

Dunger, Steffi; Dunger, Karsten; Oertel, Cornelius; Wellbrock, Nicole

Working Paper

Handlungsempfehlungen und Baumarteneignung auf organischen Böden: Ergebnisse aus dem Projekt MoorWald

Thünen Working Paper, No. 221

Provided in Cooperation with:

Johann Heinrich von Thünen Institute, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry
and Fisheries

Suggested Citation: Dunger, Steffi; Dunger, Karsten; Oertel, Cornelius; Wellbrock, Nicole
(2023) : Handlungsempfehlungen und Baumarteneignung auf organischen Böden: Ergebnisse
aus dem Projekt MoorWald, Thünen Working Paper, No. 221, Johann Heinrich von Thünen-
Institut, Braunschweig,
<https://doi.org/10.3220/WP1694000648000>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/279526>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen
Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle
Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich
machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen
(insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten,
gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort
genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

*Documents in EconStor may be saved and copied for your
personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial
purposes, to exhibit the documents publicly, to make them
publicly available on the internet, or to distribute or otherwise
use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open
Content Licence (especially Creative Commons Licences), you
may exercise further usage rights as specified in the indicated
licence.*

Handlungsempfehlungen und Baumarteneignung auf organischen Böden

Ergebnisse aus dem Projekt MoorWald

Steffi Dunger, Karsten Dunger, Cornelius Oertel, Nicole Wellbrock

Thünen Working Paper 221

Das Projekt MoorWald wurde durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert (FKZ: 2218WK10X4).

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit
und Verbraucherschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Steffi Dunger
Karsten Dunger
Dr. Cornelius Oertel
Dr. Nicole Wellbrock

Thünen-Institut für Waldökosysteme
Alfred-Möller-Str. 1, Haus 41/42
16225 Eberswalde

Telefon: +49 3334 3820 321
Fax: + 49 3334 3820 354
E-Mail: steffi.dunger@thuenen.de

Thünen Working Paper 221

Eberswalde/Germany, September 2023

Zusammenfassung

Ein Ziel der Nationalen Moorschutzstrategie der Bundesrepublik Deutschland umfasst die Reduktion der Treibhausgasemissionen aus forstwirtschaftlich genutzten Moorböden. Dies kann nur über eine dauerhafte Wiedervernässung der betroffenen Flächen erreicht werden und setzt eine Anpassung der Waldbestände an die sich damit verändernden hydrologischen Verhältnisse voraus. Aktuell werden 15 % der Moorböden in Deutschland als Waldfläche genutzt.

Auswertungen der Bundeswaldinventur haben ergeben, dass sich etwa 50 % der Waldfläche auf organischen Böden (umfassen anmoorige Standorte, Hochmoor und Niedermoor) in Privatwaldbesitz befinden. Hierauf stocken vor allem die Baumarten Fichte (*Picea abies*), Kiefer (*Pinus sylvestris*), Moorbirke (*Betula pubescens*) und Schwarzerle (*Alnus glutinosa*), die aufgrund ihrer verschiedenen Standortansprüche unterschiedliche Wachstumsreaktionen (Vorrat, Zuwachs) auf den drei organischen Bodentypen zeigen. Dies bestätigen auch Ergebnisse einer durchgeführten Literaturrecherche.

Um diese Akteure für Moorschutzaktivitäten zu gewinnen, müssen dringend Förderinstrumente geschaffen werden, die unter anderem hohe Kosten für Waldumbau, Bewirtschaftungserschwernisse sowie Ertragsverluste decken oder einen Landtausch von produktiven entwässerten in aus forstlicher Sicht unproduktive wiedervernässte Waldmoorflächen gewährleisten.

Die im Projekt MoorWald erzielten Ergebnisse sollen dafür genutzt werden, um Privatwaldbesitzer auf mögliche Moorklimaschutzmaßnahmen in ihren Wäldern als auch die damit verbundenen Veränderungen hinzuweisen und sollen innerhalb dieses Thünen Working Papers in Form von Handlungsempfehlungen vorgestellt werden.

Hier zeigte sich, dass die Schwarzerle, die einzige Baumart ist, die auf vollständig vernässten Standorten für eine forstliche Bewirtschaftung eingesetzt werden kann. Fichte und Kiefer sind für solche Standorte ungeeignet, da sie in ihrem Wachstum und in ihrer Stabilität zu stark beeinträchtigt werden. Die Moorbirke kann nach Literaturangaben zwar in wiedervernässten Niedermooren eingesetzt werden, wird aber ihren Lebensraum eher in den Randbereichen der renaturierten Flächen finden.

Schlüsselwörter: Birke, Erle, Kiefer, Fichte, Moorwald, organische Böden, Privatwald, Wiedervernässung

Abstract

The National Peatland Conservation Strategy of the Federal Republic of Germany inter alia aims at the reduction of greenhouse gas emissions from peatlands used for forestry purposes. This can only be achieved by permanently rewetting the affected areas and requires the forest stands to adapt to the subsequently changing hydrological conditions. Actually 15 % of peatlands in Germany are used as forest areas.

Evaluations of the National Forest Inventory have revealed that about 50 % of the forest area on organic soils (including anmoor sites, bog, fen) is in private forest ownership. The tree species spruce (*Picea abies*), pine (*Pinus sylvestris*), downy birch (*Betula pubescens*) and black alder (*Alnus glutinosa*) grow on these soils and show different growth reactions (stock, growth) on the three organic soil types due to their different site requirements. This is also confirmed by results of a literature research.

In order to engage these stakeholders for peatland protection activities, funding instruments must urgently be created that among other things, cover the high costs of forest stand conversion, changing management demands and yield losses, or ensure a land exchange from productive drained to unproductive rewetted forest peatlands.

The results obtained in the MoorWald project are to be used to inform private forest owners of possible peatland climate protection measures for their forests and the associated changes and are to be presented within this Thünen Working Paper in the form of recommendations for action.

It is shown that black alder is the only tree species that can be used for forest management on rewetted sites. Spruce and pine are unsuitable for such sites as their growth and stability are too severely affected. However, according to literature downy birch can be used on rewetted fens, but will rather find its habitat in the peripheral zones of renatured areas.

Keywords: Birch, Alder, Pine, Spruce, Peatland Forest, Organic Soils, Private Forest, Rewetting

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Wälder auf organischen Böden in der Bundeswaldinventur	2
2.1	Verteilung	2
2.2	Eigentumsart	3
2.3	Bestockung	4
2.4	Wachstum	4
2.4.1	Vorrat	4
2.4.2	Zuwachs	5
3	Ausgewählte Baumarten auf organischen Böden	7
3.1	Vorkommen	7
3.2	Wachstum	8
3.3	Standortansprüche	10
3.3.1	Feuchtigkeits- und Nährstoffbedarf	10
3.3.2	Staunäsetoleranz	10
3.3.3	Überflutungsdauer und Überflutungstoleranz	11
3.3.4	Verdunstung	12
3.3.5	Windwurfgefährdung und Wurzelsystem	13
4	Bewirtschaftung und Handlungsempfehlungen	15
5	Fazit	20
6	Literaturverzeichnis	22

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: VERTEILUNG DER BUNDESWALDINVENTUR STICHPROBENPUNKTE AUF ORGANISCHEN STANDORTEN IN DEUTSCHLAND (BLAUE KREISE = NIEDERMOOR, ROTE KREISE = HOCHMOOR, GRAUE KREISE = ANMOORIGE STANDORTE).....	2
ABBILDUNG 2: PROZENTUALER ANTEIL DER BUNDESLÄNDER (LINKS) UND EIGENTUMSFORMEN (RECHTS) AUF ORGANISCHEN BÖDEN IN DEUTSCHLAND	3
ABBILDUNG 3: PROZENTUALER ANTEIL DER ORGANISCHEN BODENTYPEN (BLAU = NIEDERMOOR, ROT = HOCHMOOR, GRAU = ANMOORIGE STANDORTE) INNERHALB DER EIGENTUMSFORMEN	3
ABBILDUNG 4: SUMME DES ANTEILS DER BAUMARTEN (BEZOGEN AUF 100 %) IN DER BESTANDESSCHICHT HAUPTBESTAND GETRENNT NACH DEN ORGANISCHEN BODENTYPEN NIEDERMOOR, HOCHMOOR UND ANMOORIGE STANDORTE (DUNKELBLAU = BIRKE, ROT = BUCHE, GELB = ESCHEN, GRÜN = FICHTE, BRAUN = KIEFER, HELLBLAU = SCHWARZERLE, DUNKELGRÜN = STEILEICHE, HELLGRÜN = ANDERE BAUMARTEN)	4
ABBILDUNG 5: ZUSAMMENFASSUNG DER BAUMARTENSTANDORTEIGENSCHAFTEN VON HOHER ZU NIEDRIGER RESISTENZ.....	15
ABBILDUNG 6: WACHSTUM DER BAUMARTEN INNERHALB DER FORSTLICHEN FEUCHTESTUFEN DES BODENS (O...STANDORTE)	19

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: VORRAT [$M^3 HA^{-1}$] NACH FLÄCHENZUGEHÖRIGKEIT (IDEELLER FLÄCHENBEZUG) ZUM BODENTYP UND ZUGEHÖRIGER FLÄCHE DES AUSWERTUNGSGEBIETES [HA] (IN KLAMMERN DARGESTELLT) FÜR DIE BAUMGATTUNGEN BIRKE, ERLE, FICHTE UND KIEFER ZUM AUSWERTUNGSZEITPUNKT 2012	5
TABELLE 2: ZUWACHS DES VORRATS [$M^3 HA^{-1}$] NACH FLÄCHENZUGEHÖRIGKEIT (IDEELLER FLÄCHENBEZUG) ZUM BODENTYP UND ZUGEHÖRIGER FLÄCHE DES AUSWERTUNGSGEBIETES [HA] (IN KLAMMERN DARGESTELLT) FÜR DIE BAUMGATTUNGEN BIRKE, ERLE, FICHTE UND KIEFER IN DER AUSWERTUNGSPERIODE 2002	6
TABELLE 3: WALDWACHSTUMSKUNDLICHE KENNWERTE DER BAUMARTEN (MAXIMALWERTE SIND IN KLAMMERN DARGESTELLT)	9
TABELLE 4: STANDORTANSPRÜCHE DER BAUMARTEN	14
TABELLE 5: ZUWACHS DES VORRATS [$M^3 HA^{-1}$] FÜR DIE BAUMALTERSKLASSEN ZUR PERIODENMITTE NACH FLÄCHENZUGEHÖRIGKEIT (IDEELLER FLÄCHENBEZUG) ZUM BODENTYP UND ZUGEHÖRIGER FLÄCHE DES AUSWERTUNGSGEBIETES [HA] (IN KLAMMERN DARGESTELLT) FÜR DIE BAUMGATTUNGEN BIRKE, ERLE, FICHTE UND KIEFER IN DER AUSWERTUNGSPERIODE 2002 – 2012	16

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
BB	Brandenburg
BE	Berlin
BI	Birke
Bhd	Brusthöhendurchmesser
bmu	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BW	Baden-Württemberg
BWI	Bundeswaldinventur
BY	Bayern
CH ₄	Methan
cm	Zentimeter
CO ₂	Kohlendioxid
C _{org}	organischer Bodenkohlenstoff
d	Tag
dm ²	Quadratdezimeter
FI	Fichte
g	Gramm
GIS	Geographisches Informationssystem
ha	Hektar
HE	Hessen
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KI	Kiefer
km ²	Quadratkilometer
KW	Körperschaftswald
m	Meter
m ³	Kubikmeter
mm	Millimeter
MB	mineralische Böden
Mio.	Millionen
MV	Mecklenburg-Vorpommern

NI	Niedersachsen
NW	Nordrhein-Westfalen
N ₂ O	Lachgas
O	Organische Nassstandorte [Moore]
OB	organische Böden
OBS	organische Bodensubstanz
PW	Privatwald
RP	Rheinland-Pfalz
SER	Schwarzerle
SH	Schleswig-Holstein
SL	Saarland
SN	Sachsen
ST	Sachsen-Anhalt
STB	Staatswald (Bund)
STL	Staatswald (Land)
t	Tonnen
TH	Thüringen
TW	Treuhandwald
z.B.	zum Beispiel
%	Prozent

1 Einleitung

„Moore sind Ökosysteme, deren Bedeutung für den Wasserhaushalt, die Wasserqualität, den Naturschutz und die Biodiversität sowie für das Klima außerordentlich hoch ist. Ihre Funktion als Kohlenstoffspeicher und ihre Bedeutung als Quelle für klimawirksame Emissionen macht sie zu einem wichtigen Handlungsfeld im Rahmen des Klimaschutzes“ (Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung, 2012).

Nach Angaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2022) gibt es in Deutschland rund 1,8 Millionen (Mio.) Hektar (ha) Moorböden, von denen aktuell 92 % entwässert sind. Diese verursachen mit 53 Mio. Tonnen (t) CO₂-Äquivalenten¹ jährlich einen Anteil von etwa 7,5 % der gesamten deutschen Treibhausgasemissionen (inklusive Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O)).

Derzeit werden 52 % der Moorböden als Grünland, weitere 18 % als Ackerflächen und 15 % als Waldflächen genutzt (Umweltbundesamt, 2023). „Die Höhe der Treibhausgasemissionen hängt dabei unmittelbar mit der Intensität der Entwässerung zusammen“ (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, 2022). „Nur durch eine Anhebung der Wasserstände ist eine Reduktion der Emissionen erreichbar“. Hier lassen sich nach Angaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2022) durchschnittlich jährlich zwischen 10 und 35 t Kohlendioxid (CO₂) je ha vermeiden. Bei einer Waldfläche auf drainierten organischen Böden von knapp 280 Tausend ha (Umweltbundesamt, 2023) ergibt sich damit ein Vermeidungspotenzial zwischen 2,8 und 9,7 Mio. t CO₂-Äquivalenten jährlich.

Etwa 50 % der Waldfläche auf organischen Böden befindet sich in Privatwaldbesitz. Werden bisher entwässerte Standorte wiedervernässt², hat das Auswirkungen auf die Entwicklung der darauf stockenden Waldbestände. Dies kann zu erheblichen Veränderungen im Wachstum der Waldbestände, zu veränderten Bedingungen für Baumartenzusammensetzung und Bestandesstrukturen und zur Veränderung des Risikos von Schäden durch biotische wie abiotische Faktoren bis hin zum Absterben von Waldbeständen und damit dem Verlust von Waldfläche führen.

Eine Kernaufgabe des Projekts MoorWald besteht darin, Privatwaldbesitzer über klimarelevante Optimierungen ihrer Waldbestände sowie über die damit verbundenen Auswirkungen zu informieren. Hiermit soll ein aktiver Beitrag zur Unterstützung der Speicherung von Kohlenstoff im Wald und der Vermeidung von Emissionen geleistet werden.

¹ CO₂-Äquivalente = Maßeinheit zur Vereinheitlichung der Klimawirkung der unterschiedlichen Treibhausgase (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, 2022).

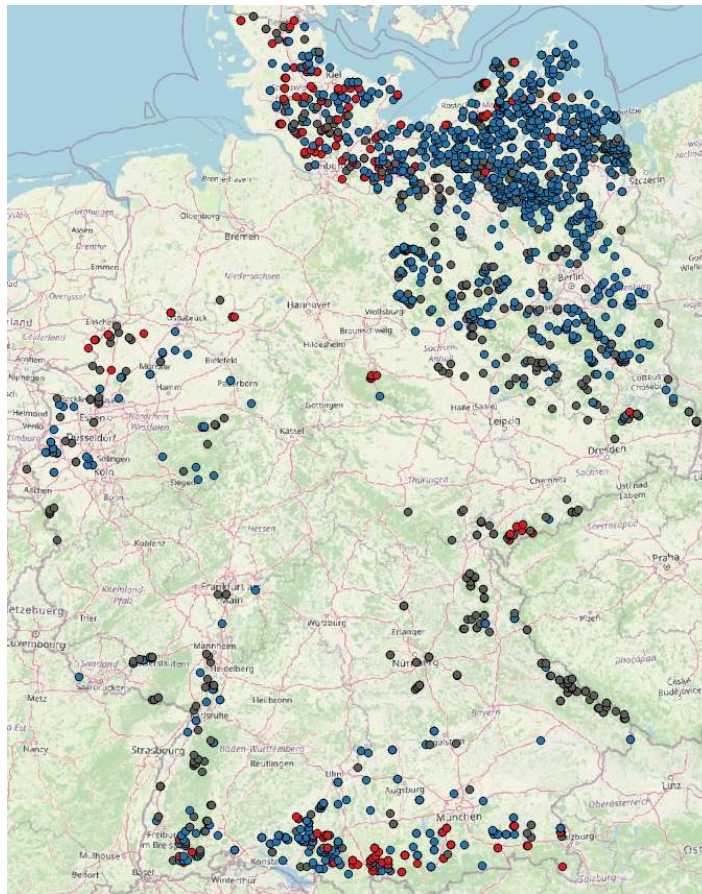
² Wiedervernässung = Anhebung des Wasserstandes auf Höhen relativ zur Geländeoberkante, die dem Torferhalt oder Torfwachstum zuträglich sind (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, 2022). Als torferhaltend wird ein oberflächennaher Wasserstand bis etwa 10 cm unter Flur definiert (Institut für Ländliche Strukturforschung, 2021).

2 Wälder auf organischen Böden in der Bundeswaldinventur

2.1 Verteilung

Um einen Überblick zu erhalten, wie viel Waldfläche in Deutschland auf organischen Böden³ vorkommt, wurden die Stichprobenpunkte der Bundeswaldinventur (BWI) mit den Aktivitätsdaten⁴ organische Böden (siehe Roßkopf et al. 2015) aus dem gleichnamigen Verbundprojekt⁵ kombiniert.

Abbildung 1: Verteilung der Bundeswaldinventur Stichprobenpunkte auf organischen Standorten in Deutschland (blaue Kreise = Niedermoor, rote Kreise = Hochmoor, graue Kreise = anmoorige Standorte)



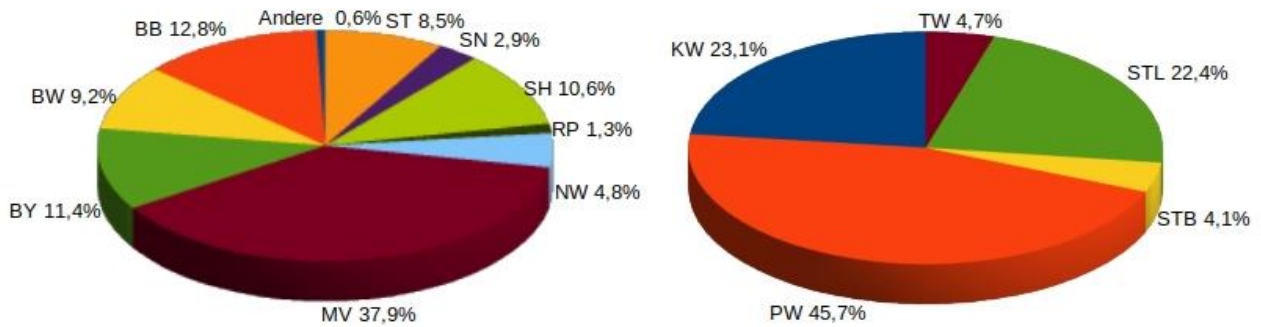
Quelle: Eigene Daten und OpenStreetMap contributors, CC-BY-SA (<https://www.Openstreetmap.org/copyright>).

³ Nach IPCC (2006) werden „Organische Böden“ anhand ihres Gehalts an organischem Bodenkohlenstoff (C_{org}), ihres Wasserhaushalts und ihrer Mächtigkeit folgendermaßen definiert: Böden werden zu „Organischen Böden“ gezählt, wenn sie Bedingungen 1 und 2 oder 1 und 3 erfüllen: 1. Die Horizontmächtigkeit > 10 cm. Bei einer Horizontmächtigkeit von < 20 cm muss > 12 % C_{org} in der Mischprobe von 0 - 20 cm sein. 2. Böden, die lediglich über wenige Tage pro Jahr wassergesättigt sind, müssen > 20 % C_{org} enthalten. 3. Böden mit längeren Phasen der Wassersättigung und folgenden C_{org} Gehalten: a) 12 % C_{org} wenn kein Ton enthalten ist, b) 18 % C_{org} bei Tongehalten > 60 %, c) Einen proportionalen Anteil zwischen 12 - 18 % C_{org} für Tongehalte von 1 - 60 %. Nach der aktuellen deutschen bodenkundlichen Kartieranleitung KA5 (Ad-hoc-AG Boden, 2005) werden Horizonte mit = 30 % organischer Bodensubstanz (OBS) als „Organische Horizonte (H-Horizonte)“ oder Torfe angesprochen. Anmoorige Horizonte (Aa) haben 15 - 30 % OBS (Tiemeyer et al., 2013).

⁴ Daten über das Ausmaß einer menschlichen Aktivität, die zu Emissionen oder Einbindungen während eines bestimmten Zeitraums führt. Beispiele für Aktivitätsdaten sind Daten über Energieverbrauch, Metallproduktion, Landflächen, Managementsysteme, Kalk- und Düngemittelverbrauch und Abfallaufkommen.

⁵ <https://www.thuenen.de/de/fachinstitute/agrarklimaschutz/projekte/verbundprojekt-organische-boeden>

Abbildung 2: Prozentualer Anteil der Bundesländer (links) und Eigentumsformen (rechts) auf organischen Böden in Deutschland



Abkürzungen: BB = Brandenburg, BW = Baden-Württemberg, BY = Bayern, KW = Körperschaftswald, MV = Mecklenburg-Vorpommern, NW = Nordrhein-Westfalen, PW = Privatwald, RP = Rheinland-Pfalz, SH = Schleswig-Holstein, SN = Sachsen, ST = Sachsen-Anhalt, STB = Staatswald (Bund), STL = Staatswald (Land), TW = Treuhandwald, Andere = Berlin, Hessen, Niedersachsen, Saarland, Thüringen

Quelle: Eigene Daten.

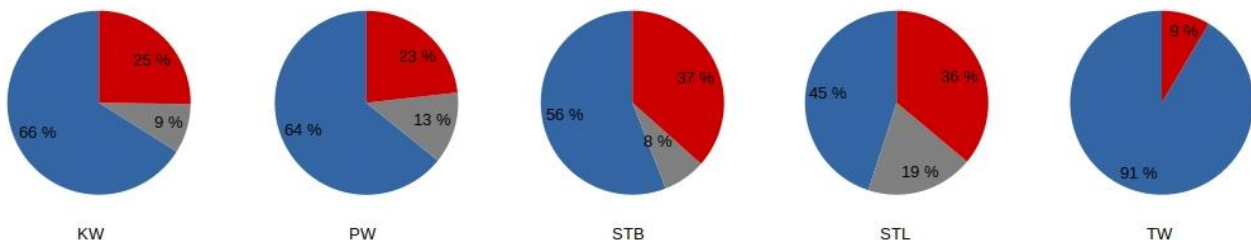
Es zeigte sich, dass insgesamt 2267 BWI Punkte auf organischen Böden liegen, von denen 1387 BWI Punkte auf Niedermoor, 281 BWI Punkte auf Hochmoor und 599 BWI Punkte auf anmoorigen Standorten vorkommen (Abbildung 1).

Dabei konzentrieren sich die meisten Vorkommen im Norden (Schleswig-Holstein: 10,6 %), Nordosten (Brandenburg: 12,8 %, Mecklenburg-Vorpommern: 37,9 %), Osten (Sachsen-Anhalt: 8,5 %) und Süden (Baden-Württemberg: 9,2 %, Bayern: 11,4 %) von Deutschland (Abbildung 2, linke Seite).

2.2 Eigentumsart

Mit etwa 46 % befinden sich die meisten Waldbestände auf organischen Böden in Privatwaldbesitz (Abbildung 2, rechte Seite). Davon liegen 64 % im Niedermoor, 13 % im Hochmoor und 23 % auf anmoorigen Standorten (Abbildung 3).

Abbildung 3: Prozentualer Anteil der organischen Bodentypen (blau = Niedermoor, rot = Hochmoor, grau = anmoorige Standorte) innerhalb der Eigentumsformen



Abkürzungen: KW = Körperschaftswald, PW = Privatwald, STB = Staatswald (Bund), STL = Staatswald (Land), TW = Treuhandwald

Quelle: Eigene Daten.

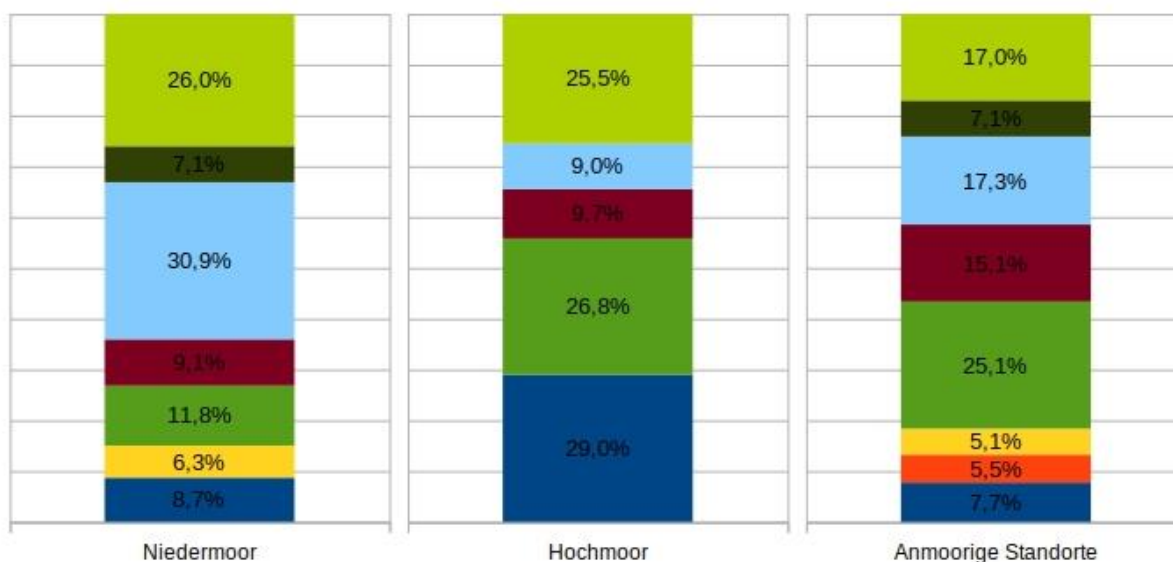
Im Gegensatz dazu sind die Eigentumsformen Treuhandwald (TW) und Staatswald (Bund) (STB) mit 4 bis 5 % am geringsten vertreten (Abbildung 2, rechte Seite). Die meisten Waldbestände stocken auch hier auf Niedermoor (STB: 56 %, TW: 91 %) (Abbildung 3).

Dies zeichnet sich ebenso beim Körperschaftswald sowie Staatswald (Land) ab, die einen Gesamtanteil von 22 und 23 % einnehmen (Abbildung 2, rechte Seite) und mit 45 - 66 % auf Niedermoor, 9 - 19 % auf Hochmoor und 25 - 36 % auf anmoorigen Standorten vorkommen (Abbildung 3).

2.3 Bestockung

Vergleicht man die Bestockungsanteile der Baumarten in der Bestandesschicht Hauptbestand⁶ nach den organischen Bodentypen, so zeigt sich, dass Birke (hier zusammengefasst aus Sandbirke und Moorbirke (+ Karpartenbirke)) (BI), Fichte (FI), Kiefer (KI) und Schwarzerle (SER) die Baumarten sind, die sowohl auf Niedermoor (BI: 8,7 %, FI: 11,8 %, KI: 9,1 %, SER: 30,9 %), Hochmoor (BI: 29,0 %, FI: 26,8 %, KI: 9,7 %, SER: 9,0 %) als auch auf anmoorigen Standorten vorkommen (BI: 7,7 %, FI: 25,1 %, KI: 15,1 %, SER: 17,3 %) (Abbildung 4). Die weiteren Ausführungen im vorliegenden Dokument, beziehen sich daher ausschließlich auf diese **vier** Gehölzarten.

Abbildung 4: Summe des Anteils der Baumarten (bezogen auf 100 %) in der Bestandesschicht Hauptbestand getrennt nach den organischen Bodentypen Niedermoor, Hochmoor und anmoorige Standorte (dunkelblau = Birke, rot = Buche, gelb = Esche, grün = Fichte, braun = Kiefer, hellblau = Schwarzerle, dunkelgrün = Steileiche, hellgrün = andere Baumarten)



Quelle: Eigene Daten.

2.4 Wachstum

2.4.1 Vorrat

Die Fichte weist auf mineralischen (MB) ($428 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) als auch auf organischen Böden (OB) ($406 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) die stärksten Vorräte je Baumartenfläche zum Auswertzeitpunkt 2012 auf. Auch die Flächenanteile am Auswertungsgebiet sind mit 26 % (2.699.559 ha) (MB) und 25 % (61.151 ha) (OB) am größten (Tabelle 1).

⁶ Bestandesschicht, auf der das wirtschaftliche Hauptgewicht liegt. Wenn der Deckungsgrad der obersten Bestandesschicht mindestens 5/10 beträgt, ist dies stets Hauptbestand (Riedel et al., 2020).

Danach folgen die Erle sowie die Kiefer mit Vorräten je Baumartenfläche von 272 - 312 m³ ha⁻¹ (MB) sowie 326 - 280 m³ ha⁻¹ (OB). Die Flächenanteile von Kiefer betragen 23 % (2.395.843 ha) (MB) und 14 % (33.780 ha) (OB), die der Erle liegen bei 2 % (192.967 ha) (MB) und 23 % (57.515 ha) (OB).

Den niedrigsten Vorrat je Baumartenfläche zeigt die Birke (MB: 138 m³ ha⁻¹, OB: 141 m³ ha⁻¹). Ihr Flächenanteil auf OB entspricht mit 14 % (34.197 ha) dem von Kiefer (siehe Tabelle 1). Der Flächenanteil auf MB hingegen ist mit 5 % (497.995 ha) sehr gering.

Tabelle 1: Vorrat [m³ ha⁻¹] nach Flächenzugehörigkeit (ideeller Flächenbezug⁷) zum Bodentyp und zugehöriger Fläche des Auswertungsgebietes [ha] (in Klammern dargestellt) für die Baumgattungen Birke, Erle, Fichte und Kiefer zum Auswertungszeitpunkt 2012⁸

Baumgattung	Flächenzugehörigkeit				
	Mineralische Böden	Organische Böden			
		Niedermoor	Hochmoor	Anmoorige Standorte	Gesamt ⁹
Birke	138 (497.995)	147 (19.864)	108 (7.925)	159 (6.409)	141 (34.197)
Erle	272 (192.967)	330 (42.612)	228 (2.444)	335 (12.459)	326 (57.515)
Fichte	428 (2.699.559)	400 (18.508)	333 (9.861)	431 (32.782)	406 (61.151)
Kiefer	312 (2.395.843)	313 (13.574)	153 (7.314)	318 (12.893)	280 (33.780)

Quelle: Thünen-Institut, Dritte Bundeswaldinventur – Ergebnisdatenbank, <https://bwi.info>, letzter Aufruf am: 14.06.2023.

2.4.2 Zuwachs

Mit 157 und 136 m³ ha⁻¹ zeigt die Fichte sowohl auf MB als auch OB die höchsten Zuwächse des Holzvorrates für den Zeitraum 2002 - 2012¹⁰ im Auswertungsgebiet (Tabelle 2). Dabei kommen 252.562 ha Waldfläche auf organischen Böden vor, wovon Fichte und Erle mit 25 (62.986 ha) und 22 % (55.736 ha) die größten Standflächenanteile einnehmen. Kiefer und Birke hingegen sind mit 15 (37.718 ha) und 13 % (33.776 ha) vertreten (Tabelle 2).

Die niedrigsten Zuwachswerte sind mit 51 (MB) und 44 m³ ha⁻¹ (OB) (Tabelle 2) bei Birke zu verzeichnen. Dazwischen liegen die Erle als auch die Kiefer mit 85 – 99 m³ ha⁻¹ (MB) und 88 – 101 m³ ha⁻¹ (OB) (Tabelle 2). Vergleichende Betrachtungen zeigen, dass bei Erle der Zuwachs des Holzvorrates auf OB (101 m³ ha⁻¹) größer ist als auf MB (85 m³ ha⁻¹). Wie Tabelle 2 zu entnehmen ist, sind die stärksten Vorratszuwächse dabei auf den Niedermoorstandorten (103 m³ ha⁻¹) zu verzeichnen.

⁷ Ideeller Flächenbezug (gemäß Standflächenanteil) (<https://bwi.info/>).

⁸ Basis: Deutschland, speziell selektierte Gebiete (z.B. mittels Verschneidung mit GIS etc.), bestockter Holzboden, begehbar, ohne Lücken im Hauptbestand bzw. Plenterwald, Bäume ab 7 cm Bhd im Hauptbestand oder Plenterwald, bestandesintern, Baumvolumen: BDat3.0 (Spline-Funktion, 2013), Raster: 16km²: NI, NW, HE, SL, BY, BE, BB / 8km²: NI, BY, SN, TH / 4km²: SH, RP, BW, ST, MV (Inventurnetz für BWI 2012 (Zustandsrechnungen, Standard (nur InvE3))); ideeller Flächenbezug (gemäß Standflächenanteil) (99Z1JI_M003of_2012_biHR01 / 2022-9-30 22:41:36.040)

⁹ "Gesamt" enthält auch Flächen, die zu den organischen Böden dazugehören, aber zu keinem Moortypen zugeordnet werden können. Deren Umfang ist vernachlässigbar gering. Daher sind sie hier nicht separat ausgewiesen.

¹⁰ Zehnjähriger Betrachtungszeitraum.

Tabelle 2: Zuwachs des Vorrats [m³ ha⁻¹] nach Flächenzugehörigkeit (ideeller Flächenbezug) zum Bodentyp und zugehöriger Fläche des Auswertungsgebietes [ha] (in Klammern dargestellt) für die Baumgattungen Birke, Erle, Fichte und Kiefer in der Auswertungsperiode 2002¹¹

Baumgattung	Flächenzugehörigkeit				
	Mineralische Böden	Organische Böden			
		Niedermoor	Hochmoor	Anmoorige Standorte	Gesamt ¹²
Birke	51 (487.389)	44 (20.048)	37 (7.655)	50 (6.073)	44 (33.776)
Erle	85 (168.277)	103 (42.274)	81 (2.465)	99 (10.997)	101 (55.736)
Fichte	157 (2.847.300)	155 (18.851)	123 (9.775)	129 (34.360)	136 (62.986)
Kiefer	99 (2.478.710)	103 (13.601)	45 (7.293)	95 (16.823)	88 (37.718)

Quelle: Thünen-Institut, Dritte Bundeswaldinventur – Ergebnisdatenbank, <https://bwi.info>, letzter Aufruf am: 14.06.2023.

¹¹ Basis: Deutschland, speziell selektierte Gebiete (z.B. mittels Verschneidung mit GIS etc.), Vereinigungsfläche Holzboden beider Inventuren, begehbar**, einschließlich Lücken in der Bestockung bzw. im Bestand, Bäume ab 7 cm Bhd im Hauptbestand oder Plenterwald, bestandesintern, Raster: 16km²: NI, NW, HE, SL, BY, BE, BB, ST, TH / 8km²: NI, BY, SN, TH / 4km²: SH, RP, BW, MV (Schnittmenge Inventurnetz für BWI Periode 2002-2012); ideeller Flächenbezug (gemäß Standflächenanteil) (99Z1PB_M007mf_0212_biHR01 / 2022-12-14 10:15:28.613)

¹² Siehe Fußnote 7.

3 Ausgewählte Baumarten auf organischen Böden

3.1 Vorkommen

Die **Moorbirke** (*Betula pubescens*) „kann sich nur auf extremen, insbesondere nassen und nährstoffarmen Standorten behaupten“ (Hibsch-Jetter, 1997; siehe ebenso Renou-Wilson et al., 2010; Roloff, 2023) (Abbildung 5, Tabelle 4, Kapitel 3.3.1). „Etwa 60 % der Baumart stocken im deutschen Wald daher auf Standorten jener natürlichen Waldgesellschaften, die vorwiegend auf organischen Böden (Moore und Anmoore) vorkommen, wie Moor- und Bruchwälder und bestimmte Sumpf- und Auwaldtypen“ (Müller-Kroehling, 2019a).

Ebenso bestätigt Fenner (2022), dass „größere natürliche, von Moorbirken geprägte Waldbestände nur in Mooren zu finden sind“. So können sich in Hoch- und Übergangsmooren ausgedehnte Moorbirkenwälder entwickeln (siehe unter anderem auch Dengler et al., 1992). An Moorrändern hingegen kann die Baumart zusammen mit Fichte oder Kiefer in lichten, wechselfeuchten Wäldern vorkommen (Rehfuess, 1990; Borner, 2011; Müller-Kroehling, 2019a; Burkhardt, 2022; Fenner, 2022).

Auch auf nassen Niedermooren ist Moorbirke vorhanden (z.B. Schäfer & Joosten, 2005). Dabei ist sie auf nährstoffarmen und sauren Standorten gemeinsam mit Waldkiefer vorherrschend (z.B. Schäfer & Joosten, 2005). Auf Standorten mäßiger Nährstoffversorgung und nicht allzu starker Versauerung gedeiht sie währenddessen zusammen mit Erle (z.B. Schäfer & Joosten, 2005).

„Auf ausgesprochen nassen, ganzjährig grundwasserbeeinflussten oder zeitweise überschwemmten Standorten“ ist die **Schwarzerle** (*Alnus glutinosa*) beheimatet (Pietzarka & Roloff, 2000; siehe ebenso z.B. Eschenbach, 1995; Roloff & Pietzarka, 2003; Aas, 2003; Walentowski & Ewald, 2003; Borner, 2011). Nach Kraemer (1943) war sie schon nach der Eiszeit die auf Niedermoor vorherrschende Baumart.

In Deutschland kommt Schwarzerle insbesondere flächendeckenden in der nordostdeutschen Tiefebene, wie zum Beispiel dem Spreewald südlich von Berlin und in Mecklenburg-Vorpommern, vor (Pietzarka & Roloff, 2000; Roloff & Pietzarka, 2003). Hier, als auch auf anderen „Erlenbruchwaldstandorten, auf Niedermoor (Erlenbruchmoor), in Bacherlenwäldern als auch in Bacherleneschenwäldern ist sie eine die natürliche Waldgesellschaft bestimmende Baumart“ (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2020, siehe ebenso z.B. Aas, 2003; Roloff & Pietzarka, 2003).

In Abhängigkeit sich ändernder Standorteigenschaften unterliegt die Schwarzerle der Konkurrenzkraft anderer Baumarten (Borner, 2011). So wird sie unter anderem nach Schäfer & Joosten (2005) sowie Borner (2011) auf nassen, mäßig nährstoffversorgten und nicht allzu sauren Moorstandorten durch die Moorbirke begrenzt (siehe oben sowie Walentowski & Ewald, 2003), auf nährstoffarmen und sauren Standorten sogar durch Moorbirke und Waldkiefer ersetzt (siehe ebenso Kutscher & Lichtenegger, 2013). Im mäßig nassen Bereich unterschiedlicher Basensättigung und Nährkraft bestimmen insbesondere Stieleiche, Esche sowie Ulmenarten die Ausbreitung von Schwarzerle.

Zusammenfassend kann somit festgehalten werden, dass sich die Schwarzerle als „Waldbildner auf nassen bis feuchten organischen Substraten (Niedermooren) zeigt, während sie als Mischbaumart auf mineralischen Nass- und Feuchtstandorten mit reicher bis mittlerer Nährstoffausstattung vorkommt“ (Hofmann, 2003).

Laut Müller-Kroehling (2017) ist die **Fichte** (*Picea abies*) eine „leidensfähige Baumart“, die auch bei ungünstigen Bodenverhältnissen und Klimabedingungen noch wachsen kann. Sie ist in der Lage, auf „feuchten bis nassen, stau- oder fließwasserbeeinflussten“ sowie sehr kalten Standorten vorzukommen (z.B. Schmidt, 2002; Müller-Kroehling, 2017). Grund hierfür ist ihre Fähigkeit, extreme Kälte zu ertragen (Schmidt-Vogt, 1987; Burkhardt, 2022) sowie bei „hohen Wasserständen ein flachstreichendes Wurzelsystem“ ausbilden zu können (Müller-Kroehling, 2017; siehe ebenso Grauer, 2000; Kutscher & Lichtenegger, 2013; Aas, 2017a; als auch Kapitel 3.3.5).

Fichtenmoorwälder treten in sehr „verschiedenen Formen“ auf (Müller-Kroehling, 2017). Sie stocken unter anderem auf „Torfböden, oligotrophen Mooren als auch mesotrophen Bruchwaldstandorten“ (Schmidt, 2002).

Auch Grauer (2000) bestätigt das Vorkommen von Fichte auf verschiedenen Moorstandorten. Nach Angaben des Autors kann sich die Baumart vor allem auf mesotrophen Niedermooren gegenüber Birke und Kiefer durchsetzen. Ebenso in Übergangsmooren (Grauer, 2000), als auch an nassen Rändern von Hochmooren (z.B. Schmidt-Vogt, 1987; Rehfuess, 1990; Müller-Kroehling, 2017) ist Fichte zu finden.

Die **Waldkiefer** (*Pinus sylvestris*) (im Folgenden als **Kiefer** bezeichnet) toleriert ein breiteres Spektrum an Bodeneigenschaften als alle anderen Baumarten (z.B. Krahmer, 1943; Schütt & Stimm, 2006; Walentowski et al., 2007; Heinken, 2008; Kutscher & Lichtenegger, 2013; Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2020). So kommt sie auf sauren als auch basischen, sowie auf trockenen bis feuchten oder nassen Standorten vor (Ellenberg, 1996 in Schütt & Stimm, 2006).

Im Rahmen ihres natürlichen Verbreitungsgebiets bildet Kiefer in Abhängigkeit von Klima und Boden vielfältige Vegetationsformen aus. Hier tritt die Baumart entweder bestandesbildend oder beigemischt auf. Eine detaillierte Übersicht dazu ist unter anderem Hofmann (2007), Heinken (2008) oder Ellenberg & Leuschner (2010) zu entnehmen.

In Mooren ist die Kiefer neben Schwarzerle, Birke und verschiedenen Weidenarten die bestimmende Baumart (Landgraf & Riek, 2007). Dabei kommt sie laut Landgraf & Riek (2007) nur auf „oligo- bis mesotrophsauren Moorstandorten“ bestandesbildend vor, wo sie vor allem mit Birke in Konkurrenz tritt.

In Sauer-, Arm- und Zwischenmooren (Torfmoosmoore) kann sich Kiefer hingegen nur noch seltener durchsetzen. Nach Aussage der Autoren, weicht die Kiefer dem Konkurrenzdruck der anderen Moorgehölze auf die extremsten Standorte aus (siehe auch Roloff, 2008), wo sie aufgrund geringer Sauerstoff- und Nährstoffverfügbarkeit sowie niedrigen Boden- und Lufttemperaturen in ihrem Wachstum eingeschränkt ist. Dabei bildet sie in Anpassung an die verschiedenen Wasserstände unterschiedliche Wuchsformen aus (z.B. Sengbusch, 2002; Landgraf, 2006; Landgraf & Riek, 2007; Schwarz, 2010; siehe ebenso Kapitel 3.3.2).

3.2 Wachstum

Die **Moorbirke** ist eine schnellwachsende Baumart, deren „Höchstalter um die 80 (selten bis oder über) 100 Jahre beträgt“ (Roloff, 2023; siehe ebenso Hibsich-Jetter, 1997; Fenner, 2022). Sie kann eine Höhe von 20 bis 30 m (Schütt et al., 2002; Hynynen et al., 2010; Roloff, 2023) und einen „Stammumfang von bis zu 2,5 m (selten 3 m)“ (Roloff, 2023) erreichen. Ihre Umtriebszeit wird in Abhängigkeit von der Standortgüte mit 40 bis 70 Jahren angegeben (Hibsich-Jetter, 1997; Hynynen et al., 2010; Renou-Wilson et al., 2010). Hinsichtlich ihres Höhen- und Volumenwachstum erreicht sie nicht ganz die Dimensionen der Sandbirke (Nagel & Noltensmeier, 2014; siehe auch Müller-Kroehling, 2019a; Roloff, 2023). Das Kulminationsalter wird dabei mit 10 bis 20 Jahren (Hynynen et al., 2010; Renou-Wilson et al., 2010) beziehungsweise 15 bis 25 Jahren (Hynynen et al., 2010) angegeben (Tabelle 3).

Mit 100 bis 120 Jahren erreicht die **Schwarzerle** ein nur „geringes Lebensalter“ (Pietzarka & Roloff, 2000; Aas, 2003; Roloff & Pietzarka, 2003; www.wald-prinz.de). Sie kann bis zu 35 m hoch (Pietzarka & Roloff, 2000; Utschig et al., 2000; Roloff & Pietzarka, 2003; Utschig, 2003; Claessens et al., 2010) und bis zu 100 cm dick werden (Pietzarka & Roloff, 2000; Utschig et al., 2000; Utschig, 2003; Claessens et al., 2010). „Das Höhenwachstum kulminiert nach der Ertragstafel von Lockow (1994) bereits in den ersten 15 Jahren“ (Roloff & Pietzarka, 2003). Der maximale Volumenzuwachs ist im Alter von 30 (Utschig, 2003) bis 50 Jahren (Claessens et al., 2010) erreicht. Die Umtriebszeit liegt zwischen 60 und 80 Jahren (Claessens et al., 2010; www.wald-prinz.de) (Tabelle 3).

Das Lebensalter der **Fichte** liegt zwischen 200 und 400 Jahren (Schmidt, 2002; Ellenberg & Leuschner, 2010; Schraffl, 2010; Aas, 2017a; Forstliche Versuchsanstalt Baden-Württemberg, 2021). Dabei kann sie Höhen zwischen 30 und 50 m (maximal 60 m) (Aas, 2017a; siehe ebenso Schmidt, 2002; Ellenberg & Leuschner, 2010;

Schraffl, 2010; Forstliche Versuchsanstalt Baden-Württemberg, 2021) und einen Durchmesser von bis zu 150 cm erreichen (Schmidt, 2002; Ellenberg & Leuschner, 2010; Aas, 2017a; Forstliche Versuchsanstalt Baden-Württemberg, 2021). „Der Höhenzuwachs kulminiert in Abhängigkeit vom Standort im Alter von 30 bis 45 Jahren (Durchmesserzuwachs bis zu 10 Jahre später)“ (Schmidt, 2002). Das Maximum des Volumenzuwachs wird mit 45 bis 55 Jahren angegeben (Schmidt, 2002; Burschel & Huss, 2003). Die Umtriebszeit beträgt 80 bis 120 Jahre (Forstliche Versuchsanstalt Baden-Württemberg, 2021; www.wald-prinz.de; als auch Tabelle 3).

Unter günstigen bis optimalen Bedingungen kann die **Kiefer** zu einem bis 30 m hohen (Schütt & Stimm, 2006; Aas, 2017b) und bis zu 150 cm dicken (Rolloff, 2008; Aas, 2017b) Baum heranwachsen. Ihr Alter wird nach Ellenberg & Leuschner (2010) mit 150 bis 450 Jahren angegeben. Der laufende Volumenzuwachs kulminiert mit 20 bis 30 Jahren (Burschel & Huss, 2003; Schütt & Stimm, 2006). Der maximale Höhenzuwachs ist zwischen 10 und 15 Jahren (Schütt et al., 2002; Burschel & Huss, 2003; Schütt & Stimm, 2006) erreicht. Das Umtriebsalter liegt bei 80 bis 140 Jahren (www.wald-prinz.de) (Tabelle 3).

Tabelle 3: Waldwachstumskundliche Kennwerte der Baumarten (Maximalwerte sind in Klammern dargestellt)

Merkmal	Baumart			
	Moorbirke (<i>Betula pubescens</i>)	Schwarzerle (<i>Alnus glutinosa</i>)	Fichte (<i>Picea abies</i>)	Kiefer (<i>Pinus sylvestris</i>)
Sukzessionstyp	Lichtbaumart 34,46,54,78,92	Lichtbaumart 1,11,25,86,93,110,111,113	Halbschattenbaumart 2,19,25,36,62,99	Lichtbaumart 11,19,25,91,101,102,114
Lebensdauer [Jahre]	bis 80 (100) 34,46,92	100 - 120 (150) 1,53,86,93 102,110	200 - 400 (600) 2,29,36,98,100 29,100	150 - 450 (900) 29
Durchmesser [cm]	bis 250 (300) 92	bis 100 (200) 22,86,110,111	bis 150 (190) 2,29,36,98	bis 150 (190) 3,91 29
Höhe [m]	20 - 30 54,92,102	30 - 35 (40) 22,86,93,110,111	30 - 50 (63) 2,29,36,98,100	bis 30 (45 - 48) 3,101 3,29,101,102
Umtriebszeit [Jahre]	40 - 70 ^{b,c} 46,54,89	60 - 80 22,53	80 - 120 36,53	80 - 140 53
Alter Kulmination Durchmesserzuwachs [Jahre]			40 - 55 98	
Alter Kulmination Höhenzuwachs [Jahre]	10 - 20 ^d 54,89	10 - 15 ^e 110 22	30 - 45 ^b 36,98	10 - 15 19,101,102
Alter Kulmination Volumenzuwachs ^a [Jahre]	15 - 25 ^d 54	30 - 50 110 22	45 - 55 19,98	20 - 30 19,101

^a Entspricht dem laufenden jährlichen Volumenzuwachs.

^b Standortabhängig.

^c Norwegen.

^d Durchforstete Reinbestände, Finnland.

^e Nach Ertragstafel Lockow (1994).

Quellen: Siehe Literaturverzeichnis.

3.3 Standortansprüche

3.3.1 Feuchtigkeits- und Nährstoffbedarf

Die **Schwarzerle** ist in der Lage Überschwemmungen und Dauernässe sehr gut zu ertragen (Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2019). Ihr Anspruch an die Wasserversorgung ist sehr hoch (Krahmer, 1943; Pietzarka & Roloff, 2000; Roloff & Pietzarka, 2003; Walentowski & Ewald, 2003). An das Nährstoffangebot stellt sie hingegen nur mäßige Ansprüche (Dengler et al., 1992; Walentowski & Ewald, 2003). Aufgrund dieser Eigenschaften ist die Schwarzerle eine typische Pionierbaumart auf nassen Standorten.

Auf extremen, insbesondere nassen (Roloff, 2023) und nährstoffarmen Standorten, die von anderen Baumarten gemieden werden, kann sich die **Moorbirke** behaupten (Hibsch-Jetter, 1997). Sie wird daher als „Pionierbaumart für besonders extreme Standorte“ gewertet (Kutschera & Lichtenegger, 2013). Dennoch verweisen Müller-Kroehling (2019a,b) und Müller-Kroehling et al. (2019) darauf, dass hoch anstehendes Wasser und Phosphor das Wachstum von Moorbirke in Mooren limitieren, da die Baumart empfindlich auf zu geringe Phosphorgehalte im Boden reagiert.

Eine besonders anspruchslose Baumart (z.B. Dengler et al., 1992; Schütt & Stimm, 2006; Spellmann, 2008; Ellenberg & Leuschner, 2010; Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2020) ist die **Kiefer**. Sie kommt einerseits an sehr trockenen und kalkreichen bis basenarmen Standorten, und andererseits am Rande von nährstoffarmen Hochmooren vor (Ellenberg & Leuschner, 2010). Sie ist „in der Lage, Wasserüberschuß als auch Wassermangel zu ertragen“ (Bayerische Landesanstalt für Forstwirtschaft, 2019). Nach Heinken (2008) (in Müller-Kroehling et al., 2019) reagiert sie auf anstehende Nässe im Sommerhalbjahr allerdings empfindlich.

Zu den trockenheitsempfindlichsten Baumarten Mitteleuropas gehört die **Fichte** (Schmidt-Vogt, 1977-1987 in Ellenberg & Leuschner, 2010), die nach Lyr et al. (1992) (in Ellenberg & Leuschner, 2010) in der Vegetationsperiode mindestens 300 mm Niederschlag benötigt. Auch Schmidt (2002) kommt zu dem Schluss, dass das „Wasserangebot (Boden-, Luftfeuchte; mindestens 40 mm Niederschläge pro Monat in der Vegetationsperiode)“ eine wesentlich wichtigere ökologische Komponente als die Nährstoffausstattung ist. Somit erreicht die Fichte nur bei hoher Bodenfeuchte gute Zuwächse (Bayerische Landesanstalt für Forstwirtschaft, 2019; Burkhardt, 2022). Hinsichtlich ihrer Nährstoffversorgung ist die Baumart eher anspruchslos (Dengler et al., 1992; Bayerische Landesanstalt für Forstwirtschaft, 2019; Burkhardt, 2022; www.wald.de).

3.3.2 Staunässetoleranz

Nach Eschenbach (1995) erträgt **Schwarzerle** „neben einigen Weidenarten von allen einheimischen Baumarten das höchste Maß an Bodennässe“ (siehe auch Hiege 1985; Kutschera & Lichtenegger, 2013; Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2019). „Die meisten Waldbäume zeigen bei Überflutungen oder Staunässe aufgrund des Sauerstoffmangels vermindertes Wachstum und sterben auf lange Sicht ab“ (Eschenbach, 1995). Schwarzerle „ist dagegen in verschiedener Weise an Sauerstoffmangel im Boden angepasst“ (Eschenbach, 1995). Dies liegt einerseits darin begründet, dass die Schwarzerle in der Lage ist, Luft an der Stammbasis aufzunehmen und über luftführende Gewebe in die Wurzel zu leiten (Borner, 2011), als auch in der Fähigkeit, hoch angesetzte Adventivwurzeln auszubilden, die in sauerstoffreichere Bodenhorizonte wachsen können (Rehfuess, 1990; Eschenbach, 1995; Kätzel, 2003; Schäfer & Joosten, 2005; Dannowski & Dietrich, 2006; Barthelmes, 2010; Ellenberg & Leuschner, 2010; Claessens et al., 2010; Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2020).

Moorbirken sind an ihren meist feuchten bis nassen Standort gut angepasst (Krahmer, 1943), reagieren allerdings empfindlich auf Veränderungen des Wasserspiegels (Fenner, 2022; Roloff, 2023). Wird bei einer Moorrenaturierung das Bodenwasser über ihren Wurzelhorizont dauerhaft angehoben oder der

Bodenwasserpegel dauerhaft abgesenkt, so stirbt die Baumart ab (Fenner, 2022; Roloff, 2023). Grund dafür ist das Wurzelsystem, welches sich schlecht an Veränderungen der Bodenwasserverhältnisse anpassen kann.

Durch eine nur mittelmäßige Staunässtoleranz sind nach Ellenberg & Leuschner (2010) **Fichte** und **Kiefer** charakterisiert. Auch Dengler et al. (1992) verweisen darauf, dass stauende Nässe im Boden die Wurzelentwicklung von **Fichte** verringert (siehe auch Schmidt-Vogt, 1987; Schmidt, 2002) und somit die Sturmfestigkeit der Baumart herabgesetzt wird (siehe auch Kapitel 3.3.5). Dies ist nach Aussagen der Autoren auf die Einschränkungen des Sauerstoffgehaltes im Boden zurückzuführen (siehe auch Lyr et al., 1992; Štofkw & Kodrík, 2008; Kutschera & Lichtenegger, 2013; Burkhardt, 2022). Grauer (2000) untersuchte das Wachstum von Fichten in einem wiedervernässten Niedermoor in Abhängigkeit vom Wasserstand. Auch er stellte fest, dass die Bäume auf einen zunehmenden Wasserspiegel mit verringertem Durchmesserzuwachs reagierten.

Entgegen den Ausführungen von Ellenberg & Leuschner (2010) zählen Walentowski et al. (2007) die **Kiefer** zu den standfestesten Baumarten auf (wechsel-)feuchten und nassen Böden. Auch Dengler et al. (1992) verweisen auf eine gute Grund- und Stauwasserträglichkeit der Baumart. Nach Landgraf (2006) bildet Kiefer in Anpassung an verschiedene Wasserstände drei unterschiedliche Wuchsformen (*uliginosa*, *turfosa*, *intermedia*) aus. Dabei wächst die als *Turfosa*-Form bezeichnete Krüppelkiefer (= unregelmäßig zwergenhaftes Wachstum mit sehr kurzen Nadeln) im nassen Moorzentrum (= Schwingdecken bzw. sehr weiche Schwammmoorflächen). Ihr Vorkommen ist ein sicheres Indiz für ungestörte Moorbereiche (Landgraf, 2006). Die *Uliginosa*-Form (= große Nadeln und Quirlabstände an kräftigen Bäumen) hingegen, ist an Moorrändern und ausgetrockneten Moorflächen zu finden. Eine Übergangsform bildet die *Intermedia* (= baumartiger Wuchs mit kurzen und mittellangen Nadeln), welche auf ungestörten als auch leicht gestörten Moorflächen vorkommt. Des Weiteren ist die Kiefer in der Lage, ihre Form an veränderte Standortbedingungen (z.B. nach Wasserstandsänderungen) anzupassen (Landgraf, 2006). Diese Beobachtungen konnten auch durch Sengbusch (2002), Bauerochse et al. (2006), Landgraf & Riek (2007), Cedro & Lamentowicz (2008, 2011), Schwarz (2010) sowie Smiljanić (2019) bestätigt werden.

3.3.3 Überflutungsdauer und Überflutungstoleranz

Macher (2008) untersuchte die Überflutungstoleranz verschiedener Baumarten in Bayern. Er kam zu dem Ergebnis, dass **Schwarzerle** zur Gruppe der Bäume mit der höchsten Toleranz gegenüber Überschwemmungen zu zählen ist. **Kiefer** und **Fichte** hingegen sortiert er in die Gruppe der Baumarten mit der geringsten Resistenz gegen Überflutungen ein. Eine große Rolle spielt die Dauer der Überflutungen (Tabelle 4), welche von entscheidender Bedeutung für auftretende Schäden sein können. So ertragen **Fichte** und **Kiefer** (siehe auch Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2019) durchaus kurzzeitige Überschwemmungen, weisen aber eine hohe Schadanfälligkeit bei Überflutungen mit zunehmender Überschwemmung auf (> 2 Wochen).

Gleiche Ergebnisse bestätigt Baumgart (2013) für Nordpommern. Hier zeigte sich nach einem Starkregenereignis mit anschließendem Hochwasser (2011), dass besonders **Fichtenbestände** empfindlich darauf reagierten. Bereits nach ein bis zwei Wochen Überstau geriet die Baumart in den kritischen Bereich und Absterbeerscheinungen traten bei Fortdauer des Überstaus häufig auf (siehe auch Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2021). Baumgart (2013) kommt weiterhin zu dem Schluss, dass die Überflutungstoleranz wahrscheinlich mit dem Alter und der Dimension der betroffenen Bäume ansteigt. Dabei scheinen Jungpflanzen (auch **Schwarzerlen**) ausgesprochen empfindlich zu sein. Dies deckt sich auch mit Angaben von Kozłowski (1984) (in Ellenberg & Leuschner, 2010), der darauf hinweist, dass Sämlinge und Jungbäume durch Überflutungen stärker beeinträchtigt werden als Altbäume, und stehendes Wasser schädlicher ist als fließendes.

Dass die **Schwarzerle** eine der überflutungstolerantesten Baumarten ist (siehe ebenso Hiege, 1985; Eschenbach, 1995; Barthelmes, 2010; Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2019), beschreiben auch Ellenberg & Leuschner (2010). Nach Ausführungen der Autoren ertragen alte Erlen „stehendes Wasser bis zu 1 m Höhe für Zeiträume bis zu einem Jahr“. Dies bestätigen auch Auswertungen der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2021). Allerdings ist ihr Wachstum dann geringer, da die Knöllchenbakterien an

ihren Wurzeln (siehe auch Kapitel 3.3.5) nur bei ausreichendem Sauerstoffangebot ausgebildet werden können (McVean, 1956 in Ellenberg & Leuschner, 2010). Bei längerer Überstauung fehlt der Erle der Stickstoff dieser Symbiose (Ellenberg & Leuschner, 2010). Ist hingegen der ganze untere Stammbereich einschließlich der Lenticellen betroffen (siehe auch Kapitel 3.3.2), reagiert die Schwarzerle sehr empfindlich und ist nach wenigen Wochen abgestorben (Utschig et al., 2000; Kätzel, 2003; Schäfer & Joosten, 2005; Dannowski & Dietrich, 2006; Glenz et al., 2006; Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2020). Dies gilt vor allem in der Vegetationsperiode.

Dass die **Moorbirke** nur bedingt tolerant gegenüber Überflutungen ist, zeigen unter anderem Auswertungen von Oberrath (2019). Diese belegen, dass die Vitalität der Bäume mit steigender Überflutungshöhe abnehmen. Auch Ellenberg & Leuschner (2010) kommen zu dem Schluss, dass lang andauernde Überflutungen zum Absterben von Moorbirken führen können (siehe auch Vojtěch & Hazuková, 2005; Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2021). Dennoch weist Oberrath (2019) darauf hin, dass Moorbirke auf Nasstandorten mit hohem Wasserspiegel sehr wüchsig sein und besonders auf nährstoffreichen Standorten gute Qualitäten erreichen kann.

3.3.4 Verdunstung

Die **Schwarzerle** ist hoch anspruchsvoll in Bezug auf ihre Wasserversorgung. Sie gilt als Baumart mit der höchsten Verdunstung, noch mehr als Birke oder Weide (Eschenbach, 1995; Pietzarka & Roloff, 2000; Roloff & Pietzarka, 2003; Walentowski & Ewald, 2003).

Auch die **Moorbirke** wird in die Gruppe der Baumarten mit sehr hohem Wasserverbrauch einsortiert (Krahmer, 1943; Paavilainen & Pivänen, 1995; Roloff, 2023). Im Landschaftsbau wird sie unter anderem „zur Drainage von feuchten Standorten“ eingesetzt (Roloff, 2023). Selbst in Mooren ist die Transpirationsleistung der Baumart beachtlich (siehe auch Daniels, 2001). So verdunsten nach Bretschneider (2012) dichte Moorbirkenbestände auf ausgetrockneten Torfkörpern mehr Wasser als flächendeckende Bestände mit typischer Hochmoorvegetation. Dabei haben Jungbäume gegenüber älteren Bäumen einen höheren Wasserverbrauch (Bretschneider, 2012).

Das Transpirationsleistungen von Moorbirken in trockengelegten Mooren in einem gewissen Umfang bestehen und den Effekt einer vorhandenen Entwässerung verschärfen oder auch kurzfristig erhalten können, bestätigt auch Müller-Kroehling (2009a,b). Dennoch verweist der Autor darauf, dass nicht die Verdunstungsleistungen der Moorbirken die Ursache für die Austrocknung eines Moores, sondern eine Folge derselben ist. Ursache und Wirkung sollten hier also nicht vertauscht werden (Müller-Kroehling, 2009a,b).

Nach Ellenberg & Leuschner (2010) unterscheiden sich die Transpirationsraten mitteleuropäischer Baumarten pro Blattfläche recht erheblich. So verdunsten beispielsweise Birken unter vergleichbaren Bedingungen mehr als **Kiefern** oder **Fichten** (siehe auch Krahmer, 1943; Zimmermann et al., 2008; Englisch, 2016). Jedoch gleichen sich aufgrund artspezifischer unterschiedlicher Blattflächenindizes und Kronenstrukturen die Bestandes- transpirationsraten aneinander an. So werden niedrige Verdunstungsraten auf Blattebene, wie sie beispielsweise für Fichte kennzeichnend sind, durch eine hohe Nadelmasse auf Bestandesebene weitgehend ausgeglichen (Ellenberg & Leuschner, 2010).

Dies bestätigen unter anderem auch Zimmermann et al. (2008), Raspe & Zimmermann (2008) sowie Englisch (2016). Die Autoren verweisen auf Untersuchungen von Polster (1950) (in Lyr et al., 1992), der die mittleren Tagessummen des Wasserverbrauchs (entweder als Blattoberfläche oder Frischgewicht der Blätter oder Nadeln, im nachfolgenden als spezifische Transpiration bezeichnet) verschiedener junger Bäume in Klimakammern bestimmte. Dabei zeigte sich, dass Fichte ($1,4 \text{ g (d*dm}^2)^{-1}$) gegenüber Birke ($9,5 \text{ g (d*dm}^2)^{-1}$) eine nur geringe spezifische Transpiration aufweist.

Vergleicht man hingegen die mittleren Bestandesverdunstungsraten beider Baumarten, so sind diese mit Werten von 420 (Fichte) und 455 mm a^{-1} (Birke) sehr ähnlich. Neben Ellenberg & Leuschner (2010) begründet auch Schmidt-Voigt (1987) dies mit der Blattmasse der Bestände. So ist die Blattmasse des Fichtenbestandes mehr als

fünfmal so groß wie die Blattmasse des Birkenbestandes (siehe auch Zimmermann et al., 2008; Raspe & Zimmermann, 2008; Englisch, 2016).

Die **Kiefer** geht nur bei voller Wassersättigung des Bodens mit dem Wasser verschwenderisch um, während sie bei Wassermangel sehr sparsam ist (Schmidt-Vogt, 1987). Die nach Polster (1950) (in Lyr et al., 1992) ermittelte spezifische Transpiration beträgt $1,9 \text{ g (d} \cdot \text{dm}^2)^{-1}$, die mittlere Verdunstungsrate des Bestandes liegt bei 270 mm a^{-1} (siehe auch Zimmermann et al. 2008; Raspe & Zimmermann, 2008; Englisch, 2016). Nach Anders (2002) (in Ellenberg & Leuschner, 2010) als auch Müller et al. (2007) erreicht die Kiefer ihre höchste Bestandestranspiration im Stangenholzalter.

3.3.5 Windwurfgefährdung und Wurzelsystem

Die **Schwarzerle** gilt aufgrund ihres tiefreichenden Wurzelsystems (auch auf Nassböden (z.B. Köstler et al., 1968 in Kutschera & Lichtenegger, 2013; Rehfuss, 1990; Dengler et al., 1992; Pietzarka & Roloff, 2000; Elferts et al., 2011; Anadon-Rosell et al.; 2022)) als eine völlig sturmsichere Baumart (Walentowski & Ewald, 2003; Utschig et al. 2000; Utschig, 2003) (Tabelle 4). Ihre zur Verankerung und Wasseraufnahme vorhandenen Senkerwurzeln können bis in eine Tiefe von 210 cm vordringen (McVean, 1956 und Bibelriether, 1964 in Ellenberg & Leuschner, 2010). Sie nehmen auf trockenen, tief zu durchwurzelnden Böden mit 70 - 90 % den Hauptanteil am Wurzelsystem ein (Köstler et al., 1968 in Kutschera & Lichtenegger, 2013; Pietzarka & Roloff, 2000). „Auf tonigen und vor allem auf anmoorigen Grundwasserböden hingegen, sind die flachstreichenden Wurzeln (= Horizontalwurzeln) den tiefstrebenden an Zahl und Länge weit überlegen“ (Kutschera & Lichtenegger, 2013). Hier wird die Bewurzelung von „den knapp unter Flur weit seitwärts ausgebreiteten“ (Kutschera & Lichtenegger, 2013; siehe ebenso Kätzel, 2003), zur Nährstoffaufnahme dienenden Wurzeln geprägt (z.B. Pietzarka & Roloff, 2000; Aas, 2003; Kätzel, 2003; Ellenberg & Leuschner, 2010). An ihnen treten die Luftstickstoff bindenden Wurzelknöllchen (siehe auch Kapitel 3.3.3) mit Bakterien der Gattung Frankia (Actinomycetes) auf (z.B. Hiege, 1985; Pietzarka & Roloff, 2000; Roloff & Pietzarka, 2003; Walentowski & Ewald, 2003; Laganis, 2007; Claessens et al. 2010; Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2019; Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2020). Somit ist Schwarzerle in der Lage, auch „relativ stickstoffarme Standorte“ zu besiedeln (Walentowski & Ewald, 2003).

Moorbirken durchwurzeln den Boden maximal bis in etwa 40 cm Tiefe (Fenner, 2022). „Nur selten und nur außerhalb von Feuchtgebieten bilden sich ab und zu vereinzelt bis zu drei Meter tiefgehende Absenker“ (Fenner, 2022). Horizontal kann der Radius ihres dichten Wurzelwerks dagegen ungewöhnlich weit reichen (Perala & Alm, 1990), nach Fenner (2022) bis zu 25 m. In Feuchtgebieten bleibt ihr Wurzelsystem oberhalb des mittleren Bodenwasserlevels und kann daher bei hochanstehendem Bodenwasser extrem flach ausfallen (Daniels, 2001; Kutschera & Lichtenegger, 2013; Oberrath, 2019; Fenner, 2022; Roloff, 2023), was nach Hibscher-Jetter (1997) zu einer erhöhten Windwurfgefahr führt. Steht das Grundwasser bis in das Wurzelsystem, kann dies zu Vitalitätsverlusten (siehe auch Kapitel 3.3.3) und bei Überstauung der Wurzel sogar zum Absterben des Baumes (siehe auch Kapitel 3.3.2) führen.

„Neben der Bodenart und ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften hat vor allem die Höhe des Grundwassers einen entscheidenden Einfluss auf die Ausprägung des Wurzelsystems der **Fichte**“ (Grauer, 2000). So wird die Baumart auf vernässten und verdichteten, sauerstoffarmen Böden durch ein oberflächennahes Wurzelsystem, mit durchaus gut entwickelten Horizontal-, aber stark reduzierten Senkerwurzeln, zum Flachwurzler, was zu einer hohen Anfälligkeit gegen Windwurf führt (Köstler et al. 1968 in Štofkw & Kodrık, 2008; Schmidt-Vogt, 1987; Dengler et al., 1992; Schmidt, 2002; Štofkw & Kodrık, 2008; Kutschera & Lichtenegger, 2013; Aas, 2017a; Klemmt et al., 2017; Müller-Kroehling, 2017; Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2019; Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2020). Nach Gulder (2017) liegt der Hauptwurzelsystemhorizont (= Bodentiefe, in der bis zu rund 70 % der Wurzelmasse angelegt ist) von Fichte meist zwischen 20 und 60 cm (Maximum 125 cm). Auf stark vernässten Böden dringt die Masse der Wurzeln selten weiter als 40 cm vor (Gulder, 2017).

Bei hohen Grundwasserständen, wie sie in Mooren auftreten, bildet die **Kiefer** ein nur sehr flaches Wurzelwerk aus (Kokkonen, 1923; Krahrmer, 1943; Landgraf 2006; Landgraf & Riek, 2007; Kutschera und Lichtenegger, 2013; Smiljanić, 2019). Nach Dengler et al. (1992) konzentriert sich dieses dabei auf die obersten 10 (siehe auch Landgraf, 2006) bis 25 cm.

„Moore sind extreme Lebensräume in denen Kiefer besondere Anpassungen entwickelt hat“ (Landgraf & Riek, 2007). Nach Landgraf (2006) zeigt die Baumart in Abhängigkeit vom Wasserstand drei verschiedene Wurzelwuchsformen: 1. Hakenwurzeln (= einseitiges Wurzelwachstum, vor allem in Schlenken, im nassen Moorzentrum vorkommend), 2. S-Wurzeln (= ebenfalls stark seitwärts orientiert, auf mittleren Bulthöhen vorkommend, vor allem durch Wasserstandsschwankungen gekennzeichnet) und 3. Stempelwurzeln (= tief und breit verzweigte Wurzeln, die sich nach allen Seiten ausrichten können, vor allem auf Kuppen von Bulten, am trockenen Moorrand vorkommend).

Dass sich langfristige Veränderungen des Wasserspiegels in charakteristischen Wurzelwuchsformen (z.B. stockwerkartig ausgebildete Wurzelsysteme oder nach oben gerichtete Wurzeln) widerspiegeln können, bestätigen auch Bauerochse et al. (2006) in ihren Untersuchungen an Kiefern auf Hochmoorstandorten.

Tabelle 4: Standortansprüche der Baumarten

Merkmal	Baumart			
	Moorbirke (<i>Betula pubescens</i>)	Schwarzerle (<i>Alnus glutinosa</i>)	Fichte (<i>Picea abies</i>)	Kiefer (<i>Pinus sylvestris</i>)
Feuchtigkeitsbedarf (Wasserversorgung)	Hoch 46,92	Hoch 11,60,86,93,113	Hoch 11,18,29,98	Niedrig 11,29
Nährstoffbedarf	Niedrig 46,60,62	Mittel 25,113	Niedrig 11,18,25,52	Niedrig 11
Staunäsetoleranz	Hoch 25	Hoch 11,29,31,47	Mittel 29,36	Mittel - Hoch 29 25,114
Überflutungsdauer	15 - 60 Tage 33	≥ 180 Tage 29,33	2 - 8 Tage 33	7 - 40 Tage 33
Überflutungstoleranz	Mittel 29,33,83,112	Hoch 8,10,11,29,31,33,47,71	Niedrig 10,11,33,71	Niedrig 71
Verdunstung	Hoch 15,60,77,78,84,92	Hoch 31,86,93,113	Niedrig ^f 30,87,117	Niedrig ^f 30,87,117
Windwurfresistenz	Niedrig 11,33,46	Mittel - Hoch 11,33 110,111	Sehr Niedrig 2,11,25,32,36,57,62,79,98,99,107	Niedrig - Mittel 11 33
Wurzelsystem	Herzwurzel 46,92	Herzwurzel 110,111	Senkerwurzel 29	Pfahlwurzel 11,29,101

^f Spezifische Transpiration nach Polster (1950).

Quellen: Siehe Literaturverzeichnis.

4 Bewirtschaftung und Handlungsempfehlungen

Schwarzerlen sind auf vollständig vernässten Standorten oftmals die einzige Option für eine forstliche Bewirtschaftung (z.B. Klingenuß, 2017; Fischer & Leefken, 2020). Dabei können sie in Form des Niederwaldes oder als Hochwald genutzt werden (z.B. Schäfer & Joosten, 2005; Röhe & Schröder, 2010; Neuß & Schröder, 2013; Greifswald Moor Centrum, 2016; Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, 2017).

In der Niederwaldbewirtschaftung wird die Baumart aufgrund ihrer guten Stockausschlagfähigkeit (hohe Produktionsleistung (10 m³ ha⁻¹) im Kurzumtrieb von 20 bis 40 Jahren) insbesondere zur Brennholzerzeugung verwendet (Röhe & Schröder, 2010; Greifswald Moor Centrum, 2016; Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, 2017). Dafür eignen sich vor allem „flachgründige, degradierte, wiedervernässte Flächen auf Niedermoor“ (Birr et al., 2021). Auch „Randgebiete wiedervernässter Flächen“ können für die Niederwaldwirtschaft mit Schwarzerle (Birr et al., 2021) verwendet werden.

Der Hochwaldbetrieb hingegen zielt vor allem auf eine Produktion von wertvollem Stammholz ab. Dabei wird bei Schwarzerle von einem Mindestdurchmesser von 45 cm in einer Produktionszeit von ca. 60 bis 70 Jahre (siehe ebenfalls Kapitel 3.2, Tabelle 3) und einem jährlichen Volumenzuwachs von mindestens 8 m³ ha⁻¹ ausgegangen (Neuß & Schröder, 2013; Röhe & Schröder, 2010; Greifswald Moor Centrum, 2016; Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, 2017). Standorte mit guter Nährstoffversorgung (Abbildung 5) und bewegtem Bodenwasser (siehe ebenso Ellenberg & Leuschner, 2010) eignen sich hervorragend für die Wertholzwirtschaft der Baumart (Birr et al., 2021; Nordt et al., 2022). Auch auf „nassen und tiefgründigen Moorstandorten“ (Birr et al., 2021) kann die Schwarzerle ebenso gute Wuchsleistungen erreichen.

Abbildung 5: Zusammenfassung der Baumartenstandorteigenschaften von hoher zu niedriger Resistenz



Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 5: Zuwachs des Vorrats [m³ ha⁻¹] für die Baumaltersklassen zur Periodenmitte nach Flächenzugehörigkeit (ideeller Flächenbezug) zum Bodentyp und zugehöriger Fläche des Auswertungsgebietes [ha] (in Klammern dargestellt) für die Baumgattungen Birke, Erle, Fichte und Kiefer in der Auswertungsperiode 2002 – 2012¹³

Baumgattung	Flächenzugehörigkeit		Baumaltersklasse zur Periodenmitte [Jahre]									
			1-20	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	>160	Alle
Birke	Mineralische Böden		45 (115.795)	64 (132.190)	54 (140.070)	40 (69.448)	33 (23.819)	27 (5.106)	34 (673)	2 (278)	- (-)	51 (487.389)
	Organische Böden	Niedermoor	15 (2.524)	49 (4.236)	63 (5.798)	39 (5.359)	28 (2.048)	19 (83)	- (-)	- (-)	- (-)	44 (20.048)
		Hochmoor	72 (894)	39 (2.289)	29 (3.088)	29 (1.113)	40 (272)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	37 (7.655)
		Anmoorige Standorte	37 (1.241)	86 (1.006)	64 (2.010)	19 (1.548)	41 (215)	12 (34)	92 (18)	- (-)	- (-)	50 (6.073)
		Gesamt	32 (4.659)	51 (7.532)	54 (10.896)	34 (8.019)	30 (2.535)	17 (117)	92 (18)	- (-)	- (-)	44 (33.776)
Erle	Mineralische Böden		70 (21.031)	90 (41.965)	91 (53.755)	87 (29.920)	71 (13.606)	64 (6.218)	91 (1.468)	22 (313)	- (-)	85 (168.277)
	Organische Böden	Niedermoor	80 (3.902)	100 (6.798)	116 (11.577)	108 (13.891)	99 (5.005)	14 (977)	38 (110)	- (-)	152 (13)	103 (42.274)
		Hochmoor	173 (395)	40 (594)	78 (746)	73 (513)	39 (188)	142 (29)	- (-)	- (-)	- (-)	81 (2.465)
		Anmoorige Standorte	17 (710)	89 (1.525)	79 (3.126)	156 (2.440)	112 (1.661)	121 (986)	13 (547)	- (-)	- (-)	99 (10.997)
		Gesamt	78 (5.008)	94 (8.917)	106 (15.449)	113 (16.845)	101 (6.855)	69 (1.992)	17 (658)	- (-)	152 (13)	101 (55.736)
Fichte	Mineralische Böden		73 (308.167)	203 (564.760)	204 (680.056)	153 (438.397)	136 (436.234)	118 (247.265)	97 (98.941)	79 (44.854)	51 (28.625)	157 (2.847.300)
	Organische Böden	Niedermoor	29 (1.464)	234 (4.821)	160 (5.337)	130 (3.655)	136 (2.046)	63 (462)	158 (406)	47 (368)	93 (293)	155 (18.851)
		Hochmoor	48 (1.264)	133 (2.110)	198 (3.086)	67 (2.016)	81 (911)	120 (145)	160 (90)	54 (153)	- (-)	123 (9.775)
		Anmoorige Standorte	26 (2.209)	156 (3.775)	174 (6.779)	137 (7.441)	125 (5.970)	90 (3.272)	126 (2.739)	137 (1.076)	63 (1.099)	129 (34.360)
		Gesamt	33 (4.936)	187 (10.706)	174 (15.202)	124 (13.112)	123 (8.927)	88 (3.879)	131 (3.234)	108 (1.597)	69 (1.392)	136 (62.986)
Kiefer	Mineralische Böden		91 (135.610)	148 (341.742)	136 (585.874)	86 (453.458)	76 (408.197)	67 (312.505)	50 (154.106)	45 (63.879)	32 (23.341)	99 (2.478.710)
	Organische Böden	Niedermoor	72 (1.713)	83 (2.323)	155 (3.002)	102 (3.023)	77 (1.054)	26 (822)	146 (1.427)	- (-)	- (-)	103 (13.601)
		Hochmoor	- (-)	42 (122)	82 (2.581)	27 (2.330)	31 (1.022)	26 (328)	15 (467)	- (-)	- (-)	45 (7.293)
		Anmoorige Standorte	112 (699)	110 (3.015)	211 (2.323)	94 (2.201)	88 (3.425)	38 (3.531)	37 (1.097)	19 (364)	89 (169)	95 (16.823)
		Gesamt	71 (2.844)	97 (5.460)	148 (7.906)	77 (7.554)	75 (5.501)	35 (4.681)	85 (2.991)	12 (612)	89 (169)	88 (37.718)

Quelle: Thünen-Institut, Dritte Bundeswaldinventur – Ergebnisdatenbank, <https://bwi.info>, letzter Aufruf am: 14.06.2023.

¹³ Basis: Deutschland, speziell selektierte Gebiete (z.B. mittels Verschneidung mit GIS etc.), bestockter Holzboden, begehbar, ohne Lücken im Hauptbestand bzw. Plenterwald, Bäume ab 7 cm Bhd im Hauptbestand oder Plenterwald, bestandesintern, Baumvolumen: BDat3.0 (Spline-Funktion, 2013), Raster: 16km²: NI, NW, HE, SL, BY, BE, BB / 8km²: NI, BY, SN, TH / 4km²: SH, RP, BW, ST, MV (Inventurnetz für BWI 2012 (Zustandsrechnungen, Standard (nur) InvE3)); ideeller Flächenbezug (gemäß Standflächenanteil) (99Z1J1_M003of_2012_biHR01 / 2022-9-30 22:41:36.040)

Dennoch soll darauf hingewiesen werden, dass die Behandlungsziele von Schwarzerle nur bis zu einem Alter von 40 Jahren wirkungsvoll umgesetzt werden können (Röhe & Schröder, 2010). Das bestätigt unter anderem auch Utschig (2003), der Auswertungen zur Jahrringbreitenentwicklung von Schwarzerlen auf feuchtem humusreichen tonigen Schlufflehm in Südbayern durchführte. Dabei zeigte sich, dass die Jahrringbreiten der Baumart mit zunehmendem Alter abnahmen (20 Jahre: 5 mm, 40 Jahre: 3 mm und 60 Jahre: 1-2 mm). Gleiche Tendenzen sind auch für den Durchmesserzuwachs in der Ertragstafel von Lockow (1994) sichtbar (< 20 Jahre: 1,1 cm, 21 – 40 Jahre: 0,7 cm, 41 – 60 Jahre: 0,4 cm und 61 – 80 Jahre: 0,2 cm) (in Röhe & Schröder, 2010). Dies spiegelt sich ebenfalls bei den Auswertungsergebnissen zum Zuwachs des Vorrats für die Baumgattung Erle auf Niedermoorstandorten im Rahmen der BWI (zehnjähriger Betrachtungszeitraum) wider (1 - 20 Jahre: 80 m³ ha⁻¹, 21 - 40 Jahre: 100 m³ ha⁻¹, 41 – 60 Jahre: 116 m³ ha⁻¹, 61 – 80 Jahre: 108 m³ ha⁻¹) (Tabelle 5).

Die optimalen Bedingungen für das Wachstum von Schwarzerle auf organischen Standorten bieten laut Schäfer & Joosten (2005) sowie Röhe & Schröder (2010) Brüche (O...3-Standorte)¹⁴ und Trockenbrüche (O...4-Standorte) mit mindestens mittlerer Nährstoffversorgung. Auf Sümpfen (O...2-Standorte) erreicht die Baumart hingegen nur noch befriedigende Ergebnisse (siehe Röhe & Schröder, 2010). Hier können nach Angaben von Röhe & Schröder (2010) immerhin noch jährliche Gesamtzuwächse von etwa 7 m³ ha⁻¹ bei einem Umtriebszeitalter von 70 Jahren (Tabelle 3) erzielt werden. Aufgrund des langen und sehr hoch anstehenden Grundwassers (siehe auch Kapitel 3.3.3) eignen sich Offensümpfe (O...1-Standorte) für eine ertragsorientierte Erlenwirtschaft nicht mehr (Röhe & Schröder, 2010). Hier ist nach Aussage der Autoren nur noch mit sehr geringen Wuchsleistungen von Schwarzerle zu rechnen.

Für den Moorschutz sind besonders Schwarzerlenbestände auf O...2-Standorten von Bedeutung, da diese unter den gegebenen Feuchtebedingungen (entspricht einem mittleren jährlichen Wasserstand zwischen 0 und 20 cm unter Flur) zum Erhalt des Torfkörpers und somit zum Wachstum von Mooren beitragen (siehe unter anderem Schäfer & Joosten, 2005; Barthelmes, 2010; Röhe & Schröder, 2010; Borner, 2011; Gaudig et al., 2014; Wichtmann et al., 2016; Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, 2017; Birr et al., 2021). Standorte mit durchschnittlichen Wasserständen von mehr als 20 cm unter Flur werden nach Angaben von Linke et al. (2013) hingegen als torfzehrend eingestuft. Im Gegensatz dazu unterscheiden Abel et al. (2016, 2019) drei Entwässerungsstufen, die in torferhaltend (nass = Wasserstand im Bereich der Mooroberfläche), torfzehrungsmindernd (feucht = leicht entwässert (Wasserstand ~ 30 cm unter Geländeoberkante)) und torfzehrend (trocken = tief entwässert) unterteilt werden (Abbildung 6).

Die Klimabilanz von Mooren hängt stark von der Nutzung als auch vom Bodenwasserstand ab. In naturnahen renaturierten Mooren treten bei einem Wasserstand von etwa 10 cm unter Geländeoberkante (= Flur) kaum klimarelevante Emissionen auf (z.B. Freibauer et al., 2009; Drösler et al., 2013; Dolek et al., 2014). Bei tiefen Entwässerungen hingegen gehen von Moorböden erhebliche Umweltbelastungen wie ein hoher Austrag von CO₂ aus (Abel et al., 2016). Nach Angaben von Abel et al. (2019) führt eine Absenkung des mittleren Wasserstandes um 10 cm im Durchschnitt zu einer Erhöhung der CO₂ Emissionen um ca. 5 t CO₂ je ha und a. Bewirtschaftung oder Anpflanzung von Schwarzerlen auf Moorstandorten bei gleichzeitigem Anheben des durchschnittlichen Jahreswasserstandes höher 10 cm unter Flur im langfristigen Mittel sichert laut Linke et al. (2013) die Torfbildung. Für den Grundwasserbereich zwischen 20 bis 10 cm unter Flur kann dieses hingegen nicht sicher gesagt werden (siehe Linke et al., 2013).

Eine weitere Option zur Einsparung von Treibhausgasemissionen auf organischen Böden kann die Neuwaldbildung mit Schwarzerle (Paludikultur) auf wiedervernässten Niedermoores darstellen (z.B. Borner, 2011; Gaudig et al., 2014; Greifswald Moor Centrum, 2016; Wichtmann et al., 2016; Institut für Ländliche Strukturforchung, 2021; Nordt et al., 2022). „Allerdings kann dieser Ansatz in Schutzgebieten oder aufgrund von mangelnder Befahrbarkeit und den Kosten seilkrangestützter Holzernte- und Bringungstechniken seine Grenzen finden“ (Institut für Ländliche Strukturforchung, 2021; siehe ebenso Röhe & Schröder, 2010).

¹⁴ O = Organische Nassstandorte [Moore] (Arbeitskreis Standortkartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, 2016).

Waldbauliche Hinweise zum Umgang mit der **Moorbirke** standen im Rahmen der Literaturrecherche nicht zur Verfügung. Auch Müller-Kroehling (2019a) bestätigt in seinen Ausführungen, dass die forstliche Leistungsfähigkeit der Baumart für mitteleuropäische Verhältnisse bisher zu wenig untersucht wurde. Dennoch existieren vereinzelte Arbeiten zum Wachstum von Moorbirke auf Moorwaldstandorten.

So untersuchte beispielsweise Kriedemann (2003) verschiedene Moorbirkenbestände im Verlandungszwischenmoor Naturschutzgebiet „Ahlbecker Seegrund“ in Mecklenburg-Vorpommern. Die besten Wachstumsleistungen erreichte die Moorbirke hier auf nassen Sumpfstandorten mittlerer Nährkraftstufe (OM1) mit Wasserständen von 0 bis 20 cm unter Flur (Wasserstufe 4+).

Nach Müller-Kroehling (2019a) ist die Moorbirke „eine Wirtschaftsbaumart für bestimmte Standorte“ So könnte sie eine mögliche Alternative für „anmoorige und sumpfige forstliche „Problemstandorte“ darstellen, auf denen Schwarzerle unter Phytophthora¹⁵ leidet (siehe ebenso Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2023). Auch in Niederwäldern sowie auf wiedervernässten Niedermooren, bei denen keine Nutzungsaufgabe angestrebt wird, kann die Baumart in Zukunft eingesetzt werden (Müller-Kroehling, 2019a). Dabei wird sie laut Fenner (2022) besonders in Form von Moor-Birkenwäldern und Moor-Birkenmischwäldern in den Randbereichen von renaturierten Moorflächen ihren Lebensraum finden. Hier kann sie unter anderem als Windschutz dienen oder die Moorvegetation vor Austrocknung schützen (siehe z.B. Bretschneider, 2012 oder Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2023).

Wie in den vorangegangenen Kapiteln schon herausgearbeitet, wächst die **Kiefer** auf wassergesättigten Mooren nur eingeschränkt (Abbildung 5 und Tabelle 5). Dabei spielt nach Landgraf & Riek (2007) vor allem die Höhe des anstehenden Grundwassers eine maßgebliche Rolle (siehe auch Freléchoux et al., 2000 sowie Schwarz, 2010). Auswertungen der Autoren (siehe ebenso Landgraf, 2006) zeigen eine Abnahme des Höhenwachstums der Baumart mit zunehmendem Grundwasserstand (Zentrum: < 5 m, Übergangszone: 1 – 8 m, Randbereich: 8 – 11m).

Zu gleichen Ergebnissen kommen auch Schmid et al. (1995). Ihre Untersuchungen an Spirken (*Pinus rotundata* Link) in Hochmooren zeigen, dass das Höhenwachstum der Bäume vom nassen Moorbereich (ca. 6 m) bis zur weniger feuchten Randzone (ca. 15 m) deutlich zunahm. Entnommene Bohrkerne bestätigen diese Tendenz auch für das Dickenwachstum. Auf Entwässerungen reagierten die Bäume mit zunehmenden Jahrringbreiten. Dies bestätigen ebenso Untersuchungsergebnisse von Linderholm (1999) für Waldkiefern in Schweden.

Ähnliche Tendenzen zeigen dendrochronologische Untersuchungen an **Fichten**. So konnte unter anderem Schraffl (2010) feststellen, dass die Baumart an Hochmoorrandbereichen mit einem höheren Wachstum reagierte (mittlere Jahrringbreiten: Zentrum: 0,22 mm, Randbereich: 0,76 mm). Dies ist nach Aussage des Autors vor allem auf die verfügbare Sauerstoffkonzentration im Boden zurückzuführen (siehe auch Kapitel 3.3.2 sowie Kutschera & Lichtenegger, 2013).

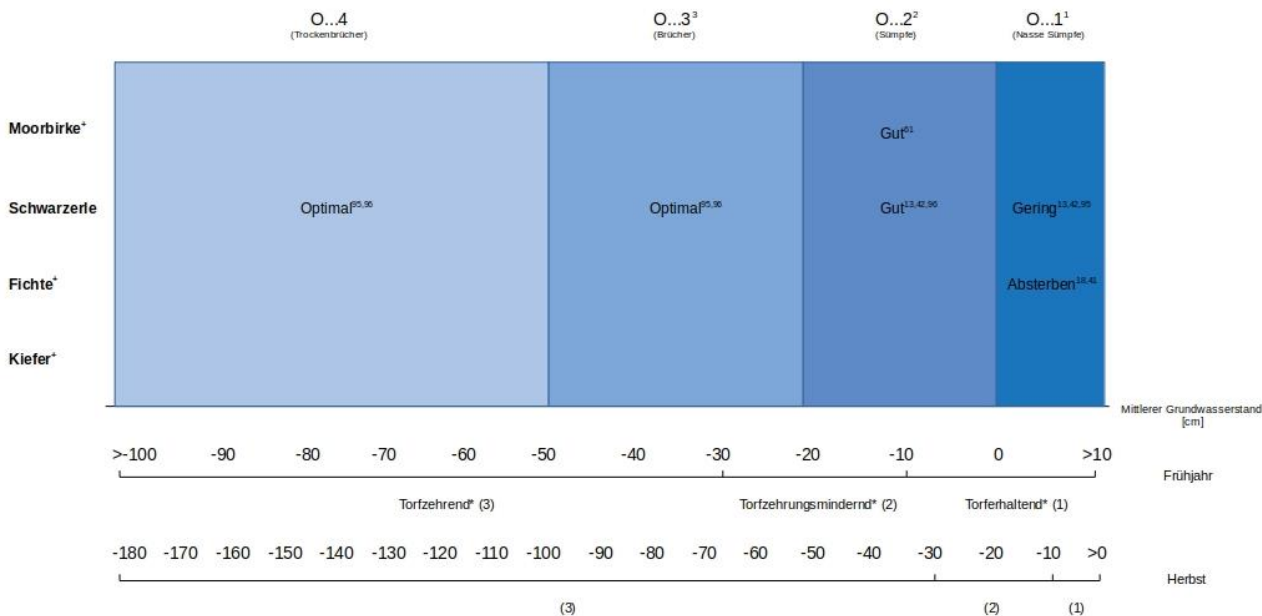
Auch Auswertungen von Grünig (1955) weisen darauf hin, dass Fichte auf entwässerten Flächen breitere Jahrringe ausbildet als auf unentwässerten Standorten. Dies deckt sich ebenso mit den Ergebnissen von Grauer (2000) und Burkhardt (2022) (siehe auch Kapitel 3.3.2), die in ihren Ausführungen aufzeigen, dass ein Anstieg des Grundwasserspiegels zu massiven Zuwachseinbrüchen oder sogar zum Absterben (bei einem Wasserstand von 5 - 10 cm unter Flur) der Fichte führt.

Das zeigen auch die vergleichenden Ergebnisse zum Vorratszuwachs in den Altersklassen 1 bis 120 Jahre für die Baumgattung Fichte im Rahmen der BWI (zehnjähriger Betrachtungszeitraum) (1 – 20 Jahre: MB: 73 m³ ha⁻¹, OB: 33 m³ ha⁻¹; 21 – 40 Jahre: MB: 203 m³ ha⁻¹, OB: 187 m³ ha⁻¹; 41 – 60 Jahre: MB: 204 m³ ha⁻¹, OB: 174 m³ ha⁻¹; 61 – 80 Jahre: MB: 153 m³ ha⁻¹, OB: 124 m³ ha⁻¹; 81 – 100 Jahre: MB: 136 m³ ha⁻¹, OB: 123 m³ ha⁻¹; 101 – 120 Jahre: MB: 118 m³ ha⁻¹, OB: 88 m³ ha⁻¹) (Tabelle 5).

¹⁵ Wurzelhalsfäule

Zu beiden letztgenannten Baumarten konnten keine klaren Handlungsempfehlungen in der Literatur gefunden werden. Aus den oben beschriebenen Zusammenhängen zwischen Standort, Wasserstand und Wachstum kann aber gefolgert werden, dass beide Baumarten für stark wasserbeeinflusste Standorte ungeeignet sind, da das Wachstum und die Stabilität der Baumarten auf solchen Standorten beeinträchtigt ist.

Abbildung 6: Wachstum der Baumarten innerhalb der Forstlichen Feuchtestufen des Bodens (O...Standorte)



¹ Ausgenommen der Grundwasserformen 12 und 22.

² Ausgenommen der Grundwasserform 13.

³ Ausgenommen der Grundwasserform 24.

+ Keine Informationen zum Wachstum der Baumart innerhalb der einzelnen Forstlichen Feuchtestufen vorhanden. Im Rahmen der Literaturrecherche zeigte sich allerdings, dass das Wachstum der Baumart vom nassen Moorzentrum zum trockeneren Moorrandbereich zunimmt.

* Die Einteilung der Kategorien erfolgte in Anlehnung an die Angaben von Abel et al. (2016, 2019).

Quelle: Eigene Darstellung

5 Fazit

Laut Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2022) sind in Deutschland etwa 300.000 ha Moorböden bewaldet. „Dabei handelt es sich sowohl um entwässerte Standorte mit forstlich genutzten Sekundärwaldgesellschaften als auch um sehr extensiv oder ungenutzte Moor- und Bruchwälder.“

Naturnahe Moor- und Bruchwälder können auf Grund ihrer Bedeutung für den Naturschutz (z.B. ausgewiesene Schutzgebiete oder geschützte Biotope nach BNatSchG) Nutzungsbeschränkungen unterliegen. Sie spielen für die Forstwirtschaft eine eher untergeordnete Rolle.

„Von weitaus größerer Bedeutung sind daher die bewirtschafteten Standorte auf entwässerten Mooren“, die „zu einer anhaltenden Torfzersetzung und zu hohen Treibhausgasemissionen aus diesen Böden führen“ (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, 2022).

Somit ist neben dem Schutz von intakten Mooren, vor allem die Wiederherstellung und nachhaltige Bewirtschaftung von entwässerten Moorböden von großer Bedeutung. Hierauf zielen auch die Ausführungen der Nationalen Moorschutzstrategie, die den politischen Rahmen für alle Aspekte des Moorschutzes auf Bundesebene für die nächsten Jahre vorgibt (www.bmu.de).

„Für die forstwirtschaftliche Bewirtschaftung von Moorböden“ wird unter anderem „ein torferhaltendes Management angestrebt“ (siehe Ziel a. in der Nationalen Moorschutzstrategie), welches nur mit einer dauerhaften vollständigen Wiedervernässung erreicht werden kann (siehe ebenso Institut für Ländliche Strukturforchung, 2021)¹⁶. Die forstliche Nutzung auf diesen Flächen muss den hydrologischen Verhältnissen dementsprechend angepasst werden (Institut für Ländliche Strukturforchung, 2021; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, 2022).

Mit Ausnahme der Schwarzerle ist keine andere Baumart für den Anbau auf vollständig wiedervernässten Mooren geeignet (Weidenarten nur eingeschränkt) (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz, 2009; Institut für Ländliche Strukturforchung, 2021; siehe ebenso Kapitel 4 und Abbildung 6).

Auch kann nur durch eine stufenweise Wasserspiegelanhebung über mehrere Jahre, die Gefahr des Absterbens von Baumbeständen in entwässerten Senken nach Grundwasseranhebungen vermindert werden, da sich erst dann die Wurzelsysteme verschiedener Baumarten an die veränderte Feuchte im Boden angepasst haben (Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg, 2016). Dies wäre über die Einführung von Zwischenstauzielen denkbar (Landgraf, 2022). Geringere Wasserstandserhebungen (torfzehrungsmindernde Bewirtschaftung) (Abbildung 6) würden hier zwar nur zu einer geringfügigeren Emissionsminderung führen, könnten aber das Wachstum der verschiedenen Baumarten aufrechterhalten (Abel et al., 2019).

„Ein Waldumbau zu Arten, die einen hohen Wasserstand (z.B. Erlen) vertragen“, ist mit „Wertverlust und Umbaukosten (wie Pflanzungen und Kultursicherung)“ verbunden (ZebraLog GmbH in Kooperation mit dem Institut für Ländliche Strukturforchung, 2021). Hierbei sollen „neu ausgerichtete Förderinstrumente“ die „Eigentümer von Wald auf wiedervernässten Moorböden“ unterstützen (siehe Ziel e. in der Nationalen Moorschutzstrategie).

Dies sollte vor allem für Privatwaldbesitzer einen Anreiz schaffen, da diese aktuell keine öffentliche Förderung erfahren (Institut für Ländliche Strukturforchung, 2021). Neben dem adäquaten Ausgleich für Ertragsverluste und Bewirtschaftungerschwernisse, sollte auch der Landtausch von unproduktiven in produktive

¹⁶ Nach Angaben von Landgraf (2022) geht man bis zu einem mittleren Sommerwasserstand von 10 cm unter Flur von Torfwachstum aus.

Waldmoorflächen nach Wiedervernässungsmaßnahmen als Alternative angeboten werden (Institut für Ländliche Strukturforchung, 2021).

6 Literaturverzeichnis

- (1) Aas, G. (2003): Die Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) – Dendrologische Anmerkungen. In: Beiträge zur Schwarzerle. LWF Wissen 42: 7-10.
- (2) Aas, G. (2017a): Die Fichte (*Picea abies*): Verwandtschaft, Morphologie und Ökologie. In: Beiträge zur Fichte. LWF Wissen 80: 13-19.
- (3) Aas, G. (2017b): Systematik, Verbreitung und Morphologie der Waldkiefer (*Pinus sylvestris*). In: Beiträge zur Waldkiefer. LWF Wissen 57: 7-11.
- (4) Abel, S.; Caspers, G.; Gall, B.; Gaudig, G.; Heinze, S.; Höper, H.; Joosten, H.; Landgraf, L.; Lange, G.; Luthardt, J.; Meissner, J.K.; Osterburg, B.; Padeken, K.; Philipp, H.-R.; Schröder, C.; Strassburger, T.; Tiemeyer, B.; Trepel, M.; van Leerdam, Allard; Wichmann, S.; Wichtman, W.; Wollesen, S. & J. Zeitz (2016): Diskussionspapier zur guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Moorbodennutzung. Telma 46: 155-174.
- (5) Abel, S.; Barthelmes, A.; Gaudig, G.; Joosten, H.; Nordt, A. & Peters, J. (2019): Klimaschutz auf Moorböden – Lösungsansätze und Best-Practice-Beispiele. Greifswalder Moor Centrum-Schriftenreihe 03/2019 (Selbstverlag, ISSN 2627-910X), 84 S.
- (6) Anadon-Rosell, A.; Schernweber, T.; von Arx, G.; Peters, R.L.; Smiljanic, M.; Weddell, S. & M. Wilmking (2022): Growth and Wood Trait Relationships of *Alnus glutinosa* in Peatland Forest Stands With Contrasting Water Regimes. Front. Plant Sci. 12: 788106.
- (7) Arbeitskreis Standortkartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung (2016): Forstliche Standortaufnahme: Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. 7. Auflage. IHW-Verlag, Eching bei München. 400 S.
- (8) Barthelmes, A. (2010): Vegetation dynamics and carbon sequestration of Holocene alder (*Alnus glutinosa*) carrs in NE Germany. Dissertation. Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald. 226 S.
- (9) Bauerochse, A., Caspers, G., Eckstein, J. & H.H. Leuschner (2006): Ergebnisse und Potenzial dendroökologischer Untersuchungen subfossiler Moorkiefern Nordwestdeutschland. Telma 38: 55-78.
- (10) Baumgart, A. (2013): Sommer-Hochwasser 2011 in der Nordvorpommerschen Waldlandschaft. AFZ-DerWald 18: 10.
- (11) Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2019): Praxishilfe Klima-Boden-Baumartenwahl. 109 S.
- (12) Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2023): Baum des Jahres 2023 – Die Moorbirke, <https://www.lwf.bayern.de/waldbau-bergwald/waldbau/317831/index.php> (17.01.2023).
- (13) Birr, F.; Kaiser, M.; Luthardt, V.; Närmann, F.; Oppermann, R.; Pfister, S. & Zeitz, J. (2021): Steckbriefe. In: Närmann, F. et al. (2021) – Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden. BfN-Skripten 616. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg. 342 S.
- (14) Borner, J. (2011): Wald/Forst auf organischen Nassstandorten in Brandenburg – Analyse der aktuellen Situation und Ableitung des Handlungsbedarfs – am Beispiel des Betriebsteils Eberswalde, Forst Brandenburg. Bachelorarbeit. Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde. 107 S.
- (15) Bretschneider, A. (2012): Die Bedeutung von Birken im Hochmoor. Telma 42: 137-146.
- (16) Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (2012): Potentiale und Ziele zum Moor- und Klimaschutz. 18 S.
- (17) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2022): Nationale Moorschutzstrategie. 57 S.
- (18) Burkhardt, V. (2022): Prognosen zu Auswirkungen der Revitalisierung eines Hochmoores im Erzgebirge auf dessen Fichtenbestand. Bachelorarbeit. Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde. 58 S.
- (19) Burschel, P. & J. Huss (2003): Grundriss des Waldbaus. 3. Auflage. Eugen Ulmer GmbH & Co. 487 S.

- (20) Cedro, A. & M. Lamentowicz (2008): The Last Hundred Years Dendroecology of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) on a Baltic Bog in Northern Poland: Human Impact and Hydrological Changes. *Baltic Forestry* 14(1): 26-33.
- (21) Cedro, A. & M. Lamentowicz (2011): Contrasting responses to environmental changes by pine (*Pinus sylvestris* L.) growing on peat and mineral soil: An example from a Polish Baltic bog. *Dendrochronologia* 29: 211-217.
- (22) Claessens, H.; Oosterbaan, A.; Savill, P. & J. Rondeux (2010): A review of the characteristics of Black Alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and their implications for silvicultural practices. *Forestry* 83(2): 1-17.
- (23) Daniels, J. (2001): Ausbreitung der Moorbirke (*Betula pubescens* Ehrh. agg.) in gestörten Hochmooren der Diepholzer Moorniederung. *Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen*, Band 27: 39-49.
- (24) Dannowski, R. & O. Dietrich (2006): Schwarzerlenbestockung in wiedervernässten Flusstalmooren Mecklenburg-Vorpommerns: Wasserverbrauch und hydrologische Standorteignung. *Telma* 36: 71-94.
- (25) Dengler, A.; Röhrig, E. & N. Bartsch (1992): *Waldbau auf ökologischer Grundlage*, Band 1: Der Wald als Vegetationsform und seine Bedeutung für den Menschen. 6. Auflage. Verlag Paul Parey. Hamburg und Berlin. 350 S.
- (26) Dolek, M.; Bräu, M. & C. Stettmer (2014): Wassermarsch! – Und alles wird gut im Moor!?! – Anliegen Natur 36(1): 82–89.
- (27) Drösler, M.; Adelman, W.; Augustin, J.; Bergman, L.; Beyer, C.; Chojnicki, B.; Förster, C.; Freibauer, A.; Giebels, M.; Görlitz, S.; Höper, H.; Kantelhardt, J.; Liebersbach, H.; Hahn-Schöfl, M.; Minke, M.; Petschow, U.; Pfadenhauer, J.; Schaller, L.; Schägner, P.; Sommer, M.; Thuille, A. & M. Wehrhan (2013): Klimaschutz durch Moorschutz. – Schlussbericht des BMBF-Vorhabens: Klimaschutz – Moornutzungsstrategien 2006–2010, 201 S.
- (28) Elferts, D.; Dauškane, I.; Ūsele, G. & A. Treimane (2011): Effect of water level and climatic factors on the radial growth of black alder. *Proceedings of the Latvian Academy of Science. Section B*, 65(5/6): 20–30.
- (29) Ellenberg H. & C. Leuschner (2010): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. 6. Auflage. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart. 1334 S.
- (30) Englisch, M. (2016): Wald und Wasser – ein (fast) ideales Paar. In: BFW Praxisinformation Wasser Wald (40): 3-5.
- (31) Eschenbach, C. (1995): *Zur Physiologie und Ökologie der Schwarzerle (Alnus glutinosa)*. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. 197 S.
- (32) Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (2020): *Standortsansprüche der wichtigsten Waldbaumarten, Empfehlungen für die Praxis*. 59 S.
- (33) Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (2021): *Leitfaden zur Auenwaldbewirtschaftung, Eigenschaften der Baumarten, Anbaueignung und Beispiele von Oberrhein und Donau*. 44 S.
- (34) Fenner, R. (2022): Die Moor-Birke – Baum des Jahres 2023. Flyer der Dr. Silvius Wodarz-Stiftung. www.baum-des-jahres.de, <https://baum-des-jahres.de/baum-des-jahres/> (06.03.2023).
- (35) Fischer C. & G. Leefken (2020): Zum Wachstum der Schwarzerle. *AFZ-DerWald* 5: 20-25.
- (36) Forstliche Versuchsanstalt Baden-Württemberg (2021): *Artensteckbriefe 2.0 – Alternative Baumarten im Klimawandel*. 247 S.
- (37) Freibauer, A.; Drösler, M.; Gensior, A. & E-D. Schulze (2009): Das Potenzial von Wäldern und Mooren für den Klimaschutz in Deutschland und auf globaler Ebene. *Natur und Landschaft* 84(1): 20-25.
- (38) Freléchoux, F.; Buttler, A.; Schweingruber F.H. & J.-M. Gobat (2000): Stand structure invasion, and growth dynamics of bog pine (*Pinus uncinata* var. *rotundata*) in relation to peat cutting and drainage in the Jura Mountains, Switzerland. *Can. J. For. Res.* 30: 1114-1126.
- (39) Gaudig, G.; Oehmke, C.; Abel, S. & C. Schröder (2014): Moornutzung neu gedacht: Paludikultur bringt zahlreiche Vorteile. *Anliegen Natur* 36(2): 67-74.
- (40) Glenz, C.; Schlaepfer, R.; Iorgulescu, I.; Kienast, F. (2006): Flooding tolerance of Central European tree and shrub species. *Forest Ecology and Management* 235: 1–13.

- (41) Grauer, A. (2000): Auswirkungen unterschiedlicher Moorwasserstände auf das Wachstum von Fichtenbeständen im Versuch EURACH 259. Diplomarbeit. Technische Universität München. 118 S.
- (42) Greifswald Moor Centrum (2016): Flyer Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) – Forstwirtschaft auf nassen Mooren.
- (43) Grünig, P.E. (1955): Über den Einfluss der Entwässerung auf die Flachmoorvegetation und auf den Zuwachs der Fichte und Bergföhre im Flyschgebiet der Voralpen. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Vers.wes., 31/2: 421-492.
- (44) Gulder, H.-J. (2017): Das Wurzelwerk der Fichte. In: Beiträge zur Fichte. LWF Wissen 80: 125-130.
- (45) Heinken, T. (2008): Die natürlichen Kiefernstandorte Deutschlands und ihre Gefährdung. In: Die Waldkiefer – Fachtagung zum Baum des Jahres 2007. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 2: 19-41.
- (46) Hibsich-Jetter, C. (1997): *Betula pubescens* EHRHART, 1791. Enzyklopädie der Holzgewächse 8: 1-16.
- (47) Hiege, W. (1985): Wasserhaushalt von Forsten und Wälder und der Einfluss des Wassers auf Wachstum und Gesundheit von Forsten und Wälder: eine Literaturstudie. Waterbeheer Natuur Bos en Landschap. 192 S.
- (48) Hofmann, G. (2003): Die Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.) in der Waldvegetation des ostdeutschen Tieflandes. In: Die Schwarzerle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.) im nordostdeutschen Tiefland. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band XVII: 19-38.
- (49) Hofmann, G. (2007): Die Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*) in der Vegetation des nordostdeutschen Tieflandes. In: Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland – Ökologie und Bewirtschaftung. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band XXXII: 41-53.
- (50) <https://bwi.info/> (14.06.2023).
- (51) <https://www.bmu.de/themen/naturschutz-artenvielfalt/naturschutz-biologische-vielfalt/moorschutz> (26.06.2023).
- (52) <https://www.wald.de/waldwissen/laubbaum-nadelbaum/nadelbaumarten/die-fichte-picea-abies-l/> (18.04.2023).
- (53) <https://www.wald-prinz.de/umtriebszeit-wie-lange-benotigt-ein-baum-bis-zur-hiebsreife/3697> (04.05.2023).
- (54) Hynynen, J.; Niemistö, P.; Viherä-Aarnio, A.; Brunner, A.; Hein, S. & P. Velling (2010): Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. Forestry 83(1): 103-119.
- (55) Institut für Ländliche Strukturforschung (2021): Grundlagen für eine Moorschutzstrategie der Bundesregierung. Endbericht zum gleichnamigen F+E-Vorhaben. 162 S.
- (56) Kätzel, R (2003): Zum physiologischen Anpassungspotenzial der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.) In: Die Schwarzerle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.) im nordostdeutschen Tiefland. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band XVII: 39-45.
- (57) Klemmt, H.-J.; Falk, W.; Reger, B.; Straub, C.; Seitz, R. & W. Stöger (2017): Die Fichte – aktuelle Vorkommen in Bayern und standörtliche Anbaueignung im Klimawandel. In: Beiträge zur Fichte. LWF Wissen 80: 26-34.
- (58) Klingenuß C. (2017): Bewaldete Moorböden – Pedogenese, Bodeneigenschaften und Aspekte des Kohlenstoffhaushalts. Dissertation Humboldt-Universität zu Berlin, 182 S.
- (59) Kokkonen, P. (1923): Beobachtungen über das Wurzelsystem der Kiefer in Moorböden. Acta Forestalia Fennica 25: 21 S.
- (60) Krahmer, M. (1943): Holzwuchs auf Moorböden. Reichsnährstandsverlag G.m.b.H., Berlin N4. 92 S.
- (61) Kriedemann, L. (2003): Vegetationsökologische Untersuchungen und ertragskundliche Erfassung der Moor-Birke (*Betula pubescens* EHRH.) im Verlandungszwischenmoor NSG „Ahlbecker Seegrund“. Diplomarbeit. Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde. 65 S.
- (62) Kutschera, L. & E. Lichtenegger (2013): Wurzelatlas mitteleuropäischer Waldbäume und Sträucher. 2. Auflage. Leopold Stocker Verlag, Graz. 604 S.

- (63) Laganis, J. (2007): Emergency Analysis of Black Alder (*Alnus glutionsa* (L.) Gaertn.) Floodplain Forest Growth. Dissertation. University of Nova Gorica. 175 p.
- (64) Landgraf, L. (2006): Zur Ökologie der Wuchsformen von *Pinus sylvestris* L. im Moosfenn bei Potsdam. Telma 36: 95-120.
- (65) Landgraf, L. & W. Riek (2007): Anpassung und Wachstum der Kiefer auf grundwasserbeeinflussten Standorten und Mooren. In: Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland – Ökologie und Bewirtschaftung. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band XXXII: 214-221.
- (66) Landgraf, L. (2022): Schrittweise Wasserspiegelanhebung in Mooren als effektive, flächenwirksame Maßnahme zum Erreichen der Pariser Klimaschutzziele in Norddeutschland. Telma 52: 155-174.
- (67) Linderholm, H.W. (1999): Climatic and anthropogenic influences on radial growth of Scots pine at Hanvedsmossen, a raised peat bog, in south central Sweden. Geogr. Ann. 81 A (1): 75-86.
- (68) Linke, C.; Wirner, M.; Koska, I.; Spangenberg, A.; Barthelmes, A. & A. Prager (2013): Bewirtschaftung von nassen Waldstandorten aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes. AFZ-DerWald 18: 17-19.
- (69) Lockow, K.W. (1994): Ertragstafel für Roterle (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) in Mecklenburg-Vorpommern. Eberswalde.
- (70) Lyr, H.; Fiedel, H.-J.; Tranquillini, W. (1992): Physiologie und Ökologie der Gehölze. Gustav Fischer Verlag Jena. 620 S.
- (71) Macher, C. (2008): Wenn Bäumen das Wasser bis zum Hals steht. Eine bayernweite Umfrage zur Hochwassertoleranz von Waldbäumen. LWF aktuell 66: 26-29.
- (72) Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz (2009): Konzept zum Schutz und zur Nutzung der Moore. Fortschreibung des Konzeptes zur Bestandessicherung und zur Entwicklung der Moore in Mecklenburg-Vorpommern (Moorschutzkonzept). 109 S.
- (73) Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern (2017): Umsetzung von Paludikultur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern. Fachstrategie zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Moorschutzkonzeptes. 98 S.
- (74) Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (2016): Moorschutz im brandenburgischen Wald. Flyer
- (75) Müller, J.; Lüttschwager, D. & S. Rust (2007): Zum Wasserhaushalt von Kiefernbeständen auf grundwasserfernen Sandstandorten des Norddeutschen Tieflandes. In: Die Kiefer im nordostdeutschen Tiefland – Ökologie und Bewirtschaftung. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band XXXII: 78-107.
- (76) Müller-Kroehling, S. (2017): Fichtenwälder in Bayern und ihre Biodiversität. In: Beiträge zur Fichte. LWF Wissen 80: 89-99.
- (77) Müller-Kroehling, S. (2019a): Birken in Mooren: Plädoyer für eine forstliche Neubewertung. AFZ-DerWald 4: 10-13.
- (78) Müller-Kroehling, S. (2019b): In Dubio pro Betula – Plädoyer für mehr Toleranz gegenüber der Moorbirke in Mooren. Anliegen Natur 41(1): 135-144.
- (79) Müller-Kroehling, S.; Schumacher, J. & S. Pratsch (2019): Beseitigung von Gehölzen in Mooren. Rechtliche und fachliche Aspekte. Naturschutz und Landschaftsplanung 51(06): 264-269.
- (80) Nagel R.-V. & A. Noltensmeier (2014): Waldbauliche Konzepte für Roterle und Birke. AFZ-DerWald 19: 11-14.
- (81) Neuß, R. & J. Schröder (2013): Mythos und Moor. AFZ-DerWald 18: 14-16.
- (82) Nordt, A.; Abel, S.; Hirschelmann, S.; Lechtape, C. & J. Neubert (2022): Leitfaden für die Umsetzung von Paludikultur. Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe 05: 144 S.

- (83) Oberrath, A.-M. (2019): Untersuchungen der Überflutungstoleranz ausgewählter Baumarten und zum Wachstum von Baumarten auf Nassstandorten in Mecklenburg-Vorpommern. Bachelorarbeit. Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde. Fachbereich für Wald und Umwelt. 66 S.
- (84) Paavilainen, E. & J. Pivänen (1995): Peatland Forestry: Ecology and Principles. Ecological Studies 111. 250 S.
- (85) Perala, D.A. & A.A. Alm (1990): Reproductive Ecology of Birch: A Review. Forest Ecology and Management 32: 1-38.
- (86) Pietzarka, U & A. Roloff (2000): *Alnus glutinosa* (L.) GAERTN., 1790. Enzyklopädie der Holzgewächse 19: 1-16.
- (87) Raspe, S. & L. Zimmermann (2008): Im „Dunst“ des Waldes. Wasserverbrauch des Waldes schwer messbar. BLW 39: 55-56.
- (88) Rehfuess, K.E. (1990): Waldböden – Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung. 2. Auflage. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. 294 S.
- (89) Renou-Wilson, F.; Pöllänen, M.; Byrne, K.; Wilson, D. & E.P. Farrell (2010): The potential of birch afforestation as an after-use option for industrial cutaway peatlands. Suo 61(3–4): 59–76.
- (90) Riedel, T.; Hennig, P.; Polley, H.; Schwitzgebel, F. (2020): Aufnahmeanweisung für die vierte Bundeswaldinventur (BWI 2022) (2021 – 2022). 1. Auflage, November 2020 (Version 1.11). Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), 119 S.
- (91) Roloff, A. (2008): Baum des Jahres 2007: die Waldkiefer (*Pinus sylvestris* L.) - Biologie, Ökologie, Verwendung, Schäden. In: Die Waldkiefer: Fachtagung zum Baum des Jahres 2007. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 2: 1-17.
- (92) Roloff, A. (2023): Baum des Jahres 2023: Die Moorbirke, AFZ-DerWald 4, https://www.digitalmagazin.de/marken/afz-derwald/hauptheft/2023-4/baumkunde/033_baum-des-jahres-2023-die-moorbirke (06.03.23).
- (93) Roloff, A. & U. Pietzarka (2003): Interessantes zur Biologie und Ökologie der Schwarzerle (*Alnus glutinosa* [L.] GAERTN.). Forst und Holz 58(9): 243-245.
- (94) Roßkopf, N.; Fell, H.; Zeitz J. (2015): Organic soils in Germany, their distribution and carbon stocks. Catena 133, 157-170.
- (95) Röhe, P. & J. Schröder (2010): Grundlagen und Empfehlungen für eine nachhaltige Bewirtschaftung der Roterle in Mecklenburg-Vorpommern. 49 S.
- (96) Schäfer, A.; Joosten, H. (Hrsg) (2005): Erlenaufforstung auf wiedervernässten Niedermooren – *Alnus*-Leitfaden. DUENE e.V., Greifswald, 68 S.
- (97) Schmid J., Bogenrieder, A. & F.H. Schweingruber (1995): Verjüngung und Wachstum von Moor-Kiefern (*Pinus rotundata* Link) und Fichten (*Picea abies* [L.] H. Karsten) in Mooren des südöstlichen Schwarzwaldes (Süddeutschland). Mitteilungen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft 70(2): 175-223.
- (98) Schmidt P.A. (2002): *Picea abies* L. (H) KARST., 1981. Enzyklopädie der Holzgewächse 28: 1-18.
- (99) Schmidt-Vogt, H. (1987): Die Fichte. Ein Handbuch in zwei Bänden. Band 1. 2. Auflage. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. 647 S.
- (100) Schraffl, F. (2010): Dendroökologische Untersuchungen zum Coniferenwachstum auf Moorstandorten im Alpenpark Karwendel. Bericht zu den Projekten U-20.509/184 und U-20.514/21. Leopold-Franzens-Universität Innsbruck. Biologische Fakultät. Institut für Botanik. 110 S.
- (101) Schütt, P & B. Stimm (2006): *Pinus sylvestris* L., 1753. Enzyklopädie der Holzgewächse 45: 1-32.
- (102) Schütt, P.; Schuck, H.J.; Stimm, B. (Hrsg) (2002): Lexikon der Baum- und Straucharten. Das Standardwerk der Forstbotanik. Sonderausgabe 2002. Nikol Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, Hamburg. 581 S.
- (103) Schwarz, B. (2010): Gehölzdynamik auf Hochmooren im Murnauer Moos unter besonderer Berücksichtigung der Moorkiefer (*Pinus rotundata* LINK). Diplomarbeit. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Fakultät Biologie. 161 S.

- (104) Sengbusch, v. P. (2002): Untersuchungen zur Ökologie von *Pinus rotundata* LINK (Moor-Kiefer) im Südschwarzwald. Dissertation. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Fakultät Biologie. 151 S.
- (105) Smiljanić, M. (2019): Growth responses of peatland pines - Can peatland Scots pines (*Pinus sylvestris*) be used as dendroecological proxies to peatland hydrology and environment? Dissertation. Universität Greifswald. Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät. 74 S.
- (106) Spellmann, H. (2008): Die Kiefer – ein Auslaufmodell? Beiträge für eine zielgerichtete Entwicklung. In: Die Waldkiefer: Fachtagung zum Baum des Jahres 2007. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 2: 63 – 78.
- (107) Štofkw, P. & M. Kodrálk (2008): Comparison of the root system architecture between windthrown and undamaged spruces growing in poorly drained sites. J. For. Sci. 54(4): 150-160.
- (108) Tiemeyer, B.; Freibauer, A.; Drösler, M.; Albiac-Borraz, E.; Augustin, J.; Bechtold, M.; Beetz, S.; Belting, S.; Bernrieder, M.; Beyer, C.; Eberl, J.; Eickenscheidt, T.; Fell, H.; Fiedler, S.; Förster, S.; Frahm, E.; Frank, S.; Giebels, M.; Glatzel, S.; Grünwald, T.; Heinichen, J.; Hoffmann, M.; Hommeltenberg, J.; Höper, H.; Laggner, A.; Leiber-Sauheitl, K.; Leppelt, T.; Metzger, C.; Peichl-Brak, M.; Röhling, S.; Roskopf, N.; Rötzer, T.; Sommer, M.; Wehrhan, M.; Werle, P.; Zeitz, J (2013): Klimarelevanz von Mooren und Anmooren in Deutschland: Ergebnisse aus dem Verbundprojekt „Organische Böden in der Emissionsberichterstattung“. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 18 p, Thünen Working Paper 15.
- (109) Umweltbundesamt (2023): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2023. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990-2021. 981 S.
- (110) Utschig H. (2003): Waldwachstumskundliche Charakterisierung der Schwarzerle (*Alnus glutinosa* (L.) GAERTNER) am Beispiel der Wuchsreihe Wasserburg 642. In: Beiträge zur Schwarzerle. LWF Wissen 42: 23-26.
- (111) Utschig, H.; Esper, M. & H. Pretzsch (2000): Ökologie und Wachstum der Schwarzerle. LWF aktuell 27: 30-33.
- (112) Vojtěch, L & I. Hazuková (2005): Growth response of downy birch (*Betula pubescens*) to moisture treatment at a cut-over peat bog in the Šumava Mts., Czech Republic. Ann. Bot. Fennici 42: 247–256.
- (113) Walentowski, H & J. Ewald (2003): Die Rolle der Schwarzerle in den Pflanzengesellschaften Mitteleuropas. In: Beiträge zur Schwarzerle. LWF Wissen 42: 11-19.
- (114) Walentowski, H; Kölling, C & J. Ewald (2007): Die Waldkiefer – bereit für den Klimawandel? In: Beiträge zur Waldkiefer. LWF Wissen 57: 37-46.
- (115) Wichtmann, W.; Schröder, C. & H. Joosten (Hrsg.) (2016): Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz – Biodiversität – regionale Wertschöpfung. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart. 272 S.
- (116) ZebraLog GmbH in Kooperation mit dem Institut für Ländliche Strukturforchung (2021): Abschlussbericht Stakeholder-Veranstaltung zum Diskussionspapier für die Moorschutzstrategie der Bundesregierung. 51 S.
- (117) Zimmermann, L.; Raspe, S.; Schulz, C. & W. Grimmeisen (2008): Wasserverbrauch von Wäldern. Bäume und Bestände verdunsten unterschiedlich stark. LWF aktuell 66: 16-20.

Bibliografische Information:
Die Deutsche Nationalbibliothek
verzeichnet diese Publikationen in
der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten
sind im Internet unter
www.dnb.de abrufbar.

Bibliographic information:
The Deutsche Nationalbibliothek
(German National Library) lists this
publication in the German National
Bibliographie; detailed bibliographic
data is available on the Internet at
www.dnb.de

Bereits in dieser Reihe erschienene
Bände finden Sie im Internet unter
www.thuenen.de

Volumes already published in this
series are available on the Internet at
www.thuenen.de

Zitationsvorschlag – Suggested source citation:
Dunger S, Dunger K, Oertel C, Wellbrock N (2023) Handlungsempfehlungen und
Baumarteneignung auf organischen Böden: Ergebnisse aus dem Projekt
MoorWald. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen Institut, 36 p, Thünen
Working Paper 221, DOI:10.3220/WP1694000648000

Die Verantwortung für die Inhalte
liegt bei den jeweiligen Verfassern
bzw. Verfasserinnen.

The respective authors are
responsible for the content of
their publications.



Thünen Working Paper 221

Herausgeber/Redaktionsanschrift – *Editor/address*

Johann Heinrich von Thünen-Institut

Bundesallee 50

38116 Braunschweig

Germany

thuenen-working-paper@thuenen.de

www.thuenen.de

DOI:10.3220/WP1694000648000

urn:nbn:de:gbv:253-202309-dn066786-7