

Klimaschutz durch Moorschutz – Hintergrund und Handlungsmöglichkeiten¹

Matthias Drösler

Zusammenfassung

Moore sind die größten terrestrischen Kohlenstoffspeicher. In naturnahem Zustand sind sie klimaneutral. Bei Entwässerung stellen sie aber die größten Quellen für klimarelevante Spurengase dar mit Mittelwerten von jährlich über 40 t CO₂ eq/ha bei Ackernutzung. Entscheidend für die Bilanz der Spurengase ist der Wasserstand: Das Optimum liegt bei ca. 10 cm Mittelwasserstand unter Flur, denn hier wird CO₂ aufgenommen, das gebildete CH₄ aufoxidiert und die N₂O-Emission ist vernachlässigbar. Aufgrund des Anteils von 95 % entwässerter Moorflächen beträgt die aktuelle jährliche Emissionsbilanz der Moore in Bayern 6,7 Mio. t CO₂-eq. Bayern hat 2008 im Rahmen des KliP2020/2050 ein klimaschutzorientiertes Moorrenaturierungsprogramm gestartet, das vom Peatland Science Centre (PSC) hinsichtlich der Klimaschutzleistung evaluiert wird. Um aber in die große Fläche zu kommen (Moorfläche Bayerns: 226 000 ha), sind neben der Renaturierung insbesondere Lösungen für Nassbewirtschaftung und Paludikultur erforderlich. Hier zeigen unsere aktuellsten Forschungsergebnisse, dass Paludikulturen bei optimiertem Wasserstand jährlich bis zu 13 t CO₂-eq/ha aufnehmen können, also eine Landnutzung mit Senkenleistung darstellen. In einem optimalen Landnutzungsszenario für Bayern könnten die Gesamt-Moorflächen zu einer leichten Senke werden (–0.5 Mio. t CO₂-eq/Jahr) und damit einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Die Erfolgskontrolle der erreichten Einsparungsleistungen wird vom PSC durchgeführt.

Summary

Climate protection via peatland conservation – background and management options

Peatlands are the largest terrestrial carbon reservoirs. In their natural state, they are climate-neutral. When drained, however, they are the largest sources of climate-relevant trace gases with average values of over 40 t CO₂ eq./ha per year when used for arable farming. The water level is decisive for the balance of trace gases: the optimum level is at approx. 10 cm mean water level below the surface, as this is where CO₂ is absorbed, the CH₄ formed is oxidised and N₂O emissions are negligible. However, the current annual emissions balance of peatlands in Bavaria is 6.7 million t CO₂ eq. due to the 95% drained peatland areas. In 2008, Bavaria launched a climate protection-oriented peatland restoration program as part of KliP2020/2050, which is being evaluated by the Peatland Science Centre (PSC) in terms of its climate protection performance. However, in order to cover a large area (226 000 ha of peatland in Bavaria), solutions for wetland management and paludiculture are required in addition to restoration. Our latest research results show that paludicultures can absorb up to 13 t CO₂ eq./ha per year with an optimized water level, i.e. they represent a land use with sink capacity. In an optimal land use scenario for Bavaria, the total peatlands could become a slight sink (–0.5 million t CO₂ eq./year) and thus make a significant contribution to climate protection. The success of the savings achieved is monitored by the PSC.

¹ Gekürzte Version des Vortrags.

✉ Prof. Dr. Matthias Drösler, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Institut für Ökologie und Landschaft und Peatland Science Centre – PSC, Am Hofgarten 1, 85354 Freising; matthias.droesler@hswt.de

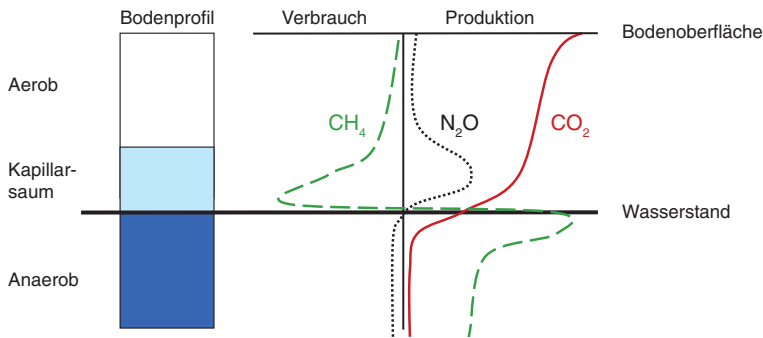


Abb. 1. Verbrauch und Produktion von Spurengasen (CH_4 , N_2O , CO_2 ; relative Gasflüsse auf verschiedenen Skalen) in verschiedenen Schichten von Moorböden. – A. Freibauer.

Spurengasflüsse in Mooren

Die Netto- CO_2 -Bilanz eines Moores ergibt sich aus den beiden großen CO_2 -Flüssen: Aufnahme durch Photosynthese und Emission durch Atmung. Je nach Zustand des Moores können diese beiden Flüsse massiv die Größe und sogar die Richtung dieser Bilanz ändern. Daneben werden Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O) emittiert. Während CO_2 vor allem in der aeroben Phase gebildet wird, wird CH_4 in der anaeroben Phase produziert und in dem Kapillarsaum, d.h. dem Übergang von aerober Zone und Grundwasser, verbraucht (Abb. 1). Die Bildung und Emission von N_2O ist im Kapillarsaum am größten, in einem Bereich von etwa 60–70 % wassergefüllten Porenraums, zwischen den Bereichen der Nitrifikation auf trockenen Niedermoorböden (Bildung von NO) und der Denitrifikation auf nassen Böden (Bildung von N_2) (Davidson et al. 2000). Der Wasserstand in Mooren ist daher der wichtigste Einflussfaktor für die Steuerung der Spurengasflüsse.

Bei einer Bilanzierung des Treibhausgasaus-tauschs von Mooren müssen beide Parameter, also Kohlenstoffbilanz und Klimarelevanz, gemeinsam betrachtet werden. Bei der Kohlenstoffbilanz kommt zur Netto- CO_2 -Bilanz die Methanbilanz sowie der Export und Import von organischem Kohlenstoff hinzu. Die Frage, wie ein Moor renaturiert werden kann und wieder die Funktion des Wachstums auslöst, so dass es zu einer Kohlenstoffsенke wird, stand bisher vor allem im Fokus des Naturschutzes. Parallel ist die Klimarelevanz zu berechnen, bei der neben der Netto- CO_2 -Bilanz v.a. die Methan- und die Lachgasbilanz (unter Verrechnung des globalen

Erwärmungspotenzials der Gase) bedeutsam sind. Diese Seite stand bisher vor allem im Fokus der Forschung zum Klimaschutz.

Ergebnisse aus ausgewählten Forschungsprojekten

Im Folgenden werden anhand von Projekten am Peatland Science Centre (PSC) an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf wichtige Schritte auf dem Weg zu einer Erfassung der Spurengasflüsse in Mooren vorgestellt.

Mithilfe von Kunststoffhauben (Drösler 2005) mit Steady-State-Bedingungen im Inneren, einer einfachen, aber solide funktionierenden Mess-technik im Moor, konnte bereits Ende der 1990er Jahre u.a. den Zusammenhang zwischen der Aerenchymfläche der Moorpflanzen, dem Wasserstand und der daraus modellierbaren Methanemissionen in der Kendlmühlfilzen, einem Hochmoorgebiet südlich des Chiemsees, festgestellt werden (Abb. 2a; Drösler 2005). Auch ließ sich der Zusammenhang zwischen der Kohlenstoffbilanz (Senken- und Quellenfunktion) von natürlichen bis degradierten Moortypen und des globalen Erwärmungspotenzials (GWP) der emittierten Treibhausgase nachweisen (Abb. 2b; Drösler 2009). Ein steigender Wasserstand bzw. eine Wiedervernässung als Renaturierungsmaßnahme führen zu einer deutlichen Klimaentlastung.

Als 2004 im Rahmen des EU-Projekts CARBOEUROPE Moorflächen in Europa untersucht wurden (Byrne et al. 2004), lag Deutschland nach Fläche auf Platz 6, nach Emission von Treibhausgasen jedoch auf Platz 1 (Drösler et al. 2008). Dies führte u.a. dazu, dass in Deutschland mehr Geld in die

Forschung investiert wurde, um geeignete Gegenmaßnahmen zu entwickeln. (Zu den aktuellen Emissionswerten aus entwässerten Moorflächen in Europa s. Tanneberger 2024 in diesem Band.)

In einem bundesweiten Projekt² wurden Hoch- und Niedermoor in Nord- und Süddeutschland sowie ein Niedermoor in Polen als Testgebiete untersucht. Daraus ergab sich das sog. PEP-Modell, das bis heute für die Evaluierung von Renaturierungsmaßnahmen verwendet wird (Drösler et al. 2011/2013). Es beschreibt die Abhängigkeit der jährlichen Treibhausgasbilanzen der Standorte vom Jahresmittel des Wasserstands und dem jährlichen Export von Kohlenstoff mit dem Erntegut auf den verschiedenen Standorten und Testflächen.

Da sich Moor-Ökosysteme nur langsam entwickeln, ist ein langfristiges Monitoring über einen längeren Zeitraum wichtig. Das PSC ist seit 2010 an dem europaweiten ICOS-Verbund³ im Rahmen des deutschen Beitrags zum Ökosystem-Beobachtungsnetz (Cluster 5) beteiligt mit zwei Standorten: dem Schechelfilz, einem naturnahen Spirkenwald bei Iffeldorf, und Mooseurach, einem Fichtenwald auf drainiertem Untergrund bei Königsdorf, die gemeinsam mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) in Garmisch-Partenkirchen gemessen werden. Dies sind die bundesweit einzigen Moor-Waldstandorte, die seit 2010 mit dem Eddy-Kovarianz-System untersucht werden. Sie bilden wiederum die Basis für die bundesweite Berichterstattung. Es ist dringend notwendig, die Netze zu verdichten und z. B. in Bayern in den Niedermoorwäldern weitere Messstandorte zu etablieren.

Klimaschutzorientierte Moorrenaturierung in Bayern

Über das KLIP2020/2050-Programm, das jährlich etwa 2,5 Mio. Euro in die klimaschutzorientierte Moorrenaturierung in Bayern investiert,⁴ wurde die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen durch

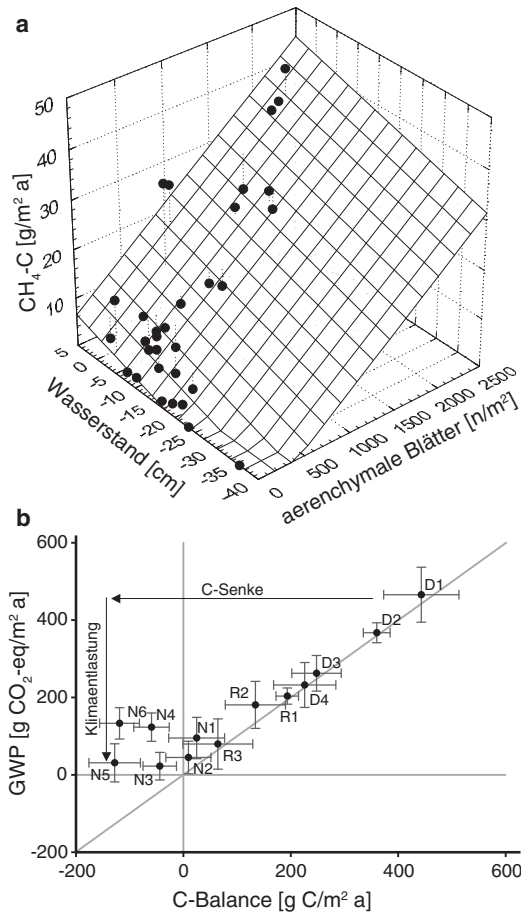


Abb. 2. Zusammenhang zwischen **a:** Zahl aerenchymaler Blätter, Wasserstand und jährlicher Methanemission und **b:** Kohlenstoffbilanz (neg. Werte: Aufnahme in das Ökosystem) und GWP (Global Warming Potential) in der Kendelmühlfilzen 1999/2000. (D1,D2: aufgelassener trockener Torfstich; D3,D4: vorentwässerte Hochmoorheide; R1: gefluteter ehemaliger Torfstich; R2: renaturierte feuchte Hochmoorheide; R3: renaturierter Sphagnumrasen; N1,N2: feuchte Hochmoorheide; N3: Sphagnumrasen; N4: *Eriophorum*-Bulte; N5: Übergang Bult-Schlenke; N6: Schlenke.) – Drösler (2005, 2009).

- 2 BMBF-Verbundprojekt „Klimaschutz – Moornutzungsstrategien“, Drösler et al. (2011/2013).
- 3 Integrated Carbon Observation System, <https://www.icos-cp.eu/> [abgerufen 04.05.2023]
- 4 Drösler & Kraut (2020); KLIP 2020: Klimaprogramm Bayern, LfU (2013); KLIP 2025: Klimaschutzprogramm Bayern 2050, StMUV (2015), Demartin et al. (2020).

Moorrenaturierung entscheidend vorangebracht. Das PSC hat den Auftrag der Evaluierung, da gemäß internationalen Standards für den Nachweis von Klimaschutz die Einsparungsleistungen messbar, berichtbar und verifizierbar sein müssen. Die Klimaentlastung durch Renaturierung von Hochmooren in Bayern im Rahmen von KLIP liegt im Zeitraum 2008–2023 bei 174 287 t CO₂-eq

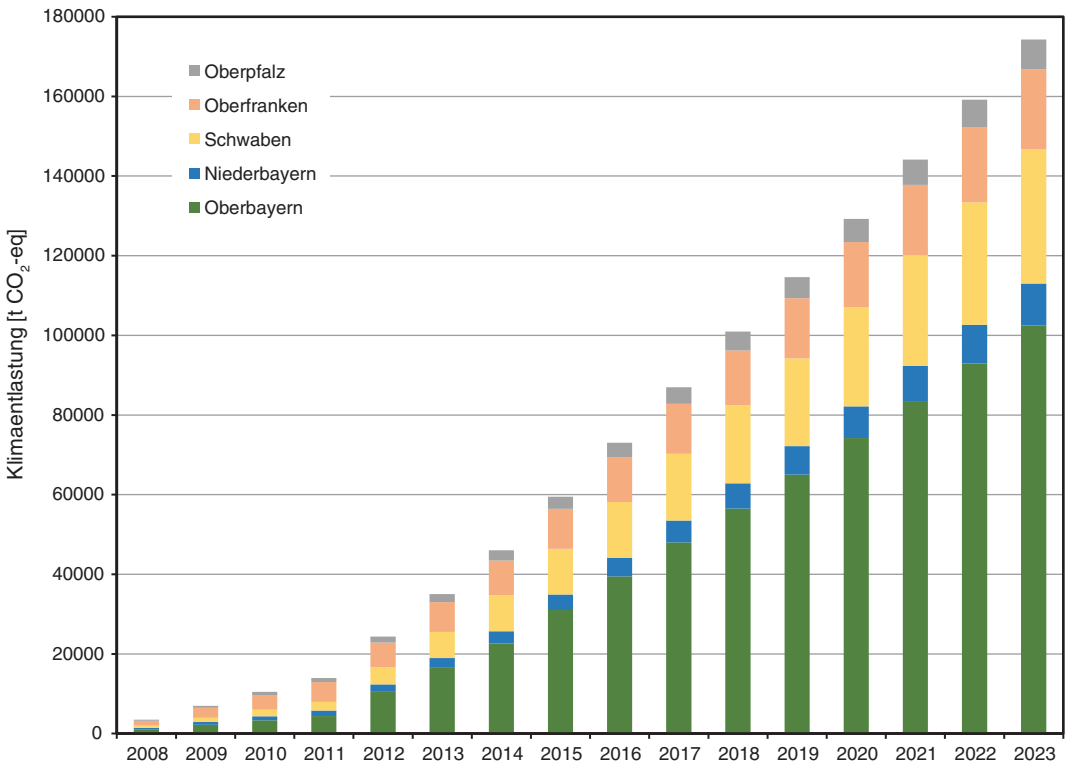


Abb. 3. Kumulative Einsparleistung an Treibhausgasen (Klimaentlastung) durch Moorrenaturierung in den bayerischen Regierungsbezirken im Rahmen von KLIP 2008–2023; Maßnahmen aus Oberfranken, Oberpfalz und Schwaben noch unvollständig erfasst. – M. Kraut & M. Drösler.

(Abb. 3), auf 50 Jahre Wirkzeitraum extrapoliert ist mit den bisherigen Maßnahmen mit einer Klimaentlastung von 770 468 t CO₂-eq zu rechnen.

Um den Einfluss der Temperaturerhöhung auf die Vegetation zu untersuchen, wurde in dem Projekt MOORadapt⁵ im Freisinger Moos an einem Standort, der für Grünlandbewirtschaftung drainiert worden war, auf der Hälfte der Versuchsfelder den Wasserstand auf –10 cm angehoben und in der Folge die Auswirkung von höheren Temperaturen (+1°C) sowie von Landnutzungssystemen (Referenz: intensiv genutztes Grünland; Versuch: Grünland bepflanzt

mit Sumpf-Segge, *Carex acutiformis*, als Paludikultur) in Open-top-Kammern verglichen. Sofern der Wasserstand hoch bleibt, kommen die Seggen gut mit einer Erwärmung zurecht und das System wird sogar zu einer Klimagesenke (Bockermann et al., accepted).

Das Projekt „MOORuse – Paludikulturen für Niedermoorböden in Bayern“ ermöglichte es, die Paludikultur (vgl. Joosten 2024 in diesem Band) für den süddeutschen Raum zu erforschen. Das Projekt besteht aus den Modulen (1) Etablierung, (2) Umwelteffekte/Klimarelevanz, (3) Verwertungspotenziale und (4) Wirtschaftlichkeit, regionale und überregionale Nutzungs-

5 MOORadapt: Anpassung der Moore an den erwarteten Klimawandel in Bayern – Schwerpunkt Niedermoor; 2016–2019; <https://www.hswt.de/forschung/projekt/924-mooradapt> [abgerufen am 04.05.2023]

6 MOORuse: Paludikulturen für Niedermoorböden in Bayern - Etablierung, Klimarelevanz & Umwelteffekte, Verwertungsmöglichkeiten und Wirtschaftlichkeit (2016–2022), <https://www.hswt.de/forschung/projekt/958-mooruse> [abgerufen am 04.05.2023]

optionen.⁶ Auf Versuchsflächen im Freisinger Moos, im Bayerischen und im Schwäbischen Donaumoos wurden mit Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*), Großseggen (*Carex acutiformis*, *C. acuta*), Schilfrohr (*Phragmites australis*) und Rohrkolben (*Typha latifolia*, *T. angustifolia*) sechs Arten etabliert, die den Niedermoortorf unter nassen Bedingungen aufbauen. Die Messergebnisse bestätigten, dass Lachgas bei ausreichend hohem Wasserstand nicht von Bedeutung ist und dass das Optimum für die Klimawirksamkeit bei einem Wasserstand an oder bis 10 cm unter der Oberfläche liegt (Bockermann et al., accepted). In diesem Bereich wird Methan aufgrund des Verhältnisses von methanotrophen zu methanogenen Mikroorganismen aufoxidiert und es ist noch feucht genug, dass CO₂ gebunden wird. Durch die Ergebnisse des MOORuse Projektes konnte erstmals nachgewiesen werden, dass sich mit Paludikulturen jährlich bis zu 13 t CO₂-eq/ha an Senkenleistung erreichen lassen, d. h. Einbindung ins System trotz Biomasseentzug der Bewirtschaftung (Bockermann et al. 2023).

Damit lässt sich die höchste bisher bekannte Klimaschutzleistung von jährlich bis zu 50 t CO₂-eq/ha im Landnutzungssektor erreichen, wenn eine Umwandlung von Ackerland in Paludikulturen mit naturnahem Wasserstand (knapp unter der Oberfläche) durchgeführt wird. Dabei stellt sich die Frage, wie nachhaltig diese Wirkung ist. Im Moment sehen wir eine massive Rhizombildung, die ja neue Torfbildung auslöst. In Vergleichsuntersuchungen aus Belarus ist nach 12 Jahren noch eine CO₂-Aufnahme vorhanden (Minke et al. 2016). Das heißt, für die nächsten entscheidenden 20 Jahre könnte eine Senkenleistung trotz Bewirtschaftung der wiedervernässten Moore erzielt werden.

Klimaschutz durch Moorschutz – Ziele

In Bayern sollen bis 2030 im Landwirtschaftsbereich rund 20 000 ha und im Naturschutzbereich 10 000 ha Moorflächen klimafreundlich entwickelt werden, bis 2040 55 000 ha. Das ist ca. ein Viertel der Gesamtfläche der organischen Böden in Bayern von 226 000 ha. Um das Ziel der Klimaneutralität bis 2040 zu erreichen, muss man die Flächenzahlen sukzessive nachschärfen entsprechend des Mechanismus der international zu steigenden Ambition im Klimaschutz. Bisher

fehlen aber konkrete flächendifferenzierte Szenarien, um die erreichbaren Klimaschutzleistungen über alle Systeme hinweg abzubilden.

Daher wurde das vom PSC geleitete Verbundprojekt KliMoBay⁷ 2019–2022 gemeinsam mit Partnern der TUM, LMU und LfL durchgeführt, um (1) die Klimarelevanz der bayerischen Moore und die Klimaschutzpotenziale zu erschließen, (2) flächendeckende Wasserstandskarten zu entwickeln, (3) Bodeninformation zusammenzustellen und Sackungsmonitoring durchzuführen und damit die Endlichkeit der Bewirtschaftung einzuschätzen und (4) mit der Fernerkundung die Nutzungsintensität zu ermitteln und mittels der Klimamodellierung bis 2050 herauszufinden, ob die Moore mit Wasserengpässen in der Zukunft zu rechnen haben.

In dem Teilprojekt 1 des PSC konnte mit der Auswertung aller jemals gemessenen und modellierten Jahresbilanzen für Bayern eine eigene Abhängigkeitskurve der Treibhausgasbilanz vom Wasserstand für die verschiedenen Landnutzungssysteme entwickelt werden (Abb. 4; Klatt et al. 2023). Die Abhängigkeitskurve entspricht damit den naturräumlichen und standörtlichen Verhältnissen für Bayern am besten. Sie zeigt aber auch, dass sich intensive Grünland- und Ackernutzung bei tiefer Entwässerung nicht mehr in ihrer Treibhausgasbilanz unterscheiden. Für die Modellierung der bayerischen Gesamtemissionen aus organischen Böden wurde zudem noch weiter differenziert und landnutzungsspezifische Funktionen der Abhängigkeiten vom Wasserstand verwendet. Unter Nutzung von ATKIS und „tatsächlicher Landnutzung“ und der in Teilprojekt 2 (TUM) entwickelten Wasserstandskarte wurde dann auf aktuellster Basis die Mooremissionskarte Bayerns modelliert (Klatt et al. 2023). Ergebnis ist der Nachweis der aktuellen Emissionen von 6,7 Mio. t CO₂-eq pro Jahr für Bayern aus der Gesamtheit der organischen Böden – und damit der größten Emissionsquelle im gesamten Landnutzungssektor.

Ein zentrales Produkt ist die Endlichkeitskarte der Moorbewirtschaftung (seitens Partner LfL erstellt; Klatt et al. 2023), die über die Sackungsraten, die Moormächtigkeit, den Abstand zum

7 Klimaschutz- und Anpassungspotenziale in Mooren Bayerns (2019–2022), <https://www.lfl.bayern.de/iab/kulturlandschaft/238568/index.php> [abgerufen 04.05.2023]

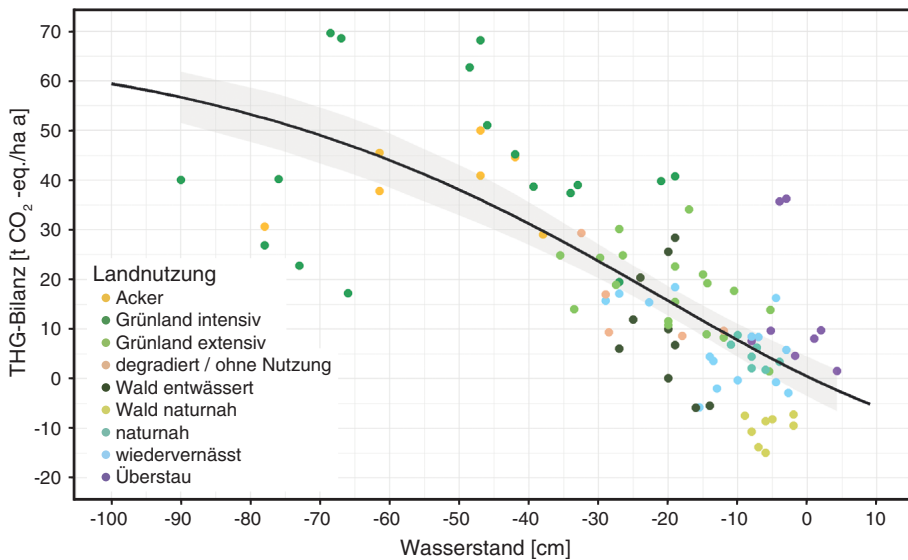


Abb. 4. Zusammenhang zwischen Treibhausbilanz und Wasserstand in Mooren Bayerns bei unterschiedlicher Landnutzung. – J. Klatt, M. Schlaipfer & M. Drösler.

Grundwasserspiegel und den Untergrund erstellt wurde. Ergebnis ist, dass 40 % der landwirtschaftlich genutzten Moorflächen in den nächsten 30 Jahren massive Schwierigkeiten bekommen, die klassische entwässerungsbasierte Bewirtschaftung fortzusetzen. Die Schnitthäufigkeitskarte (vom Partner LMU erstellt) schließlich, die auf Fernerkundungsdaten beruht, spiegelt die Landnutzungsintensität wider. Auch sie floss in die Emissionsmodellierung mit ein.

Ausblick: Maßnahmen, Synergien und Auftrag des PSC

Unter den gängigen Maßnahmenvarianten sind die Umwandlung von Acker zu Intensiv-Grünland und die Extensivierung des Intensiv-Grünlands mit keiner Wasserstandsanhebung verbunden, aber dennoch oftmals als erster Schritt für eine Renaturierung nötig (Abb. 5). Der entscheidende Schritt ist dagegen die Wasserstandsanhebung im Grünland auf ein Niveau, auf dem eine Bewirtschaftung noch möglich ist, d. h. 20 cm unter Flur im Jahresmittel; noch weiter führen Renaturierung und Paludikultur. Umstritten ist die Nutzung von Moorflächen für Photovoltaikanlagen, die jedoch bei richtiger Durchführung durchaus eine weitere Option darstellen könnte. Hier fehlt in den bisherigen Beispielen aber die

konsequente Wiedervernässung der Moore. Ohne diese Maßnahme sind sie keine brauchbare Option. Das EEG gibt für Photovoltaikanlagen auf Moor klare Anforderungen hinsichtlich des Wasserstands vor (–10 cm oder höher im Winter und –30 cm oder höher im Sommer). Für die Beurteilung der Gesamtwirkung auch hinsichtlich der Auswirkungen auf die Biodiversität besteht aber noch Forschungsbedarf. Ein Oberbodenabtrag ist bei diesen Maßnahmenvarianten nicht enthalten, da dieser unter den Bedingungen in Bayern nicht erforderlich ist, sondern eher eine Maßnahme für degradierte Hochmoore in Nordwestdeutschland darstellt. Am meisten Gewinn in Bezug auf Klimarelevanz und als Synergieeffekt für die Biodiversität wird mit den Varianten Renaturierung durch Wiedervernässung und Paludikultur erzielt, aber auch die Wasserstandsanhebung im Grünland wirkt sich positiv auf beide Parameter aus (Abb. 5).

Auftrag des KliMoBay-Projektes war es zudem, Handlungsszenarien für die Gesamtfläche der Moore Bayerns zu entwickeln. Das Baseline-Szenario, also die derzeitigen Emissionen, belaufen sich auf jährlich 6,7 Mio. t CO₂-eq. Ein (unrealistisches) Maximalszenario mit vollständiger Wiedervernässung ohne weitere Nutzung würde eine Emissionsreduktion von 85 % ergeben. Ein optimiertes Landnutzungsszenario

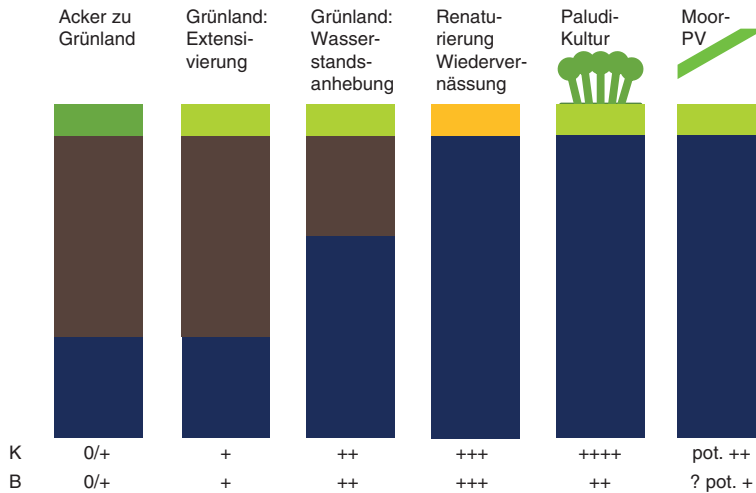


Abb. 5. Schematische Darstellung verschiedener Maßnahmen der Moornutzung (blau: Wasserstand, braun: entwässerte Torfsäule, grün bzw. orange: Nutzung) und ihre Bewertung bez. Klimawirksamkeit (K) und Biodiversität (B). – M. Drösler.

wurde ebenfalls berechnet, in dem Acker und Intensiv-Grünland zu Paludikultur umgewandelt werden und Extensiv-Grünland und Wald wiedervernässt werden. Damit würden die Moore Bayerns sogar insgesamt eine leichte Senke werden und dennoch Landnutzung ermöglichen (Klatt et al. 2023). Die Wiedervernässung ist die einzige Möglichkeit, die Endlichkeit der Bewirtschaftung abzufangen. Der Anteil klimapositiver Produkte über die Systemgrenze hinaus ist dabei noch nicht eingerechnet, wenn z.B. eine Gipskartonplatte durch eine Paludiplatte ersetzt wird (vgl. Joosten 2024 in diesem Band).

Das Peatland Science Centre (PSC) an der HSWT wurde im Auftrag des Landtags aufgebaut und basiert auf 25 Jahren Moorforschungsexpertise. Derzeit arbeiten 28 Mitarbeiter in einem breiten Kompetenzfeld im Institut. Neben Forschung und Lehre ist der Wissenstransfer eine zentrale Aufgabe des PSC. Der Transformationsprozess der Moore in Bayern zur besseren Funktionserfüllung, insbesondere in Hinblick auf Klimaschutz, Biodiversität und nachhaltige Nutzung, wird maßgeblich durch die Forschung des PSC befördert, und zwar in Kooperation mit LfU, LfL und LWF. Die Erfolgskontrolle der Klimaschutzleistung der Maßnahmen in bayerischen Mooren wird durch das PSC durchgeführt.

Literatur

- Bockermann, C., T. Eickenscheidt & M. Drösler. 2023. Greenhouse gas emissions and global warming potentials of five paludiculture plants in fen peatlands in southern Germany. – EGU General Assembly 2023, Vienna, Austria, 24–28 Apr 2023: EGU23-14397. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-14397>
- Bockermann, C., T. Eickenscheidt & M. Drösler. Accepted. Adaptation of fen peatlands to climate change: rewetting and management shift can reduce greenhouse gas emissions and offset climate warming effects. – BIOG-D-23-00102R2.2024.
- Byrne, K., B. Chojnicki, T. Christensen, M. Drösler, A. Freibauer, S. Frolking, A. Lindroth, J. Mailhammer, N. Malmer, P. Selin, J. Turunen, R. Valentini & L. Zetterberg. 2004. EU peatlands: Current carbon stocks and trade gas fluxes. – Report 4/2004 to 'Concerted action: Synthesis of the European Greenhouse Gas Budget', Geosphere-Biosphere Centre, University of Lund, Sweden, 59 S.
- Davidson, E. A., M. Keller, H. E. Erickson, L. V. Verchot & E. Veldkamp. 2000. Testing a conceptual model of soil emissions of nitrous and nitric oxides: Using two functions based on soil nitrogen availability and soil water content, the hole-in-the-pipe model characterizes a large fraction of the observed variation of nitric oxide and nitrous oxide emissions from soils. – BioScience, 50(8): 667–680. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2000\)050\[0667:TACMOS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0667:TACMOS]2.0.CO;2)
- Demartin, G., R. Schöttner, C. Siuda, V. Feichtinger, R. Hofmann & M. Scheidler. 2020. Moorrenaturierung im Klimaschutzprogramm Bayern 2050 – Hand-

- werkszeug, Beispiele und Herausforderungen. – ANLiegen Natur, 42(1): 19–31. <https://www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/index.htm> [abgerufen 04.05.2023]
- Drösler, M. 2005. Trace gas exchange and climatic relevance of bog ecosystems, Southern Germany. – Dissertation, Department für Ökologie, TU München, 179 S.
- Drösler, M. 2009. Was haben Moore mit dem Klima zu tun? – Laufener Spezialbeiträge, 2/09: 60–69. <https://www.anl.bayern.de/publikationen/spezialbeitraege/index.htm> [abgerufen 04.05.2023]
- Drösler, M. & M. Kraut. 2020. Klimaschutz durch Moorschutz – im Klimaprogramm Bayern (KLIP 2020/2050). – ANLiegen Natur, 42(1): 31–38. <https://www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen/index.htm> [abgerufen 04.05.2023]
- Drösler, M., A. Freibauer, T. R. Christensen & T. Friborg. 2008. Observations and status of Peatland greenhouse gas emissions in Europe. – In: Dolman, A. J., R. Valentini & A. Freibauer (eds.): The Continental-Scale Greenhouse Gas Balance of Europe. Springer, New York, NY. Ecological Studies, 203: 243–261.
- Drösler, M., W. Adelman, J. Augustin, L. Bergman, C. Beyer, B. Chojnicki, C. Förster, A. Freibauer, M. Giebels, S. Görlitz, H. Höper, J. Kantelhardt, H. Liebersbach, M. Hahn-Schöfl, M. Minke, U. Petschow, J. Pfadenhauer, L. Schaller, P. Schägger, M. Sommer, A. Thuille & M. Wehrhan. 2011/2013. Klimaschutz durch Moorschutz in der Praxis. Schlussbericht des Vorhabens „Klimaschutz – Moornutzungsstrategien“ 2006–2010. – Arbeitsberichte aus dem TI-Institut für Agrarrelevante Klimaforschung, Braunschweig, 04/2011, 191 S. Endfassung vom 31. Januar 2013 unter <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb13/735500762.pdf> [abgerufen 04.05.2023]
- Joosten, H. 2024. Landwirtschaftliche Nutzung von Mooren. – In: Bayer. Akademie der Wissenschaften (Hrsg.): Moore: Ökosystemfunktionen, Biodiversität und Renaturierung. Pfeil, München: 65–76.
- Klatt, J., M. Schlaipfer, H. Meyer, C. Brehier, S. Friedrich, A. Gerner, M. Tarantik, G. Chiogna, M. Disse, M. Frischhut, T. Machl, N. Conze, M. Herr, J. Kotzi, A. Kühnel, L. Reifschneider, J. Welte, G. Kuhn, A. Freibauer, V. Huber Garcia, T. Ramsauer, Y. Chen, V. Kuch, R. Wood, P. Marzahn, R. Ludwig & M. Drösler. 2023. Klimaschutz- und Anpassungspotenziale in Mooren Bayerns (KliMoBay). Abschlussbericht. – Zenodo, Version v1, 202 S. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10202687>
- LfU. 2013. KLIP 2020 – Ein Sonderprogramm zur Moorrenaturierung. – Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Augsburg, 6 S.
- Minke, M., J. Augustin, A. Burlo, T. Yarmashuk, H. Chuvashova, A. Thiele, A. Freibauer, V. Tikhonov & M. Hoffmann. 2016. Water level, vegetation composition, and plant productivity explain greenhouse gas fluxes in temperate cutover fens after inundation. – Biogeosciences, 13(13): 3945–3970. <https://doi.org/10.5194/bg-13-3945-2016>
- StMUV. 2015. Klimaschutzprogramm Bayern 2050. – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, München, 32 S.
- Tanneberger, F. 2024. Verbreitung und Zustand der Moore weltweit, in Europa und in Deutschland. – In: Bayer. Akademie der Wissenschaften (Hrsg.): Moore: Ökosystemfunktionen, Biodiversität und Renaturierung. Pfeil, München: 13–25.

Diskussion*

J. Reddemann: Sie hatten in Ihrem Vortrag auch Wald über Moore erwähnt. Die heimischen Wälder sind von sich aus gute Kohlenstoffspeicher; auf den teilweise seit 200 Jahren trocken gelegten Moorstandorten haben sich neue Pflanzengesellschaften gebildet. In welchem Umfang ist es auch aus ökologischer Sicht sinnvoll, Wälder bei der Renaturierung von Mooren einzubeziehen und deren Umwandlung vorzunehmen?

M. Drösler: Die naturnahen Spirkenwäldchen im Hochmoor (Messstandort Schechenfilze) waren eine Netto-Senke. Bei einem entwässerten Moor-

wald kann aber die Einbindung von Kohlenstoff ins Holz nicht die Emission aus Moorböden kompensieren, wenn man den gesamten Bewirtschaftungszyklus betrachtet. Daher ist es auch im Moorwald für einen optimalen Klimaschutz entscheidend, den Wasserstand auf ein naturnahes Niveau anzuheben.

*Aus Zeitgründen konnte keine Diskussion des Vortrags stattfinden, die Fragen wurden daher nachträglich eingereicht und beantwortet.