

Resilienz naturnaher Moore im Klimawandel – Fallbeispiele aus dem Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin

Resilience of near-natural peatlands under climate change –
Case studies from the Schorfheide-Chorin Biosphere Reserve

Vera Luthardt, Oliver Brauner, Jenny Hammerich,
Robert Probst, Corinna Schulz und Silke Finn Wachtel

Zusammenfassung

Der Klimawandel wirkt auf die wenigen noch wachsenden Moore ein, so dass die Frage besteht, inwieweit die Resilienz dieser autochthonen Ökosysteme in all ihrer Vielfalt gestützt werden kann. Zur Beantwortung werden Dauerbeobachtungsreihen von weitgehend ungestörten Mooren aus dem Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin (Brandenburg) ausgewertet. Diese werden mit den Ergebnissen einer Erfolgskontrolle wiedervernässter Waldmoore in Kontext gesetzt. Zur Einschätzung der Moorzustände wird ein neu entwickeltes Indikatorensystem zur Bewertung moorspezifischer Biodiversität angewendet. Es wird zudem eine Abschätzung der Treibhausgasemissionen nach der Treibhaus-Gas-Emissions-Standort-Typen(GEST)-Methodik vorgenommen und die potenzielle Torfneubildung betrachtet. Die Analysen zeigen, dass das Puffervermögen wachsender Moore im Untersuchungsraum noch intakt ist und Störungen ohne Systemwechsel überwunden werden. Die Vernässungsmaßnahmen waren durchweg erfolgreich und haben zu einer messbaren Revitalisierung geführt. Es wird auf die dringende Notwendigkeit hingewiesen, heute alle noch weitestgehend naturnahen Moore in ihrem Wasserhaushalt bestmöglich zu stabilisieren, um sie als wichtige Glieder der autochthonen Biodiversität mit allen ihren positiven Landschaftsfunktionen zu erhalten.

Klimawandelanpassung – Klimawandelwirkung – Libellen – Monitoring – moorspezifische Biodiversität – moorspezifische Vegetation – Moorzustand

Abstract

Climate change is affecting the few remaining mires that are still accumulating peat. The question thus arising is this: To what extent can the resilience of these autochthonous ecosystems, in all their diversity, be enhanced? For this purpose, long-term observation series of mostly undisturbed peatlands in the Schorfheide-Chorin Biosphere Reserve in the German regional state of Brandenburg are evaluated. These are set in context with the findings of success monitoring of rewetted forest peatlands. A newly developed indicator system for assessing mire-specific biodiversity is used to evaluate the state of the peatland. In addition, greenhouse gas emissions are estimated using the GEST (greenhouse gas emissions habitat types) method and potential new peat formation is considered. The analyses show that the buffering capacity of peat accumulating peatlands in the study area is still intact and that disturbances can be overcome without changing the system. The waterlogging measures were consistently successful and led to a measurable revitalisation. The article underscores the urgent need to stabilise the water balance of all peatlands that are still in a near-natural state. This is vital in order to preserve them as important elements of autochthonous biodiversity with all their positive landscape functions.

Climate change adaptation – Climate change impact – Dragonflies – Monitoring – Mire-specific biodiversity – Mire-specific vegetation – Peatland state

Manuskripteinreichung: 17.5.2022, Annahme: 12.12.2022

DOI: 10.19217/NuL2023-03-04

1 Einführung

Naturnahe Moore und Ökosysteme auf Moorböden sind in den letzten Jahren verstärkt in den Fokus öffentlicher Aufmerksamkeit gerückt. In erster Linie wird der Aspekt der klimaschädlichen Wirkung entwässerter Moore thematisiert. Entwässerte Moore emittieren große Mengen an Treibhausgasen (THG) und tragen somit zum Klimawandel bei (Couwenberg et al. 2011; Tanneberger et al. 2021). So werden Moore – genauer gesagt Gebiete mit

organischen Böden, von denen sich in Deutschland 92 % im entwässerten Stadium befinden (Tiemeyer et al. 2020; Hofer, Köbbing 2021) – als „Klimakiller“ bezeichnet, denn enorme Mengen an Emissionen, im Jahr 2020 waren es 7,5 % der gesamten THG-Emissionen Deutschlands, resultieren aus der Umsetzung einst akkumulierten Kohlenstoffs aus diesen Böden (UBA 2022). Naturnahe Moore emittieren THG als Methan, wirken jedoch in der Summe durch beständige Kohlenstofffestlegung als Senken (Evans et al. 2021). Bei Wassermangel ändert sich dies – ebenso wie in den

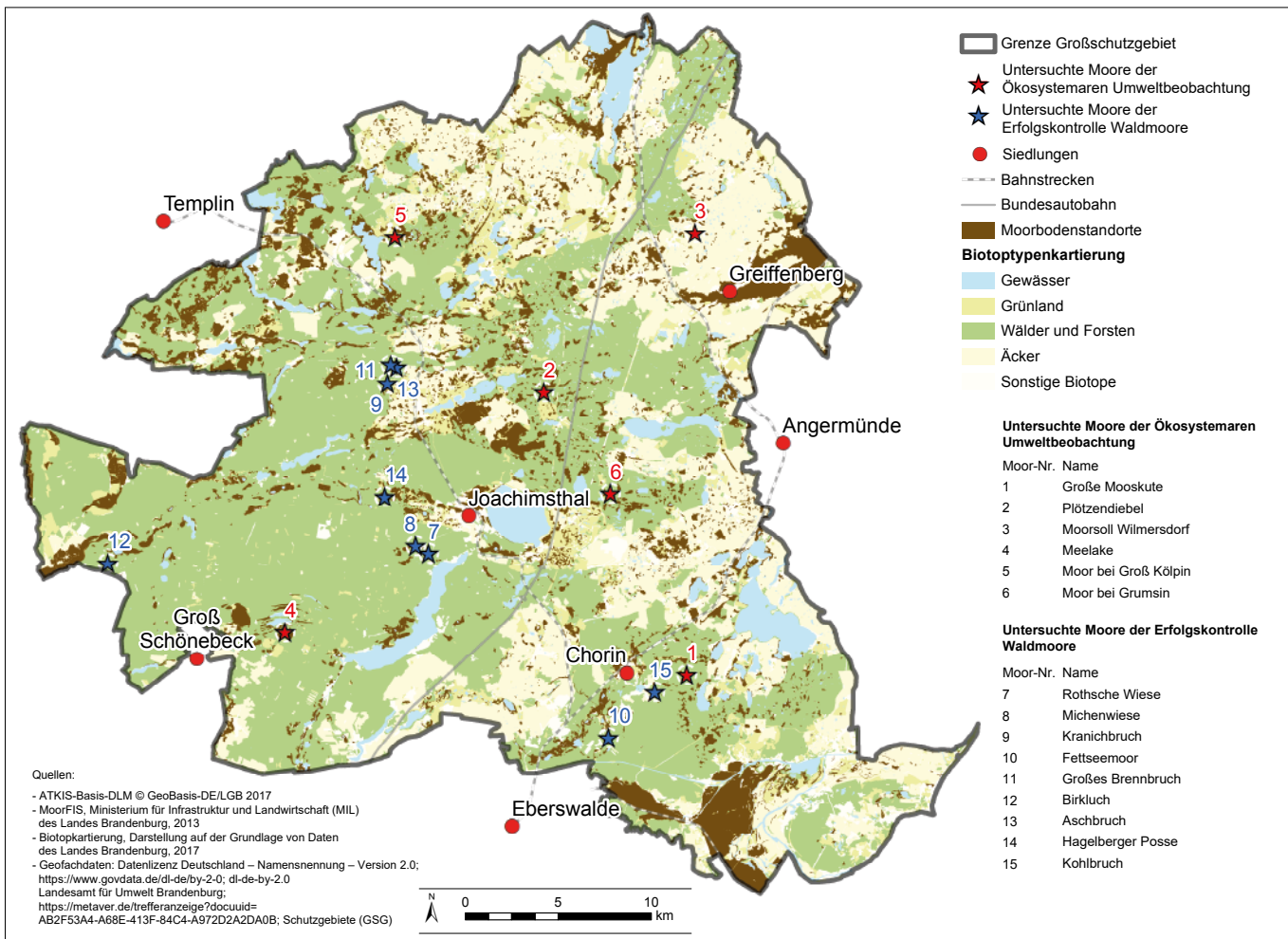


Abb. 1: Moorböden im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin mit Verortung der untersuchten Moore (Kartenerstellung: Mirella Zeidler, 2019, Silke Finn Wachtel, 2022).

Fig. 1: Peat soils in the Schorfheide-Chorin Biosphere Reserve with the locations of the peatlands studied (map compiled by Mirella Zeidler, 2019, Silke Finn Wachtel, 2022).

genutzten Moorböden – und führt zu CO₂-Emissionen in erheblichem Ausmaß (bis zu ca. 20 t CO₂-Äquivalente · ha⁻¹ · Jahr⁻¹; abgeleitet aus Treibhaus-Gas-Emissions-Standort-Typen[GEST]-Werten in Reichelt 2015).

Doch Moore sind weit mehr als ein Kohlenstoffspeicher. Obwohl ihr Flächenanteil in früheren Zeiten in Deutschland nur ca. 5 % betrug (Bonn et al. 2015), hat sich nach der Eiszeit eine sehr moorspezifische Lebewelt etabliert, die einen erheblichen Anteil der autochthonen Biodiversität über alle ihre Ebenen hinweg ausmacht. Succow (2001) unterscheidet nach Hydrologie, Trophiestatus und Säure-Basen-Verhältnissen 23 landschaftsökologische Moortypen. Diese differenzieren sich weiter durch die Höhenlage, die Verzahnung verschiedener Moortypen, das mosaikartige Nebeneinander von Sukzessionsstadien und Vegetationsstrukturen, die individuelle Genese und die Kontinuität über die Zeit. Alle diese Komponenten bedingen eine Vielzahl an Biozöosen und verleiten zu dem Satz: Kein Moor ist wie das andere.

In diesem Kontext ist auch die Bedeutung der Feuchtgebiete und naturnahen Moore im Zuge der Klimawandelanpassung hervorzuheben. Sie sind Stabilisatoren des Landschaftswasserhaushalts, Hochwasserpuffergebiete, Feuchtluftsenken, Kühlungsräume und Rückzugsräume für diverse Tierarten in heißen Perioden (Luthardt 2014). Diese Funktionen in der Landschaft spielen eine zunehmende Rolle für Strategien der Anpassung von Regionen an veränderte Wetterbedingungen einschließlich des Abpufferns von Extremereignissen.

Bei in Mooren natürlich vorkommenden Pflanzenarten wird zwischen moorspezifischen, d.h. nur in naturnahen Mooren vorkommenden Arten und moortypischen Arten, d.h. Arten mit einer engen Bindung an Feuchtgebiete unterschieden (zugeordnete Pflanzenartenlisten siehe bspw. für das Land Brandenburg Luthardt, Klawitter 2014).

Da heute nur noch maximal 5 % aller ehemaligen Moorflächen in einem naturnahen, d.h. lebensraumspezifischen Zustand vorhanden sind (Bonn et al. 2015), sind Moore nach § 30 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) und auch in den Landesnaturschutzgesetzen per se gesetzlich geschützte Biotopie. Ein Großteil der moorspezifischen Arten steht auf den Roten Listen, z.B. im Land Brandenburg 72 % der Gefäßpflanzenarten, 100 % der Libellen- und 59 % der Spinnenarten (Luthardt, Zeitz 2014). Obwohl oft von einer relativen Artenarmut der Moore gesprochen wird, bezieht sich dies vor allem auf Blütenpflanzen. Beispielsweise gibt es bei den Insekten eine sehr reiche, oft winzige und unscheinbare Fauna, die in großen Teilen noch nicht genauer untersucht ist (Barndt 2012).

Sieben der nach Fauna-Flora-Habitat (FFH)-Richtlinie geschützten Lebensraumtypen gehören zu Mooren und weitere 15 sind oft mit ihnen vergesellschaftet. Somit bedeutet der vordringliche Schutz der einheimischen Biodiversität, einen starken Schwerpunkt auf die noch naturnahen Moore zu lenken, wie es der International Congress for Conservation Biology 2021 (SCB 2021) wieder eindringlich gefordert hat.

Tab. 1: Kurzbeschreibung der untersuchten Moore: Moore in der Ökosystemaren Umweltbeobachtung (ÖÜB) und renaturierte und evaluierte Waldmoore im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin.

Table 1: Brief description of the peatlands studied: Peatlands covered by the ecosystemic environmental monitoring scheme ("Ökosystemare Umweltbeobachtung – ÖÜB"), and restored and evaluated forest peatlands in the Schorfheide-Chorin Biosphere Reserve.

	Moor-Nr.	Name	Größe (ha)	Hydrogenetischer Moortyp	Säure-Basen-Stufe	Trophie	Ersteinrichtungsjahr*
ÖÜB-Moore	1	Große Mooskute	1,0	Kesselmoor	Sauer	Oligotroph	1999
	2	Plötzendiebel	17,0	Kessel-Verlandungsmoor	Sauer	Oligotroph	1999
	3	Moorsoll Wilmerdorf	0,6	Kesselmoor	Sauer	Mesotroph	1999
	4	Meelake	44,2	Verlandungsmoor	Sauer	Oligotroph/mesotroph	2001
	5	Moor bei Groß Kölpin	8,8	Versumpfungs- über Verlandungsmoor	Sauer	Mesotroph	2018
	6	Moor bei Grumsin	2,0	Kesselmoor	Sauer	Oligotroph/mesotroph	2018
Renaturierte Waldmoore	7	Rothsche Wiese	5,4	Verlandungsmoor	Subneutral	Eutroph	2010
	8	Michenwiese	2,0	Verlandungsmoor	Subneutral	Eutroph	2010
	9	Kranichbruch	3,0	Versumpfungsmoor	Subneutral	Eutroph	2006
	10	Fettseemoor	9,6	Verlandungsmoor	Sauer/subneutral	Eutroph/mesotroph	1991
	11	Großes Brennbruch	4,9	Verlandungsmoor	Sauer	Mesotroph	2006
	12	Birkkluch	6,1	Durchströmungsmoor	Subneutral	Eutroph	2000
	13	Aschbruch	1,1	Versumpfungsmoor	Subneutral	Eutroph	2006
	14	Hagelberger Posse	23,0	Versumpfungsmoor	Sauer	Mesotroph	2008
	15	Kohlbruch	4,0	Versumpfungsmoor	Subneutral	Eutroph	1995

* Bei renaturierten Mooren Jahr der Maßnahmenumsetzung; Namen zu den Moor-Nr. siehe Abb. 1, S. 125

Hauptgefährdungsfaktor für Moorökosysteme ist eine kontinuierliche Wassermangelsituation (Landgraf 2007; Trepel et al. 2017). Eine anhaltende Entwässerung nimmt auch den ungenutzten Mooren durch die Veränderung der Bodeneigenschaften (Degradierung des Akrotelms als der wasserdurchleitenden, aktiven obersten Torfschicht; Sackung und Verdichtung des Katotelms als des darunter liegenden Hauptwasserspeichers; Veränderung des Mikroklimas durch ausbleibende Verdunstung; Auteutrophierungseffekte durch Mineralisierung des oberflächennahen Torfs) die Fähigkeit der Selbstregulation. Damit sinkt die Resilienz gegenüber klimatischen Veränderungen (Bonn et al. 2016; Luthardt, Wichmann 2016). Deshalb verweisen viele Publikationen darauf, dass Moore generell auf Grund der zu erwartenden Veränderungen des Landschaftswasserhaushalts zu den stark durch den Klimawandel gefährdeten Ökosystemen gehören (Petermann et al. 2007; Beierkuhnlein et al. 2014; Hauck et al. 2019). Dies ist jedoch zu differenzieren. Je nach Klimaregion, Veränderungen des Gebietswasserhaushalts, hydrologischem Moortyp und Einbettung ins Gelände werden vermutlich sehr verschiedenartige Entwicklungen eintreten (Luthardt, Zeit 2014; Hauck et al. 2019).

Der Blick auf die Moorarten zeigt, dass eine Vielzahl zu hauptsächlich boreal verbreiteten Arten gehört, die u. U. direkt auf den Anstieg der Temperatur reagieren könnten. Nach Hauck et al. (2019) spielt die Temperaturerhöhung jedoch bisher noch keine Rolle in intakten Mooren. Moore stellen Mikroklimaräume dar, die ein gewisses Puffervermögen gegenüber der Umgebungstemperatur aufweisen. Unbekannt ist, wo der tipping point liegt. Nach Pompe et al. (2011) würde bei der Projektion von Klimawandelszenarien auf die Verbreitungsgebiete von Arten nach ihren bisherigen klimatischen Hüllen bspw. die Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*) bei einer angenommenen durchschnittlichen Temperaturerhöhung von 2 K nur sehr kleinfächig in Deutschland verschwinden – bei einer Erhöhung um 4 K wäre der Verlust jedoch wesentlich dramatischer.

Neben diesen direkten klimatischen Faktoren spielen auch Sekundäreffekte, wie eine zunehmende Eutrophierung durch beschleunigte Prozesse der Umsetzung anfallender rezenter toter Biomasse und die Düngung über Luftinträge, eine nicht zu unterschätzende Rolle für die nährstoffärmeren Moorökosysteme, was einen zunehmenden Verlust nicht konkurrenzfähiger Pflanzenarten und damit einen Wandel des Struktur- und Nahrungsangebots für alle vergesellschafteten Pilz- und Tierarten befürchten lässt (Hanspach et al. 2013; Hauck et al. 2019).

Um nachzuvollziehen, wie sich die beschriebenen Effekte auf naturnahe Moore auswirken und mit welchen Maßnahmen den möglichen Entwicklungen entgegengewirkt werden kann, sind Dauerbeobachtungsreihen erforderlich. Es werden Fallbeispiele für das Biosphärenreservat (BR) Schorfheide-Chorin vorgestellt, die Teil der Ökosystemaren Umweltbeobachtung (ÖÜB) der drei Biosphärenreservate Brandenburgs (<http://maps18.hnee.de/oeub/index.html>) sind. Im BR Schorfheide-Chorin wurden zudem bereits vielfältige Renaturierungsprojekte in Mooren durchgeführt. Einige davon sind Teil des Brandenburger Waldmoorschutzprogramms. Ziel dieses Programms ist der Schutz der naturnahen und die Wiederherstellung degradierte Moore (MLUL 2016). Von 2017 bis 2022 erfolgte eine Erfolgskontrolle der Renaturierungsmaßnahmen (Hammerich et al. 2022b), aus der hier Teilergebnisse vergleichend hinzugezogen werden.

2 Methodisches Vorgehen und untersuchte Moorstandorte



Das BR Schorfheide-Chorin ist gekennzeichnet durch eine vielfältige Ausstattung mit diversen Moortypen in einem erheblichen Flächenanteil (Abb. 1, S. 125). Die ÖÜB beobachtet sechs naturnahe Moore. Diese sind überwiegend als oligotroph- bzw. mesotroph-saure Kessel- oder Verlandungsmoore zu charakterisieren (Tab. 1). Detailinformationen zum Untersuchungsprogramm für Moorökosysteme im Rahmen der ÖÜB sind dem Methodenkatalog (Luthardt et al. 2017) zu entnehmen. Seit 1999 werden neben Erfassungen abiotischer Faktoren wie Pegelstand, Gesamtkohlenstoff (Ct), Gesamtstickstoff (Nt) und pH im Oberboden auch detaillierte Vegetationsanalysen im drei- bis sechsjährigen Untersuchungsintervall durchgeführt: Gesamtartenliste, Vegetationstransecte und Vegetationsaufnahmen nach Braun-Blanquet (Tab. A im Online-Zusatzmaterial unter https://online.natur-und-landschaft.de/zusatz/3_2023_A_Luthardt). Weiterhin wurden 2002 und 2018 Vegetationszonierungen kartiert. Dafür wurden die Moorflächen in homogene Vegetationseinheiten nach floristischer Dominanz, ökologischen Standortbedingungen und Physiognomie aufgeteilt. Pro Vegetationseinheit wurden alle Pflanzenarten mit Deckungen erfasst. Durch Anwendung des Vegetationsformenkonzepts (Clausnitzer, Succow 2001; Koska et al. 2001; Roth, Succow 2001) konnten flächenscharfe Wasserstands-, Trophie- und Säure-Basen-Verhältnisse je Moor abgeleitet werden. Faunistische Untersuchungen erfolgen im Rahmen der ÖÜB alle

drei Jahre zum Libellenvorkommen. Um die Beobachtungen in einen klimatischen Rahmen zu setzen, werden die Wetterdaten der nächstgelegenen Klimastation Angermünde (DWD 2022) als Referenzstation verwendet.

Die Kartierungen zur Erfolgskontrolle der Waldmoorrenaturierungen erfolgten von 2018 bis 2020. Neun der untersuchten Moore liegen im BR Schorfheide-Chorin. An allen Standorten wurden wasserbauliche Maßnahmen durchgeführt, d.h., der Abfluss aus dem Moor wurde mittels Lehmplomben außerhalb des Moores verschlossen und/oder die Gräben innerhalb des Moores wurden verfüllt. Bei der Kartierung wurden die Moorflächen in homogene Vegetationseinheiten aufgeteilt. Pro Vegetationseinheit wurden alle Pflanzenarten mit Deckung sowie die obersten 30 cm des Bodens (Torfart, Zersetzungsgrad, Farbe, Beimengungen) erfasst, um die Torfdegradierung und etwaige neue Torfbildung zu dokumentieren. Auf Grundlage der Vegetationseinheiten wurde das Vegetationsformenkonzept (Succow, Joosten 2001) angewendet und die zuvor genannten moorrelevanten Standortindikatoren wurden abgeleitet. Der jeweilige Moorzustand vor Renaturierung wurde durch Analyse von Altdaten analog ermittelt.

Für den Vergleich der Feuchteverhältnisse auf der Gesamtmoorfläche über die Zeitreihen wurde der Flächenanteil der unterschiedlichen Wasserstufen als Ausdruck der Jahresmediane des Wasserstands (Succow, Joosten 2001; Tab. B im Online-Zusatzmaterial) gemittelt. Der Wert fünf entspricht einem flurgleichen Wasserstand auf der gesamten Moorfläche.

Als weitere Vergleichsbasis in der Auswertung wurde für alle Moore die „moorspezifische Biodiversität“ zu den verschiedenen Zeitpunkten mit dem Indikatorensystem nach Hammerich et al. (2022a) bestimmt. Dazu wurden als Teilindikatoren die moorspezifische Flora, die Habitatvielfalt und -vernetzung und der Ökosystemzustand als Bodendegradierungsgrad und Wasserstufe über ein fünfstufiges Punktesystem bewertet. Die Einzelbewertungen wurden summiert, so dass ein Maximalwert von 15 für eine „sehr gute moorspezifische Biodiversität“ vergeben werden konnte (für weitere Abstufungen und Informationen zum Indikatorensystem siehe Abschnitt 3 und Abb. A, B im Online-Zusatzmaterial).

Die THG-Emissionen aus den Mooren wurden basierend auf den Vegetationsformenanalysen mithilfe der GEST nach Couwenberg et al. (2011), Spangenberg (2011) und Reichelt (2015) berechnet. Die Fläche, auf der aktives Torfwachstum stattfindet, wurde für die jeweiligen Vegetationseinheiten anhand der Oberbodenansprache abgeschätzt. Torfbildung wurde angenommen, wenn flurnahe Wasserstände vorherrschten, torfbildende Vegetation wuchs und diese den obersten abgrenzbaren Horizont durchwurzelte (bei Seggen) oder eine neue abgrenzbare Ablage abgestorbener Moose vorgefunden wurde. Alle hier betrachteten Moore sind in Tab. 1 aufgeführt, Steckbriefe zu den einzelnen Mooren mit genauer Verortung und Beschreibung sind in Luthardt et al. (2022) zu finden.

3 Entwicklung der naturnahen Moore der ökosystemaren Umweltbeobachtung im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin

Im langjährigen Mittel von 1961 bis 1990 betrug die Jahresmitteltemperatur in der Region 8,3 °C und die Jahressumme des Niederschlags 532 mm. Im Zeitraum 1998–2021 lagen die Jahresmitteltemperaturen (bis auf das Jahr 2007) über diesem langjährigen

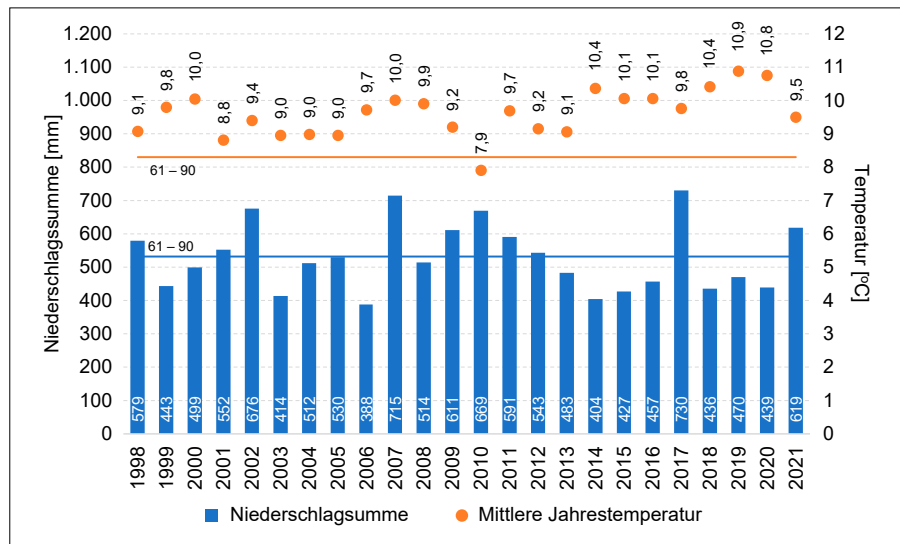


Abb. 2: Jahresmitteltemperaturen und Jahresniederschlagssummen der Station Angermünde für den Zeitraum 1998–2021 und das langjährige Mittel (1961–1990) der Station (Daten: DWD 2022).

Fig. 2: Annual mean temperatures and sum of annual precipitation at Angermünde station for the 1998–2021 period and the long-term mean (1961–1990) of the station (data: DWD 2022).



Abb. 3: Die in Brandenburg stark gefährdete und in den letzten Jahren zunehmend seltenere Gefleckte Heidelibelle (*Sympetrum flaveolum*; hier ein Weibchen bei großer Hitze in der so genannten Obeliskhaltung) wurde in den Jahren 2019 und 2021 vereinzelt bodenständig im Moor bei Groß Kölpin gefunden. (Foto: Oliver Brauner, 2018)

Fig. 3: The yellow-winged damselfly (*Sympetrum flaveolum*), which is highly endangered in Brandenburg and has become increasingly rare in recent years, was found sporadically domestic at the “Moor bei Groß Kölpin” peatland in 2019 and 2021. The female here is in the so-called “obelisk posture” during high heat.



Abb. 4: Männchen der Östlichen Moosjungfer (*Leucorrhinia albifrons*), die im Mooresee des Plötzendiebel über viele Jahre eines der größten Vorkommen Nordostdeutschlands besaß. (Foto: Oliver Brauner, 2014)

Fig. 4: Male of the dark whiteface (*Leucorrhinia albifrons*), which had one of the largest populations in northeast Germany in the central lake of the “Plötzendiebel” peatland for many years.



Abb. 5: Lagg des Moors bei Grumsin, Lebensraum u. a. der Großen Moosjungfer (*Leucorrhinia pectoralis*). Im Vordergrund ist ein größerer Bestand der Sumpf-Calla (*Calla palustris*) zu sehen. (Foto: Oliver Brauner, 2021)

Fig. 5: Lagg of the “Moor bei Grumsin” as a habitat of, amongst others, the large white-faced darter (*Leucorrhinia pectoralis*). In the foreground, a larger population of the marsh calla (*Calla palustris*).

Tab. 2: Flächengewichtete mittlere Wasserstufe, Index der moorspezifischen Biodiversität nach Hammerich et al. (2022a), geschätzte Fläche von Torfneubildung und durchschnittliche THG-Emissionen je ha und Jahr geschätzt nach GEST-Ansatz (Couwenberg et al. 2011; Spangenberg 2011; Reichelt 2015) für die Moore der ÖUB sowie für REW.

Table 2: Area-weighted mean water table, index of mire-specific biodiversity according to Hammerich et al. (2022a), estimated area of peat formation and average greenhouse gas emissions (GHG) per ha and year estimated according to GEST approach (Couwenberg et al. 2011; Spangenberg 2011; Reichelt 2015) for peatlands covered by the ecosystemic environmental monitoring scheme (“Ökosystemare Umweltbeobachtung – ÖUB”), and for forest peatlands covered by success monitoring (REW).

	Moor-Nr.	Mittlere Wasserstufe		Moorspezifische Biodiversität		Torfbildung (% der Gesamtmoorfläche)		THG (t CO ₂ -Äq. · ha ⁻¹ · a ⁻¹)	
		EA	WA/EK	EA	WA/EK	EA	WA/EK	EA	WA/EK
ÖUB-Moore	1	4,9	5,0	14	14	80	100	7,2	6,4
	2	4,3	5,1	14	15	78	93	7,3	7,2
	3	3,1	3,9	12	11	50	50	14,7	17,3
	4	4,1	3,8	14	12	59	39	10,9	8,1
	5*	4,7	K. A.	12	K. A.	55	K. A.	5,7	K. A.
	6*	5,0	K. A.	12	K. A.	50	K. A.	5,6	K. A.
REW	7	2,3	4,5	6	9	0	72	25,5	9,3
	8	2,8	3,0	4	5	0	0	22,0	16,4
	9	5,0	5,2	10	12	50	57	4,2	3,3
	10	4,7	5,1	15	15	77	88	7,9	4,5
	11	3,1	5,0	9	13	4	99	15,3	3,3
	12	3,0	3,8	4	6	K. A.	K. A.	19,5	7,7
	13	3,0	4,4	5	9	0	19	9,3	7,9
	14	4,9	5,0	13	14	94	100	3,5	3,7
	15	3,0	4,9	5	10	0	94	12,5	7,0

* Moor-Nr. 5 und 6: Erstaufnahme nach ÖUB-Methode (Moor) im Jahr 2018; Namen zu den Moor-Nr. siehe Abb. 1, S. 125
EA = Erstaufnahme (ÖUB-Moore: 1999 – 2002, REW-Moore: 1991 – 2010); EK = Erfolgskontrolluntersuchung für REW-Moore (2018 – 2020); WA = Wiederholungsaufnahme für ÖUB-Moore (2018); K. A. = keine Angabe; ÖUB = Ökosystemare Umweltbeobachtung; REW = renaturierte und evaluierte Waldmoore; THG = Treibhausgase

Mittel mit Abweichungen von bis zu 2,6 K. Gegenüber dem langjährigen Mittel der jährlichen Niederschlagssumme hat sich die mittlere jährliche Niederschlagssumme im ÖUB-Zeitraum kaum verändert. Es lassen sich zwei größere Phasen ausmachen: 2007 – 2012 mit feuchten Jahren; seit 2013 trockene Phase mit Jahressummen deutlich unterhalb des langjährigen Mittels (nur 2017 sehr feucht; Abb. 2, S. 127). Die Phänologiedaten der Meldestationen im BR Schorfheide-Chorin (Abb. C im Online-Zusatzmaterial) zeigen eine Verlängerung der Vegetationsperiode um 24 Tage im ÖUB-Zeitraum (1998 – 2021) gegenüber dem langjährigen Referenzzeitraum (1961 – 1990). Vor allem im Herbst verlängerten sich die Phänophasen.

Alle in der ÖUB untersuchten Moore wiesen bei der Erstaufnahme 1999/2000 oberflächennah nicht degradierte schwach zersetzte

Torfe auf (Luthardt et al. 2005), die auf weitgehend kontinuierliche, wassergesättigte Bedingungen in der nahen Vergangenheit hinweisen.

Alle erfassten moorspezifischen Gefäßpflanzenarten sind in Tab. C im Online-Zusatzmaterial aufgelistet. Die interessanten zyklischen Fluktuationen der Pflanzen- und Libellenarten (siehe ausgewählte Arten und Lebensräume in Abb. 3, S. 127, Abb. 4, 5) in Abhängigkeit von der Witterung und den damit einhergehenden Veränderungen des Wasserhaushalts sind in den Steckbriefen für die einzelnen Moore von Luthardt et al. (2022) dargestellt.

Ein Vergleich des Biodiversitätswerts je Moor und Zeitreihe ergab eine überwiegend gute moorspezifische Biodiversität, im Fall von Plötzendiebel und Großer Mooskute sogar eine sehr gute

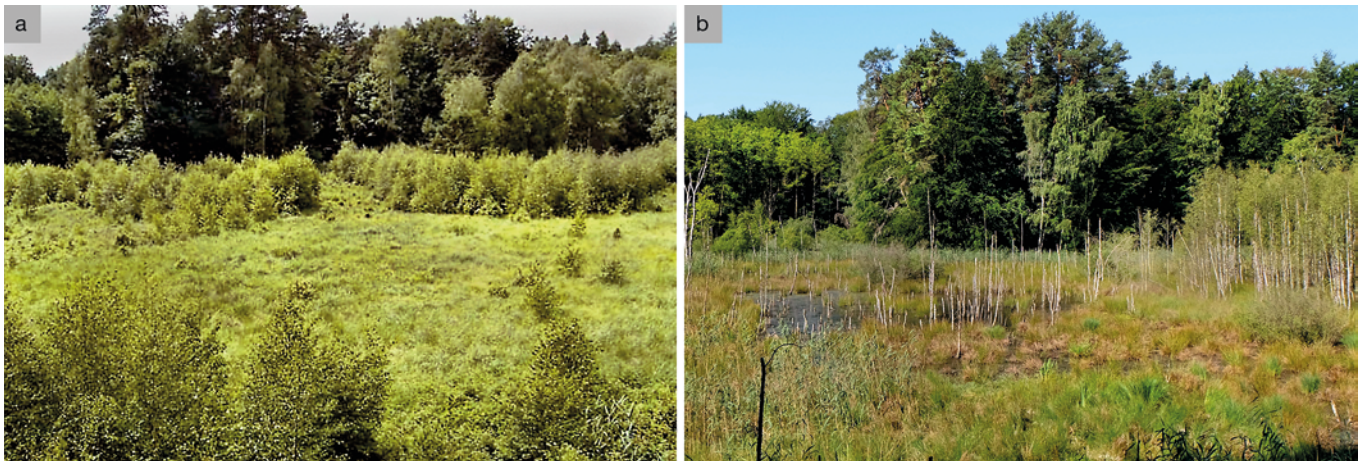


Abb. 6: Das Zentrum des renaturierten Waldmoors Großes Brennbruch: a) vor (im Jahr 2006) und b) nach der Renaturierung im Jahr 2018. Durch die wasserbaulichen Maßnahmen konnte der Wasserstand angehoben werden. Die jungen Sandbirken (*Betula pendula*) sind abgestorben. Es hat sich ein nasser Bestand aus Sumpf-Blutaugen (*Comarum palustre*) und Flatterbinsen (*Juncus effusus*) mit Torfmoosen (u. a. *Sphagnum fallax*) entwickelt. (Fotos: a) Sascha Guilbert, b) Jenny Hammerich, aus Hammerich et al. 2022a)

Fig. 6: The centre of the restored forest peatland “Großes Brennbruch”: a) before (in 2006) and b) after restoration in 2018. The water level was raised by hydraulic measures and the young silver birch trees (*Betula pendula*) are dead. A wet stand comprising *Comarum palustre*, *Juncus effusus* and peat mosses (e. g. *Sphagnum fallax*) has developed.

moorspezifische Biodiversität (Tab. 2, Tab. D im [Online-Zusatzmaterial](#)). Während die Indexwerte für die Große Mooskute und den Plötzendiebel konstant blieben bzw. sich sogar verbesserten, verringerten sich die Werte von Moorsoll und Meelake zwischen den beiden Erhebungen leicht. Die Abnahmen sind vor allem auf die Bewertung der Artendiversität, d. h. Schwankungen in der Anzahl moorspezifischer Pflanzenarten zurückzuführen (Abb. D im [Online-Zusatzmaterial](#)). Für alle Moore ist hinsichtlich ihrer Entwicklung eine natürliche Dynamik zu erkennen, die stark an den Wasserstand gekoppelt ist. Dieser wird weitgehend durch das Witterungsgeschehen beeinflusst. Jedoch zeigen sowohl Große Mooskute als auch Plötzendiebel bisher ein hohes Puffervermögen gegenüber den vergangenen, z. T. extremen Trockenphasen. Bei Moorsoll und Meelake waren die Schwankungen im Beobachtungszeitraum größer. Die beiden durch natürliche Einflussfaktoren (den Biber – *Castor fiber*) wiedervernässten Moore bei Groß Kölpin und Grumsin entwickeln zunehmend wieder Moorqualitäten.

4 Entwicklung renaturierter Moore im Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin

Im Ergebnis der umgesetzten Renaturierungsmaßnahmen zeigt die Erfolgskontrolle eine positive Entwicklung der Wasserstände, der moorspezifischen Biodiversität, der Torfbildung und auch der Reduktion an freigesetzten THG-Emissionen in allen untersuchten Mooren. Die Werte des Vorher-nachher-Vergleichs können Tab. 2 entnommen werden.

Alle untersuchten Moore weisen deutlich gestiegene Wasserstände auf (siehe beispielhaft Abb. 6). Im Mittel aller Moore stiegen die Wasserstände bzw. Wasserstufen von 3,5 auf 4,5. Auf einigen Mooren entstand auch partieller Überstau, fünf Moore zeigen im Mittel flurgleiche Wasserstände an (Mittelwert 5). Die moorspezifische Biodiversität mit einer bestmöglichen Ausprägung von 15 Punkten ist im Mittel aller Moore von 7,9 auf 10,3 Punkte angestiegen. Auch hier reagierten alle neun Moore positiv. Vier Moore haben schon eine gute bis sehr gute Bewertung erhalten, nur zwei Moore weisen trotz Wasseranstiegs noch eine geringe moorspezifische Biodiversität auf. Potenzielle Torfbildung fand vor Renaturierung im Mittel auf 28 % und nach Renaturierung auf 66 % der Moorfläche statt. Nur bei einem Moor war noch keine initiale Torfbildung zu beobachten. Durch die Renaturierungsmaßnahmen sanken bei Schätzung mittels GEST auf allen neun Mooren die jährlichen

THG-Emissionen pro ha erheblich. Insgesamt werden in der Summe jährlich ca. 285 t CO₂-Äquivalente auf den neun untersuchten Mooren eingespart.

5 Resümee und Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass naturnahe Moore ein hohes Puffervermögen gegenüber den bisherigen klimatischen Veränderungen aufweisen, wenn sie über einen weitgehend ungestörten Wasserhaushalt verfügen. Austrocknungsphasen können überstanden werden, wenn danach wieder Auffüllungsphasen folgen. Wo die tipping points des mikroklimatischen Puffervermögens bei zunehmendem Anstieg der Durchschnitts- und Wintertemperaturen für einzelne Arten liegen, ist derzeit nicht abzuschätzen.

Der einzige Weg, den negativen Auswirkungen des Klimawandels entgegenzuwirken, ist die Renaturierung der degradierten Moorstandorte mit dem Ziel, einen möglichst naturnahen Zustand und damit die Fähigkeit zur Selbstregulation wiederherzustellen. Dabei sind insbesondere drei Faktoren entscheidend:

- Wiederherstellung flurnaher Wasserstände und des ursprünglichen Wasserregimes,
- Reetablierung einer moortypischen bzw. -spezifischen, torfbildenden Vegetation,
- Regeneration des Oberbodens mit Einsetzen neuen Torfwachstums.

Die Ergebnisse des Vorher-nachher-Vergleichs von Renaturierungen zeigen deutlich, dass es möglich ist, essenzielle Faktoren, die zur Resilienz der Moore im Klimawandel beitragen, zu begünstigen und in Richtung naturnaher Verhältnisse zu entwickeln (siehe auch Luthardt et al. 2021 zu renaturierten Mooren im Stechlinsee-Gebiet). Es muss heute der Handlungsschwerpunkt gesetzt werden, alle ungenutzten, in irgendeiner Form anthropogen entwässerten Moore zu vernässen. Nur so können auch degradierte Moore wieder hinreichend resilient für die Herausforderungen der klimatischen Veränderungen gemacht und Lebensraumqualitäten für autochthone Arten geschaffen werden. Die Vermeidung von THG-Emissionen ist ein zusätzlicher Anreiz für die schnelle Umsetzung von Renaturierungsmaßnahmen. Spezifizierte Handlungsanleitungen sind u. a. über <https://dss-wamos.de> für Waldniedermoores abrufbar oder in Leitfäden für die einzelnen Bundesländer zu finden (z. B. LUA 2004; BLfU 2010).

6 Literatur

- Barndt D. (2012): Beitrag zur Kenntnis der Arthropodenfauna der Zwischenmoore Butzener Bagen, Trockenes Luch und Möllnsee im NSG Lieberoser Endmoräne (Land Brandenburg). Märkische Entomologische Nachrichten 14: 147–200.
- Beierkuhnlein C., Jentsch A. et al. (Hrsg.) (2014): Auswirkungen des Klimawandels auf Fauna, Flora und Lebensräume sowie Anpassungsstrategien des Naturschutzes. Naturschutz und Biologische Vielfalt 137: 484 S.
- BLfU/Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.) (2010): Moorrenaturierung kompakt – Handlungsschlüssel für die Praxis. BLfU. Augsburg: 41 S.
- Bonn A., Allott T. et al. (2016): Peatland restoration and ecosystem services: An introduction. In: Bonn A., Allott T. et al. (Hrsg.): Peatland restoration and ecosystem services: Science, policy and practice. Cambridge University Press. Cambridge: 1–16.
- Bonn A., Berghöfer A. et al. (2015): Klimaschutz durch Wiedervernässung von kohlenstoffreichen Böden. In: Naturkapital Deutschland – TEEB DE (Hrsg.): Naturkapital und Klimapolitik. Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ. Berlin, Leipzig: 125–145.
- Braun-Blanquet J. (1964): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Springer. Berlin: 631 S. DOI: 10.1007/978-3-7091-8110-2
- Clausnitzer U., Succow M. (2001): Vegetationsformen der Gebüsche und Wälder. In: Succow M., Joosten H. (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde. 2. Aufl. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart: 161–170.
- Couwenberg J., Thiele A. et al. (2011): Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. Hydrobiologia 674: 67–89. DOI: 10.1007/s10750-011-0729-x
- DWD Datenservice (2022): CDC-Portal des Deutschen Wetterdienstes. <https://cdc.dwd.de/portal/> (aufgerufen am 2.5.2022).
- Evans C., Peacock M. et al. (2021): Overriding water table control on managed peatland greenhouse gas emissions. Nature 593 (7.860): 1–7. DOI: 10.1038/s41586-021-03523-1
- Hammerich J., Dammann C. et al. (2022a): Assessing mire-specific biodiversity with an indicator based approach. Mires and Peat 28(32): 1–29.
- Hammerich J., Luthardt V., Zeitz J. (2022b): Moorschutz in den Wäldern Brandenburgs. Waldmoorschutzprogramm, Erfolge, Renaturierungsmaßnahmen. Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Humboldt Universität zu Berlin. Eberswalde, Berlin: 43 S. DOI: 10.57741/opus4-366
- Hanspach J., Kühn I., Klotz S. (2013): Risikoabschätzung für Pflanzenarten, Lebensraumtypen und ein funktionelles Merkmal. In: Vohland K., Badeck F. et al. (Hrsg.): Schutzgebiete Deutschlands im Klimawandel – Risiken und Handlungsoptionen. Naturschutz und Biologische Vielfalt 129: 71–85.
- Hauck M., Leuschner C., Homeier J. (2019): Klimawandel und Vegetation. Springer Spektrum. Heidelberg: 358 S.
- Hofer B., Köbbing J. (2021): Faktencheck – Was bedeutet die Vorgabe der Deutschen Moorschutzstrategie „Einsparung von Emissionen in Höhe von 5 Millionen t CO₂ Äquivalenten pro Jahr aus Moorböden in Deutschland bis 2030“ in der praktischen Umsetzung? TELMA 51: 153–164.
- Jedicke E. (Hrsg.) (1997): Die Roten Listen. Gefährdete Pflanzen, Tiere, Pflanzengesellschaften und Biotoptypen in Bund und Ländern. Ulmer Verlag. Stuttgart: 581 S.
- Koska I., Succow M., Timmermann T. (2001): Vegetationsformen der offenen, naturnahen Moore und des aufgelassenen Feuchtgrünlandes. In: Succow M., Joosten H. (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde. 2. Aufl. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart: 144–161.
- Landgraf L. (2007): Zustand und Zukunft der Arm- und Zwischenmoore in Brandenburg; Bewertung und Bilanz. Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg – Beiträge zu Ökologie, Natur- und Gewässerschutz 16: 104–115.
- LUA/Landesamt für Umwelt Brandenburg (Hrsg.) (2004): Leitfaden zur Renaturierung von Feuchtgebieten in Brandenburg. Studien- und Tagungsberichte 50: 88 S.
- LUA/Landesumweltamt Brandenburg (Hrsg.) (2006): Liste und Rote Liste der etablierten Gefäßpflanzen Brandenburgs. Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 2006(4): 11 S.
- Luthardt V. (2014): Moore im Funktionsgefüge der Landschaft. In: Luthardt V., Zeitz J. (Hrsg.): Moore in Brandenburg und in Berlin. Natur und Text. Rangsdorf: 14–17.
- Luthardt V., Brauner O. et al. (2005): Lebensräume im Wandel – Bericht zur ökosystemaren Umweltbeobachtung (ÖUB) in den Biosphärenreservaten Brandenburgs. Fachbeiträge LUA Brandenburg 94: 188 S.
- Luthardt V., Brauner O. et al. (2017): Methodenkatalog zum Monitoring-Programm der Ökosystemaren Umweltbeobachtung in den Biosphärenreservaten Brandenburgs. 5., akt. Ausg. Teil A: Terrestrische Ökosysteme, Teil B: Aquatische Ökosysteme. Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde. Eberswalde: 177 S., 134 S. + Anhänge.
- Luthardt V., Brauner O. et al. (2022): Steckbriefe und weiterführende Informationen zu ausgewählten Mooren des Biosphärenreservats Schofheide-Chorin. Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde. Eberswalde: 41 S. DOI: 10.57741/opus4-377
- Luthardt V., Klawitter J. (2014): Gefäßpflanzenarten und Moosarten der Moore und Feuchtgebietsarten mit enger Bindung an Moore in Brandenburg und Berlin. In: Luthardt V., Zeitz J. (Hrsg.): Moore in Brandenburg und in Berlin. Natur und Text. Rangsdorf: DVD II-3.
- Luthardt V., Lüdike T. et al. (2021): Erfolgreiche Revitalisierung naturnaher Moore im Naturpark Stechlin-Ruppiner Land. In: Scherföse V. (Hrsg.): Erfolgskontrollen im Naturschutz. BfN-Skripten 171: 169–191.
- Luthardt V., Wichmann S. (2016): Ecosystem services of peatlands. In: Wichmann W., Schröder C., Joosten H. (Hrsg.): Paludiculture – Productive use of wet peatlands: Climate protection – biodiversity – regional economic benefits. Schweizerbart Science Publishers. Stuttgart: 13–20.
- Luthardt V., Zeitz J. (Hrsg.) (2014): Moore in Brandenburg und in Berlin. Natur und Text. Rangsdorf: 384 S.
- Metzger D., Hofbauer N. et al. (Red.) (2018): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Pflanzen. Naturschutz und Biologische Vielfalt 70(7): 784 S.
- MLUL Brandenburg/Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (Hrsg.) (2016): Moorschutz im brandenburgischen Wald. 3. Aufl. MLUL. Potsdam: ohne Seitenzahl.
- Petermann J., Balzer S. et al. (2007): Klimawandel – Herausforderungen für das europaweite Schutzgebietssystem Natura 2000. In: Balzer S., Dietrich M., Beilich B. (Hrsg.): Natura 2000 und Klimaänderungen. Naturschutz und Biologische Vielfalt 46: 127–148.
- Pompe S., Berger S. et al. (2011): Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels auf Flora und Vegetation in Deutschland. BfN-Skripten 304: 193 S.
- Reichelt K. (2015): Evaluierung des GEST-Modells zur Abschätzung der Treibhausgasemissionen aus Mooren. Masterarbeit Universität Greifswald. Greifswald: 39 S.
- Roth M., Succow M. (2001): Vegetationsformen des Saatgraslandes, des Intensivgraslandes und daraus wieder hervorgehender Wiesen und Weiden. In: Succow M., Joosten H. (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde. 2. Aufl. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart: 171–181.
- SCB/Society for Conservation Biology (2021): International Congress for Conservation Biology (ICCB). Internetartikel. <https://conbio.org/conferences/about-scb-meetings/> (aufgerufen am 1.12.2022).
- Spangenberg A. (2011): Einschätzung der Treibhausgasrelevanz bewaldeter Moorstandorte in Mecklenburg-Vorpommern hinsichtlich des Minderungs-potentials nach Wiedervernässung. Endbericht für DUENE e. V. Greifswald: 29 S.
- Succow M. (2001): Übersicht chorischer Moor-Naturraumtypen. In: Succow M., Joosten H. (Hrsg.): Landschaftsökologische Moorkunde. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart: 240–252.
- Succow M., Joosten H. (Hrsg.) (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart: 622 S.
- Tanneberger F., Appulo L. et al. (2021): The power of nature-based solutions: How peatlands can help us to achieve key EU sustainability objectives. Advanced Sustainable Systems 5(1): 2000146. DOI: 10.1002/adsu.202000146
- Tiemeyer B., Borraz E. et al. (2020): A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. Ecological Indicators 109: 105838. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.105838

Trepel M., Pfadenhauer J., Zeitz J. et al. (2017): Germany. In: Joosten H., Tanneberger F., Moen A. (Hrsg.): Mires and peatlands of Europe – Status, distribution and conservation. Schweizerbart Science Publishers. Stuttgart: 413 – 425.

UBA/Umweltbundesamt (Hrsg.) (2022): Emissionen der Landnutzung, -änderung und Forstwirtschaft. <https://bit.ly/UBA-LULUCF> (aufgerufen am 1.12.2022).

Anzeigen

Prof. Dr. Vera Luthardt
Korrespondierende Autorin
HNE Eberswalde
FB Landschaftsnutzung und Naturschutz
Schicklerstraße 5
16225 Eberswalde
E-Mail: vera.luthardt@hnee.de



Die Diplom-Biologin lehrt das Fachgebiet Vegetationskunde und angewandte Pflanzenökologie in Bachelor- und Masterstudiengängen an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde (HNEE). Sie ist in der angewandten Forschung auf den Gebieten der Moorkunde und des Moormanagements, des Umweltmonitorings und der Erfolgskontrollen wie auch zu Fragen des Naturschutzes im Klimawandel transferorientiert aktiv. Mit einem besonderen Fokus auf der Modellfunktion von Biosphärenreser-

vaten ist sie Mitbegründerin und Teil der wissenschaftlichen Leitung des Biosphere Reserves Institute (BRI) an der HNE. In der Politikberatung wirkt sie seit Langem als Vorsitzende des Brandenburger Naturschutzbeirats und in diversen Expertengremien mit.

Oliver Brauner, Dipl.-Ing.
Büro für Zoologie, Vegetation und Naturschutz
Rudolf-Breitscheid-Straße 62
16225 Eberswalde
E-Mail: oliver.brauner@gmail.com

Jenny Hammerich, M. Sc.
HNE Eberswalde
FB Landschaftsnutzung und Naturschutz
Schicklerstraße 5
16225 Eberswalde
E-Mail: jenny.hammerich@hnee.de

Robert Probst, M. Sc.
HNE Eberswalde
FB Landschaftsnutzung und Naturschutz
Schicklerstraße 5
16225 Eberswalde
E-Mail: robert.probst@hnee.de

Corinna Schulz, Dipl.-Landschaftsökologin
HNE Eberswalde
FB Landschaftsnutzung und Naturschutz
Schicklerstraße 5
16225 Eberswalde
E-Mail: corinna.schulz@hnee.de

Silke Finn Wachtel, M. Sc.
HNE Eberswalde
FB Landschaftsnutzung und Naturschutz
Schicklerstraße 5
16225 Eberswalde
E-Mail: silke.wachtel@hnee.de

Moore sind alt!

Aber jung geblieben!

GNA e.V. Gesellschaft für Naturschutz und Auenentwicklung e.V.
 www.gna-aue.de Buchbergstr. 6
 gna.aue@web.de 63517 Rodenbach
 06184 - 99 33 797

Spenden Sie für die Vielfalt!

Raiffeisenbank Rodenbach
 BLZ 506 636 99 | Konto 10 70 800
 Ihre Spende ist selbstverständlich steuerlich abzugsfähig.

Werden Sie Moor- und Klimaschützer!
Gärtnern Sie torffrei!

Weitere Infos unter www.NABU.de/moorschutz