



nature connect

Waldmoore in Schleswig-Holstein

Aktueller Zustand und Entwicklungsmöglichkeiten



Im Auftrag der Stiftung Naturschutz



Auftraggeber

Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein
Eschenbrook 4
24113 Molfsee

Auftragnehmer:

NatureConnect GmbH
Wissenschaftspark
Einsteinstraße 1
24118 Kiel
www.natureconnect.eco
E-Mail: info@natureconnect.eco
Telefon: +49 431 363 057-0

Bearbeitung:

Joachim Schrautzer
Tjark Martens
Alwin Klick
Jann Wendt

Umschlaggestaltung:

Colin Reitz
Titelbild: Erlenbruchwald im Biosphärenreservat Schaalsee
(Foto: Joachim Schrautzer)

Vorstudie im Rahmen des Programmes zum biologischen
Klimaschutz des Landes Schleswig-Holstein

Kiel, März 2021

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	4
1 Anlass und Zielsetzung	5
2 Datengrundlagen und ihre Verarbeitung	7
3 Bilanzierung der Klimawirkung von Mooren	9
3.1 Grundlagen	9
3.2 Klimabilanzen von Waldmooren	10
3.3 Eigenes Vorgehen	11
4 Ergebnisse	15
4.1 Charakterisierung und Verbreitung der Waldmoore Schleswig-Holsteins	15
4.2 Aufteilung der Waldmoore nach Eigentumsverhältnissen	17
4.3 Klimabilanzen und Einsparungspotenziale	18
4.4 Beurteilung des Naturschutzwertes	20
5 Rahmenbedingungen und Handlungsanweisungen für die Umsetzung	22
5.1 Phase I (Flächenauswahl)	23
5.2 Phase II (Ist-Zustand-Analyse)	23
5.3 Phase III (Planung/Umsetzung)	25
5.4 Phase IV (Erfolgskontrolle)	25
6 Vorschläge für Schwerpunkträume	27
6.1 Schwerpunktraum Eutin	27
6.2 Schwerpunktraum Westensee	28
6.3 Schwerpunktraum Glücksburg	28
7 Potenzielle Pilotprojekte	32
7.1 Hasenmoor bei Felde	32
7.2 Waldgebiet Sandfeld nahe Eutin (Abt. 710 der Landesforsten)	32
7.3 Waldgebiet Nienkattbek	37
8 Schlussfolgerungen und Ausblick	41
Literatur	43

Kurzfassung

Die vorliegende Studie befasst sich mit den Waldmooren in Schleswig-Holstein. Sie liefert die fachlichen Grundlagen für die Integration eines nachhaltigen Waldmoormanagements in das Landesprogramm zum biologischen Klimaschutz der Landesregierung Schleswig-Holsteins. Auf der Grundlage einer landesweiten Analyse der aktuellen Klimawirksamkeit dieser Ökosysteme werden Potenziale für eine effektive Reduktion von Spurengasausträgen durch Vernässungsmaßnahmen und die Förderung standortgerechter Gehölze abgeleitet.

Waldmoore nehmen in Schleswig-Holstein eine Gesamtfläche von ca. 15.000 Hektar (ha) ein. Das sind ca. 12 % der landesweiten Moorfläche und ca. 9 % der gesamten Waldfläche. Der Schwerpunkt der Waldmoorverbreitung liegt im Östlichen Hügelland. Der überwiegende Anteil der Waldmoore ist entwässert und weist eine ungünstige Klimabilanz auf. Außerdem befinden sich diese Ökosysteme naturschutzfachlich in einem schlechten bis sehr schlechten Zustand. Die Entwässerung führt je nach Bilanzierungsansatz zu einer Freisetzung von 304.000 bis 357.000 Tonnen Kohlenstoffdioxid-Äquivalenten pro Jahr ($\text{t CO}_2\text{eq. a}^{-1}$). Durch ein nachhaltiges Waldmoormanagement können davon etwa 230.000 bis 280.000 $\text{t CO}_2\text{eq. a}^{-1}$ (maximal 80 %) eingespart werden. Damit kann potenziell mindestens ein Drittel der im Landesprogramm zum biologischen Klimaschutz bis 2030 anvisierten Einsparung von klimarelevanten Spurengasen ($700.000 \text{ t CO}_2\text{eq. a}^{-1}$) realisiert werden.

Auch die von einer Vernässung von Waldmooren ausgehenden biotischen Entwicklungspotenziale sind als hoch einzustufen. Für die Umsetzung des Programmes werden folgende drei Schwerpunkträume im Östlichen Hügelland Schleswig-Holsteins vorgeschlagen: „Eutin und Umgebung“, „Westensee und Umgebung“, „Glücksburg“. Grundsätzlich bestehen aber auch hohe Umsetzungspotenziale in Teilbereichen der Hohen Geest und Vorgeest.

Die Studie entwickelt einen Leitfaden für die Auswahl geeigneter Projektgebiete in Schleswig-Holstein und das sukzessive Vorgehen in konkret ausgewählten Waldmooren von der Ist-Zustand-Analyse über die Planung bis zur Umsetzung von Managementmaßnah-

men. Um die eingesetzten Ressourcen politisch vertreten zu können, werden außerdem Vorschläge für die dazu notwendige Erfolgskontrolle (Monitoring) gegeben. Abschließend werden potenzielle Projektgebiete aus den Flächenkulissen der Landesforsten und der Stiftung Naturschutz vorgestellt.

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass die Umsetzung eines zielgerichteten Waldmoormanagements mit entsprechend hoher Flächenwirkung administrativ eine Mammutaufgabe darstellt. Die Absicht der Landesforsten und der Stiftung Naturschutz, im Rahmen einer Kooperation hierfür die Vorreiterrolle zu übernehmen, ist ein starkes politisches Signal für den Klima- und Naturschutz in Schleswig-Holstein.

1 Anlass und Zielsetzung

Moore sind faszinierende Lebensräume, die im ungenutzten Zustand eine Vielzahl von Ökosystemfunktionen erfüllen und eine erhebliche Rolle für das Klima spielen. Sie sind unersetzliche Lebensstätten für zahlreiche hoch spezialisierte Pflanzen- und Tierarten. Aufgrund ihrer Fähigkeit, Kohlenstoff und Nährstoffe langfristig in Form von Torf zu binden, gelten sie als „Senken“ im Landschaftsstoffhaushalt. Ihr hohes Wasserspeichervermögen versetzt sie zudem in die Lage, auf unterschiedlichen räumlichen Maßstabsebenen ausgleichend auf das Klima zu wirken. Sie sind über unterschiedliche hydrologische Fließwege mit ihrer Umgebung verbunden und können über hydrochemische Transformationsprozesse die Konzentration einströmender Nähr- und Schadstoffe reduzieren und tragen damit potenziell zur Verbesserung der Wasserqualität bei. Durch ihre Kultivierung und anschließende Nutzung haben sich die Eigenschaften und Funktionen von Mooren grundlegend verändert. Dies kommt im Verlust der charakteristischen Biodiversität, einem veränderten Wasser- und Stoffhaushalt sowie einer veränderten Bodenstruktur zum Ausdruck. Aus Senken im Landschaftshaushalt werden Quellen, die mit erhöhten Stoffausträgen die Atmosphäre und Gewässer belasten (Joosten und Clarke 2002; Schrautzer 2004; Trepel 2008; Grootjans et al. 2012).

Moore sind bereits seit Jahrzehnten in Deutschland und darüber hinaus auch in großen Teilen Europas Gegenstand der Naturschutzpolitik. Die Aktivitäten konzentrierten sich in ihren Anfängen in den 1970er- und 1980er-Jahren auf den Schutz noch naturnaher Moore beziehungsweise deren Entwicklung aus degradierbaren Stadien. In Niedersachsen und Schleswig-Holstein fokussierte man dabei zunächst auf den Schutz und die Entwicklung von Hochmooren (z.B. das Niedersächsische Moorschutzprogramm von 1981; in den 1970er-Jahren mehrere Renaturierungsmaßnahmen in Hochmooren Schleswig-Holsteins, zitiert in LLUR 2015). Seit dem Übereinkommen über die biologische Vielfalt (CBD) im Jahr 1992 und vor dem Hintergrund der aktuell in der Umweltpolitik stark gestiegenen Bedeutung des Klimaschutzes sind die Funktionen von Mooren zu einem international relevanten politischen Thema geworden. Die Bundesrepublik Deutschland

trägt dieser Entwicklung aktuell mit der Erarbeitung einer Moorschutzstrategie Rechnung.

Schleswig-Holstein gehört zu den moorreichen Bundesländern. Etwa 8 % der Landesfläche (128.000 ha) besteht aktuell aus Moorböden, wobei der Anteil an Niedermooren mit 78 % gegenüber jenem an Hochmooren (22 %) überwiegt (LLUR 2015). Einer Flächenstatistik zufolge (Martens et al. o.D.) werden von der gesamten Moorfläche ca. 60 % überwiegend intensiv als Acker oder Grünland genutzt. An der jährlichen Emission klimarelevanter Spurengase aller Moore von ca. 2,8 Mio. t CO₂-Äquivalenten haben diese Flächen mit 2,05 Mio. t CO₂-Äquivalenten einen Anteil von 73 %. Bei der hier durchgeführten Auswertung wurde auch deutlich, dass der Flächenanteil von *Waldmooren* mit ca. 15.000 ha (etwa 12 % der gesamten Moorfläche) nicht unerheblich ist. Der in dieser Studie verwendete Term „Waldmoor“ stützt sich dabei auf die von Hasch et al. 2007 veröffentlichte Definition:

Waldmoore sind alle mit dem Wald verbundenen gehölzbestandenen und gehölzfreien Moore, deren Wasserhaushalt entscheidend durch ein überwiegend bewaldetes Einzugsgebiet geprägt ist.

Bundesweit werden ca. 300.000 ha Moorböden forstwirtschaftlich genutzt. Viele dieser Flächen sind mehr oder weniger stark entwässert und gelten demzufolge als Nährstoffquellen mit einer negativen Klimabilanz. Grundsätzlich kommt daher ihrer Restitution durch Vernässung nicht nur aus Klimaschutzgründen eine potenzielle Bedeutung zu. Auch der dadurch verbesserte Wasserrückhalt in Wäldern sollte sich positiv auf den Erhalt und die Entwicklung von angrenzenden Baumbeständen auswirken (BMU 2020).

Das Standortsspektrum und die damit verknüpften Biozönosen dieser Ökosysteme sind in Abhängigkeit von der Art der Moorbildung und der Intensität des anthropogenen Einflusses außerordentlich vielfältig. Dies kommt auch durch die zahlreichen bei der aktuellen Biotopkartierung differenzierten Einheiten zum Ausdruck (LLUR 2020). Weitgehend Unklarheit besteht jedoch im Hinblick auf die Relevanz der Waldmoore für die aktuellen Bestrebungen der Landesregierung,

die Klimabilanz Schleswig-Holsteins durch gezieltes Moormanagement zu verbessern. Das am 22.01.2020 vom Umweltminister offiziell angekündigte Landesprogramm zum biologischen Klimaschutz (BIK) baut auf dem bereits seit 2011 bestehenden Moorschutzprogramm (Bretschneider 2012) auf und ergänzt dieses unter anderem durch die explizit erwähnte Förderung „natürlicher Moorwälder“ als Entwicklungsziel. Man verspricht sich von dieser Erweiterung ein hohes Erfolgspotenzial, weil

- die Degradierung der Waldmoore im Vergleich zu intensiv als Acker oder Grünland genutzten Moorökosystemen in vielen Fällen noch nicht so weit fortgeschritten ist.
- die Entwässerungssysteme in der Regel überschaubar und die Auswirkungen von Vernäsungsmaßnahmen vergleichsweise gut abschätzbar sind.
- aufgrund der ungünstigen Standortbedingungen viele Waldmoore wirtschaftlich von geringerem Interesse sind und demzufolge weniger Nutzungskonflikte zu erwarten sind.

Die Schleswig-Holsteinischen Landesforsten (SHLF) und die Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein (SNSH) haben sich als bedeutende Eigentümer von Waldflächen entschlossen, dieses Ziel gemeinsam zu verfolgen und hierfür einen Kooperationsvertrag geschlossen. Beide Institutionen beabsichtigen, noch im Jahr 2021 zunächst Waldflächen als Pilotprojekte für ein nachhaltiges Moorwaldmanagement zur Verfügung zu stellen. Als Grundlage für die Umsetzung dieser Aktivitäten hat die Stiftung Naturschutz die vorliegende Studie beauftragt, die

- eine Übersicht über den aktuellen Zustand der Waldmoore Schleswig-Holsteins bezüglich ihrer Klimarelevanz und ihres Naturschutzwertes gibt.
- Potenziale für die landesweite Reduktion von klimarelevanten Gasen durch Waldmoormanagement definiert.
- die Bedeutung der Flächen der Landesforsten, der Stiftung Naturschutz sowie der überwiegend im Privatbesitz befindlichen „Restwälder“ für ein nachhaltiges Moormanagement herausarbeitet.
- Grundlagen für die Planung und Umsetzung von Waldmoorprojekten aufzeigt.

- Schwerpunkträume mit einer hohen Waldmoordichte und guten Voraussetzungen für eine Umsetzung vorschlägt.
- die Rahmenbedingungen potenzieller Pilotprojekte analysiert.

2 Datengrundlagen und ihre Verarbeitung

Für die Ermittlung der Flächenanteile von Wäldern auf Moorboden in Schleswig-Holstein wurde zunächst die aktuelle Moorbodenverbreitung in Schleswig-Holstein als Grundlage für alle weiteren Auswertungsschritte verwendet (LLUR 2015). Es wurden nur Böden mit einer Torfauflage von mindestens 30 cm in der Auswertung berücksichtigt (Ad-hoc-AG Boden 2007). Die Moorbodenverbreitung liefert landesweit Informationen über unter anderem die Torfmächtigkeit (cm), die Naturraumeinheit (Marsch, Geest, Vorgeest, Östliches Hügelland) und die Torfart (Hochmoor/Niedermoor) auf einem sehr kleinskaligen Niveau. Für die Moorbodenkarte wurden Daten der Reichsbodenschätzung, der forstlichen Standortkartierung und Bodenprofilaufnahmen für die Bodenübersichtskarten (BUEK) verwendet.

Um diese Daten nur auf Waldflächen beziehen zu können, wurden zunächst die Waldflächen des digitalen Landschaftsmodells ATKIS herangezogen und mit der Moorbodenverbreitung verschnitten. In den ATKIS-Informationen sind die Waldflächen jedoch nicht näher beschrieben, sodass mit diesen Informationen einzig Wald auf Moorboden detektiert werden konnte. Um für möglichst viele Waldflächen auf Moorböden genauere Informationen zu erhalten, wurden zudem die Biotoptypen der FFH-Kartierung (2007-2012) sowie der aktuelle Stand der landesweiten Biotopkartierung (2014-2019; Stand Februar 2020) verwendet. Der Fokus der Vorstudie lag auf den Waldflächen auf Moorboden, aus diesem Grund wurden aus den beiden Kartierungen nur die Waldbiotope für die Auswertung herangezogen. Offenlandbiotope innerhalb von Waldflächen wurden für die Auswertung nicht berücksichtigt, außerdem wurden die sekundären Moorbirkenwälder (Biototyp MDb) nicht einbezogen. Der Grund hierfür ist, dass die sekundären Moorbirkenwälder degradierte Sukzessionsstadien von eigentlich baumfreien Moorökosystemen darstellen und somit nicht als Waldbiotope zu betrachten sind.

Da die Schleswig-Holsteinischen Landesforsten und die Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein Kooperationspartner sind, wurden für diese Institutionen einzelne Auswertungen ihrer Waldflächen auf Moorböden angefertigt. Bei diesen Auswertungen wurden die

genannten Auswertungsschritte auf die Eigentumsverhältnisse der SNSH und der SHLF angewendet. Auf diese Weise sind neben der SH-weiten Kulisse drei weitere Eigentumsebenen entstanden. 1. Eigentum der SHLF, 2. Eigentum der SNSH und der sog. „Privatwald“. Für die Flächen der Landesforsten lagen zusätzlich flächendeckend Informationen der forstlichen Standortkartierung Schleswig-Holstein sowie Informationen zu Naturwaldflächen vor. Die forstliche Standortkartierung beinhaltet zum einen die Information, ob eine Fläche eine Torfauflage von mehr als 30 cm aufweist und somit als „Moor“ zu bezeichnen ist, sowie Informationen zu der Torfmächtigkeit (in Klassen) und zum Grundwasserflurabstand (in Klassen) einer Fläche. Diese Informationen wurden bei der Einzelauswertung der Wälder auf Moorboden der SHLF in die Auswertung einbezogen.

Alle Daten lagen landesweit in Form von flächenhaften Vektordaten (Shapefiles) vor und konnten mit geografischen Informationssystemen verarbeitet werden. Ausgangspunkt für alle Auswertungsschritte war die Moorbodenverbreitung Schleswig-Holstein, alle weiteren Auswertungsschritte bauen darauf auf.

Die Moorbodenverbreitung (Shapefile) wurde in der Folge mit weiteren flächenhaften Vektordaten (ebenefalls Shapefiles) ergänzt. Die Vorgehensweise folgte stets dem gleichen Muster. Die neuen Informationen wurden im geografischen Informationssystem mit den bereits vorliegenden Informationen verschnitten. Dies bedeutet, dass sobald sich die Moorbodenverbreitung und eine weitere Information in einem Bereich überschneiden, die weitere Information der Moorbodenverbreitung hinzugefügt wird. Somit enthält die Datengrundlage nach der Verschneidung die ursprüngliche Information sowie die neue zu ergänzende Information. Bei jeder Erweiterung der Datengrundlage wurde darauf geachtet, dass keine Informationen doppelt vorliegen, da sonst die gesamte Statistik verfälscht würde.

Zunächst wurden mit Hilfe des digitalen Landschaftsmodells ATKIS, in welchem die Information für die forstwirtschaftliche Nutzfläche (Waldfläche Schleswig-Holstein) vorhanden ist, alle Waldflächen auf Moorboden ermittelt. Anschließend wurde der aktuelle Stand der landesweiten Biotoptypenkartierung

2014-2019 (Stand Februar 2020) ergänzt, es wurden hierbei einzig die Waldbiotoptypen hinzugefügt. Abschließend wurden die Ergebnisse der FFH-Kartierung 2007 bis 2012 zu der Datengrundlage hinzugefügt. Die Eigentumsflächen der Kooperationspartner SHLF und SNSH lagen in Form von Vektordaten vor, sodass diese mit der Datengrundlage verglichen werden konnten und die Auswertung für die Projektpartner separat durchgeführt werden konnte.

3 Bilanzierung der Klimawirkung von Mooren

3.1 Grundlagen

Aufgrund ihrer hohen Kohlenstoffvorräte sind Moore strategisch hervorragend für die Eindämmung der Folgen des Klimawandels geeignet. Obwohl Moorböden weltweit nur etwa 3 % der Landoberfläche einnehmen, speichern sie etwa ein Drittel des insgesamt in Böden gebundenen Kohlenstoffs (Joosten und Clarke 2002). Entwässerte Moore emittieren dagegen jährlich ca. 2 Gigatonnen (Gt) CO_2 durch oxidativen mikrobiellen Abbau der Torfe. Das sind annähernd 5 % der weltweit anthropogen verursachten Treibhausgasemissionen, und das geschieht auf nur 0,3 % der globalen Landoberfläche (Joosten 2016). An entwässerten und wechselfeuchten Moorstandorten wird darüber hinaus auch Lachgas (N_2O) als Zwischenprodukt der Denitrifikation freigesetzt, wobei erhöhte Freisetzungen dieses Spurengases vor allem nach Düngungsereignissen erfolgen. Auf der anderen Seite emittieren natürliche Moore das ebenfalls klimarelevante Methan (CH_4), ein Prozess, der bei der Wiedervernässung degradierter Moore reaktiviert wird (Hahn-Schöfl et al. 2011; Zak et al. 2015).

Um die Klimarelevanz von Ökosystemen beurteilen zu können, muss das Freisetzungspotenzial aller drei aufgeführten Spurengase berücksichtigt und zueinander in Beziehung gesetzt werden. Grundsätzlich haben Methan und Lachgas gegenüber Kohlenstoffdioxid ein um ein Mehrfaches erhöhtes Erwärmungspotenzial. Nach Myhre et al. 2013 beträgt dieses über einen Zeithorizont von 100 Jahren für 1 kg Methan (CH_4) 28 kg CO_2 und für 1 kg Lachgas (N_2O) 265 kg CO_2 . Das Globale Erwärmungspotenzial (Global Warming Potential = GWP) ergibt sich aus der Summe der aufsummierten CO_2 -Mengen unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Erwärmungspotenziale der Spurengase und wird folglich als CO_2 -Äquivalent in $\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ausgedrückt.

Aus Abbildung 3.1 wird deutlich, dass Moore mit ungestörtem Wasserhaushalt als klimaneutral oder THG-Senke einzustufen sind. Letzteres ist dann der Fall, wenn die Kohlenstoffspeicherung über Torfbildung die natürliche Methangasemission in ihrer Wirksamkeit übersteigt. Entwässerte Moore sind dagegen auf-

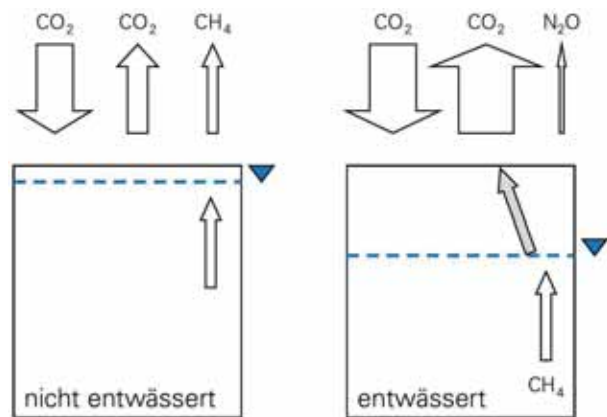


Abbildung 3.1: Vereinfachte Darstellung der Emissionen klimarelevanter Spurengase aus nicht entwässerten und entwässerten Moorböden. Die blau gestrichelte Linie zeigt den abgesenkten Wasserstand, der graue Pfeil die Oxidation des unter anaeroben Bedingungen gebildeten Methans zu Kohlenstoffdioxid (aus Trepel 2008).

grund der durch Belüftung der Böden erhöhten CO_2 -Freisetzung als klimaschädlich zu beurteilen. Grundsätzlich ist das GWP von Moorböden in erster Linie von den vorherrschenden hydrologischen Bedingungen abhängig.

Für ein nachhaltiges klimaschonendes Moormanagement können aus Abbildung 3.2 näherungsweise Zielwasserstände abgeleitet werden. Die niedrigsten GWPs sind demnach bei Wasserständen nahe der Bodenoberfläche zu erwarten. Bei Wiedervernässung stark degradierter Moore mit Wasserständen über der Bodenoberfläche können dagegen zumindest kurzfristig stark erhöhte Methangas-Emissionen auftreten (Hahn et al. 2015; Kandel et al. 2019). Ursache sind die in der Regel noch im System vorhandenen leicht abbaubaren Kohlenstoffverbindungen. Ergebnisse zahlreicher Studien belegen allerdings, dass in der Summe die durch Vernässung freigesetzten CH_4 -Mengen durch die Reduktion der CO_2 -Freisetzung bei Weitem überkompensiert wird (Trepel 2008; Wilson et al. 2016; Tiemeyer et al. 2020). Ein weiterer Grund für die Befürwortung und möglichst rasche Umsetzung von Vernässungsmaßnahmen ist die Verweilzeit der klimarelevanten Spurengase in der Atmosphäre. Während Kohlenstoffdioxid und Lachgas lange in der Atmosphä-

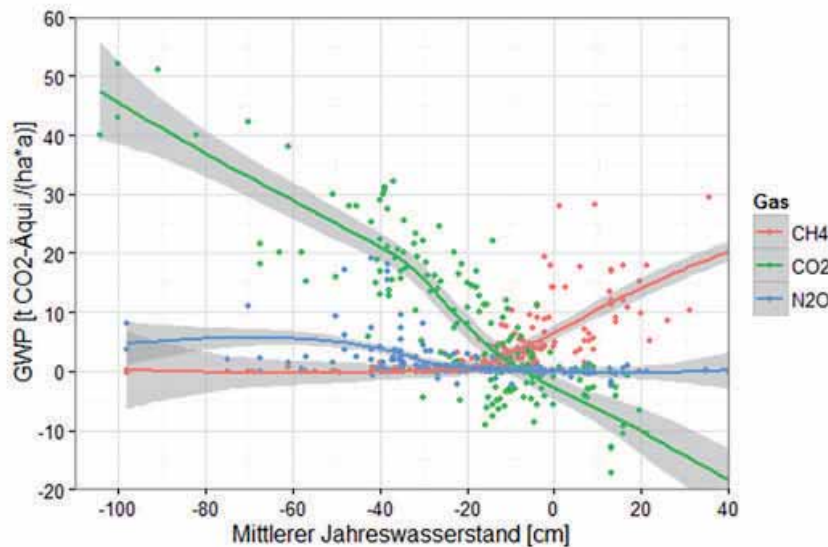


Abbildung 3.2: Abhängigkeit des Globalen Erwärmungspotenzials (GWP) der klimarelevanten Spurengase vom mittleren Wasserstand (aus Reichelt 2015).

re verweilen und sich im Laufe der Zeit aufsummieren, hat Methan eine weit kürzere Verweilzeit, und es stellt sich nach dem ersten Peak nach Vernässung ein Gleichgewicht zwischen Freisetzung und Zerfall ein (Günther et al. 2020).

Für die Beurteilung der Klimawirksamkeit von entwässerten Mooren ist abschließend von Bedeutung, dass die Torfmineralisation über eine gewisse Entwässerungstiefe sehr wahrscheinlich nicht mehr ansteigt (Tiemeyer et al. 2020). Aus Abbildung 3.3 geht hervor, dass dieser Sättigungspunkt etwa bei mittleren Wasserständen von 60 cm unter Flur einsetzt. Dieser Wert stimmt exakt überein mit dem Wert, den Ojanen und Minkkinen 2019 für die CO_2 -Freisetzung in borealen, für die Forstwirtschaft vorgesehenen entwässerten Mooren ermittelten.

3.2 Klimabilanzen von Waldmooren

Eine Grundlage für die flächenhafte Bilanzierung von Offenlandökosystemen in Mooregebieten ist das von Couwenberg et al. 2008, beziehungsweise Couwenberg 2011 entwickelte GEST-Modell (TreibhausGas-Emissions-Standort-Typ). Das Verfahren beruht auf einem klassischen phytözologischen Ansatz zur Indikation der Standortbedingungen. Auf der Grundlage von Koinzidenzen zwischen der Vegetationszusammensetzung und den mittleren jährlichen Grundwasserständen (Scholle und Schrautzer 1993; Koska et al. 2001) werden den Vegetationstypen jährliche Emis-

sionswerte für Methan und Kohlenstoffdioxid zugeordnet. Das GEST-Verfahren berücksichtigt nicht die Lachgas-Emissionen, weil bislang statistisch abgesicherte, als Proxy für Lachgasflüsse von Böden geeignete Parameter fehlen (Trepel 2008). Das anfänglich teilweise auf Schätzungen basierende Modell wird ständig durch die Einbeziehung neuer Untersuchungsergebnisse zu den Spurengasflüssen in Mooren aktualisiert (z.B. Joosten, Brust et al. 2013; Reichelt 2015). Dennoch bleibt festzuhalten, dass die Beurteilung der Klimarelevanz von bewaldeten Mooren aktuell aufgrund der methodisch schwer zu erfassenden Spurengasflüsse in diesen Systemen noch mit großen Unsicherheiten behaftet ist und größtenteils nach wie vor nur auf Schätzungen beruht. Waldmoore werden daher im Konzept „Moorfutures“ (Joosten, Brust et al. 2013) aktuell noch nicht berücksichtigt.

Erste Ansätze zur Kalkulation der Klimarelevanz von Waldmooren, sog. „Wald-GESTs“, beruhen daher auf der getrennten Betrachtung einzelner Ökosystemkompartimente (Spangenberg 2011). Für das Teilsystem Boden/Krautschichtvegetation werden dabei die GEST-Typen von Offenlandstandorten herangezogen, für das Teilsystem Gehölzvegetation die Biomassezuwachsdaten. So werden für sehr feuchte, eutrophe Wälder auf Torfböden (Wasserstufe 4+) von $7,5 \text{ t CO}_2\text{eq. ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ und für nasse Wälder auf Torfböden (Wasserstufe 5+) $5,5 \text{ t CO}_2\text{eq. ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ veranschlagt (Spangenberg 2011). Eine Übertragung von an Offenlandstandorten über geschlossene Kammern ermittelten Klimabilanzen auf ungenutzte Waldstand-

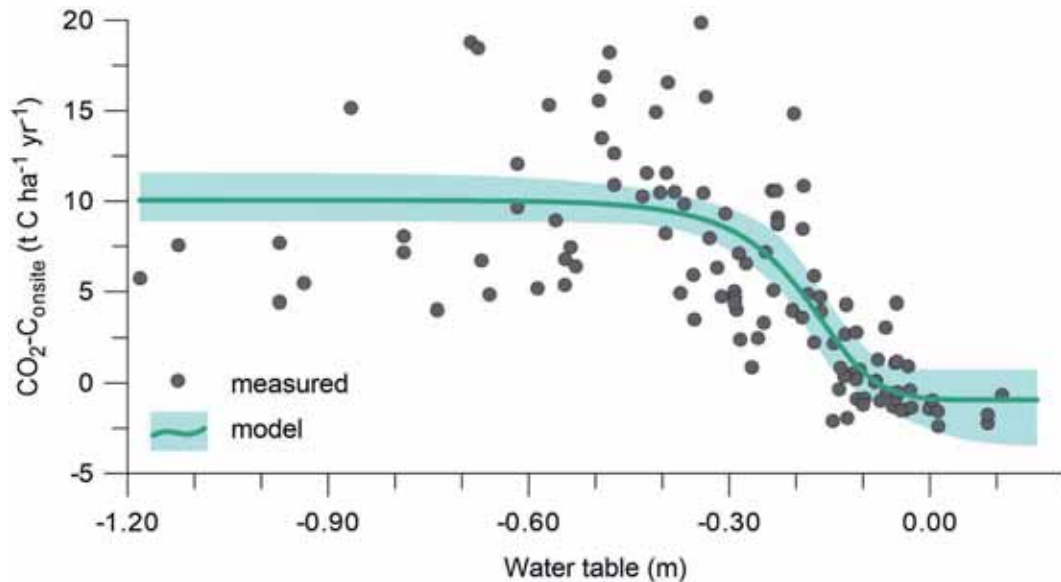


Abbildung 3.3: Abhängigkeit der CO₂-C-Emissionen aus organischen Böden vom mittleren Wasserstand und die daran angepassten Koeffizienten der Gompertz-Funktion (aus Tiemeyer et al. 2020).

orte ist jedoch mit großen Unsicherheiten verbunden (Herrmann 2016). Die einzigen annähernd verlässlichen Abschätzungen von Klimabilanzen unterschiedlicher Waldmoore stammen aus der aktuellen Fassung des Alnus-Leitfadens aus dem Jahr 2019 (Tab. 3.1). Diese Ergebnisse bilden eine wesentliche Grundlage für die in dieser Vorstudie festgelegten Emissionswerte.

Die Bilanzen in Tab. 3.1 basieren auf a) paläobotanischen Analysen zur Torfbildung, b) mit Hauben gemessenen Spurengasflüssen und c) Abschätzungen der Kohlenstoffdioxid-Aufnahme über den Holzzuwachs. Die Ergebnisse dokumentieren die Bedeutung der Hydrologie, hier klassifiziert durch jährliche mittlere Grundwasserstände, für die Klimabilanzen unterschiedlicher Erlenwald-Typen. Bereits an Standorten mit mittleren Wasserständen von 25 cm unter Flur („feuchter Erlenwald“, Tab. 3.1) weisen die untersuchten Erlenwälder eine stark negative Klimawirkung auf (hier ausgedrückt als positive Werte des GWP). Ursache ist die ausgeprägte Torfzehrung und zusätzliche hohe Lachgas-Emission an den wechselfeuchten Standorten. Die hohe Kohlenstoffaufnahme über den Holzzuwachs („temporäre CO₂-Senke“) kann diese Verluste nicht ausgleichen. Unter Klimaschutzaspekten optimale Verhältnisse liegen potenziell bei mittleren Wasserständen nahe der Bodenoberfläche vor („halbnasser Erlenwald“, Tab. 3.1). Die Erle findet hier offensichtlich noch gute Wuchsbedingungen, die Methangas-Emissionen sind niedrig und gebildetes Nitrat wird überwiegend vollständig über Denitrifikation zu elementarem Stickstoff

umgebaut. An häufig überfluteten Standorten („nasser Erlen-Sumpfwald“, Tab. 3.1) ist die Klimabilanz nahezu ausgeglichen. Die Kohlenstoffaufnahme über den – hier reduzierten – Holzzuwachs wird weitgehend von der erhöhten Methangasbildung kompensiert. Sowohl an den „nassen“ als auch den „halbnassen“ Erlenwaldstandorten wird die potenzielle Torfbildung als „ewige“ CO₂-Senke einberechnet.

3.3 Eigenes Vorgehen

Die im Kapitel 3.2 aufgeführten Ansätze zur Beurteilung der Klimarelevanz von Waldmooren verdeutlichen, wie wichtig Informationen zur Hydrologie von Waldmoorstandorten für diese Kalkulation sind. Für eine flächenhafte Dokumentation von Wasserstufen im Sinne des GEST-Ansatzes sind Vegetationskartierungen als Proxy optimal. Diese mit hohem Arbeitsaufwand verbundenen Informationen liegen nur von ausgewählten, räumlich eng begrenzten Gebieten vor und werden zum Beispiel für die Berechnung von gebietsbezogenen Moorforts verwendet (Joosten, Brust et al. 2013). Für landesweite Vegetationskartierungen mit hohem Differenzierungsniveau bezüglich der Ableitung von Standortbedingungen, wie sie in den 1930er-Jahren in Schleswig-Holstein und Niedersachsen durchgeführt wurden, sind die Kosten verständlicherweise zu hoch.

In Schleswig-Holstein sind wir aber in der glücklichen Situation, mittlerweile für große Landesteile

Tabelle 3.1: Klimawirkung von Erlenwäldern mit unterschiedlicher Hydrologie im Vergleich zu entwässertem Nieder-
moorgrünland (aus DUENE 2019).

	klimatische Wirkung (in CO ₂ -Äquivalenten) ¹⁾ kg / ha / a		
a) halbnasser Erlenwald, Grundwasser Ø 10 cm unter Flur			
Kohlendioxid (Torfbildung/-erhalt) ²⁾	-2.373	bis	+/-0
Kohlendioxid (Derbholz, EKL I,5 bzw. II,5) ³⁾	-8.349		-5.973
Methan ²⁾	814	bis	4.265
Lachgas ²⁾	492		492
	-9.416	bis	-1.216
Spannenmitte	-5.316		
b) nasser Erlen-Sumpfwald, Grundwasser Ø 5 cm über Flur			
Kohlendioxid (Torfbildung) ²⁾	-1.683		-1.683
Kohlendioxid (Derbholz, EKL IV) ³⁾	-3.211		-3.211
Methan ²⁾	40	bis	11.461
Lachgas ²⁾	49		49
	-4.805	bis	6.616
Spannenmitte	906		
c) feuchter Erlenwald, Grundwasser Ø 25 cm unter Flur			
Kohlendioxid (Torfzehrung) ²⁾	31.233		34.610
Kohlendioxid (Derbholz, EKL I) ³⁾	-9.634		-9.634
Methan ²⁾	4	bis	5.353
Lachgas ²⁾	7.131		7.131
	28.734	bis	37.460
Spannenmitte	33.097		
d) entwässertes Grasland-Niedermoor ⁴⁾			
Kohlendioxid (Torfzehrung)	10.633	bis	24.567
Methan	-44	bis	106
Lachgas	147	bis	13.218
	10.736	bis	37.891
Spannenmitte	24.314		

Negative Zahlen bedeuten eine Nettoaufnahme von Treibhausgasen durch Niedermoore. Die Wasserstandsangaben der Erlenwälder resultieren aus Versuchsreihen mit dieser Wasserstandseinstellung. 1) Umrechnung in CO₂-Äquivalente (CO_{2-eq}) nach SCHIMMEL et al. 1996, S. 121; angenommener Zeithorizont nach Art. 5 Kyoto-Protokoll 100 Jahre, Treibhausgaspotenzial: Methan = 21; Lachgas = 310 CO₂-Äquivalente. 2) Angaben nach ALNUS-Forschung 2005. 3) Angaben nach LOCKOW 1994. 4) Angaben nach AUGUSTIN 2001. Die Zahlenangaben in der Tabelle 11 basieren auf Hochrechnungen von Spurengasmessungen und Torfakkumulationsraten deren Aussagegehalt aufgrund methodischer Probleme und der geringen Zahl der Messergebnisse noch eingeschränkt ist.

auf die Ergebnisse einer aktuellen Biotopkartierung zurückgreifen zu können (vgl. Kap. 2). Da bei der Differenzierung und Charakterisierung der einzelnen Biotoptypen in vielen Fällen vorhandene pflanzensoziologische Klassifikationsverfahren berücksichtigt wurden, ist es zumindest in Ansätzen möglich, eine Indikation der Standortsbedingungen (in diesem Fall der Wasserstufen) vorzunehmen und darauf aufbauend GWPs abzuleiten. Grundsätzlich geben die neuen Biotoptypen der Wälder auch Hinweise auf die bestandsbildende/n Baumart/en. Da jedoch detaillierte, für eine Kalkulation der Kohlenstoffaufnahme über den Holzzuwachs erforderliche forstliche Informationen wie zum Bestandsalter, dem Bestockungsgrad und der Nutzung nicht aus den Biotoptypen abgeleitet werden können, wird in dieser Studie auf diesen prinzipiell wichtigen Term bei der Bilanzerstellung verzichtet. Die hier verwendeten GWPs berücksichtigen daher nur die Spurengasflüsse in den Moorböden, wobei in Anlehnung an das Vorgehen bei der Definition von GEST-Einheiten (s. vorne) potenzielle Lachgas-Emissionen ebenfalls nicht einbezogen werden.

Auch die potenzielle Torfbildung wird bei der Erstellung der Klimabilanzen nicht berücksichtigt, da sie sich im Alnus-Leitfaden nur auf die Ablagerung von Erlenholz im Moorprofil bezieht und nicht auf das Holz anderer, nasse Bruchwälder charakterisierender Baumarten wie Weiden und Birken. Dieser Prozess wird bei der Darstellung von GWP-Einsparungspotenzialen nur ergänzend als hypothetischer Wert erwähnt, der nur bedeutend wäre, wenn eine Entwicklung zu Erlenbruchwäldern realisiert werden kann. Bei der Interpretation der Bilanzen wird billigend in Kauf genommen, dass forstlich intensiv genutzte Waldbestände an stark entwässerten Moorstandorten in der Aufwuchsphase eine größere positive Klimabilanz aufweisen können als naturnahe Waldmoore (Hommeltenberg et al. 2014; He et al. 2016; Ojanen und Minkkinen 2019). Wir sehen in diesem Phänomen aber nur eine Verlagerung des langfristig im Torf gespeicherten Kohlenstoffs („ewiger C-Speicher“) in die oberirdische Biomasse, die aufgrund der regelmäßigen Holzentnahme nur als „temporärer C-Speicher“ aufgefasst werden kann. Eine solche Nutzung widerspricht dem Ziel eines nachhaltigen, auf den Moor- und Klimaschutz ausgerichteten Managements.

Im Detail werden den einzelnen Typen der landesweiten Biotopkartierung folgende GWPs zugeordnet:

Bruchwälder „WB“

Zu den Bruchwäldern („WB“) werden Baumbestände (in Schleswig-Holstein überwiegend Erle, Birke und

Weide, vgl. LLUR 2020) auf organischen Nassböden gezählt, deren Krautschicht zu großen Anteilen aus charakteristischen Pflanzenarten wie *Solanum dulcamara* (Bittersüßer Nachtschatten), *Carex elongata* (Walzenssegge), *Lycopus europaeus* (Ufer-Wolfstrapp) und *Iris pseudacorus* (Schwertlilie) aufgebaut wird. Hydrologisch ließen sich die Standorte damit den Wasserstufen 5+ (mittlerer Wasserstand 5 cm über Fl.) bzw. 4+ (mittlerer Wasserstand 10 cm unter Fl.) nach Reichelt 2015 zuordnen. Da in der Berechnungsgrundlage (DUENE 2019) mit Spannbreiten der GWPs gearbeitet wird, wird in der Vorstudie für den Typ der Bruchwälder ebenfalls mit einer Spannbreite gearbeitet. Unter Berücksichtigung der Spurengasflüsse (Methan, Kohlenstoffdioxid) ergibt sich für diesen Biotyp (WB) bei konservativer Schätzung ein GWP von $5 \text{ t CO}_2\text{eq. ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, der sich aus dem Mittelwert der zu erwartenden Methan-Emissionen an Standorten von nassen Erlen-Sumpfwäldern ergibt (Tab. 3.1). Da eine Kalibrierung des Biotyps „Bruchwald“ (WB) mit im Gelände ermittelten Wasserständen aktuell nicht vorliegt, ist die Aussagekraft des Typs bezüglich der hydrologischen Verhältnisse eingeschränkt. Es ist daher sinnvoll, in diesem Fall auch einen Maximalwert von $10 \text{ t CO}_2\text{eq. ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ anzugeben, der auch leicht entwässerte Standorte mit einbezieht.

Quellwälder („WQe“)

Überwiegend mit Erlen bestandene naturnahe Quellwälder („WQe“) zeichnen sich durch langjährig hoch anstehende Wasserstände nahe der Bodenoberfläche aus (Wiebe 1998). Die Zuordnung zur Wasserstufe 4+ (s.o.) ist damit unstrittig und erlaubt die Ableitung eines GWP von $5 \text{ t CO}_2\text{eq. ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$.

Feuchtwald („WT“)

Stärker entwässerte Waldmoore (Feuchtwald = „WT“) sind durch das Fehlen der o.a. Nässezeiger sowie das dominante Auftreten von Nitrophyten wie *Urtica dioica* (Brennnessel), *Galium aparine* (Kletten-Labkraut) und *Galeopsis tetrahit* (Hohlzahn) gekennzeichnet. Auch Dominanzbestände von *Dryopteris dilatata* (Dornfarn) und *Rubus fruticosus* (Brombeere) deuten an den Standorten auf mittlere Wasserstände von 25 cm unter Flur (Wasserstufe 3+ nach Reichelt 2015) und tiefer hin. Um die Zuordnung solcher Biotoptypen zu GWPs möglichst konservativ zu halten, werden die potenziell vorkommenden Lachgasemissionen nicht berücksichtigt und nur die durch Torfmineralisation freigesetzten CO_2 -Mengen von überschlagsmäßig $30 \text{ t CO}_2\text{eq. ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ angerechnet. Dies geschieht auch vor dem Hinter-

grund, dass eine nennenswerte Lachgas-Emission bei tieferen mittleren Wasserständen nicht mehr zu erwarten ist und sich auch die CO₂-Emissionen aufgrund der nicht mehr zunehmenden mikrobiellen Aktivität einem Grenzwert annähern (vgl. Abschnitt 3.1).

Nichtkartierte Wälder auf Moorboden

Die Biotopkartierung enthält keine weiteren Einheiten, die auf Moorböden hinweisen. Dennoch zeigt die flächenhafte Verschneidung der Biotoptypen mit der Moorbodenkarte, dass auch weitere Waldtypen auf Moorböden vorkommen können (vgl. Kap. 4). Dies belegen auch die Untersuchungsergebnisse zu den Vegetations- und Bodenverhältnissen ausgewählter Waldmoorgebiete (Matern o.D.). Für alle weiteren in der Flächenkulisse der Moorbodenkarte vorkommenden Biotoptypen wird angenommen, dass deren Standorte ebenfalls stärker entwässert sind und ein GWP von **30 t CO₂eq. ha⁻¹ a⁻¹** angemessen erscheint.

Eine weitere wichtige Informationsquelle für die flächenhafte Ableitung der hydrologischen Verhältnisse sind die bei der forstlichen Standortskartierung ermittelten Wasserhaushaltszahlen. Auf Moorböden weist dabei der Standortstyp „31“ hin (vgl. *Kartierschlüssel* 2006). Da dieser aber noch keine weitergehenden Informationen zum aktuellen Wasserhaushalt liefert, werden dem Typ „31“ noch Indexzahlen (0-4) zugeordnet, die auf die Lage des Kapillarsaums hinweisen. Diesen lassen sich wie folgt GWPs zuordnen:

Indexzahl „0“

Die Indexzahl „0“ kennzeichnet Moorstandorte mit einem weitgehend intakten Bodenwasserhaushalt. In Anlehnung an die eher konservative Einstufung des Biototyps Bruchwald („WB“) wird auch hier von einem GWP von **5 t CO₂eq. ha⁻¹ a⁻¹** ausgegangen.

Indexzahl „1“

Wenn Moorstandorte mit der Indexzahl „1“ eingestuft werden, bedeutet dies, dass der Kapillarsaum im Mittel der Vegetationszeit oberhalb von 60 cm unter der Geländeoberfläche liegt. Offensichtlich werden hier hydrologische Verhältnisse angenommen, die zwischen den Wasserstufen 4+ und 3+ liegen. Da eine genauere Zuordnung zu diesen Wasserstufen nicht möglich ist, wird hier ebenfalls eine konservative (**12,5 t CO₂eq. ha⁻¹ a⁻¹**) und maximale (**20 t CO₂eq. ha⁻¹ a⁻¹**) Einstufung des GWP vorgenommen.

Indexzahlen „2-4“

Die weiteren Indexzahlen „2-4“ dokumentieren eine mehr oder weniger tiefgreifende Entwässerung der Moorstandorte. Hier wird wie beim Biototyp Feuchtwald („WT“) verfahren und von einem GWP von mindestens **30 t CO₂eq. ha⁻¹ a⁻¹** ausgegangen.

Nicht indiziert

Letzteres wird auch für Typen der forstlichen Standortskartierung angenommen, die offensichtlich nicht auf Moorstandorte hinweisen, aufgrund der GIS-Auswertung aber in die Moorkulisse Schleswig-Holsteins fallen.

4 Ergebnisse

4.1 Charakterisierung und Verbreitung der Waldmoore Schleswig-Holsteins

Mit 10,1 % Waldanteil (174.518 ha) an der gesamten Landesfläche gehört Schleswig-Holstein zu den waldarmen Bundesländern (BWI 2012). Nach Auswertung der aktuellen Moorbodenkarte Schleswig-Holsteins (vgl. Kap. 2) nehmen Waldmoore an der gesamten Waldfläche des Landes einen Flächenanteil von 8,5 % (14.918 ha) ein. Zu erwähnen ist, dass dieser Wert nur die von Gehölzen bestandenen Flächen ohne dazwischenliegende Offenlandflächen dokumentiert. Damit reiht sich Schleswig-Holstein in die Reihe der „waldmoorreichen“ Bundesländer ein. Zum Vergleich sind in Mecklenburg-Vorpommern etwa 52.000 ha von Gehölzen bestanden. Bei einer Gesamtfläche von ca. 520.000 ha entspricht dies einem Anteil von 10 % (DSS-WAMOS 2007). Auch das Land Brandenburg ist mit insgesamt 38.000 ha reich an Waldmooren.

Die bewaldeten Moore in Schleswig-Holstein verteilen sich in unterschiedlichem Maße auf die naturräumlichen Einheiten des Landes (Tab. 4.1). Die absolut betrachtet größte Waldmoorfläche weist mit 9.891 ha das Östliche Hügelland auf. Es folgen die Hohe Geest mit 2.235 ha, die Vorgeest mit 1.733 ha und die Marsch bzw. Elbaue mit 1.060 ha. Auch bezogen auf die gesamte Waldfläche der Region hat das Östliche Hügelland mit 11,5 % einen mehr als doppelt so hohen Anteil im Vergleich zur Hohen Geest (4,2 %) und der Vorgeest (5,1 %). Allein aus diesen relativen Werten kommt die hohe Bedeutung des Östlichen Hügellandes für den Waldmoorschutz und der Funktion von Waldmooren als ausgleichendes Landschaftselement für den Wasserhaushalt in Wäldern zum Ausdruck.

Aus der Moorbodenkarte und den dazugehörigen Informationen lassen sich keine konkreten Hinweise auf die Art und flächenhafte Verteilung der hydrogenetischen Moortypen in den naturräumlichen Regionen Schleswig-Holsteins ableiten. Dennoch erlaubt die Kenntnis über die Landschaftsentwicklung Schleswig-Holsteins und die konkrete Interpretation der Lage der Waldmoore in den Regionen eine grobe Abschätzung der jeweiligen Verhältnisse. So befinden sich die meis-

ten hier der *Marsch* zugeordneten Waldmoorflächen im Übergang zur Hohen Geest. Diese sog. Geestrandmoore sind größtenteils Hochmoore (z.B. Breitenburger Moor, Vaaler Moor), deren Randbereiche (ehemalige Laggs) aus Niedermoortorfen bestehen und oft bewaldet sind.

Auch die Waldmoorflächen der *Vorgeest*, wie zum Beispiel in der Eider-Treene-Sorge-Niederung, befinden sich häufig in großflächigen Hochmoorkomplexen. Auffällig ist, dass sich auf den sog. Holmen, die Moränenreste der vorletzten Eiszeit (Saale-Vereisung) darstellen und aufgrund ihrer Lage in Schleswig-Holstein ebenfalls dem Naturraum Vorgeest zugeordnet werden, offensichtlich keine Waldmoore befinden. Im Naturraum der Hohen Geest sind die Waldmoorflächen überwiegend im Randbereich kleinerer Fließgewässer zu verorten („Überflutungsmoore“). Darüber hinaus erscheinen sie innerhalb von Waldgebieten dort, wo Grundwasser an die Oberfläche tritt („Quellmoore“). Sie sind überwiegend nur sehr kleinflächig ausgebildet.

Das Östliche Hügelland hat nicht nur den größten Flächenanteil an Waldmooren, sondern weist auch die höchste Vielfalt an einzelnen Moortypen auf. Wie in der Vorgeest und der Hohen Geest befinden sich auch hier Waldmoorflächen im Randbereich von Hochmooren, wie dem Dosenmoor bei Neumünster im Übergangsbereich der Vorgeest zur Jungmoränenlandschaft. Der größte Flächenanteil kommt jedoch in Form von Verlandungsmooren, Quellmooren, Kesselmooren und bewaldeten Überflutungsmooren im zentralen Bereich der Region vor. Die Vielfalt dieser hydrogenetischen Moortypen hat zur Folge, dass kleinräumig die Art der Wasserversorgung, die Nährstoffverhältnisse und die eng daran angepasste Vegetationszusammensetzung und -struktur der Moore in den Waldgebieten variieren.

Die aufgeführte Verteilung der Waldmoortypen in Schleswig-Holstein kommt auch in den Anteilen der Torfarten zum Ausdruck (Tab. 4.1). So ist der flächenhafte Anteil an Niedermoortorfen etwa dreimal so hoch wie jener der Hochmoortorfe. Auffällig ist auch, dass der flächenhafte Anteil von Mooren mit einer Torfmächtigkeit von 2 m und tiefer bei Weitem überwiegt. Dies lässt vermuten, dass in den Waldmooren große

Tabelle 4.1: Aufteilung der gesamten Waldmoorfläche (14.918 ha) Schleswig-Holsteins nach Torfmächtigkeit und Region (Angaben in ha). *Prozentualer Flächenanteil an der gesamten Waldfläche der Region.

	Biotopkartierung	FFH-Kulisse	Restfläche	gesamt
Region				
Östliches Hügelland	4.252	375	5.264	9.891 (11,5 %*)
Vorgeest	647	86	1.000	1.733 (5,1 %*)
Hohe Geest	592	65	1.578	2.235 (4,2 %*)
Marsch, Elbaue	448	337	275	1.060 (57,4 %*)
Torfart				
Hochmoortorf (Hh)	854	459	1.820	3.133
Niedermoortorf (Hn)	5.085	403	6.297	11.785
Torfmächtigkeit				
< 0,5 m	1.546	30	2.224	3.800
0,5–1 m	217	26	511	754
1–1,5 m	67	8	122	197
1,5–2 m	46	20	88	155
2 m und tiefer	4.063	779	5.171	10.013

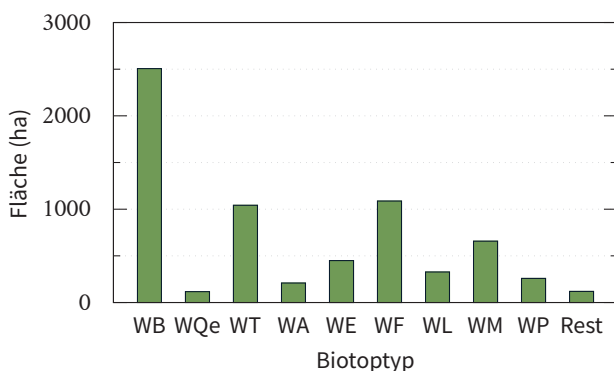


Abbildung 4.1: Flächenhafte Verteilung der Biotoptypen in Schleswig-Holstein. Gesamte kartierte Fläche 6798 ha. Datengrundlage: Biotopkartierung SH 2014–2019, FFH-Kartierung 2007–2009. Es bedeuten: WB = Bruchwälder; WQe = Quellwälder; WT = Feuchtwälder auf entwässerten organischen Böden; WA = Auwälder; WE = Sumpfwälder; WF = Nadelholzforste u. Mischwälder auf frischen Standorten; WL = Laubwälder auf bodensauren Standorten; WM = Laubwälder auf reichen Böden; WP = Pionierwälder.

Mengen an Kohlenstoff langfristig gespeichert wurden und verdeutlicht die hohe Vulnerabilität von Waldmooren gegenüber Torfmineralisation durch Entwässerung.

Eine wichtige Grundlage für die Dokumentation des aktuellen Zustandes der Waldmoore in Schleswig-Holstein hinsichtlich ihrer Bedeutung für den Arten- und Biotop- bzw. Klimaschutz sind die aus der aktuellen Biotopkartierung und der FFH-Flächenkulisse abgeleiteten Informationen (Abb. 4.1). Beide Kulissen decken zusammen 46 % der gesamten Waldmoorfläche

Schleswig-Holsteins ab. Stellt man die Flächenanteile der nach der Vegetationsstruktur potenziell einen ungestörten Wasserhaushalt aufweisenden Biotoptypen (WB = Bruchwälder; WQ = Quellwälder) den übrigen, auf entwässerten Standorten stockenden Wäldern gegenüber, so wird deutlich, dass dieser Berechnung zufolge über 60 % der Moorwaldflächen mehr oder weniger stark entwässert sind. Dieser Wert ist fast identisch mit Angaben zum Zustand der Waldmoore in Mecklenburg-Vorpommern (63 %, DSS-WAMOS 2007).

Nach einer Flächenanalyse des LLUR ist der Anteil entwässerter Waldmoore noch deutlich höher, wenn man die Wasserhaushaltszahlen der forstlichen Standortskartierung zugrunde legt (Abb. 4.2). Danach weisen nur etwa 6 % dieser Ökosysteme einen noch weitgehend intakten Wasserhaushalt (31_0) auf, während die üblichen Flächen mehr oder weniger stark entwässert sind. Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass der Biotoptyp „Bruchwald“ (WB) hydrologisch ein breiteres Standortsspektrum abdeckt als es durch die Vegetationszusammensetzung angezeigt wird. Eine Überprüfung dieser Annahme ist allerdings im Rahmen dieser Studie nicht möglich, da die konkreten Daten den Verfassern aus Datenschutzgründen nicht zur Verfügung gestellt werden konnten.

Der darüber hinaus aktuell geringe Naturschutzwert der Moorwälder wird dadurch untermauert, dass unter den Bruchwäldern nur 53 % (974 ha) naturnahe Erlenbruchwälder und nur etwa 13 % (240 ha) Birkenbruchwälder ausmachen. Der Rest (34 % = 622 ha) besteht aus eher artenarmen Weidenbeständen. Nur et-

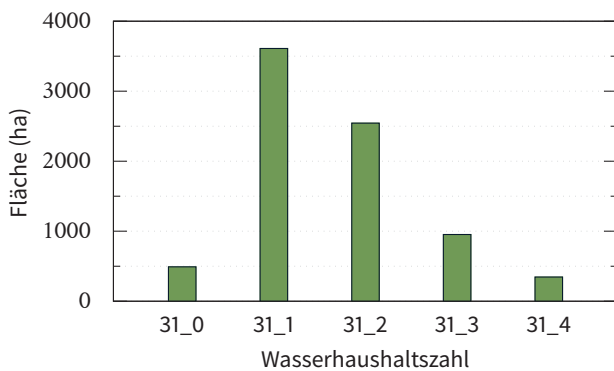


Abbildung 4.2: Differenzierung der in der Flächenkulisse enthaltenen Waldmoore mit Daten der forstlichen Standortskartierung (Gesamtfläche 7943 ha) nach Wasserhaushaltszahlen. Flächenanalyse des LLUR.

was mehr als die Hälfte (54 %) der kartierten Fläche (Einheiten WB, WQe, WT) haben einen direkten Bezug zu Moorökosystemen. Die bei aktuellen Geländebegehungen zahlreicher Waldgebiete in Schleswig-Holstein gemachten Erfahrungen und konkrete Informationen zu Bestandstypen in den Landesforsten lassen auch das häufige Vorkommen der übrigen Biotoptypen zumindest zum Teil realistisch erscheinen. Sehr wahrscheinlich ist dabei, dass einige entwässerte Moorwälder als sog. Sumpfwälder (WE) kartiert wurden, weil eine Bodenansprache bei der Kartierung verständlicherweise nicht durchgeführt werden konnte. Außerdem wurden in der Vergangenheit auf stark entwässerten Moorstandorten oft Nadelhölzer angepflanzt. Inwieweit der vergleichsweise hohe Anteil von Laubwäldern auf reichen und bodensauren Standorten realistisch ist, müssen weitere Geländeuntersuchungen zeigen.

4.2 Aufteilung der Waldmoore nach Eigentumsverhältnissen

Für die geplante Umsetzung eines nachhaltigen Waldmoormanagements in Schleswig-Holstein sind weiterhin die Eigentumsverhältnisse von Bedeutung. Konkrete Informationen liegen dazu von den Landesforsten und der Stiftung Naturschutz vor, wobei die Waldmoorfläche der Landesforsten aktuell 1.468 ha und jene der Stiftung 1.206 ha beträgt. Der weitaus größte „Rest“ verteilt sich auf Privatwaldbesitzer*innen, kommunale Forsten und Kreisforsten.

Wie bereits in Abschnitt 4.1 dokumentiert, liegt der größte Flächenanteil der Waldmoore Schleswig-Holsteins im Östlichen Hügelland. Der größte Anteil davon ist darüber hinaus im Besitz von privaten Ei-

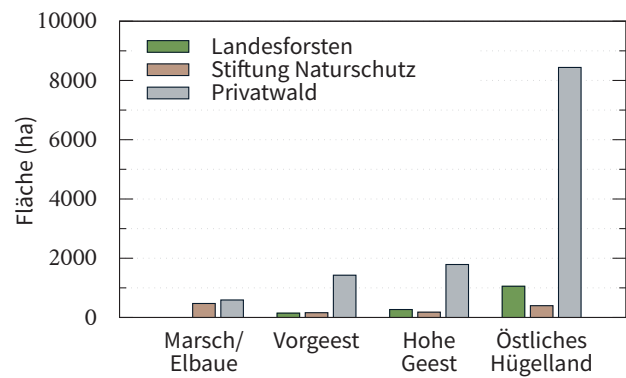


Abbildung 4.3: Flächenhafte Verteilung der Waldmoore auf die Naturräume Schleswig-Holsteins differenziert nach Eigentumsverhältnissen.

gentümern beziehungsweise Kommunen und Kreisen etc., hier zusammengefasst als „Privatwald“ (Abb. 4.3). Auch die Landesforsten haben bezüglich des Vorkommens von Waldmooren einen Schwerpunkt in diesem Naturraum, während die Stiftung Naturschutz hier vergleichsweise weniger Waldmoorflächen besitzt. Größere Waldmooranteile hat die Stiftung im Naturraum der Marsch und dort in der Peripherie der Geestrandmoore, die größtenteils aus Hochmoortorfen aufgebaut sind.

Wenngleich die Waldmoore der Vorgeest und der Hohen Gest im Vergleich flächenhaft von untergeordneter Bedeutung sind, können diese Gebiete bei einer landesweiten Strategie zum Waldmoormanagement keinesfalls vernachlässigt werden, da auch sie mehr oder weniger stark degradiert sind und der Klimaefekt pro Fläche bei ihrer Vernässung ebenso hoch ist wie bei den Waldmooren der Jungmoränenlandschaft.

Betrachtet man die Biotoptypen auf den Moorböden im Besitz der Landesforsten (Abb. 4.4), fällt auf, dass die Landesforsten vergleichsweise wenig Waldmoorflächen mit weitgehend ungestörtem Wasserhaushalt besitzen (WB, WQe). Im Vergleich dazu ist der Anteil an Nadelholzforsten/Mischwäldern (WF) beziehungsweise potenziell grundwasserfernen Laubwäldern und Wäldern auf nährstoffreichen Böden hoch.

Im Gegensatz zu den Landesforsten ist der Anteil an sehr nassen Moorwäldern in der Kulisse der Stiftung Naturschutz mit 63 % (510 ha, Abb. 4.4) um ein Mehrfaches höher. Allerdings sind diese Flächen zu über 56 % von Weiden (vermutlich Grau- oder Ohrweiden) bestanden (ohne Abbildung).

Für die Waldmoorflächen der Landesforsten liegen zudem Ergebnisse der forstlichen Standortskartierung vor, die näherungsweise eine Plausibilitätskontrolle be-

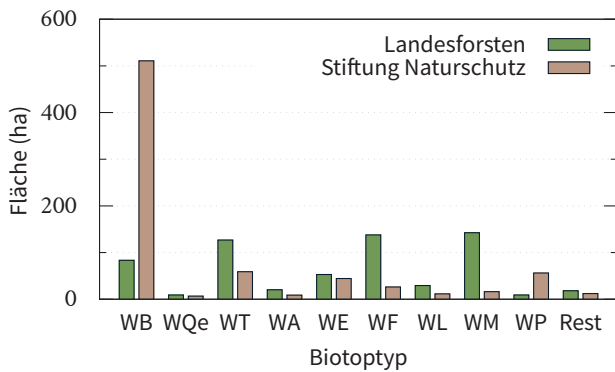


Abbildung 4.4: Flächenhafte Verteilung der Biototypen auf bewaldeten Moorböden in der Gebietskulisse der Landesforsten sowie der Stiftung Naturschutz. Es bedeuten: WB = Bruchwälder; WQe = Quellwälder; WT = Feuchtwälder auf entwässerten organischen Böden; WA = Auwälder; WE = Sumpfwälder; WF = Nadelholzforste u. Mischwälder auf frischen Standorten; WL = Laubwälder auf bodensauren Standorten; WM = Laubwälder auf reichen Böden; WP = Pionierwälder.

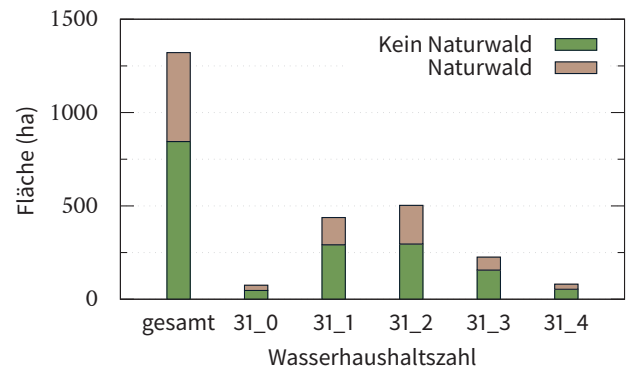


Abbildung 4.5: Flächenhafte Differenzierung der Waldmoorflächen (Typ 31) der Landesforsten nach Indexzahlen, die unterschiedliche hydrologische Verhältnisse anzeigen (vgl. Kap. 2), sowie Naturwaldstatus.

cher Standorte möglich sein.

4.3 Klimabilanzen und Einsparungspotenziale

züglich der Beurteilung des Wasserhaushalts erlauben (Abb. 4.5). Danach scheint zumindest die aus der Analyse der Biotopkartierung abgeleitete Waldmoorfläche mit ungestörtem Wasserhaushalt (81 ha) plausibel zu sein, da die Moorfläche mit der Indexzahl „0“ auch nur 74 ha beträgt. Dies lässt den Schluss zu, dass insgesamt fast 95 % der Waldmoore der Landesforsten mehr oder weniger stark entwässert sind, sofern in jüngerer Zeit keine Vernässungsmaßnahmen durchgeführt wurden. Weiterhin ist der Flächenanteil von über 63 % mit einer Indexzahl von „2“ (Kapillarsaum im Mittel der Vegetationszeit zwischen 60 und 100 cm unter Flur) und darüber ein Hinweis darauf, dass ein großer Teil der Waldmoorflächen in der Kulisse der Landesforsten auch Nadelhölzern und Laubbaumarten, die normalerweise grundwasserferne Standorte bevorzugen, geeignete Lebensbedingungen bieten. Diese Annahmen sollten unbedingt durch konkrete Geländeanalysen der Vegetations- und Bodenverhältnisse überprüft werden.

Eine wichtige Information für das zukünftige Waldmoormanagement ist der Anteil an Flächen ohne Naturwaldstatus. Während grundsätzlich auf allen Flächen der Stiftung Naturschutz dieser Status ein wichtiges Entwicklungsziel darstellt, sind fast 50 % der Waldmoore in den Landesforsten keine Naturwälder (Abb. 4.5). Dies bedeutet, dass vor allem in den stärker entwässerten Flächen neben der Vernässung auch Maßnahmen zum Waldumbau prinzipiell möglich sind. Da auch die Naturwaldflächen größtenteils mehr oder weniger stark entwässert sind, sollte eine Vernässung sol-

Wie bereits im Methodenteil ausführlich beschrieben, ist die flächenhafte Kalkulation der Klimarelevanz der Waldmoore für ganz Schleswig-Holstein aufgrund der lückenhaften und für die Ableitung der hydrologischen Bedingungen nur bedingt geeigneten Datengrundlage mit Unsicherheiten behaftet. Die einzigen dafür landesweit zur Verfügung stehenden Informationsquellen sind die Ergebnisse der aktuellen Biotopkartierung und der FFH-Kulisse. Da auch diese nur zu etwa der Hälfte der Gesamtfläche vorliegen, wird in dieser Studie eine Hochrechnung unter Zugrundelegung der prozentualen Anteile der einzelnen Biototypen vorgenommen. Die Hochrechnung erfolgt getrennt nach den Eigentumsverhältnissen in der Annahme, dass sich die Biototypen in den einzelnen Kulissen in ähnlicher Weise verteilen.

Wie zu erwarten, ist das GWP in den „Privatwäldern“ mit einer Spannweite von etwa 250.000 bis 271.000 t CO₂eq. a⁻¹ am höchsten (Tab. 4.2). Es folgen die Flächen der Landesforsten mit etwa 39.000 bis 40.000 t CO₂eq. a⁻¹, während die Waldmoore der Stiftung mit etwa 16.000 bis 20.000 t CO₂eq. a⁻¹ zur globalen Klimaerwärmung beitragen. Der große Unterschied zwischen den Landesforsten und der Stiftung Naturschutz bei insgesamt ähnlich hohen Flächenanteilen lässt sich damit erklären, dass die Stiftung in den letzten Jahrzehnten zum großen Teil auch Flächen erworben hat, die bereits beim Ankauf aufgrund der sehr hohen Wasserstände an den Standorten als annähernd

Tabelle 4.2: Klimabilanzen für die Waldmoore Schleswig-Holsteins getrennt kalkuliert nach Eigentumsverhältnissen. GWP-Angaben in t CO₂-Äquivalenten. Datengrundlage: Biotoptypen.

Biotoptyp	GWP (ha ⁻¹ a ⁻¹)	Fläche (ha)	GWP min (a ⁻¹)	GWP max (a ⁻¹)
Landesforsten				
WB Var. A	5	195	975	–
WB Var. B	10		–	1.950
WQe	5	21	105	105
Restflächen	30	1.252	37.560	37.560
LF Gesamt	26,3–27,0	1.468	38.640	39.615
Stiftung Naturschutz				
WB Var. A	5	799	3.993	–
WB Var. B	10		–	7.986
WQe	5	10	52	52
Restflächen	30	397	11.903	11.903
SN Gesamt	13,2–16,5	1.206	15.949	19.942
„Privatwald“				
WB Var. A	5	4.248	21.240	–
WB Var. B	10		–	42.480
WQe	5	453	2.265	2.265
Restflächen	30	7.541	226.232	226.232
Privat Gesamt	20,4–22,1	12.242	249.737	270.997
SH Gesamt	20,4–22,2	14.916	304.326	330.554

klimaneutral eingestuft werden können. Außerdem hat die Stiftung bereits Vernässungsmaßnahmen durchgeführt. Dies kommt auch durch vergleichsweise niedrige GWPs der Stiftung pro Flächeneinheit mit 13,2 bis 16,5 t CO₂eq. ha⁻¹ a⁻¹ zum Ausdruck, während diese Werte bei den Landesforsten etwa doppelt so hoch sind (26,3 bis 27,0 t CO₂eq. ha⁻¹ a⁻¹).

Summiert man die einzelnen Werte auf, so ergeben sich für die Waldmoore Schleswig-Holsteins GWPs von etwa 304.000 bis 330.000 t CO₂eq. a⁻¹. Das entspricht pro ha GWPs zwischen 20,4 und 22,2 t CO₂eq. ha⁻¹ a⁻¹. Diese Werte sind insofern interessant, als dass sie noch unter den Angaben von Tiemeyer et al. 2020 liegen, die für alle Waldmoore Deutschlands ein GWP von 26,6 t CO₂eq. ha⁻¹ a⁻¹ kalkulieren. Damit wird auch deutlich, dass unsere zugegebenermaßen nur groben Abschätzungen vermutlich nicht überdimensioniert sind, sondern eher konservativen Charakter aufweisen.

Mit Hilfe der vom LLUR vorgenommenen Flächenanalyse der Wasserhaushaltszahlen für Waldmoore mit Daten der forstlichen Standortskartierung (vgl. Abb. 4.2) kann unter Vorbehalt eine Plausibilitätskontrolle für die aus der Biotopkartierung abgeleiteten Klimabilanzen vorgenommen werden. Die Ergebnisse belegen, dass beide Ansätze in etwa zu ähnlichen Größenord-

nungen bezüglich der kalkulierten GWPs kommen. Die aus der forstlichen Standortskartierung abgeleiteten Werte liegen im Minimum mit etwa 306.000 t CO₂eq. pro Jahr (Tab. 4.3) auf dem gleichen Niveau wie jene aus der Biotopkartierung (s.o.), die Maximalwerte liegen etwa 5 % höher.

Die vorgestellten aktuellen Abschätzungen zur Klimabilanz der Waldmoore erlauben auch eine pauschale Kalkulation von Einsparungspotenzialen des GWP. Aufgrund der eingeschränkten Datengrundlage können sich diese nur auf die bei Vernässung im Boden zu erwartenden Veränderungen der Spurengasflüsse beziehen. Unter der Annahme, dass sich bei allen entwässerten Waldmoorflächen potenziell ein annähernd natürlicher Wasserhaushalt, gekennzeichnet durch den Biotoptyp „Bruchwald“ (WB), einstellen lässt, ergeben sich getrennt nach den Eigentumsverhältnissen die in Tab. 4.4 gelisteten Werte.

Die in Tab. 4.4 aufgeführten Abschätzungen verdeutlichen die hohe Bedeutung von Waldmooren für den Klimaschutz in Schleswig-Holstein, vor allem vor dem Hintergrund, dass die kalkulierten Werte eine sehr konservative und eher zu niedrige Einschätzung der Realität darstellen. Auch hier helfen die landesweiten Daten zur forstlichen Standortskartierung für eine Plausibi-

Tabelle 4.3: Berechnung des GWP für die Waldmoorflächen in Schleswig-Holstein auf der Grundlage der Daten der forstlichen Standortskartierung. WHZ = Wasserhaushaltszahl. Fläche hochg. = für die gesamte Waldmoorkulisse aus den relativen Anteilen der forstlichen Standortskartierung hochgerechnete Flächen. GWP in t CO₂-Äquivalenten.

WHZ	Fläche (ha)	Fläche (%)	Fläche hochg. (ha)	GWP (ha ⁻¹ a ⁻¹)	GWP A (a ⁻¹)	GWP B (a ⁻¹)
31_0	491	6	924	5	4.620	4.620
31_1 A	3.610	45	6.794	12,5	84.921	
31_1 B				20		135.874
31_2	2.544	32	4.788	30	143.627	143.627
31_3	953	12	1.793	30	53.804	53.804
31_4	345	4	649	30	19.478	19.478
Summe	7.943		14.948		306.450	357.403

litätskontrolle. Im Szenario „31_0“, d.h., dass an allen Waldmoorstandorten ein annähernd natürlicher Wasserhaushalt eingestellt werden kann (entspricht dem Standortstyp „31“ mit der Indexzahl „0“ vgl. Kap. 3), beträgt die potenzielle GWP-Reduktion 231.710 bis 282.636 t CO₂eq. pro Jahr. Da die Einheiten der forstlichen Standortskartierung eine genauere Indikation des Wasserhaushaltes erlauben als die in der Biotopkartierung klassifizierten Ökosysteme, werden diese Werte als realistischer eingestuft und für die öffentliche Weitergabe der Ergebnisse dieser Studie verwendet.

Weitere Reduktionspotenziale ergeben sich aus der bei diesem Wasserhaushalt zu erwartenden Torfbildung, die allerdings stark von der Gehölzzusammensetzung abhängt. Für Erlenbruchwälder werden im Alnus-Leitfaden 2019 (DUENE 2019) jährliche Akkumulationsraten von 1 bis 2 t CO₂eq. ha⁻¹ angegeben. Theoretisch würde sich dadurch das o.a. Reduktionspotenzial um 15.000 bis 30.000 t CO₂eq. a⁻¹ erhöhen. Dies erscheint aber unrealistisch zu sein, da die potenzielle natürliche Waldvegetation in Schleswig-Holstein nur auf Niedermoorstandorten aus Erlenbruchwäldern besteht und auch dort nur zu einem gewissen Anteil. Über die Beteiligung anderer moortypischer Gehölzarten wie Moorbirke und Weiden liegen uns keine verlässlichen Daten vor.

Tabelle 4.4: Potenziale für die Reduktion der Klimawirkbarkeit von Waldmooren in Schleswig-Holstein durch Vernässung (Werte in t CO₂eq. a⁻¹) auf der Grundlage von Daten der Biotopkartierung.

	Min	Max
Landesforsten	31.660	32.635
Stiftung Naturschutz	9.918	13.911
„Privatwald“	188.527	209.828
Schleswig-Holstein	230.105	256.374

Ebenfalls nicht pauschal auf die gesamte Waldmoorfläche Schleswig-Holsteins übertragbar sind die im Alnus-Leitfaden 2019 auf 70 Jahre durch Holzzuwachs in Erlenbruchwäldern kalkulierten jährlichen Einsparungspotenziale von 3 bis 8 t CO₂eq. ha⁻¹ a⁻¹. Solche Akkumulationsraten sind nur unter bestimmten Bedingungen zu erwarten. Denkbar wären zum Beispiel a) ein Umbau von bislang von Fichten oder Hybridpappeln bestockten Wäldern auf Niedermoorstandorten in Erlenwälder bei gleichzeitiger Vernässung, b) eine Wiederaufforstung von stark durch das Eschentriebsterben beeinträchtigten Waldflächen mit Erlen bei gleichzeitiger Vernässung oder c) nach starker Vernässung entwässerter Erlenstandorte ein erneuter Aufwuchs aus den Stämmen zusammengebrochener Alterlen.

Als Fazit der in dieser Studie vorgelegten Ergebnisse bleibt dennoch festzuhalten, dass mit einem gezielten nachhaltigen Waldmoormanagement mindestens ein Drittel des in den nächsten 10 Jahren in Schleswig-Holstein seitens der Landesregierung angestrebten Reduzierung des GWP von 700.000 t CO₂eq. a⁻¹ potenziell zu erreichen ist!

4.4 Beurteilung des Naturschutzwertes

Wie bei den Offenlandökosystemen auf Moorstandorten in Schleswig-Holstein (Martens et al. o.D.) ist auch bei den Waldmooren der Anteil naturschutzfachlich bedeutender Ökosysteme gering. Für den Naturschutz sollte der Erhalt von Quellwäldern (WQe, FFH 91-EO) höchste Priorität aufweisen. Diese nur sehr kleinflächig auftretenden, in der Regel von Erlen in der Baumschicht dominierten Ökosysteme zeichnen sich durch nahezu ganzjährig hohe Wasserstände nahe der Bodenoberfläche aus. Ursache dieser Hydrodynamik ist ein kontinuierlicher Grundwasserzustrom.

Neben zahlreichen charakteristischen und teilweise gefährdeten Gefäßpflanzenarten wie *Cardamine amara* (Bitteres Schaumkraut), *Chrysosplenium alternifolium* und *C. oppositifolium* (Milzkräuter) sowie *Equisetum telmateia* (Riesenschachtelhalm) bieten die Standorte Lebensraum für eine Vielzahl gefährdeter Moosarten. Obwohl durch einen mehr oder weniger eigenständigen Wasserhaushalt gekennzeichnet, sind Quellwälder oft räumlich eng verzahnt mit anderen Waldmoortypen. Bei der Durchführung von Managementmaßnahmen ist daher darauf zu achten, dass die Maßnahmen die überflutungs- und störungsanfälligen Lebensgemeinschaften nicht gefährden.

Mit etwa 3.000 ha ist der Anteil nährstoffarmer und nährstoffreicher Bruchwälder (WB) mit einem naturnahen Wasserhaushalt in Schleswig-Holstein noch relativ hoch. Vermutlich wird die Fläche sich noch etwas vergrößern, da bislang nur 80 % der Daten der aktuellen Biotopkartierung verfügbar sind. Den größten Flächenanteil weisen dabei Erlenbruchwälder auf, es folgen Weidenbrüche und von Birken dominierte Bruchwälder. Der Naturschutzwert dieser Wälder ist auf dieser Abstraktionsebene schwer einschätzbar. Grundsätzlich sind Erlenbruchwälder auf nährstoffreichen Moorstandorten als Zielvegetation zu betrachten. Weidenbrüche sind normalerweise deutlich artenärmer, können jedoch genau wie Birkenbruchwälder gelegentlich seltene moortypische Gefäßpflanzen- und Moosarten (z.B. verschiedene *Sphagnum*-Arten) aufweisen. Die in Schleswig-Holstein sehr stark gefährdeten torfmoosreichen, von Birken dominierten atlantischen und subkontinentalen Moorwälder (Kürzel „MW“) kommen im verwendeten Datensatz nur sehr kleinflächig vor, sodass sie in den Übersichten nicht explizit aufgeführt werden. Es ist davon auszugehen, dass die hier erfassten Birkenbruchwälder (s.o.) teilweise floristische Übergänge zu diesen Systemen zeigen. In solchen Fällen sollte dringend darauf geachtet werden, dass Renaturierungsmaßnahmen nicht zur Eutrophierung dieser Lebensräume führen.

Etwa 35 ha der Waldmoorkulisse wurde nach den GIS-Verschneidungen als Auwald analysiert. Diese Wälder gedeihen meistens im Überschwemmungsbereich von Bächen und Flüssen. Ihr Naturschutzwert hängt von der Vegetationsstruktur ab. Bis auf Nadelholzbestände gehören alle Auwälder zu den landesweit geschützten Biotopen, einige unter ihnen werden auch dem Lebensraumtyp „91E0“ (Erlen-Eschen- und Weichholzaunenwälder gemäß EUR27 2007) zugeordnet.

Der Großteil der in dieser Studie erfassten Wald-

moore ist unter naturschutzfachlichen Gesichtspunkten von untergeordneter Bedeutung, wenngleich zumindest kleinflächig auch Buchenwälder in der Moorkulisse erscheinen, die alle in der FFH-Richtlinie als Lebensraumtypen aufgeführt sind. Dies ist ein Hinweis darauf, dass Vernässungsmaßnahmen in Waldmooren vor allem dort mit Vorsicht geplant und umgesetzt werden, wo in der nahen Umgebung diese Lebensraumtypen vorkommen. Auf jeden Fall sollte in solchen Fällen bei der Planung von Projekten im Vorfeld eine Diskussion über die Schwerpunktsetzung stattfinden.

5 Rahmenbedingungen und Handlungsanweisungen für die Umsetzung

Die Landesregierung Schleswig-Holsteins fördert bereits seit etwa 20 Jahren im Rahmen des Niedermoorprogrammes und später des Moorschutzprogrammes Maßnahmen zur Renaturierung von Mooren. Allerdings hat man sich dabei bislang auf Offenlandökosysteme konzentriert. Die aktuell im Landesprogramm zum biologischen Klimaschutz vorgesehenen systematischen Aktivitäten zur Waldmoorentwicklung beginnen weit später als in anderen Bundesländern wie Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern. So wurden in den letzten zwei Jahrzehnten bis heute in Brandenburg im Rahmen des Programms „Moorschutz im brandenburgischen Wald“ über 100 Waldmoorprojekte auf einer Fläche von ca. 16.000 ha umgesetzt (J. Hammerich, unveröff.). Mittlerweile ist auch Niedersachsen auf diesen Zug aufgesprungen, sodass Eile geboten ist, um nicht auf norddeutscher Ebene im Waldmoorschutz den Anschluss zu verlieren.

Das bedeutet allerdings nicht, dass in Schleswig-Holstein in der Vergangenheit keine Renaturierungsmaßnahmen in Waldmooren durchgeführt wurden. So haben u.a. die Landesforsten, die Stiftung Naturschutz und die Schrobach-Stiftung Projekte umgesetzt. Das Problem ist allerdings, dass es hierfür keine aktuelle landesweite Übersicht gibt, keine Daten von systematischen Erhebungen zur Erfassung des Ist-Zustandes vorliegen und, als Folge davon und aufgrund des Fehlens eines übergeordneten Konzeptes, auch keine gemeinsamen Anstrengungen zur Erfolgskontrolle durchgeführt wurden, um die Entwicklung der Flächen langfristig zu beobachten und Fehlentwicklungen gegebenenfalls zu korrigieren. Neben der aktuell vorgesehenen Einrichtung von Pilotprojekten wäre daher parallel eine Analyse aller bislang in Schleswig-Holstein umgesetzten Waldmoorprojekte sinnvoll.

Der späte Beginn des seitens der Landesregierung geförderten Waldmoormanagements hat aber auch Vorteile, denn es liegen mittlerweile umfangreiche Erfahrungen zur Planung, Umsetzung und des Monitorings aus anderen Bundesländern vor, die in Schleswig-Holstein genutzt werden können. So wurde bereits 2009 im Rahmen eines DBU-Projektes von der

Humboldt-Universität Berlin und der HNE Eberswalde das digital frei verfügbare „DSS-WAMOS“ (Decision Support System-WaldMOorSchutz) entwickelt, das eine hervorragende Grundlage darstellt für alle Institutionen, die sich in Schleswig-Holstein zukünftig intensiver mit dem Waldmoorschutz auseinandersetzen. Außerdem liegen mittlerweile Erkenntnisse zum langfristigen (20-jährigen) Erfolg von Renaturierungsmaßnahmen in brandenburgischen Waldmooren vor (Hammerich unveröff.). Erste Ergebnisse hierzu wurden bereits in der Anfangsphase der Umsetzung von Hasch et al. 2007 veröffentlicht. Dabei waren die häufigsten Ursachen für einen geringen Erfolg Fehleinschätzungen der Vernässungspotenziale, Mängel bei der Ausführung von wasserbaulichen Maßnahmen oder nicht standortangepasste Pflege. Hintergrund waren oftmals unklar formulierte Entwicklungsziele sowie das Fehlen relevanter Indikatoren zur Maßnahmenableitung. Diese Fehler gilt es in Schleswig-Holstein von vornherein zu minimieren, indem zunächst für jedes Projektgebiet eindeutige Entwicklungsziele definiert werden, die sich an folgenden übergeordneten Zielen orientieren sollten:

- Optimierung des Wasserhaushaltes im Hinblick auf das globale Erwärmungspotenzial (GWP), im Idealfall Einstellung einer Hydrodynamik, die potenziell eine Torfbildung induziert.
- Förderung standorttypischer Gehölze und moortypischer Lebensgemeinschaften.

Da jedes Waldmoorprojekt aber individuell betrachtet werden muss, bedarf es a) der Festlegung von Parametern mit einer eindeutigen Indikatorfunktion für den Wasserhaushalt und der Vegetationsstruktur als Grundlage für eine Analyse des Ist-Zustandes, b) einer umfassenden Analyse der Erfolgsaussichten konkreter Einzelmaßnahmen bzw. Maßnahmenbündel, c) einer sorgfältigen Planung und Umsetzung von wasserbaulichen und gegebenenfalls waldbaulichen Maßnahmen und d) am besten bereits vor der Umsetzung von Maßnahmen der Realisierung eines auf die Eingangsparameter abgestimmten Monitoring-Konzeptes.

Bislang wurden Waldmoorprojekte in Schleswig-Holstein von den Eigentümern (z.B. Stiftung Naturschutz, Landesforsten s.o.) individuell geplant und umgesetzt. Die Umsetzung von neuen Projekten im Rahmen eines Landesprogrammes mit entsprechenden Förderrichtlinien erfordert jedoch ein einheitliches strukturiertes Vorgehen. Einen Vorschlag des Ablaufs von der Flächenauswahl (Phase I) über die Ist-Zustandsanalyse (Phase II) und die Planung/Umsetzung (Phase III) bis hin zur Erfolgskontrolle (Phase IV) zeigt Abbildung 5.1. Im Detail lassen sich die einzelnen Arbeitsschritte wie folgt charakterisieren:

5.1 Phase I (Flächenauswahl)

Für eine erste Auswahl von potenziellen Projektgebieten sind die Flächenkulissen der Kooperationspartner Landesforsten und Stiftung Naturschutz am ehesten geeignet. Beide Institutionen haben bereits auf der Grundlage einer ersten Flächenanalyse zwei Pilotprojekte ausgewählt und für die weiteren Arbeitsschritte von diesen Gebieten wichtige Grundlagendaten gesichtet (vgl. Kap. 7). Es wäre sinnvoll, wenn beide Partner parallel zur Bearbeitung dieser Pilotprojekte Informationen über schon durchgeführte Maßnahmen in Waldmooren zusammenstellen würden. Diese Daten ließen sich gegebenenfalls für Erfolgskontrollen nutzen, auch wenn man davon ausgehen kann, dass in der Regel der Ist-Zustand vor Beginn der Maßnahmen nur unvollständig dokumentiert und keine Vorkehrungen für ein zielgerichtetes Monitoring getroffen wurden.

Das weitere Vorgehen bei der landesweiten Flächenauswahl gestaltet sich schwierig, da aus Datenschutzgründen wichtige Informationen wie zu den Eigentumsverhältnissen und den für eine Analyse der Standortbedingungen und Vegetationsstruktur wichtigen Daten der forstlichen Standortskartierung nicht verfügbar sind. Dennoch ist es den Autoren dieser Studie gelungen, auf der Grundlage der Definition von Schwerpunkträumen, in denen sich der Waldmooranteil in Schleswig-Holstein konzentriert, und persönlichen Kontakten zu privaten Waldeigentümern, wie der Herzoglich Oldenburgischen Verwaltung (HOV) und dem Gut Deutsch-Nienhof, Interesse für ein nachhaltiges Waldmoormanagement zu wecken. Um weitere Privateigentümer und Institutionen für die Sinnhaftigkeit des Landesprogramms zum biologischen Klimaschutz zu überzeugen, bedarf es in Zukunft einer umfangreichen Öffentlichkeitsarbeit.

5.2 Phase II (Ist-Zustand-Analyse)

Da die Beteiligung am Förderprogramm auf dem Prinzip der Freiwilligkeit beruhen wird, ist nicht davon auszugehen, dass den Mittelgebern die für die Erfüllung der übergeordneten Programmziele am besten geeigneten Flächen angeboten werden. Um den Einsatz der pro Zeiteinheit nur begrenzt zur Verfügung stehenden Ressourcen sinnvoll zu gestalten, bedarf es zunächst einer Vorabprüfung auf der Grundlage allgemein zur Verfügung stehender Daten wie Ergebnisse der forstlichen Standortskartierung, der Biotopkartierung sowie der wasserrechtlichen Rahmenbedingungen (Konfliktanalyse).

Im positiven Fall der Förderfähigkeit müssen konkrete Geländeaufnahmen zur Beurteilung des Ist-Zustandes erfolgen. Nach der Festlegung der Moorfläche gehören dazu in erster Linie Informationen, die zu einer hinreichend genauen Einschätzung des Wasserhaushaltes im Moorgebiet führen, wie die Ableitung von Wasserstufen aus der Vegetationszusammensetzung und dem Zersetzungszustand der Torfe im Moorbodenprofil sowie eine genaue Erfassung des Entwässerungssystems und weiterer hydrologischer Einrichtungen. Weiterhin ist es unabdingbar, auch das umgebende Wassereinzugsgebiet und die dort ausgeübte Nutzung zu analysieren, um Konflikte mit Eigentümern der angrenzenden Flächen zu vermeiden. Um die Wasserstände nach einer Vernässungsmaßnahme genau abschätzen zu können, ist eine möglichst genaue Kenntnis des Reliefs (Höhenscan) unabdingbar. Werden Vernässungsmaßnahmen an falschen Punkten im Gelände durchgeführt, kann es passieren, dass weite Teile der Projektfläche nicht von der Vernässung profitieren, oder es können ganzjährig Wasserflächen entstehen. Sollte für die Umsetzung von Maßnahmen ein Planfeststellungsverfahren notwendig sein, sind ein exaktes Höhennivellement im Moorgebiet und die Berechnung von Wasserbilanzen unerlässlich. Ist dies nicht der Fall, könnte für die Beurteilung der Wasserpfade eine Analyse der Oberflächenwasserflüsse auf der Grundlage des Digitalen Höhenmodells sowie eine einfache Dokumentation des Entwässerungssystems genügen.

Ein wichtiges Kriterium für die Eignung des Moorgebietes ist die flächenhafte Ermittlung der Torfmächtigkeit. Sie gibt einen Hinweis darauf, wie empfindlich das Moor auf Entwässerung reagiert (Vulnerabilitätsanalyse) beziehungsweise wie lange es bei Fortführung der Entwässerung zur globalen Klimaerwärmung potenziell beiträgt. Außerdem können die gespeicherten

Phase	Tätigkeit	Methoden	Parameter (Proxy)
I	Flächenauswahl	GIS-Analyse mit Hilfe von • Moorbodenkarte SH • Biotopkartierung • Forstliche Standortskartierung • Gewässernetz • Digitales Höhenmodell (DHM)	→ Lage, Bodentyp, Flächengröße, Torfmächtigkeit → Biotoptyp, Naturschutzwert, Entwässerungszustand → Torfmächtigkeit, Wasserhaushaltszahl → Gewässertyp → Relief, Oberflächenabfluss
II	IST-Zustands-Analyse	• Bestockung • Vegetationsaufnahme, -kartierung • Bodenanalyse, -kartierung • Erfassung Wasserpfade • Höhennivellement • Wasserbilanz (optional) • Konfliktanalyse • Analyse Klimarelevanz • Beurteilung Naturschutzwert • Marktanalyse	→ Baumarten, Alter → Vegetationstyp → Torfart, -mächtigkeit, hydrogenetischer Moortyp → Entwässerungstyp (Gräben, Dränagen) → Oberbodenhöhen → u.a. Zu-, Abflussmengen, oberird. Wassereinz. → Nutzung → Klimabilanzen → gefährdete/charakteristische Arten, Biotoptyp, FFH-Lebensraumtyp → Waldwert
III	Planung/Umsetzung	• Ableitung Entwicklungsziele • Berechnung Einsparung GWP, Nutzungsverzicht • Beurteilung Vegetationsentwicklung • Einholung Genehmigungen • Festlegung wasserbaulicher/waldbaulicher Maßnahmen, Kostenanalyse • Umsetzung der Maßnahmen	
IV	Erfolgskontrolle	• Definition Monitoringkonzept (inkl. Festlegung von Messintervallen, Auswertemethoden, Berichtszeiträumen) • Einrichtung von Grundwassermessstellen (Datalogger) • Einrichtung vegetationskundlicher Dauerflächen • Einrichtung forstlicher Dauerflächen • Vegetationskartierung • Kartierung Bestandsentwicklung	

Abbildung 5.1: Vorschlag für ein auf die Ökosystemfunktionen von Waldmooren ausgerichtetes Entwicklungskonzept.

C-Mengen nur mit dem Wissen der Torfmächtigkeit abgeleitet werden. Sinnvoll ist in diesem Zusammenhang die Anlage von Transekten, in denen Moorprofile aufgenommen werden. Diese dienen auch dazu, die für eine Wiedervernässung enorm wichtige Ableitung des hydrogenetischen Moortyps vornehmen zu können. Hier liegt eine der größten Ursachen für Fehlplanungen, wie Erfolgskontrollen in brandenburgischen Waldmooren (Hasch et al. 2007) zeigten. Dieser Arbeitsschritt kann nur von ausgewiesenen Experten vorgenommen werden.

Vernässungsmaßnahmen in Waldmooren können potenziell zu ökonomischen Verlusten führen, die im Rahmen von Fördermaßnahmen berücksichtigt werden müssten. Eine entsprechende Marktanalyse sollte bei der Charakterisierung des Ist-Zustandes vorgenommen werden. Alle hier aufgeführten Daten sollten sinnvollerweise in Standardaufnahmebögen, wie sie im DSS-WAMOS angeboten werden, zusammengefasst werden.

5.3 Phase III (Planung/Umsetzung)

Auf der Grundlage der Ist-Zustands-Analyse werden für das ausgewählte Projektgebiet konkrete Entwicklungsziele abgeleitet. Dazu gehört auch eine realistische Einschätzung der Entwicklungsmöglichkeiten hinsichtlich des Klima- und Naturschutzes. Geeignete Proxys sind hierfür die in dieser Studie vorgeschlagenen GWP's für einzelne Biotoptypen oder Wasserhaushaltsstufen der forstlichen Standortskartierung sowie Kriterien zur Beurteilung des Naturschutzwertes wie das Vorkommen charakteristischer und gefährdeter Arten sowie der Schutzstatus des Vegetations-/Biotoptyps. Entsprechende Zielzustände können einschlägigen wissenschaftlichen Arbeiten (zum Beispiel Schrautzer et al. 1991; Wiebe 1998) entnommen werden.

Eine monetäre Kalkulation des Nutzungsverzichts beziehungsweise des Wertholzverlustes sollte auch vorgenommen werden, ebenso wie jene einer Nutzungsänderung. Bevor mit konkreten wasserbaulichen Planungen begonnen wird, sollten Genehmigungen vorliegen, sofern diese für die Umsetzung essenziell sind. Aktuell ist schwer einzuschätzen, wie hoch das Konfliktpotenzial bezüglich der Realisierung von Vernässungsmaßnahmen in einzelnen Teilen Schleswig-Holsteins ist.

Der nächste, für den Erfolg des Projektes wichtige Arbeitsschritt ist die Planung von wasserbaulichen Maßnahmen. Die Palette der einzelnen Maßnahmen

ist vielfältig und reicht vom Rückbau von Verrohrungen über Verblombungen/Verfüllungen von Dränagen und Gräben bis hin zum Einbau von Sohlgleiten und Installation verschiedener Stauvorrichtungen (Palisaden, Spundwände, Torfdämme etc.). Die Details der Planung und Umsetzung von wasserbaulichen Maßnahmen sind nicht Gegenstand dieser Studie. Er wird dringend geraten, hier auf die Expertise von Fachleuten zurückzugreifen, die bereits Erfahrungen mit der Moorvernässung gesammelt haben. Eine enge Zusammenarbeit mit Moorökologen ist dabei unerlässlich, um für das jeweilige Entwicklungsziel die daran angepasste Hydrodynamik anzustreben. Dies gilt auch für waldbauliche Maßnahmen, die nur unter gemeinsamer Beteiligung von Moorkundlern und Forstfachleuten geplant und umgesetzt werden sollten.

5.4 Phase IV (Erfolgskontrolle)

Monitoring ist ein Stiefkind des Naturschutzes. Es ist kostenaufwändig und wird in vielen Fällen der Umsetzung von Maßnahmen untergeordnet. In dem 2012 vom Land Schleswig-Holstein neu aufgelegten Moorschutzprogramm (MELUR 2012; Bretschneider 2012) wird die Notwendigkeit von Erfolgskontrollen explizit erwähnt und deren Förderung in Aussicht gestellt. Der Originaltext des Programms hierzu lautet:

Letztendlich wird jedes Projekt im Rahmen seiner Bedeutung von einem Monitoring als Erfolgskontrolle begleitet und alle wichtigen Maßnahmen in einer zentralen Datenbank erfasst, um Auskunft über den Einsatz der Gelder sowie die Maßnahmen und die erzielten Erfolge geben zu können.

Konkrete Angaben zu einem landesweiten, fachlich mit verschiedenen Expertengruppen abgestimmten Monitoringkonzept fehlen allerdings. Bezüglich der einzelnen zu erfassenden Parameter, zu Erfassungszeiträumen und -intervallen sowie Auswertungsmethoden gibt es keine detaillierten Vorschläge. Dies hat zur Folge, dass die Untersuchungen in den einzelnen Projekten eher dem Zufallsprinzip folgen als projektübergreifend koordiniert ablaufen. Deutlich werden diese Defizite bei der Charakterisierung von landesweit relevanten Moorschutz- und -entwicklungsprojekten in der 2015 vom LLUR herausgegebenen Moorbroschüre. Mal werden in den Projektgebieten Vegetationsaufnahmen durchgeführt, zuweilen erfolgen Brutvogelerfassungen beziehungsweise Erfassungen von Amphibien

und in einigen Fällen werden auch die Wasserstände in den vernässten Mooren gemessen. Die Beurteilungen über den Erfolg der Maßnahmen haben folglich oft nur pauschalen und plakativen Charakter. Bedauerlich ist auch, dass einige sehr positive Beispiele für ein zielgerichtetes Monitoring meistens nur über einen sehr kurzen Zeitraum zum Beispiel im Rahmen von Forschungsaufträgen durchgeführt wurden. Auf dieser Datengrundlage ist es schwer, politische Interessensvertretungen von der Sinnhaftigkeit von Moorschutzmaßnahmen sowie des dafür notwendigen Ressourceneinsatzes zu überzeugen. Diese Kritik soll keinesfalls den Einsatz der an den Projekten beteiligten Institutionen schmälern. Letztlich betonen alle Naturschutzorganisationen und -verwaltungen die hohe Bedeutung von Erfolgskontrollen für die Legitimation des Programmes.

Mit dem Landesprogramm für den biologischen Klimaschutz und dabei besonders im Bereich der Waldmoorentwicklung bietet sich die einmalige Chance, die aufgeführten Defizite künftig zu vermeiden. Die übergeordneten Ziele des Waldmoorschutzes sind klar formuliert. Sie sind an den Funktionen der Ökosysteme ausgerichtet und betreffen den Wasserhaushalt auf verschiedenen räumlichen Maßstabsebenen, den Bodenschutz, den Arten- und Biotopschutz und den Klimaschutz. Außerdem liegen die Untersuchungsparameter für die Überprüfung der Zielfunktionen auf der Hand.

Grundsätzlich sollte man bei einem Monitoringkonzept unterscheiden zwischen einer Zielkontrolle, einer Umsetzungskontrolle und einer Wirkungskontrolle (vgl. Hammerich unveröff.). Es müssen zunächst im Rahmen eines Diskurses der an den Projekten beteiligten Institutionen und der mittlerweile zusammengestellten projektbegleitenden Arbeitsgruppe (PAG) die Fragen beantwortet werden, ob die Entwicklungsziele zweckmäßig sind, der Ausgangszustand des Moorgebietes beziehungsweise des Einzugsgebietes einbezogen wurde und ob die Ziele gegebenenfalls optimiert werden können.

Nach einer gewissen Zeit der Programmentwicklung wird es notwendig sein, sich über den Stand der Umsetzung von Maßnahmen zu informieren. Dies kann über entsprechende standardisierte Befragungen der beteiligten Institutionen erfolgen. Den Schwerpunkt des Monitoringkonzeptes bildet die Wirkungskontrolle, die Aufschluss gibt über die Entwicklung der Hydrodynamik, der Vegetationsstruktur sowie der Baumbestände. Hierzu ist es gleich zu Beginn der Projekte erforderlich, Grundwassermessstellen zu instal-

lieren sowie Dauerflächen einzurichten. Die Grundwassermessungen erfolgen dabei kontinuierlich über Datalogger. Die Beobachtungszeiträume für die Erfassung der Vegetationsdynamik können zwischen 3 und 5 Jahren variieren. Diese Untersuchungen sind zunächst Minimalanforderungen für eine Erfolgskontrolle. Um die Kosten hierfür in einem verträglichen Rahmen zu halten, wäre es sinnvoll, sich zunächst auf einige charakteristische Beispiele zu konzentrieren.

Sollte es fachlich als sinnvoll erachtet werden, kann das Monitoringkonzept im Laufe des Programms jederzeit durch weitere Kompartimente der Biozönose (z.B. Entomofauna, Funga) sowie weitere hydrologische und bodenkundliche Untersuchungen ergänzt werden. Ziel der Wirkungskontrolle sollte es sein, auf der Grundlage von Berechnungen von Klimabilanzen und der Dokumentation von Sukzessionsprozessen in Abständen von 3 bis 5 Jahren den Zustand der Projektgebiete zu dokumentieren, damit gegebenenfalls Maßnahmen korrigiert und Fehlentwicklungen vermieden werden können.

6 Vorschläge für Schwerpunkträume

Für die Förderung im Rahmen des biologischen Klimaprogramms sind grundsätzlich alle Waldmoore geeignet, die ein Potenzial zur Optimierung ihrer Klimawirksamkeit und ihres Naturschutzwertes aufweisen. Für eine weitergehende Priorisierung im Hinblick auf ihr Entwicklungs- und Umsetzungspotenzial sollten die in Abbildung 5.1 aufgeführten Beurteilungskriterien verwendet werden. Da entsprechende in Datenbanken gespeicherte Informationen landesweit nicht vorliegen, ist eine detaillierte Vorauswahl im Rahmen dieser Studie nicht möglich. Dennoch können die hier vorgestellten Ergebnisse in engen Grenzen dazu beitragen, in Zukunft eine Umsetzungskulisse zu entwickeln.

So wurde deutlich, dass bezogen auf die Gesamtfläche der Schwerpunkt der Waldmoore im Östlichen Hügelland liegt. Unsere Erfahrungen aus Geländebegehungen und Voruntersuchungen zeigen, dass die Waldmoore in diesem Naturraum darüber hinaus hydrologisch eng miteinander verzahnt sind und die Vernässbarkeit vergleichsweise hoch einzustufen ist. Abgesehen von Waldmooren in Flusstälern, die hydrologisch in hohem Maße mit den Fließgewässern verknüpft und daher nur durch Maßnahmen im Flussbett effektiv vernässbar sind, bietet das Östliche Hügelland eine Fülle leicht vernässbarer Senken in Waldgebieten, die sich durch ein ausgeprägtes Relief auszeichnen. Letzteres dürfte auch dazu beitragen, dass an Moorflächen angrenzende Wertholzbestände von der Vernässung nicht negativ beeinflusst werden, sondern von der Maßnahme eher positive Effekte auf das Waldinnenklima zu erwarten sind. Auch für zahlreiche entwässerte Quellmoore der Hohen Geest dürften diese Zusammenhänge gelten.

Weitaus schwieriger und kostenaufwändiger wird sich die Vernässung von gehölzreichen Hochmoorrandbereichen und Waldmooren in Niederungsbereichen der Vorgeest gestalten. Das einfache Schließen von Gräben wird sehr wahrscheinlich nicht ausreichen, um die erwünschten Effekte zu erzielen, da man großflächig auch von diffusen Sickerwasserverlusten ausgehen kann. Die von uns ausgewählten drei Schwerpunkträume (SR) liegen deshalb überwiegend im Östlichen Hügelland. Nur der SR „Westensee und Umgebung“ dokumentiert einen Übergang von der Jungmoränenland-

Tabelle 6.1: Flächencharakteristik der ausgewählten Schwerpunkträume.

Flächengröße (ha)	Eutin	Westensee	Glücksburg
Wald gesamt	4.290	2.293	467
Waldmoore gesamt	571	669	189
Anteil Waldmoore (%)	13	29	40
Moorwald biotopkartiert	401	189	7
Waldmoore FFH-Kulisse	2	16	3
Biotoptyp Moorwald (MW)	2	0	0
Keine Biotop-Information	166	464	179

schaft zur Vorgeest. Alle SR besitzen einen überdurchschnittlich hohen Flächenanteil von Waldmooren an der gesamten Waldfläche (Tab. 6.1).

6.1 Schwerpunktraum Eutin

Die Wälder des etwa zu gleichen Teilen den Landesforsten und der Herzoglich Oldenburgischen Verwaltung gehörenden SR „Eutin“ sind durch eine Vielzahl kleiner bis mittelgroßer Waldmoore gekennzeichnet (Abb. 6.1). Mittlerweile hat hier auch die Stiftung Naturschutz einige kleinere Waldflächen erworben. Umfangreiche Geländebegehungen und Voruntersuchungen haben gezeigt, dass die Vielfalt der Waldmoore in diesem SR außerordentlich hoch ist. Es wechseln sich kleinflächige torfmoosreiche, nährstoffarme Moorwälder mit Quellwäldern und Bruchwäldern ab. Außerdem kommen alle natürlichen und anthropogen veränderten hydrologischen Stadien sowie die unterschiedlichsten Baumbestände vor. Die einzelnen Waldmoore haben entweder ein sehr kleines, isoliertes Wassereinzugsgebiet (z.B. Kesselmoore) oder sind kaskadenartig entlang von Höhengradienten miteinander vernetzt. Die Vernässbarkeit der meisten Flächen ist nach Voranalyse des Gewässernetzes hoch.

6.2 Schwerpunktraum Westensee

Der SR „Westensee und Umgebung“ (Abb. 6.2) besitzt einen noch höheren Flächenanteil an Waldmooren. Die Eigentumsverhältnisse sind ähnlich verteilt wie im SR „Eutin“. Große Flächen gehören den Landesforsten und dem Gut Deutsch-Nienhof, aber auch die Stiftung Naturschutz ist mit Waldmoorflächen vertreten. Eine differenzierte Darstellung der Waldmoortypen ist aufgrund des Mangels an biotopkartierten Flächen schwierig. Man kann aber davon ausgehen, dass die Verhältnisse zumindest der im Jungmoränenbereich des SR liegenden Flächen die gleichen Ausprägungen aufweisen wie jene im SR „Eutin“. Eine Ausnahme dürften die im Emkendorfer Tunneltal liegenden Waldmoore sein, denn dieser Bereich ist naturräumlich und standortsökologisch bereits der Vorgeest zuzuordnen.

6.3 Schwerpunktraum Glücksburg

Der dritte SR „Glücksburg“ (Abb. 6.3) liegt im nordöstlichen Teil Schleswig-Holsteins nahe der Ostseeküste ausschließlich im Jungmoränengebiet des Östlichen Hügellandes. Eigentümer der dortigen Waldgebiete sind fast ausschließlich die Landesforsten. Auffällig ist der sehr hohe Waldmooranteil am gesamten Waldgebiet von 40 %, der dazu führt, dass hier größere zusammenhängende Moorflächen vorkommen als in den anderen SR. Über die Qualität der Flächen lässt sich aktuell noch nicht viel sagen, da der Bereich in der aktuellen Biotopkartierung noch nicht freigegeben ist.

Schwerpunktraum Eutin

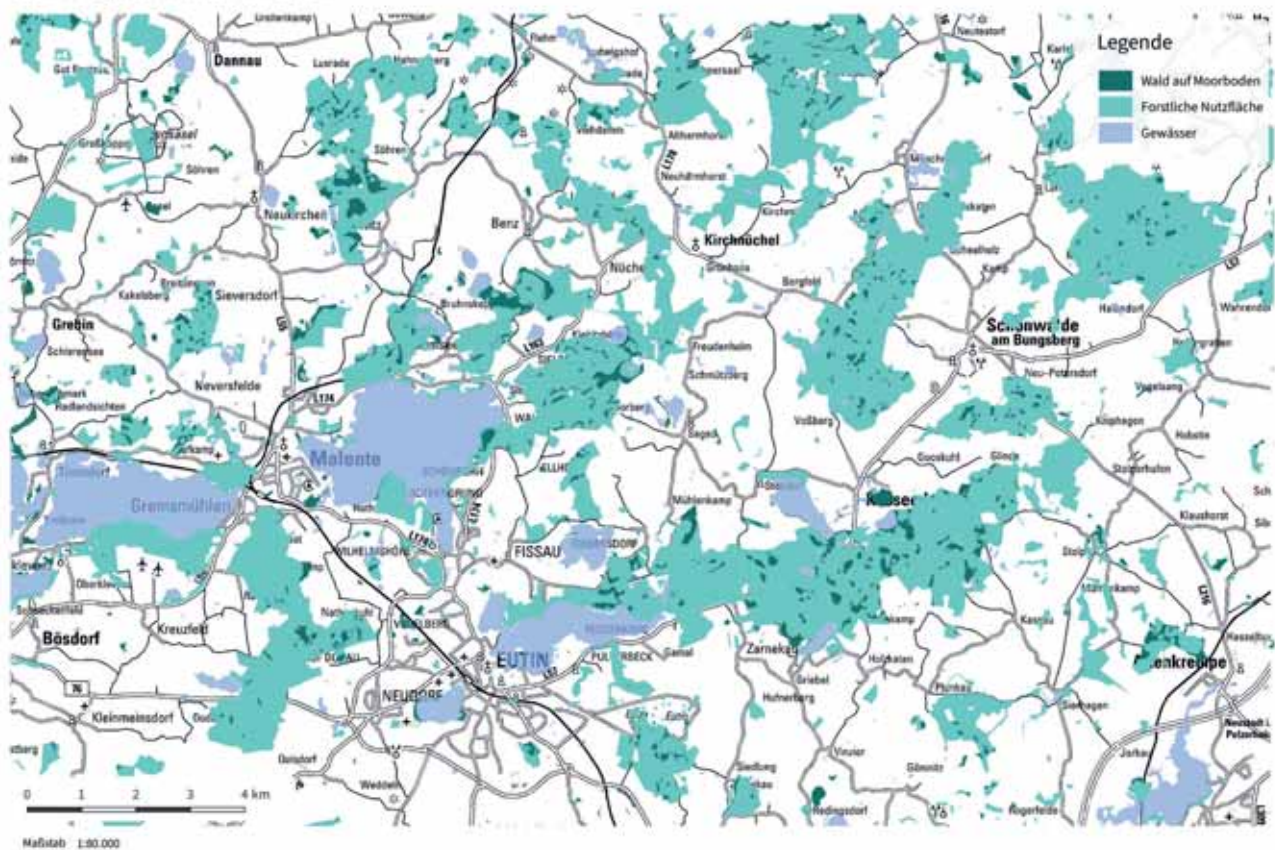


Abbildung 6.1: Waldflächen und darin befindliche Moore des Schwerpunktraumes „Eutin und Umgebung“ im Östlichen Hügelland.

Schwerpunktraum Westensee

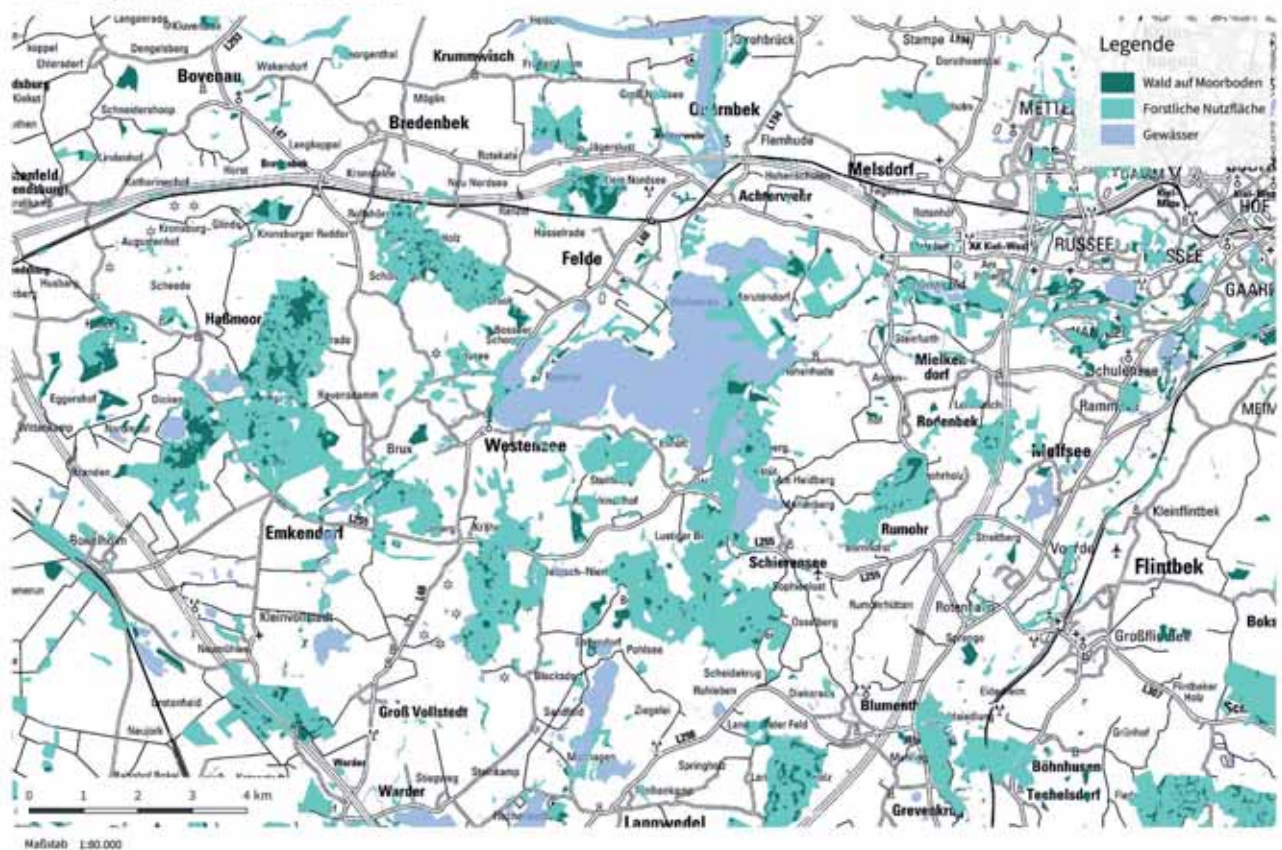


Abbildung 6.2: Waldflächen und darin befindliche Moore des Schwerpunktraumes „Westensee und Umgebung“.

Schwerpunktraum Glücksburg

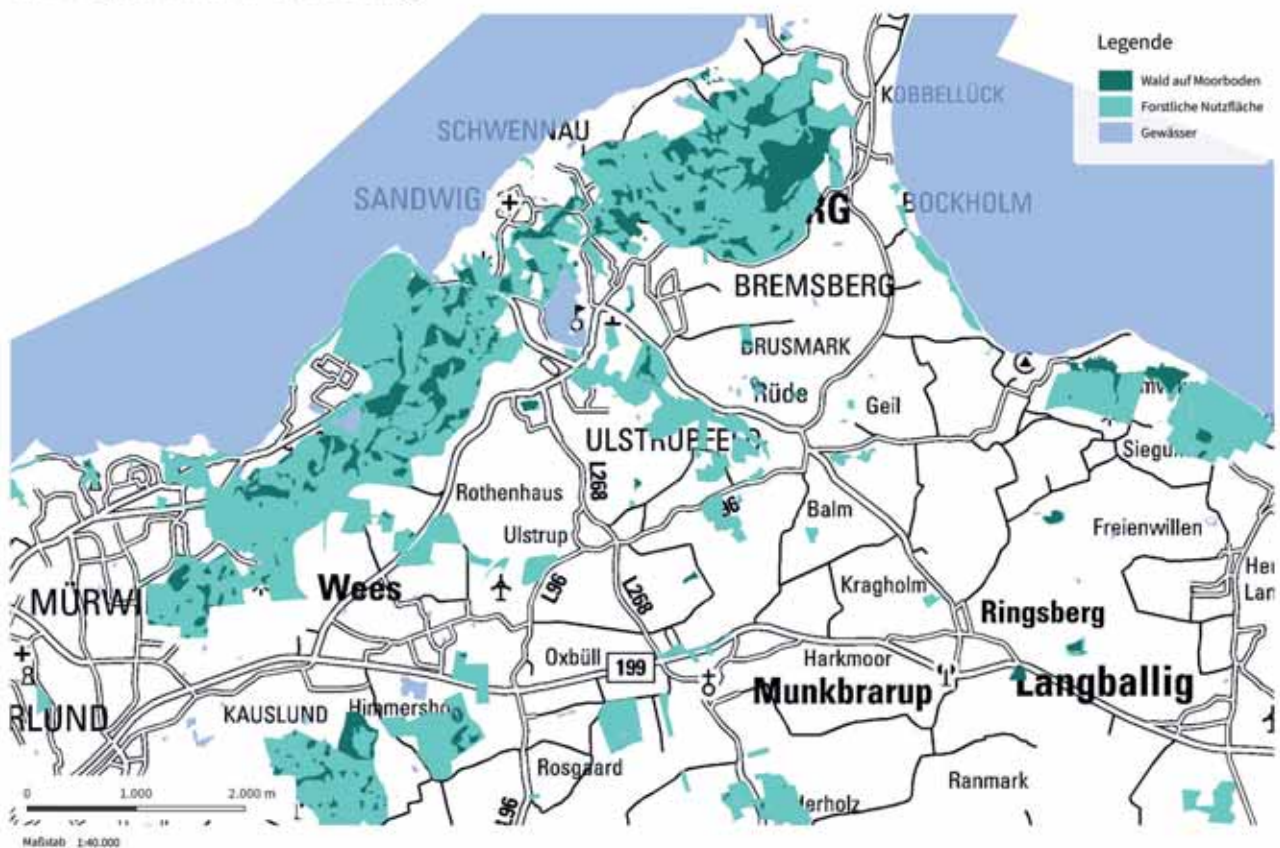


Abbildung 6.3: Waldflächen und darin befindliche Moore im Schwerpunktraum „Glücksburg“.

7 Potenzielle Pilotprojekte

7.1 Hasenmoor bei Felde

Das ca. 80 ha große, überwiegend bewaldete Projektgebiet Hasenmoor befindet sich im Eigentum der Stiftung Naturschutz. Es liegt im Kreis Rendsburg-Eckernförde in der Gemeinde Felde etwa auf halber Strecke zwischen Kiel und Rendsburg an der A210. Die Autobahn durchschneidet das Gebiet im Norden, eine Bahnlinie bildet im Süden die Begrenzung. Das Gebiet ist ein typischer Ausschnitt der Jungmoränenlandschaft des Ostholsteinischen Hügellandes, der durch stark reliefierte Grundmoränen mit kleinen und größeren vermoorten Niederungsbereichen geprägt ist. Vorherrschender Bodentyp im Norden und Osten ist Pseudogley-Parabraunerde mit kleinen, eingestreuten Niedermoorlinsen. Laut Bodenkarte überwiegt im zentralen Bereich des Projektgebietes Niedermoor, im Südosten befinden sich Hochmoorböden mit geringer Mächtigkeit (ca. 0,75 m und > 1,5 m) (Abb. 7.1).

Die Flächen werden durch Gräben nach wie vor entwässert und sind auch durch die Gesamtentwässerung der Landschaft im Wasserhaushalt beeinträchtigt. Insbesondere das Hochmoor ist stark entwässert und die Torfe zeigen entsprechende Degradationen. In einigen Niedermoorflächen liegt noch eine vergleichsweise gute Wasserversorgung vor, ein großer Teil ist aber auch stärker entwässert. Die Karte der Biotoptypen (Abb. 7.2) spiegelt die unterschiedlichen Entwässerungsstadien in den Niedermoorflächen wider. Neben nassen Erlen- Weiden- und Birkenbruchwäldern (WB) charakterisieren die Vorkommen von Feuchtwäldern (WT), Sumpfwäldern (WE) und vor allem Nadelholzforste und Mischwälder auf frischen Standorten (WF) sowie bodensaure Eichen-Birkenwälder (WL) die tiefer entwässerten Moorstandorte.

Die bisherigen Maßnahmen haben sich auf einen naturnahen Waldumbau beschränkt. Teilflächen wurden bereits als Naturwald ausgewiesen. Das übergeordnete Ziel ist aber die Wiederherstellung moortypischer Wasserstände zur Förderung biotoptypischer Lebensräume und der Verringerung von Torfzehrung, CO₂- und Nährstofffreisetzung. Es wurden daher durch Herrn Dr. Rickert Maßnahmen erarbeitet mithilfe derer der aktuelle Torfschwund in möglichst vielen Bereichen verlangsamt oder gestoppt und im Optimalfall

auch wieder ein erneutes Torfwachstum initiiert werden kann. Um negative Auswirkungen auf besonders und streng geschützte Arten oder weitere seltene Arten auszuschließen, wurden die Daten zu den bekannten Artvorkommen ausgewertet und bei der Planung berücksichtigt. So wird zum Beispiel für Bereiche die sich bereits kleinräumig durch hochwertige Vegetationsbestände auszeichnen ein langsamer Anstau über mehrere Jahre hinweg durch Einbau regulierbarer Staue empfohlen, um den Beständen die Möglichkeit zu geben sich entsprechend an die veränderten Bedingungen anzupassen. Ebenfalls berücksichtigt werden wasserrechtliche Zielkonflikte.

Die Maßnahmen wurden in 12 Module unterteilt von denen jedes einzeln und unabhängig von einander umgesetzt werden kann. Die Maßnahmen eines Moduls wirken sich ausschließlich auf die Bereiche innerhalb der Modulgrenze aus. Da sich das Hasenmoor bereits durch eine hohe Naturnähe auszeichnet, wurden die Maßnahmen wartungsarm und möglichst natürlich konzipiert. Auf regulierbare Rohre oder Mönche wurde weitestgehend verzichtet. Überflüssiges Wasser soll nach Möglichkeit über Bereiche mit gewachsenem Boden und geringen Gefälle ablaufen.

Das Projekt bietet ideale Voraussetzungen für die Etablierung eines vorzeigewürdigen Modellvorhabens. Dies erfordert zwangsläufig auch die Umsetzung eines an die Zielkonzeption angepassten hydrologischen, bodenkundlichen und biozönotischen Monitoringkonzeptes.

7.2 Waldgebiet Sandfeld nahe Eutin (Abt. 710 der Landesforsten)

Wie im vorangegangenen Kapitel gezeigt, gehören den Landesforsten im Schwerpunktraum „Eutin und Umgebung“ ausgedehnte Waldflächen, in denen auch zahlreiche Moore liegen. Die meisten dieser Waldmoore sind vergleichsweise stark entwässert und bieten daher ein hohes Potenzial für die Erreichung der Ziele des Landesprogramms zum biologischen Klimaschutz. Die hydrogeologischen Rahmenbedingungen für eine effektive Vernässung sind in der Regel gegeben. Wir haben den ca. 8 ha großen Geländeausschnitt „Sandfeld“

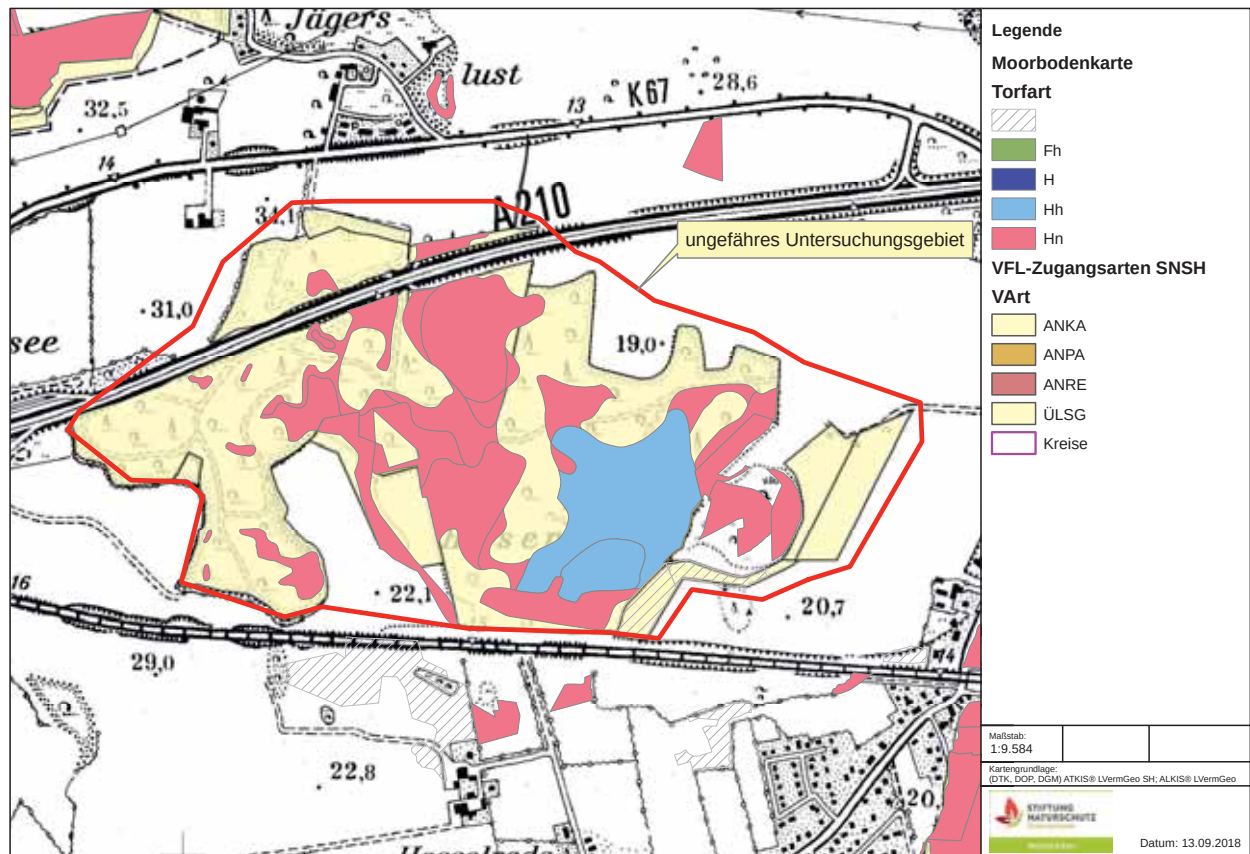
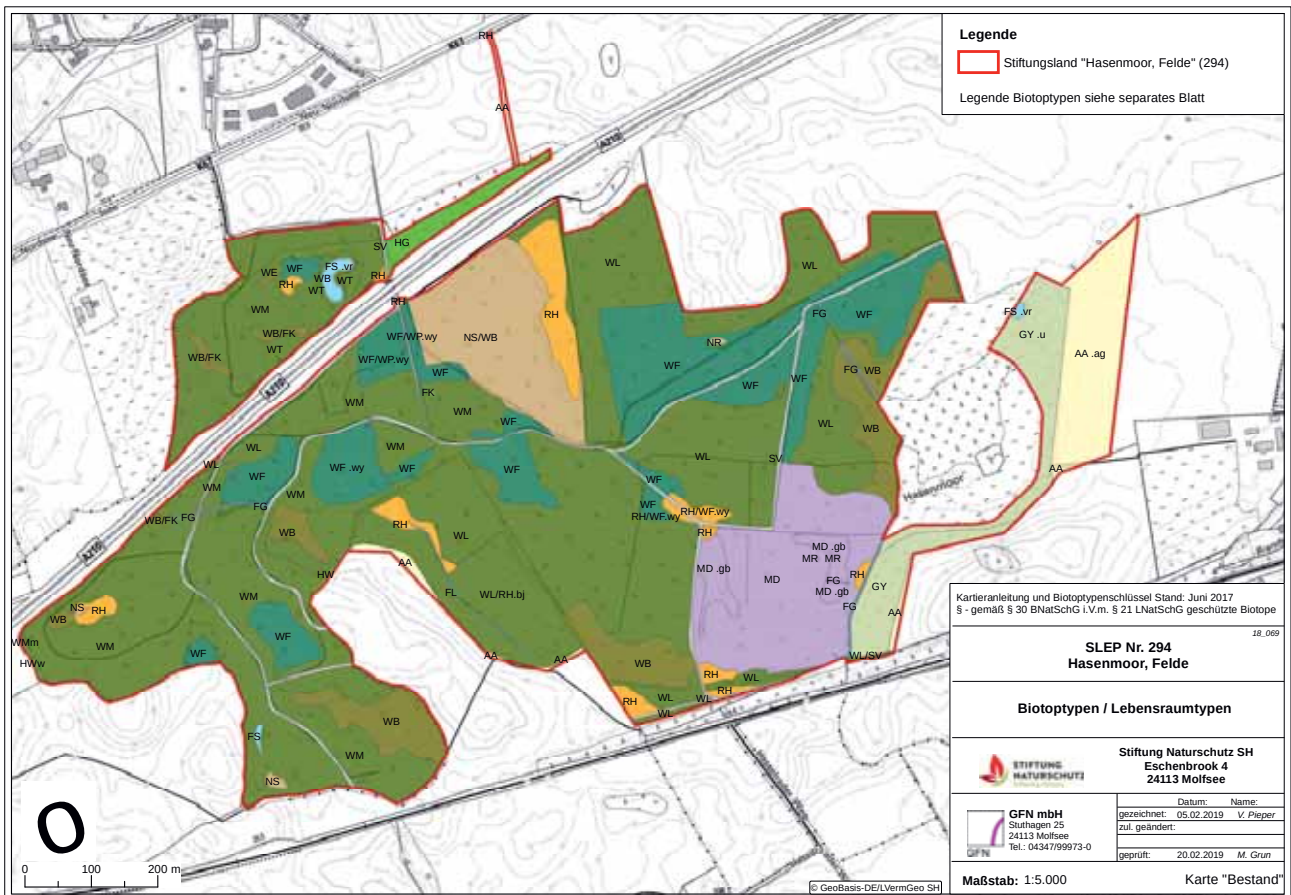


Abbildung 7.1: Moorbodenkarte für das Projektgebiet Hasenmoor (aus GFN 2019).

7 Potenzielle Pilotprojekte



Biotoptypen

- Bruchwälder und Brüche (WB)
- Sumpfwälder (WE)
- Nadelholzforste und Mischwälder auf frischen Standorten (WF)
- Laubwälder auf bodensauren Standorten einschließlich natürlicher Eichen-Kiefernwälder (WL)
- Laubwälder auf reichen Böden (WM)
- Flattergras-Buchenwald (WMm)
- Entwässerte Feuchtwälder (WT)
- Feldgehölze (HG)
- Knicks im Wald und am Waldrand (HWw)
- Knicks (HW)
- Gräben (FG)
- Kleingewässer (FK) §
- Naturnahe lineare Gewässer (FL)
- Größere Stillgewässer (Seen und Weiher) (FS) §
- Degenerierte Moorflächen (MD) §
- Regenerationskomplexe (MR) §
- (Land)Röhrichte (NR) §
- Großseggen- und Simsenriede sowie sonstige Staudensümpfe (NS) §
- Artenarmes bis mäßig artenreiches Grünland (oder Sonstiges Grünland) (GY)
- Äcker (AA)
- Intensivacker (AAy)
- Ruderaler Gras- und Staudenfluren (RH)
- Verkehrsflächen (SV)

Abbildung 7.2: Karte der Biotoptypen für das Projektgebiet Hasenmoor (aus GFN 2019).

(Abb. 7.3) ausgewählt, weil er sich sehr gut als Musterbeispiel für die hohe Effektivität und Umsetzbarkeit von Managementmaßnahmen im Schwerpunktraum Eutin und Umgebung eignet. Er soll außerdem zeigen, dass die Größe potenziell ökologisch aufzuwertender Waldmoore nicht alleiniges Kriterium für die Gebietsauswahl sein darf, sondern dass auch solche kleinen Gebiete integriert werden müssen, wenn man einen „Flächeneffekt“ des Programmes erreichen möchte.

Das Gebiet wird aktuell im Rahmen einer studentischen Masterarbeit zusammen mit zahlreichen weiteren, in der Flächenkulisse der Landesforsten liegenden Waldmooren intensiv bodenkundlich und vegetationskundlich untersucht (Matern o.D.). Die hier gezeigten Ergebnisse des Waldgebietes Sandfeld sind in mehrfacher Hinsicht aufschlussreich. Zunächst wird deutlich, dass die durch eigene, in Form von Transekten durchgeführten Bohrungen verifizierte Moorbodenkarte des LLUR nur in Teilbereichen durch die aktuelle Biotopkartierung gespiegelt wird (Abb. 7.4). Nur die Biototypen WB (Bruchwald) und WT (entwässerter Feuchtwald) lassen auf Moorböden schließen. Die übrigen

Biototypen wie WE (Sumpfwälder) indizieren laut der Kartieranleitung (LLUR 2018) keine Moorflächen. Auffällig ist darüber hinaus, dass auf den Moorböden des Projektgebietes auch Mischwälder mit Nadelholzanteilen (WF) und Buchenwälder (WM) vorkommen. Beide Biototypen haben ihren Vorkommensschwerpunkt auf frisch bis feuchten, grundwasserfernen Mineralbodenstandorten. Wie die eigenen aktuellen Vegetationsaufnahmen belegen, ist dies jedoch kein Kartierfehler, sondern entspricht den tatsächlichen Verhältnissen. Gelegentlich wurden auf den Moorböden in Sandfeld im Randbereich sogar gutwüchsige alte Rotbuchen aufgenommen.

Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass der bei der landesweiten Auswertung auftretende Anteil an Laubmischwäldern zumindest teilweise realistisch sein kann und nicht unbedingt auf Verschneidungseffekte zurückzuführen sein muss. Wir haben für diese Biototypen ein GWP von 30 t CO₂-Äquivalenten pro ha und Jahr angegeben. Die Abschätzung der Klimarelevanz ergibt für das acht Hektar große Projektgebiet ein GWP von etwa 160 t CO₂eq. a⁻¹. Die daraus resultie-

Lage des Projektgebietes Sandfeld

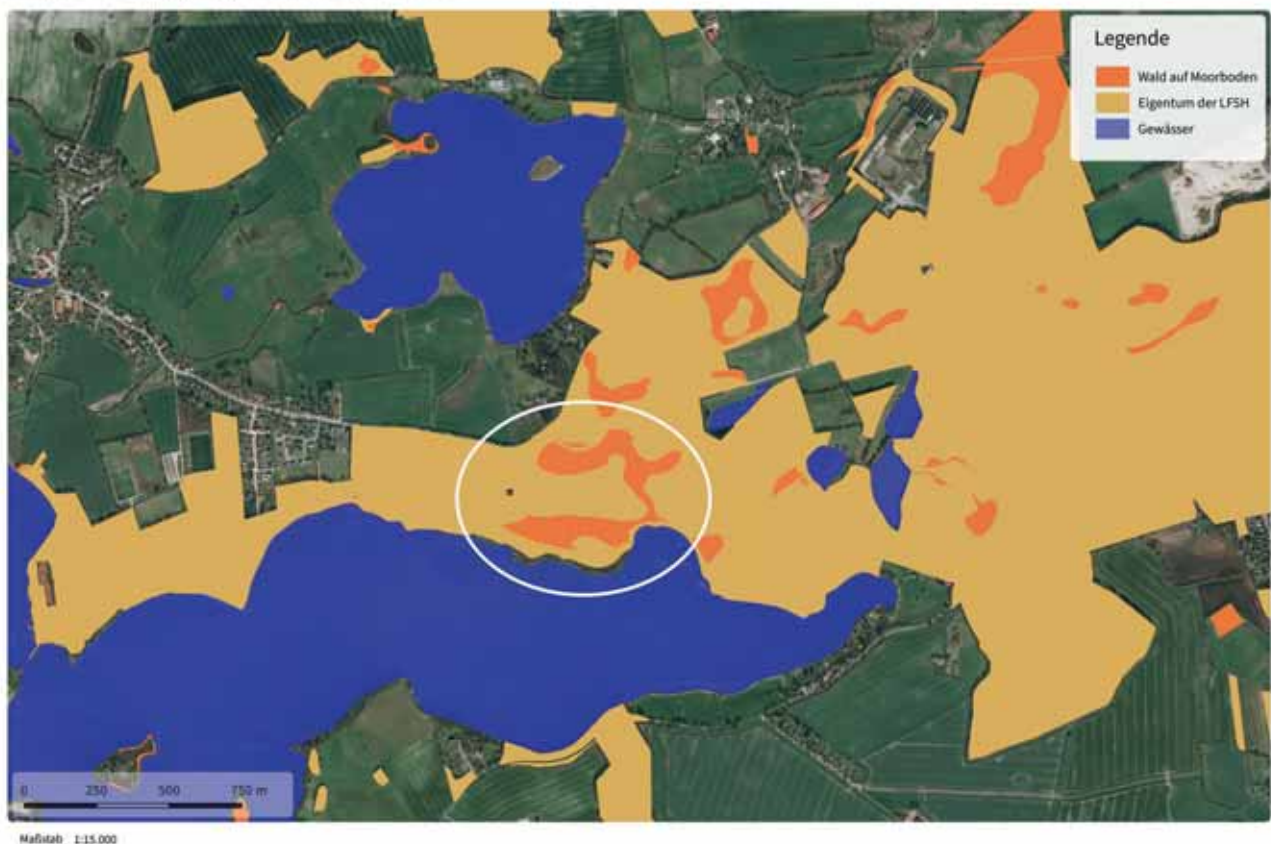


Abbildung 7.3: Lage des Projektgebietes Sandfeld im Schwerpunktraum Eutin.

Sandfeld Biotoptypen

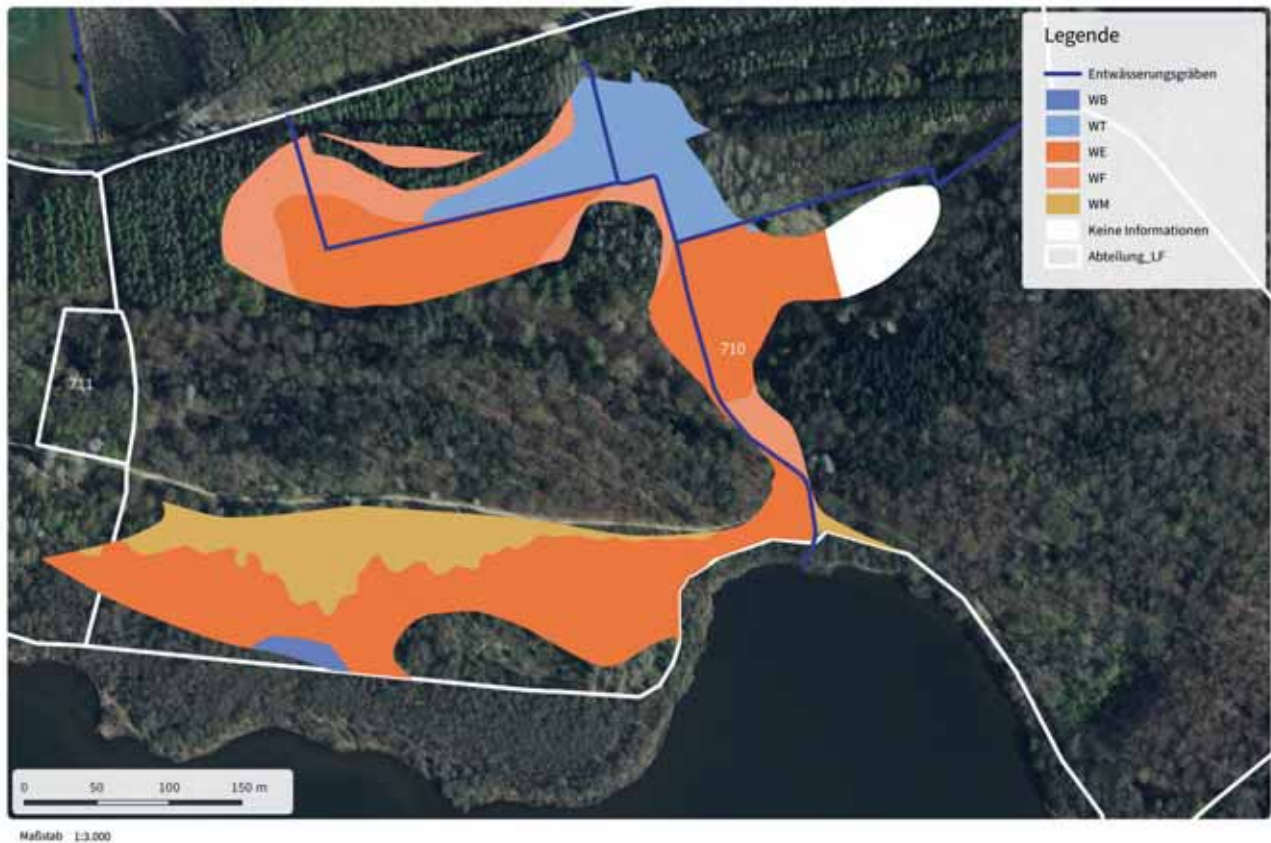


Abbildung 7.4: Moorbereiche im Projektgebiet Sandfeld, von denen Informationen der Biotopkartierung vorliegen. Es bedeuten: WB = Bruchwald; WE = Erlen-Eschen-Sumpfwald; WF = Mischwälder auf frischen Standorten; WM = Flattergras-Buchenwald; WT = entwässerter Feuchtwald.

renden ca. $20 \text{ t CO}_2\text{eq. ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ verdeutlichen das hohe Retentionspotenzial durch Anhebung der Wasserstände.

Das Entwässerungssystem des Gebiets ist überschaubar. Der von zwei Seitengräben gespeiste Hauptgraben zieht von Norden kommend dem Höhengradienten folgend in Richtung des Großen Eutiner Sees (Abb. 7.4). Es sind laut der landesweiten Gewässernetzkarte Hauptverbandsgräben, für deren Rückbau normalerweise aufwändige Genehmigungen erforderlich sind. Aus dieser Abbildung wird nicht deutlich, dass nicht nur die Hauptentwässerungsgräben zur Absenkung des Gebietswasserhaushaltes beitragen. Es sind zusätzliche kleinere Gräben vorhanden, die aus dem aktuell zur Verfügung stehenden Kartenmaterial nicht hervorgehen. Dieser Umstand belegt, dass es bei jedem Projektgebiet unerlässlich ist, eine Geländebegehung zur detaillierten Erfassung der hydrologischen Bedingungen durchzuführen. Nach Rücksprache mit dem Wasser- und Bodenverband Ostholstein haben sich

die Rahmenbedingungen für die Förderung des Wasserrückhaltes in der Landschaft in den letzten Jahren zumindest im Verwaltungsbereich dieses Verbandes grundlegend geändert. Sofern keine Hinterlieger von Vernässungsmaßnahmen direkt betroffen sind, wären diese mittlerweile in diesem Fall auch ohne Genehmigungsverfahren umsetzbar.

Das Projektgebiet Sandfeld hat auch bezüglich potenzieller waldbaulicher Maßnahmen Modellcharakter. Gemäß der Zielsetzung, standortgerechte Baumarten zu fördern, bestünde in diesem Gebiet theoretisch die Möglichkeit, bei den von Hybridpappeln dominierten Waldbeständen bei gleichzeitiger Vernässung die Entwicklung zu Erlenbruchwäldern zu initiieren. Da aktuell im Gebiet nur im Uferbereich des Eutiner Sees Erlen als potenzielle Samenbäume vorkommen, wären initiale Pflanzungen an den degradierten Standorten sinnvoll. Dieses Vorgehen wäre auch dort zu empfehlen, wo größere Eschen-Reinbestände als Folge des Eschentriebsterbens flächendeckend abgestorben sind.

An dieser Stelle zeigt sich aber ein grundsätzliches Problem für die Umsetzung eines wirksamen Waldmoormanagements, denn die Flächen wurden von den Landesforsten als Naturwald ausgewiesen. Inwieweit dieser Status grundsätzlich waldbauliche Maßnahmen verbietet oder ob sie begleitend zur Vernässung noch möglich sind, sollte zeitnah geklärt werden.

7.3 Waldgebiet Nienkattbek

Der Wald südlich von Nienkattbek ist ein weiteres Projektgebiet der Landesforsten. Es liegt südlich von Jevenstedt im Kreis Rendsburg-Eckernförde am Rande des Naturparks Aukrug. Das Gebiet gehört zu den wenigen Wäldern im Naturraum der Hohen Geest mit hohen Mooranteilen (Abb. 7.5). Die Moorflächen bestehen überwiegend aus Niedermoores, nur im Südosten des Gebietes befindet sich, ähnlich wie beim Hasenmoor bei Felde (s. vorne) ein Hochmoor, dessen Flächen sich allerdings nicht im Eigentum der Landes-

forsten befinden. Die Moore des Projektgebietes sind überwiegend flachgründig. Nur im Süden (Abt. 3774 in Abb. 7.5) befinden sich kleine Moorflächen mit Torfmächtigkeiten über 150 cm. Alle Waldmoore sind entwässert, wobei den größten Flächenanteil Standorte mit der Indexzahl „2“ aufweisen. Dies bedeutet, dass dort der Kapillarsaum in der Vegetationszeit im Mittel zwischen 60 und 100 cm unter der Geländeoberfläche liegt.

Die Biotope des Projektgebietes wurden flächendeckend im Rahmen der aktuellen Kartierung erfasst. Neben den o.a. Indexzahlen der forstlichen Standortskartierung liegt damit eine weitere Information zur Beurteilung des Wasserhaushaltes vor. Außerdem kann dadurch der Naturschutzwert eingeschätzt werden. Die Ergebnisse der Biotopkartierung bestätigen in weiten Bereichen die Daten der forstlichen Standortskartierung (Abb. 7.6). Der größte Flächenanteil der Niedermoores besteht aus „Mischwaldbeständen auf frischen Standorten“ (WF) mit hohen Anteilen an Nadelhöl-

Moorwaldflächen Nienkattbek



Abbildung 7.5: Moorflächen (Standortstyp „31“ der forstlichen Standortskartierung) mit zusätzlichen Angaben zur Torfmächtigkeit von I (15-30cm) bis V (< 150cm) und den Indexziffern zur Kennzeichnung des Wasserhaushaltes (siehe Kapitel 3).

Biotoptypen Nienkattbek



Abbildung 7.6: Ergebnisse der Biotopkartierung für das Projektgebiet Nienkattbek. Es bedeuten: WB = Bruchwälder; WT = entwässerte Feuchtwälder; WE = Sumpfwälder; WF = Mischwälder auf frischen Standorten; WL = Laubwälder auf bodensauren Standorten; WM = Laubwälder auf reichen Böden; MD = degenerierte Hochmoorflächen; MR = Hochmoor-Regenerationskomplexe.

zern (s. auch Tab. 7.1). Dies untermauert einerseits den schlechten hydrologischen Zustand der Moorflächen und deren hohen Degradationsgrad. Andererseits wird dadurch das hohe Restitutionspotenzial für den Klima- und Naturschutz offenbar. Nur am Rand eines kleinen Fließgewässers in der Abteilung 3778 (Abb. 7.6) befindet sich ein naturnaher Bruchwald (WB), der auf höhere Wasserstände schließen lässt. Im Zentrum des Gebietes wurde auf den Moorflächen ein Sumpfwald kartiert, der bei korrekter Vorgehensweise als Feuchtwald (WT) hätte eingestuft werden müssen, weil diese Flächen nach der forstlichen Standortskartierung als Moor eingestuft wurden. Da zur Geländeausrüstung der Kartierer*innen kein Bohrstock gehört, ist diese Fehleinschätzung unvermeidlich. Die höher gelegenen Mineralbodenflächen des Gebietes werden überwiegend von Laubwäldern auf bodensauren und reichen Standorten besiedelt, die teilweise den Status als FFH-Lebensraumtyp besitzen. Nach der geplanten Umsetzung von Vernässungsmaßnahmen besteht unter Um-

ständen das Risiko des negativen Einflusses auf die dort vorkommenden Werthölzer wie Buche und Eiche. Dieser Umstand ist bei der Planung der Maßnahmen zu berücksichtigen und erfordert zwangsläufig ein darauf abgestimmtes hydrologisches Monitoring.

In Anlehnung an das in Abbildung 5.1 dargestellte Entwicklungskonzept für Waldmoore in Schleswig-Holstein haben sich die Landesforsten bereits intensiv mit diesem Projektgebiet auseinandergesetzt und auf der Grundlage eigener Daten ein detailliertes Konzept entwickelt, das noch weitere planungsrelevante Aspekte einbezieht. Davon lassen sich im Rahmen dieser Studie nur Teile präsentieren. Dennoch wird deutlich, dass die detaillierte flächenscharfe Einteilung der Waldgebiete der Landesforsten in Abteilungen und die dazugehörigen, in Datenbanken gespeicherten Informationen eine hervorragende Voraussetzung für die Planung und Umsetzung von Projekten darstellen.

Grundlage des Konzeptes in Nienkattbek ist die Auswahl von Zielgebieten (Abb. 7.7), in denen sich poten-

Tabelle 7.1: Ist-Zustand-Analyse für ausgewählte Zielgebiete des Projektes Nienkattbek. Es bedeuten: NW = Naturwald; WW = Wirtschaftswald; KP = Konfliktpotenzial. Standortstyp siehe Legende Abb. 7.5; Biotoptyp siehe Legende Abb. 7.6; Zielgebiet siehe Abb. 7.7. Naturschutz §30 = geschützte Biotope nach Bundesnaturschutzgesetz (Datenzusammenstellung C. Herty).

Zielgebiet	Status	Standortstyp	Biotoptyp	Natursch.	Bestand	KP Waldbau	KP Vernässung
1a (Kernber.)	NW	31_I_1/31_II_2	WE	§30	Erle, Esche	niedrig	niedrig
1b (Erw.)	WW	Anmoorgley	WE/WF	§30	Erle, Esche	mittel	niedrig
2	NW	31_III_1/31_II_2	WF	–	Roterle, Fichte	mittel	niedrig
3	WW	31_I_2/31_II_2	WT/WF	–	Fichte, Lärche	hoch	niedrig
4	WW	31_I_2/31_V_1/2	WF/WT/WL	–	hps. Fichte	hoch	niedrig

Zielkonzept Nienkattbek



Abbildung 7.7: Zielkonzept für das Projektgebiet Nienkattbek. ZG = Zielgebiet.

Tabelle 7.2: Maßnahmenplanung für ausgewählte Zielgebiete des Projektes Nienkattbek (Datenzusammenstellung C. Herty).

Zielgebiet	Vernässungspotential	Waldbau
1a (Kernber.)	hoch, Grabenverschluss möglich	Eschen abgestorben, Ersatzpflanzung
1b (Erw.)	entfällt, keine innenliegenden Gräben	Eschen abgestorben, Ersatzpflanzung
2	unbekannt	Waldumbau nach Vernässung
3	hoch, Grabenverschluss möglich	Waldumbau nach Vernässung
4	hoch, Grabenverschluss möglich	Waldumbau nach Vernässung

ziell unterschiedliche Managementmaßnahmen realisieren lassen (Tab. 7.2). Ausgenommen sind Waldbestände auf den Mineralböden, die teilweise als FFH-Lebensraumtypen ausgewiesen wurden. Die Ist-Zustands-Analyse dieser Zielgebiete (Tab. 7.1) verdeutlicht die großen Potenziale des Gebietes für den Klimaschutz. Die meisten dieser zwischen 2,5 bis 16,8 ha großen Flächen sind stark entwässert, sodass sich für die etwa 50 ha große Gesamtfläche bei einem angenommenen GWP von 20 bis 30 t CO₂-Äquivalenten pro ha und Jahr (Indexzahlen 1 und 2 nach forstlicher Standortkartierung) überschlagsmäßig ein Gesamtwert von 1.000 bis 1.500 t CO₂eq. a⁻¹ ergibt. Auch das Potenzial für die Umsetzung von Vernässungsmaßnahmen ist hoch, da die Entwässerungsgräben wasserrechtlich nicht als Hauptverbandsgräben ausgewiesen sind (KP niedrig, Tab. 7.1). Zudem läuft die Entwässerung der Gräben aus den Waldbeständen heraus in Richtung Umgebung. Dies bedeutet, dass Staumaßnahmen in den Wäldern selbst zu einer effektiven Vernässung der Waldmoore führen werden. Vor der Umsetzung solcher Maßnahmen ist allerdings eine detailliertere Erfassung der Wasserpfade erforderlich. Die bisher geplanten Maßnahmen beziehen sich überwiegend auf den Verschluss von Entwässerungsgräben (Tab. 7.2). Es bleibt zu prüfen, ob sich durch Anschluss an weitere Wasserpfade noch weitere hydrologische Maßnahmen ergeben.

Das von Vernässungsmaßnahmen ausgehende Konfliktpotenzial für die Forstwirtschaft hängt vom Status der Bestände und ihrer aktuellen Bestockung ab. Bei Flächen mit Naturwaldstatus (Zielgebiete 1a und 2, Tab. 7.1) besteht seitens der Landesforsten zwangsläufig kein Interesse an einer wirtschaftlichen Nutzung der Bestände. Bei den Wirtschaftswäldern wird man im Detail diskutieren müssen, welcher wirtschaftliche Verlust und die zumindest übergangsweise zu erwartende Einschränkung von Ökosystemdienstleistungen mit einer Vernässung verbunden sein wird. Im Rahmen dieser Studie ist es zu früh, auf diesen Aspekt im Detail einzugehen, da sich die Ausgestaltung von Förderrichtlinien zum Waldmoormanagement noch in der Anfangsphase befindet. Grundsätzlich sind die Landesforsten bereit, hier den ökologisch sinnvollen Waldumbau umzusetzen (Tab. 7.2).

Die Durchführung von waldbaulichen Maßnahmen ist auch im Zielgebiet 1 sinnvoll. Es handelt sich hier größtenteils um Erlen-Eschenwälder, in denen die Eschen aufgrund des grassierenden Eschentriebsterbens flächendeckend abgestorben sind. Um die in der Regel naturschutzfachlich wertvollen Biozönosen sol-

cher Wälder zu erhalten, wären hier Pflanzungen mit geeigneten Ersatzbaumarten eine geeignete Maßnahme. Hierzu finden aktuell umfangreiche Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojektes FraDiv am Institut für Ökosystemforschung der Universität Kiel statt, auf dessen Ergebnisse man zurückgreifen kann. Die Umsetzung des in den Zielgebieten 2-4 anvisierten Umbaus der überwiegend durch Nadelhölzer dominierten Bestände nach Vernässung zu Beständen mit standortgerechten Bäumen (Tab. 7.2) muss ebenfalls noch im Detail diskutiert werden. Wie Erfahrungen aus Mecklenburg-Vorpommern zeigen, wäre zum Beispiel ein Kahlschlag in den Nadelholzbeständen aufgrund der zu erwartenden negativen Auswirkungen auf das Waldinnenklima kontraproduktiv. Hier könnte die sukzessive Anhebung der Wasserstände bei paralleler Einbringung standortgerechter Gehölze eine Lösung darstellen.

Abschließend kann man gerade am Beispiel des Projektgebietes Nienkattbek davon ausgehen, dass sich eine sorgfältig geplante Vernässung und Umgestaltung der dortigen Waldmoore positiv auf den angrenzenden Hochmoorbereich und darüber hinaus auch auf den Wasserhaushalt der Wertholzbestände auswirken wird. Ein begleitendes Monitoring ist obligatorisch.

8 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie haben gezeigt, dass ein nachhaltiges Management in den Waldmooren Schleswig-Holsteins einen wesentlichen Beitrag zur Erfüllung der im Landesprogramm zum biologischen Klimaschutz formulierten Ziele leisten kann. Die Landesregierung hat sich vorgenommen, bis zum Jahr 2030 die aktuelle Gesamtemission der Moore (2,8 Mio. t CO₂eq. pro Jahr nach Berechnungen des Institutes für Ökosystemforschung der CAU) um 700.000 t CO₂eq. pro Jahr zu reduzieren. Dieses Vorhaben ist mit 25 % Reduktion deutlich ambitionierter als das aktuell in der Moorschutzstrategie des Bundes für die Moore Deutschlands diskutierte Reduktionsziel von 12 %.

Selbst bei konservativer Bilanzierung der Klimawirksamkeit beträgt das CO₂-Einsparungspotenzial durch Vernässung und standortgerechtem Waldumbau in Waldmooren etwa 230.000 bis 280.000 t CO₂eq. pro Jahr. Das entspricht einem jährlichen CO₂-Ausstoß von mehr als 100.000 Mittelklasse-PKW bei einer durchschnittlichen Fahrleistung von 15.000 km. Damit können mindestens ein Drittel der insgesamt im Landesprogramm bis 2030 anvisierten Einsparung umgesetzt werden.

Für die Umsetzung von Maßnahmen wurden in der Studie Schwerpunkträume definiert. Aufgrund des hohen absoluten und relativen (bezogen auf die gesamte Waldfläche) Flächenanteils von Waldmooren bieten sich dabei in erster Linie die Wälder im Östlichen Hügelland des Landes an. Außerdem eignen sich die hydrogeologischen Bedingungen hier sehr gut für die praktische Umsetzung von Vernässungsmaßnahmen. Grundsätzlich sind hierfür auch Teilbereiche der Altmoränenlandschaft (Hohe Geest) geeignet, nur sind die Moorflächenanteile hier deutlich geringer als im Osten des Landes. Die Vernässung der Waldmoore in der nur schwach reliefierten Vorgeest und im Übergangsbereich der Marsch zur Hohen Geest wird sehr wahrscheinlich technisch aufwändiger und kostenintensiver sein. Da es sich hier zum großen Teil um Hochmoorrandbereiche handelt, sollte die Renaturierung dieser Flächen bezüglich Planung und Umsetzung an die landesweiten Bemühungen zur großflächigen Hochmoorrestitution angeschlossen werden.

Ein nachhaltiges Waldmoormanagement wird sich nicht nur auf die Klimabilanz, sondern auch auf die Lebensraumqualität der Kulturlandschaft Schleswig-Holsteins positiv auswirken. Man kann davon ausgehen, dass die angestrebte Entwicklung der überwiegend nährstoffreichen Waldmoorstandorte zu Bruchwäldern zu schnelleren Erfolgen hinsichtlich der Lebensraumqualität führen werden als die Restitution nährstoffarmer Moorökosysteme.

Die Umsetzung eines zielgerichteten Waldmoormanagements mit entsprechend hoher Flächenwirkung ist administrativ eine Mammutaufgabe. Ein erster Schritt in die richtige Richtung ist die Bereitschaft der Landesforsten und der Stiftung Naturschutz, hier eine Vorreiterrolle einzunehmen. Mit der zeitnahen Umsetzung von Pilotprojekten, wie sie in dieser Studie vorgestellt werden, können wichtige Erfahrungen gesammelt werden. Diese sollten genutzt werden, um auch weitere öffentliche Institutionen und vor allem Privatwaldeigentümer, die landesweit den größten Flächenanteil an Waldmooren besitzen, für eine Beteiligung am Landesprogramm zu motivieren. Eine wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung des Programmes ist die Etablierung einer zentralen Koordinationsstelle, die bereits 2020 mit dem Zentrum für Biologischen Klimaschutz der SNSH eingerichtet wurde.

Ein entscheidender Aspekt für die zukünftige politische Akzeptanz von Maßnahmen zur nachhaltigen Waldmoorentwicklung ist die Umsetzung einer begleitenden Erfolgskontrolle. Die vorliegende Studie enthält umfangreiche Vorschläge zur Ausgestaltung eines Monitoringkonzeptes. Erwähnt werden muss allerdings auch, dass bislang noch keine Erkenntnisse über die von einer Vernässung der Waldmoore ausgehenden Auswirkungen auf die Ökologie angrenzender grundwassernaher und kohlenstoffreicher Böden wie Anmoorgleye und Moorgleye vorliegen. Hier besteht nicht nur für die Waldgebiete, sondern für ganz Schleswig-Holstein dringender Forschungsbedarf, denn die vom LLUR für diese Standorte landesweit kalkulierte Fläche beträgt immerhin 32.000 ha.

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass die Integration der Waldmoorentwicklung in das Landesprogramm zum biologischen Klimaschutz einen wertvollen Beitrag für

die Klimapolitik des Landes Schleswig-Holstein leisten wird. Man kann zudem davon ausgehen, dass sich die Maßnahmen in den Waldmooren auch auf den Wasserhaushalt der Waldgebiete, in die sie eingebettet sind, positiv auswirken werden. Die bisherigen Ansätze zur Anpassung von Wäldern an den Klimawandel werden damit um einen entscheidenden Aspekt erweitert.

Danksagung

Wir danken den Landesforsten Schleswig-Holstein, der Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein und dem Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume für die Bereitstellung umfangreicher Datensätze sowie für die zahlreichen fachlichen Diskussionsbeiträge im Verlauf dieser Studie. Frau Christiane Herty von den Landesforsten hat die Zusammenstellung der Daten und konzeptionellen Überlegungen zum Pilotprojekt „Nienkattbek“ übernommen.

Literatur

- BMU (2020). *Moorschutzstrategie der Bundesregierung*. Diskussionspapier. Stand: November 2020. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU). URL: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/diskussionspapier_moorschutzstrategie_bundesregierung_bf.pdf.
- Bretschneider, A. (2012). „Moorschutzprogramm Schleswig-Holstein“. In: *TELMA - Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde* 42, S. 103–114. DOI: 10.23689/FIDGEO-2966.
- BWI (2012). *Dritte Bundeswaldinventur*. Ergebnisdatenbank. Thünen-Institut. URL: <https://bwi.info/>.
- Couwenberg, J. (2011). „Vegetation as a proxy for greenhouse gas fluxes - the GEST approach“. In: *Carbon credits from peatland rewetting: climate, biodiversity, land use: science, policy, implementation, and recommendations of a pilot project in Belarus*. Hrsg. von F. Tanneberger und W. Wichtmann. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers. Kap. 3.4, S. 37–42. ISBN: 978-3-510-65271-6. URL: <http://schweizerbart.com/9783510652716>.
- Couwenberg, J., J. Augustin, D. Michaelis, W. Wichtmann und H. Joosten (2008). *Entwicklung von Grundsätzen für eine Bewertung von Niedermooren hinsichtlich ihrer Klimarelevanz*. Endbericht. Institut für Botanik und Landschaftsökologie und Institut für Dauerhaft Umweltgerechte Entwicklung von Naturräumen der Erde (DUENE) e.V. Greifswald.
- DSS-WAMOS (2007). *Zustand und Bedeutung der Waldmoore*. Humboldt-Universität zu Berlin und Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde. URL: <http://dss-wamos.de/einfuehrung.html> (besucht am 27.01.2021).
- DUENE (2019). *Erlenaufforstung auf wiedervernässten Niedermooren (ALNUS-Leitfaden)*. 3. Aufl. Institut für Dauerhaft Umweltgerechte Entwicklung von Naturräumen der Erde (DUENE) e.V.
- EUR27 (2007). *Interpretation Manual of European Union Habitats*. European Commission DG Environment.
- GFN (2019). *Stiftungsland: Hasenmoor, SLEP 294*. Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung mbH (GFN).
- Grootjans, A. P., R. V. Diggelen, H. Joosten und A. J. P. Smolders (2012). „Restoration of Mires“. In: *Restoration Ecology*. Hrsg. von J. van Andel und J. Aronson. 2. Aufl. John Wiley & Sons, Ltd. Kap. 16, S. 203–213. ISBN: 9781444336351. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118223130.ch16>.
- Günther, A., A. Barthelmes, V. Huth, H. Joosten, G. Jurasinski, F. Koebisch und J. Couwenberg (2020). „Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions“. In: *Nature Communications* 11.1644. DOI: 10.1038/s41467-020-15499-z.
- Hahn-Schöfl, M., D. Zak, M. Minke, J. Gelbrecht, J. Augustin und A. Freibauer (2011). „Organic sediment formed during inundation of a degraded fen grassland emits large fluxes of CH₄ and CO₂“. In: *Biogeosciences* 8.6, S. 1539–1550. DOI: 10.5194/bg-8-1539-2011.
- Hahn, J., S. Köhler, S. Glatzel und G. Jurasinski (2015). „Methane Exchange in a Coastal Fen in the First Year after Flooding - A Systems Shift“. In: *PLOS ONE* 10.10. Hrsg. von L. Kellman, e0140657. DOI: 10.1371/journal.pone.0140657.
- Hasch, B., R. Meier, V. Luthardt und J. Zeitz (2007). „Renaturierung von Waldmooren in Brandenburg und erste Ergebnisse zum Aufbau eines Entscheidungsunterstützungssystems für das Management von Waldmooren“. In: *TELMA - Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde* 37, S. 165–183. DOI: 10.23689/FIDGEO-3032.
- He, H., P.-E. Jansson, M. Svensson, J. Björklund, L. Tarvainen, L. Klemetsson und Å. Kasimir (2016). „Forests on drained agricultural peatland are potentially large sources of greenhouse gases – insights from a full rotation period simulation“. In: *Biogeosciences* 13.8, S. 2305–2318. DOI: 10.5194/bg-13-2305-2016.
- Herrmann, A. (2016). *CARBOFLUX – Bewertung klimarelevanter Treibhausgasflüsse in einem wiedervernässten Waldmoor*. Abschlussbericht. Deutsche Bundesstiftung Umwelt. URL: <https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-29613.pdf>.
- Ad-hoc-AG Boden (2007). *Methodenkatalog*. Ad-hoc-AG Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und

- der BGR. URL: <https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Netzwerke/AGBoden/Downloads/methodenkatalog.pdf?>
- Hommeltenberg, J., H. P. Schmid, M. Drösler und P. Werle (2014). „Can a bog drained for forestry be a stronger carbon sink than a natural bog forest?“ In: *Biogeosciences* 11.13, S. 3477–3493. DOI: 10.5194/bg-11-3477-2014.
- Joosten, H. (2016). „Peatlands across the globe“. In: *Peatland Restoration and Ecosystem Services: Science, Policy and Practice*. Hrsg. von A. Bonn, T. Allott, M. Evans, H. Joosten und R. Stoneman. Cambridge University Press. Kap. 2, S. 19–43. ISBN: 978-1-107-02518-9. URL: www.cambridge.org/9781107025189.
- Joosten, H., K. Brust, J. Couwenberg, A. Gerner, B. Holsten, T. Permien, A. Schäfer, F. Tanneberger, M. Trepel und A. Wahren (2013). *MoorFutures®Integration von weiteren Ökosystemdienstleistungen einschließlich Biodiversität in Kohlenstoffzertifikate – Standard, Methodologie und Übertragbarkeit in andere Regionen*. Bd. 350. BfN-Skripten. URL: https://www.moorfutures.de/app/download/31771522/BfN-350-MoorFutures-Oekosystemleistung_2013.pdf.
- Joosten, H. und D. Clarke (2002). *Wise use of mires and peatlands: background and principles including a framework for decision-making*. International Mire Conservation Group und International Peat Society. ISBN: 9519774483. URL: http://www.imcg.net/media/download_gallery/books/wump_wise_use_of_mires_and_peatlands_book.pdf.
- Kandel, T. P., P. E. Lærke, C. C. Hoffmann und L. Elsgaard (2019). „Complete annual CO₂, CH₄, and N₂O balance of a temperate riparian wetland 12 years after rewetting“. In: *Ecological Engineering* 127, S. 527–535. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2017.12.019.
- Kartierschlüssel (2006). *Forstliche Standortsaufnahme*. 6. Aufl. Niedersächsisches Forstplanungsamt und Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR).
- Koska, I., M. Succow, U. Clausnitze, T. Timmermann und S. Roth (2001). „Vegetationskundliche Kennzeichnung von Mooren (topische Betrachtung)“. In: *Landschaftsökologische Moorkunde*. Hrsg. von M. Succow und H. Joosten. Schweizerbart Science Publishers. Kap. 4, S. 112–184. ISBN: 978-3-510-65198-6. URL: <https://www.schweizerbart.de/publications/detail/isbn/9783510651986>.
- LLUR (2015). *Moore in Schleswig-Holstein: Geschichte - Bedeutung - Schutz*. Flintbek: Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR). ISBN: 9783937937779. URL: <https://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/upool/gesamt/moore/moorbroschuere.pdf>.
- (2018). *Kartieranleitung und Biotoptypenschlüssel für die Biotopkartierung Schleswig-Holstein*. 4.Fassung, Stand: April 2018. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR).
- (2020). *Biotopkartierung Schleswig-Holstein*. Datensatz. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR). URL: <https://opendata.schleswig-holstein.de/dataset/biotopkartierung>.
- Martens, T., B. Burbaum, M. Trepel und J. Schrautzer (o.D.). Manuskript in Vorbereitung.
- Matern, S. (o.D.). Masterarbeit. Manuskript in Vorbereitung.
- MELUR (2012). *Moorschutzprogramm für Schleswig-Holstein, Drucksache 17/1490*. Bericht der Landesregierung. Schleswig-Holsteinischer Landtag, 17. Wahlperiode. URL: https://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/N/naturschutz/Downloads/Drucksache_17_1490.pdf.
- Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestvedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura und H. Zhang (2013). „Anthropogenic and Natural Radiative Forcing“. In: IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Hrsg. von T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex und P. M. Midgley. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom und New York, NY, USA. Kap. 8. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.
- Ojanen, P. und K. Minkkinen (2019). „The dependence of net soil CO₂ emissions on water table depth in boreal peatlands drained for forestry“. In: *Mires and Peat*, S. 1–8. ISSN: 1819-754X. DOI: 10.19189/MaP.2019.OMB.StA.1751.

- Reichelt, K. F. (2015). „Evaluierung des GEST-Modells zur Abschätzung der Treibhausgasemissionen aus Mooren“. Masterarbeit. Institut für Botanik und Landschaftsökologie, Universität Greifswald.
- Scholle, D. und J. Schrautzer (1993). „Zur Grundwasserdynamik unterschiedlicher Niedermoor-Gesellschaften Schleswig-Holsteins“. In: *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 2, S. 87–98.
- Schrautzer, J. (2004). *Niedermoores Schleswig-Holsteins: Charakterisierung und Beurteilung ihrer Funktion im Landschaftshaushalt*. Bd. 63. Mitt. Der AG Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg. Habilitationsschrift Universität Kiel. AG Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V. URL: <http://www.ag-geobotanik.de/mitteilungen.html>.
- Schrautzer, J., W. Härdtle, G. Hemprich und C. Wiebe (1991). „Zur Synökologie und Synsystematik gestörter Erlenwälder im Gebiet der Bornhöveder Seenkette (Schleswig-Holstein)“. In: *Tuexenia* 11, S. 293–307. URL: https://www.tuexenia.de/publications/tuexenia/Tuexenia_1991_NS_011_0293-0307.pdf.
- Spangenberg, A. (2011). *Einschätzung der Treibhausgasrelevanz bewaldeter Moorstandorte in Mecklenburg-Vorpommern hinsichtlich des Minderungspotentials nach Wiedervernässung*. Endbericht. Institut für Dauerhaft Umweltgerechte Entwicklung von Naturräumen der Erde (DUENE) e.V. URL: [https://www.moorwissen.de/doc/publikationen/Spangenberg_\(2011\)_Einsch%C3%A4tzung_der_Treibhausgasrelevanz_bewaldeter_Moorstandorte_in_MV.pdf](https://www.moorwissen.de/doc/publikationen/Spangenberg_(2011)_Einsch%C3%A4tzung_der_Treibhausgasrelevanz_bewaldeter_Moorstandorte_in_MV.pdf).
- Tiemeyer, B., A. Freibauer, E. A. Borraz, J. Augustin, M. Bechtold, S. Beetz, C. Beyer, M. Ebli, T. Eickenscheidt, S. Fiedler, C. Förster, A. Gensior, M. Giebels, S. Glatzel, J. Heinichen, M. Hoffmann, H. Höper, G. Jurasinski, A. Laggnier, K. Leiber-Sauheitl, M. Peichl-Brak und M. Drösler (2020). „A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application“. In: *Ecological Indicators* 109, S. 105838. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105838.
- Trepel, M. (2008). „Zur Bedeutung von Mooren in der Klimadebatte“. In: LANU. *Jahresbericht 2007/08 Landesamt für Natur und Umwelt*. Bd. 12. Schriftenreihe LANU SH - Jahresberichte. Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LANU), S. 61–74. ISBN: 978-3-937937-35-9. URL: <https://www.umweltdaten.landsh.de/nuis/upool/gesamt/jahrbe07/Zur%20Bedeutung%20von%20Mooren.pdf>.
- Wiebe, C. (1998). *Ökologische Charakterisierung von Erlenbruchwäldern und ihren Entwässerungsstadien: Vegetation und Standortverhältnisse*. Bd. 56. Mitt. Der AG Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg. AG Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg e.V. URL: <http://www.ag-geobotanik.de/mitteilungen.html>.
- Wilson, D., D. Blain, J. Couwenberg, C. Evans, D. Muriyarsa, S. Page, F. Renou-Wilson, J. Rieley, A. Sirin, M. Strack und E.-S. Tuittila (2016). „Greenhouse gas emission factors associated with rewetting of organic soils“. In: *Mires and Peat* 17.4, S. 1–28. ISSN: 1819-754X. DOI: 10.19189/MaP.2016.OMB.222.
- Zak, D., H. Reuter, J. Augustin, T. Shatwell, M. Barth, J. Gelbrecht und R. J. McInnes (2015). „Changes of the CO₂ and CH₄ production potential of rewetted fens in the perspective of temporal vegetation shifts“. In: *Biogeosciences* 12.8, S. 2455–2468. DOI: 10.5194/bg-12-2455-2015.