der zweiten Hälfte des Simulationszeitraumes, was mit einem deutlichen Vorratsabbau verbunden ist (siehe Abbildung 11).

Wie anhand der Baumartenverteilung zu erwarten, erfolgen – gemessen am Volumen – gut 60 % der Nutzungen in der Baumartengruppe Kiefer. Den nächsthöheren Anteil am Einschlagsvolumen halten 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 zwar im Projektionszeitraum je nach Entwicklungspfad um knapp 10 %, dennoch bleibt der Anteil der Nadelbäume am Einschlagsvolumen durch die verstärkte Endnutzung bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes nahezu konstant bei 90 %.

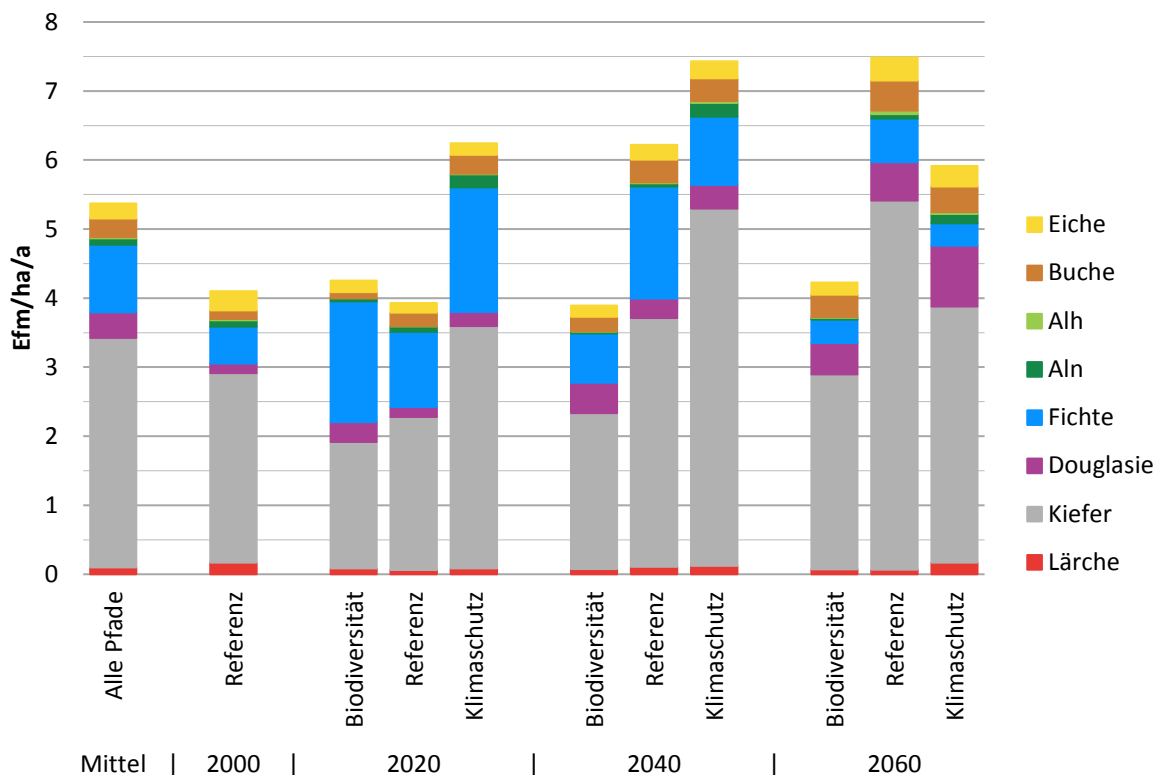


Abbildung 19: Durchschnittliches Nutzungsvolumen im forstlichen Modellbetrieb zur Mitte der Perioden.



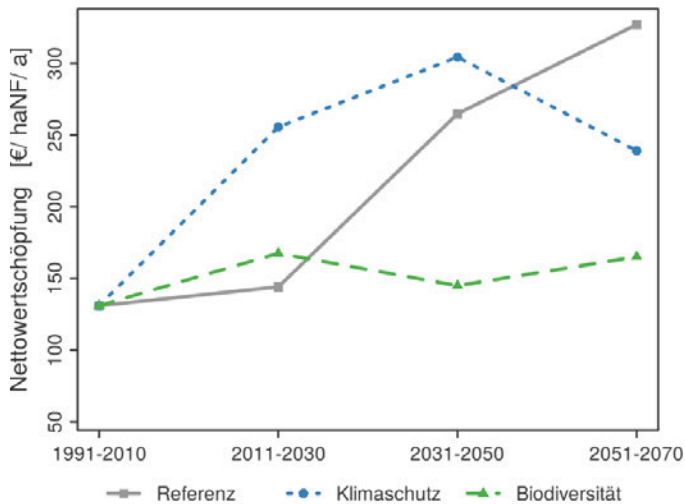


Abbildung 20: Entwicklung der forstwirtschaftlichen Nettowertschöpfung.

Die gesteigerten Nutzungen in der Zukunft führen in allen Entwicklungspfaden zu positiven Entwicklungen bezüglich des Arbeitsvolumens in der Holzernte sowie der Nettowertschöpfung in der Forstwirtschaft der Region Uelzen, wie die Abbildung 20 zeigt.

Die Nettowertschöpfung (als sektorale Leistung zur Deckung von Löhnen und Gehältern, Unternehmereinkommen, Kapital-, Flächen- und Risikokosten sowie Betriebs

gewinnen) steigt in den Szenarien "Referenz" und "Klimaschutz" erheblich gegenüber dem aktuellen Stand an. Der Biodiversitätspfad führt über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg 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 knapp 160 €/ha/a weist der Biodiversitätspfad eine um etwa 40 % reduzierte Wertschöpfung aus.

Die Simulationsrechnungen zeigen insgesamt, dass die Forstwirtschaft in Uelzen in den nächsten Jahrzehnten aufgrund der Vielzahl nahezu hiebsreifer Bestände günstige Rahmenbedingungen vorfindet. Die Entwicklungspfade „Klimaschutz“ und „Referenz“ scheinen keine besonderen forstbetrieblichen Risiken zu beinhalten. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass diese Pfade mit einem (Klimaschutzpfad: deutlichen) durchschnittlichen Vorratsabbau auf der Gesamtfläche einhergehen.

Unter den Entwicklungspfaden führt einzig das Biodiversitätsszenario nicht zu einer erheblichen Ausweitung von Wertschöpfung und Arbeitsvolumen.



Kiefernbestand mit Douglasien Unterbau bei Uelzen (Bild: Armin Menge, FoA Uelzen).

## 4.4 Landwirtschaft

### Der aktuelle Zustand

Rund die Hälfte (ca. 53 %) der Flächen der Modellregion Uelzen wird landwirtschaftlich genutzt. Von den derzeit rund 77.300 ha landwirtschaftlicher Fläche im Landkreis 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 im Ackerbau erreichen. Dabei spielt im Landkreis Uelzen 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).

Aktuell wird bundesweit auf 9,5 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche landwirtschaftliche Biomasse zur energetischen Verwendung produziert. Dieser Anteil müsste sich unter Bezugnahme auf die bundespolitischen Ziele bis zum Jahr 2020 mehr als verdoppeln (vgl. BBSR 2010). Im Landkreis Uelzen stehen laut dem Niedersächsischen Landwirtschaftsministerium 20 Biogasanlagen (MELV 2010).

### Die zukünftige Entwicklung der Landwirtschaft

Die in Abbildung 21 dargestellten Veränderungen der Fruchtartenzusammensetzung in der Modellregion Uelzen sind die Ergebnisse ökonomischer Modellrechnungen mit dem Modell MODAM (ZANDER und 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.

Für die Betrachtung der Naturalerträge (Ernteprodukte) wurden Acker- und Grünlanderträge zusammengefasst. Es handelt sich bei den vorgestellten Ergebnissen somit um das flächengewichtete Mittel der jeweiligen Ackerkulturen und des Grünlands in der Region Uelzen.

### *Referenz*

Die Höhe der jährlichen Naturalerträge (Ernteprodukte Acker und Grünland) in der Region Uelzen beläuft sich zu Beginn des Betrachtungszeitraumes auf 9,2 t Trockenmasse (TM) je Hektar und Jahr (siehe Abbildung 22). Dieser Wert liegt deutlich über dem deutschen Durchschnitt (6,2 t<sub>TM</sub>/ha/a). Die mittleren Erträge des Ackerlandes sind nur geringfügig höher als der Mittelwert der Region und betragen jährlich 9,3 t<sub>TM</sub>/ha. Den höchsten Ertrag mit 16,7 t<sub>TM</sub>/ha/a liefert hier der Silomais. Den geringsten Ertrag bezogen auf die geerntete Trockensubstanz erbringt Winterraps auf schwachen Standorten mit 2,8 t<sub>TM</sub>/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 15,2 t<sub>TM</sub>/ha/a. Daran sind die Erträge des Ackerlandes mit 15,6 t<sub>TM</sub>/ha/a beteiligt. Das Grünland weist wesentlich geringere Steigerungen in seiner Ertragsentwicklung auf. Besonders in der Mitte des Betrachtungszeitraumes werden Ackerflächen zugunsten einer Brachlegung nicht bestellt (vgl. Abbildung 22). 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 t<sub>TM</sub>/ha bei Winterraps und maximale jährliche Erträge in Höhe von 21,1 t<sub>TM</sub>/ha bei der Zuckerrübe erzielt.



Feldberegung (Bild: LWK Niedersachsen).

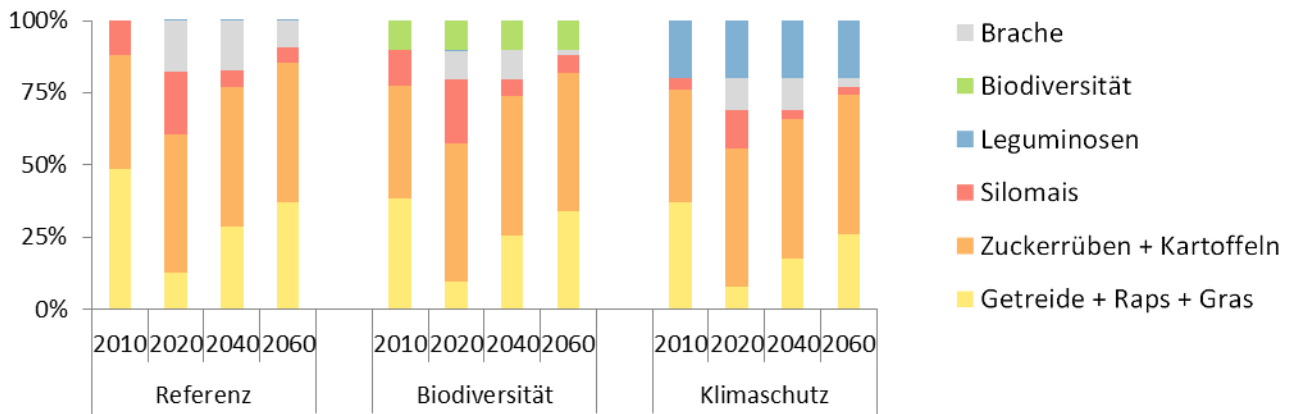


Abbildung 21: Veränderungen des berechneten Anbauspektrums gängiger Ackerkulturen in der Modellregion Uelzen. Angaben jeweils für die Mitte der Perioden (2010 = „Status quo“).

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.

#### Biodiversität

Beim Biodiversitätspfad wurden im Rahmen der Modellierung 10 % der möglichen Anbauflächen 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.

#### Klimaschutz

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 freigesetzt wird. Weiterhin wird bei diesem Entwicklungspfad angenommen, dass nasse und stark humose Ackerflächen in extensives Dauergrünland umgewandelt werden (siehe Abbildung 6). Die Ertragsentwicklung ist bei Umsetzung einer solchen klimaschützenden Wirtschaftsweise jener der Referenzbewirtschaftung leicht unterlegen und weist ein geringeres Endniveau (90 %) auf.

#### Pflanzenschutz

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 5 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 Auf-

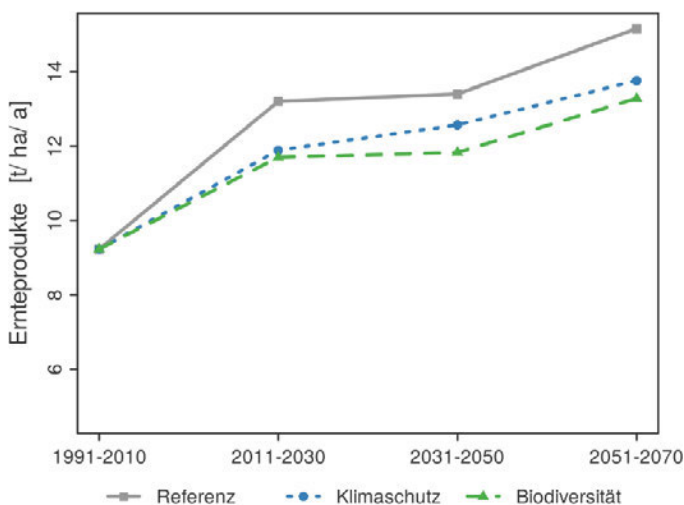


Abbildung 22: Entwicklung der Menge der Ernteprodukte (Acker- und Grünland).

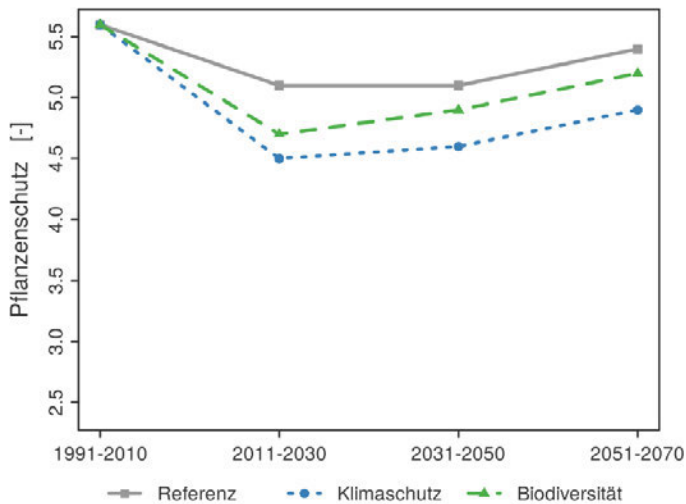


Abbildung 23: Entwicklung des Pflanzenschutz-Behandlungsindex.

wandmenge behandelt wird. Angestrebt wird sowohl aus wirtschaftlicher als auch naturschutzfachlicher Sicht ein möglichst geringer Behandlungsindex.

Der Indikator Pflanzenschutz (aktuell 5,6) weist während des gesamten Betrachtungszeitraumes und bei allen Entwicklungspfaden in der Modellregionen Uelzen (siehe Abbildung 23) ein ca. doppelt so hohes Niveau auf, wie in den östlichen Regionen Fläming und Oder-Spree. Dabei bleibt er während dieser Zeit im Referenzpfad weitgehend konstant (siehe Abbildung 23). Ein geringer Rückgang des Indikatorwertes bis 2070 ist bei Umsetzung des Biodiversitätspfades zu erwarten (Wert 5,2), nennenswert ist dieser Rückgang aber nur bei einer Flächenbewirtschaftung nach den Vorgaben des Klimaschutzpfades, wo der Pflanzenschutzindex zuletzt einen Wert von 4,9 erreicht.

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 Aggregations-ebene von Regionen des Vergleichsbetriebsnetzes Pflanzenschutz verursacht werden.

## Stoffhaushalt

### Stickstoff-Saldo

Für die landwirtschaftlichen Flächen wurde der Stickstoff-Saldo mit dem Modell REPRO (HÜLSBERGEN und DIEPENBROCK 1997) ermittelt. Die Bewertung der landwirtschaftlichen Stickstoff-Salden erfolgt nach CHRISTEN et al. (2009). Dabei wird angenommen, dass die Pflanzenbestände den

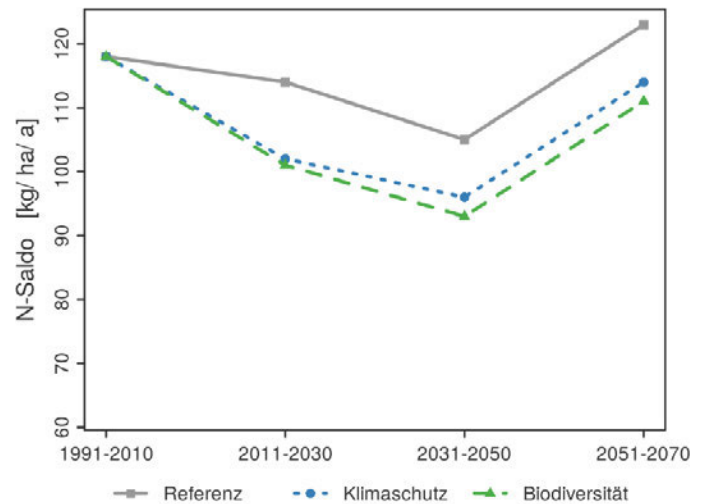


Abbildung 24: Entwicklung des Stickstoff-Saldos in der Landwirtschaft.

mit der Düngung und den Einträgen aus der Luft zugeführten Stickstoff auch unter günstigsten Umständen nicht vollständig aufnehmen können und somit die Äcker systematisch „überdüngt“ werden. Hierdurch lassen sich Stickstoff-Verluste 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 zwischen 0 bis 50 kg N/ha/a (siehe Abbildung 24).

Betrachtet man die einzelnen Entwicklungspfade, so zeigt sich, dass in der Region Uelzen beim Referenzpfad der Stickstoff-Saldo von einem aktuellen hohen Niveau mit einem Wert von knapp 120 kg Stickstoff (N)-Überschuss (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) (siehe Abbildung 24). In den Entwicklungspfaden Biodiversität und Klimaschutz verlaufen die Werte ähnlich, jedoch auf einem um 20 kg/ha/a geringeren Niveau. Damit wird auch von diesen beiden Entwicklungspfaden der zuvor genannte Optimalbereich von 0 bis 50 kg je Hektar bis 2070 deutlich überschritten.

### Humus-Saldo

Der Humus-Saldo wurde mit der Methode nach VDLUFA (KÖRSCHENS et al. 2004) berechnet. Die Modellregion Uelzen weist aktuell mit einem Wert von -222 kg Humus-Kohlenstoff (C) je Hektar und Jahr das höchste Humus-Defizit aller Modellregionen auf (siehe Abbildung 25).

Dies liegt vor allem an dem hohen Anteil der Hackfrüchte am Anbauspektrum, was sich insbesondere bei der modellierten Ausweitung des Zuckerrübenanbaus in der

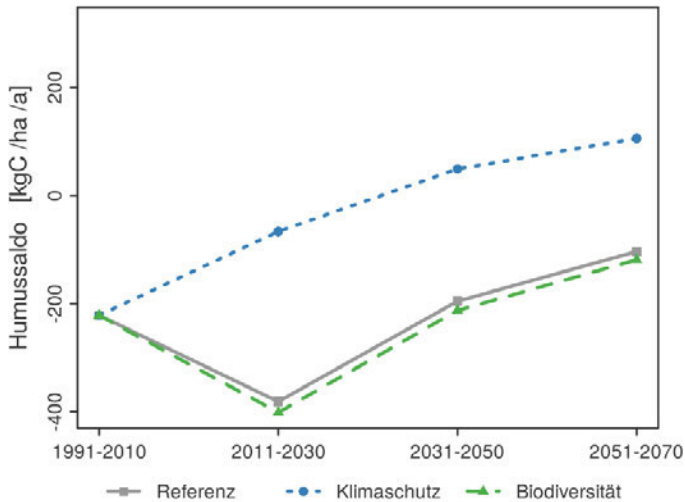


Abbildung 25: Entwicklung des Humus-Saldo in der Landwirtschaft.

nahen Zukunft (2011-2030) und bei Fortführung der bisherigen Wirtschaftsweise (Referenz) zeigt. Diese Wirtschaftsweise 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.

Die Entwicklung des Humus-Saldo ist im Biodiversitätspfad sehr ähnlich zum Referenzpfad. Bei einer Bewirtschaftung der Flächen nach den Vorgaben des Klimschutzpfades bewirken die hohen Lupinenanteile im Anbauspektrum einen gegenüber der Referenzbewirtschaftung deutlich gesteigerten Humus-Saldo. Dieser erreicht gegen Ende des Betrachtungszeitraumes einen jährlichen Überschuss von 106 kg/ha und liegt damit um rund 200 kg C/ha/a oberhalb der für den Referenzpfad berechneten Werte.



Zwischenfruchtanbau (Weißer Senf; Bild: G. Leefken NW-FVA).

### Treibhausgasemissionen

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<sub>2</sub>O), Methan (CH<sub>4</sub>) und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) in CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgerechnet (Treibhauswirkung: CO<sub>2</sub> = 1, CH<sub>4</sub> = 25, N<sub>2</sub>O = 298) und aggregiert.

Die Modellregion Uelzen weist aktuell mit jährlich 4,5 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente je Hektar (siehe Abbildung 26) 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<sub>2</sub>äq/ha/a), steigen dann aber durch erhöhte ackerbauliche Intensität wieder deutlich an. Zuletzt (2051-2070) liegen die THG-Emissionen bei 5,3 t CO<sub>2</sub>äq/ha/a und damit fast auf dem Niveau der Modellregion Diepholz.

Die alternativen Entwicklungspfade führen zu einem vergleichbaren Verlauf auf geringerem Niveau (Biodiversität 96 %; Klimaschutz: 83 %) auf. Insbesondere wirkt sich hier der Verzicht auf Stickstoff-Mineraldünger auf den ökologischen Vorrangflächen bzw. beim Anbau von Lupinen aus.

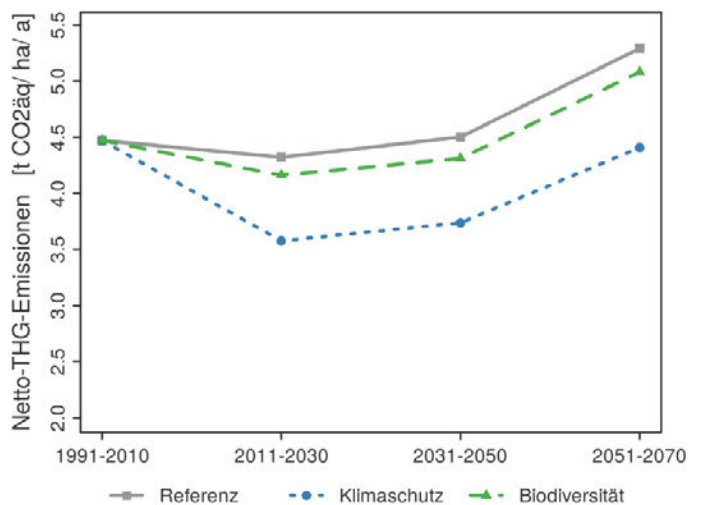


Abbildung 26: Entwicklung der Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>-Äquivalente) aus der Landwirtschaft.

## Naturschutz

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 (Baumarten) ablesen.

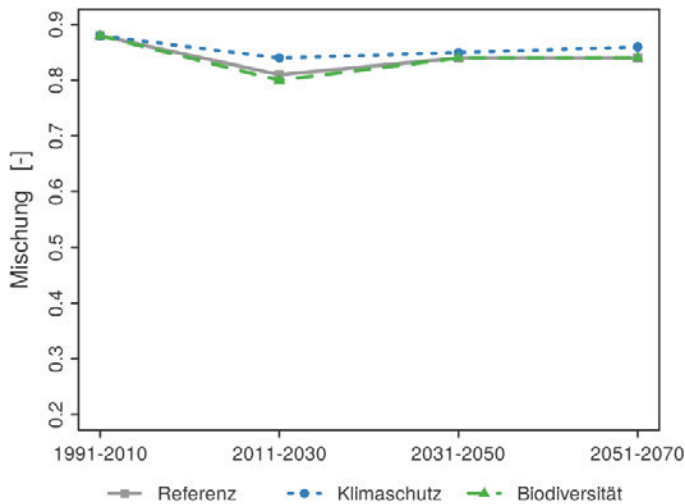


Abbildung 27: Entwicklung der Mischungsverhältnisse der Ackerkulturen.

Beide Aspekte können z. B. mit dem Simpson-Index zahlenmäßig beschrieben werden. Dieser Index gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit an zwei zufällig gewählten Punkten nicht die gleiche Pflanzenart bzw. dieselbe Form der Flächennutzung (z. B. Acker- oder Grünland) anzutreffen ist. Als Datengrundlage für diese Bewertungen wurde neben den Ergebnissen der Fruchtartenmodellierung die Landschaftsbeschreibung des CORINE-

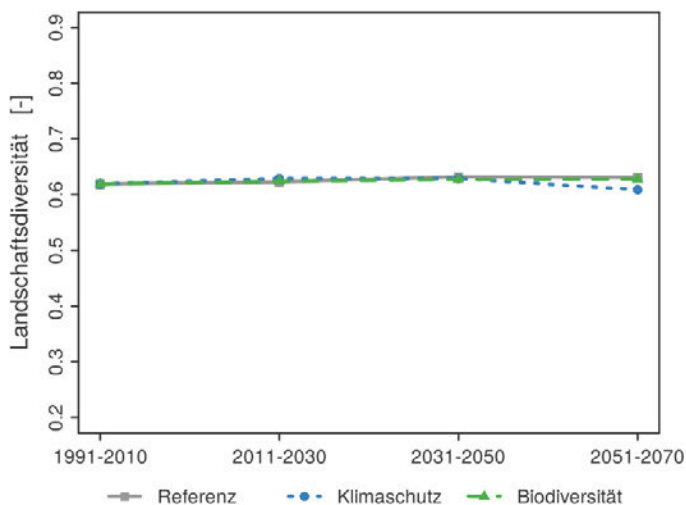


Abbildung 28: Entwicklung der Landschaftsdiversität.

Projektes (CORINE LAND COVER 2006) verwendet. Die Abbildung 27 und Abbildung 28 zeigen, dass hinsichtlich der genannten Aspekte innerhalb des Betrachtungszeitraumes kaum nennenswerte Änderungen zu erkennen sind. Dies gilt insbesondere für die (Fruchtarten-) Mischungsverhältnisse. 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.

## Wertschöpfung

Die Modellregion Uelzen weist 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. In der zeitlichen Entwicklung ist bei reinen Ackerbaubetrieben langfristig mit einem leicht sinkenden Einkommen zu rechnen, wohingegen bei Schweinehalten steigende und Milchviehbetriebe mehr oder weniger stagnierende Einkommen zu erwarten sind. Insgesamt verringert sich im Laufe der Zeit die landwirtschaftliche Nettowertschöpfung um gut 10 % (siehe Abbildung 29).

Das Biodiversitätsszenario reduziert dabei das Einkommen nur sehr geringfügig, wohingegen das Klimaszenario deutliche Einkommensverluste von 80 bis 110 €/ha regionaler Ackerfläche verursacht. Dabei wird in allen Szenarien ein gleich hohes Niveau an Direktzahlungen angenommen.

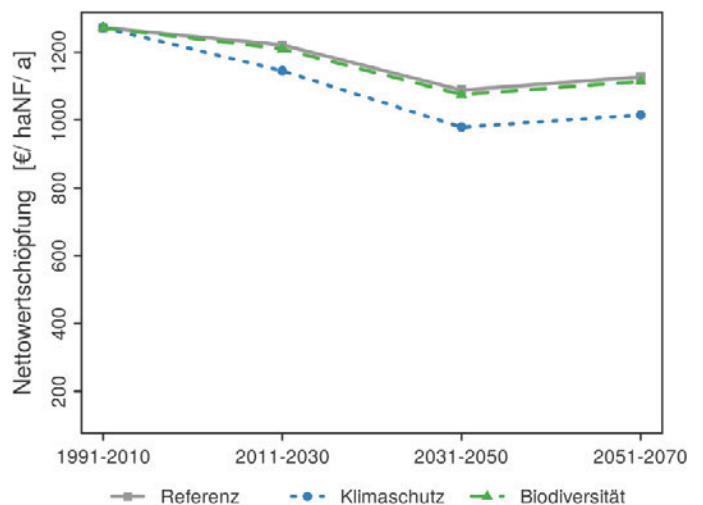


Abbildung 29: Entwicklung der landwirtschaftlichen Nettowertschöpfung (NF = Nutzfläche).

## 5 Politische Instrumente

### 5.1 Einschätzung des regionalen Leitbildes vor dem Hintergrund der politischen Rahmenbedingungen

Die Akteure der Modellregion Landkreis Uelzen legen in ihrem Leitbild (vgl. Kapitel 2.2) vor allem Wert auf das Prinzip der Nachhaltigkeit in allen Bereichen der Landnutzung und auf einen Interessenausgleich zwischen verschiedenen Landnutzungsformen.

Der Fokus in der Region liegt auf dem Ackerbau und insbesondere dem Anbau von bewässerungsintensiven Feldfrüchten wie Kartoffeln, Zuckerrüben und Mais. Die künstliche Bewässerung eines Großteils der landwirtschaftlichen Fläche erklärt die besondere Bedeutung eines nachhaltigen Wassermanagements, das sowohl die Trinkwasserversorgung als auch eine effiziente Großflächenbewässerung ermöglicht.

In den Leitbildern wird deutlich, dass sich die an der Leitbildentwicklung beteiligten regionalen Akteure grundsätzlich an der Idee einer nachhaltigen ländlichen Entwicklung orientieren. Insgesamt repräsentieren die Leitbilder der Region einen Ansatz, der insbesondere die Zukunft der regionalen Land- und Forstwirtschaft unter Beachtung des globalen Wettbewerbs in den Blick nimmt, aber auch, z. B. was das Thema Wasserwirtschaft angeht und einen Ausgleich zwischen verschiedenen Interessen zur Verwirklichung einer nachhaltigen Entwicklung verfolgt.

### 5.2 Mögliche politische Anknüpfungspunkte für die Umsetzung der regionalen Leitbilder

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 politische Programme der Landnutzung aus Agrar- und Forstpolitik 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 Aufbau von regionalen Wertschöpfungsketten hin zu regionalen Wirtschaftskreisen (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.

Dabei können in der Region Uelzen bereits empirisch erprobte gute Beispiele der integrativen Umsetzung konkreter Projekte innerhalb solcher Programme genutzt werden. So können auf der Basis von Kenntnissen über die erfolgreiche Umsetzung integrierter Politik und deren Mechanismen in der Region selbst Hinweise gefunden werden, wie die eigenen Leitbilder regionale Wirklichkeit 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 hinsichtlich Integration wirksamer werdenden Faktoren sowie der diesbezüglich unterstützenden Akteure und Institutionen können Hinweise darauf liefern, wo es für die Umsetzung der Leitbilder und Entwicklungspfade regionspezifisch potenziell starke Partner geben kann. Es gelang in der Region Uelzen, durch Kooperationen zwischen verschiedensten regionalen Akteuren unter Einschluss des Kreisverbands der Boden- und Wasserverbände Uelzen, auch Maßnahmen zu verwirklichen, die der Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie dienen.

Die Analyse dieses Erfolgsfalles innerhalb von LEADER zeigt, dass eine Kombination verschiedener politischer Erfolgsfaktoren notwendig ist, um tatsächlich die Integration der Sektoren voranzubringen. Zwingend ist 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 prüfen 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 bestehende Erfahrungen in der Region mit der Umsetzung integrierter Programme anzuknüpfen und je nach Leitbild entsprechende politische Programme, die einen integrativen Anspruch haben zu nutzen.

Da bereits gute Erfahrungen mit LEADER vorliegen, wäre es auch im Landkreis Uelzen sinnvoll, mit diesem Programm kompatible Aspekte der Leitbilder im Rahmen von LEADER umzusetzen. Die Region „Heideregion Uelzen“ stellt innerhalb von LEADER in Niedersachsen eine der von 2014-2020 geförderten Regionen dar. Da LEADER insbesondere integrierte ländliche Regionalentwicklungsprozesse mit Fördermitteln unterstützt, gibt es hier gute Chancen, Teile der Leitbilder durch konkrete Projekte in die Umsetzung zu bringen, die sich eher an einer solchen integrierten ländlichen Entwicklung orientieren. Dies betrifft besonders die Leitsätze, die den Aufbau regionaler Wertschöpfungsketten und Regionalisie-

rung 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 alleine ist die Umsetzung von LEADER mit Fördergeldern unterlegt, d. h. konkrete Projekte können auch 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 (vgl. Abbildung 30).

Auch die für die Region zentralen Aspekte des nachhaltigen Wassermanagements wie Trinkwasserversorgung und Feldberegnung werden im Regionalen Entwicklungskonzept der LEADER-Region genannt: 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 Nachhaltigkeits-Indikatoren an.

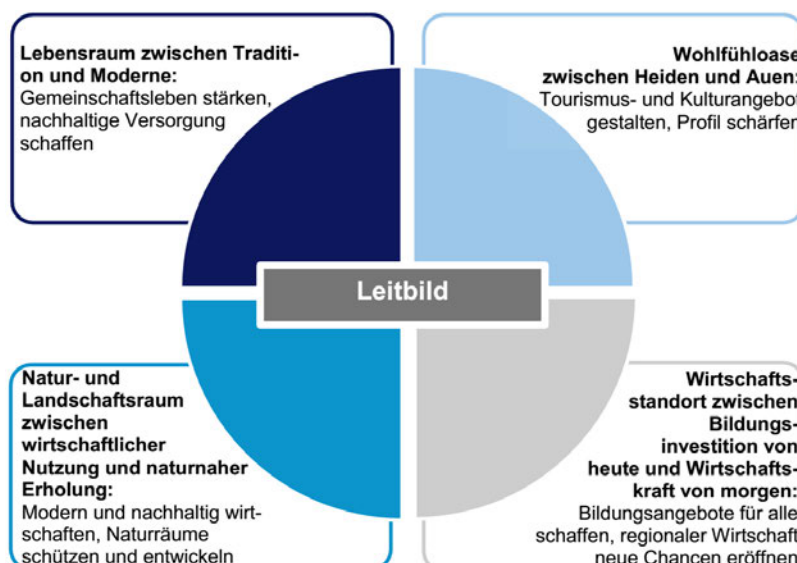


Abbildung 30: Entwicklungsziele der LEADER-Heideregion Uelzen.



## 6 Folgerungen für ein nachhaltiges Landmanagement

Die Auswirkungen des Klimawandels werden die zukünftige Landnutzung in der Modellregion beeinflussen. Insgesamt wird es in der Region 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 dennoch in der Region Uelzen auch zukünftig keine größere Rolle spielen. Allerdings nimmt die Gefahr einer sommerlichen Trockenheit und die damit verbundenen Risiken für land- und forstwirtschaftliche Kulturen zu, jedoch bleibt sie im Vergleich mit den anderen Modellregionen eher gering.

### Wasserwirtschaft

Zukünftig erscheint eine für Land- und Forstwirtschaft mengenmäßig ausreichende Wasserversorgung trotz erhöhter Verdunstung bei steigenden Lufttemperaturen 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 eines gegebenen Ertragsniveaus erforderlich sein wird. Die Situation wird durch steigende Ertragserwartungen 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 in der Modellregion während des gesamten Betrachtungszeitraumes zwischen 113 und 122 mg NO<sub>3</sub>/l liegen und damit den Trinkwassergrenzwert von 50 mg NO<sub>3</sub>/l deutlich überschreiten. Gleichzeitig liegen die damit verbundenen Stickstofffrachten bei 93 bis 100 kg/ha/a und überschreiten somit den zulässigen Stickstoffbilanzüberschuss nach Düngeverordnung von jährlich 60 kg/ha. Die Konzentrationen in den Varianten „Klimaschutz“ und „Biodiversität“ liegen nur wenig (-3 bis -2 %) darunter und zeigen auch eine mit dem Referenzpfad vergleichbare zeitliche Entwicklung.

Unter Wald liegen die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser derzeit auf einem niedrigen Niveau (7 mg NO<sub>3</sub>/l). Klimabedingt prognostizieren die Modelle jedoch einen beschleunigten Humusabbau und damit bei gleichzeitigem leichten Rückgang der Sickerwassermenge und Fortführung der bisherigen Wirtschaftsweise (Referenzpfad)

einen Anstieg der Nitratkonzentration auf 22 mg NO<sub>3</sub>/l bis 2070. Im Klimaschutzpfad steigen die Nitratkonzentrationen bei stärkerem Humusabbau und ebenfalls leicht sinkender Sickerwassermenge bis 2070 sogar auf rund 36 mg NO<sub>3</sub>/l an. Dagegen dämpft eine Wirtschaftsweise gemäß den Vorgaben des Biodiversitätspfades auf Zeit (verzögerter Waldumbau) den Anstieg der Nitratkonzentrationen, da hier der Humusabbau nur mäßig beschleunigt wird (2070: 15 mg NO<sub>3</sub>/l). Da die Kenntnisse zum Humusumsatz unter Klimawandelbedingungen noch begrenzt sind, muss bei den hier vorgestellten Projektionen zu den Nitratkonzentrationen im Sickerwasser von einer großen Unsicherheit ausgegangen werden.

### Forstwirtschaft

Die klimatischen Veränderungen der standörtlichen Verhältnisse wirken sich direkt auf die forstbetrieblichen Ertragsaussichten und Produktionsrisiken aus (vgl. hierzu auch ALBERT et al., in Begutachtung). Daher ist die langfristig operierende Forstwirtschaft gezwungen, den bereits eingetretenen und noch zu erwartenden Klimaveränderungen mit nachhaltig wirksamen Anpassungsstrategien zu begegnen (vgl. GADOW 2000, BUONGIORNO und ZHOU 2015). Für die bestehenden Bestände müssen die bisherigen Waldbehandlungskonzepte – soweit wie möglich – an die erwarteten neuen ökologischen Rahmenbedingungen angepasst werden.

Eine solche Anpassung kann sowohl durch passive Duldung (z. B. Erhaltung und Förderung standortgemäßer Naturverjüngung) als auch im Rahmen aktiver Maßnahmen erfolgen (vgl. BOLTE et al. 2011), wie z. B. durch zielgerichtete Pflegekonzepte und einen standortgemäßen Waldumbau. Letzterer ist wegen der langen Produktionszeiträume und seines hohen investiven Charakters überlegt und mit Augenmaß durchzuführen (SPELLMANN et al. 2011). Generell bieten sich als Anpassungsstrategien drei zeitlich differenzierende Maßnahmenbündel an (SPELLMANN 2010).

1. Kurzfristig sind die vorhandenen Wälder vorrangig zu stabilisieren. Dies kann u. a. durch eine Förderung der Einzelbaumvitalität, durch den Erhalt und eine begünstigende Pflege von Mischbaumarten und ggf. durch eine Verkürzung der Produktionszeiten mit entsprechend kürzeren Gefährdungszeiträumen gewährleistet werden.

2. Mittelfristig ist das Bestandesrisiko aktiv zu verringern, z. B. durch die Förderung standortsgemäßer Naturverjüngung, die Auswahl und Pflege einer ausreichenden Anzahl (inkl. Reserve!) von Z-Bäumen, eine Begrenzung der Vorratshöhen, eine differenzierte Zielstärkennutzung, einen konsequenten Waldschutz und angepasste Wildbestände.
3. Langfristig trägt der Waldumbau mit standortsgemäßen Baumarten, einschließlich anbauwürdiger eingeführter Baumarten (vgl. VOR et al. 2015), in vermehrt gemischten Beständen dazu bei, die Risiken zu begrenzen bzw. zu verteilen und die Funktionen der Wälder zu sichern.

Speziell für die in der Region Uelzen untersuchten Wälder können hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels folgende Empfehlungen gegeben werden:

- Es sollten weiterhin Mischbestände gefördert werden.
- Bei der Nutzung der Altbestände sollte verstärkt auf die Klimaanpassung der Baumarten in der neuen Waldgeneration geachtet werden, ggf. müssen diesbezüglich geeignetere Baumarten zur Ablösung künftig gefährdeter Ist-Bestockungen gepflanzt werden.
- Insbesondere die Fichtenbestände sind kritisch auf ihre Standortseignung (Wasserversorgung) und Trockenstressanfälligkeit zu prüfen. Gleiches gilt für bereits vollzogene Buchen-Voranbauten 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 künstlich einzubringen.
- Die hohe klimatische Unsicherheit in Bezug auf die Trockenstressbelastung verdeutlicht für die Region Uelzen, 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 Rückkopplung der Anpassungsmaßnahmen an den Fortschritt der Klimafolgenforschung kann durch den ungleichen Altersklassenaufbau und die jährlich anstehenden Verjüngungsflächen stattfinden.

## Landwirtschaft

Die Erträge in der Modellregion Uelzen sind im Vergleich zu den anderen Modellregionen im norddeutschen Tiefland sehr hoch. Dies ist weniger ein Ergebnis einer besonders vorzüglichen Ausstattung mit guten Ackerbaustandorten als vielmehr eines intensiven landwirtschaftlichen Managements mit einer fast vollflächig durchgeführten Feldberegnung.

Die Modellrechnungen z. B. für Weizen (Pflanzenwachstumsmodell DSSAT, JONES ET AL. 2003) weisen darauf hin, dass in Zukunft – bei Fortführung der heutigen Anbausysteme – die Erträge im Mittel auf dem aktuellen Niveau liegen werden (STRER et al. 2014). Veränderten Eintrittshäufigkeiten widriger Umweltbedingungen sind als eine Folge des Klimawandels anzusehen. 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. In Vorstudien wurden zwei Aspekte identifiziert, die für den Projektraum maßgeblich erscheinen: Dürren durch veränderte Wasserverfügbarkeit und extreme Temperaturen im Zusammentreffen mit der Blüte als kritische Phase in der Ertragsbildung (vgl. STRER et al. 2015).

Zukünftig ist in der Modellregion Uelzen mit einem höheren Trockenstressrisiko zu rechnen. Dies liegt insbesondere an der Verschiebung der Niederschläge in die Wintermonate und der höheren Verdunstung in der wärmeren Vegetationszeit. 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 Uelzen der Grünlandertrag ohne Bewäs-

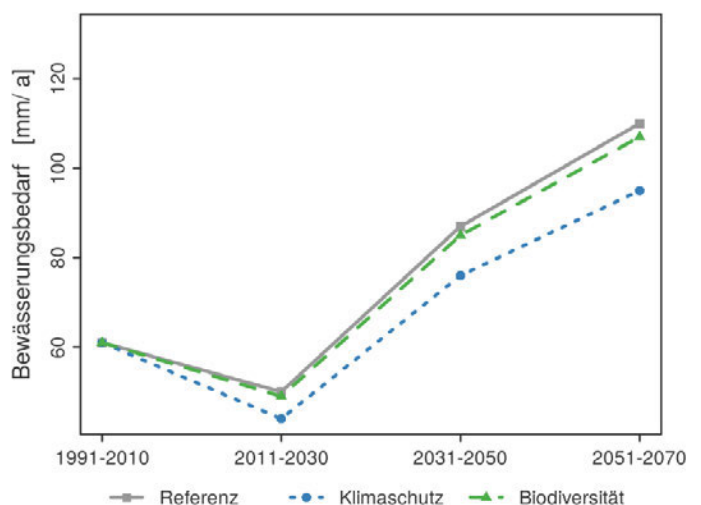


Abbildung 31: Entwicklung des landwirtschaftlichen Bewässerungsbedarfs zur Ertragsicherung.

serung aufgrund der abnehmenden Sommerniederschläge und dem damit verbundenen Risiko von Dürreperioden stagnieren wird.

Durchschnittlich notwendige Bewässerungsmengen zur Sicherstellung der Erträge im Laufe des Betrachtungszeitraumes zeigt die Abbildung 31. Die Unterschiede zwischen den Entwicklungspfaden beruhen auf den in den Entwicklungspfaden festgelegten unterschiedlichen Flächennutzungen bei Einführung einer Feldberegnung. Anders als beim Biodiversitätspfad (ökologische Vorrangflächen) werden beim Klimaschutzpfad (Anbau von Lupinen) große Areale nicht bewässert werden, weshalb für die restlichen Ackerflächen der Gesamtregion – und damit für die ertragreichen Feldfrüchte – mehr Wasser zur Verfügung steht.

Möglichkeiten, dem Klimawandel entgegenzuwirken, liegen in angepassten Managementstrategien (vgl. STREER et al. 2014). 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 Zusammentreffen widriger Umweltbedingungen und kritischer Entwicklungsphasen zu umgehen.

Mittelfristig ist in der Region mit einer grundsätzlichen Anpassung des Ackerbaus an den Klimawandel zu rechnen. In dessen Zentrum werden Fruchtarten und Sorten stehen, die besser an die veränderten Standortbedingungen angepasst sind, eine effiziente Beregnung von ökonomisch ertragreichen Fruchtarten im Sommer sowie Anbausysteme, die die wärmeren und feuchteren Winter zur Produktion von landwirtschaftlichen Produkten nutzen.

#### *Humus-Saldo*

Der Trend bei der Entwicklung des Humus-Saldos ist nach einem Zwischentief in der Periode 2011-2030 insgesamt zwar positiv, jedoch sind Fortführung der bisherigen

Wirtschaftsweise (Referenz) sehr geringe Werte in der näheren Zukunft zu erwarten. Dies gilt in gleicher Weise für den Entwicklungspfad Biodiversität. Die Ursache hierfür ist in beiden Fällen ein sehr hoher Anbauanteil an humuszehrenden Hackfrüchten (hier: insbesondere Kartoffeln und Zuckerrüben, auch Silomais), welcher zu stark negativen Bilanzen führt (2011-2030 Referenz: -381 kg C/ha/a; Biodiversität: -401 kg C/ha/a). Derart negative Humusbilanzen beeinträchtigen nach der Bewertungsskala der VDLUFA (KÖRSCHENS et al. 2004) Bodenfunktionen und Ertragsleistung. Nur im Klimaschutzpfad kommt es durch die Ausweitung des Lupinenanbaus in der Region Uelzen zu einer deutlichen Erhöhung des Humussaldos.

Durch den Einsatz von Wirtschaftsdünger aus der Tierhaltung kann der Humusgehalt des Bodens nachhaltig erhöht werden. Aufgrund der heutigen geringen Bedeutung der Tierhaltung in der Modellregion Uelzen (<1 Großvieheinheit/Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche) könnten die Viehzahlen moderat aufgestockt werden, ohne die ökologischen Indikatoren wesentlich zu verschlechtern. Dementsprechend sollte zur Erhöhung des Humusgehaltes in der Modellregion Uelzen eine maßvolle Ausweitung des Wirtschaftsdüngereinsatzes angestrebt werden.

#### *Stickstoff-Saldo*

In der Region Uelzen erreicht der Stickstoff-Saldo im Referenzpfad nach einem Zwischentief wieder die durchaus hohen Ausgangswerte von rund 120 kg Stickstoff (N)-Überschuss je Hektar und Jahr (siehe Abbildung 24). Im Entwicklungspfad Biodiversität, wie auch im Entwicklungspfad Klimaschutz, verläuft die Entwicklung ähnlich zum Referenzpfad. Das Niveau liegt aber 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 zu vermeiden.

## 7 Quellen

- ALBERT M., LEEFKEN, G., NUSKE, R., AHREND, B., SUTMÖLLER, J., SPELLMANN, H. (in Begutachtung): Auswirkungen von klimatischer Unsicherheit auf die Forstplanung am Beispiel von vier Regionen im norddeutschen Tiefland. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung.
- ARBEITSAGENTUR 2011: [http://www.pub.arbeitsagentur.de/hst/services/statistik/000000/html/start/karten/aloq\\_kreis\\_jahr.html](http://www.pub.arbeitsagentur.de/hst/services/statistik/000000/html/start/karten/aloq_kreis_jahr.html), abgerufen am 08.12.2011.
- BBR 2005: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.). Genügend Raum für den Ausbau erneuerbarer Energien? BBSR-Berichte KOMPAKT 13.
- BBSR 2010: Genügend Raum für den Ausbau erneuerbarer Energien? BBSR-Berichte KOMPAKT 13.
- BMU 2007: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) Referat Öffentlichkeitsarbeit (Hrsg.): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Available at: [http://www.bmu.de/naturschutz\\_biologische\\_vielfalt/downloads/publ/40333.php](http://www.bmu.de/naturschutz_biologische_vielfalt/downloads/publ/40333.php).
- BOLTE, A., WELLBROCK, N., DUNGER, K. 2011: Welche Maßnahmen sind umsetzbar? AFZ-Der Wald, 2: 27–29.
- BONTEN, L., POSCH, M., REINDS, G. J. 2011: The VSD+ Soil Acidification Model. Model Description and User Manual Version 0.20, Alterra, Wageningen. 19 S.
- BUONGIORNO, J., ZHOU, M. 2015: Adaptive economic and ecological forest management under risk. Forest Ecosystems, 2(1). doi: 10.1186/s40663-015-0030-y.
- CORINE LAND COVER 2006: Corine Landcover - Bodenbedeckungsdaten für Deutschland. Aktualisierung für Deutschland 2006. [http://www.corine.dfd.dlr.de/datadescription\\_2006\\_de.html](http://www.corine.dfd.dlr.de/datadescription_2006_de.html).
- 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.
- DÖRING-MEDERAKE, U. 1991: Feuchtwälder im nordwestdeutschen Tiefland; Gliederung - Ökologie - Schutz. Scripta Geobotanica 19, Göttingen.
- 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.
- FREIER, B., PALLUTT B., JAHN, M., SELLMANN, J., GUTSCHE, V., ZORNACH, W. 2008: Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 144. ([www.jki.bund.de](http://www.jki.bund.de)).
- 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. ([www.jki.bund.de](http://www.jki.bund.de)).
- 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 15. ([www.jki.bund.de](http://www.jki.bund.de)).
- 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. ([www.jki.bund.de](http://www.jki.bund.de)).
- 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 2007–2012. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 166. ([www.jki.bund.de](http://www.jki.bund.de)).
- 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. ([www.jki.bund.de](http://www.jki.bund.de)).
- 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. ([www.jki.bund.de](http://www.jki.bund.de)).
- GADOW, K.V. 2000: Evaluating Risk in Forest Planning Models. Silva Fennica 34(2): 181-191.
- HANSEN, J., NAGEL, J. 2014: Waldwachstumskundliche Softwaresysteme auf Basis von TreeGroSS - Anwendungen und theoretische Grundlagen. Beiträge aus der NW-FVA 11. Universitätsverlag Göttingen.
- 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
- HEIDEREGION UELZEN 2015: Regionales Entwicklungskonzept Heiderregion Uelzen zur Teilnahme am LEADER-Auswahlverfahren 2014-2020 in Niedersachsen, Uelzen.
- HEINKEN, T. 1995: Naturnahe Laub- und Nadelwälder grundwasserferner Standorte im niedersächsischen Tiefland: Gliederung, Standortbedingungen, Dynamik. Dissertationes Botanicae 239: 1-311.

- 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. (1997): Umweltverträgliche Pflanzenproduktion – Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen. Reihe Initiativen zum Umweltschutz 5: 159 - 181.
- IPCC 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex und P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: 1535 S.
- 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* (18) 3–4: 235-265.
- 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 Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten. <http://www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/08-humusbilanzierung.pdf>.
- KYSELY 2004: Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic. *Int J Biometeorol* (49): 91-97.
- LSKN 2007: Landesbetrieb für Statistik und Kommunikation Niedersachsen: Agrarstrukturerhebung 2007
- LSKN 2010: Eigene Berechnung nach LSKN-Online: M6080020, abgerufen am 11.11.2010
- LSKN 2011: [www.lskn.niedersachsen.de/download/51672](http://www.lskn.niedersachsen.de/download/51672), abgerufen am 08.12.2011
- LSKN-ONLINE 2011a: Tabelle Z0000001, abgerufen am 08.12.2011
- LSKN-ONLINE 2011b: Tabelle Z1001696, abgerufen am 09.11.2011
- LSKN-ONLINE 2011c: Eigene Berechnung nach Daten LSKN-Online: Tabelle P70H5109, abgerufen am 08.12.2011
- LSKN-ONLINE 2011d: Eigene Darstellung nach Daten LSKN-Online: Tabelle K6080014, abgerufen am 08.12.2011
- MELV 2010: Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung: Die Niedersächsische Landwirtschaft in Zahlen 2009 – Ergänzung, S. 20.
- MÖHRING, B., WILHELM, ST. 2014: Der Privatwaldvergleich Westfalen-Lippe. *AFZ-DerWald* 23, S. 30 – 33. DLV-Verlag Hannover.
- MOSS, R.H., EDMONDS, J.A., HIBBARD, K.A., MANNING, M.R., ROSE, S. 2010: The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463: 747-756.
- NDS 1991: LÖWE - Langfristige Ökologische Waldentwicklung. Programm der Landesregierung Niedersachsen.
- NDS ML 2012: Waldzustandsbericht. Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung (Hrsg.), bearbeitet von: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung Umweltkontrolle, Sachgebiet Wald- und Bodenzustand, Grätzelstraße 2, 37079 Göttingen. PDF-Datei verfügbar unter: [www.nw-fva.de](http://www.nw-fva.de).
- OFFERMANN, F., BANSE, M., EHRMANN, M., GOCHT, A., GÖMANN, H., HAENEL, H.-D., KLEINHANS, W., KREINS, P., LEDEBUR, O. VON, OSTERBURG, B., PELIKAN, J., RÖSEMANN, C., SALAMON, P., SANDERS, J., 2012: vTI-Baseline 2011 – 2021: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland, 1st ed, Landbauforschung. Eigenverlag, Braunschweig.
- ORLOWSKY, B, GERSTENGARBE, F-W, WERNER, PC 2008: A resampling scheme for regional climate simulations and its performance compared to a dynamical RCM. *Theor. Appl. Climatol.* 92(3-4): 209-223.
- 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, S. 4-6.
- Posch, M. & G. J. Reinds 2009: A very simple dynamic soil acidification model for scenario analyses and target load calculations. *Environmental Modelling & Software*, 24, (3): 329-340.
- REGIONALSTATISTIK 2011a: Eigene Berechnung nach Daten [www.regionalstatistik.de](http://www.regionalstatistik.de), abgerufen am 08.12.2011.
- REGIONALSTATISTIK 2011b: Daten [www.regionalstatistik.de](http://www.regionalstatistik.de), abgerufen am 09.11.2011.
- REINECKE, J., KLEMM, G., HEINKEN, TH. 2011: Veränderung der Vegetation nährstoffarmer Kiefernwälder im nördlichen Spreewald-Randgebiet zwischen 1965 und 2010. *Verh. Bot. Ver. Berlin Brandenburg* 144: 63-97, Berlin.
- REINECKE, J., KLEMM, G., HEINKEN, TH. 2014: Vegetation change and homogenization of species composition in temperate nutrient deficient Scots pine forests after 45 yr. *Journal of Vegetation Science* 25, 113–121.
- 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.
- SCHULLA, J., JASPER, K. 2007: Model Description WaSiM-ETH. Technical report, 181 S. [http://homepage.hispeed.ch/wasim/downloads/doku/wasim/wasim\\_2007\\_en.pdf](http://homepage.hispeed.ch/wasim/downloads/doku/wasim/wasim_2007_en.pdf).
- 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., ALBERT, M., SCHMIDT, M., SUTMÖLLER, J. und OVERBECK, M. 2011: Waldbauliche Anpassungsstrategien für veränderte Klimaverhältnisse. *AFZ-Der Wald*, 66(11): 19–23.
- STEVENS, B., GIORGETTA, M., ESCH, M., MAURITSEN, T., CRUEGER, T., RAST, S., SALZMANN, M., SCHMIDT, H., BADER, J., BLOCK, K., BROKOPF, R., FAST, I., KINNE, S., KORN-BLUEH, L., LOHMANN, U., PINCUS, R., REICHLER, T., 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.
- 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.
- STRER, M., SVOBODA, N., HERRMANN, A. 2015: Veränderung der Häufigkeit widriger Witterungsbedingungen zu sensiblen Entwicklungsphasen des Weizenanbaus 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, 87-88.
- TUOMI, M., RASINMÄKI, J., REPO, A., VANHALA, P., LISKI, J. 2011: Soil carbon model Yasso07 graphical user interface. *Environmental Modeling and Software* (26) 11: 1358-1362.
- 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. *Ecol. Modelling*, 220, 3362-3371.
- VAN VUUREN, D.P., EDMONDS, J., KAINUMA, M., RIAHI, K., THOMSON, A., HIBBARD, K., HURTT, G.C., KRAM, T., KREY, V., LAMARQUE, J.-F., MASUI, T., MEINSHAUSEN, M., NAKICENOVIC, N., SMITH, S.J., ROSE, S.K. 2011: The representative concentration pathways: an overview. *Clim Change* 109: 5-31.
- VOR, T., SPELLMANN, H., BOLTE, A., AMMER, CH. 2015: Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten - Baumartenportraits mit naturschutzfachlicher Bewertung. *Göttinger Forstwissenschaften*, Band 7, Universitätsverlag Göttingen.
- ZANDER, P., KÄCHELE, H. 1999: Modelling multiple objectives of land use for sustainable development. *Agricultural Systems*. 59:311-325.

## 8 Fachbegriffe

### A

**Altersklassen:** Klassen von jeweils 20 Jahren, denen entweder Waldbestände – dem Alter ihrer führenden Baumart entsprechend – oder die ideellen Flächen der einzelnen Baumarten und Baumartengruppen entsprechend ihrem Alter zugeordnet werden.

**Altersklassenverteilung:** Struktur der Flächenausstattung aller → Altersklassen einer Betriebsklasse oder Baumartengruppe. Die Altersklassenverteilung einer idealen Betriebsklasse ist insgesamt und innerhalb der Baumartengruppen gleichmäßig, d. h. bei jeder Baumartengruppe ist jede Altersklasse innerhalb der für sie unterstellten → Umtriebszeit mit der gleichen Fläche ausgestattet.

**Artmächtigkeit:** Angabe zur Anzahl der Individuen einer Art bzw. zu der von ihr bedeckten Fläche.

### B, C

**Barfrostatag:** → Frosttag ohne Schneedecke

**Baumartengruppen:** Die verschiedenen Baumarten werden nach den Forsteinrichtungsvorschriften der Länder in der Regel zu Baumartengruppen zusammengefasst. Nachfolgend die Einteilung für Niedersachsen:

Eiche (Ei)	Sämtliche Eichenarten.
Buche (Bu)	Rotbuche und Hainbuche.
Andere Laubbäume	mit hoher Umtriebszeit (Alh) Ahorne, Esche, Esskastanie, Walnuss, Elsbeere, Kirsche, Linden, Nussbaum, Robinie, Rüster (Ulmen) u. a..
Andere Laubbäume	mit niedriger Umtriebszeit (ALn) Birken, Eberesche, Erlen, Pappeln, Spätblühende Traubenkirsche, Weiden u. a.
Fichte (Fi)	Fichten, Tannen, Thuja- und Tsuga-Arten und sonstige Nadelbaumarten außer Douglasie, Kiefern und Lärchen.
Douglasie (Dgl)	Douglasie.
Kiefer (Ki)	Sämtliche Kieferarten.
Lärche (Lä)	Sämtliche Lärchenarten.

**Bestand:** Einheit von Bäumen einer Art oder mehrerer Arten, die sich nach Alter, Struktur, Aufbau, Baumartenzusammensetzung (Mischung) und Entwicklungsstufe von den benachbarten Waldflächen unterscheidet und dadurch eine waldbauliche Behandlungseinheit darstellt. Die Fläche muss so groß sein, dass der Teil des Waldes eine eigene Dynamik und ein spezifisches Innenklima entwickeln kann. Der Bestand ist die kleinste Inventur- und Planungseinheit in der Forsteinrichtung.

**Bestandesbegründung:** Zielgerichtete, künstliche oder natürliche Anlage eines neuen Bestandes.

**Brusthöhendurchmesser (BHD):** Forstliche Maßeinheit. Der Brusthöhendurchmesser ist der Durchmesser eines Baumes mit Rinde in 1,3 m Höhe über dem Mineralboden.

### D

**Derbholz:** Holz mit einem Durchmesser über 7 cm mit Rinde.

### E

**ELER:** Europäische Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums. fördert die Entwicklung des ländlichen Raums in der Europäischen Union. Der ELER wurde durch eine Verordnung des Rates der Europäischen Union vom 20. September 2005 errichtet und hat seine Tätigkeit im Jahre 2007 aufgenommen. Er hat 4 Schwerpunkte (Achsen):

- Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von Land- und Forstwirtschaft
- Verbesserung des Umwelt- und des Tierschutzes in der Landschaft
- Steigerung der Lebensqualität im ländlichen Raum und Diversifizierung der ländlichen Wirtschaft
- → LEADER

**Erntefestmeter (Efm):** = Festmeter (→ Vorratsfestmeter) Maßeinheit für Planung, Einschlag, Verkauf und Buchung des Holzes. Er wird in der Praxis errechnet, indem vom Vorrat des stehenden Bestandes 20% für Ernte- und Rindenverluste abgezogen werden. Ein Erntefestmeter entspricht einem Kubikmeter (cbm = m<sup>3</sup>) Holz ohne Rinde.

**Evaporation:** Meteorologischer Begriff, der die Verdunstung von Wasser auf unbewachsenem/freiem Land oder Wasserflächen bezeichnet.

**Evapotranspiration:** Bezeichnet in der Meteorologie die Summe aus Transpiration und → Evaporation, also der Verdunstung von Wasser aus Tier- und Pflanzenwelt, sowie von Boden- und Wasseroberflächen.

### F

**Feldkapazität:** Wassermenge, die ein zunächst wasser gesättigter Boden maximal gegen die Schwerkraft nach 2 bis 3 Tagen zurückhalten kann.

**Festmeter (Fm):** Forstliches Volumenmaß → Vorratsfestmeter, Erntefestmeter

**Frosttag:** Tag mit einem Minimum der Lufttemperatur < 0°C.

### G

**Grundwasser:** Alles unterirdische Wasser in der Sättigungszone (im Untergrund, in unmittelbarer Berührung mit dem Boden oder dem Untergrund).

### H

**Heißer Tag:** Tagesmaximum der Lufttemperatur ≥ 30°C.

**Hitzebelastung:** → Kysely-Tage

### I, J, K

**Klimatische Wasserbilanz (KWB):** Die Klimatische Wasserbilanz ergibt sich aus der Differenz von Niederschlag und potenzieller → Evapotranspiration. Sie stellt ein Maß für das Wasserangebot in einem Gebiet dar und liefert einen Hinweis darauf, welche Vegetation in einem Gebiet anzutreffen ist.

**Kysely-Tage:** Das Tagesmaximum der Lufttemperatur (tmax) überschreitet an mindestens 3 Tagen in Folge 30°C, dabei werden die Kysely-Tage so lange über die gesamte nachfolgende Periode weiter gezählt, an denen tmax die Temperatur von 25°C nicht unterschreitet (Kysely 2004).

## L

**LAG:** Lokale Aktionsgruppen. Regionale Arbeitsgruppen, die im Rahmen der →LEADER-Förderung vor Ort Entwicklungskonzepte für die geförderte Region erarbeiten.

**LEADER:** Förderprogramm der Europäischen Union, mit dem seit 1991 modellhaft innovative Aktionen im ländlichen Raum gefördert werden. Lokale Aktionsgruppen erarbeiten vor Ort Entwicklungskonzepte, mit dem Ziel, die ländlichen Regionen Europas auf dem Weg zu einer eigenständigen Entwicklung zu unterstützen.

**LÖWE:** Die „Langfristige ökologische Waldentwicklung in den Landesforsten“ ist ein Programm der Niedersächsischen Landesregierung von 1991. In den darin enthaltenen dreizehn Grundsätzen wird die Bewirtschaftung der Landesforsten nach ökologischen Gesichtspunkten verbindlich vorgeschrieben.

## M

**Mischbestand:** Ein Waldbestand, der sich aus mindestens zwei Baumarten zusammensetzt, sofern die zweite Baumart mit mindestens 10% an der Fläche vertreten ist. Bei der Verteilung der Mischbaumarten in einem Bestand unterscheidet man folgende Mischungsformen:

Stammweise:	Einzelstamm-Mischung
Trupp:	Fläche bis 10 m Durchmesser
Gruppe:	Fläche von 10 - 20 m Durchmesser
Horst:	Fläche von 20 - 40 m Durchmesser

## N, O

**Nebennutzungen, forstliche:** Produktion und Nutzung von Gütern außerhalb der klassischen Holznutzung. Traditionell am bekanntesten und auch wirtschaftlich von großer Bedeutung ist die Produktion und Vermarktung von Weihnachtsbäumen und Schmuckreisig. Aber auch die Nutzung von Kräutern (Bärlauch) und Wildobst (Elsbeeren), die Vermarktung von Wildfleisch sowie die Sicherung des Trinkwassers oder die Erfüllung von spezifischen Naturschutzleistungen im Rahmen von entgeltlichen vertraglichen Vereinbarungen können für den einzelnen Forstbetrieb wirtschaftlich interessant sein.

**Nettowertschöpfung:** Die Nettowertschöpfung ergibt sich aus dem →Produktionswert abzüglich aller Vorleistungen. Zur Ermittlung werden auch die Vorleistungen für die Flächenverwaltung herangezogen. Die Nettowertschöpfung gibt somit den Teil der sektoralen Leistung an, der zur Deckung von Löhnen und Gehältern, Unternehmereinkommen, Kapitalkosten, Flächenkosten, Risikokosten sowie für Betriebsgewinne verbleibt.

**Nutzbare Feldkapazität (nFK):** Der Teil der →Feldkapazität, der von den Pflanzen durch die Wurzel aufgenommen werden kann, wird auch oft Bodenwasservorrat genannt.

## P, Q, R

**Paludikultur:** (v. lat. *palus* „Morast, Sumpf“ und *cultura* „Bewirtschaftung“) Die land- und forstwirtschaftliche Nutzung nasser Hoch- und Niedermoore. Traditionelles Beispiel ist der Anbau von Schilf (Reet) zur Dacheindeckung von Häusern. Heute gibt es auch Überlegungen und erste Umsetzungen zur nachhaltigen energetischen Verwertung von Niedermoor-Biomasse oder zur Kultivierung von Torfmoosen (*Sphagnum spec.*) als Torfersatz für den Gartenbau.

**PNV:** Die potentielle natürliche Vegetation ist die Vegetation (z. B. Waldgesellschaft), die sich auf Grund des heutigen Standortpotentials von selbst einstellen würde, wenn jegliches menschliche Handeln unterbliebe. Hierbei wird die Veränderung des Standorts in der Vergangenheit als gegeben hingenommen, Veränderungen in der Zukunft werden jedoch ausgeschlossen.

**Produktionswerte:** Bewertete (sektorale) Gesamtproduktion in der Region bezogen auf die jeweilige Nutzfläche: Der Produktionswert wird als Nettoerlös aus dem Verkauf der Hauptprodukte (z. B. Weizen, Stammholz...) und ggf. anfallender Nebenprodukte (Stroh...) verstanden. In der Forstwirtschaft sind hier Erträge aus Jagd und sonstigen Nebennutzungen unberücksichtigt. Subventionen, insbesondere (landwirtschaftliche) Flächenprämien, sind in diesem Kennwert nicht enthalten.

## S

**Schneehöhe, mittlere:** Schneehöhe gemittelt über die Tage mit einer Schneedecke  $\geq 1$  cm.

**Schwüle:** Tage, an denen die Äquivalenttemperatur (Maß aus Lufttemperatur und Luftfeuchte)  $\geq 50^\circ\text{C}$  beträgt.

**Spätfrosttag:** →Frosttag im April und Mai

**Standort:** Er umfasst die Gesamtheit der für das Wachstum der Waldbäume bedeutsamen Umweltbedingungen (Boden, Klima, Lage).

**Standortswasserbilanz:** Summe aus →Klimatischer Wasserbilanz in der Vegetationsperiode und der →nutzbaren Feldkapazität.

**Stetigkeit:** Gesamtzahl der Aufnahmen der Gesellschaft / Anzahl der Vorkommen der betreffenden Art in einer Gesellschaft.

## T

**Totholz:** Sammelbegriff für abgestorbene Bäume oder deren Teile. Es wird unterschieden zwischen *stehendem* Totholz, also noch nicht umgefallenen abgestorbenen Bäumen oder deren Teilen, und *liegendem* Totholz, das bereits auf dem Erdboden liegt. Stehendes Totholz ist seltener, bietet aber meist eine größere Vielfalt an Standortfaktoren und ist daher ökologisch besonders wertvoll. Viele Pflanzen und Tierarten sind auf absterbende Bäume und zersetztes Holzsubstrat angewiesen. Daher ist eine gewisse Kontinuität von Totholz zu gewährleisten. Eine besondere Rolle für die Erhaltung von Totholz spielen →historisch alte Waldstandorte.



## U

**Umtriebszeit:** Durchschnittlicher Zeitraum, in dem die →Bestände einer Baumart i.d.R. ihr Erntealter erreicht haben. Z.B. Fichte 100 - 120 Jahre, Buche und Kiefer 140 - 160 Jahre, Stieleiche 140 - 250 Jahre, Traubeneiche 240 Jahre und mehr. Der Begriff der Umtriebszeit stammt aus der Zeit der (kahl)schlagweisen Bewirtschaftung von Beständen, zumeist von Reinbeständen, und gab damals den Nutzungszeitpunkt der Bestände vor. Heute ist die Umtriebszeit ein rechnerisches Hilfsmittel zur Herleitung bestimmter Modellgrößen (Soll-Vorräte, Nachhaltsweiser) und zur Bestimmung des Produktionszeitraumes im Rahmen der Investitionsplanung (Investitionsrechnung). Die Nutzung von Beständen bzw. Bäumen ist von ihr in keiner Weise abhängig, sondern allein von waldbaulichen und betrieblichen Zielen.

## V

**Verjüngung:** Künstlich oder natürliche Neubegründung eines Bestandes. Der Begriff wird in der Praxis parallel hierzu als Bezeichnung des Nachwuchses eines Bestandes verwendet (→Bestandesbegründung).

**Vorrat:** Oberirdisches Holzvolumen eines Waldes, wird in →Vorratsfestmetern angegeben.

**Vorratsfestmeter (Vfm):** Maßeinheit für den stehenden Holzvorrat (→Vorrat) und Zuwachs in Kubikmetern →Derbholz mit Rinde. Die Umrechnung in Kubikmeter Derbholz ohne Rinde ist von der artspezifischen Rindenstärke und dem Alter der Baumarten abhängig. In der Praxis werden zumeist vereinfachend folgende Umrechnungen durchgeführt:  $1 \text{ Vfm} = 0,8 \text{ Fm}$ ,  $1 \text{ Fm} = 1,25 \text{ Vfm}$ .

## W

**Waldstandorte, historisch alte:** Waldgebiete die in den vergangenen Jahrhunderten weder durch Rodungen für landwirtschaftliche Zwecke noch durch Übernutzung (Waldweide, Raubbau an Holz) zerstört worden sind. Trotz menschlichen Einflusses, z. B. durch Mittel- und Niederwaldnutzung sowie Waldweide war die Vegetation stets walddähnlich, der Boden ein nur gering veränderter Waldboden. Zwischen der Kontinuität von Waldgebieten und dem Vorkommen wenig beweglicher bzw. verbreitungsschwacher hochspezialisierter Pflanzen und Tierarten besteht ein enger Zusammenhang. Nur in diesen Waldinseln historisch alter Waldstandorte konnten sich diese Pflanzen und Tierarten in überlebensfähigen Populationen bis in unsere Gegenwart „retten“.

## X, Y, Z

**Zielstärke:** Angestrebter →Brusthöhendurchmesser (BHD) für gesunde, gut geformte Bäume einer Art. Die Zielstärke ist ein Beurteilungskriterium der Hiebsreife von Bäumen. Bei der Bestimmung der Zielstärke für eine Baumart sind u. a. deren allgemeine Ertrags- und Kostenkalkulationen sowie die Stärkenentwicklung, die Zuwachs- und Qualitätsverhältnisse bei fortschreitendem Alter zu berücksichtigen.

**Zielstärkenutzung:** Einzelstamm- bis gruppenweise (Mischungsform) Nutzung reifer und alter Bäume unter Verzicht auf Kahlflächen. Erst bei Erreichen der →Zielstärke werden sie geerntet.

**Zuwachs:** Jährlicher Holzzuwachs in →Vorratsfestmetern →Derbholz einer Baumart, →Baumartengruppe u. a. m. je Hektar Waldfläche.

## 9 Anhang

Tabelle A: Kriterien und Indikatoren einer nachhaltigen Landnutzung. Die 12 Schlüsselindikatoren sind dunkler hinterlegt (vgl. Tabelle B).

Ressourcen	Stabilität	Produktivität	Beschäftigung	Wertschöpfung	Naturschutz	Lebensqualität
Betriebsgröße (Nutzfläche)	Windwurfisiko	Rohholz (atro)	Arbeitsvolumen (Lawi, Fowi)	Produktionswerte (Lawi, Fowi; Brutto)	Streng geschützte Flächen (NSG, FFH, etc.)	Wärmebelastung
Größe der Schläge/Bestände	Waldbrandrisiko	Ernteprodukte (Feldfrüchte & Grünland, atro)		Vorleistungen (Brutto)	Mischung	Bevölkerungsdichte
Nutzbare Feldkapazität	Trockenstress	Tierische Produkte		Nettowertschöpfung	Landschaftsdiversität	Arbeitsplätze (SVB)
Ertragspotential (Nährstoffziffer, Bodenpunkte)	Pflanzenschutz (Behandlungsindex)	Trink- und Brauchwassermenge		Subventionen	Naturnähe (PNV)	Flächeninanspruchnahme (Siedlg., Verkehr)
Altersklassenaufbau	Bewässerungsbedarf	Berechnungsmenge			Anteil Altholz	
Holzvorrat	Minderertrag				Anteil extensive Bewirtschaftung	
Holzzuwachs	N-Saldo					
Nitrat-Gehalt im Sickerwasser	P-Saldo					
Nitrat-Gehalt im Grundwasser	Humus-Saldo					
Grundwasserneubildung	Kohlenstoffdioxid-Emissionen					
Grundwasseranschluss	Methan-Emissionen					
Nitrat-N-Gehalt im Fließgewässer	Lachgas-Emissionen					
ortho-Phosphat-P-Gehalt im FG						
Abflusspende (Mq)						

Tabelle B: Land- und forstwirtschaftliche Schlüsselindikatoren (vgl. Tabelle A).

Schlüsselindikatoren Forstwirtschaft	Indikator	Einheit	Referenz				Biodiversität				Klimaschutz				
			1991-2010	2011-2030	2031-2050	2051-2070	2011-2030	2031-2050	2051-2070	2011-2030	2031-2050	2051-2070	2011-2030	2031-2050	2051-2070
			Holzvorrat	261	309	310	250	302	327	328	272	218	178	Vfm/ ha	
Holzzuwachs	8,8	7,7	6,3	5,2	7,5	6,4	5,7	7,1	5,4	6,2	Vfm/ ha/a				
Nitrat im Sickerwasser	7,06	5,71	9,07	22,28	5,75	8,84	14,65	5,74	13,21	35,54	mg/ l				
Grundwasserneubildung	234	253	218	219	253	218	214	258	233	222	mm/ a				
Trockenstress	100	100	88	85	100	87	82	100	89	83	-				
Pflanzenschutz	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	-				
N-Saldo	10,54	6,92	8,41	5,89	6,93	8,95	9,36	7,08	7,11	-9,71	kg/ ha/a				
Netto-CO <sub>2</sub> -Emission	-11,7	-10,32	-5,64	-9,35	-9,84	-3,64	-4,11	-12,56	-7,24	-7,59	tCO <sub>2</sub> / ha/a				
Arbeitsvolumen	1,03	1,11	1,83	2,28	1,13	1,13	1,37	1,69	1,98	1,79	h/ ha <sub>NF</sub> / a				
Nettowertschöpfung	131	144,03	264,87	327,19	167,5	144,93	165,12	255,7	304,47	239,17	€/ ha <sub>NF</sub> / a				
Landschaftsdiversität	0,619	0,623	0,632	0,631	0,624	0,627	0,628	0,629	0,629	0,609	-				

Schlüsselindikatoren Landwirtschaft	Indikator	Einheit	Referenz				Biodiversität				Klimaschutz				
			1991-2010	2011-2030	2031-2050	2051-2070	2011-2030	2031-2050	2051-2070	2011-2030	2031-2050	2051-2070	2011-2030	2031-2050	2051-2070
			Nitrat im Sickerwasser	121,8	117,7	113,9	113,2	114,6	111,5	111,3	115,9	110,6	109,2	mg/ l	
Grundwasserneubildung	263	278	251	248	279	252	248	279	252	248	mm/ a				
Pflanzenschutz	5,6	5,1	5,1	5,4	4,7	4,9	5,2	4,5	4,6	4,9	-				
Bewässerungsbedarf	61	50	87	110	49	85	107	44	76	95	mm/ a				
N-Saldo	118	114	105	123	101	93	111	102	96	114	kg/ ha/a				
Netto-CO <sub>2</sub> -Emission	4,504	4,354	4,534	5,324	4,194	4,344	5,114	3,627	3,787	4,457	tCO <sub>2</sub> / ha/a				
Ernteprodukte	9,23	13,2	13,4	15,16	11,7	11,83	13,28	11,89	12,57	13,76	t/ ha/a				
Arbeitsvolumen	18	19,16	16,92	17,79	19,07	16,78	17,62	19,74	18,33	19,13	h/ ha <sub>NF</sub> / a				
Nettowertschöpfung	1272,92	1221,58	1088,48	1127,27	1209,58	1075,79	1113,89	1145,48	979,18	1015,09	€/ ha <sub>NF</sub> / a				
Landschaftsdiversität	0,619	0,623	0,632	0,631	0,624	0,627	0,628	0,629	0,629	0,609	-				

GEFÖRDERT VOM



**Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung**

Das dieser Broschüre zugrundeliegende Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 033L029A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

