



NACHHALTIGES LANDMANAGEMENT

Modellregion Oder-Spree

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

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

Titelfoto: Andrej Lange (ZALF)

Inhalt

1	Das Projekt	1
2	Die Modellregion Oder-Spree	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	22
5	Politische Instrumente	27
5.1	Einschätzung des regionalen Leitbildes vor dem Hintergrund der politischen Rahmenbedingungen	27
5.2	Mögliche politische Anknüpfungspunkte für die Umsetzung der regionalen Leitbilder	27
6	Folgerungen für ein nachhaltiges Landmanagement	29
7	Quellen	32
8	Fachbegriffe	35
9	Anhang	38

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 Oder-Spree.

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).

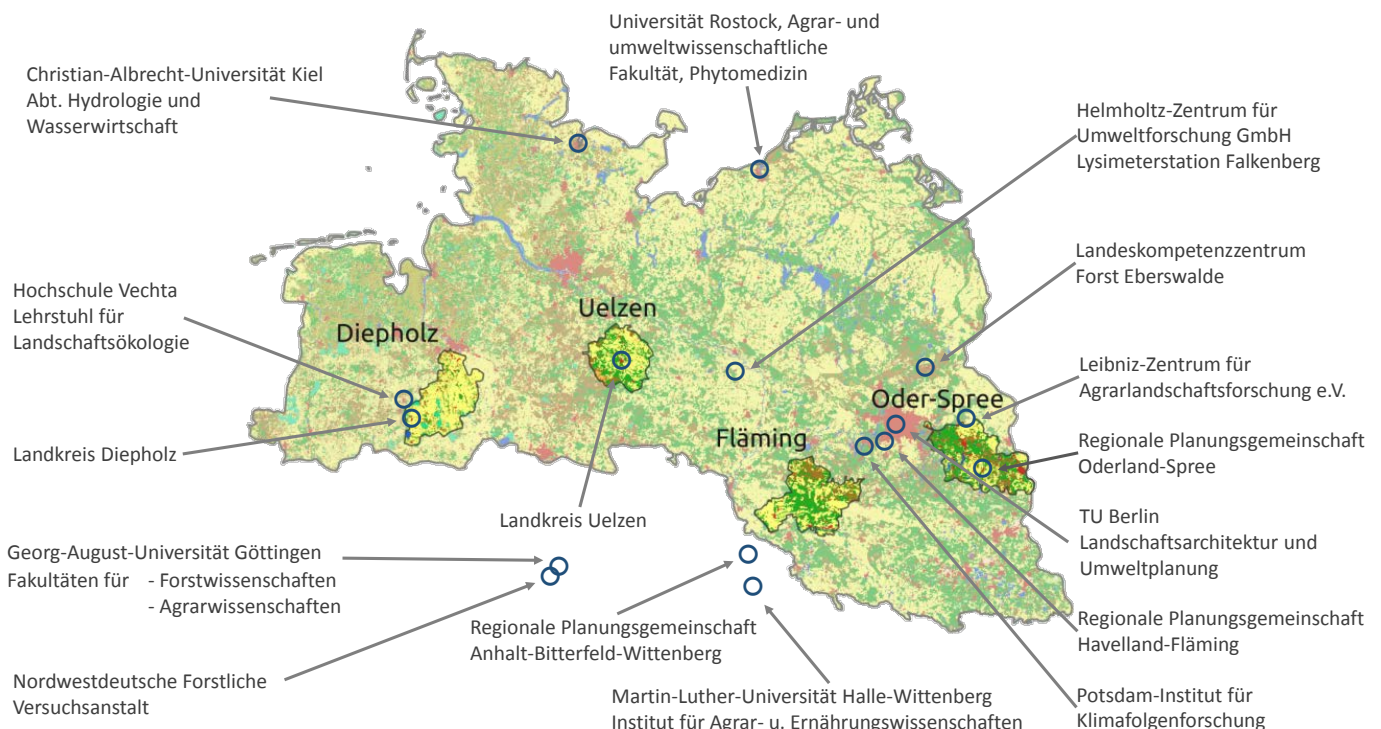


Abbildung 1: Untersuchungsraum norddeutsches Tiefland, Modellregionen und am Projekt beteiligte wissenschaftliche und regionale Institutionen.

2 Die Modellregion Oder-Spree

2.1 Zahlen und Fakten

Die Modellregion deckt sich mit dem Landkreis Oder-Spree. Dieser liegt im Osten der Metropolregion Berlin-Brandenburg und erstreckt sich vom südöstlichen Stadtrand der Bundeshauptstadt bis an die polnische Grenze im Osten. Er grenzt an die Landkreise Spree-Neiße und Dahme-Spreewald im Süden bzw. Südwesten. Im Norden schließen sich der Landkreis Märkisch-Oderland sowie die kreisfreie Stadt Frankfurt (Oder) an. Der Landkreis Oder-Spree erstreckt sich über ein Gebiet von 2.243 km² und ist damit einer der flächenmäßig größten deutschen Landkreise (LANDKREIS ODER-SPREE 2012; siehe Tabelle 1).

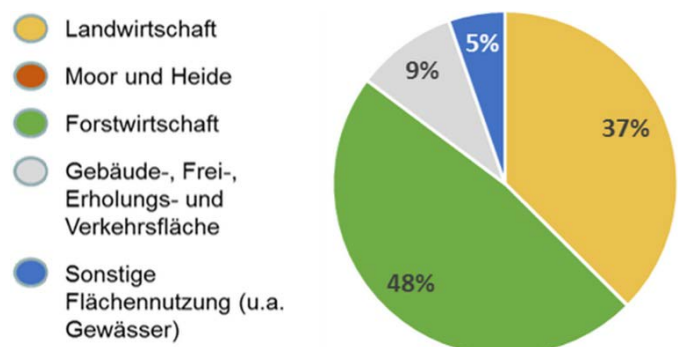


Abbildung 2: Flächenanteile der Landnutzungen im Landkreis Oder-Spree.

Tabelle 1: Strukturdaten der Modellregion Oder-Spree (= Landkreis Oder-Spree).

Basisdaten	
Fläche ¹	2.243 km ²
Einwohnerzahl (2009) ²	185.000
Bevölkerungsdichte (2009) ³	85 EW/km ²
prognostizierte Bevölkerungsentwicklung ⁴	-17,6 % (2009-2030)
Pendlersaldo ⁵	-15.700
Flächennutzung ⁶	
Landwirtschaft	83.943 ha (37,42 %)
Moor und Heide	63 ha (0,02 %)
Forstwirtschaft	107.156 ha (47,78 %)
Gebäude-, Frei-, Erholungs- und Verkehrsfläche	21.247 ha (9,47 %)
Sonstige Flächennutzung	11.902 ha (5,31 %), davon Wasserfläche 8.687 ha (3,87 %)
Beschäftigung ⁵	
Erwerbstätige	49.463
- davon in Land-, Forstwirtschaft und Fischerei	1.322 (2,76 %)
- davon im produzierenden Gewerbe (einschl. Bau)	15.889 (32,12 %)
- davon im Dienstleistungsbereich	32.252 (65,20 %)
Landwirtschaft (2007) ²	
Anzahl Betriebe	404, davon 149 Rinderhalter und 64 Schweinehalter
- davon Betriebe mit ökologischen Landbau	54 Betriebe = 11,7 % der Fläche
Fläche Ackerland	68.488 ha (81,53 %)
Fläche Grünland	13.104 ha (15,60 %)
Forstwirtschaft	
Fläche Forstwirtschaft	107.156 ha
Wirtschaftskraft	
Bruttowertschöpfung (2008) ⁷	3.291 Mio. €
Arbeitslosenquote (2011) ⁸	9,00 %

¹ LANDKREIS ODER-SPREE 2012

² LANDKREIS ODER-SPREE 2009

³ STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER 2012

⁴ AMT FÜR STATISTIK BERLIN-BRANDENBURG 2010

⁵ AMT FÜR STATISTIK BERLIN-BRANDENBURG 2011A

⁶ AMT FÜR STATISTIK BERLIN-BRANDENBURG 2011B

⁷ AMT FÜR STATISTIK BERLIN-BRANDENBURG, EIGENE BERECHNUNGEN

⁸ BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT 2011

Die Siedlungsstruktur der Modellregion Oder-Spree ist geprägt durch die Lage des Landkreises zwischen Berlin und dem Nachbarland Polen. Die meisten Menschen leben im Umland Berlins sowie in den Mittelstädten Fürstenwalde, Eisenhüttenstadt, Erkner und Beeskow. Die Bevölkerungsentwicklung verläuft innerhalb des Landkreises sehr unterschiedlich. Während die Berliner Umlandgemeinden aktuell und voraussichtlich in der Zukunft Wanderungsgewinne verbuchen werden, rechnet die Bevölkerungsprognose insgesamt mit einem Rückgang von 17,6 % bis 2030.

Der Landkreis Oder-Spree gehört zu den wald- und gewässerreichsten Gebieten Brandenburgs, der Waldanteil liegt bei rund 48 %, Gewässer nehmen knapp 4 % der Gebietsfläche ein. Landwirtschaft wird auf 37 % der Fläche des Landkreises betrieben (siehe Abbildung 2). Das Verhältnis von Acker- zu Grünlandflächen liegt bei 5:1. Es dominieren Wintergetreideanbau, vor allem Winterroggen, Silomais und Winterraps. Die Rinderhaltung, vor allem Mutterkühe, hat in der Region eine gewisse

Bedeutung. Ökologischer Landbau findet auf rund 12 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche statt.

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

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



Herbst in der Region Oder-Spree (Bild: Heike Schobert, ZALF).

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).

3. Wasserwirtschaft



4. Querschnitt

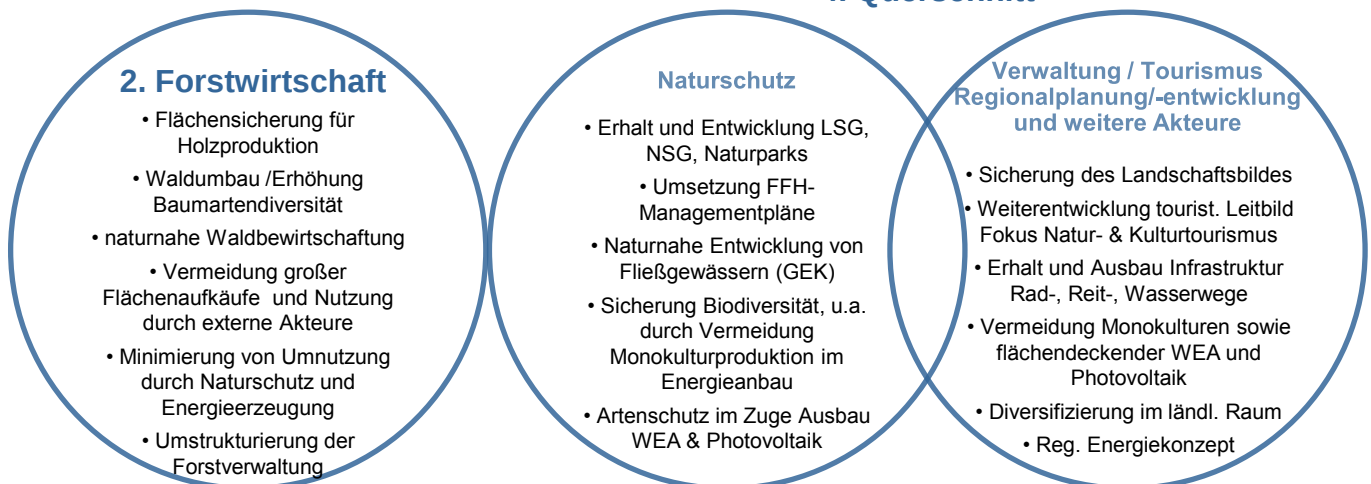


Abbildung 3: Akteursgruppen in der Modellregion Oder-Spree und ihre (Nutzungs-)Interessen und Präferenzen. (GEK = Gewässerentwicklungskonzept, WEA = Windenergieanlagen, LSG = Landschaftsschutzgebiet, NSG = Naturschutzgebiet).

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 Wasserwirtschaft: Eine nachhaltige Gestaltung der Landnutzung insgesamt steht im Mittelpunkt des Interesses der Wasserwirtschaft / Gewässerunterhaltung im Landkreis Oder-Spree. Dazu gehört nach Aussagen der Teilnehmer eine nachhaltige, an standörtliche Gegebenheiten angepasste Nutzung der land- und forstwirtschaftlichen Flächen. Die Wasserbewirtschaftung in der Region muss den unterschiedlichen Erwartungen der Gewässeranrainer und Landnutzer Rechnung tragen. Dafür ist ein intelligentes, zweiseitiges Wassermanagement vonnöten, welches je nach Situation und Interessenlage Wasserableitung oder Wasserrückhalt in den Flächen sicherstellen kann. Eine weitere wichtige Zielstellung ist die Verbesserung der Hochwasservorsorge, bspw. durch verbesserte Gräbenbewirtschaftung einerseits; andererseits wird die Änderung politischer Rahmenbedingungen dafür als notwendig angesehen, mit der bspw. Siedlungstätigkeiten in besonders gefährdeten Gebieten eingeschränkt werden können. Angemahnt wird darüber hinaus die bessere, ganzheitliche Abstimmung von Nutzungsinteressen auf der Fläche einerseits, sowie der Zusammenarbeit unterschiedlicher Gremien und Verwaltungseinrichtungen, auch über die Kreisgrenze hinweg. Betont wird die Bedeutung langfristig verlässlicher Planungen und Konzeptionen. Für den Bereich des Trinkwasserschutzes wird als konkretes Ziel die Wiedereinsetzung einer Trinkwasserschutzgebietskommission benannt.

Leitbild Landwirtschaft: Ein zentrales Ziel für die Vertreter der Landwirtschaft ist der Erhalt der landwirtschaftlichen Betriebe und der landwirtschaftlichen Nutzfläche in der Region. Stabile Strukturen im Agrarsektor werden als ein wichtiger Faktor zum Erhalt der wirtschaftlichen und demografischen Stabilisierung ländlicher Regionen insgesamt betrachtet. Der Erhalt von Agrarflächen sollte u. a. durch veränderte politische Rahmenbedingungen unterstützt werden, bspw. die Verlagerung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen auf nicht-landwirtschaftliche Flächen. Darüber hinaus werden Erleichterungen beim Landerwerb angeregt; so soll sich der Ver-

kauf von Treuhandflächen besser an den Bedürfnissen der Landwirte vor Ort ausrichten. Landerwerb sollte zudem steuerliche Absetzmöglichkeiten bieten. Ein weiteres wichtiges regionales Themenfeld nach Ansicht der Teilnehmer ist die Gewässerunterhaltung. Ein intelligentes Wassermanagement ist vonnöten, welches sowohl den Wasserrückhalt auf den Flächen in Trockenzeiten als auch die schnelle Wasserabführung in nassen Perioden gewährleisten kann. Dazu gehört sowohl die Sicherstellung ausreichender Wasserstände in den Gewässern höherer Ordnung durch Staumanagement, als auch die Verbesserung des Drainagenetzes auf den Flächen.

Leitbild Forstwirtschaft: Vertreter der Forstwirtschaft sehen über ihren eigenen Sektor hinaus die Stabilisierung und Stärkung des ländlichen Raumes im Zentrum ihrer Leitbildvorstellungen. Neben dem Erhalt und dem Ausbau technischer und sozialer Infrastruktur in den Orten dient dazu eine multifunktionale Landnutzung, die Stabilität durch Vielfalt schafft. Diese Multifunktionalität betrifft insbesondere den Wald, in dem die unterschiedlichen Interessen – Waldnutzung, Schutz, Erholung und Tourismus – harmonisiert werden sollen. Die wirtschaftliche Nutzung der regionalen Flächen und deren Erträge sollten den Bewohnern der Region zugutekommen, Arbeitsplätze in der Land- und Forstwirtschaft erhalten werden. Dabei sollte sich die konkrete Art der Nutzung an den jeweiligen natürlichen Standortbedingungen orientieren. Zielvorstellungen für die Waldnutzung selbst fokussieren auf bessere Voraussetzungen für effiziente Flächenbewirtschaftung: gut strukturierte Waldflächen sollten geschaffen und gesichert, Verfahren für Flurbereinigung im Wald vereinfacht werden. Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für Waldflächenverlust sollen im Landkreis selbst verortet sein, um damit verbundene Synergieeffekte der Bevölkerung in der Region zugutekommen zu lassen. Ziele der Waldnutzung sind gut strukturierte, stabile Mischwälder, die multifunktionalen Nutzungsansprüchen entsprechen und an die zu erwartenden Folgen des Klimawandels angepasst sind.

Gemeinsames Leitbild:

Die regionale Landnutzung in der Modellregion Oder-Spree soll nachhaltig und standortangepasst gestaltet werden. Ziele sind Erhalt und Gestaltung einer durch Landbewirtschaftung geformten Kulturlandschaft, die zur Stabilisierung des Lebens im ländlichen Raum beiträgt. Der Sicherung der Flächen für eine vielfältige Land- und Forstwirtschaft kommt besondere Bedeutung zu. Der Schwerpunkt für die Landwirtschaft liegt in der Nahrungsmittelproduktion; die Forstwirtschaft wird mit stabilen, strukturreichen Wäldern allen Ansprüchen nachhaltiger Nutzung gerecht. Ein auf den Gesamttraum Oder-Spree bezogenes, intelligentes Wassermanagement sichert Nutzungs- und Schutzansprüche an die Gewässer in der Region. Kooperation und Kommunikation nach innen und außen sichern einerseits die Abstimmung der Interessen der Landnutzungsakteure und sorgen andererseits für eine Stärkung und bessere Darstellung von Leistungen und Erträgen des ländlichen Raumes.

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 CO₂-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 CO₂-Entwicklung zeigt den gleichen Verlauf, wie die tatsächlich in dem Zeitraum gemessenen CO₂-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 CO₂-Emissionen anhält, kann das seinerzeit vom IPCC als eher extrem eingeschätzte Szenario RCP 8.5 als durchaus realistisch angesehen werden.

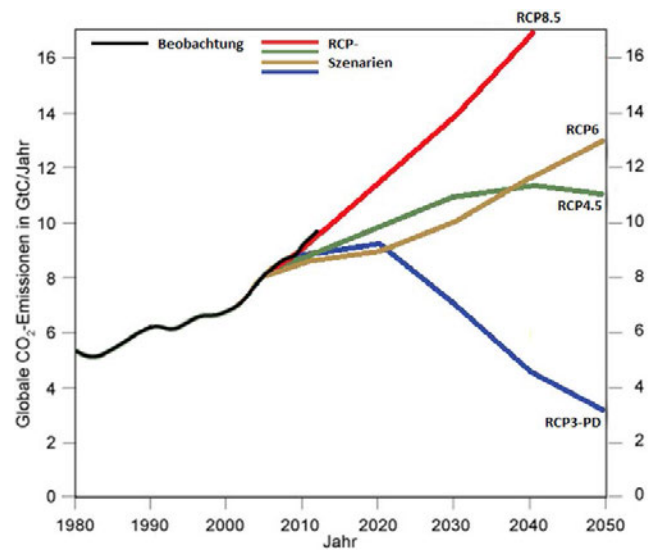


Abbildung 4: Gemessene (schwarze Linie) und entsprechend den RCP-Szenarien vorgegebene globale CO₂-Emissionen pro Jahr für den Zeitraum 1980 bis 2050. (PETERS et al. 2013, verändert).

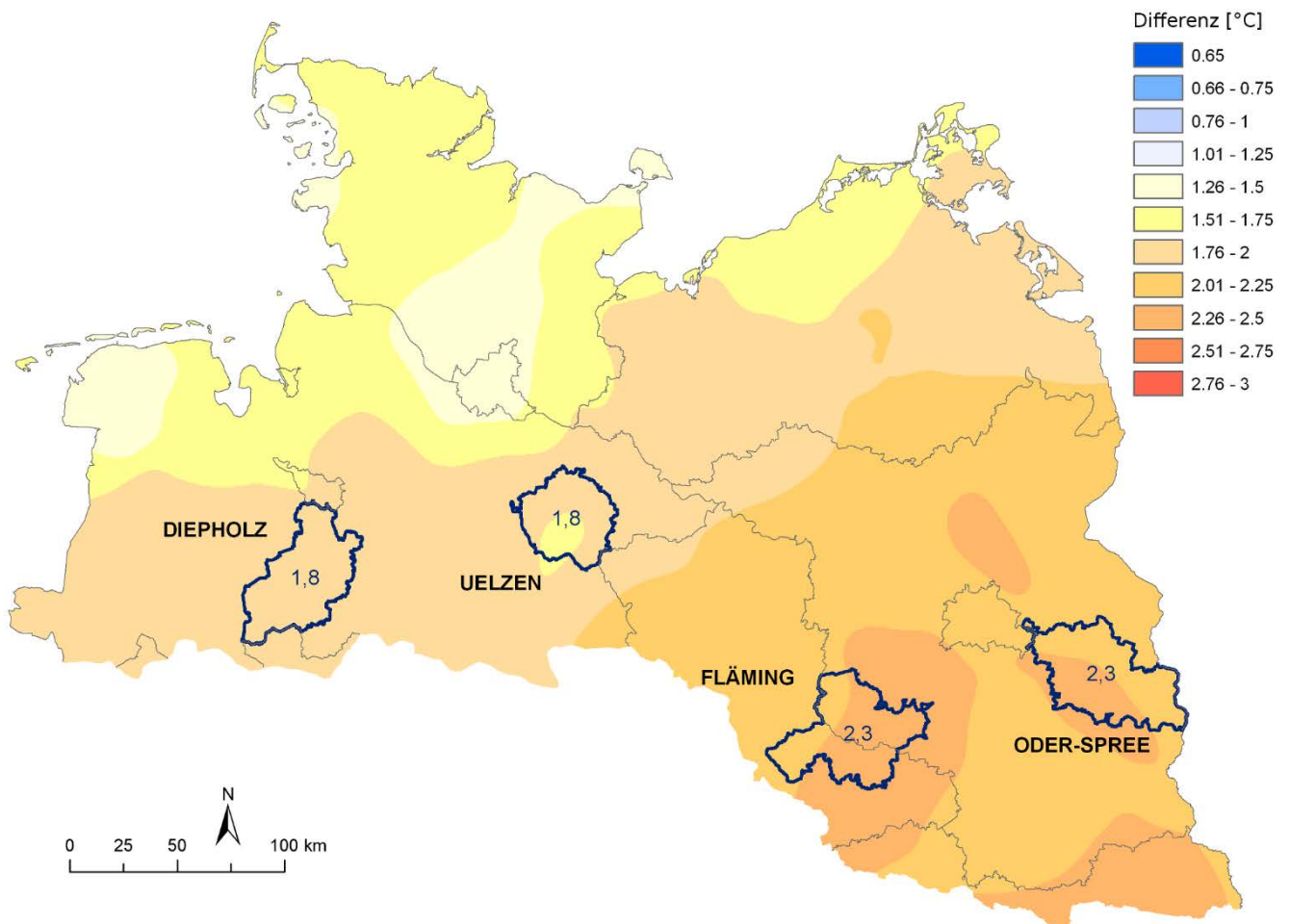


Abbildung 5: Änderung der mittleren Jahresmitteltemperatur (2051-2070 im Vergleich zu 1991-2010).

Lufttemperatur

Bereits im Zeitraum 1951-2010 wurde eine Zunahme der Jahresmitteltemperatur in der Modellregion um ca. 2,0 °C beobachtet. Die Klimaprojektionen legen nahe, dass sich dieser Trend in der Zukunft weiter fortsetzen wird. Bis zum Jahr 2070 nimmt die Jahresmitteltemperatur um weitere 2,3 °C zu (vgl. Tabelle 2), so dass es dann in der Modellregion Oder-Spree insgesamt ca. 4,3 °C wärmer sein wird als zur Mitte des 20. Jahrhunderts.

Für das Jahresmittel des Tagesmaximums fällt die Zunahme mit 2,6 °C noch etwas höher aus, das Jahresmittel des Tagesminimums erhöht sich hingegen „nur“ um 1,9 °C. Die durchschnittliche tägliche Temperaturspanne vergrößert sich ebenfalls. Deutlich sichtbar wird die Temperaturzunahme auch in den geänderten Häufigkeiten von Tagen

mit extremen Wetterbedingungen. So nimmt die Zahl der „heißen Tage“ gegenüber dem Vergleichszeitraum der Jahre 1991-2010 um 89 % zu. Auch die Anzahl der Tage mit Hitzebelastung (Kysely 2004) sowie die Tage mit Schwüle erhöhen sich.

Die Erwärmung führt erwartungsgemäß auch zu einer verringerten Kältebelastung im Winter. Die Anzahl der Frosttage geht um knapp die Hälfte (43 %) zurück. Dennoch sind auch zukünftig immer noch vereinzelt Spätfröste möglich (in der Periode 2051-2070 im Mittel ca. 1 Tag pro Jahr). Letztlich führt die durchschnittliche Lufterwärmung bis 2070 zu einer Verlängerung der Vegetationsperiode um einen Monat (33 Tage, bzw. 18 %; siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Simulationsergebnisse (Mittelwerte) ausgewählter klimatischer Parameter der Modellregion Oder-Spree für die Zeiträume 1991-2010 und 2051-2070.

Parameter	1991-2010	2051-2070	2051-2070 - 1991-2010	
			absolut	in Prozent
Jahresmittel Lufttemperatur (°C)	9,6	11,9	2,3	---
Jahresmittel Tmax (°C)	13,9	16,5	2,6	---
Jahresmittel Tmin(°C)	5,5	7,4	1,9	---
Sommermittel Tmax (°C)	24,0	25,8	1,8	---
Wintermittel Tmin (°C)	-1,7	0,9	2,6	---
Anzahl heiße Tage pro Jahr	10,9	20,6	9,7	89,0
Anzahl Kysely-Tage pro Jahr (Tage in Hitzewellen)	5,3	8,6	3,3	62,3
Anzahl Tage mit Schwüle pro Jahr	13,3	19,3	6,0	45,1
Anzahl Frosttage pro Jahr	82,4	47,1	-35,3	-42,8
Anzahl Spätfröste April/(Mai)	3,8	1,2	-2,6	-68,4
Anzahl Barfrosttage	30,7	15,2	-15,5	-50,5
Jahressumme Niederschlag (mm)	584,9	527,9	-57,0	-9,7
Sommer Niederschlag (mm)	188,4	120,0	-68,4	-36,3
Winter Niederschlag (mm)	129,0	167,2	38,2	29,6
Anzahl Tage ohne Niederschlag pro Jahr	197,1	220,4	23,3	11,8
Jahressumme: Klimatische Wasserbilanz (mm)	-70,9	-223,0	-152,1	---
Sommer: Klimatische Wasserbilanz (mm)	-147,2	-257,7	-110,5	---
Länge Vegetationsperiode (Tage)	179,0	211,5	32,5	18,2
Mittlere Schneedeckenhöhe (cm)	7,0	8,3	1,3	18,6
Anzahl der Tage mit Schneehöhe ≥ 10 cm	5,0	8,4	3,4	68,0
Mittlere Andauer der Tage mit Schneehöhe ≥ 10 cm	3,8	2,8	-1,0	-26,3

Niederschlag

Die Modellregion Oder-Spree gehört schon heute zu den trockensten Regionen Deutschlands. Die Modellsimulationen deuten darauf hin, dass sich diese Situation noch verschärfen wird. Danach wird zukünftig im Landkreis Oder-Spree im Vergleich zu den durchschnittlichen Verhältnissen der norddeutschen Tiefebene die jährliche Jahresniederschlagsmenge besonders stark zurückgehen. Statt derzeit 585 mm werden dann (2051-2070) nur noch 528 mm erreicht (-10 %). Vor allem die Sommermonate (Juni-August) sind von diesem Rückgang besonders getroffen. Hier verringert sich die Niederschlagsmenge um mehr als ein Drittel von 188 mm auf 120 mm. Hierdurch verschlechtert sich die Wasserversorgung von Pflanzen und Tieren in dieser Zeit deutlich. Dagegen nehmen im Winter die Niederschläge um 38 mm (ca. +30 %) leicht zu (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. In der Modellregion Oder-Spree wird sie nach den durchgeführten Berechnungen bis 2070 von dem aktuellen Jahreswert von -71 mm (1991-2010) auf -223 mm abfallen. Allein für die drei Sommermonate beträgt der Rückgang 111 mm, also 2/3 des Jahresverlustes (siehe Tabelle 2). Die Sommer werden somit deutlich trockener als sie heute bereits sind.



Wolken über Brandenburg (Bild: Jan Evers, 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).

4.2 Wasserhaushalt

In der Modellregion Oder-Spree herrscht ein subkontinentales Klima mit, im Vergleich zu den sonstigen Verhältnissen in Deutschland, sehr geringen Niederschlägen. Aktuell liegen die mittleren Jahresniederschläge in der Modellregion bei 585 mm und sind damit als sehr gering einzustufen. Insofern sind die vielfach vorherrschenden Sandböden mit ihrer geringen Wasserspeicherkapazität für eine ertragreiche Land- und Forstwirtschaft eher ungünstig. Dieser Umstand wird aber forstwirtschaftlich etwas abgemildert, da die Bäume auf etwa 22 % der Waldflächen Anschluss zum Grundwasser haben.

Grundwasserneubildung

Die geringen Niederschläge im Landkreis Oder-Spree lassen bereits heute nur wenig Grundwasserneubildung zu.

Hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung weisen alle Modellrechnungen auf eine weitere Abnahme der Grundwasserneubildung von heute ca. 100 mm/a um auf ca. 60 mm/a am Ende des Betrachtungszeitraums (2070) hin (vgl. Abbildung 7). Da bereits unter den heutigen Klimabedingungen die mittlere Grundwasserneubildung gering ist, muss in Zukunft damit gerechnet werden, dass im Winterhalbjahr trockener Jahre insbesondere unter Waldflächen keine vollständige Auffüllung des Bodenwasserspeichers mehr erfolgt.

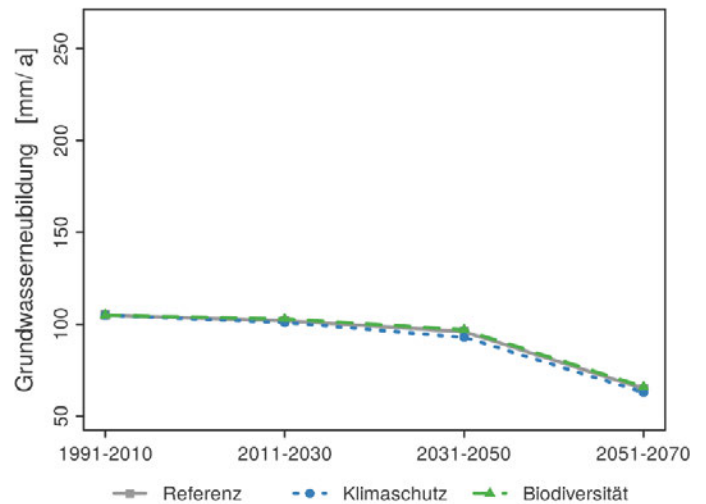


Abbildung 7: Erwartete Entwicklung der Grundwasserneubildung (alle Landnutzungsformen).

Nitrat im Sickerwasser

Die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser werden überwiegend durch Einträge aus der Landwirtschaft bestimmt, hier vor allem durch die Stickstoff-Düngung. Die Stickstoffdepositionen sind in dieser Modellregion eher gering. 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.



Feuchtes Frühjahr in Brandenburg (Bild: Heike Schobert, ZALF).

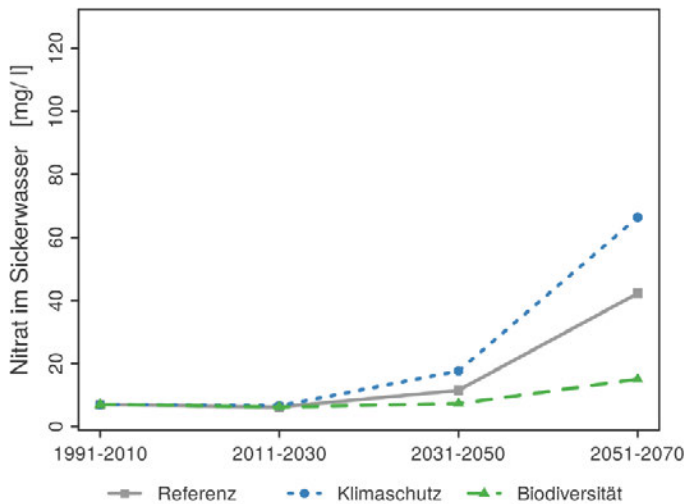


Abbildung 8: Entwicklung des Nitratgehalts im Bodensickerwasser unter Wald.

Wald

Die aktuellen Nitratkonzentrationen im Landkreis Oder-Spree liegen bei mäßiger Stickstoff-Deposition und geringen Sickerwassermengen auf einem niedrigen Niveau (7 mg NO₃/l, siehe Abbildung 8).

Durch die allmählich sinkenden Depositionsmengen und eine leichte Zunahme der Sickerwassermengen sinkt die Nitratkonzentration zunächst noch leicht (6,1 mg NO₃/l im Zeitraum 2011-2030), bevor sich der klimabedingt beschleunigte Humusabbau bei gleichzeitiger Halbierung der Sickerwassermenge zu einem deutlichen Anstieg der Nitratkonzentration bis auf 42,2 mg NO₃/l (Referenzpfad 2070) führt. Dieser Anstieg erfolgt im Klimschutzpfad noch deutlicher (66,4 mg NO₃/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 15 mg NO₃/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 der Modellregion liegen bei Fortführung der bisherigen Wirtschaftsweise und unter Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen

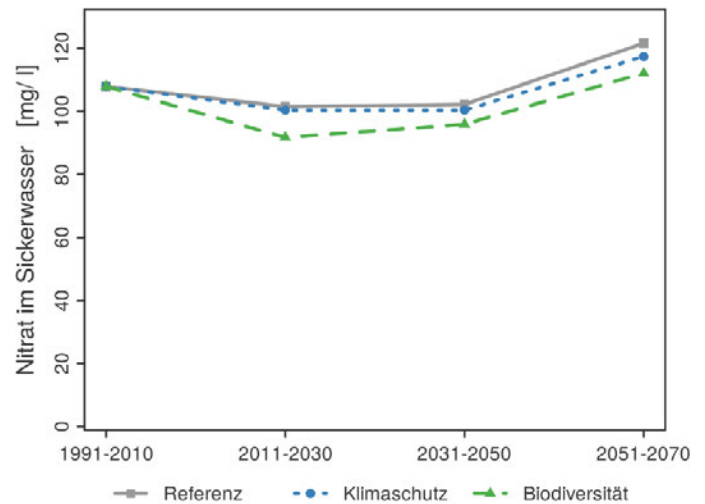


Abbildung 9: Entwicklung des Nitratgehalts im Bodensickerwasser unter landwirtschaftlich genutzten Flächen (Acker und Grünland).

(Referenzpfad) während des gesamten Betrachtungszeitraumes bei 102 bis 122 mg NO₃/l (siehe Abbildung 9; zzt. kein Grenzwert für Sickerwasser, Trinkwassergrenzwert derzeit 50 mg NO₃/l). Die Nitratfrachten liegen relativ konstant bei 41 bis 44 kg/ha (Grenzwert für Bilanzüberschüsse nach Düngeverordnung: 60 kg/ha). Der leichte Anstieg der Konzentration gegen Ende des Betrachtungszeitraumes ist einer geringeren Sickerwassermenge geschuldet, was bei vergleichbaren Stofffrachten (absolute Werte) zu einer höheren Konzentration führt. Die Konzentrationen in den Entwicklungspfaden Klimaschutz (95 %) und Biodiversität (90 %) sind unwesentlich geringer als im Referenzpfad und zeigen eine vergleichbare Entwicklung über die Zeit.

Nitrat im Grundwasser und in Fließgewässern

Nach einem zwischenzeitlichen Rückgang der Nitratgehalte bis zum Zeitraum 2031-2050 steigen die Nitratgehalte im Grundwasser bis zur letzten Zeitscheibe (2051-2070) um 11 %. Im Vergleich zu den Änderungen in den Nitratkonzentrationen der Sickerwässern ist die Nitratkonzentration im Grundwasser und im Fließgewässer im Projektionszeitraum ziemlich konstant.

Phosphat in Fließgewässern

Die Phosphatkonzentrationen sinken in allen Entwicklungspfaden bis 2070 um etwa 75 % im Vergleich zum Status quo. Dabei ist im Biodiversitätspfad aufgrund der, den Düngereintrag verringern, Gewässerrandstreifen ein von Anfang an geringeres Niveau der Phosphatkonzentrationen zu erwarten, hier beträgt die Abnahme insgesamt 81 %.

4.3 Forstwirtschaft

Der aktuelle Waldzustand

Auf rund 48 % der Fläche des Landkreises Oder-Spree wachsen Wälder. Damit ist die Modellregion im Vergleich zu den durchschnittlichen Verhältnissen im norddeutschen Tiefland mit ca. 23 % Waldanteil (CORINE LANDCOVER 2006, HANSEN et al. 2013) eine walddreiche Gegend.

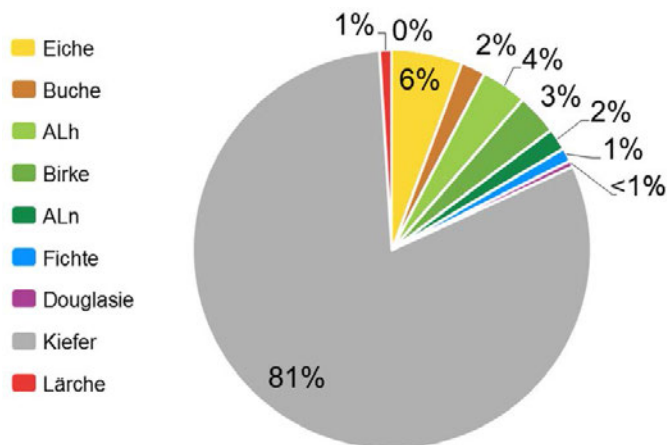


Abbildung 10: Derzeitige Flächenanteile der Baumarten.

Die Dominanz der Kiefer ist charakteristisch für die Modellregion. Von den Laubbaumarten nimmt die Eiche mit 6 % aktuell den größten Flächenanteil ein. Die Edellaubbaumarten (ALh), wie Esche und Ahorne sowie die Weichlaubbaumarten Birken und z. B. Erlen (unter ALn erfasst) wachsen jeweils auf weniger als 5 % der Waldfläche (siehe Abbildung 10).

Die Altersklassenstruktur wird aktuell durch Bestände im Alter von 41 bis 60 Jahren dominiert (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 bisherigen forstlichen Bewirtschaftung kommt es – unter Vernachlässigung des Trockenstressrisikos – zu einem mäßig verstärkten Anbau der Laubbaumarten Buche und Eiche. Der Flächenanteil der

Kiefer sinkt vor allem dadurch um 8 %. Die Buchen werden jedoch im Regelfall nur als Beimischung zur Kiefer gepflanzt, um den Anteil reiner Kiefernbestände aufgrund ökologischer Überlegungen zu verringern.

Ertragsaspekte spielen bei der Ausweitung des Buchenanteils keine bestimmende Rolle. Bei moderater Erhöhung der Nutzungen und vor dem Hintergrund des deutlich unausgeglichene Altersklassenverhältnisses verringert sich der durchschnittliche Holzvorrat vergleichsweise stetig von derzeit 275 Kubikmeter (Vorratsfestmeter mit Rinde = Vfm) je Hektar um rund 70 Vfm bis zum Jahr 2070 (siehe Abbildung 11). Die Verringerung der Bestandesvorräte beruht u. a. auf der im Entwicklungspfad vorgegebenen Mischwaldmehrung, die zu einer Erhöhung der Laubbaumanteile (vor allem Buche) führt. Diese wachsen im Vergleich zu den meisten Nadelbaumarten langsamer, d. h. ihr jährlicher Volumenzuwachs ist geringer. Gleichzeitig verringert sich auch das durchschnittliche Alter der Wälder von knapp 70 Jahren auf knapp 60 Jahre.

Die Modellrechnungen zeigen, dass der laufende Zuwachs als Maß der Produktivität der Wälder bis zum Zeitraum 2031-2050 von 7,7 auf 4,6 Vfm/ha/a zurückgeht. Die deutlichsten Zuwachsrückgänge sind in den ersten vier Jahrzehnten zu verzeichnen (siehe Abbildung 12).

Biodiversität

In der Biodiversitätsvariante werden vorrangig höhere Altholzanteile, stärkere Baumdimensionen und damit verbunden auch ein höheres durchschnittliches Alter der Bestände angestrebt. Hierzu wird die Intensität der Holznutzung gegenüber dem Referenzpfad allgemein deutlich gesenkt (siehe Abbildung 13).

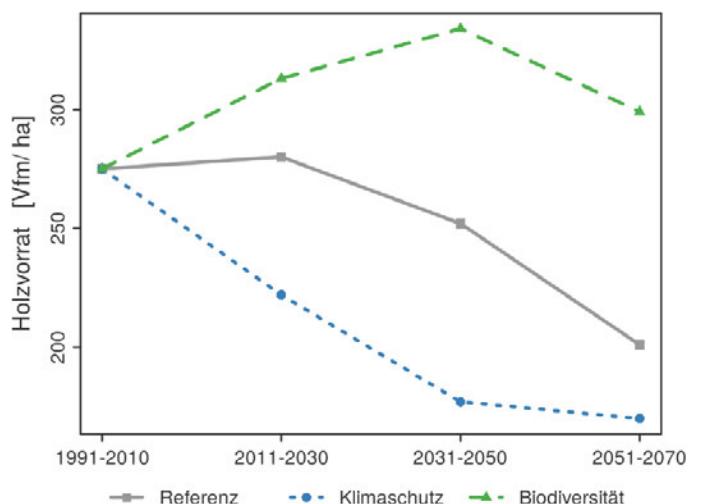


Abbildung 11: Entwicklung des Bestandesvorrates (Vfm = Vorratsfestmeter = m³ mit Rinde).

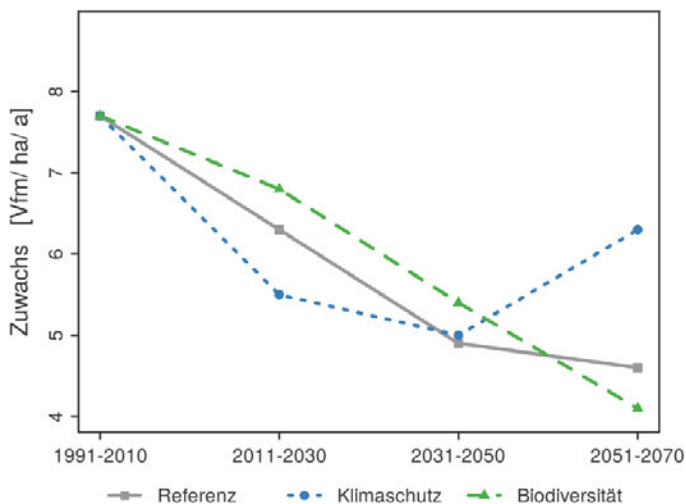


Abbildung 12: Entwicklung des laufenden Zuwachses (Vfm = Vorratsfestmeter = m^3 mit Rinde).

Auf Grund der geringeren Holznutzung erhöht sich das Durchschnittsalter der Bestände von derzeit knapp 70 auf gut 90 Jahre in 2070. Demzufolge steigt auch deren mittlerer Vorrat bis 2070 von derzeit 275 Vfm/ha auf rund 300 Vfm/ha an, zwischenzeitlich werden sogar gut 330 Vfm/ha erreicht (siehe Abbildung 11).

Der laufende Zuwachs sinkt von derzeit 7,7 Vfm/ha/a auf 4,1 Vfm/ha/a in der Periode 2051-2070. Durch die im Entwicklungspfad Biodiversität vorgegebene Behandlung erfolgt nur ein sehr langsamer Umbau – unter Vernachlässigung des Trockenstressrisikos – der Bestände zu naturnahen Waldgesellschaften. Die Baumartenverteilung verändert sich daher nahezu nicht (siehe Abbildung 14).

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 – unter Vernachlässigung des Trockenstressrisikos – 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 beige-mischt (siehe Abbildung 14).

Diese Umbaumaßnahmen bewirken zunächst eine spürbare Reduktion des laufenden Zuwachses auf rund 5 Vfm/ha/a (siehe Abbildung 12). Zum Ende des Betrachtungszeitraumes deutet sich jedoch eine Umkehr dieser

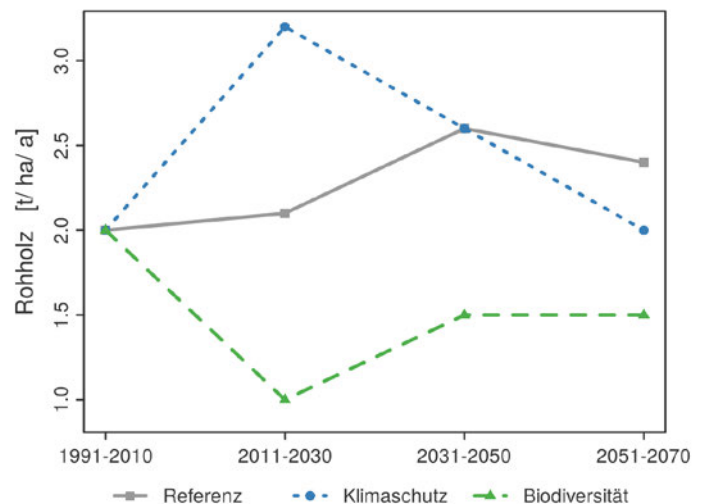


Abbildung 13: Entwicklung des geernteten Rohholzes (in Tonnen reiner, trockener Holzsubstanz).

Entwicklung an, da dann zunehmend zuwachsstarke junge Nadelbaumbestände ihre produktivste Entwicklungsphase mit ca. 6,3 Vfm/ha/a 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. 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.

Zukünftige Risiken der Forstwirtschaft

Sturmschäden

Das Windwurfrisiko ist auf Grund der sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeit sehr starker Stürme in dieser Region von unter 10 % im Jahrzehnt eher nachrangig. Da orkanartige Stürme überwiegend im Winterhalbjahr auftreten, wären in dieser laubfreien Zeit vor allem Nadelbäume betroffen. Anfällig sind vor allem die älteren Bestände, da das Windwurfrisiko mit der Bestandeshöhe steigt. Im Falle eines Sturmereignisses hätte die kieferndominierte Modellregion Oder-Spree fast ausschließlich Verluste in den Kiefernbeständen zu befürchten. Allerdings käme es dann bei den hier seltenen Baumarten Fichte, Lärche und Douglasie zukünftig wahrscheinlich öfter zu Totalverlusten.

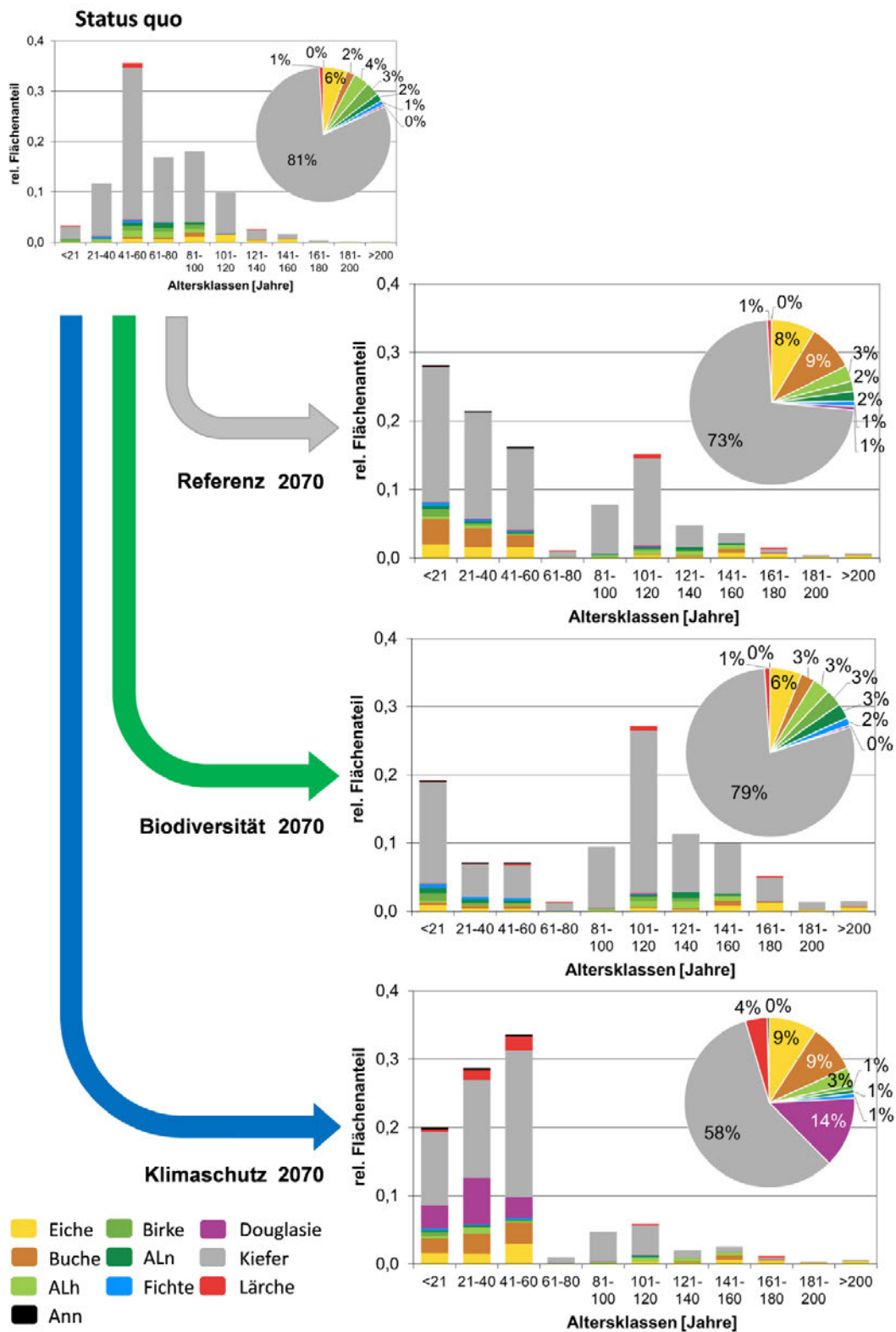


Abbildung 14: Flächen- und Altersklassenverteilung zum Status quo sowie in den drei Szenarien Referenz, Biodiversität und Klimaschutz im Jahr 2070 (ALh = anderes Laubholz mit hoher Umtriebszeit, ALn = anderes Laubholz mit niedriger Umtriebszeit, Ann = anderes Nadelholz).

Trockenstress

Unter den heutigen Klimabedingungen ist die Standortswasserbilanz (Summe aus Klimatischer Wasserbilanz in der Vegetationsperiode und der nutzbaren Feldkapazität) für die Wälder in der Region Oder-Spree im Mittel aller Stichprobenpunkte mit -105 mm deutlich negativ. Bis zum Jahr 2030 wird sich dieser Wert nur leicht auf -153 mm verschlechtern.

Da die Kiefer einen relativ geringen Wasserbedarf hat und auf mehr als 90 % der Standorte die führende Baumart ist, wird das Trockenstressrisiko zurzeit als gering eingestuft. Nur auf weniger als 1 % der Waldstandorte wird bereits heute ein hohes und auf gut 3 % der Flächen ein mittleres Trockenstressrisiko ausgewiesen (siehe Abbildung 16).

Hierbei handelt es sich ausschließlich um Buchen- und Fichtenbestände. Ausgehend von der Ist-Bestockung hat dies zur Folge, dass - je nach Entwicklungspfad - in Zukunft für rund 9 % der Bestände (Buche) ein hohes Trockenstressrisiko zu erwarten ist. Circa 70 % aller Stichprobenpunkte weisen ein mittleres Risiko auf. Beim Vergleich der Entwicklungspfade zeigen sich im Hinblick auf das Trockenstressrisiko kaum Unterschiede. Insgesamt muss das Risiko von Ertrags- und Vitalitätseinbußen für die Bestände in der Region Oder-Spree für die Zukunft als deutlich erhöht eingestuft werden. Betroffen sind

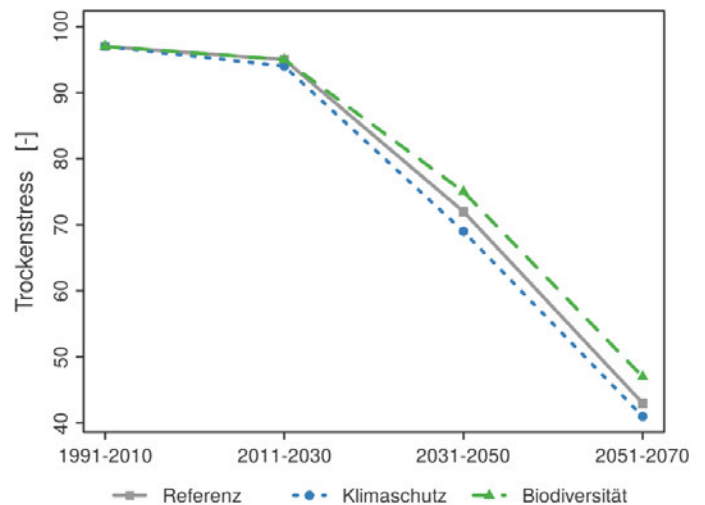


Abbildung 15: Entwicklung des Trockenstressrisikos (0 = extrem, 100 = nicht vorhanden).

langfristig fast alle Waldstandorte. Nur die Bestände, die auf grundwassernahen Standorten (ca. 20 %) wachsen, sind diesbezüglich günstiger einzuschätzen.

Eine Berücksichtigung des Trockenstressrisikos würde zu einer deutlichen Änderung der zuvor für die Entwicklungspfade beschriebenen Baumartenzusammensetzungen führen.

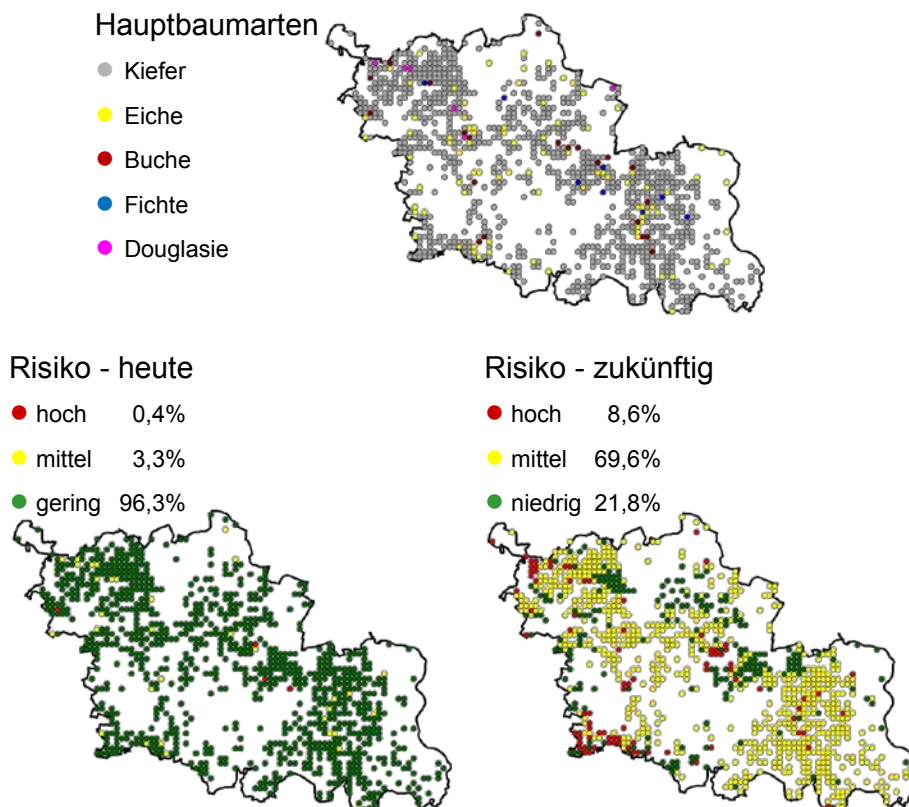


Abbildung 16: Hauptbaumarten an den betrachteten Stichprobenpunkten (oben) sowie ihre Gefährdung durch Trockenstress heute (unten links) und zukünftig (unten rechts). Risikoklassen nach SPELLMANN et al. 2011.

Hiervon sind insbesondere die Buchen- und Fichtenanteile betroffen, die weitgehend ausfallen. Davon würden Eiche und Douglasie profitieren. Gleichzeitig wird der Anteil der trockenstresstoleranten Baumart Kiefer nicht so gering ausfallen wie zuvor simuliert (siehe Abbildung 14).

Ab 2031 nimmt das Risiko von Ertrags- und Vitalitätseinbußen jedoch deutlich zu (siehe Abbildung 15). Die Standortwasserbilanz sinkt bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes (2070) auf knapp -350 mm.

Waldbrandrisiko

Das Waldbrandrisiko in der Modellregion Oder-Spree ist schon heute relativ hoch: Gemäß den Modellrechnungen werden heute bereits durchschnittlich 20 ha (0,02 % der Waldfläche) jährlich durch Waldbrände vernichtet (siehe Abbildung 17).

Die Entwicklungspfade beeinflussen diesen klimabedingten Trend in unterschiedlichem Maße. Ausschlaggebend ist die jeweilige Reduzierung des Kiefernanteils in dem betrachteten Entwicklungspfad. Generell ist dabei festzustellen, dass das Waldbrandrisiko nach einer leichten Abnahme in der näheren Zukunft (bis 2030) bis zum Ende des Beobachtungszeitraums (2070) deutlich ansteigen wird. Bei Fortführung der bisher üblichen Wirtschaftsweise ist zu diesem Zeitpunkt ein durchschnittlicher Verlust von rund 60 ha/a zu erwarten. Im Biodiversitätspfad sind es gut 70 ha/a und bei Anwendung der klimaschutzorientierten Bewirtschaftung sind es knapp 47 ha/a. Selbst wenn man nur den letzten Wert betrachtet, bleibt festzuhalten, dass in der Modellregion Oder-Spree bis 2070 von mehr als von einer Verdoppelung des klimabedingten Waldbrandrisikos auszugehen ist (siehe Abbildung 17).



Kiefernbestand im Spätsommer (Bild: Heike Schobert, ZALF).

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. Gegenüber früheren Beobachtungen ist in den Wäldern Norddeutschlands 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 repräsentativ 36 Flächen im Landkreis Oder-Spree mit Kiefernbeständen im Alter von 21-133 Jahren untersucht. Der Anteil der durch Wurzelschwamm geschädigten Bestände lag demnach bei 17 %. 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 90 % der erfassten Kiefern latent mit Wurzelschwamm befallen waren. Bei der Populationsanalyse wurde der Kiefern-Wurzelschwamm (*H. annosum* s. str.) bei Kiefern, Fichten und anderen Baumarten festgestellt. In einer Untersuchungsfläche wurde Hallimasch (*Armillaria* sp.) als Ursache für das Absterben einzelner Kiefern identifiziert.

Kieferngrößschädlinge

Die den Wald des Landkreises Oder-Spree dominierenden Kiefernbestände liegen vorwiegend in den Hauptschadgebieten (mehr als drei schwere Gradationen in den vergangenen 150 Jahren) der sogenannten Kieferngrößschädlinge. Dies sind insbesondere die Schmetterlingsarten Forleule (*Panolis flammea*), Kiefernspinner (*Dendrolimus pini*) und Kiefernspanner (*Bupalus piniaria*). Eine

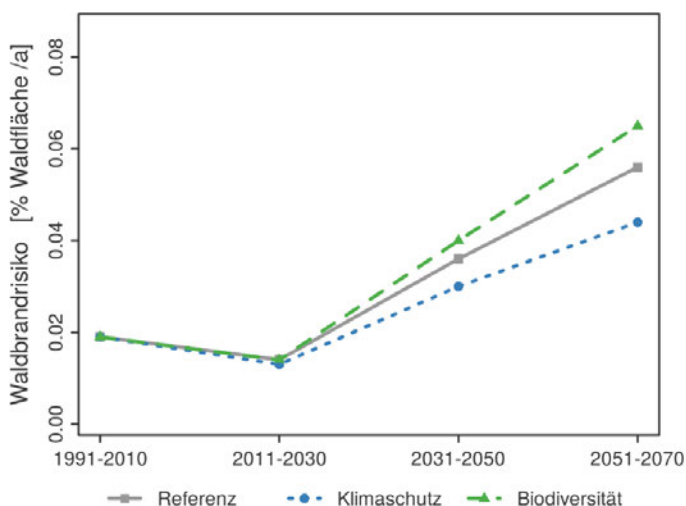


Abbildung 17: Entwicklung des Waldbrandrisikos.

Ausnahme hiervon bildet nur die sogenannte Nonne (*Lymantria monacha*), eine Schmetterlingsart, die polyphag ist und hier nur in einem Nebenschadgebiet auftritt.

Die Region weist in der jüngsten Vergangenheit regelmäßig hohe Schaddichten mit derzeit ansteigenden Populationsdichten auf. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass hier viele Massenvermehrungen erfahrungsgemäß vor einer Bestandesgefährdung abbrechen, so dass im Vergleich zur Modellregion Fläming von einer deutlich geringeren Gefährdung auszugehen ist.

Die Forleule tritt regelmäßig in hohen Dichten auf. Seit 1997 brechen die Massenvermehrungen aufgrund von trocken-warmen Frühjahrsbedingungen und niederschlagsreichen, kühlen Sommerabschnitten frühzeitig ab. Die Ergebnisse phänologischer Modellierungen weisen auf gute Voraussetzungen für erhöhte Schaddichten bei frühem Falterschlupf, gefolgt von günstigen klimatischen Frühjahrsbedingungen während der Eiablage hin. Langfristig gehen die Risiken durch die Forleule bei weiterhin ansteigenden Temperaturen voraussichtlich zurück.

Für den Kiefernspinner konnte ein starker Zusammenhang zwischen regionalklimatischen Faktoren und der Entwicklung der Schaddichten belegt werden. Steigende Temperaturen und abnehmende Niederschläge begünstigen die Entwicklung dieses Schmetterlings und erhöhen das zukünftige Risiko der Kiefernwälder.

Baumvitalität

Die Vitalität von Bäumen lässt sich u. a. am Zustand ihrer Kronen (Belaubungs-/Benadelungsdichte, Verzweigung) einschätzen. In der Modellregion Oder-Spree überrascht der derzeit sehr gute Kronenzustand der Douglasie. Der Kronenverlichtungsgrad der untersuchten Kiefern und Eichen war etwas höher als im Fläming, aber deutlich geringer als in den beiden westlichen Modellregionen. Der Kronenzustand der Rotbuchen war schlechter als in Uelzen und im Fläming, jedoch besser als in der Modellregion Diepholz.

Der mit Hilfe von Bohrkernen festgestellte Dickenzuwachs verlief in der Tendenz und den Quantitäten ähnlich wie in der Region Fläming. Die Douglasie zeigte, wie auch in den anderen Modellregionen, die höchsten Durchmesserzuwächse. In den 1980er-Jahren stagnierte teilweise das Wachstum der Douglasie und Rotbuche, seit den 1990er weisen beide Baumarten jedoch wieder steigende Zuwächse auf. Die untersuchten Eichen und Kiefer weisen stetige Zuwächse, die bei der Kiefer im Vergleich zur Modellregion Fläming etwas höher, bei der Eiche jedoch etwas geringer sind.

Stoffhaushalt

Die atmosphärischen Stickstoffdepositionen sind in Oder-Spree meist gering. Im Bereich lokaler Emittenten können sie aber auch hohe Werte erreichen.

Stickstoff-Saldo

Für die forstwirtschaftlichen Flächen wurde der Stickstoff-Saldo mit dem Modell VSD+ (BONTEN et al. 2011, POSCH und REINDS 2009) ermittelt. Der Stickstoff-Saldo und damit die Aufnahme von Stickstoff durch die Wälder sind aktuell deutlich positiv (10,5 kg/ha/a). Dieser Wert sinkt jedoch bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes auf 5,8 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. Stickstoffbindung und Stickstofffreisetzung halten sich dann weitgehend die Waage. Dies zeigt sich in einem fast ausgeglichenen Stickstoff-Saldo (-0,2 kg/ha/a). 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 positiven Saldo (jährlich 7,9 kg/ha).

Humus-Saldo

Der Humus-Saldo wurde mit dem Kohlenstoffmodell Yasso07 (TUOMI et al. 2009, 2011) berechnet. Der Humus-Saldo der Waldböden (2043 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 schon im Zeitraum 2031-2050 die Humus abbauenden Prozesse. Diese führen zu einer rasanten Abnahme des Humus-Saldos auf -221 kg C/ha/a. Die Verluste erhöhen sich bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes (2070) noch etwas auf dann 309 kg C/ha/a. Die Waldbehandlung nach den Vorgaben des Klimaschutzpfades mit dem daran geknüpften verstärkten Baumartenwechsel verstärkt diese Tendenz geringfügig (Verluste bis zu 339 kg C/ha/a), während beim Biodiversitätspfad mit seinen längeren Produktionszeiträumen die Streueinträge der älteren Bestände erhöht und damit der Humus-Saldo leicht stabilisiert wird.

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 CO₂ 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 im Landkreis Oder-Spree sind über den gesamten Betrachtungszeitraum eine CO₂-Senke (in Abbildung 18 als negative CO₂-Emissionen dargestellt).

Die CO₂-Bilanz berücksichtigt die Kohlenstoffspeicherung in der Biomasse, im Boden und in den Holzprodukten sowie die energetische Substitution. Die Speicherleistung ist wie in den anderen Modellregionen hauptsächlich von den großen Kohlenstoffumsätzen im Boden geprägt. Hier zeigen sich im betrachteten Zeitraum starke Veränderungen: Die überwiegend armen Sandböden akkumulieren derzeit noch stark organische Substanz. Doch schon in näherer Zukunft (beginnend ab 2030) können die Waldböden zunehmend weniger Kohlenstoff binden. Die 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 eingeht.

Die Unterschiede zwischen den Modellierungsergebnissen für die verschiedenen Entwicklungspfade sind nur gering: So wird im Referenzpfad in der Mitte des Betrachtungszeitraumes (2031-2050) altersbedingt besonders viel Holz genutzt, in dessen Folge vermehrt Jungbestände gepflanzt werden, die sich wiederum durch ein starkes Wachstum auszeichnen. Gleichzeitig kann durch das genutzte Holz die Verwendung anderer, in ihrer Herstellung „CO₂-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 möglichst alte Aufnahmen vorliegen.

Eichen-Hainbuchenwald / Kiefern-Traubeneichenwald

Die in der Modellregion Oder-Spree untersuchten Flächen lagen vornehmlich in naturschutzrechtlich geschützten, winterlindenreichen Eichen-Hainbuchenwäldern. Die Projekt-Ergebnisse zeigen sehr deutlich, dass hier in den letzten vier Jahrzehnten markante Veränderungen der Standortbedingungen und der Vegetationsstruktur stattgefunden haben. Während die Feuchteversorgung der Böden offensichtlich zugenommen hat, sind die Bestände signifikant dunkler geworden und die Artenzahlen der Gefäßpflanzen sind um mehr als fünf Arten zurückgegangen. Auch der Deckungsgrad von Strauch- und Krautschicht geht deutlich zurück. Ursache hierfür dürfte ein dichter Bestandesschluss sein. In der Tat sind zahlreiche lichtbedürftige, konkurrenzschwache Arten (Bsp.: Zypressenwolfsmilch (*Euphorbia cyparissias*) oder Gemeiner Wirbeldost (*Clinopodium vulgare*) aus den Beständen weitgehend verschwunden.

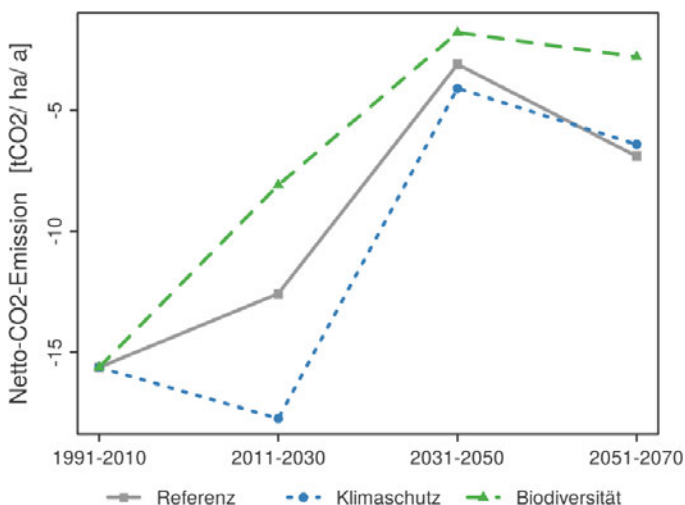


Abbildung 18: Entwicklung der Netto-CO₂-Emissionen im Wald.

Von wenigen Ausnahmen abgesehen, ist es in den untersuchten Flächen trotz durchgeführter Durchforstungseingriffe nicht zu stärkeren Bodenverwundungen gekommen. Es treten daher kaum Arten auf, die als mögliche Störungszeiger gesehen werden können. Insofern entspricht die pflegliche Bestandesbehandlung dem Naturschutzgebiets-Status der untersuchten Gebiete.

Stieleichen-Hainbuchenwald / Erlenbruchwald / Erlen-Eschenwald

In den untersuchten Flächen des grundfeuchten Stieleichen-Hainbuchenwaldes (NSG Eichwald im Odertal in der Nähe von Frankfurt/Oder) haben in knapp fünf Jahrzehnten nur recht geringe Verschiebungen in der Artenzusammensetzung stattgefunden. So sind die Flatterulme (*Ulmus laevis*) und der Rote Hartriegel (*Cornus sanguinea*) leicht zurückgegangen, während Brennnessel und Himbeere ebenso leicht zugenommen haben. Auch in den untersuchten Erlenbruchwäldern und Erlen-Eschenwäldern in den NSG Fürstenwalder Stadtfluch und Kriegbusch (Unterspreewald) hat sich die Vegetationsstruktur vergleichsweise wenig verändert. Die Artenzahl blieb praktisch unverändert. Allerdings kommt es zu einer signifikanten Zunahme von Stickstoffzeigern und einem leichten Rückgang der Bodenfrische anzeigenden Bodenpflanzenarten. Dies kann ein Hinweis auf negative Veränderungen der hydrologischen Verhältnisse sein.

Sandkiefernwald

Im Unterspreewald-Randgebiet haben REINECKE et al. (2011, 2014) die Änderungen in der Vegetation von Kiefernwäldern auf nährstoff- und basenarmen Standorten ebenfalls in den drei schon von HEINKEN (1995) unterschiedenen Waldtypen (Flechten-, Weißmoos- und Drahtschmielen-Kiefernwälder) entlang eines Nährstoff- bzw. Stickstoff-Gradienten untersucht. Sie stellten seit Mitte der 1960er-Jahre in allen drei Waldtypen massive Verschiebungen der Artenzusammensetzung, die Ausbreitung von stickstoffliebenden Arten und starke Rückgänge von Spezialisten auf nährstoffarmen Standorten, vor allem Bodenflechten der Gattung *Cladonia* („Rentierflechten“) fest. Als wesentliche Ursache hierfür wird - wie auch in anderen Untersuchungen - die Eutrophierung der Böden genannt, wobei die Veränderungen des Stickstoffhaushaltes durch Einträge z. B. aus der Luft kaum von denen durch Humusakkumulation nach Einstellung der bodendegradierenden Streunutzung in historischen Zeiten voneinander zu trennen sind. Dadurch finden in Flechten-Kiefern-Wäldern selbst auf extrem armen, trockenen Böden und bei moderaten Stickstoffeinträgen massive Biodiversitätsverluste statt.

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 hauptsächlich Einkommen durch die Nutzung von Holz. Dabei hat, noch vor der jeweiligen Wertschätzung bestimmter Baumarten am Markt und der aus ihnen zu gewinnenden Holzsortimente, die nutzbare Volumenleistung der Wälder den entscheidenden Einfluss auf die Höhe des (forst-) betrieblichen Einkommens.

Das Nutzungsvolumen in der Modellregion Oder-Spree beträgt im Mittel über alle Baumartengruppen, Perioden und Entwicklungspfade knapp 5 Efm/ha und Jahr (siehe Abbildung 20).

Genutzt wird weit überwiegend Holz der Baumartengruppe Kiefer. Es nimmt durchschnittlich über alle Entwicklungspfade und betrachteten Zeiträume einen Anteil von 88 % am geernteten Holzvolumen ein. Von deutlich nachrangiger Bedeutung für die Nutzung sind die Baumartengruppen Eiche und „anderes Laubholz mit niedriger Umtriebszeit“ (ALn) mit Anteilen an der Nutzungsmasse von je etwa 3 %. Allein im Entwicklungspfad „Klimaschutz“ gewinnt hinsichtlich ihrer Nutzung die Douglasie zum Ende des Projektionszeitraumes an Bedeutung: Sie erreicht einen Anteil von gut 4 % am genutzten Volumen und löst somit unter diesem Aspekt die Eiche als zweitwichtigste Baumartengruppe nach der Kiefer ab.

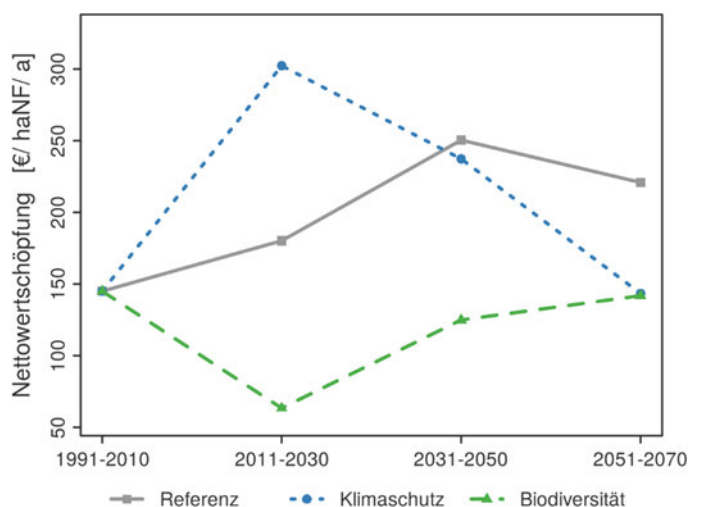


Abbildung 19: Entwicklung der forstwirtschaftlichen Nettowertschöpfung (NF = Nutzfläche).

Im Entwicklungspfad „Biodiversität“ ergibt sich kurzfristig (2020) ein starker Abfall des Nutzungsvolumens von jährlich 4,4 auf nur 2,4 Efm/ha/a (siehe Abbildung 20). Im weiteren zeitlichen Verlauf steigen die Nutzungen dann geringfügig wieder auf maximal 3,5 Efm/ha/a in 2040 an. Für den gesamten Simulationszeitraum beträgt das Nutzungsvolumen im Biodiversitätspfad durchschnittlich jährlich 3,2 Efm/ha und erreicht damit etwas mehr als die Hälfte des Nutzungsvolumens der Referenz-Bewirtschaftung. Die im Rahmen des Entwicklungspfades „Biodiversität“ gewünschte Erhöhung des durchschnittlichen Vorrates in den Wäldern (siehe Abbildung 11) bei gleichzeitiger Steigerung des Durchschnittsalters der Bestände sowie ihrer Totholzvorräte lässt sich nur mit einem deutlichen Nutzungsverzicht gegenüber der bisher üblichen Wirtschaftsweise erreichen. Dieser Nutzungsverzicht bewirkt eine entsprechende Reduzierung des Arbeitsvolumens und der Nettowertschöpfung in der Region (siehe Abbildung 19).

Die Nettowertschöpfung (als sektorale Leistung zur Deckung von Löhnen und Gehältern, Unternehmer-einkommen, Kapital-, Flächen- und Risikokosten sowie Betriebsgewinnen) steigert sich in den Szenarien „Referenz“ und „Klimaschutz“ z. T. erheblich gegenüber dem aktuellen Stand auf ein mittleres Niveau von jährlich ca. 220 €/ha forstlicher Nutzfläche. Der Biodiversitätspfad hingegen führt in der Modellrechnung über den Betrachtungszeitraum hinweg durchschnittlich zu einer Verringerung der Nettowertschöpfung. Allerdings steigt er gegen Ende des Betrachtungszeitraumes wieder an und liegt 2070 auf dem gleichen Wert wie der Klimaschutzpfad,

Die jeweils deutlichen „Anstiege“ sowohl des Nutzungsvolumens als auch der Nettowertschöpfung zu Beginn des Betrachtungszeitraumes im Klimaschutzpfad sind Ausdruck der konsequenten Umsetzung der unterstellten Strategien in den Entwicklungspfaden (vgl. Abbildung 6) durch die Simulationen.

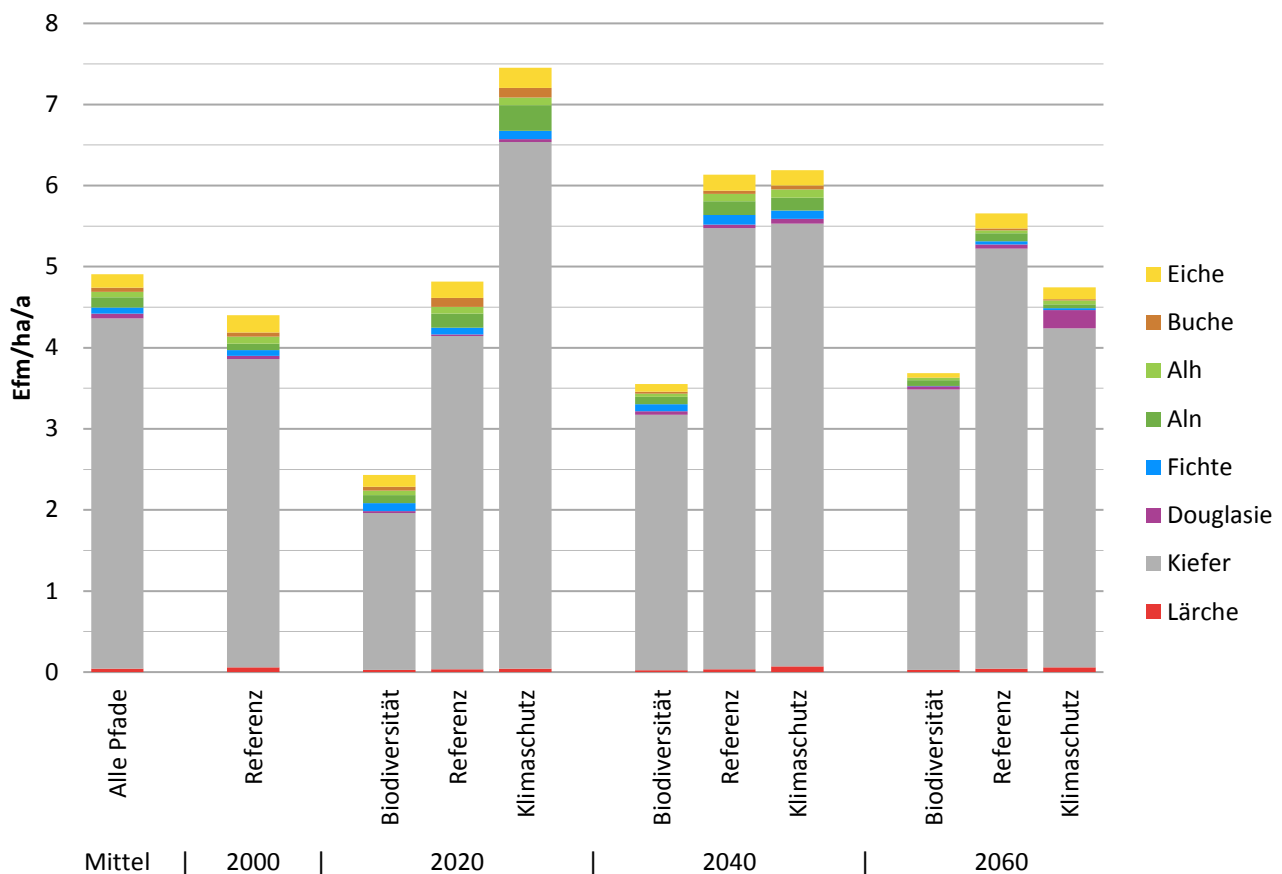


Abbildung 20: Durchschnittliches Nutzungsvolumen im forstlichen Modellbetrieb zur Mitte der Perioden.

4.4 Landwirtschaft

Der aktuelle Zustand

Rund ein Drittel (ca. 37 %) der Flächen in der Modellregion Oder-Spree wird landwirtschaftlich genutzt. Im Jahr 2007 betrug die durchschnittliche Betriebsgröße 196 ha. Der Trend zu weniger Betrieben mit größerer Nutzfläche ist deutlich. Angebaut werden überwiegend Wintergetreide, insbesondere Winterroggen, Winterraps und Silomais.

In der Tierhaltung dominiert die Rinderhaltung, die Schweinehaltung hat eine geringere Bedeutung. Insgesamt gab es im Jahr 2007 149 rinderhaltende und 64 schweinehaltende Betriebe. Die Tierbestände sind sowohl bei Rindern, Schweinen, als auch bei Schafen zurückgegangen, der Schweinebestand nimmt jedoch seit Mitte der 1990er Jahre geringfügig zu.

Im Bereich des ökologischen Landbaus hat sich sowohl die Anzahl der Betriebe als auch die jeweilige Nutzfläche in den vergangenen Jahren stetig erhöht. Schon 2007 lag die Region mit einem Anteil von 12 % ökologischem Landbau an der landwirtschaftlichen Nutzfläche über dem Durchschnitt des Landes Brandenburg (10,1 %) und der gesamten Bundesrepublik (5,1 %).

Die zukünftige Entwicklung der Landwirtschaft

Die in Abbildung 21 dargestellten Veränderungen der Fruchtartenzusammensetzung in der Modellregion Oder-Spree 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. Die in der Modellierung berücksichtigten Früchte sind alle relevanten Getreidearten wie Winterweizen, Winterroggen, Wintergerste,



Ackerrand (Bild: Heike Schobert, ZALF).

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 Oder-Spree.

Referenz

Die Höhe der jährlichen Naturalerträge (Ernteprodukte Acker und Grünland) in der Region Oder-Spree belaufen sich zu Beginn des Betrachtungszeitraumes auf 4,7 t Trockenmasse (TM) pro Hektar und Jahr (siehe Abbildung 22). Dieser Wert liegt etwas unter dem deutschen Durchschnitt (6,2 t_{TM}/ha/a). Die Menge der Ernteprodukte

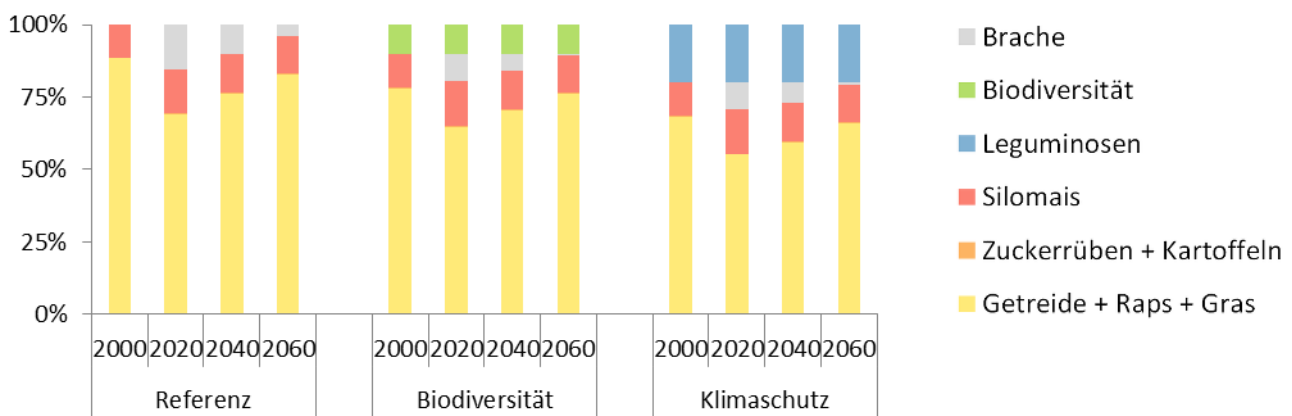


Abbildung 21: Veränderungen des berechneten Anbauspektrums gängiger Ackerkulturen in der Modellregion Oder-Spree. Angaben jeweils für die Mitte der Perioden (2010 = „Status quo“).

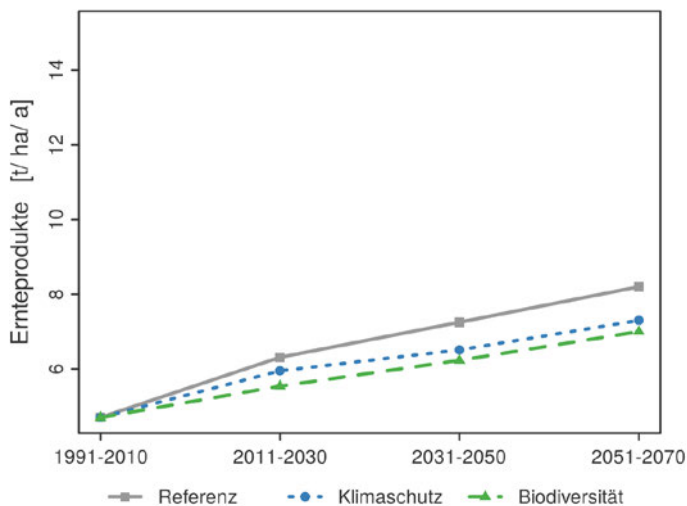


Abbildung 22: Entwicklung der Menge der Ernteprodukte (Acker- und Grünland).

steigt im Verlaufe des Betrachtungszeitraumes fast linear an (siehe Abbildung 22) auf zuletzt im Mittel 8,2 t_{TM}/ha/a. Daran sind die Erträge des Ackerlandes mit 8,9 t_{TM}/ha/a überproportional beteiligt.

Die Grünlandbewirtschaftung hat in der Modellregion Oder-Spree eine mittlere Intensität. Hier wirken sich bis 2030 die steigenden Temperaturen und die sich verlängernde Vegetationsperiode positiv auf das Wachstum der Pflanzen aus. Danach dürfte jedoch der zunehmende Rückgang der Sommerniederschläge das Pflanzenwachstum mehr und mehr beeinträchtigen, so dass für den Zeitraum bis 2070 von mittleren Ertragsverlusten in Höhe von 10 % auszugehen ist.

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. Auf der gesamten Fläche wird somit ein leicht verringertes Ertragsniveau von 86 % der Referenzbewirtschaftung erreicht.

Klimaschutz

Der Klimaschutzpfad unterstellt, dass auf 20 % der Ackerfläche Lupinen angebaut werden (siehe Abbildung 21), um damit Luftstickstoff im Boden zu binden und so die notwendige Menge an Mineraldünger, bei dessen Herstellung das Treibhausgas Kohlendioxid freigesetzt wird, zu reduzieren. Die Ertragsentwicklung ist bei Umsetzung einer solchen klimaschützenden Wirtschaftsweise jener der Referenzbewirtschaftung leicht unterlegen und weist ein geringeres Endniveau von 89 % auf.

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

Auf der Grundlage der prognostizierten Entwicklung des Anbauspektrums der landwirtschaftlichen Kulturen bis zum Jahr 2070 (siehe Abbildung 21) zeigt sich kaum eine wesentliche Änderung des Behandlungsindex und damit des chemischen Pflanzenschutzaufwandes während des Betrachtungszeitraumes (siehe Abbildung 23). Allgemein ist festzuhalten, dass in der Region Oder-Spree der Wert des Indikators „Behandlungsindex“ aktuell (Wert 3,1) und in der Zukunft wesentlich geringer als in den westlichen Modellregionen ist. Beim Entwicklungspfad „Referenz“ steigt der Behandlungsindex nach einem Rückgang von 0,5 Einheiten leicht an und erreicht gegen Ende des

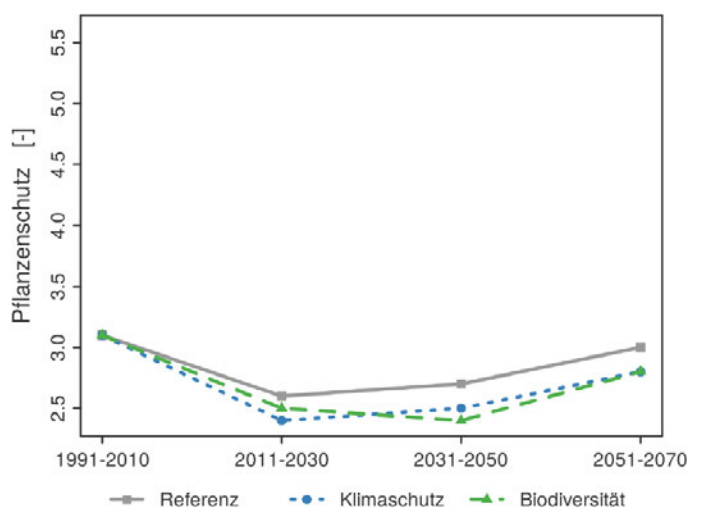


Abbildung 23: Entwicklung des Pflanzenschutz-Behandlungsindex.

Betrachtungszeitraumes einen Wert von 3,0. Auch der Entwicklungspfad „Biodiversität“ führt zukünftig nur zu sehr geringen Veränderungen in der Pflanzenschutzintensität. Hier fällt der Wert des Behandlungsindex bis 2070 nur auf 2,8. Ähnlich verläuft die Entwicklung des BI beim Klimaschutzpfad, bei dem bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes ebenfalls ein Wert von 2,8 erreicht wird.

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 mit der Düngung und mit 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 jedoch deutlich über diesem Wert (siehe Abbildung 24).

Es zeigt sich, dass der Stickstoff-Saldo bereits heute ein hohes Niveau von knapp 80 kg Stickstoff Überschuss je Hektar und Jahr erreicht hat und beim Referenzpfad in der Zukunft weitgehend konstant bleibt. In den Entwicklungspfad Biodiversität und Klimaschutz sinken die Werte auf 67 kg/ha/a leicht ab. Allerdings wird bei allen Bewirtschaftungsformen auch 2070 der zuvor genannte Optimalbereich überschritten.

Humus-Saldo

Der Humus-Saldo wurde mit der Methode nach VDLUFA (KÖRSCHENS et al. 2004) berechnet. Die Modell Region Oder-Spree befindet sich heute, im Vergleich zu den anderen Modellregionen, mit einer jährlichen Humuszehrung von 54 kg Humus-C je Hektar und Jahr auf einem mittleren Niveau (siehe Abbildung 25). Auf Grund steigender Erträge entwickelt sich die Humusbilanz zukünftig insgesamt positiv, zum Ende des Betrachtungszeitraumes wird ein deutlicher Humusaufbau von 165 kg Humus-C ha/a erwartet.

Positiv wirken sich insbesondere die Humusmehrung durch Zwischenfrüchte (+10 bis +16 kg Humus-C/ha/a) und die Humus Reproduktion aus organischen Düngern (+42 bis +50 kg Humus-C/ha/a) aus. Der Humus-Saldo im Biodiversitätspfad liegt auf dem gleichen Niveau wie bei der Referenzbewirtschaftung. Im Klimaschutzpfad bewirkt der Lupinenanbau auf 20 % der Ackerfläche einen erhöhten Humussaldo (+28 bis +62 kg Humus-C /ha/a).

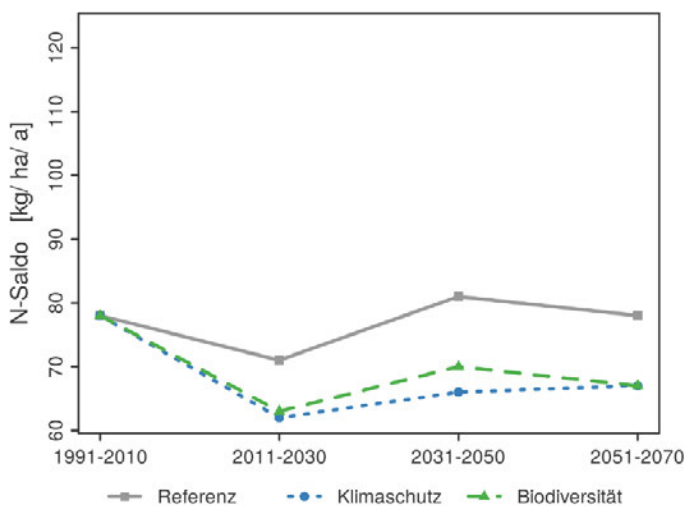


Abbildung 24: Entwicklung des Stickstoff-Saldos in der Landwirtschaft.

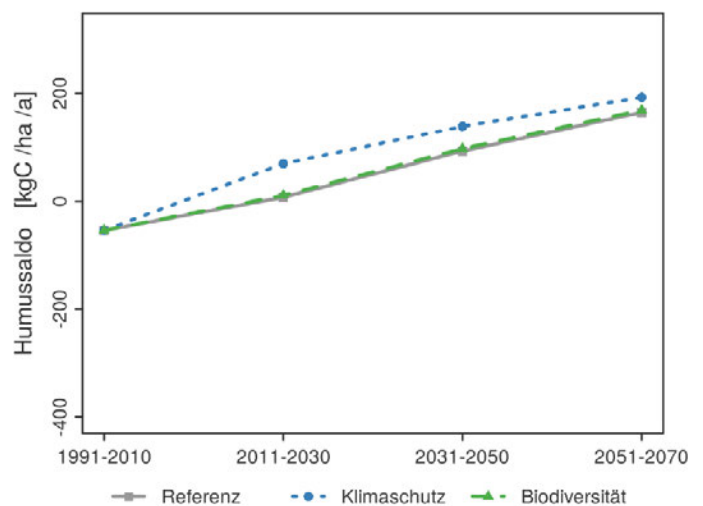


Abbildung 25: Entwicklung des Humus-Saldos in der Landwirtschaft.

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 werden die Treibhausgase Lachgas (N_2O), Methan (CH_4) und Kohlendioxid (CO_2) in CO_2 -Äquivalente umgerechnet (Treibhaus-Wirkung: $\text{CO}_2 = 1$, $\text{CH}_4 = 25$, $\text{N}_2\text{O} = 298$) und aggregiert.

Die Modellregion Oder-Spree weist aktuell mit $2,8 \text{ t CO}_2\text{-}\ddot{\text{a}}\text{q/ha/a}$ (siehe Abbildung 26), verglichen mit den übrigen Modellregionen des Projektes NaLaMa-nT, die geringsten Emissionen auf. Dies liegt an den Böden und der vergleichsweise extensiveren landwirtschaftlichen Nutzung (geringerer Tierbesatz, weniger organischer Dünger, weniger Gärreste aus Biogasanlagen) in der Modellregion. Die Referenzwerte fallen in den nächsten Jahren (bis 2030) leicht ab ($2,3 \text{ t CO}_2\text{-}\ddot{\text{a}}\text{q/ha/a}$) und steigen danach über den verbleibenden Betrachtungszeitraum wieder leicht an (bis auf $2,8 \text{ t CO}_2\text{-}\ddot{\text{a}}\text{q/ha/a}$). Die alternativen Entwicklungspfade zeigen einen vergleichbaren Kurvenverlauf auf niedrigerem Niveau (Biodiversität 89 %; Klimaschutz: 82 %). Insbesondere wirkt sich hier der Verzicht auf Stickstoff-Mineraldünger auf den ökologischen Vorrangflächen bzw. der Anbau von Lupinen aus.

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 Acker



Zwischenfruchtanbau (Weißer Senf; Bild: Georg Leefken).

kulturen (Baumarten) ablesen. 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-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 zeigen eine leicht steigende Tendenz.

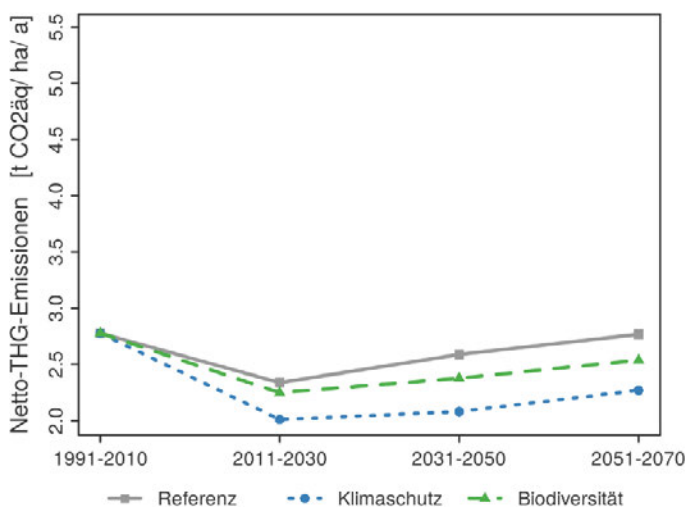


Abbildung 26: Entwicklung der Treibhausgasemissionen (CO_2 -Äquivalente) aus der Landwirtschaft.

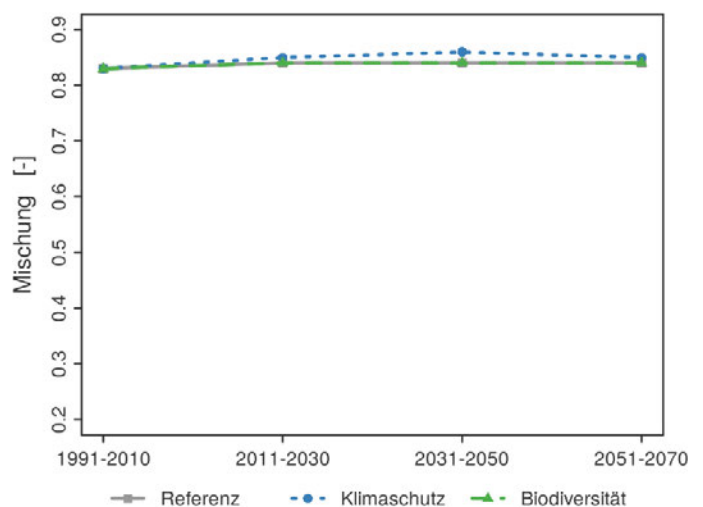


Abbildung 27: Entwicklung der Mischungsverhältnisse der Ackerkulturen.

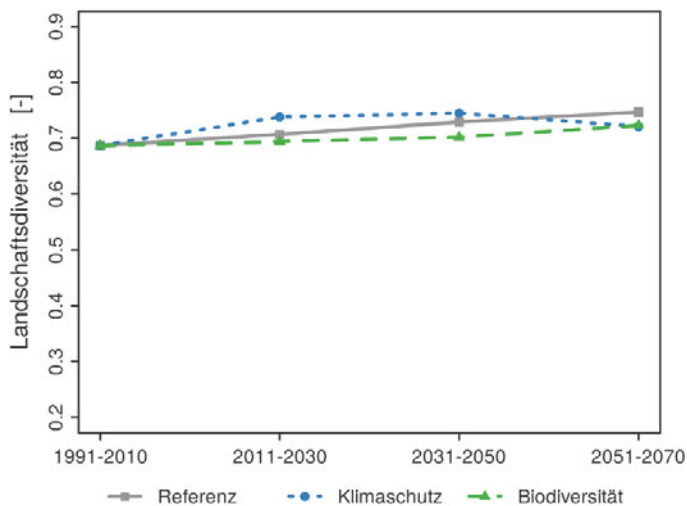


Abbildung 28: Entwicklung der Landschaftsdiversität.

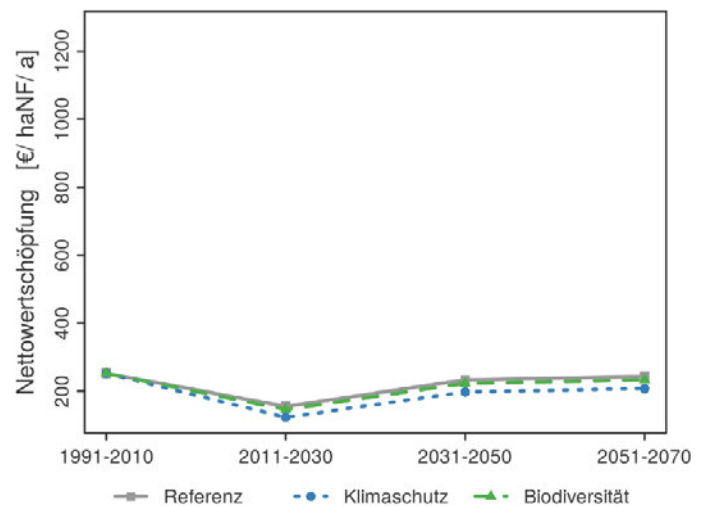


Abbildung 29: Entwicklung der landwirtschaftlichen Nettowertschöpfung.

Wertschöpfung

In der Region Oder-Spree ist das Einkommensniveau je Beschäftigtem deutlich niedriger als in den übrigen Modellregionen. Ohne Direktzahlungen werden viele Betriebe nicht überlebensfähig sein.

In der zeitlichen Entwicklung ist bei reinen Ackerbaubetrieben langfristig mit einem leicht sinkenden Einkommen zu rechnen, wohingegen bei Schweinehaltern steigende und bei Milchviehbetrieben leicht steigende

Einkommen je Hektar erwartet werden. Die Unterschiede zwischen dem Referenz- und dem Biodiversitätsszenario sind marginal (-10 bis -14 €/ha, siehe Abbildung 29), beim Klimaszenario sind die Einkommensverluste höher (36 bis 50 €/ha). Dabei wird in allen Szenarien ein gleich hohes Niveau an Direktzahlungen angenommen.



Roggenernte (Bild: Heike Schobert, ZALF).

5 Politische Instrumente

5.1 Einschätzung des regionalen Leitbildes vor dem Hintergrund der politischen Rahmenbedingungen

Die Akteure der Modellregion Oder-Spree legen in den formulierten Leitbildern (vgl. Kapitel 2.2) Wert auf ein Landschaftsbild, das durch Landbewirtschaftung zustande gekommen ist, und darauf, die derzeitige Flächennutzung zu entwickeln und zu sichern.

Die Leitbilder machen deutlich, dass sich die an der Entwicklung beteiligten regionalen Akteure grundsätzlich an der Idee einer nachhaltigen ländlichen Entwicklung orientieren, dabei jedoch Wert auf eine Beibehaltung der aktuellen Flächennutzung legen. Insgesamt repräsentieren die Leitbilder der Region einen Ansatz, der mit seiner Betonung der regionalen Wertschöpfung, weniger Einflüssen von außen und Kooperation und Vernetzung der regionalen Akteure stark in Richtung „Regionalität“ im Sinne einer endogenen, nachhaltigen ländlichen Regionalentwicklung weist.

5.2 Mögliche politische Anknüpfungspunkte für die Umsetzung der regionalen Leitbilder

Insgesamt repräsentieren die Leitbilder der Region Oder-Spree teilweise einen integrativen, an einer nachhaltigen ländlichen Entwicklung orientierten Ansatz der intersektoralen Politikintegration, betonen jedoch auch die Sicherung der bisherigen Flächennutzung. Analysen der europäischen und nationalen übergeordneten politischen Rahmenbedingungen zeigen, dass politische Programme der Landnutzung vielfach einen Anspruch an eine nachhaltige Entwicklung formulieren, dass dieser Anspruch jedoch auf der konkreten instrumentellen Ebene nicht gleichermaßen durch wirkungsvolle Politikinstrumente unterlegt wird. So können die übergreifenden politischen Rahmenbedingungen tendenziell einige der Leitsätze der Modellregion Oder-Spree weiter unterstützen, insbesondere, wenn diese eine Sicherung und Entwicklung der derzeitigen Flächennutzung betonen, denn diese existiert ja bereits unter den gegebenen politischen Rahmenbedingungen.

Die stärker an einer nachhaltigen, integrierten ländlichen Entwicklung orientierten Leitsätze, z. B. Betonung der wirtschaftlichen Stabilisierung des ländlichen Raums mit Stärkung des Dorflebens, eines „Miteinanders im ländlichen Raum“ u. ä. lassen jedoch keine Verwirklichung durch die übergreifenden Sektoralpolitiken erwarten. Für die Leitbilder gilt, wie in den anderen Modellregionen

auch, dass eine Realisierung innerhalb der derzeitigen politischen Rahmenbedingungen nicht zu erwarten ist. Die Region sollte hier ebenfalls einige Leitsätze priorisieren und versuchen, deren Ziele im Rahmen von solchen spezifischen Politiken umzusetzen, die bereits eine integrierte und nachhaltige ländliche Entwicklung fördern, in der Region bereits umgesetzt werden und mit Fördermitteln ausgestattet sind, damit Leitbilder auch durch konkrete Umsetzungsprojekte Wirklichkeit werden können.

Hierzu lohnt sich ebenfalls wie in den anderen drei Modellregionen der Blick in die Umsetzung von LEADER: Auch die Modellregion Oder-Spree ist in Teilen Bestandteil von LEADER Regionen der Förderperiode 2014-2020 in Brandenburg, zum einen der LAG Märkische Seen und zum anderen der Leader-Region-Oderland. Letztgenannte hat unter dem Handlungsfeld „Stärkung der regionalen Wirtschaft“ die Stärkung regionaler Wertschöpfungsketten zum Ziel (LAG ODERLAND 2014, S. 31). Weitere Ziele sind Vermarktung land-, forst- und fischereiwirtschaftlicher Produkte und die Verbesserung der Qualität touristischer Angebote (LAG ODERLAND 2014, S. 32). Weiter geht es um Daseinsvorsorge und darum, Dorf- und Alltagskultur zu beleben (LAG ODERLAND 2014, S. 32). Klimaschutz und Naturraumgestaltung stellen weitere Handlungsfelder der LAG Oderland dar (LAG ODERLAND 2014, S. 34). Deutlich wird, dass viele Aspekte der regionalen Leitbilder der Modellregion Oder-Spree auch Bestandteil der Entwicklungsstrategie der LAG Oderland sind – allerdings mit dem Unterschied, dass im Rahmen der LEADER-Prozesse zwischen 2014 und 2020 auch Fördermittel zur Verfügung stehen, um konkrete Regionalentwicklungsprojekte umzusetzen, die diese Ziele unterstützen. Die Akteure der Modellregion sollten also versuchen, im Rahmen der regionalen LEADER-Umsetzung Projekte zu entwickeln, die helfen können, diejenigen Leitsätze, die einen Schwerpunkt auf Regionalität, Wertschöpfungsketten und Dorfentwicklung setzen, zu realisieren.

Auch die zweite der räumlich in Frage kommenden LEADER-Regionen, die LAG Märkische Seen weist in ihrer regionalen Entwicklungsstrategie Handlungsfelder aus, an die die Leitbilder der Modellregion Oder-Spree angeschlossen sind. Lebendige Orte gestalten, Regionale Ökonomie nachhaltig fördern und Kulturlandschaften mitgestalten und biologische Vielfalt erhalten lauten hier die drei Handlungsfelder (LAG MÄRKISCHE SEEN 2014, S. 31). Hierbei geht es auch um dörfliche Grundversorgung, Dorfleben, die Förderung regionaler Erzeuger und Betriebsgemeinschaften (LAG MÄRKISCHE SEEN 2014, S. 37), den Klimaschutz und die Unterstützung des energiewirtschaftlichen

Leitbilds der Planungsregion Oderland Spree (LAG MÄRKISCHE SEEN 2014, S. 40).

Wie auch in den anderen Modellregionen, kann das Anknüpfen an in den Regionen bereits existierende Umsetzungsprozesse politischer Programme, die bereits mit finanziellen Mitteln unterlegt sind, eine vielversprechende Strategie sein, um einzelne Aspekte der Leitbilder zu realisieren. Das betrifft diejenigen Leitsätze, die sich an Konzepten einer integrierten ländlichen Entwicklung orientieren, da diese besonders anschlussfähig an die entsprechenden Förderprogramme wie LEADER oder die

weitere Umsetzung des ELER durch die entsprechenden Landesprogramme zur Entwicklung des ländlichen Raumes sind.

Zur Konkretisierung der Leitbilder und bei der Priorisierung der Maßnahmen zu ihrer Verwirklichung bieten sich die Informationen über die heutige und künftige, vom jeweiligen Entwicklungspfad abhängige Ausprägung der Nachhaltigkeits-Indikatoren an.



Workshop mit Akteuren aus der Region (Bild: Melanie Hoffmann, LK Diepholz).

6 Folgerungen für ein nachhaltiges Landmanagement

Die Auswirkungen des Klimawandels werden die zukünftige Landnutzung in der Modellregion deutlich beeinflussen. Insgesamt wird es in der Region Oder-Spree bis zum Jahr 2070 deutlich wärmer. Die Hitzebelastung für Mensch und Tier nimmt hierdurch weiter zu. In geringerem Maße wächst die Belastung durch schwüle Witterungsperioden. Die Kältebelastung im Winter geht deutlich zurück, die Anzahl der Frosttage wird fast halbiert. Insgesamt verlängert sich die Vegetationsperiode um etwa einen Monat.

Die im Vergleich mit anderen Regionen bereits sehr trockenen Verhältnisse werden zukünftig noch trockener. Dem kräftigen Niederschlagsrückgang insbesondere in den Sommermonaten steht nur eine deutlich geringere Zunahme der Niederschläge im Winter gegenüber. Ein Ausgleich findet dadurch nur in geringem Umfang statt. Insgesamt gehört die Modellregion Oder-Spree zu den Gebieten, die wegen der Zunahme der Trockenheit stärker vom Klimawandel betroffen sein könnten.

Wasserwirtschaft

Zukünftig erscheint eine für land- und forstwirtschaftliche Pflanzen mengenmäßig ausreichende Wasserversorgung nicht mehr zu jeder Zeit gesichert, da sich die derzeit bereits relativ geringe Höhe der Jahresniederschläge (580 mm) noch spürbar verringern wird und insbesondere im Norden und Westen der Modellregion viele Standorte nur ein geringes Wasserspeichervermögen aufweisen. In trockeneren Phasen ist davon auszugehen, dass dann wohl nicht mehr ausreichend pflanzenverfügbares Wasser zur Verfügung stehen wird.

Bereits heute ist die Grundwasserneubildung durch die geringen Niederschläge eingeschränkt. Hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung weisen alle Modellsimulationen langfristig auf eine weitere Abnahme hin. Es muss daher damit gerechnet werden, dass zukünftig im Winterhalbjahr von trockenen Jahren keine vollständige Auffüllung des Bodenwasserspeichers mehr erfolgt und die ausreichende Wasserversorgung diesbezüglich anspruchsvollerer landwirtschaftlicher Kulturen und junger Waldbestände gefährdet ist.

Auch die aktuelle und zukünftige Wasserqualität erscheint problematisch, da die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser unter den landwirtschaftlich genutzten Flächen bei Fortführung der bisherigen Wirtschaftsweise bei 102 bis 122 mg NO₃/l und damit deutlich oberhalb des Trink-

wassergrenzwertes von 50 mg NO₃/l liegen. Die Konzentrationswerte bei den Varianten „Klimaschutz“ und „Biodiversität“ sind nur wenig geringer (-5 bis -10 %) und zeigen auch eine mit dem Referenzpfad vergleichbare zeitliche Entwicklung auf.

Die zugehörigen jährlichen Stickstofffrachten (Nitrat-N) im Sickerwasser liegen während des gesamten Betrachtungszeitraumes bei 41 bis 44 kg N/ha und damit unterhalb des derzeit zulässigen Stickstoff-Bilanzüberschusses nach Düngeverordnung in Höhe von 60 kg N/ha/a.

Unter Wald liegen die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser derzeit auf einem niedrigen Niveau (7 mg NO₃/l). Klimabedingt prognostizieren die stark temperaturgetriebenen und daher nicht unumstrittenen Modelle jedoch einen beschleunigten Humusabbau und bei gleichzeitiger Halbierung der Sickerwassermenge und Fortführung der bisherigen Wirtschaftsweise (Referenzpfad) bis zum Ende der Betrachtungsperiode einen Anstieg auf 42 mg NO₃/l. Angewendet auf das Grundwasser wäre dies nicht zulässig, da nach EG-Wasserrahmenrichtlinie bei Nitratkonzentrationen über 37,5 mg/l eine Trendumkehr eingeleitet werden muss. Im Klimaschutzpfad steigen die modellierten Nitratkonzentrationen bei stärkerem Humusabbau und deutlich sinkender Sickerwassermenge bis 2070 sogar auf rund 66 mg NO₃/l an und überschreiten damit den Grenzwert für Trinkwasser von 50 mg NO₃/l. Dagegen dämpft eine Wirtschaftsweise gemäß den Vorgaben des Biodiversitätspfads auf Zeit (verzögerter Waldumbau) den Anstieg der Nitratkonzentrationen, da hier der Humusabbau nur mäßig beschleunigt wird (2070: 15 mg NO₃/l). Diese Ergebnisse stehen unter dem Vorbehalt, dass die Kenntnisse zum Humusumsatz unter Klimawandelbedingungen noch begrenzt sind, weshalb bei den hier vorgestellten Projektionen zu Nitratkonzentrationen im Sickerwasser von einer großen Unsicherheit ausgegangen werden muss.

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 standortgemäßer 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 standortgemäßen 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 Oder-Spree untersuchten Wälder können folgende Feststellungen zu den Auswirkungen des Klimawandels getroffen werden:

- In der Region Oder-Spree wird sich die bereits heute bestehende Trockenstressproblematik zukünftig weiter verschärfen. Selbst für die als trockenstresstolerant einzustufende Kiefer wird zunehmend eine mittlere Gefährdung projiziert, die nicht Existenz bedrohend ist, sich aber in einer geringeren Leistung und/oder einer höheren Eintrittswahrscheinlichkeit abiotischer (u. a. Trockenstress, Waldbrand) bzw. biotischer Risiken (u. a. Kieferngrößschädlinge, Prachtkäfer) äußert.
- Die vorhandene klimatische Unsicherheit in den Projektionen zeigt selbst bei optimistischer Interpretation nur geringe Handlungsspielräume bei

der Baumartenwahl auf, was für eine stärkere Beteiligung anbauwürdiger und ökologisch zuträglicher eingeführter Baumarten wie Douglasie, Küstentanne und Roteiche spricht.

- Eine Diversifizierung des Baumartenspektrums durch Mischbestände ist notwendig, z. B. durch Laubholz in Mischung mit führender Kiefer oder Douglasie. Hierbei sollte auch die Buche zumindest als Begleitbaumart nicht ausgeschlossen werden, obwohl die Untersuchungen von PAUL et al. (2013) im Fläming zeigen, dass der Wasserbedarf von Buchenvoranbauten hoch ist und es zweifelhaft erscheint, ob der Wasserstress in der Jugendphase künftig eine stärkere Beteiligung der Buche überhaupt zulässt.
- Auch eine Förderung der Eiche/Roteiche auf geeigneten Standorten erscheint sinnvoll. Die Kiefer wird jedoch weiterhin die dominierende Hauptbaumart bleiben, auch wenn andere Risiken wie z. B. die künftig ansteigende Waldbrandgefahr oder Kahlfraß durch Kieferngrößschädlinge nicht zu vernachlässigen sind (vgl. FLECK et al. 2015).

Landwirtschaft

Die Erträge in der Modellregion Oder-Spree sind im Vergleich zu den anderen Regionen des norddeutschen Tieflandes niedrig. Dies ist insbesondere standörtlich bedingt (geringere Niederschläge und schwächere Böden). 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 können (STRER et al. 2014). Allerdings ist vor allem in der Modellregion Oder-Spree mit einer erhöhten Ertragsvariabilität bis hin zu Ertragsausfällen zu rechnen. Diese Zunahme der Variabilität ist begründet durch veränderte Eintrittshäufigkeiten für widrige Umweltbedingungen in Folge des Klimawandels. Sie haben besonders dann negative Auswirkungen auf die Landwirtschaft, wenn sie in Wachstumsphasen auftreten, die für die Ertragsbildung und Entwicklung der landwirtschaftlichen Kulturen entscheidend sind. In Vorstudien wurden zwei Aspekte identifiziert, die für den Projektraum und damit insbesondere auch für die Region Oder-Spree maßgeblich scheinen: Dürren, die die Wasserverfügbarkeit einschränken und extreme Temperaturen im Zusammentreffen mit der Blüte als kritische Phase in der Ertragsbildung (vgl. STRER et al. 2015).

Weiterhin ist zukünftig in der Modellregion Oder-Spree mit einem deutlich erhöhten Trockenstressrisiko zu rechnen. Dies liegt insbesondere an der Verschiebung der Niederschläge in die Wintermonate und der höheren Verdunstung in der wärmeren Vegetationszeit. Von diesem Trockenstressrisiko sind insbesondere das Sommergetreide und die Hackfrüchte betroffen. Zudem zeigen die Untersuchungen, dass in der Modellregion Oder-Spree der Grünlandertrag ohne Bewässerung aufgrund der abnehmenden Sommerniederschläge und dem damit verbundenen Risiko von Dürreperioden stagnieren wird.

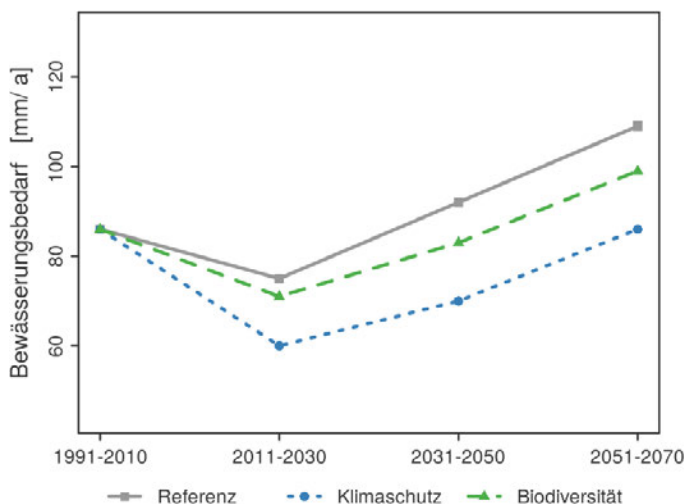


Abbildung 30: Entwicklung des landwirtschaftlichen Bewässerungsbedarfs zur Ertragssicherung.

Durchschnittliche Bewässerungsmengen zur Sicherstellung der Erträge im Laufe des Betrachtungszeitraumes zeigt die Abbildung 30. Die Unterschiede zwischen den Entwicklungspfaden beruhen auf den in den Entwicklungspfaden festgelegten unterschiedlichen Flächennutzungen bei Einführung einer Feldberechnung. Da sowohl beim Biodiversitäts- (ökologische Vorrangflächen) als auch beim Klimaschutzpfad (Anbau von Lupinen) große Areale nicht bewässert werden, steht für die restlichen Ackerflächen der Gesamtregion – und damit für die ertragreichen Feldfrüchte – mehr Wasser zur Verfügung.

Möglichkeiten, dem Klimawandel entgegenzuwirken, liegen in angepassten Managementstrategien (vgl. STRER 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.

Aufgrund der heute vergleichsweise geringen Bedeutung der Tierhaltung in der Modellregion Oder-Spree (< 1 Großvieheinheit pro Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche) könnten die Viehzahlen moderat aufgestockt werden, ohne die ökologischen Indikatoren wesentlich zu verschlechtern.

Stickstoff-Saldo

Die geringere Intensität der Landwirtschaft in der Modellregion spiegelt sich auch im Stickstoffaustrag wieder. Die Region Oder-Spree weist mit 60 bis 80 kg/ha/a die geringsten Stickstoff-Salden aller Modellregionen auf. Die Salden des Klimaschutz- und Biodiversitätspfades liegen bei ähnlichem Verlauf ca. 15-20 % niedriger als im Referenzpfad. Es ist ein deutlicher Einfluss der Wirtschaftsweise (verstärkter Anbau von Lupine und 10 % ökologischen Vorrangflächen) zu erkennen.

Humus-Saldo

Der Entwicklungstrend des Humus-Saldos ist in der Modellregionen insgesamt positiv. Insbesondere im Klimaschutzpfad kommt es durch die Ausweitung des Lupinenanbaus zu einer deutlichen Erhöhung des Humus-Saldos. Zum Ende des Berechnungszeitraumes erfolgt hier ein jährlicher Humusaufbau in Höhe von ca. 190 kg/ha. Dieser Wert liegt nach der Bewertungsskala der VDLUFA (KÖRSCHENS et al. 2004) innerhalb des mittelfristig tolerierbaren Bereiches und sollte auf lange Sicht durch geeignete Managementmaßnahmen reduziert werden.

7 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.
- AMT FÜR STATISTIK BERLIN-BRANDENBURG 2010: Bevölkerungsprognose für das Land Brandenburg 2009-2030. Statistischer Bericht. www.statistik-berlin-brandenburg.de.
- AMT FÜR STATISTIK BERLIN-BRANDENBURG 2011a: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte und deren Pendlerverhalten nach Gemeinden im Land Brandenburg 30. Juni 2010. Statistischer Bericht, https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/publikationen/stat_berichte/2011/SB_A6-14_j01-10_BB.pdf.
- AMT FÜR STATISTIK BERLIN-BRANDENBURG 2011b: Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung im Land Brandenburg. Abruf am 07.10.2015 https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/Statistiken/statistik_SB.asp?Ptyp=700&Sageb=33000&creg=BBB&anzwer=10.
- 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.
- 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.
- BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT 2011: Regionalisierte Arbeitsmarktstatistik Dezember 2011.
- BUONGIORNO, J., ZHOU, M. 2015: Adaptive economic and ecological forest management under risk. Forest Ecosystems, 2(1): 1-15. doi: 10.1186/s40663-015-0030-y.
- 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.
- CORINE LAND COVER 2006: Corine Land Cover - Bodenbedeckungsdaten für Deutschland. Aktualisierung für Deutschland 2006. http://www.corine.dfd.dlr.de/datadescription_2006_de.html.
- FLECK, S., ALBERT, M., PLASIL, P., NAGEL, R., SUTMÖLLER, J., AHREND, B., SCHMIDT, M., EVERS, J., HANSEN, J., OVERBECK, M., SCHMIDT, W., SPELLMANN, H., MEESENBURG, H. 2015: Pilotstudie zu den lokalen Auswirkungen des Klimawandels auf die Forstwirtschaft in ausgewählten Regionen Sachsen-Anhalts. Beiträge aus der NW-FVA 13: 221 S.
- 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).
- 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).
- 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).
- 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).
- 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).
- 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).
- 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).
- 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

- 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 (Hrsg.)]. 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*, Volume 18, Issues 3-4, January 2003, Pages 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, J. 2004: Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic. *Int J Biometeorol* (49): 91-97.
- LAG MÄRKISCHE SEEN E.V. 2014: Regionale Entwicklungsstrategie der LAG Märkische Seen e.V. 2014-2020, Hoppegarten OT Hönow. <http://www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/08-humusbilanzierung.pdf>.
- LAG ODERLAND 2014: Regionale Entwicklungsstrategie (2014-2020) für die LEADER-Region Oderland. Broschüre der Lokale Aktionsgruppe Oderland e.V., Wriezen. <http://lag-oderland.de/content/docs/RES%20Juli%202014%20Final.pdf>
- LANDKREIS ODER-SPREE 2009: Statistisches Jahrbuch. Hrsg. Landkreis Oder-Spree, Dezernat II, AG Statistik.
- LANDKREIS ODER-SPREE 2012: Internetauftritt. (letzter Aufruf: 05.01.2012) <http://www.landkreis-oderspree.de/index.Phtml?mNavID=1.100&sNavID=1273.1&La=1>.
- MÖHRING, B., WILHELM, S. 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.
- OFFERMANN, F., BANSE, M., EHREMAN, M., GOCHT, A., GÖMANN, H., HAENEL, H.-D., KLEINHANß, 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, P.C. 2008: A resampling scheme for regional climate simulations and its performance compared to a dynamical RCM. *Theor. Appl. Climatol.* 92(3-4): 209-223.
- PAUL, G., MEISSNER, R., OLLESCH, G. 2013: Soil-hydrological measuring strategy to estimate water balances in the Flaeming region, Germany. In: Sisák (Ed.): *Proceedings of International Conference on Realistic Expectations for Improving European Waters*, 12-14.10.2011 in Keszthely, Ungarn. 91-102.
- PETERS, G.P., ANDREW, R.M., BODEN, T., CANADELL, J.G., CIAIS, P., LE QUÉRE, 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., REINDS, G. J. 2009: A very simple dynamic soil acidification model for scenario analyses and target load calculations. *Environmental Modelling & Software*, 24, (3): 329-340.
- REINECKE, J., KLEMM, G., HEINKEN, T. 2011: Veränderung der Vegetation nährstoffarmer Kiefernwälder im nördlichen Spreewald-Randgebiet zwischen 1965 und 2010. *Verh. Bot. Ver. Berlin Brandenburg* 144: 63-97, Berlin.
- REINECKE, J., KLEMM, G., HEINKEN, T. 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.
- 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.
- 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., OVERBECK, M. 2011: Waldbauliche Anpassungsstrategien für veränderte Klimaverhältnisse. *AFZ/Der Wald*, 66(11): 19-23.

- STATISTISCHE ÄMTER DES BUNDES UND DER LÄNDER 2012: Internetauftritt. (letzter Aufruf: 05.01.2012) http://www.statistik-portal.de/Statistikportal/de_jb01_jahrta1.asp.
- 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, pp. 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., J. RASINMÄKI, A. REPO, P. VANHALA, LISKI, J. 2011: Soil carbon model Yasso07 graphical user interface. *Environmental Modeling and Software* (26) 11: 1358-1362.
- TUOMI, M., T. THUM, H. JÄRVINEN, S. FRONZEK, B. BERG, M. HARMON, J. A. TROFYMOW, S. SEVANTO, 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, C. 2015: Potenziale und Risiken einge-führter Baumarten. *Baumartenportraits mit naturschutzfachlicher Bewertung*. Göttinger Forstwissenschaften 7: 296 S.
- 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

Barfrostdag: → 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 ($\text{cbm} = \text{m}^3$) 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 $< 0^\circ\text{C}$.

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 $\geq 30^\circ\text{C}$.

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.

Kurzumtriebsplantage (KUP): Anpflanzung von schnell wachsenden Baumarten (Pappeln, Weiden) mit dem Ziel, innerhalb kurzer (< 20 Jahre, i.d.R. 5-10) →Umtriebszeiten Holz als nachwachsenden Rohstoff zu produzieren. Geschieht dies ausschließlich für die Energieerzeugung, wird auch von Energieholzplantage oder Energiewald gesprochen. Kurzumtriebsplantagen sind landwirtschaftliche Kulturen und kein Wald im Sinne des Bundeswaldgesetzes. In Deutschland dürfen Kurzumtriebsplantagen nur auf Ackerland angebaut werden. Eine Umwandlung von Wald zu Kurzumtriebsplantagen ist gesetzlich ausgeschlossen.

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 ≥ 1 cm.

Schwüle: Tage, an denen die Äquivalenttemperatur (Maß aus Lufttemperatur und Luftfeuchte) ≥ 50°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, zu meist 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.

Zielstärkennutzung: 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	Waldbrandisiko	Ernteprodukte (Feldfrüchte & Grünland, atro)		Vorleistungen (Brutto)	Mischung	Bevölkerungs- dichte
Nutzbare Feldkapazität	Trockenstress	Tierische Produkte		Nettowert- schöpfung	Landschafts- diversität	Arbeitsplätze (SVB)
Ertragspotential (Nährstoffziffer, Bodenpunkte)	Pflanzenschutz (Behandlungs- index)	Trink- und Brauchwasser- menge		Subventionen	Naturnähe (PNV)	Flächen- inanspruchnahme (Siedlg., Verkehr)
Altersklassen- aufbau	Bewässerungs- bedarf	Berechnungs- menge			Anteil Altholz	
Holzvorrat	Minderertrag				Anteil extensive Bewirtschaftung	
Holz- zuwachs	N-Saldo					
Nitrat-Gehalt im Sickerwasser	P-Saldo					
Nitrat-Gehalt im Grundwasser	Humus-Saldo					
Grundwasser- neubildung	Kohlenstoffdioxid- Emissionen					
Grundwasser- anschluss	Methan- Emissionen					
Nitrat-N-Gehalt im Fließgewässer	Lachgas- Emissionen					
ortho-Phosphat-P- Gehalt im FG						
Abflussspende (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
Holzvorrat	Vfm/ ha	275	280	252	201	313	334	299	222	177	170
Holzzuwachs	Vfm/ ha/ a	7,7	6,3	4,9	4,6	6,8	5,4	4,1	5,5	5	6,3
Nitrat im Sickerwasser	mg/ l	6,98	6,14	11,49	42,23	6,19	7,25	15	6,55	17,63	66,39
Grundwasserneubildung	mm/ a	80	81	79	40	76	70	45	90	82	28
Trockenstress	-	97	95	72	43	95	75	47	94	69	41
Pflanzenschutz	-	0,012	0,004	0	0,005	0,004	0	0,002	0,004	0	0,012
N-Saldo	kg/ ha/ a	10,49	5,96	6,89	5,82	6,15	7,39	7,92	5,84	5,62	-0,19
Netto-CO ₂ -Emission	tCO ₂ / ha/ a	-15,63	-12,58	-3,1	-6,9	-8,09	-1,79	-2,79	-17,74	-4,09	-6,41
Arbeitsvolumen	h/ ha _{NF} / a	1,09	1,27	1,66	1,53	0,62	0,97	1,14	1,87	1,53	1,16
Nettowertschöpfung	€/ ha _{NF} / a	145	180,18	250,42	220,88	63,37	124,95	141,88	302,36	237,37	143,43
Landschaftsdiversität	-	0,687	0,707	0,729	0,747	0,694	0,702	0,723	0,738	0,745	0,721

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
Nitrat im Sickerwasser	mg/ l	107,9	101,5	102,2	121,6	91,7	95,9	112,1	100,4	100,4	117,4
Grundwasserneubildung	mm/ a	136	139	137	106	139	137	106	139	137	106
Pflanzenschutz	-	3,1	2,6	2,7	3	2,5	2,4	2,8	2,4	2,5	2,8
Bewässerungsbedarf	mm/ a	86	75	92	109	71	83	99	60	70	86
N-Saldo	kg/ ha/ a	78	71	81	78	63	70	67	62	66	67
Netto-CO ₂ -Emission	tCO ₂ / ha/ a	2,868	2,428	2,678	2,858	2,338	2,468	2,628	2,161	2,231	2,421
Ernteprodukte	t/ ha/ a	4,7	6,31	7,25	8,2	5,54	6,23	7	5,95	6,51	7,3
Arbeitsvolumen	h/ ha _{NF} / a	12,44	12,38	12,42	12,63	12,33	12,3	12,47	12,4	12,33	12,53
Nettowertschöpfung	€/ ha _{NF} / a	252,2	154,56	232,94	243,22	145,41	222,67	232,85	122,75	197,42	207,29
Landschaftsdiversität	-	0,687	0,707	0,729	0,747	0,694	0,702	0,723	0,738	0,745	0,721

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.

