



Leopoldina
Nationale Akademie
der Wissenschaften

Juni 2024 | Stellungnahme

Klima – Wasserhaushalt – Biodiversität: für eine integrierende Nutzung von Mooren und Auen



Impressum

Herausgeber

Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V.
– Nationale Akademie der Wissenschaften –
Jägerberg 1, 06108 Halle (Saale)

Redaktion

Dr. Christian Anton, Christina Hohlbein, Dr. Henning Steinicke, Dr. Sebastian Wetterich
Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina
Dr. Sybille Roller, Dr. Gisela von Hoven
Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung

Kontakt: politikberatung@leopoldina.org

Lektorat

Grünes Lektorat Dr. Agnes Przewozny – Fachlektorat Agrar und Umwelt, Berlin

Titelgrafik

Ronny Träger, Berlin

Grafiken

Henrik Hofmeister
Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina

Gestaltung und Satz

Klötzner Company Werbeagentur GmbH, Hamburg

Druck

Druck-Zuck GmbH
Seebener Str. 4
06114 Halle (Saale)

DOI

https://doi.org/10.26164/leopoldina_03_01185

Lizenz

Texte und Grafiken stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY-ND 4.0
<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie, detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <https://portal.dnb.de> abrufbar.

Zitiervorschlag

Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina (2024): Klima – Wasserhaushalt – Biodiversität: für eine integrierende Nutzung von Mooren und Auen. Halle (Saale).

Redaktionsschluss

Juni 2024

Klima – Wasserhaushalt – Biodiversität:

für eine integrierende Nutzung von Mooren und Auen

Begleitend zu dieser Stellungnahme ist das digitale Dossier
„Moore und Auen: Vom Wandel nasser Landschaften“ erschienen:
<https://interaktiv.leopoldina.org/mooreundauen>



Inhalt

Zusammenfassung	5
1 Warum Moore wiedervernässen und Auen renaturieren?.....	8
1.1 Der Klimawandel verändert den Blick auf Moore und Auen.....	8
1.2 Biologische Vielfalt in Mooren und Auen.....	9
1.3 Moorwiedervernässung und Auenrenaturierung als gesamtgesellschaftliche Aufgabe	11
1.4 Ziele und Aufbau der Stellungnahme.....	13
2 Moore und Auen in Deutschland	16
2.1 Was sind Moore und Auen?	16
2.2 Veränderung von Mooren und Auen seit dem 18. Jahrhundert	19
2.3 Heutiger Zustand von Mooren und Auen.....	21
3 Bedeutung von Mooren und Auen für Klima, Wasserhaushalt und Biodiversität	27
3.1 Ökosystemfunktionen von Mooren und Auen	27
3.2 Klimawirkung von Mooren und Auen	28
3.3 Wasserhaushalt von Mooren und Auen.....	34
3.4 Biodiversität in Mooren und Auen.....	37
4 Maßnahmen zur Wiederherstellung von Mooren und Auen... 	39
4.1 Moorwiedervernässung.....	39
4.2 Auenrenaturierung.....	42

5	Priorisierung und Bewertung der Maßnahmen	44
5.1	Systemische Verknüpfung von Klima- und Biodiversitätszielen.....	44
5.2	Priorisierung.....	44
5.3	Erfolgsindikatoren und Monitoring	48
5.4	Reallabore als Chance	48
6	Rechtliche Aspekte der Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen.....	51
6.1	Rechtliche Ausgangssituation für die Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen	51
6.2	Gesetze mit besonderer Relevanz für Wiedervernässungen und Renaturierungen ...	55
	Wasserhaushaltsgesetz des Bundes (WHG).....	55
	Bundeswasserstraßengesetz (WaStrG)	56
	Wasserverbandsgesetz des Bundes (WVG).....	57
	Flurbereinigungsgesetz des Bundes (FlurbG).....	58
	Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)	58
6.3	Sicherstellung von Rechtzeitigkeit und Effektivität der erforderlichen Verfahren und Maßnahmen.....	59
7	Ökonomische Anreize für die Wiedervernässung von Mooren und die Renaturierung von Auen	63
7.1	Freiwilligkeit erfordert finanzielle Anreize und sich selbst tragende Geschäftsmodelle.....	63
7.2	Paludikultur als neue Bewirtschaftungsform für Moorböden.....	64
7.3	Auseinanderfallen einzel- und volkswirtschaftlicher Kosten-Nutzen-Relationen bei der Wiedervernässung von Mooren.....	66
7.4	Folgerungen für die Wiedervernässung von Mooren	74
7.5	Auenwiederherstellung als Strategie für Klimaanpassung und Biodiversitätsschutz....	78

8	Von der Partizipation zur Akzeptanz – Kulturwandel und Transformation	81
8.1	Voraussetzungen für eine breite Akzeptanz	81
8.2	Differenzierung nach dem Mehrebenenmodell der Governance	83
8.3	Notwendigkeit einer aktiven Bürgerbeteiligung	85
8.4	Bedingungen für eine erfolgreiche Bürgerbeteiligung	87
9	Handlungsempfehlung: Das Wasser in der Landschaft halten ...	90
9.1	Rechtliche Ziele schärfen und Rechtsrahmen verbessern.....	93
9.2	Kontraproduktive Subventionen abschaffen, ökologische Leistungen honorieren und Wertschöpfungsketten aufbauen.....	96
9.3	Politische und behördliche Zuständigkeiten klären sowie Kapazitäten aufbauen.....	100
9.4	Akzeptanz für Kulturwandel und Transformation durch Partizipation.....	102
9.5	System- und Handlungswissen stärken	104
9.6	Die Größe der Aufgabe ernst nehmen.....	106
	Mitwirkende	108
	Mitglieder der Arbeitsgruppe.....	108
	Gutachterinnen und Gutachter	109
	Stakeholder-Beteiligung.....	109
	Danksagung.....	110
	Literatur	111

Zusammenfassung

Moore und Auen sind essenziell für Mensch und Natur

Naturnahe Moore und Auen tragen überproportional zum Klima- und Biodiversitätsschutz bei. Sie speichern Kohlenstoff, sind natürliche Wasserspeicher, puffern hydrologische Extremereignisse ab und sind Lebensräume für einzigartige und oft gefährdete Tier- und Pflanzenarten. Funktionsfähige Moore und Auen sind essenziell für Mensch und Natur. Sowohl Moore als auch Auen sind in Deutschland jedoch in einem sehr schlechten Zustand. Wenn Deutschland seine Klimaziele erreichen und zugleich auf einen globalen Temperaturanstieg von 1,5° Celsius oder mehr verbunden mit Hochwasser, Extremniederschlägen, Dürren besser vorbereitet sein will, muss sich der Zustand beider Landschaftstypen deutlich verbessern. Dies bedeutet, Moore wieder in einen nassen Zustand zu versetzen und Auen zu renaturieren, indem man sie wieder an den Flusslauf anbindet.

Wiedervernässung und Renaturierung sind komplexe Herausforderungen

Die Wiedervernässung von Mooren und die Renaturierung von Auen sind v. a. deshalb so herausfordernd, weil Politik und Gesellschaft über Jahrhunderte hinweg eine andere Zielsetzung hatten: Zur Schaffung und zum Schutz land- und forstwirtschaftlicher Flächen sowie von Siedlungsräumen wurden Feuchtgebiete großräumig trockengelegt und Wasser wurde möglichst schnell aus der Landschaft abgeleitet. Die Nutzbarmachung von vorher nassen Landschaften für die Land- und Forstwirtschaft und Siedlungen wurde als großer Erfolg angesehen. Heute erkennen wir: Diese Praktiken haben ihren Preis. Nicht nur für den Klima- und Biodiversitätsschutz, auch mit Blick auf die Sicherung des Wasserhaushalts in den Oberflächengewässern, im Boden und im Grundwasser ist es entscheidend, das Wasser in der Landschaft zu halten. Dies erfordert eine grundlegende Änderung in der Bewertung und Nutzung der Flächen – unter Einbeziehung aller Akteure und Interessierter. Eine insgesamt sehr komplexe und in Anbetracht der geringen Zeit bis 2045 sehr herausfordernde Aufgabe.

Die meisten Moore und Auen in Deutschland sind in einem sehr schlechten Zustand

In Deutschland sind rund 98 Prozent der Moore trockengelegt worden. Nach dem Umweltbundesamt emittieren diese entwässerten Moorböden 53 Millionen Tonnen CO₂ jährlich, was einem Anteil von mehr als 7 Prozent der deutschen Treibhausgasemissionen entspricht und mehr ist, als der Industriesektor emittiert. Bei den Auen ist die Degradation ähnlich: Nahezu alle Überflutungsgebiete entlang der Flüsse sind für Landwirtschaft, Schifffahrt und Siedlungswachstum eingedeicht und somit vom Fluss abgetrennt worden – mit verheerenden Auswirkungen für den in Auenböden gespeicherten Kohlenstoff sowie für den Schutz vor Hochwassern, den Sedimenthaushalt, die Wasserqualität, das lokale Klima und die Biodiversität in den Flussgebieten. Derzeit sind nur noch wenige Flussabschnitte als „naturnah“ eingestuft.

Das Ziel der Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union (EU) aus dem Jahr 2000, bis 2027 einen guten ökologischen Zustand bzw. ein gutes ökologisches Potenzial aller Gewässer herbeizuführen, wird in Deutschland verfehlt werden. So ist in 90 Prozent der Auen keine natürliche Wasser- und Sedimentdynamik mehr zu finden. Weichholz- und Hartholzauen sind daher als „stark gefährdet“ bis „von völliger Vernichtung bedroht“ eingestuft.

Mit der im Juni 2024 vom EU-Umweltministerrat beschlossenen Verordnung zur Wiederherstellung der Natur ist Deutschland mit konkreten zeitlichen Vorgaben verpflichtet, großflächig Maßnahmen zu ergreifen, um auch den Zustand von Mooren und Auen zu verbessern.

Lösungsansätze für Moore

Die erforderlichen Maßnahmen sind vielfältig und umfassend. Zuerst gilt es, die noch vorhandenen naturnahen Moorflächen streng zu schützen. Bei der Wiedervernässung geht es v. a. um die Wiederanhebung des Wasserspiegels, im Jahresmittel bis an die Bodenoberfläche. Hierzu muss die Entwässerung gestoppt und das Wasser großflächig zurückgehalten bzw. zurückgeführt werden. Auf solchen wiedervernässten Flächen lassen sich „nasse“ land- und forstwirtschaftliche Nutzungen (Paludikulturen), wie etwa der Anbau von Torfmoos, Rohrkolben und Erlen für die stoffliche Biomasse-nutzung oder die Bewirtschaftung von Nasswiesen mit Wasserbüffeln, etablieren. Auf stark degradierten, wiedervernässten Flächen kommen auch Photovoltaik und Windenergieanlagen als mögliche Nutzung infrage. Dabei gilt es, Bodenverluste zu minimieren. Ebenso sind die Schaffung großflächiger Wildnisgebiete, die Nutzung der Flächen für Kohlenstoffzertifikate oder Naturtourismus mögliche Entwicklungsrichtungen. Die Wiedervernässung von Mooren stellt allerdings eine große politische und gesellschaftliche Herausforderung dar. Flächeneigentümer und Flächennutzende sowie die Menschen im jeweiligen Umfeld müssen für den erforderlichen Paradigmenwechsel und die neuen Ansätze zur Bewirtschaftung der Flächen gewonnen und möglichst von Beginn an einbezogen werden.

Lösungsansätze für Auen

Auch für die zu renaturierenden Auenflächen existieren vielfältige Lösungsansätze. Sie reichen von der Ausweisung und Erweiterung von Überschwemmungsflächen, der Öffnung oder Entfernung von Deichen bis hin zu gezielten Wiederherstellungsmaßnahmen, etwa durch die Förderung natürlicher Sukzessionsprozesse oder die Öffnung von Flussnebenläufen. Zentral ist: Bäche und Flüsse benötigen Raum, der oft nur mehr begrenzt verfügbar ist. Eine Umorientierung kann auch bei den Auen nur dann gelingen, wenn die Maßnahmen gemeinsam mit den Betroffenen erarbeitet und die divergierenden Interessenlagen berücksichtigt und wenn möglich zusammengeführt werden. Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft müssen bereit sein, diesen aufwendigen Weg gemeinsam zu gehen. Dass dies zum Erfolg führen kann, zeigt ein Vergleich von Renaturierungsprojekten in sechs europäischen Ländern, darunter Deutschland. Die Maßnahmen sind jeweils evidenzbasiert, d. h. auf Grundlage des besten verfügbaren Wissens abzuwägen und zu treffen.

Priorisierung von Maßnahmen

Die Entscheidung, wo Wiedervernässungs- und Renaturierungsmaßnahmen prioritär durchzuführen sind, ist wichtig, da finanzielle und personelle Ressourcen begrenzt sind. Grundsätzlich sollte der Fokus auf jenen Gebieten liegen, die sich aufgrund der

natürlichen Voraussetzungen (z. B. technisch einfache Anbindung einer Aue, einfacher Wasserrückhalt) besonders anbieten und in denen die politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen so günstig sind, dass sich die entsprechenden Maßnahmen zügig umsetzen lassen. Gleichzeitig gilt es, auch komplexe Wiedervernässungs- und Renaturierungsprojekte zeitnah zu starten, um das Ziel, in Deutschland bis zum Jahr 2045 klimaneutral zu werden, auch tatsächlich zu erreichen. Daher ist es gerade bei diesen umfangreichen und herausfordernden Vorhaben besonders dringlich, unmittelbar mit der Planung zu beginnen und die notwendigen Schritte zügig einzuleiten. Hierbei kann auf die Erfahrungen aus erfolgreichen Projekten zurückgegriffen werden.

Die Handlungsoptionen und Maßnahmen, die in dieser Stellungnahme für die Wiedervernässung von Mooren und die Renaturierung von Auen dargelegt werden, sind umfassend und vielschichtig. Es handelt sich um ein Bündel sich gegenseitig bedingender und aufeinander aufbauender Maßnahmen. Die wichtigsten Punkte sind:

- Die rechtlichen Rahmenbedingungen sollten so gestaltet werden, dass sie die Wiedervernässung von Mooren und die Renaturierung von Auen zügig und nachhaltig unterstützen. Neben einer gesetzlichen Festsetzung als Staatsaufgabe sind insbesondere die rechtlichen Möglichkeiten für Planfeststellungsverfahren zu verbessern.
- Es gilt, angemessene ökonomische Anreize zu setzen. Konterkarierende Fördermaßnahmen, die zur Entwässerung der Landschaft führen, sollten abgeschafft und zugleich neue Förderinstrumente zur Unterstützung einer breiten Palette von Ökosystemleistungen umgesetzt werden. Die notwendigen finanziellen Unterstützungen durch den Staat müssen sowohl der eigentlichen Umsetzung von Wiedervernässung und Renaturierung als auch der Beförderung von alternativen Produktionsmöglichkeiten für die Land- und Forstwirtschaft dienen.
- Die Kapazitäten in den zuständigen Behörden auf Ebene der Bundesländer, Landkreise und Gemeinden sollten ausgebaut und auf die neuen Aufgaben ausgerichtet werden. Es bedarf eines Paradigmenwechsels im behördlichen Handeln, mit neuen Formen der Kooperation und der Etablierung übergeordneter Kompetenzzentren. Ebenso ist es wichtig, Verbände und Vorhabenträger in die Lage zu versetzen, effektive Unterstützung leisten zu können. Denn die Wiedervernässung der Moore und die Renaturierung der Auen sind komplexe Aufgaben, die einer fundierten hydromorphologischen und ökologischen Planung sowie einer Koordination der verschiedenen Akteure und Fördermöglichkeiten bedürfen.
- Um die Betroffenen vor Ort einzubinden, sollten begleitende und unterstützende Formate der Teilhabe und Partizipation umfassend und in jeweils angepasster Form etabliert und eingesetzt werden.
- Die Daten-, Informations- und Wissensgrundlagen für die Wiedervernässung von Mooren und die Renaturierung von Auen sollten kontinuierlich verbessert und offen zugänglich gemacht werden. Das gilt insbesondere für inter- und transdisziplinäre Wissensgrundlagen sowie eine verbindliche Erfolgskontrolle mittels geeigneter Indikatoren und Monitoringprogramme.

Aus dem Maßnahmenkatalog und dem umfangreichen Portfolio an Empfehlungen werden die Größe und Bedeutung der Aufgabe deutlich: Es geht um einen grundlegenden gesellschaftlichen Wandel hin zu Landnutzungen, im Rahmen derer das Wasser zum Schutz und Nutzen von Mensch, Klima und Biodiversität in der Landschaft stärker zurückgehalten wird.

1 Warum Moore wiedervernässen und Auen renaturieren?

Bis in das 19. Jahrhundert hinein hatte die Landschaft in Deutschland ein deutlich anderes Gesicht. Viele Regionen waren von nassen Mooren geprägt, Fließgewässer wechselten häufig ihr Bett, ufernten bei Hochwasser aus und schufen ein dynamisches Mosaik an Lebensräumen.¹ Mit der beginnenden Industrialisierung, dem Bevölkerungswachstum und einem zunehmenden Wohlstand wuchs der Bedarf an Flächen für die Landwirtschaft, Siedlungen und Infrastrukturen wie Straßen, Gewerbe- und Industrieflächen und Schifffahrtswege. Feuchtgebiete wie Moore und Auen wurden entwässert, abgetrennt, bebaut und wirtschaftlich genutzt.² Diese Prozesse wurden auch nach dem Zweiten Weltkrieg mit Nachdruck verfolgt und reichen zum Teil bis in die Gegenwart.

Nasse und überflutete Gebiete dauerhaft trockenzulegen und auf den gewonnenen Flächen Siedlungen zu errichten, sie für Ackerbau und Forstwirtschaft oder als Grünland zu nutzen, waren übergeordnete gesellschaftliche Ziele und für die Menschen in den moor- und auenreichen Gegenden über Generationen hinweg eine Lebensaufgabe.³ Grundwasserspiegel wurden abgesenkt und das Wasser möglichst rasch über Drainagen, Gräben und Kanäle abgeleitet. So veränderte der Mensch den Wasserhaushalt und letztlich das Erscheinungsbild und die Funktionen ganzer Landschaften. Von den vor allem im Norden und Süden Deutschlands gelegenen Mooren sind nur noch zwei Prozent als naturnah einzustufen, bei den Auen sogar nur ein Prozent. Entlang der 79 größten Flüsse in Deutschland sind zwei Drittel der ehemaligen Überschwemmungsgebiete durch Deiche und Gewässerausbau vollständig verloren gegangen.⁴ Bei Hochwasser werden nur noch 10 bis 20 Prozent der ehemaligen Überschwemmungsflächen geflutet, weshalb Hochwasserereignisse ausgeprägter auftreten.⁵

1.1 Der Klimawandel verändert den Blick auf Moore und Auen

Im Zuge der globalen Erwärmung ändert sich auch die Verteilung der Niederschläge, extreme Wetterereignisse und Dürreperioden nehmen zu. Wasser ist zuweilen im Überfluss vorhanden und verursacht Überschwemmungen, oder Niederschläge bleiben über Monate hinweg aus, was zu Dürren führt.⁶ Klimaprognosen zufolge wird Wasser in vielen Regionen Deutschlands, besonders in den Sommermonaten, zunehmend zu einer knappen Ressource für Mensch und Natur.⁷

¹ Küster (2010); Behre (2020).

² Blackbourn (2007).

³ Poschlod (2015).

⁴ BMU & BfN (2009).

⁵ Brunotte et al. (2009).

⁶ Hanel et al. (2018); Spinoni et al. (2018); Blöschl et al. (2019); UFZ (2024).

⁷ WMO (2023).

Heute weiß man mehr über die vielfältigen Auswirkungen ausgetrockneter Moore und abgetrennter Auen für Umwelt und Gesellschaft.⁸ Natürliche Moore und Auen stellen umfangreiche Ökosystemleistungen für die Gesellschaft bereit.⁹ Sie sind Schlüssel-ökosysteme für den Wasser- und Kohlenstoffhaushalt und Zentren der biologischen Vielfalt. Im Laufe der letzten 10.000 Jahre bauten Moore und Auen in Deutschland einen bedeutenden Kohlenstoffspeicher auf. Mit der Trockenlegung der Moore begann die Zersetzung des Torfs und die Freisetzung des darin gebundenen Kohlenstoffs in die Atmosphäre. So wurden aus Kohlenstoffsinken Quellen von Treibhausgasen (THG). Die Emissionen aus trockengelegten Moorböden haben weltweit einen beträchtlichen Anteil an der Klimaerwärmung.¹⁰ Das trifft auch auf die Moorböden innerhalb der Auengebiete zu, während die Kohlenstoffdynamik der Mineralböden in Auen noch wenig quantifiziert ist.¹¹ Um zu vermeiden, dass sich die Erde bis zum Ende des Jahrhunderts auf einen Temperaturanstieg um 3 °C zubewegt,¹² müssen auch die Emissionen aus Feuchtgebieten reduziert und in der Landnutzungs- und Klimapolitik berücksichtigt werden.

Moore und Auen haben jedoch nicht nur über ihre Kohlenstoffbilanz Einfluss auf das Klima. Sie speichern Wasser und geben es verzögert an die umliegende Landschaft oder angrenzende Fließgewässer ab. Natürliche Flusslandschaften wirken wie ein Schwamm und können so das Überflutungsrisiko für stromabwärts liegende Gebiete und deren Siedlungen und Infrastrukturen verringern. Moore und Auen beeinflussen zudem das lokale Klima und schaffen Temperaturrefugien während Hitzewellen. Entwässerte Landschaften hingegen reagieren stärker und rascher auf Wetterextreme: Dürren, Brände, Bodenerosion und Hochwasserereignisse nehmen zu. Wie positiv sich Renaturierung auswirkt, zeigt ein Beispiel von der Mittleren Elbe, wo man insgesamt zehn Deichrückverlegungen durchgeführt hat. Im Rahmen eines LIFE-Projekts wurden bei Lenzen die Dämme über eine Länge von 7,4 Kilometern zurückverlegt und 420 Hektar dynamische Auenflächen geschaffen. Diese Maßnahme hat zu einem Absenken von Hochwasserspitzen um bis zu einem halben Meter geführt.¹³ Zudem sind großräumig autotypische Lebensräume reaktiviert und neu geschaffen worden.¹⁴

1.2 Biologische Vielfalt in Mooren und Auen

Moore sind im natürlichen Zustand von Arten besiedelt, die an die nassen, sauerstoffarmen und teils nährstoffarmen Bedingungen angepasst sind. Viele moortypische Spezialisten zählen zu den am meisten bedrohten Arten in Deutschland.¹⁵

8 Tockner & Stanford (2002); Oppermann et al. (2017); Mazzoleni et al. (2021).

9 Kimmel & Mander (2010); Stammel et al. (2021).

10 UNEP (2022).

11 Lininger et al. (2019); Heger et al. (2021).

12 IPCC (2023).

13 Promny et al. (2014).

14 Serra-Llobet et al. (2022).

15 BfN (2023).

Natürliche Auen sind die dynamischsten, komplexesten und vielfältigsten Lebensräume weltweit.¹⁶ Sie stellen mit ihren diversen Lebensgemeinschaften vielfältige Ökosystemleistungen zur Verfügung.¹⁷ Überflutung und Austrocknung schaffen ein Mosaik an aquatischen, amphibischen und terrestrischen Lebensräumen und Sukzessionsstadien.¹⁸ Daher sind dynamische Auen Hotspots der biologischen Vielfalt und die artenreichsten Ökosysteme in Mitteleuropa. Hierzu zwei Beispiele: In der Schweiz kommen 85 Prozent der Arten von zahlreichen terrestrischen Organismengruppen in Auen vor, obwohl diese weniger als 0,5 Prozent der Landesfläche bedecken. In Frankreich finden sich allein entlang des Flusses Adour ein Fünftel aller Gefäßpflanzenarten des Landes.¹⁹

Neben den vielen offensichtlichen Vorteilen bergen Wiedervernässungs- und Renaturierungsmaßnahmen auch mögliche unerwünschte Auswirkungen. Diese können je nach Bezugsgruppe sehr unterschiedlich ausfallen. Zur Risikominimierung steht eine breite Palette von Instrumenten zur Verfügung, z. B. die Förderung einer naturnahen Entwicklung mit natürlichen Feinden von Stechmücken, der Aufbau von profitablen Wertschöpfungsketten für die Nutzung wiedervernässter Moore und renaturierter Auen, eine Minimierung von Methanfreisetzung²⁰ und Aufklärungsarbeit zum vielfältigen Nutzen nasser Moore und naturnaher Auen, z. B. in Zusammenarbeit mit Kunst- und Kulturschaffenden sowie mit Kindern und Jugendlichen (siehe Box 1).

Box 1: Risiken der Moorwiedervernässung und Auenrenaturierung

Gesundheitliche und ökologische Risiken

- Ausbreitung von Stechmücken
- Zoonosen
- Neobiota

Soziale Risiken

- soziale Spannungen in Mooregebieten
- „Heimatverlust“

Betriebswirtschaftliche Risiken

- Einkommensverlust
- Betriebsschließungen
- wirtschaftliche Schwächung von Regionen

Volkswirtschaftliche und gesamtgesellschaftliche Risiken

- erhöhte Methanfreisetzung
- neuartige Ökosysteme
- Scheitern von Umsetzungsvorhaben
- Wassermangel

¹⁶ Tockner & Stanford (2002).

¹⁷ Schindler et al. (2014).

¹⁸ Stanford et al. (2005).

¹⁹ Tockner & Ward (1999).

²⁰ GMC (2022).

1.3 Moorwiedervernässung und Auenrenaturierung als gesamtgesellschaftliche Aufgabe

Die internationale Staatengemeinschaft hat zur Begrenzung der Klima- und Biodiversitätskrise ehrgeizige Ziele formuliert. So wurde 2015 im Rahmen der Klimarahmenkonvention²¹ mit dem Übereinkommen von Paris 2,0 °C als Limit für die globale Erderwärmung vereinbart, wobei sich die internationale Staatengemeinschaft darüber einig ist, dass die Zielmarke eher bei 1,5 °C liegen sollte. Um dies sicherzustellen, soll Deutschland nach dem 2021 novellierten Klimaschutzgesetz bis 2045 Netto-Treibhausgasneutralität und nach dem Jahr 2050 negative Treibhausgasemissionen erreichen.

Seit 1992 will die Staatengemeinschaft mit dem Übereinkommen über die biologische Vielfalt (CBD)²² den Rückgang der Biodiversität stoppen und eine Trendumkehr einleiten. Bisher allerdings mit wenig Erfolg,²³ obwohl schon seit den 1970er Jahren völkerrechtliche Abkommen zum Schutz von Feuchtgebieten und wildlebenden Arten existieren.²⁴ Um die Anstrengungen beim Biodiversitätsschutz zu steigern, wurde 2022 von den CBD-Vertragsstaaten als dritter Strategieplan im Rahmen der CBD das Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework²⁵ vereinbart, demzufolge bis 2030 mindestens 30 Prozent der weltweiten Land-, Süßwasser- und Meeresflächen unter Schutz zu stellen oder zu renaturieren sind. Dabei sollten jene Flächen Vorrang haben, die überproportional zum Klima- und Biodiversitätsschutz beitragen. Um diese Ziele zu erreichen, gilt es sowohl auf nationaler und europäischer als auch auf globaler Ebene systemische und integrierende Lösungsoptionen zu erarbeiten und rasch umzusetzen.²⁶

Die Europäische Union hat – auch zur Umsetzung der internationalen Verpflichtungen – umfangreiche Rechtsakte erlassen, mithilfe derer sich die Mitgliedstaaten verpflichtet haben, die Treibhausgasemissionen zu reduzieren und den Zustand der Natur zu erhalten oder zu verbessern.

Ein Meilenstein ist hierbei die im Juni 2024 beschlossene Verordnung zur Wiederherstellung der Natur.²⁷ Mit der Verordnung will die EU geschädigte Ökosysteme auf großer Fläche revitalisieren. Mit ihr werden zum Schutz von Klima und biologischer Vielfalt und auch zur Klimaanpassung konkrete Ziele und Maßnahmen festgelegt, die gegenüber den Mitgliedstaaten erstmals auch spezifische und zeitlich festgelegte Wiederherstellungspflichten für Moore und Auen beinhalten.²⁸ Gemäß Art. 4 Abs. 1 sollen bis 2030, 2040 und 2050 Wiederherstellungsmaßnahmen für jeweils mindestens 30, 60 und 90 Prozent der Gesamtfläche aller in Anhang I aufgeführten Lebensraumtypen

²¹ UNFCCC (2015).

²² UNEP (1992).

²³ Leclère et al. (2020).

²⁴ Übereinkommen über Feuchtgebiete, insbesondere als Lebensraum für Wasser- und Watvögel, von internationaler Bedeutung (1971); Bonner Konvention – CMS-Übereinkommen (1979); Berner Übereinkommen über die Erhaltung der europäischen wildlebenden Pflanzen und Tiere und ihrer natürlichen Lebensräume (1979).

²⁵ UN (2022).

²⁶ Henn et al. (2024); Hering et al. (2023); Pörtner et al. (2023).

²⁷ Die Verordnung wurde am 17.6.2024 vom Umweltministerrat beschlossen (siehe Pressemitteilung <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2024/06/17/nature-restoration-law-council-gives-final-green-light/>). Die konsolidierte deutsche Fassung der Verordnung, wie sie vom europäischen Parlament am 27.2024 beschlossen und vom Rat am 17.6.2024 angenommen wurde, ist abrufbar unter: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2024-02-27_DE.html#sdocta9.

²⁸ Hering et al. (2023).

in nicht gutem Zustand ergriffen werden, wozu auch Auenlebensraumtypen (u. a. Auenwälder und Grünland) gehören. Nach Art. 9 sind die natürliche Vernetzung von Flüssen und die natürlichen Funktionen der damit verbundenen Auen wiederherzustellen. Und nach Art. 11 Abs. 4 haben die Mitgliedstaaten bis 2030, 2040 und 2050 bei 30, 40 und 50 Prozent der landwirtschaftlich genutzten, entwässerten Moorböden Wiederherstellungsmaßnahmen zu ergreifen und davon jeweils ein Viertel (2030) bzw. ein Drittel (2040 und 2050) wieder zu vernässen. Allerdings sind diese festgelegten Flächenziele in Anbetracht der hohen CO₂-Emissionen aus entwässerten Moorböden nicht ausreichend, um das Ziel der Klimaneutralität der EU im Jahr 2050 sicherzustellen.²⁹

Weitere wichtige Rechtsakte der EU sind die Treibhausgas-Verordnung, Verordnung über Treibhausgase aus Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF), Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL), Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie), Vogelschutzrichtlinie).³⁰ Im Europäischen Klimagesetz³¹ hat sich die EU selbst das Ziel gesetzt, bis 2050 klimaneutral zu werden. Gleichzeitig wurde die Anpassung an den Klimawandel zur Aufgabe der EU und ihrer Mitgliedstaaten erklärt.

Seit der Weltklimakonferenz in Nairobi (COP12) im Jahr 2006 ist die Klimawirksamkeit von Mooren immer stärker in die öffentliche Diskussion gelangt. Mit der Veröffentlichung des *Global Peatlands Assessments* (UNEP 2022) während der Weltklimakonferenz in Sharm El-Sheikh (COP27) wurde erstmals eine globale Übersichtsstudie zum Zustand der Moore vorgelegt. In Deutschland wurde im Koalitionsvertrag der Bundesregierung³² und der Bereitstellung von vier Milliarden Euro im „Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz“³³ eine Politik eingeleitet, die auf eine klima- und biodiversitätsfreundliche Nutzung von Mooren und Auen abzielt. Hierfür hat die Bundesregierung eine Nationale Moorschutzstrategie³⁴ und eine Nationale Wasserstrategie³⁵ verabschiedet. Noch fehlt es aber an konkreten gesetzlichen Aufträgen für die Länder und die Bundeswasserstraßenverwaltung zur Wiedervernässung von Mooren und der Renaturierung von Auen.

Dabei sieht die Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt der Bundesregierung schon seit 2007 auch die Wiedervernässung von Mooren und die Renaturierung von Auen vor. So sollten bis zum Jahr 2020 wesentliche Teile der heutigen Niedermoornutzung extensiviert, also z. B. in Grünland überführt werden; in allen Hochmooren und Moorwäldern sollten bereits eine natürliche Entwicklung eingeleitet und die natürlichen Rückhalteflächen entlang von Flüssen um mindestens 10 Prozent vergrößert worden sein. Der bisherige Fortschritt bei der Umsetzung nationaler Strategien ist gering, obwohl Bund und Länder vielfältige Gesetze zum Schutz der Natur, des Wasser-

²⁹ GMC & Wetlands International (2021), S. 30.

³⁰ Treibhausgas-Verordnung 2018/842/EU (2018); LULUCF-Verordnung 2018/841/EU (2018); Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG (2000); Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie 2007/60/EG (2007); Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie 92/43/EWG (1992); Vogelschutzrichtlinie 2009/147/EG (2009).

³¹ Verordnung (EU) 2021/1119 zur Schaffung des Rahmens für die Verwirklichung der Klimaneutralität.

³² Koalitionsvertrag (2021), S. 30.

³³ Bundesregierung (2023a).

³⁴ Bundesregierung (2022).

³⁵ Bundesregierung (2023b).

haushaltes, der Böden und des Klimas erlassen haben. Der Zugewinn überflutbarer Auen entlang der 79 betrachteten Flüsse von 1983 bis 2020 betrug lediglich 1,5 Prozent.³⁶ Von den 98 Prozent entwässerten Mooren in Deutschland wurden bisher nur rund 4 Prozent wiedervernässt.³⁷ Selbst hinsichtlich der europäischen Zielvorgaben der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (2000) und der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (1992) sind die deutschen Fortschritte unzulänglich.³⁸

Im Jahr 1994 hat sich Deutschland in Art. 20a Grundgesetz auch in Verantwortung für die künftigen Generationen verfassungsrechtlich allgemein zum Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen und der Tiere verpflichtet. Nach dem Beschluss des Bundesverfassungsgerichts enthält diese Staatszielbestimmung einen Auftrag an Gesetzgebung, Verwaltung und Justiz zum Klimaschutz und zur Herstellung von Klimaneutralität durch rechtzeitige und effektive Maßnahmen zur Verringerung der nationalen Treibhausgasemissionen.³⁹ Zugleich ist der Staat dem Bundesverfassungsgericht zufolge aus Art. 2 Abs. 2 Satz 1 GG verpflichtet, Leben und körperliche Unversehrtheit der Bürger vor Beeinträchtigungen durch Umweltbelastungen zu schützen, zu denen auch die Gefahren des Klimawandels gehören.⁴⁰

Der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen ist dem Bundesverfassungsgericht zufolge Grundbedingung für die Wahrung der Freiheitsgrundrechte künftiger Generationen:

„Auch der objektivrechtliche Schutzauftrag des Art. 20a GG schließt die Notwendigkeit ein, mit den natürlichen Lebensgrundlagen so sorgsam umzugehen und sie der Nachwelt in solchem Zustand zu hinterlassen, dass nachfolgende Generationen diese nicht nur um den Preis radikaler eigener Enthaltensamkeit weiter bewahren könnten.“⁴¹

Insgesamt sind der Schutz der natürlichen Lebensräume und des Klimas und die hierfür erforderliche Erhaltung bzw. Wiederherstellung guter Zustände bei wildlebenden Arten, Lebensraumtypen und Ökosystemen einschließlich Moore und Auen verfassungsrechtlich wie auch völker- und europarechtlich Staatsaufgaben von hervorgehobener Bedeutung, deren Erfüllung in Abstufungen bis spätestens 2050 sichergestellt sein muss.⁴²

1.4 Ziele und Aufbau der Stellungnahme

Der fortschreitende Klimawandel, die massiven Veränderungen im Wasserhaushalt sowie der ungebremste Verlust der biologischen Vielfalt und von Ökosystemleistungen sind eng verwobene und sich gegenseitig verstärkende Krisen, die vom Menschen verursacht werden. Sie gefährden die natürlichen Lebensgrundlagen und können kurz-, mittel- bis langfristig zu weiteren Krisen führen. Mit Mooren und Auen nehmen wir

³⁶ BMU & BfN (2021).

³⁷ Trepel et al (2017); Barthelmes et al. (2021); Tegetmeyer et al. (2021).

³⁸ BMU & BfN (2020); BMU & UBA (2022).

³⁹ BVerfG, Beschl. v. 24.3.2021 – 1 BvR 2656/18, Leitsätze 2-5 und Rdnr. 197 ff.

⁴⁰ BVerfG, Beschl. v. 24.3.2021 – 1 BvR 2656/18, Leitsatz 1.

⁴¹ BVerfG, Beschl. v. 24.3.2021 – 1 BvR 2656/18, Leitsatz 4.

⁴² Vgl. SRU, WBBGR, WBW 2024; Köck 2023.

in dieser Stellungnahme zwei prägende und besonders gefährdete Ökosystemtypen in den Fokus. Sie bedecken insgesamt knapp 10 Prozent der Fläche Deutschlands, haben jedoch eine überproportionale Bedeutung für den Klima- und Biodiversitätsschutz sowie für den Landschaftswasserhaushalt.

Wenn wir in Deutschland die völker- und europarechtlichen Verpflichtungen zum Schutz des Klimas sowie der biologischen Vielfalt erfüllen und die selbst gesteckten Ziele ernst nehmen wollen, erfordert dies eine konsequente und ambitionierte Vorgehensweise sowie die Etablierung innovativer Ansätze und Methoden im Bereich der Moore und Auen. Je länger wir die Umsetzung großräumiger Maßnahmen verzögern, desto schwieriger und aufwendiger wird es, dem Klimawandel sowie dem Verlust der Biodiversität und der Ökosystemleistungen entgegenzusteuern. Somit nehmen die Herausforderungen für diese und die zukünftigen Generationen weiter zu.

Eine der größten Hürden besteht wohl darin, wirksame Maßnahmen im Klima- und Artenschutz gemeinsam umzusetzen und zugleich die wirtschaftlichen und durch Tradition geprägten Interessen derjenigen zu berücksichtigen, die das Land nutzen oder besitzen. So werden verstärkt „hybride“ Lösungsoptionen erwogen, um die Leistungen technischer und natürlicher Systeme zu verbinden – ob im Management des Landschaftswasserhaushaltes oder in der Nutzung renaturierter Ökosysteme. Der Anspruch der vorliegenden Stellungnahme ist es, die vielfältigen Potenziale von Wiedervernässung und Renaturierung zu benennen und zugleich Handlungsoptionen und Maßnahmen vorzuschlagen, die einen raschen und effektiven Weg für das umfassende Management zweier bedeutender Ökosysteme unter Einbeziehung aller Beteiligten aufzeigen.

Damit uns diese Transformation gelingt, müssen die Aktionsbereiche Klimaschutz, Erhaltung von Biodiversität und vielfältigen Ökosystemleistungen sowie nachhaltiges Wassermanagement integrierend betrachtet und Synergien geschaffen werden. Einseitig klimaschonende Maßnahmen können erhebliche negative Konsequenzen für die Biodiversität nach sich ziehen – etwa durch einen unkontrollierten Ausbau der Wasserkraft, den übermäßigen Anbau von Energiepflanzen oder den großflächigen Ausbau von Photovoltaik- oder Windkraftanlagen in Schutzgebieten. Die Energiewende darf nicht zulasten der Biodiversität gehen. Diese Stellungnahme zeigt Wege auf, wie sich die ambitionierten Ziele im Klima- und Biodiversitätsschutz gemeinsam erreichen lassen – zum nachhaltigen Schutz der Natur und zum Nutzen für den Menschen.

Die Stellungnahme umfasst insgesamt neun Kapitel. Nach einer grundlegenden Kontext- und Zielsetzung in Kapitel 1 bietet Kapitel 2 einen Überblick zur Verbreitung und zum Zustand der Moore und Auen in Deutschland. Kapitel 3 hebt die Bedeutung von Mooren und Auen für das Klima, den Wasserhaushalt und die Biodiversität hervor, in Kapitel 4 werden mögliche Maßnahmen zur Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen umrissen und schließlich werden in Kapitel 5 eine Priorisierung sowie die Bedeutung dieser Maßnahmen diskutiert.

Die Kapitel 6, 7 und 8 wenden sich den Handlungsoptionen für eine zügige und umfassende Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen zu, indem sie rechtliche Rahmenbedingungen und Lösungsvorschläge (Kapitel 6), ökonomische Anreize (Kapitel 7) sowie partizipative Beteiligungsverfahren zur Steigerung der Akzeptanz (Kapitel 8) in den Blick nehmen. Die Stellungnahme schließt mit konkreten Handlungsempfehlungen (Kapitel 9), wobei die übergeordnete Kernforderung ist, Wasser verstärkt in der Landschaft zu halten. Die Empfehlungen sind in fünf Kategorien zusammengefasst und gliedern sich nach den jeweiligen Zuständigkeiten (Europäische Union bis Kommunen) und zu betrachtenden Zeitspannen für die Umsetzung.

Die Kapitel weisen damit jeweils spezifische Zugänge zum Management von Moor- und Auenstandorten auf, ohne umfassend auf die Prioritäten und Wechselwirkungen einzugehen. Dies ergibt sich daraus, dass zum einen die synergistischen oder sich widersprechenden Wirkungen unterschiedlicher Steuerungsinstrumente im Sinne eines Gesamtansatzes bislang nur wenig erforscht sind. Zum anderen liegt dies in den jeweiligen Standortbedingungen begründet – die naturbezogenen wie auch gesellschaftlichen Voraussetzungen an wieder zu vernässenden bzw. zu renaturierenden Standorten sind sehr unterschiedlich.

2 Moore und Auen in Deutschland

2.1 Was sind Moore und Auen?

Definition von Mooren

Moore sind ausgedehnte Speicher von Wasser und Kohlenstoff sowie Lebensraum bedrohter Tier- und Pflanzenarten. In einem intakten, nassen Moor wachsen an der Oberfläche Torfmoose oder andere Moorpflanzen (Abb. 1), ihre absterbende Biomasse wird jedoch nicht vollständig abgebaut. Grund hierfür sind der hohe Wasserstand, der daraus resultierende Sauerstoffabschluss und das oft saure Milieu der Moore. Moore speichern den Kohlenstoff aus der Biomasse der Pflanzen, indem sie ihn in Torf umwandeln. In einem funktionierenden Moor kommt auf diese Weise jedes Jahr eine neue Torfschicht hinzu. Ab 30 Zentimeter Torfauflage spricht man von „Moorböden“, wobei „Torf“ mehr als 30 Gewichtsprozent organischen Anteil hat.⁴³ Da nicht entwässerte Moore in Deutschland seltene und extrem bedrohte Lebensräume sind, sind auch moortypische Pflanzen- und Tierarten in Deutschland stark gefährdet oder vom Aussterben bedroht.⁴⁴

Hochmoore beziehen ihr Wasser allein aus dem Niederschlag, sind nährstoffarm, meist sauer und von Torfmoosen dominiert.⁴⁵ Niedermoore werden zusätzlich von Oberflächen-, Grund- oder Meerwasser gespeist, sie sind daher nährstoffreicher und produktiver; sie werden von Gefäßpflanzen dominiert, bspw. Seggen, Schilf oder Erlen. Anmoore zeigen ähnliche Umweltbedingungen wie die oben genannten echten Moore, die akkumulierte organische Masse ist aber geringer (15–30 Gewichtsprozent organischer Substanz). Da auch Anmoore große Mengen Kohlenstoff speichern und in ihren Prozessen und Funktionen den Mooren sehr ähnlich sind, zählen sie ebenfalls zu den organischen Böden und werden im Folgenden unter dem Begriff „Moore“ subsumiert.

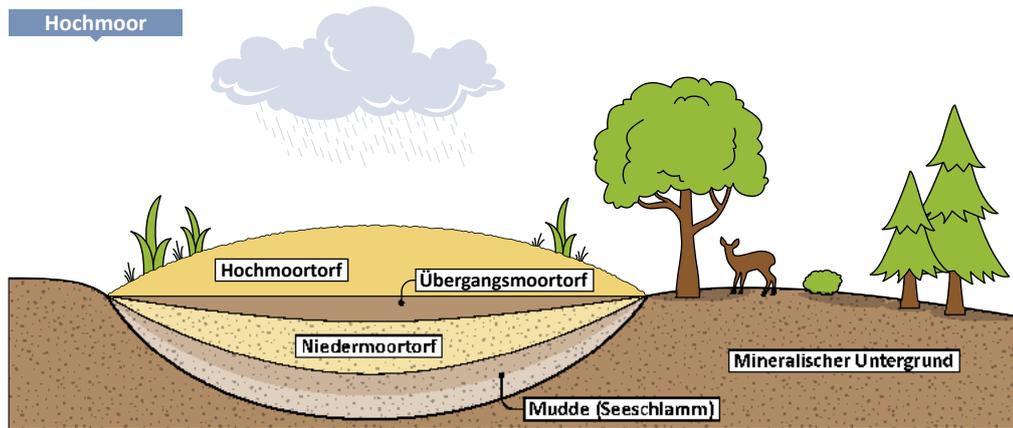
⁴³ Ad-hoc-AG Boden (2005).

⁴⁴ BfN (2023).

⁴⁵ Succow & Joosten (2001).

Moortypen

Hochmoor



Niedermoor

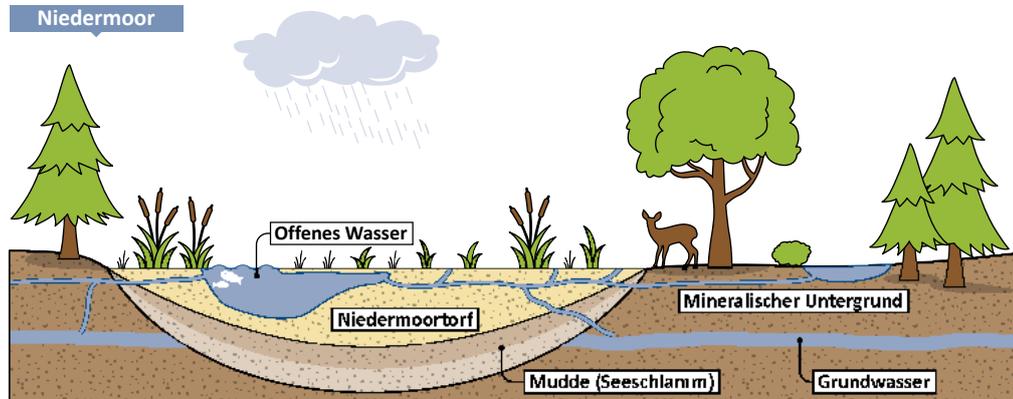


Abbildung 1: Schematische Querschnitte durch ein natürliches Hoch- und Niedermoor⁴⁶

Definition von Auen

Naturnahe Fließgewässer mit ihren begleitenden Ufer- und Auenbereichen bilden dynamische und eng vernetzte Lebensräume (Abb. 2). Sie sind globale Zentren der Biodiversität und vielfältiger Ökosystemleistungen.⁴⁷ So leisten Auen durch ihre Fähigkeit zur Wasserspeicherung einen aktiven Beitrag zur Grundwasserneubildung, aber auch zum Hochwasserrückhalt.⁴⁸

Flüsse benötigen Raum, ein dynamisches Abfluss- und Sedimentregime sowie eine natürliche Vegetation, um ihre vielfältigen Ökosystemfunktionen und -leistungen entfalten zu können.⁴⁹ Erosions- und Sedimentationsprozesse schaffen ein sich rasch änderndes, komplexes Mosaik unterschiedlicher Sukzessionsstadien, von vegetationsfreien Pionierstandorten bis hin zu Hartholzauen (Abb. 3). Damit einher geht eine enge Verbindung zwischen Grund- und Oberflächenwasser, zwischen stehenden und fließenden Oberflächengewässern und zwischen den verschiedenen Lebensräumen.⁵⁰

⁴⁶ Nach Mooratlas (2023).

⁴⁷ Ward & Tockner (2001); Robinson et al. (2002); Schneider et al. (2018); Petsch et al. (2023).

⁴⁸ Scholz et al. (2017).

⁴⁹ Hughes (1997).

⁵⁰ Oppermann et al. (2010).

Strukturelle Vielfalt einer natürlichen Auenlandschaft

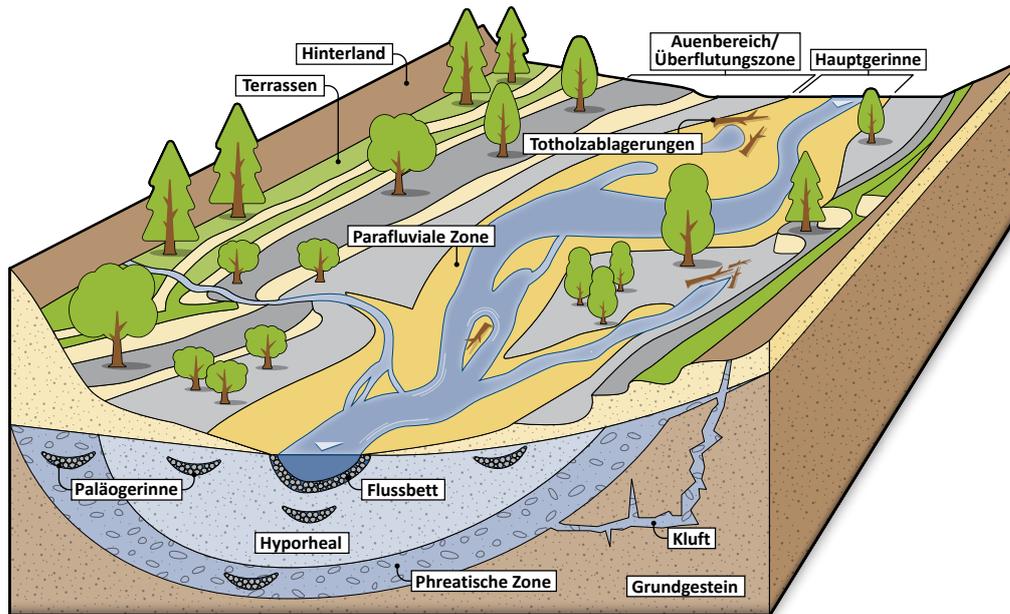


Abbildung 2: Schematischer dreidimensionaler Schnitt durch eine natürliche Auenlandschaft⁵¹

Je nach Gefälle, Abfluss und Sedimentverfügbarkeit bilden sich vielfältige aquatische (Seitenarme, Auentümpel), semi-aquatische (Großseggenriede, Röhrichte, Hochstaudenfluren, Bruchwälder) und terrestrische (Weichholz- und Hartholzauwald) Lebensräume aus.⁵² Moorböden kommen in den Randzonen von Auen sowie entlang langsam fließender Gewässer vor.

Weltweit zählen Flüsse mit ihren begleitenden Auen zu den am stärksten durch den Menschen veränderten und bedrohten Ökosystemen.⁵³ In Deutschland wiesen im Jahr 2021 nur 8 Prozent aller Bäche und Flüsse einen zumindest guten ökologischen Zustand bzw. ein gutes ökologisches Potenzial auf.⁵⁴

⁵¹ Nach Stanford (1998).

⁵² Ellenberg & Leuschner (2010).

⁵³ Grill et al. (2019); Reid et al. (2019).

⁵⁴ UBA (2022a).

Auenlandschaft bei verschiedenen Wasserständen

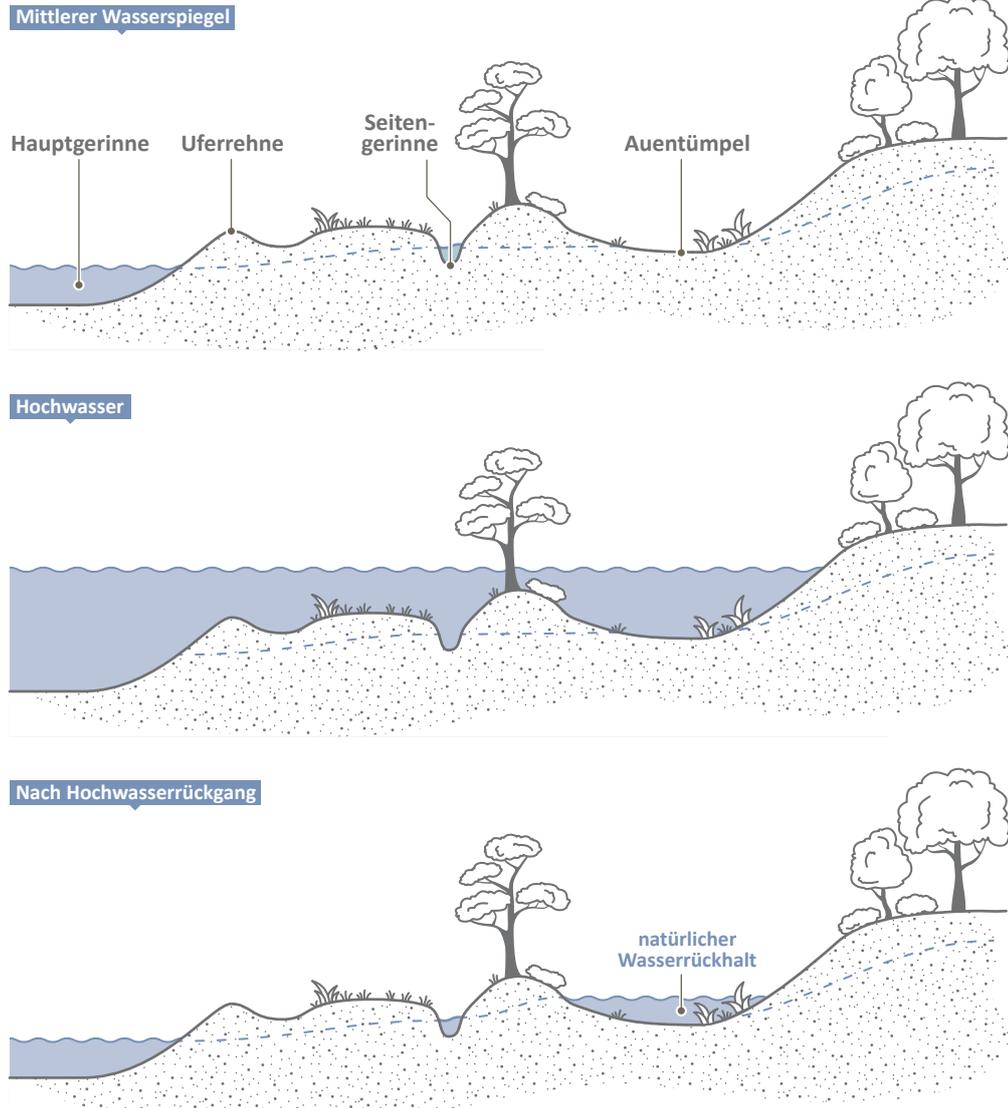


Abbildung 3: Querschnitt einer natürlichen Aue bei unterschiedlichen Wasserständen

2.2 Veränderung von Mooren und Auen seit dem 18. Jahrhundert

Vor allem in den vergangenen beiden Jahrhunderten wurden die Moor- und Auenlandschaften Mitteleuropas durch Entwässerung, Begradigung und Eindeichung großflächig umgestaltet, sodass das Wasser schneller abfließen konnte und trockenes Land für die Besiedlung und land- und forstwirtschaftliche Nutzung zur Verfügung stand.⁵⁵ Dazu wurden in Deutschland knapp zwei Millionen Hektar Moor entwässert und die Auen durch Dämme von den Fließgewässern entkoppelt.

Diese tiefgreifenden Veränderungen der Landschaft wirkten sich zunächst positiv aus: Die Schiffbarkeit war verbessert, neue Flächen für die Land- und Forstwirtschaft, Siedlungen, Verkehrswege, Industrie- und Gewerbegebiete entstanden und große Mengen Heizmaterial wurden als Brenntorf verfügbar. So wurden um 1800 jährlich etwa 250 Millionen Torfeinheiten aus dem Umland nach Berlin verschifft, um die wachsende

⁵⁵ Blackbourn (2007).

Stadt zu versorgen.⁵⁶ Zudem verschwand die Malaria bis Ende des 19. Jahrhunderts fast vollständig aus Deutschland.⁵⁷ Die Entwässerung wurde weiter professionalisiert, und die Böden der entwässerten Moore und Auen ermöglichten unter Einsatz von Mineraldünger und Pestiziden hohe Erträge in der Land- und Forstwirtschaft. Gleichzeitig führten die großflächigen Trockenlegungen zum Schwund der Moorböden, zur Anfälligkeit für Winderosion und damit zu starken Höhenverlusten.

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde die Umgestaltung von Mooren und Auen in beiden deutschen Staaten fortgesetzt. Kooperative Strukturen wie Wasser- und Bodenverbände organisieren bis heute das Wassermanagement in Moor- und Auengebieten, das darauf abzielt, mit Hilfe von Drainagen, Gräben, Kanälen und Pumpen das Niederschlags- und Oberflächenwasser schnell in die nächstgelegenen Flüsse zu befördern. Allein in Mecklenburg-Vorpommern sind ca. 60 Prozent (885.000 ha) der Landwirtschaftsflächen durch Drainagen, Grabensysteme und Schöpfwerke künstlich entwässert. Insgesamt beträgt die Entwässerungsquote von Ackerland 53 Prozent und die von Grünland 83 Prozent.⁵⁸

⁵⁶ Gudermann (2001).

⁵⁷ Dalitz (2005).

⁵⁸ Koch et al. (2010).

Moore und Auen in Deutschland

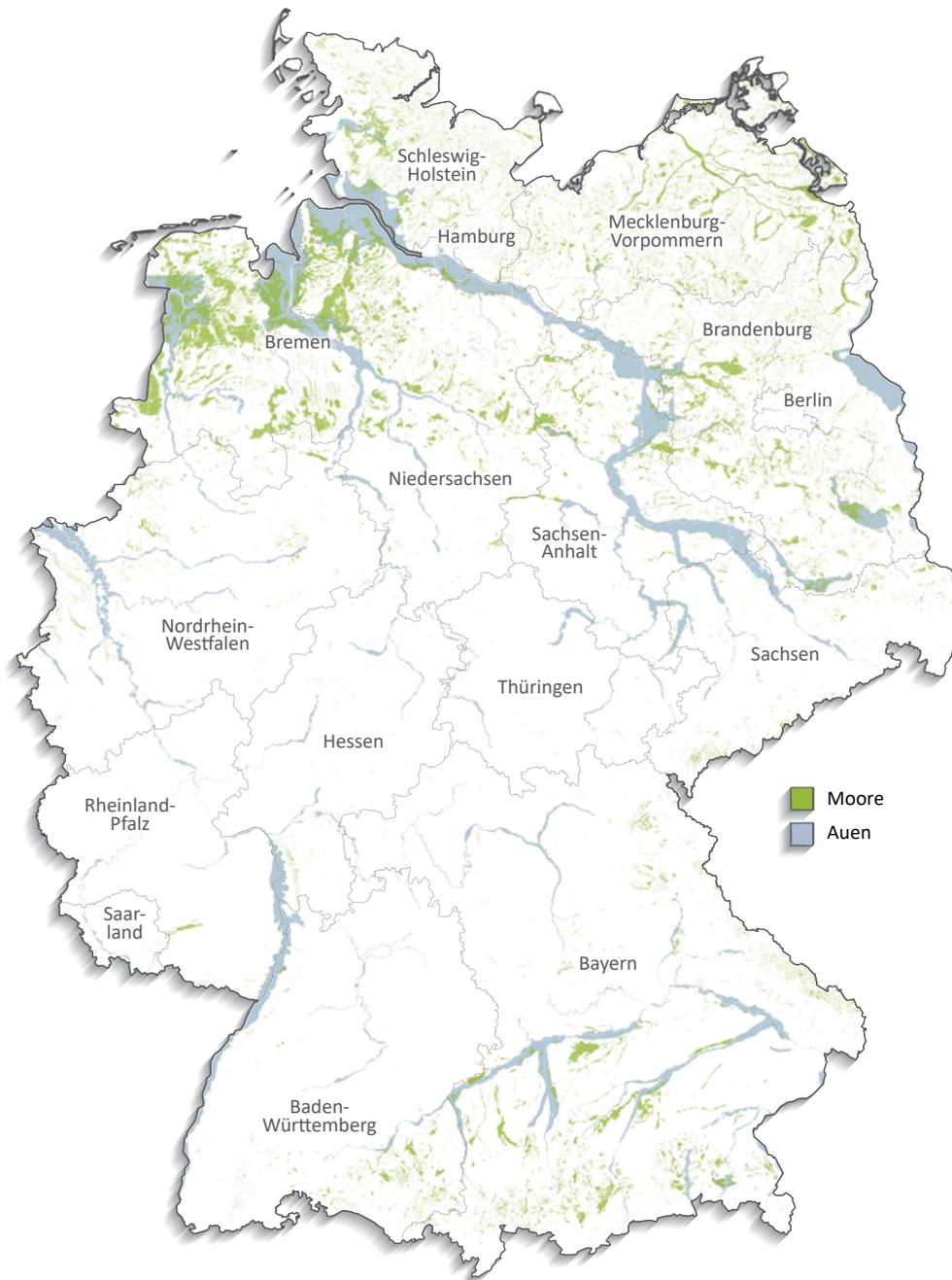


Abbildung 4: Verbreitung der Moore und Auen in Deutschland⁵⁹

2.3 Heutiger Zustand von Mooren und Auen

Die Entwässerung der Moor- und Auenlandschaften wurde lange Zeit durchgeführt, um die Fläche nutzbaren Landes zu vergrößern. Sie ist jedoch nicht mehr zeitgemäß, da sie zu erheblichen Treibhausgasemissionen führt, zu Biodiversitätsverlusten beiträgt und den regionalen Wasserhaushalt verändert. Zudem kann eine entwässerungsba- sierte Bewirtschaftung aufgrund der damit verbundenen Sackung durch Mineralisa- tion der Moorböden nicht auf lange Sicht nachhaltig betrieben werden.

⁵⁹ Nach Wittnebel et al. (2023) und BMU & BfN (2021).

Zustand und Nutzung der Moore

In Deutschland nehmen Moorböden (inklusive der in Auen gelegenen Teile) eine Gesamtfläche von 1,93 Millionen Hektar ein.⁶⁰ Dies entspricht ungefähr der Landesfläche von Sachsen bzw. rund 5,4 Prozent der Gesamtfläche Deutschlands (Abb. 4). Ihr Vorkommen konzentriert sich auf Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Bayern und Schleswig-Holstein (Abb. 5).

Moorflächen in den Bundesländern

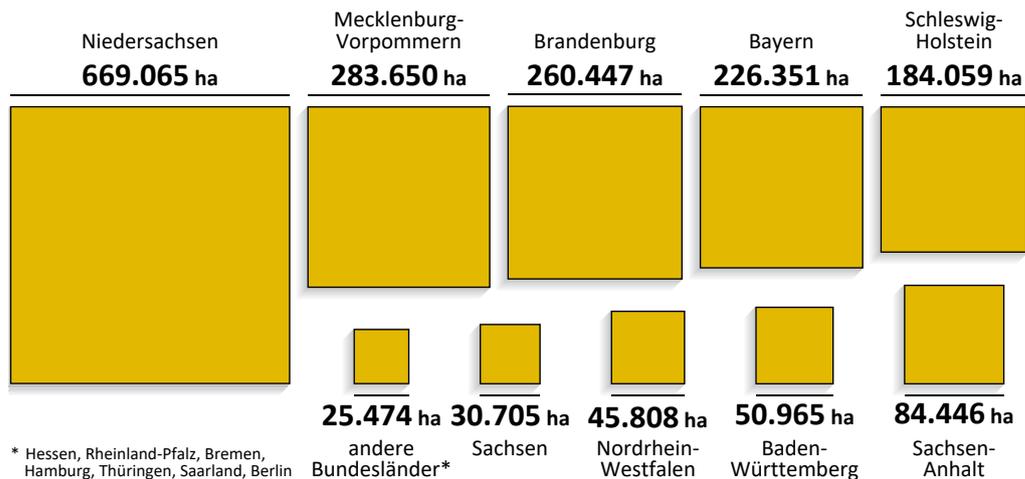


Abbildung 5: Flächen organischer Böden der deutschen Bundesländer⁶¹

Etwa 1,33 Millionen Hektar der Moorfläche Deutschlands werden landwirtschaftlich genutzt, davon 0,97 Millionen Hektar als Grünland und 0,36 Millionen Hektar als Ackerland.⁶² Dies entspricht 7 Prozent der landwirtschaftlichen Fläche in Deutschland (ca. 18 Millionen ha).⁶³ Forstwirtschaft wird auf 0,29 Millionen Hektar Moorfläche betrieben⁶⁴, das entspricht etwa drei Prozent der deutschen Waldfläche (Abb. 6).

⁶⁰ Wittnebel et al. (2023).

⁶¹ Tegetmeyer et al. (2021).

⁶² Tiemeyer et al. (2020).

⁶³ Destatis (2023).

⁶⁴ Tiemeyer et al. (2020).

Wie Moore in Deutschland genutzt werden

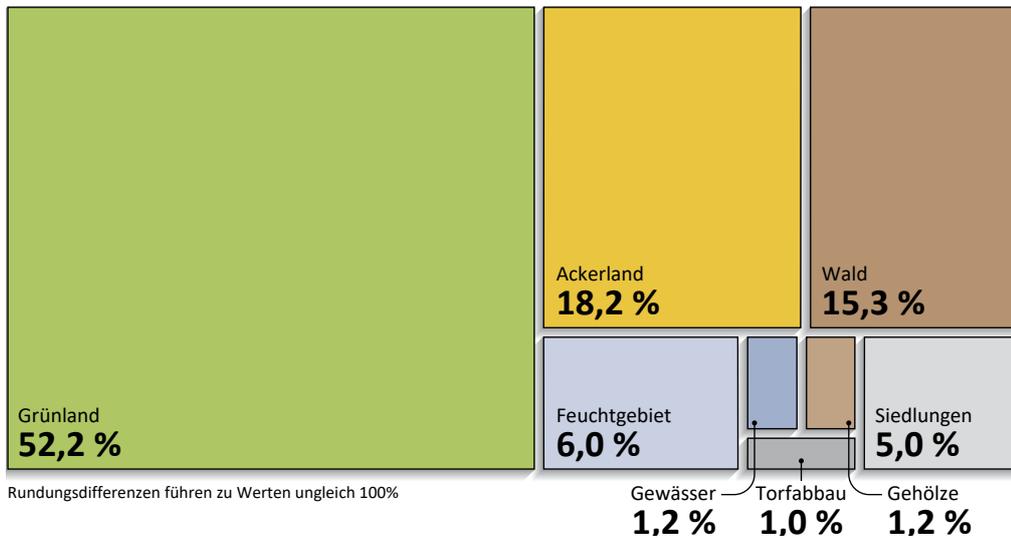


Abbildung 6: Landnutzung in den Mooren Deutschlands⁶⁵

Historisch wurden insgesamt rund 98 Prozent der Moorfläche Deutschlands entwässert. 94 Prozent sind noch immer in diesem Zustand, vier Prozent wurden wiedervernässt und nur zwei Prozent haben naturnahe Wasserstände, wurden also nie entwässert oder wiedervernässt (Abb. 7).

Zustand der Moorflächen in Deutschland

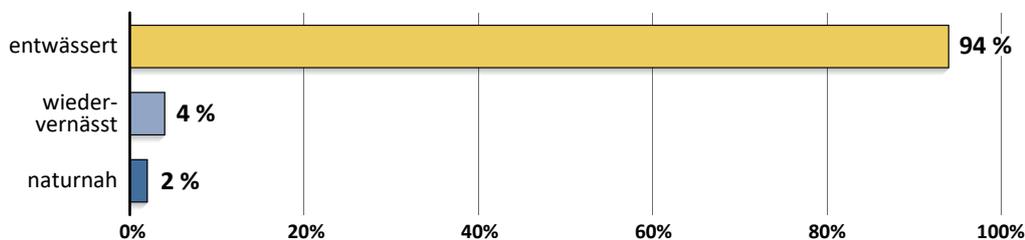


Abbildung 7: Aktueller Zustand der Moorflächen in Deutschland⁶⁶

Die großflächige Entwässerung ist Voraussetzung für die derzeit praktizierte landwirtschaftliche Nutzung von Mooren. Sie ermöglicht das Befahren mit Standardtechnik und den Anbau von Feldfrüchten einer „trockenen“ Landwirtschaft, die aus dem Nahen Osten stammen. Gleichzeitig führen Entwässerung und Bodenbearbeitung zur Mineralisierung von Torf und damit zur Freisetzung von Kohlenstoff in die Atmosphäre.

Auf Ackerflächen in entwässerten Mooren werden einige Marktfrüchte aber v. a. Mais als hochwertige Futterpflanze oder Einsatzstoff für Biogasanlagen angebaut. Die Ackernutzung von Moorflächen erfordert Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung sowie Pestizideinsatz, was eine tiefgründige Entwässerung voraussetzt. Das gilt auch für die intensive Grünlandnutzung mit 3–5 Ernten pro Jahr.⁶⁷ Ackernutzung und intensive

⁶⁵ UBA (2022b).

⁶⁶ Nach Trepel et al. (2017); Barthelmes et al. (2021); Tegetmeyer et al. (2021).

⁶⁷ Rebhann et al. (2016).

Grünlandnutzung auf Moorflächen sind somit stark torfzehrend.⁶⁸ Extensive Grünlandnutzung hingegen erfolgt als Weide oder Wiese für die Futtermittelversorgung von Mutterkühen, Schafen oder Pferden – bei geringerer Entwässerung, ohne Düngung und 1–2 Ernten pro Jahr⁶⁹ und ist somit nur schwach torfzehrend.⁷⁰

Moore speichern mehr Kohlenstoff als Wälder

In Deutschland speichern die Moore insgesamt eine ebenso große Menge Kohlenstoff (ca. 1,3 Gigatonnen)⁷¹ wie die Biomasse aller Wälder zusammen (ca. 1,26 Gigatonnen in lebender Biomasse und Totholz)⁷², obwohl sie nur ca. fünf Prozent der Landesfläche bedecken, Wälder jedoch 30 Prozent.⁷³ Da die Moore in Deutschland größtenteils trocken liegen, sind sie derzeit eine wesentliche Kohlenstoffquelle, aus der jährlich ca. 55 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente (6,6 Prozent der jährlichen Gesamtemissionen Deutschlands) emittiert werden.⁷⁴ Mit intensiveren und länger andauernden Dürreperioden werden sich die Treibhausgasemissionen aus drainierten Moorböden weiter verstärken.

Die Entwässerung verändert zudem die Vegetation, sodass viele für Moore typische und heute seltene Tier- und Pflanzenarten bundesweit vom Aussterben bedroht sind.⁷⁵ Zwar stehen ca. 50 Prozent der Moorfläche in Deutschland unter Schutz⁷⁶, es handelt sich aber überwiegend um entwässerte Moore ohne moortypische Lebensgemeinschaften.

Zustand und Nutzung der Auen und Fließgewässer

Die Auen entlang von 79 großen Flüssen, mit einer Gesamtlänge von 10.297 Flusskilometern, bedecken 16.185 Quadratkilometer und somit 5 Prozent der Fläche Deutschlands. Laut Auenzustandsbericht⁷⁷ gelten jedoch nur etwa neun Prozent dieser Auenflächen als (sehr) gering verändert. Etwa zwei Drittel der ursprünglichen Überschwemmungsgebiete wurden durch Längsbauwerke abgetrennt; an den drei großen Flüssen Rhein, Donau und Elbe sind es sogar über 80 Prozent. Die derzeit noch an das Hauptgerinne angebundenen Auenflächen (d. h. aktive Auen) bedecken 5.119 Quadratkilometer und sind zu 43 Prozent von Grünland geprägt. Zu 26 Prozent und 7 Prozent werden die großen Auen als Ackerflächen bzw. als Siedlungs-, Verkehrs- oder Gewerbeflächen genutzt; 16 Prozent sind Wälder.⁷⁸ Werden die gewässernahen Flächen (100 m auf beiden Uferseiten) aller Bäche und Flüsse mit mehr als 10 Quadratkilometer Einzugsgebietsgröße berücksichtigt, verändern sich die Landnutzungen wie folgt (Abb. 8): 43 Prozent Grünland, 26 Prozent Acker, 17 Prozent Wald und 7 Prozent Siedlungsflächen. Derzeit

⁶⁸ Närmann et al. (2021).

⁶⁹ Rebhann et al. (2016).

⁷⁰ Närmann et al. (2021).

⁷¹ Roßkopf et al. (2015).

⁷² Schmitz (2019).

⁷³ Freibauer et al. (2009).

⁷⁴ Tiemeyer et al. (2020).

⁷⁵ Görn & Fischer (2011); Hammerich et al. (2022).

⁷⁶ Tanneberger et al. (2021b).

⁷⁷ BMU & BfN (2021).

⁷⁸ Ebd.

sind mehr als 60 Prozent der noch erhaltenen Auen entlang der Bundeswasserstraßen in das europäische Schutzgebietsnetzwerk Natura 2000 eingegliedert, wovon die meisten Flächen jedoch einen moderaten oder schlechten ökologischen Zustand aufweisen.

Wie Auen in Deutschland genutzt werden

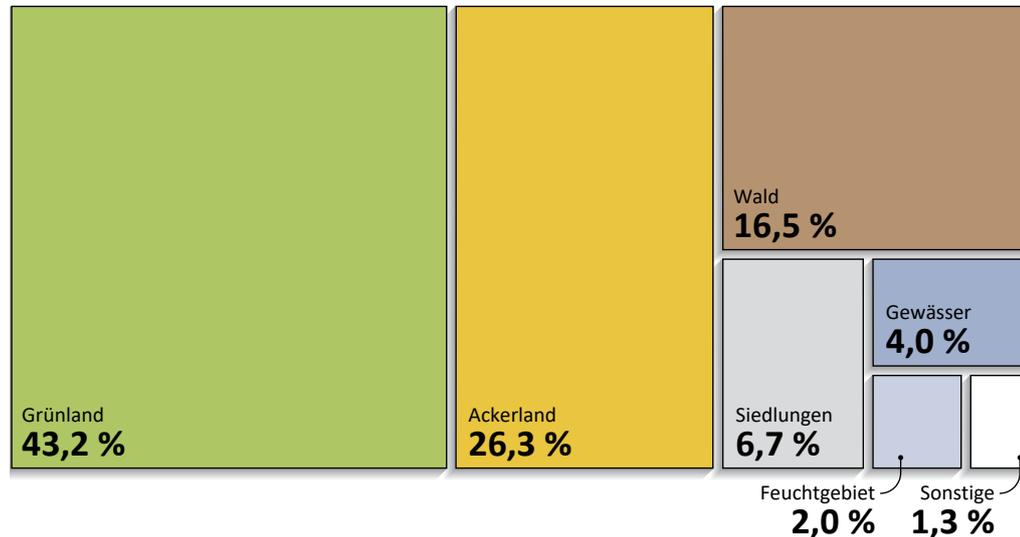


Abbildung 8: Landnutzung in den Auen Deutschlands⁷⁹

Die morphologische und hydrologische Beeinträchtigung der Bäche und Flüsse und ihrer begleitenden Auen spiegelt sich auch in der Gewässerstrukturgüte und im ökologischen Zustand wider. Die Geomorphologie der Fließgewässer, ihrer Ufer und des unmittelbaren Umfeldes wurde letztmals vor 20 Jahren für 76.000 Flusskilometer kartiert.⁸⁰ Demnach waren nur etwa 1.200 Kilometer (d.h. 2 Prozent) aller kartierten Gewässerstrecken hydromorphologisch intakt, während über 60.000 Kilometer (d.h. 79 Prozent) strukturell deutlich bis vollständig verändert sind. Die bundesweite Auenzustandsbewertung zeigte 2021, dass nur rund 1 Prozent der rezenten (überflutbaren) Flussauen sehr gering verändert und 8 Prozent gering verändert und somit noch weitgehend ökologisch funktionsfähig sind. Ein Drittel der Flussauen sind deutlich verändert (33 Prozent), wobei das Überflutungspotenzial zwar noch vorhanden, aber durch Gewässerausbau eingeschränkt ist. Mehr als die Hälfte der Auen ist stark (32 Prozent) und sehr stark (26 Prozent) verändert, wobei der ursprüngliche Auencharakter durch intensive Nutzung der Flusslandschaften verloren ist.

⁷⁹ D. Hering, Universität Duisburg-Essen (unveröffentlicht).

⁸⁰ BMU & UBA (2022).

Zustand der Auen in Deutschland

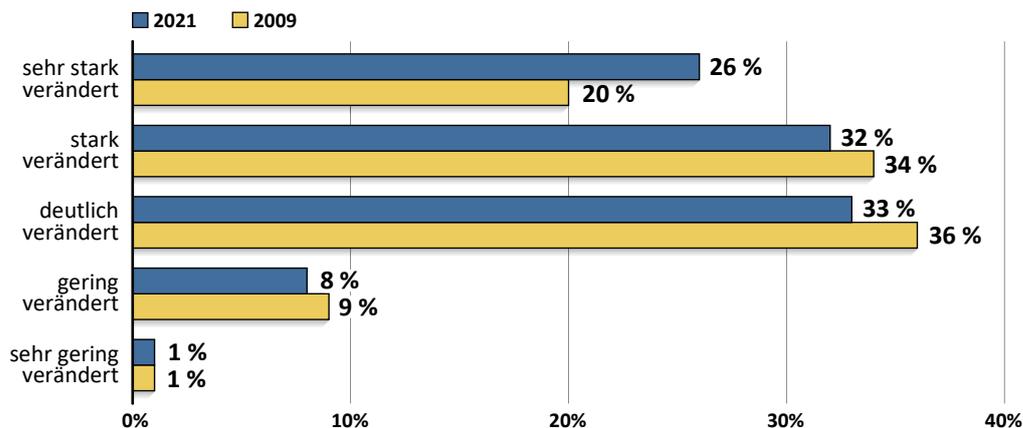


Abbildung 9: Verteilung der Auenzustandsklassen in Deutschland im Jahr 2021 und im Vergleich zu 2009⁸¹

Somit stehen wir heute kaum besser da als bei der Implementierung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) im Jahr 2000; als Ziel wurde ein zumindest guter ökologischer Zustand bzw. ein gutes ökologisches Potenzial für alle Wasserkörper bis 2027 formuliert. Ein so ernüchterndes Scheitern darf nicht (mehr) passieren.

Insgesamt sind in den Böden von 3.551 Quadratkilometern Auenfläche in Deutschland geschätzte 157 Millionen Tonnen Kohlenstoff gespeichert⁸²; der größte Anteil davon in Moorböden in Auen. Auenwälder sind ausgesprochen produktiv, wobei alte Hartholz-Auenwälder bis zu 800 Tonnen oberirdische Biomasse pro Hektar speichern.⁸³ Durch die weitgehende Entwaldung der Flussauen gingen auch mehr als 80 Prozent des Potenzials für oberirdische Biomassespeicherung verloren. Die Bedeutung von Auen für den regionalen und globalen Kohlenstoffhaushalt ist noch nicht ausreichend klar, nicht zuletzt, weil deren Dynamik und mosaikartige Struktur eine Quantifizierung erschweren. Empirische Daten für Auen weltweit ergeben einen mittleren Wert von 100 bis 300 Tonnen Kohlenstoff pro Hektar, wovon der Großteil in den Auenböden gespeichert ist.⁸⁴ Somit ist zu erwarten, dass Auen überproportional zur globalen Kohlenstoffspeicherung beitragen.

⁸¹ BMU & BfN (2021).

⁸² Scholz et al. (2017).

⁸³ Cierjacks et al. (2010).

⁸⁴ Sutfin et al. (2016).

3 Bedeutung von Mooren und Auen für Klima, Wasserhaushalt und Biodiversität

3.1 Ökosystemfunktionen von Mooren und Auen

Moore und Auen sind Feuchtgebiete von zentraler ökologischer, ökonomischer und gesellschaftlicher Bedeutung, v. a. für den Klimaschutz, den Landschaftswasserhaushalt und die Biodiversität. Zu den wichtigsten Ökosystemleistungen der Moore und Auen zählen die Kohlenstoffspeicherung, die Regulation des Wasserhaushalts durch Niedrigwassererhöhung und Reduzierung von Hochwasserspitzen, die Verbesserung der Wasserqualität durch Schadstoff- und Nährstoffregulation sowie die Bereitstellung von Lebensräumen für die biologische Vielfalt.⁸⁵ Hinzu kommt die Bedeutung von Mooren und Auen als Produktionsstandorte vornehmlich für die Forst- und Landwirtschaft, aber auch als Erholungsraum.

Hinsichtlich ihrer Funktionen für Klima, Wasser und Biodiversität gibt es wichtige Gemeinsamkeiten zwischen Mooren und Auen (Tab. 1). Beide Landschaftstypen haben als Verdunstungsflächen kühlende Wirkung und steigern die Luftfeuchte; Moore und Auen puffern Extremniederschläge und Hochwasserspitzen ab und halten Wasser für Trockenperioden in der Landschaft. Ein funktionierender Wasserhaushalt ist damit die wichtigste Voraussetzung für einen naturbasierten Klima- und Biodiversitätsschutz durch Moore und Auen.⁸⁶ Beide Ökosystemtypen sind durch teils extreme Umweltbedingungen charakterisiert, wenngleich sich die ökologischen Störungsdynamiken deutlich unterscheiden. Dies führt bei Tieren und Pflanzen zu besonderen Anpassungen bzw. einer ausgeprägten phäno- und genotypischen Plastizität und fördert hochspezialisierte Arten wie die Moosbeere oder die Deutsche Tamariske, die in anderen Lebensräumen nicht vorkommen. Zudem sind Moore und Auen Speicher für Kohlenstoff, Nähr- und Schadstoffe.

⁸⁵ Bonn et al. (2016); Petsch et al. (2023).

⁸⁶ Seddon et al. (2020); Tanneberger et al. (2021a).

Tabelle 1: Vergleich der Ökosystemeigenschaften und -funktionen natürlicher Moore und Auen

Eigenschaften und Funktionen	Moore	Auen
Fläche in Deutschland	Gesamtfläche 19.300 km ² davon rezente Moore 6 % (nicht entwässert oder wiedervernässt)	Gesamtfläche 9.973 km ² davon rezente Auen 51 %
Landschaftsform	meist flächig	meist linear
Ökologischer Stress	Ressourcenknappheit (Nährstoffe, Sauerstoff) oder Ressourcenüberschuss (Wasser, Licht)	Ressourcenfluktuation (Wasser, Nährstoffe, Licht)
Störungsdynamik	gering; langlebige Habitate	ausgeprägt; kurzlebige Habitate
Wasserhaushalt	hohe Verdunstung, Wasserspeicherung, Wasserreinigung und Grundwasserbildung	
Kohlenstoff- und Nährstoffhaushalt	Senke	wechselnd Quelle und Senke
Biodiversität (Pflanzen- und Wirbeltierarten)	Hochmoore relativ artenarm und Niedermoore artenreich an Gefäßpflanzen; viele Spezialisten, langsamer Artenumsatz	besonders artenreich, u. a. an Gefäßpflanzen; viele Generalisten, schneller Artenumsatz
Flächenanteile der aktuellen Landnutzung ⁸⁷	52 % Grünland, 18 % Ackerfläche, 15 % Wald, 5 % Siedlungs-, Verkehrs- und Gewerbeflächen, Restnatur <10 %	43 % Grünland, 26 % Ackerflächen, 17 % Wald, 7 % Siedlungs-, Verkehrs- und Gewerbeflächen, Restnatur <10 %
Fragmentierung und Anteil Privateigentum	in beiden Systemen seit 100 bis 200 Jahren sehr hoch	
Renaturierungspotenzial	naturnahe oder neuartige Ökosysteme; je nach Intensität, Ausdehnung und Dauer der Entwässerung, Torfzersetzung und Aufdüngung	naturnahe oder neuartige Ökosysteme; je nach Intensität, Ausdehnung und Dauer der geohydromorphologischen Eingriffe und resultierenden Landnutzung

3.2 Klimawirkung von Mooren und Auen

Die tiefgreifenden und großflächigen Entwässerungen von Mooren und Auen führen zu einem kontinuierlichen Abbau organischen Materials.⁸⁸ Mit dem Zutritt von Sauerstoff setzen aerobe (sauerstoffabhängige) Abbauprozesse in Moor- und Auenböden ein, und organisches Material wird mineralisiert. Aus Kohlenstoffsinken werden Kohlenstoffquellen.

Durch die offenen Wasserflächen und oberflächennahen Wasserstände von Boden- oder Grundwasser in Moor- und Auengebieten kommt es zu erhöhter Verdunstung. Die dabei entstehenden Kühlungseffekte verbessern das Mikroklima, v. a. in heißen, trockenen Perioden.

⁸⁷ Tiemeyer et al. (2020).

⁸⁸ Succow & Joosten (2001).

Moore und Treibhausgase

Moore bilden Torf durch Akkumulation organischer Substanz unter Luftabschluss infolge hoher Wasserstände.⁸⁹ Die aufwachsende, absterbende und nur teilweise zersetzte Biomasse bildet im Laufe von Jahrhunderten und Jahrtausenden mächtige Torfschichten, in denen große Mengen an Kohlenstoff und Stickstoff gespeichert sind. Auf knapp 4 Prozent der globalen Landfläche speichern Moore ca. 30 Prozent (d. h. 550 Gigatonnen) des globalen Bodenkohlenstoffs.⁹⁰ Unter Sauerstoffabschluss wird das organische Material unvollständig und sehr langsam abgebaut und Methan (CH₄) und Kohlendioxid (CO₂) entstehen. Obwohl Methan auf einen Zeitraum von 100 Jahren bezogen die 28-fache Klimawirkung von CO₂ hat⁹¹, überwiegt die Festlegung von CO₂ aus der Atmosphäre durch die Vegetation, sodass wachsende Moore eine CO₂-Nettosenke darstellen.⁹²

Die Emissionen von CO₂, Methan und Lachgas (N₂O) sind von mehreren Standortfaktoren abhängig. Dazu gehören klimatische Bedingungen, Bodenzustand, Wasserstand, pH-Wert, Redoxpotenzial und das Verhältnis der Gewichtsanteile von Kohlenstoff (C) zu Stickstoff (N) im Boden (C/N-Verhältnis), Vegetation, Nährstoffverfügbarkeit, Nutzungsart und -intensität.⁹³

Die zahlreichen Messungen von Treibhausgasflüssen auf Moorstandorten ermöglichen eine großskalige quantitative Abschätzung der Netto-Treibhausgasemissionen mit zunehmender Differenzierung und Genauigkeit sowie eine Identifikation der relativen Haupteinflussfaktoren.⁹⁴ Dabei bestätigt sich, dass der Wasserstand der dominierende Faktor für die CO₂- und Methanemissionen und deren Bilanz darstellt. Weiterhin wird deutlich, dass CO₂ bei Weitem den größten Anteil an den Gesamt-emissionen hat und die Netto-Treibhausgasemissionen mit abnehmendem Wasserstand steigen.⁹⁵ Extrem hohe mittlere jährliche Treibhausgasemissionen verursachen Ackerland auf Moorstandorten mit 40,4 Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Hektar und Grünland auf Moorstandorten mit 31,7 Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Hektar in Deutschland (Abb. 10). In Deutschland emittieren organische Böden jährlich ca. 55 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente und damit 6,6 Prozent der nationalen Gesamt-emissionen.⁹⁶

89 Ebd.

90 UNEP (2022).

91 Myhre et al. (2013).

92 Succow & Joosten (2001).

93 Abdalla et al. (2016); Wilson et al. (2016a); Hemes et al. (2018); Bianchi et al. (2021); Valach et al. (2021).

94 Couwenberg et al. (2011); Dariusman et al. (2023).

95 Tiemeyer et al. (2020); Evans et al. (2021).

96 Tiemeyer et al. (2020).

Treibhausgasemissionen aus Moorböden

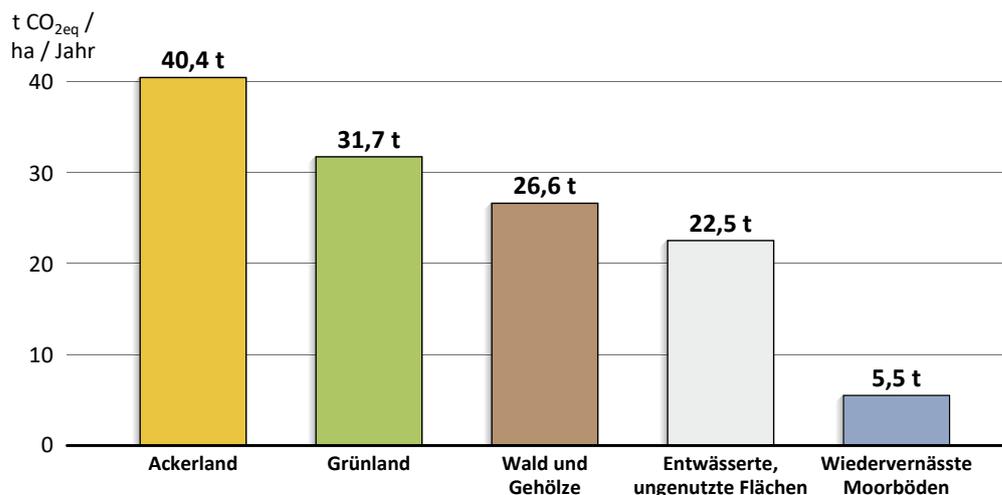


Abbildung 10: Treibhausgasemissionen aus Moorböden je nach Nutzungstyp. Angaben in Tonnen (t) CO₂-Äquivalent (CO_{2eq}) pro Hektar (ha) und Jahr (a)⁹⁷

Die Treibhausgasemissionen aus organischen Böden (51,2 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente, 2020) erreichen eine ähnliche Größenordnung wie die gesamte CO₂-Senkenleistung aller Wälder Deutschlands (57,5 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente, 2021).⁹⁸ In den fünf moorreichsten Bundesländern emittierten (entwässerte) organische Böden im Jahr 2020 ca. 87 Prozent (45 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente) der gesamten Mooremissionen in Deutschland, was ca. 6 Prozent der gesamten Treibhausgasemissionen Deutschlands entspricht.⁹⁹ Die Rolle der moorreichen Bundesländer beim Erreichen der nationalen und internationalen Klimaziele in den Sektoren Landwirtschaft und LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry; Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft) ist somit besonders bedeutsam. Niedersachsen ist das Bundesland mit der größten Fläche organischer Böden und hat mit 17,8 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Jahr die höchsten Treibhausgasemissionen aus organischen Böden, gefolgt von Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Schleswig-Holstein und Bayern. Die Emissionen aus Mooren in diesen Bundesländern übersteigen außer in Bayern überall die Kohlenstoff-Festlegung in ihren Wäldern.¹⁰⁰ Zudem wird die relative Bedeutung der Emissionen aus Mooren im Vergleich zur Senkenleistung der Wälder zunehmen. Dies liegt an einem abnehmenden Zuwachs in alten Wäldern, mehr Eingriffen in die Bestände für Verjüngung und Anpassung an den Klimawandel sowie Emissionen aus verstärkter Holzentnahme. Die Senkenleistung der Wälder reduziert sich daher von 76 Millionen Tonnen CO₂ im Jahr 2018 auf voraussichtlich 26 Millionen Tonnen CO₂ im Jahr 2025, sodass der Landnutzungssektor ab 2025 bundesweit zu einer Quelle von Treibhausgasen wird.¹⁰¹

⁹⁷ Ebd.

⁹⁸ Uellendahl et al. (2023).

⁹⁹ Ebd.

¹⁰⁰ Ebd.

¹⁰¹ UBA (2022b).

Die mit der Entwässerung einsetzende Torfmineralisierung bewirkt zugleich die Freisetzung von Stickstoff und verursacht in der Folge die Entstehung von Lachgas,¹⁰² das bezogen auf einen Zeitraum von 100 Jahren die 273-fache Klimawirkung von CO₂ besitzt.¹⁰³ Nutzungsbedingte Stickstoffdüngung erhöht die Lachgasemissionen zusätzlich.¹⁰⁴ Neben der Düngung werden die Lachgasemissionen von Stickstoffkonzentration, Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis, Lagerungsdichte und pH-Wert beeinflusst.¹⁰⁵ In wassergesättigten organischen Böden sind die Lachgasemissionen aufgrund der geringen Sauerstoff- und Stickstoffverfügbarkeit allgemein niedrig.¹⁰⁶ In den Treibhausgasinventaren für vernässte organische Böden werden sie daher mit Null bzw. nahezu Null angesetzt.¹⁰⁷ Bei erfolgreicher Wiedervernässung mit Wasserständen in Höhe der Bodenoberfläche ist demnach mit keinen bzw. mit äußerst geringen Lachgasemissionen zu rechnen. Problematisch können Lachgasemissionen aber v. a. in stark degradierten Torfen mit entsprechend hoher Lagerungsdichte und nicht erfolgreicher Wiedervernässung bleiben.¹⁰⁸ Es wird daher empfohlen, diese Standorte prioritär wieder zu vernässen.¹⁰⁹

Auen und Treibhausgase

Fließgewässer spielen eine bedeutende, wenngleich unterschätzte Rolle im regionalen und globalen Kohlenstoffhaushalt. Im *Active Pipe Model*,¹¹⁰ das den Kohlenstoffumsatz in Fließgewässern quantifiziert, bleiben die begleitenden Auen weitgehend unberücksichtigt.¹¹¹ Andererseits gibt es zahlreiche Untersuchungen zu Treibhausgasemissionen von Auenwäldern.¹¹² Dabei wird die standörtliche Heterogenität der Auenstandorte deutlich, die sowohl organische als auch mineralische Böden aufweisen.¹¹³ Vor allem die im Nordosten Deutschlands vorkommenden Auen der Talmoorflüsse (Moorböden) besitzen eine hohe Klimarelevanz. Für mineralisch geprägte Flussauen, die insgesamt ca. drei Viertel der deutschen Flussauen ausmachen, gibt es kaum umfassende Untersuchungen zu Kohlenstoffvorräten. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Kohlenstoffvorräte in Auen sowohl in Böden als auch in der Vegetation höher sind als in anderen terrestrischen Ökosystemen. Ursachen sind u. a. die Ablagerung kohlenstoffreicher Sedimente und die hohe Nettoprimärproduktion der Gehölzvegetation.¹¹⁴

102 Liu et al. (2020).

103 Forster et al. (2021).

104 Leppelt et al. (2014).

105 He et al. (2024); Leppelt et al. (2014); Liu et al. (2019); Tiemeyer et al. (2020).

106 Couwenberg et al. (2011); Liu et al. (2020); Tiemeyer et al. (2020).

107 IPCC (2014); Tiemeyer et al. (2020).

108 Lin et al. (2022); Liu et al. (2019).

109 Lin et al. (2022); Liu et al. (2020).

110 Cole et al. (2007); Battin et al. (2008).

111 Wohl et al. (2017).

112 Pangala et al. (2017).

113 Mori et al. (2017).

114 Scholz et al. (2012).

Auenböden sind überwiegend Methan- und Lachgassenken unabhängig von der Überflutungsfrequenz, während CO₂-Emissionen bei Überflutung deutlich erhöht sind.¹¹⁵ Auenwälder unterscheiden sich daher nicht grundlegend von anderen Wäldern, es kann aber – wie in Mooren – bei niedrigem Wasserstand zu verstärkter Freisetzung von Treibhausgasen kommen. Die Rolle von Auen für die Kohlenstoffbilanz hängt zudem vom Vorhandensein anmooriger Standorte und von Bruchwäldern ab. Insgesamt erhöhen Überflutungsdauer und morphologische Dynamik die Speicherkapazität der Auenböden, befördern die biologische Vielfalt und steigern die natürliche Rückhaltekapazität für Wasser während Hochwasserereignissen.

Staudämme, Begradigungen und Veränderungen in der Abflussdynamik verändern die Kohlenstoffflüsse von Bächen und Flüssen. So speichern Hartholzauen entlang der unteren Mittleren Elbe zwischen 99 und 149 Tonnen Kohlenstoff pro Hektar in den Böden, wobei die Speicherkapazität in abgetrennten Auen deutlich geringer ist.¹¹⁶ Eine Revitalisierung der Auen kann dieser Entwicklung entgegensteuern. Bekannt ist in diesem Zusammenhang der Einfluss des Bibers auf die Treibhausgasemission, v. a. in kleinen Auen. Dabei kommt es zu erhöhten CO₂- und Methanemissionen nach Aufstau¹¹⁷, während sich nach Aufgabe der Biberteiche nährstoffreiche Feuchtwiesen entwickeln, deren Böden doppelt so viel Kohlenstoff enthalten können wie benachbarte Waldstandorte.¹¹⁸

Insgesamt weiß man weniger über die Klimawirksamkeit von Auen als von Mooren, wobei für beide Lebensraumtypen von einer deutlichen Reduzierung der Treibhausgasemissionen durch Wiedervernässung ausgegangen wird.¹¹⁹ Die Emissionen entwässerter Moorböden innerhalb der morphologischen Auen liegen bei ca. 2,5 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten.¹²⁰ Entsprechende Angaben fehlen zu entwässerten Mineralböden der Auen, deren Klimarelevanz allerdings als deutlich geringer eingeschätzt wird.¹²¹

Effekte der Wiederherstellung auf die Klimawirkung

Die Wiedervernässung von Mooren führt nicht zu einem natürlichen Referenzzustand¹²², reduziert jedoch die Gesamt-Treibhausgasemissionen (Abb. 11) und bildet somit neue CO₂-Senken aus. Wiedervernässte Moore und renaturierte Auen leisten damit bedeutende Beiträge zur Verminderung des Klimawandels und zur Anpassung des Landschaftswasserhaushaltes an die negativen Effekte desselben. Beide Feuchtgebietstypen nehmen überschüssiges Wasser bei Starkregen und Hochwasserereignissen auf. Sie füllen das Grundwasser auf, speichern Wasser für Dürreperioden und tragen zur landschaftlichen Kühlung und Luftfeuchte bei.

115 Schindlbacher et al. (2022).

116 Heger et al. (2021).

117 Roulet et al. (1997).

118 Johnston (2014).

119 Zou et al. (2022).

120 Mehl et al. (2012).

121 Scholz et al. (2012).

122 Kreyling et al. (2021).

Transformationspfad der Wiedervernässung

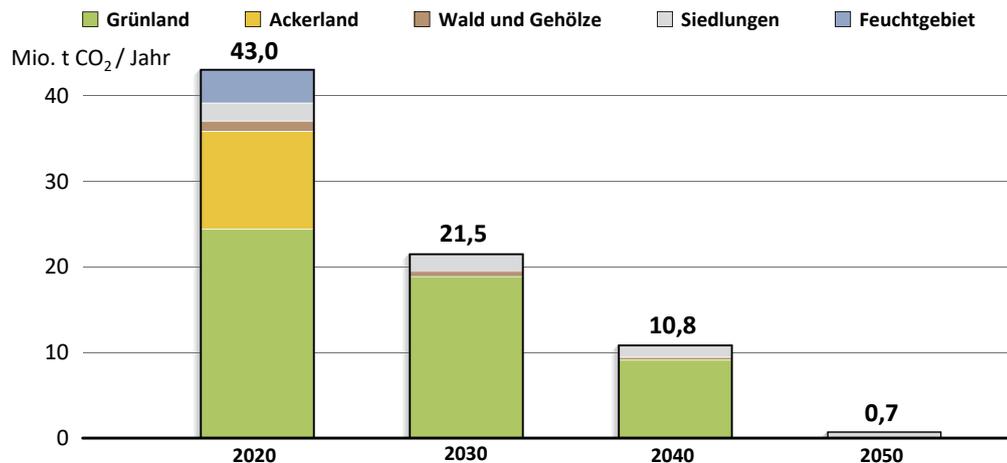


Abbildung 11: Reduktion der CO₂-Emissionen aus der Landnutzung auf organischen Böden in Deutschland in Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr¹²³

Die CO₂-Emissionen steigen mit der Absenkung des Wasserstandes deutlich an. Dieser Zusammenhang ist bei Mooren der gemäßigten Breiten weitgehend linear.¹²⁴ Entsprechende Informationen fehlen zu entwässerten Mineralböden in den Auen, dürften dort aber prinzipiell ähnlich sein wie bei den Moorböden.

Die Methanemissionen liegen auf tief entwässerten Böden bei Wasserständen unterhalb 20 Zentimeter unter Flur nahezu bei Null und steigen bei Wasserständen oberhalb von 20 Zentimeter unter Flur stark an.¹²⁵

Methanemissionen aus wiedervernässten Mooren sind in ihrer Höhe meist vergleichbar mit jenen aus natürlichen, nicht entwässerten Mooren. Allerdings kann es direkt nach Wiedervernässung zu höheren Methanemissionen kommen, insbesondere bei Überstau. Diese Emissionen sinken in den Folgejahren in der Regel jedoch rasch auf ein für nasse Standorte übliches Niveau. Sobald sich nach 5–10 Jahren eine geschlossene moortypische Vegetationsdecke gebildet hat, gleichen sich die Emissionen von wiedervernässten Mooren denen natürlicher Moore an. Mit Methan emittiert ein wiedervernässtes Moor weiterhin Treibhausgase, trägt insgesamt aber viel weniger zur Klimaerwärmung bei als im entwässerten Zustand.¹²⁶

Die Gesamt-Treibhausgasbilanz der Wiedervernässung organischer Böden ist eindeutig: Meta-Analysen für Moore der gemäßigten Breiten zeigen übereinstimmend, dass die drastische Reduzierung der CO₂-Emissionen den Effekt des Anstiegs der Methanemissionen bei Weitem überwiegt.¹²⁷ Die mittleren Treibhausgasemissionen von vernässten Mooren in Deutschland betragen mit 5,5 Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Hektar und Jahr nur 14 Prozent der Emissionen von Ackerland und 17 Prozent der Emissionen

¹²³ Nach Tanneberger et al. (2021a).

¹²⁴ Couwenberg et al. (2011); Wilson et al. (2016a); Evans et al. (2021); Tiemeyer et al. (2020).

¹²⁵ Couwenberg et al. (2011); Evans et al. (2021); Tiemeyer et al. (2020).

¹²⁶ Joosten et al. (2016); Wilson et al. (2016a); Günther et al. (2020).

¹²⁷ Couwenberg et al. (2011); Wilson et al. (2016a); Evans et al. (2021); Tiemeyer et al. (2020).

von Grünland auf organischen Standorten.¹²⁸ Jüngste Ergebnisse zeigen, dass vernässte Moore auch in trockenen Jahren als Senke für Treibhausgase fungieren können.¹²⁹

Grundsätzlich führen steigende Wasserstände zu sinkenden Treibhausgasemissionen (s. Box 2). Wie stark diese Reduktion ausfällt, hängt von Standortfaktoren wie Wasserstufe, Vegetation und Nutzung ab.¹³⁰ Entsprechende Untersuchungen sind auch für Auenstandorte nötig.

Box 2: Quantifizierung der Ökosystemleistungen eines wiedervernässten Moores

MoorFutures® wurden 2011 als weltweit erste Kohlenstoffzertifikate für Moorwiedervernässung eingeführt. Am Beispiel des wiedervernässten Polders Kieve an der Elde (Mecklenburg-Vorpommern) wurden Ökosystemleistungen und die Erhöhung der moortypischen Biodiversität, die als Co-Benefit zu den Treibhausgas-Emissionsreduktionen auftreten können, quantifiziert. Dies kann mit einem einfachen Normalverfahren oder einem aufwendigeren Premiumverfahren erfolgen.¹³¹ Mittlerweile liegen auch Monitoringdaten zum Gebiet vor: Die Emissionen betragen 1,306 t CO_{2eq} im Referenzszenario und 532 t CO_{2eq} im Projektszenario, und lagen fünf Jahre nach der Wiedervernässung bei 543 t CO_{2eq} pro Jahr. Die Nitratfreisetzung lag bei 1,088 kg N im Referenzszenario und 359 kg N im Projektszenario und betrug fünf Jahre nach der Wiedervernässung 309 kg N pro Jahr. Der Wärmestrom betrug 6,691 kW im Referenzszenario, 1,926 kW im Projektszenario und lag fünf Jahre nach Wiedervernässung bei 2,250 kW pro Jahr. Die moorspezifische Biodiversität wurde als „sehr gering“ (Referenzszenario) bzw. „hoch“ (Projektszenario) geschätzt; sie war fünf Jahre nach der Wiedervernässung noch „gering“.¹³² Zudem weisen die wiedervernässten Flächen durch die veränderte Landnutzung ein reduziertes Schadenspotenzial bei Hochwasser auf und wirken als Wasserrückhalteraum. Außerdem wird der Abstrom von Wasser aus der Landschaft verzögert und die Grundwasservorräte vergrößern sich gegenüber dem entwässerten Zustand.¹³³

3.3 Wasserhaushalt von Mooren und Auen

Wasserhaushalt der Moore

Moore speichern ca. 10 Prozent des globalen Süßwassers.¹³⁴ Sie besitzen Selbstregulationsmechanismen, um sich selbst günstige (nasse) Bedingungen zu schaffen – „Mooratmung“ ist ein Beispiel für diese Mechanismen.¹³⁵ Hier hebt sich bei großem Wasserdargebot die Mooroberfläche, d. h. der Torf quillt; bei wenig Wasser senkt sie sich, d. h. der Torf schrumpft wieder und wird dichter gelagert. Dadurch werden Wasserspiegelschwankungen relativ zur Torfoberfläche ausgeglichen – die Torfe bleiben auch bei geringeren Wasserständen nass und werden auch bei hohem Wasserangebot nicht überflutet: Beides sind sehr wichtige Prozesse in der Regulierung des Wasserspeichervermögens von Landschaften. Gering zersetzte Torfe mit großem Porenvolumen

¹²⁸ Tiemeyer et al. (2020).

¹²⁹ Beyer et al. (2021); Schwieger et al. (2021).

¹³⁰ Couwenberg et al. (2011); IPCC (2014); Tiemeyer et al. (2021); Wilson et al. (2016b).

¹³¹ Joosten et al. (2015).

¹³² Tanneberger et al. (2024).

¹³³ Joosten et al. (2015).

¹³⁴ Joosten & Clarke (2002); Limpens et al. (2008).

¹³⁵ Becker (2022).

können besonders stark zwischen verschiedenen Zuständen wechseln. Diese finden sich z. B. in Durchströmungsmooren. Die Fähigkeit zur Mooratmung ist in degradierten Torfen stark herabgesetzt.¹³⁶ Eine wichtige und bislang ungeklärte Frage ist deshalb, ob überhaupt und wann nach Wiedervernässung auch die Fähigkeit zur Mooratmung wieder erreicht wird und ob eine aktive Beseitigung der degradierten Torfschicht sinnvoll ist.

Gerade im Hinblick auf die zunehmende Sommertrockenheit in weiten Teilen Deutschlands ist es relevant, das zur Verfügung stehende Wasser (z. B. aus konvektiven Starkregenereignissen) möglichst schnell aufzunehmen und lange in der Landschaft zu halten. Mit der Trockenlegung der Moore gingen in Deutschland Wasserspeicher im Umfang von 27 Kubikkilometern verloren, was dem neunfachen Volumen des Starnberger Sees entspricht, wenn man zugrunde legt, dass 92 Prozent von 18.200 Quadratkilometern Moorfläche trockengelegt wurden und somit die Bodenfeuchte der obersten 50 Zentimeter im Mittel von 95 Prozent auf 80 Prozent reduziert wurde.¹³⁷

Intakte Moore beeinflussen nicht nur die Wassermenge, sondern auch die Wasserqualität. So werden Stickstoff und Phosphor effektiv zurückgehalten und damit wird die Eutrophierung von Gewässern bis hin zu den Meeresküsten reduziert.¹³⁸ Im entwässerten Zustand werden Moore allerdings zu bedeutenden Nährstoffquellen. Global speichern Moore ca. 10 Prozent des bodengebundenen Stickstoffs.¹³⁹ Bei der Mineralisation des Torfes wird Stickstoff freigesetzt.

Mit der Entwässerung einher geht ein Verlust an Torfsubstanz, der zu einem Höhenverlust von 1–2 Zentimetern pro Jahr führt.¹⁴⁰ Diese Absackung des Bodens führt oftmals zu Schäden an Infrastrukturen wie z. B. Straßen, Versorgungsleitungen oder Gebäuden.¹⁴¹ Für die Wiedervernässung degradierter Moore ist diese Sackung zusammen mit dem Verlust der Mooratmung kritisch, da Überstauung häufiger eintritt, was für viele intakte Moore untypisch ist. Hier besteht Forschungsbedarf zur optimalen Form der Wiedervernässung, z. B. über kontrollierte und schrittweise Vernässung statt einmaliger Flutung.¹⁴²

Wasserhaushalt der Auen

Die Hydrologie naturnaher Fließgewässer wird durch das Zusammenwirken von Niederschlag, Verdunstung, Oberflächenabfluss, Versickerung und Grundwasserdynamik im Einzugsgebiet bestimmt.¹⁴³ Für die Biodiversität und Ökosystemprozesse besonders wichtige Kenngrößen sind das Niedrig- und Mittelwasser, der bordvolle Abfluss und das Hochwasser sowie die damit verbundene Feststoffdynamik. Bei Niedrigwasser kommt es in Teilen der Aue zu Wassermangel, starker Erwärmung und Sauerstoffschwund, oft verbunden mit zeitweiser Fragmentierung des Fließgewässers und dem Verlust der Vernetzung von Fließgewässer und Aue.¹⁴⁴ Das Mittelwasser bestimmt den

¹³⁶ Liu & Lennartz (2019).

¹³⁷ Berechnung basierend auf Boelter (1964) und Ivanov (1981).

¹³⁸ Walton et al. (2020).

¹³⁹ Joosten & Clarke (2002); Limpens et al. (2008).

¹⁴⁰ Erkens et al. (2016).

¹⁴¹ Abidin et al. (2011); Saputra et al. (2019).

¹⁴² Lamers et al. (2015).

¹⁴³ Kollmann (2019).

¹⁴⁴ Zheng et al. (2024).

Grundwasserstand im Boden. Als bordvoller Abfluss wird der Wasserstand bezeichnet, bei dem man gerade noch nicht von einer Überflutung sprechen kann. Bei Hochwasser gestalten hoher Wasserstand und starke Strömung die gesamte Aue um. Dabei kommt es zu massiver Erosion von Vegetation, zur Verlagerung des Flussbetts sowie zur Neubildung von Sand- und Kiesbänken. Der Transport von Sedimenten, Nährstoffen und Ausbreitungseinheiten bestimmt die Längs- und Querdynamik der Aue. Für die Biozönoten der Aue, d. h. die dort vorkommenden Tier- und Pflanzenarten, sind die Spanne zwischen Niedrig- und Hochwasser, die Frequenz und der Zeitpunkt der Überflutungen sowie die das Flussbett verändernden Prozesse entscheidend. Aktuell auch von Hochwasserspitzen nicht mehr überflutete Bereiche werden als fossile Aue bezeichnet. Dieser Anteil hat an degradierten Flüssen sehr stark zugenommen. Degradierete Auen weisen eine reduzierte Quer- und Längsdurchgängigkeit auf und die oben beschriebenen Stufen des Wasserstands sind nicht mehr so ausgeprägt. Das führt zu deutlichen Verlusten auentypischer Lebensräume, deren Biodiversität und ihrer charakteristischen Ökosystemleistungen. Besonders markant sind die Veränderungen der Abflussganglinien, mit historisch ungewöhnlich hohen und häufigen Flutereignissen.¹⁴⁵ Aktuelle Herausforderungen der Auenhydrologie umfassen daher eine Abschätzung des Potenzials für Hochwasserrückhalt und für Niedrigwasseraufhöhung; notwendig sind dafür auf Einzugsgebiete bezogene Analysen auf größerer Skalenebene, vor allem in urbanen Auenlandschaften.¹⁴⁶

Effekte der Wiederherstellung auf den Wasserhaushalt

Wiedervernässte Moore und renaturierte Auen leisten bedeutende Beiträge zur Anpassung des Landschaftswasserhaushalts an die Effekte des Klimawandels. Beide Feuchtgebietstypen nehmen überschüssiges Wasser bei Starkregen und Hochwasserereignissen auf, sie speisen das Grundwasser, speichern Wasser für Dürreperioden und tragen zur landschaftlichen Kühlung und Luftfeuchte bei. Gerade im Hinblick auf die durch den Klimawandel zunehmenden Starkregenereignisse müssen die bisherigen Leitlinien und Gesetze zum Landschaftswasserhaushalt überarbeitet werden. Die Herausforderung besteht darin, eine Wende einzuleiten: weg von der herkömmlichen Bewirtschaftung mit dem Ziel, Wasser möglichst schnell und schadlos abzuleiten, hin zu einer neuen Bewirtschaftung, die Wasser möglichst effektiv in der Landschaft hält.

¹⁴⁵ Blöschl et al. (2020).

¹⁴⁶ Z. B. Wirth et al. (2021).

3.4 Biodiversität in Mooren und Auen

Treiber der Biodiversität

Moore werden v. a. von Spezialisten besiedelt. Diese zeigen hohe Anpassungen an die nassen und sauerstoffarmen Standortbedingungen, mit einem extremen Kleinklima und sehr variablen Nährstoffbedingungen von Mangel (in Hochmooren) bis Reichtum (in manchen Niedermooren).¹⁴⁷ Das Wissen über die Biodiversität natürlicher Moore in Deutschland ist aufgrund der jahrhundertelangen Entwässerung lückenhaft. In ihrer Gesamtheit weisen die Hoch- und Niedermoore aber eine hohe Biodiversität auf allen Ebenen auf. Für die Moore in Berlin/Brandenburg wurden 20 landschaftsökologische Moortypen, 99 verschiedene Vegetationstypen, 261 Arten der Gefäßpflanzen (15 Prozent des Arteninventars), 106 Moosarten (18 Prozent), 90 Laufkäferarten (27 Prozent), 157 Wasserkäferarten (67 Prozent), 20 Heuschreckenarten (36 Prozent), 11 Libellenarten (34 Prozent), 100 Spinnenarten (16 Prozent) und 340 Schmetterlingsarten (34 Prozent) ermittelt.¹⁴⁸ Gründe für sinkende Artenvielfalt sind vor allem der massive Biotopverlust, aber auch die Eutrophierung vormals nährstoffarmer Standorte.

Natürliche Flussauen zählen zu den dynamischsten und komplexesten Ökosystemen weltweit und sind somit Zentren der Biodiversität und vielfältiger Ökosystemleistungen.¹⁴⁹ Voraussetzung für diese hohe Vielfalt sind ein natürliches Abfluss-, Sediment- und Temperaturregime sowie ausreichend Raum für die Entwicklung eines Mosaiks unterschiedlicher ökologischer Habitats und Sukzessionsstadien; Erosion und Anlandung von Material befinden sich in einem stetigen Wechsel. Diese Dynamik führt zu einer ungewöhnlich hohen Vielfalt z. B. an Arthropoden, Vögeln, Bäumen und Sträuchern in Auenlandschaften.¹⁵⁰ Hinsichtlich der Biodiversität sind die Auen die weitaus bedeutendsten Ökosysteme in Mitteleuropa.¹⁵¹

Geschützte Auenbereiche, z. B. des Rheins und der Elbe sowie des einzigen Flussauen-Nationalparks Deutschlands an der Unteren Oder, sind Hotspots der Biodiversität. Im Naturschutzgebiet „Rastatter Rheinaue“ wurden ca. 2.650 Tier- und Pflanzenarten auf einer Fläche von 850 Hektar nachgewiesen, im Naturschutzgebiet „Kühkopf-Knoblochsaue“ mit einer Fläche von 2.200 Hektar sind es 2.400 Arten.¹⁵² Da nur 9 Prozent der Auen ökologisch noch weitgehend funktionsfähig sind, sind Auenorganismen überproportional bedroht. Insbesondere die Hartholzauwälder gehören zu den besonders gefährdeten Pflanzengesellschaften: In Mitteleuropa hat ihre Fläche seit dem Mittelalter aufgrund von Flussbegradigungen und intensiver Forstwirtschaft um 90 Prozent

¹⁴⁷ Minayeva et al. (2016); Tanneberger (2011).

¹⁴⁸ Luthardt (2014); Schwarzer et al. (2013); Hinzke et al. (2022); BfN (2023).

¹⁴⁹ Ward et al. (1999); Petsch et al. (2023).

¹⁵⁰ Ward & Tockner (2001); Stanford et al. (2005); Schnitzler et al. (2007); Karpowicz (2017).

¹⁵¹ Tockner et al. (2022).

¹⁵² Scholz et al. (2017).

abgenommen.¹⁵³ Am Beispiel des Leipziger Auwalds konnten für den Zeitraum 1870–2020 langfristige negative Veränderungen gezeigt werden.¹⁵⁴ Die Gründe umfassen die Entwässerung der Auen durch Flussregulierung und Deichbau, den Klimawandel und den damit einhergehenden Trockenstress.

Möglichkeiten der Wiederherstellung der Biodiversität

Aufgrund der tiefgreifenden Effekte der Trockenlegung, z. B. auf die chemisch-physikalischen Eigenschaften der Böden, ist die Wiederherstellung des ursprünglichen Zustands bei den stark degradierten Mooren und Auen nicht oder nur teilweise möglich. Wiedervernässung versetzt die Feuchtgebiete nicht aus jedem Ausgangszustand heraus in ihren natürlichen Zustand vor der Entwässerung zurück.¹⁵⁵ Landschaftsstruktur, Ökosystemfunktionen und Biodiversität unterscheiden sich daher auch nach der Wiedervernässung und anderen Maßnahmen deutlich von intakten Mooren und Auen. In vielen Fällen entstehen „neuartige Ökosysteme“ aufgrund irreversibler Veränderungen der Hydrologie und der Bodeneigenschaften.¹⁵⁶ Auen- und moorspezifische Arten siedeln sich wieder an, aber auch Neobiota, d. h. neu eingewanderte Arten können auftreten.¹⁵⁷

Die Effekte von Auenrenaturierungen auf die Biodiversität sind im Hauptgerinne oft gering, in den Auen dagegen ausgeprägt.¹⁵⁸ Fallstudien unterstreichen den verhaltenen Optimismus hinsichtlich der Auswirkungen von Renaturierungsmaßnahmen auf die Biodiversität, da die räumliche Dimension der Maßnahme, der landschaftliche Kontext und die Dauer seit der Maßnahme wesentliche Einflussfaktoren darstellen.¹⁵⁹ Für größere Erfolge ist ein prozessorientiertes Management und eine Flussgebietsbetrachtung unabdingbar, wenngleich herausfordernd.

¹⁵³ Härdtle et al. (2020).

¹⁵⁴ Wirth et al. (2021).

¹⁵⁵ Kreyling et al. (2021).

¹⁵⁶ Collier (2014); Thorel et al. (2018).

¹⁵⁷ Woellner et al. (2019); Strobl et al. (2020); Emsens et al. (2020); Hammerich et al. (2022).

¹⁵⁸ Pilotto et al. (2018).

¹⁵⁹ Z. B. Jähnig et al. (2010); Brettschneider et al. (2023).

4 Maßnahmen zur Wiederherstellung von Mooren und Auen

Die Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen werden international und national zu den wirksamsten Klimaschutzmaßnahmen im Bereich angepasster Landnutzung gezählt.¹⁶⁰ Die Wiederherstellung eines naturnahen Wasserhaushalts in den Mooren und Auen ist entscheidend für den Landschaftswasserhaushalt, sowohl zur Abpufferung von Hochwasserspitzen als auch zur Haltung von Wasser in der Landschaft.¹⁶¹ Außerdem sind moor- und auentypische Pflanzen und Tiere in vielen Fällen stark gefährdet,¹⁶² und die Wiederherstellung ihrer Lebensräume ist die effektivste Maßnahme für erfolgreichen Artenschutz.

4.1 Moorwiedervernässung

Die aktuelle landwirtschaftliche Moornutzung unter großflächiger Entwässerung ist nicht nachhaltig wegen der enormen Treibhausgasemissionen, des Verlustes der Wasserspeicherwirkung, des Rückgangs der Biodiversität und wegen der Beeinträchtigung der Produktionsfunktion selbst. Die entwässerungsbedingte Setzung, Verdichtung, Schrumpfung und Mineralisierung des Moorkörpers führt zu Substanz- und Höhenverlusten von 1 bis 2 Zentimetern pro Jahr¹⁶³ sowie zur Ausbildung eines Mikroreliefs auf den Flächen; deren landwirtschaftliche Nutzung ist damit mittel- bis langfristig durch Landverlust infolge Moorschwund und durch partielle Überflutung gefährdet.¹⁶⁴ Daher ist die Transformation der Moornutzung sowohl zum Erhalt ihrer Funktion als Wasserspeicher, Kohlenstoff- und Stickstoffsенке und als Habitat, als auch zu ihrer Bewahrung als Grundlage für Produktion, Wertschöpfung und Arbeitsplätze in ländlichen Räumen unabdingbar.

Die entscheidende Maßnahme zur funktionalen Wiederherstellung der Moore ist ihre Wiedervernässung. Ein Wasserspiegel bis knapp unter Geländeoberkante stoppt effektiv die Mineralisierung des Torfes und beendet die Ausgasung von CO₂ sowie die weitere Setzung und Sackung.¹⁶⁵ Torfbildung wird häufig schon nach wenigen Jahren beobachtet¹⁶⁶ und die in manchen Fällen auftretenden Methanausgasungen sind nur temporärer Natur und langfristig weniger klimawirksam als die Freisetzung von CO₂.¹⁶⁷ Die

160 Z. B. Scholz et al. (2017); Harms et al. (2018); Leifeld & Menichetti (2018); Günther et al. (2020); Humpenöder et al. (2020); Tiemeyer et al. (2020); Evans et al. (2021); Tanneberger et al. (2021a, b).

161 Allot et al. (2019); Serra-Llobet et al. (2022).

162 Minayeva et al. (2016).

163 Erkens et al. (2016).

164 Närmann et al. (2021).

165 Günther et al. (2020); Loisel & Gallego-Sala (2022).

166 Loisel & Gallego-Sala (2022); Mrotzek et al. (2020).

167 Günther et al. (2020).

Wasserleitfähigkeit und Speicherwirkung sind in wiedervernässten Mooren wegen der höheren Dichte und geringen Porosität von degradiertem Torf reduziert.¹⁶⁸ Die Regeneration der Ökosystemfunktionen über Torfbildung nach Anhebung des Wasserstands benötigt daher Zeit.¹⁶⁹ Allerdings sind die Anzahl der wiederhergestellten Funktionen und der Grad ihrer Wiederherstellung negativ korreliert.¹⁷⁰ Es können also entweder wenige Funktionen auf hohem Niveau oder viele Funktionen auf geringem Niveau erreicht werden.

Ähnliches gilt für die moortypische Biodiversität, welche sich nach Wiedervernässung nur teilweise und erst nach mehreren Jahrzehnten wieder einstellt, wobei sich große Unterschiede je nach Spezialisierung und Mobilität der Artengruppen ergeben.¹⁷¹ Weitere Herausforderungen sind höhere Wasserstandsschwankungen wegen der veränderten Wasserleitfähigkeit und höhere Nährstoffverfügbarkeit.¹⁷² Eine Nutzung der oberirdischen Biomasse (Details zur Paludikultur s. Abschnitt 7.2) kann die Eutrophierung effektiv reduzieren¹⁷³ und die Biodiversität sowie manche Ökosystemfunktionen steigern.¹⁷⁴ Zudem führt eine landschaftliche Vielfalt der Nutzung wiedervernässter Moore zu hoher Vielfalt unspezifischer Arten sowie zur Wiederansiedlung moortypischer, geschützter und seltener Pflanzen- und Tierarten.¹⁷⁵

Die ökologischen Effekte von Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) in wiedervernässten Mooren sind noch unzureichend bekannt und werden in Forschungsprojekten untersucht. Zumindest für die Klimaschutz- und Wasserspeicherwirkung der Moore sind mögliche Synergien zu erwarten. Eine intensive PV-Nutzung würde v. a. auf stark degradierten, also im entwässerten Zustand über lange Zeiten intensiv genutzten Flächen, Sinn machen, während bei schwach degradierten Flächen in Schutzgebieten Biodiversitätseffekte wichtiger sind.

Zwischen Wasserstand und Treibhausgasemissionen besteht unterhalb eines Wasserstandes in Flurhöhe (der Geländeoberkante) ein weitgehend linearer Zusammenhang.¹⁷⁶ Jegliche Anhebung des Wasserstandes verringert daher die Emissionen der Treibhausgase. Auch eine Anhebung des Wasserstandes von tiefer Entwässerung auf ca. 30 Zentimeter unter Flur (schwach torfzehrend) ist ein Schritt in die richtige Richtung einer verbesserten Klimawirkung.¹⁷⁷ Diese Option würde eine Fortführung mancher entwässerungsbasierter Landnutzungen erlauben, wie z. B. Mutterkuhhaltung. Es muss aber betont werden, dass damit die CO₂-Quelle aus der Torfmineralisierung nur gebremst und nicht gestoppt werden kann und dass sich keine moortypische Vegetation mit möglicher neuer Torfbildung einstellen kann. Wenn eine solche Anhebung des Wasserstandes als Zwischenschritt zur vollständigen Wiedervernässung gesehen wird, dann muss beachtet werden, dass in der Landnutzung damit mittel- bis langfristige

¹⁶⁸ Liu & Lennartz (2019); McCarter et al. (2020); Loisel & Gallego-Sala (2022).

¹⁶⁹ Ahmad et al. (2020).

¹⁷⁰ Strobl et al. (2019).

¹⁷¹ Strobl et al. (2020); Kreyling et al. (2021); Loisel & Gallego-Sala (2022).

¹⁷² Strobl et al. (2018); Kreyling et al. (2021).

¹⁷³ Hinzke et al. (2021).

¹⁷⁴ Tanneberger et al. (2022).

¹⁷⁵ Tanneberger et al. (2022); Martens et al. (2023).

¹⁷⁶ Evans et al. (2021); Couwenberg et al. (2011).

¹⁷⁷ Boonman et al. (2022).

Pfadabhängigkeiten geschaffen werden, welche die weitere Anhebung des Wasserstandes erschweren, die zur Erreichung der Klimaschutzziele 2045/2050 nötig sind. Daher sollten für feuchte Moore keine zusätzlichen Investitionen in solche Nutzungen erfolgen, die in nassen Mooren nicht möglich sind.

Die Wiedervernässung von Mooren führt zu gravierenden Veränderungen ihrer wirtschaftlichen Nutzung, insbesondere was die Befahrbarkeit als auch die Verwertbarkeit der Biomasse angeht. Dauerhaft bewachsene organische Böden besitzen an der Oberfläche eine durchwurzelte Schicht mit hoher Festigkeit, während der darunterliegende organische Boden weniger fest ist.¹⁷⁸ Das vertikale oder horizontale Abscheren dieser Wurzelschicht ist daher zu vermeiden.¹⁷⁹ Ackernutzung auf nassen Moorstandorten scheidet u. a. aus diesem Grund aus. Die Nutzung von ganzjährig nassen Mooren durch sogenannte Paludikulturen erfordert eine Anpassung der Landwirtschaftstechnik, um Radlasten, Kontaktflächendrücke, Überrollhäufigkeiten und Zugkräfte zu verringern und so die mechanische Belastung beim Befahren zu senken; diese Technikanpassung steigert die Verfahrenskosten.¹⁸⁰

Folgende Maßnahmen zur Erreichung der Klima-, Wasser- und Biodiversitätsschutzziele bei nachhaltiger Nutzung lassen sich für Moore ableiten:

- Schutz aller noch existierenden naturnahen Moore, wobei jeweils die Einbeziehung des gesamten Einzugsgebiets erforderlich ist, z. B. was Nährstofffrachten angeht;
- Beendigung der Entwässerung aller Moore (außer Siedlungsflächen), dabei aber Vermeidung von dauerhafter Überstauung;
- aktive Wiedervernässung, wo die Beendigung der Entwässerung nicht ausreichend für das Anheben des Wasserstandes ist;
- nasse Nutzung v. a. auf stark degradierten Flächen, Paludi-PV als maximaler Klimaschutz (Stopp des CO₂-Ausstoßes, Biomassenutzung inklusive Nährstoffreduktion, direkte Energiegewinnung), aber eingeschränkt durch Biodiversitätsziele in Schutzgebieten;
- Förderung wirtschaftlicher Optionen und Aufbau hochwertiger Wertungsketten für Paludikultur;
- Unterschutzstellung von Flächen mit hoher Selbstregulation nach Wiedervernässung, also standortangepasster Vegetation mit Torfbildung und sich stabilisierendem Wasserhaushalt.

Dabei ist zu beachten, dass die Genehmigungsverfahren für Maßnahmen zur Wasserstands-anhebung in Mooren zumeist durch Landkreise durchgeführt werden. Aufgrund der gegebenen Ermessensspielräume können der Ablauf der Verfahren und der Umfang der zu erbringenden Gutachten je nach Projekt und zuständiger Behörde unterschiedlich sein. Zielkonflikte mit dem Artenschutz, der EU-Wasserrahmenrichtlinie und (bei Anlage von Anbau-Paludikulturen) mit dem Grünlandumbruchverbot können zusätzliche Hindernisse darstellen. Hier sollte der Schutz der moortypischen Arten priorisiert werden, die Grundintention des Gewässerschutzes verfolgt und der Vorteil von Dauerkulturen anerkannt werden.¹⁸¹ Das bestmögliche Verfahren ist für Mecklen-

¹⁷⁸ Wong et al. (1979); Schmidt & Rohde (1986); Kraschinski et al. (2001).

¹⁷⁹ Kraschinski et al. (2001).

¹⁸⁰ Ebd.

¹⁸¹ Närmann et al. (2021); Hirschelmann et al. (2023); GMC & DVL (2021).

burg-Vorpommern in Lechtape et al.¹⁸² dargestellt. Derzeit erarbeitet die Arbeitsgruppe „Moor-Wiedervernässung“ der Deutschen Gesellschaft für Wasserwirtschaft (DWA) ein Regelwerk für die Moorwiedervernässung.¹⁸³

4.2 Auenrenaturierung

Auen unterscheiden sich von Mooren durch eine ausgeprägte Hochwasser- und Sedimentdynamik. Der Zustand der Auen ist eng mit dem hydromorphologischen Zustand der Flüsse verbunden, da Auenmorphologie und Hydrologie maßgeblich durch das Ausuferungsvermögen der Flüsse, regelmäßige Überschwemmungen und Grundwasseranbindung bestimmt werden. Die Maßnahmen zur Renaturierung von Auen verfolgen daher das primäre Ziel, die Hydrologie und Morphologie der Auen naturnäher zu gestalten und Gewässer und Aue enger zu vernetzen.¹⁸⁴ In der Folge können sich mittelfristig Biodiversität, Böden und Ökosystemfunktionen regenerieren. Renaturierungsmaßnahmen in Auen sind oftmals, aber nicht ausschließlich, an die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG (WRRL) oder der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie 2007/60/EG (HWRM-RL) gebunden. Viele Maßnahmen nach dem LAWA-BLANO-Maßnahmenkatalog¹⁸⁵, die für Fließgewässer im Zuge der Umsetzung der WRRL durchgeführt werden, sind auch für Auen relevant, v. a. die Regulierung von Wasserhaushalt und Abfluss sowie die Verbesserung von Habitaten. Maßnahmen der HWRM-RL zielen meist auf die Schaffung von Überflutungsräumen, z. B. durch die Rückverlegung von Deichen. Die wichtigsten auenrelevanten Maßnahmen der WRRL umfassen:

- Gewährleistung eines Mindestabflusses sowie Förderung des natürlichen Wasserhaushaltes, z. B. durch Bereitstellung von Überflutungsräumen (Rückverlegung von Deichen) und Wiedervernässung von Feuchtgebieten;
- Habitatverbesserung durch eigendynamische Gewässerentwicklung (z. B. Entfernung von Uferverbau), Habitatverbesserung im vorhandenen Profil (z. B. Störsteine, Totholz), Laufveränderung (z. B. Re-Mäandrierung, Aufweitung) und Habitatverbesserung im Uferbereich (z. B. Förderung von Ufergehölzen);
- Auenentwicklung (z. B. Reaktivierung der Primäraue und eigendynamische Entwicklung einer Sekundäraue): Diese Maßnahmen können eine quasi-natürliche hydrologische und morphologische Auendynamik wiederherstellen, mit potenziell umfassend positiven Auswirkungen auf die Herstellung von (auch uferfernen) Auenhabitaten;
- Anschluss von Seitengewässern (Reaktivierung von Altarmen oder Anschluss sekundärer Auengewässer);
- Reduzierung von Belastungen infolge von Freizeit- und Erholungsaktivitäten (Besucherlenkung, Betretungs- und Befahrungsverbote);
- Reduzierung von Nährstoffeinträgen durch besondere Anforderungen in Überschwemmungsgebieten (u. a. Nutzungsbeschränkungen und vertragliche Vereinbarungen dienen der Entwicklung von Standortbedingungen mit mittlerem gelöstem Nährstoffgehalt).

¹⁸² Lechtape et al. (2023).

¹⁸³ DWA (2023).

¹⁸⁴ Kollmann (2019).

¹⁸⁵ LAWA (2020).

Die HWRM-RL ermöglicht zudem folgende auenrelevanten Maßnahmentypen:

- Festlegung von Vorrang- und Vorbehaltsgebieten in den Raumordnungs- und Regionalplänen sowie die Festsetzung von Überschwemmungsgebieten mit Nutzungsbeschränkungen der lateralen hydrologischen Verbindung von Fluss und Aue;
- Gewässerentwicklung und Auenrenaturierung, Aktivierung ehemaliger Feuchtgebiete als breites Maßnahmenspektrum zur Förderung des Wasserspeicherpotenzials der Böden und der Ökosysteme.

Zwischen 1981 und 2020 wurden bundesweit etwa 220 große Renaturierungsprojekte in Flussauen umgesetzt.¹⁸⁶ Diese Maßnahmen umfassen Wiederanbindungen von Altarmen und Flutrinnen auf einer Strecke von einigen 100 Metern bis hin zur Wiederherstellung auentypischer Überflutungsverhältnisse, z. B. durch umfangreiche Deichrückverlegungen (d. h. jeweils über 100 ha) und eine entsprechende Anpassung der Nutzung. Entlang von 79 großen Flüssen wurden in Deutschland von 1983 bis 2020 insgesamt 65 Deichrückverlegungen mit einer Gesamtfläche von 7.100 Hektar umgesetzt, das entspricht einer Zunahme der überflutbaren Flussauen um 1,5 Prozent.¹⁸⁷ Rund ein Viertel der noch vorhandenen Flussauen besitzt ein hohes oder sehr hohes Potenzial für eine naturnahe Auenentwicklung durch Nutzungsänderung; die grundsätzliche Möglichkeit einer Wiederanbindung der Altaue an die Überflutungsdynamik besteht für Flächen von insgesamt 189.000 Hektar, d. h. einem Fünftel der verlorengegangenen Überflutungsfläche.¹⁸⁸ Das Bundesprogramm „Blaues Band Deutschland“ zielt darauf ab, den Auenzustand von 20 Prozent der Abschnitte an Bundeswasserstraßen bis 2035 um mindestens eine Zustandsklasse zu verbessern (im Vergleich zum Auenzustandsbericht 2009¹⁸⁹). Dieses Ziel ist angesichts der wenigen bislang begonnenen Projekte jedoch heute schon unrealistisch.

Die Auen großer Fließgewässer standen bislang im Mittelpunkt der Betrachtungen zum Auenschutz. Die Handlungsmöglichkeiten sind dort aber begrenzt, denn viele große Flüsse sind so stark eingetieft, dass sie sich hydrologisch von ihrer Aue entkoppelt haben. Der Grund hierfür sind oftmals Längsbauwerke und Buhnen, die eine Ausbreitung von Hochwasserwellen in die Aue verhindern und die Fließgeschwindigkeit im Hauptgerinne erhöhen. Eintiefung führt zu einem Absinken des Grundwasserstandes in der Aue, zudem wird in fast allen landwirtschaftlich genutzten Auen die Entwässerung durch Drainagen verstärkt. Kleinere Fließgewässer, insbesondere im Mittelgebirgsraum, sind oft weniger eingetieft und ihre Auen unterliegen keinem so starken Nutzungsdruck, sodass dort mehr Handlungsoptionen bestehen.

¹⁸⁶ BMU & BfN (2015); BMU & BfN (2021).

¹⁸⁷ BMU & BfN (2021).

¹⁸⁸ Harms et al. (2018).

¹⁸⁹ BMU & BfN (2009).

5 Priorisierung und Bewertung der Maßnahmen

5.1 Systemische Verknüpfung von Klima- und Biodiversitätszielen

Für die Priorisierung von Maßnahmen, Ökosystemtypen und Flächen braucht es einen systemischen Ansatz, der Klima- und Biodiversitätsziele mit der nachhaltigen Nutzung natürlicher Ressourcen in Einklang bringt. Hierfür sind jedoch nicht nur ambitionierte Ziele und ein Ordnungsrahmen notwendig, sondern auch ein begleitendes Monitoring und robuste Szenarien auf Basis entsprechender Erfolgsindikatoren.

Die Klima- und Biodiversitätskrise erfordern rasches Handeln und damit einen konkreten Zeitrahmen für die Maßnahmen. Insbesondere die Umsetzung großflächiger, komplexer Maßnahmen muss nach Dauer und Aufwand bewertet und rechtzeitig eingeleitet werden. Hierzu braucht es einen klaren politischen Willen, Prioritäten evidenzbasiert zu setzen, auch um Widersprüche in den bisherigen bestehenden Vorgaben aufzulösen und den formalen Rahmen der Ermöglichung zu schaffen.

5.2 Priorisierung

Eine naturnahe Auen- und Moorentwicklung auf großer Fläche in die Wege zu leiten, ist ein komplexes Unterfangen. Es gilt klare Managementziele zu formulieren, dabei teils konkurrierende Interessen abzuwägen und umfangreiche Gesetzesvorgaben zu berücksichtigen. Ein strukturiertes Planungsmanagement unterstützt die Erarbeitung ausgewogener Lösungsoptionen, eine effiziente Maßnahmenumsetzung und eine evidenzbasierte Erfolgskontrolle anhand gemeinsam erarbeiteter Kriterien und Indikatoren.¹⁹⁰ Verschiedene bundesweit anwendbare Handbücher geben Hinweise zur Planung, Durchführung und Erfolgskontrolle.¹⁹¹ Daneben gibt es umfangreiche Handbücher auf Landesebene, z. B. zur Hochmoorrenaturierung in Bayern¹⁹², oder auf regionaler Ebene, z. B. zur Moorrevitalisierung im Erzgebirge.¹⁹³

Effektive Renaturierungsmaßnahmen erfordern ein grundlegendes Verständnis der komplexen Wechselwirkungen zwischen Natur und Mensch und die Erarbeitung alternativer Lösungsoptionen. Viele Projekte scheitern bzw. verfehlen ihr Ziel, weil entweder Teilziele isoliert herausgegriffen und dann optimiert oder bei Zielabwägungen erfor-

¹⁹⁰ UBA (2019).

¹⁹¹ Vischer-Leopold et al. (2015); Tiemeyer et al. (2017); BfN (2020); Steenken et al. (2021); Närmann et al. (2021).

¹⁹² Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (2002, 2005).

¹⁹³ Staatsbetrieb Sachsenforst (2014).

derliche Kompromisse nicht getroffen werden. So kann es zu Fehlanpassungen und zur Auswahl von Lösungsoptionen kommen, die auf den ersten Blick sinnvoll erscheinen, aber mit gravierenden Neben- und Langzeitwirkungen einhergehen. Zudem müssen, wie in Kapitel 3 betont, Maßnahmen prozessorientiert angelegt und der Landschaftskontext berücksichtigt werden (z. B. Einzugsgebietsmanagement), was eine Abkehr von gängigen kleinräumigen und rein strukturverbessernden Maßnahmen erforderlich macht.

Als Basis für die Entscheidungsfindung über die Durchführung von Maßnahmen in den jeweiligen Gebieten müssen ökologische und sozioökonomische Kriterien festgelegt werden, die Bedingung für die Zielerreichung sind und die im Einzelfall die lokalen Besonderheiten berücksichtigen. Ökologische und sozioökonomische Aspekte müssen sowohl bei der Priorisierung der Ziele als auch bei der Festlegung von Indikatoren der Zielerreichung gemeinsam betrachtet werden, um Zielkonflikte frühzeitig zu erkennen, zu analysieren, Handlungsalternativen und ihre Auswirkungen aufzuzeigen sowie Abwägungen und Interessenausgleiche vorzunehmen. Auf der Basis der gesetzten Ziele muss ein gesellschaftlicher Aushandlungsprozess konzipiert und durchgeführt werden (Abb. 13).

Oberste Priorität gebührt der Erhaltung der wenigen noch vorhandenen naturnahen Moore und Auen. Das heißt, das Verschlechterungsverbot ist deutlich höher zu gewichten als das Verbesserungsgebot. Zugleich besteht etwa für die Hälfte der Moore¹⁹⁴ und für 60 Prozent der Auen ein Schutzstatus. Das bedeutet, dass viele degradierte Moore sowie abgetrennte und massiv überformte Auen derzeit als schützenswert eingestuft sind. Für diese Flächen reicht jedoch der gegenwärtige Schutzstatus keinesfalls aus, vielmehr sind bestehende Schutz- und Managementstrategien zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen, da die „Schutzziele“ oftmals nicht mit den übergeordneten Klima- und Biodiversitätszielen im Einklang stehen.

Der „No Net Loss“-Ansatz, der vorsieht, Biodiversitäts- und Flächenverluste an einem Ort durch Renaturierungsmaßnahmen an anderen Orten kompensieren zu können, ist aus wissenschaftlicher Sicht nicht haltbar.¹⁹⁵ Durch Renaturierungsmaßnahmen lassen sich im Vergleich zu einem Referenzzustand nur Teilerfolge erreichen oder es entstehen neuartige Ökosysteme, wie Flachseen nach Wiedervernässung von Mooren. Eine aktuelle Studie zeigt, dass sich die Situation in Bächen und Flüssen nur in Teilbereichen und auch nicht dauerhaft verbessert, da sie vielfältigen Stressoren wie Verschmutzung, Einschleppung invasiver gebietsfremder Arten und Veränderungen des Abfluss-, Temperatur- und Sedimentregimes ausgesetzt sind.¹⁹⁶ Zudem sind viele Maßnahmen zu kleinräumig angelegt und somit weitgehend wirkungslos. Das gilt insbesondere für Flüsse und die mit ihnen verbundenen Auen.

194 Tanneberger et al. (2021b).

195 Hilderbrand et al. (2005); Palmer & Stewart (2020).

196 Haase et al. (2023).

Maßnahmen in Mooren

Für die Wiedervernässung der Moore müssen umfangreiche Kapazitäten mobilisiert werden. Schließlich besteht die Notwendigkeit, jährlich rund 50.000 Hektar Fläche umzusetzen, damit das Netto-Null-Ziel 2045 erreicht wird.¹⁹⁷ Derzeit liegen wir bei weniger als einem Zehntel davon. Grabenverschlüsse sind bspw. eine erprobte und günstige Methode zur Wiedervernässung von Mooren; sie erhöhen den Austausch mit den umgebenden Böden und dem Grundwasser.¹⁹⁸ Um in Moorflächen großflächig mit einer systematischen Umsetzung beginnen zu können, sind entsprechende Entscheidungen in vielen Politik- und Rechtsbereichen nötig.¹⁹⁹

Es besteht die Gefahr, im „Business as usual“ zu verharren und aus Zögerlichkeit oder zur Vermeidung von politischen oder gesellschaftlichen Diskursen die angestrebten Ziele nicht ausreichend konsequent zu definieren. Wege zur Umsetzung sind auszuhandeln und diese schließlich zu gehen. Wie in dieser Stellungnahme dargelegt, ist bei Mooren der Handlungsdruck enorm, und die politischen und sozioökonomischen Rahmenbedingungen sind komplex und oft widersprüchlich. Daher müssen möglichst gleichzeitig auf den derzeit immer noch entwässerten 94 Prozent der Moorfläche Deutschlands die notwendigen Schritte in Richtung Wiedervernässung begonnen werden. Dazu gehören das Herunterbrechen übergeordneter Klima- und Biodiversitätsziele auf die regionale und kommunale Ebene²⁰⁰, die frühzeitige Information der Beteiligten, Ehrlichkeit und Offenheit von Politik und staatlicher Verwaltung, Unterstützung durch „Kümmerer“ und ernsthafte attraktive Angebote für Flächeneigentümer und -eigentümerinnen.

Während von 1876 bis etwa 1930 eine „Central-Kommission für das Moorwesen“ als preußische Zentralbehörde eine effektivere Kultivierung und Nutzung der Moore in weiten Teilen Norddeutschlands förderte, erscheint es heute sinnvoller, die schon etablierten dezentralen Strukturen der Bundesländer und Kommunen zu nutzen. Erste „Moor-Manager“ gibt es schon in einzelnen Landkreisen und Städten. Hier setzt auch das Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz des Bundesumweltministeriums (BMUV) an, indem regionale Agenturen für Natürlichen Klimaschutz etabliert werden sollen. Bisher ist dies allerdings bis auf eine erste Mooragentur in Mecklenburg-Vorpommern nicht umgesetzt worden.

Mit engagierten kommunalen und regionalen Ansprechpersonen in ausreichender Zahl und mit den notwendigen fachlichen und sozialen Kompetenzen kann eine zügige Umsetzung und Priorisierung mit Berücksichtigung des ökologischen Zustands, der Eigentumsverhältnisse, geografischen Lage, Anbindung an Wasserkörper sowie ökologischen und ökonomischen Potenziale gelingen. Die Entwicklung von Flächenkulissen für die Wiedervernässung im Sinne einer Identifizierung nicht wiederzuvernässender Flächen ist dagegen nicht sinnvoll, da sich technische Herausforderungen und Kosten

¹⁹⁷ Günther et al. (2020); Tanneberger et al. (2021a).

¹⁹⁸ Bretschneider (2015).

¹⁹⁹ Lemke & Hirschelmann (2024).

²⁰⁰ Z. B. durch regionale Treibhausgasinventare und Netto-Null-Strategien.

in der Regel erst in einer detaillierten Umsetzungsplanung identifizieren lassen. Keine Flächen – außer Siedlungen – sollten von einer Wiedervernässung ausgenommen werden, da sie andernfalls eine dauerhaft weiter emittierende CO₂-Quelle darstellen und diese Emissionen durch eine CO₂-Senke ausgeglichen werden müssten.²⁰¹

Maßnahmen in Auen

Es ist höchste Zeit, die WRRL der EU und das 2017 aufgelegte Bundesprogramms „Blaues Band Deutschland“ entschieden umzusetzen und mit Leben zu füllen, Schutzgebiete entsprechend zu managen und wo möglich auf Unterhaltungsmaßnahmen zu verzichten. Sieben Jahre sind nach dem Projektstart des Blauen Bandes vergangen und man steht noch immer am Anfang. Die Frage stellt sich, warum die Umsetzung nicht vorangeht. Die Handlungsmöglichkeiten in den Auen der großen Fließgewässer sind begrenzt, denn viele Flussabschnitte sind so stark eingetieft, dass sie sich hydrologisch von ihren Auen entkoppelt haben (s. Abschnitt 3.3). Eine Anhebung der Sohle in großen Flüssen ist aufwendig und kostspielig. Das gilt auch für die Rückverlegung von Deichen und für die Reaktivierung eines naturnahen Abfluss- und Sedimentregimes.

Bäche und Flüsse benötigen Raum. Dieser ist oft nicht verfügbar oder schwer zu gewinnen. Ein grundlegendes Umdenken im Hochwasserschutz kann Abhilfe leisten, wie das Beispiel Schweiz zeigt. Dort versucht man auf dem Weg der Prävention den weiteren Anstieg der Hochwasserschäden einzudämmen. Dabei werden Hochwasserschutz- und Renaturierungsmaßnahmen mit einer klugen Raumplanung verbunden, Gewässer als bedeutende und verbindende Elemente von Natur und Landschaft gesehen und die hierfür nötigen Räume zur Verfügung gestellt.²⁰²

Eine Basis für eine Priorisierung bilden die Zustandsklassen der Auen, die für die großen Fließgewässer vorliegen.²⁰³ Erfolgreiche Pilotprojekte, besonders auch in anderen Staaten, können als Quelle für die Entwicklung eines passenden Kriterienkataloges und als Referenz herangezogen werden. Zugleich sind entlang von Bächen und Zuflüssen jene Abschnitte zu identifizieren, an denen keine Unterhaltungsmaßnahmen, wie das Entfernen von Totholz oder die Reparatur von „Uferschäden“, zwingend notwendig sind.

Eine systemische Herangehensweise erfordert übergreifende Kooperationen zwischen Wissenschaft, Behörden und umsetzenden Körperschaften. Klima- und Biodiversitätsforschung sind noch immer weitgehend getrennt. Für das Flussgerinne ist das Umweltbundesamt (UBA), für die angrenzenden Auen das Bundesamt für Naturschutz (BfN) zuständig. Auch die Wasser- und Naturschutzbehörden kooperieren nicht so, wie es für eine erfolgreiche Umsetzung von Renaturierungs- und Wiedervernässungsmaßnahmen nötig wäre.

²⁰¹ Tanneberger et al. (2021a).

²⁰² Haubrock et al. (2022).

²⁰³ BMU & BfN (2009).

5.3 Erfolgsindikatoren und Monitoring

Zu den gesetzten Zielen der Wiedervernässung von Mooren und der Renaturierung von Auen müssen Indikatoren formuliert werden, anhand derer sich die Fortschritte bei Umsetzung der Maßnahmen messen lassen. Sie müssen robust, übergreifend, einfach zu messen und prozessbasiert sein. Um die Wirksamkeit von Wiedervernässungs- bzw. Renaturierungsmaßnahmen messbar zu machen, sind eine standardisierte Bewertung und Erfolgskontrolle notwendig. So fehlt bislang ein nationales Monitoring von Mooren und Auen, wie es etwa in der Schweiz seit Jahren existiert.²⁰⁴ Das Bundesamt für Naturschutz hat im Jahr 2023 eine entsprechende Richtlinie für Gewässerufer und Auen entwickelt.²⁰⁵ Dies ist ein erfolgversprechender Ansatz, wenngleich eine funktions- und prozessorientierte Bewertung erforderlich wäre, die auch sozioökonomische Aspekte berücksichtigt. Im Projekt River Ecosystem Service Index (RESI) wurde ein vielversprechender und innovativer Ansatz verfolgt, um die Ökosystemleistungen von Fluss-Auen-Systemen in die Bewertung von Managementmaßnahmen einzubeziehen.²⁰⁶ Ein besonders relevanter Indikator ist die Emission bzw. die Festlegung von Treibhausgasen. Hier ist die Verknüpfung mit der Nationalen Treibhausgas-Berichterstattung für die Klimarahmenkonvention wichtig, wie im Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz vorgesehen.

Bei Bewertung, Monitoring und Erfolgskontrolle von Wiedervernässungs- und Renaturierungsprojekten wird man neben den etablierten ökologischen Ansätzen vermehrt innovative Methoden der Fernerkundung, der Umwelt-DNA-Biodiversitätsforschung sowie der künstlichen Intelligenz einsetzen.²⁰⁷ Die so gewonnenen Daten und Informationen müssen kuratiert, langfristig gesichert und Dritten zur Verfügung gestellt werden. So fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) derzeit 14 Forschungsprojekte im Rahmen des Programms „Methoden der Künstlichen Intelligenz als Instrument der Biodiversitätsforschung“.²⁰⁸

5.4 Reallabore als Chance

Die Renaturierung von Auen und die Wiedervernässung von Mooren stellen ein großes Landschaftsexperiment dar (Abb. 12), das unter Realbedingungen neue Ansätze im praktischen Natur- und Umweltschutz erproben lässt und unser Verständnis von den komplexen Wechselwirkungen zwischen Mensch und Natur voranbringen wird. Wir brauchen eine neue Wissensökonomie, die systemisches Wissen, Orientierungswissen, Handlungswissen und weitere Wissensformen vereint.

²⁰⁴ <https://www.biodiversitymonitoring.ch>

²⁰⁵ Januschke et al. (2023).

²⁰⁶ Fischer et al. (2019); Fischer-Bedtke et al. (2020); Roni et al. (2019).

²⁰⁷ Leese et al. (2023); Schneider et al. (2023).

²⁰⁸ <https://www.feda.bio/de/projekte/biodivki/>

Projektbeispiele



Havel bei Vehlgest vor Anbindung des Altarms (linkes Bild) und danach (rechtes Bild).
Fotos: Klemens Karkow



Baumaßnahmen für die Wiedervernässung eines Niedermoors mit Grünlandnutzung in Mecklenburg-Vorpommern (linkes Bild). Rohrkolben-Paludikultur auf einem wiedervernässten Niedermoor mit einem Wasserstand leicht über Bodenniveau (rechtes Bild). Fotos: Jürgen Kreyling



Niedermoor mit Grünlandnutzung vor der Wiedervernässung (linkes Bild) und mit Rohrkolbenanbau nachher (rechtes Bild) in Mecklenburg-Vorpommern. Fotos: Tobias Dahms

Abbildung 12: Beispiele für Auenrenaturierung und Moorwiedervernässung

Reallabore bilden eine vielversprechende Brücke zwischen Wissenschaft und Praxis²⁰⁹ und haben das Potenzial, die Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen vor Ort zum Erfolg zu führen. Reallabore sind ein zukunftsfähiges Format der Kooperation zwischen Wissenschaft und den zuständigen wie betroffenen Akteurinnen und Akteuren der Zivilgesellschaft, um gemeinsam Ziele zu definieren, Lösungsoptionen zu erarbeiten und den Erfolg zu bewerten (Abb.13). Sie unterstützen einen inter- und transdisziplinären Forschungsansatz, sind langfristig angelegt und beschleunigen Transformationsprozesse – bislang zumeist in einem urbanen Kontext. Mit den ab 2022/2023 über zehn Jahre geförderten großflächigen Umsetzungsvorhaben zu Moorwiedervernässung und Paludikultur (Box 3) sind solche Reallabore geschaffen worden, darunter das Vorhaben „Living Lab Teufelsmoor“ in Niedersachsen.

²⁰⁹ BMWK (2023).

Modell transdisziplinärer Forschung



Abbildung 13: Modell der Integration von gesellschaftlicher und wissenschaftlicher Praxis in der transdisziplinären Forschung²¹⁰

Schließlich ist ein Paradigmenwechsel in der Wasserwirtschaft hin zu großflächigen Renaturierungen von Auen und Mooren nötig. Zugleich müssen wir uns von einer romantischen Vorstellung einer intakten Natur wohl verabschieden. Zu massiv sind die Eingriffe des Menschen, unumkehrbar viele Änderungen und immens die gesellschaftlichen Herausforderungen. So wurden die meisten Gewässer reguliert, d. h. zum größtmöglichen, wenngleich einseitigen, Nutzen für uns Menschen verändert. Dabei gilt es, Wasser als Ressource für Menschen und Gewässer als wertvolle Ökosysteme langfristig zu sichern. Neuartige Ökosysteme und Lebensgemeinschaften erfordern grundsätzlich neue Managementstrategien. Hierfür sind hybride Lösungen notwendig, um die Leistungen technischer und natürlicher Systeme zu verbinden, „naturpositives“ Handeln ins Zentrum des Gewässermanagements zu stellen und das Wasser in der Landschaft zurückzuhalten, anstatt es rasch abzuleiten. Die Transformation hin zu einem naturpositiven Handeln kann nur gelingen, wenn Wissenschaft, Politik und gesellschaftliche Akteure die formulierten Visionen auch konsequent gemeinsam entwickeln und umsetzen.

²¹⁰ Nach Jahn et al. (2012) und Defila & Di Giulio (2020).

6 Rechtliche Aspekte der Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen

In Kapitel 1 wurden die umfangreichen völker-, europa- und verfassungsrechtlichen Verpflichtungen Deutschlands in Bezug auf den Schutz von Klima, biologischer Vielfalt und Ökosystemen aufgezeigt. In den nachfolgenden Abschnitten werden dazu ausgewählte rechtliche Aspekte und Fragestellungen vorgestellt, die für eine rechtzeitige und effektive Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen von besonderer Bedeutung sind. Eine umfassende Erörterung der vielen mit klein- und großflächigen Wiedervernässungen und Renaturierungen verbundenen rechtlichen Fragestellungen ist in dieser Stellungnahme allerdings nicht möglich.²¹¹

Die entwässerungsbasierte land- und forstwirtschaftliche Kultivierung von Mooren und Auen sowie ihre Nutzung für Siedlungen und Verkehrsinfrastrukturen erfolgen seit mehreren Jahrhunderten und sind weiterhin Gegenstand geltender Gesetze und Regelungen. Diese Ausgangssituation wird in Abschnitt 6.1 dargelegt. In Anbetracht der veränderten gesellschaftlichen und rechtlichen Zielsetzungen besteht hier Anpassungsbedarf. Zwar lassen sich viele rechtliche Instrumente auch für die Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen nutzen (z. B. Gewässer Ausbau und Flurbereinigung), allerdings bestehen hier teilweise rechtliche Unsicherheiten oder Hemmnisse, die möglichst beseitigt werden sollten (Abschnitt 6.2). Angesichts der erforderlichen großflächigen Maßnahmen zur Wiedervernässung und Auenrenaturierung innerhalb der nächsten ca. 20 Jahre sind eine klare Normierung als gesetzliche Aufgabe sowie flächenbezogene Ziele und Zwischenziele für Bund und Länder erforderlich. Die verschiedenen rechtlichen Möglichkeiten des Staates sind in Anbetracht von Umfang und Dringlichkeit bestmöglich zu nutzen (Abschnitt 6.3).

6.1 Rechtliche Ausgangssituation für die Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen

Die gegenwärtige rechtliche Situation für die Wiedervernässung von Mooren und die Renaturierung von Auen in Deutschland lässt sich dahingehend charakterisieren, dass weiterhin das Recht fortbesteht, welches ab 1945 die Kultivierung von Mooren und Auen sowie die Nutzbarmachung und Einhegung von Fließgewässern zugunsten von Schifffahrt, Siedlungs- und Verkehrsflächen sowie Land- und Forstwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland befördern sollte. Vorrangiges Ziel war die wirtschaftliche und gesellschaftliche Nutzbarmachung sowie die Verkleinerung der Flächen von Mooren und Auen durch Entwässerung und Meliorationsmaßnahmen. Dafür wurden auf Bundesebene mit dem Wasserhaushaltsgesetz, Flurbereinigungsgesetz, Wasserverbandsgesetz, Wasserstraßengesetz (WaStrG), raumplanerischen Regelungen im Raumordnungsgesetz (ROG) und Baugesetzbuch sowie den verschiedenen Infrastrukturgesetzen die notwendigen rechtlichen Voraussetzungen, Instrumente und Institutionen geschaffen.

²¹¹ Schäfer & Yilmaz (2019); Schlacke et al. (2024); Möckel et al. (2014).

Für raumbedeutsame Vorhaben, die regelmäßig eine Vielzahl von Grundstückseigentümern, Landnutzenden und Trägern öffentlicher Belange berühren, wurden Planfeststellungsverfahren vorgesehen, bei denen die öffentlichen und privaten Belange zu ermitteln, in eine Gesamtabwägung einzustellen und die Vielzahl an notwendigen rechtlichen Genehmigungen (u. a. bau-, natur- und wasserrechtliche Zulassungen) zu bündeln sind (vgl. §§ 73, 75 Verwaltungsverfahrensgesetz des Bundes). Mit Planfeststellungsverfahren wurden u. a. Gewässer vertieft oder begradigt, entwässernde Vorfluter geschaffen, Deiche angelegt, die gesamte Flur in einem Gebiet sowohl rechtlich als auch tatsächlich neu gestaltet sowie Siedlungsflächen ausgewiesen und insbesondere Fern- und Wasserstraßen sowie Schienenwege errichtet. Von diesen „Kultivierungsmaßnahmen“ blieben oftmals auch die natur- und wasserrechtlichen Schutzgebiete nicht verschont.

Mit der Vogelschutz-Richtlinie (1979), Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL) (1992) und Wasserrahmen-Richtlinie (WRRL) (2000) wurde in der EU und somit auch für Deutschland eine Neuausrichtung der gesellschaftlichen Ziele und Prioritäten eingeleitet, um für wildlebende Arten, Lebensraumtypen und Wasserkörper gute Erhaltungszustände zu gewährleisten oder sie soweit wie möglich wiederherzustellen. Die FFH-RL verpflichtet die Mitgliedstaaten zur Ausweisung von Schutzgebieten, die zusammen das europäische Schutzgebietsnetz Natura 2000 bilden; sie macht allerdings keine zeitlichen Vorgaben hinsichtlich der Wiederherstellung guter Erhaltungszustände. Zeitlich terminierte Wiederherstellungspflichten zum Erreichen guter ökologischer und chemischer sowie bei Grundwasser auch mengenmäßiger Zustände wurden erst in der WRRL normiert. Diese europäischen Verpflichtungen stellen viele Kultivierungsmaßnahmen bei Mooren und Auen infrage. Entsprechend schwer tun sich Bund, Länder (mit den zugehörigen Gemeinden) und Behörden mit der rechtlichen und praktischen Umsetzung der WRRL.²¹²

Insgesamt sind für die Wiedervernässung von Mooren und die Renaturierung von Auen verschiedene Rechtsgebiete und Vorschriften relevant, wie nachfolgend die nicht abschließende Auflistung verdeutlicht:

- **Wasserhaushaltsgesetz** des Bundes (WHG) u. a. mit der öffentlich-rechtlichen Bewirtschaftungsordnung für fließendes Grundwasser und Oberflächenwasser, mit Erlaubnisvorbehalten für viele Gewässer- und Wassernutzungen, Regelungen zur Bewirtschaftung und Unterhaltung von Gewässern, zur Ausweisung von Wasserschutzgebieten und Hochwassergebieten sowie dem planfeststellungspflichtigen Gewässerausbau, der auch Umbauten, Deichbauten und Renaturierung umfasst.
- **Bundeswasserstraßengesetz** (WaStrG) regelt die Aufgaben, Verfahren und Befugnisse des Bundes bei Bundeswasserstraßen, bei denen der Bund gemäß Art. 87 und 89 GG als Eigentümer administrativ für Unterhaltung und Ausbau zuständig ist.
- **Wasserverbandsgesetz** des Bundes (WVG), welches den Ländern die Gründung von Wasser- und Bodenverbänden als Körperschaften des öffentlichen Rechts ermöglicht, die gemäß WVG u. a. für die Umgestaltung und Unterhaltung von Gewässern sowie für Entwässerungslagen zuständig sind.

²¹² BMU & UBA (2022); Hendricks et al. (2019); Reese (2018).

- **Flurbereinigungsgesetz** des Bundes (FlurbG) mit den Instrumenten der privaten Flurbereinigung und der fremdnützigen Unternehmensflurbereinigung, die sowohl eine rechtliche Neuordnung von Flurstücksgrenzen und Inhaberschaften als auch eine Umgestaltung der Landschaft einschließlich der hydrologischen Verhältnisse ermöglichen.
- **Bundesnaturschutzgesetz** (BNatSchG), welches insbesondere die Länder zur Ausweisung von Schutzgebieten ermächtigt und sie im Rahmen von Natura 2000 dazu verpflichtet; ihnen umfangreiche Möglichkeiten für landesweite bis lokale Landschaftsplanungen sowie auch Vorkaufsrechte einräumt und Kompensationserfordernisse bei Eingriffen in den Naturhaushalt und das Landschaftsbild vorschreibt.
- **Raumordnungsgesetz** des Bundes (ROG), welches die Länder ermächtigt, mittels landesweiter Raumordnungspläne und Regionalpläne die anzustrebenden Siedlungsstrukturen, Freiraumstrukturen, die zu sichernden Standorte und Trassen für Infrastrukturen sowie Vorrang-, Vorbehalts- und Eignungsgebiete für bestimmte raumbedeutsame Funktionen oder Nutzungen festzulegen, um damit die nachfolgenden öffentlichen Planungen zu binden oder zumindest in ihrer Abwägung zu beeinflussen.
- **Baugesetzbuch** des Bundes (BauGB), welches die Kommunen ermächtigt, in vorbereitenden Flächennutzungsplänen oder außenverbindlichen Bebauungsplänen die bauliche und sonstige Nutzung der Grundstücke in der Gemeinde vorzubereiten und zu leiten, wobei aber nach § 9 BauGB in den Bebauungsplänen für bauliche Nutzungen nur Art und Maß verbindlich festgelegt werden dürfen.
- **GAP-Konditionalitäten-Verordnung** des Bundes (GAPKondV), welche die aktuelle Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der EU (s. hierzu Abschnitt 7.3) und § 10 GAP-Konditionalitäten-Gesetz umsetzt und die Landesregierungen verpflichtet, mittels Rechtsverordnung eine Gebietskulisse an Feuchtgebieten und Mooren auszuweisen. Innerhalb dieser Gebietskulisse bedürfen dann die erstmalige Entwässerung durch Drainagen oder Gräben sowie das Tieferlegen einer vorhandenen Entwässerung nach § 13 GAPKondV der Genehmigung der für Direktzahlungen zuständigen Behörde. Diese darf nur im Einvernehmen mit den zuständigen Naturschutz- und Wasserbehörden erteilt werden. Ungenehmigte Entwässerungen sind jedoch nicht illegal, sondern haben lediglich Kürzungen bei Direktzahlungsbeihilfen zur Folge. Weiterhin stellt § 12 GAPKondV klar, dass innerhalb der Gebietskulisse auch für Paludikulturen Direktzahlungen gewährt werden, sofern dadurch kein Dauergrünland in Schutzgebieten (u. a. Natura-2000-Gebiete) oder gesetzlich geschützte Biotope beeinträchtigt werden.
- Weiterhin sind bei der Wiedervernässung von Mooren und der Renaturierung von Auen gegebenenfalls auch bodenschutz- und baurechtliche sowie zivilrechtliche Vorschriften zu beachten, und es kann auch eine Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich sein.²¹³

Insgesamt kommen für Wiedervernässungen von Mooren und Renaturierungen von Auen verschiedene rechtliche Wege in Betracht. Raumplanerisch können diese Flächen in den Raumordnungsplänen und Flächennutzungsplänen entsprechend ausgewiesen werden, um eine weitere Überbauung durch öffentlich geplante Siedlungs-, Verkehrs- und Infrastrukturvorhaben möglichst zu verhindern. Dabei kommt auch eine Ausweisung als Vorrang- oder Vorbehaltsgebiet nach § 8 Abs. 7 ROG in Betracht. Naturschutzfachlich können die Flächen zudem in den regionalen und kommunalen Landschaftsplänen

213 Grethe et al. (2021).

ausgewiesen werden. Die Länder können nach § 11 Abs. 1 BNatSchG dabei die kommunalen Landschaftspläne sogar für außenverbindlich erklären, sodass dann (wie in Nordrhein-Westfalen) landschaftsplanerische Festsetzungen Grundstückseigentümer und Landnutzende unmittelbar binden. Eine umfassende außenverbindliche Bodennutzungsplanung auch für nichtbauliche Landnutzungen fehlt bisher in Deutschland, würde aber die Erfüllung der ökologischen Staatsaufgaben erleichtern.²¹⁴

Sofern die Flächen die Voraussetzungen einer Schutzgebietsausweisung erfüllen und eine entsprechende Schutzwürdigkeit und Schutzbedürftigkeit aufweisen, können sie gemäß §§ 51 f. WHG und §§ 22-29 BNatSchG unter Schutz gestellt und auch im Rahmen der Verhältnismäßigkeit mit bestimmten Bewirtschaftungsvorgaben versehen werden. Enteignungen sind hierbei allerdings nicht möglich. In Anbetracht der umfangreichen Verpflichtungen zur Wiederherstellung guter Zustände bei Arten, Ökosystemen und Wasserkörpern sollte die Wiederherstellung noch stärker in den Kanon der wasser- und naturschutzrechtlichen Schutzgebietszielsetzungen aufgenommen werden. Zu prüfen ist dabei auch, ob die Ermächtigung der Länder zur Ausweisung von Bodenschutzgebieten in § 21 Abs. 2 Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) ausgebaut werden sollte.

Sofern für die Wiedervernässung oder Renaturierung ein Gewässer, Deich oder Damm geschaffen, beseitigt oder wesentlich verändert werden soll, ist ein Planfeststellungsverfahren nach §§ 67-71a WHG bzw. bei Bundeswasserstraßenausbau § 12-21 WaStrG erforderlich. Hierbei können bei einem überwiegenden öffentlichen Interesse auch Enteignungen erfolgen, wobei der Landverlust mittels einer Unternehmensflurbereinigung nach § 87 FlurbG auf einen größeren Kreis von Grundstückseigentümern verteilt werden kann. Darüber hinaus wäre eine Neugestaltung eines Gebietes mittels eines privatnützigen Flurbereinigungsverfahrens mit planfeststellungspflichtigem Wege- und Gewässerplan nach §§ 4-83 FlurbG möglich, da sowohl die Wiederherstellung von Ökosystemleistungen als auch die Sicherstellung rechtskonformer Zustände im objektiven Interesse der Grundstückseigentümer und Landnutzenden sind.²¹⁵

Planfeststellungsverfahren speziell zur Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen oder allein aufgrund des Klimaschutzes oder des Naturschutzes sieht das Bundesrecht bisher nicht vor. Sofern in der Praxis die existierenden Planfeststellungsmöglichkeiten nicht ausreichen oder hier größere rechtliche Unsicherheiten hinsichtlich ihrer Zulässigkeit oder ihres räumlichen bzw. gestalterischen Umfangs bestehen, sollte der Gesetzgeber den Anwendungsbereich der bestehenden Verfahren erweitern oder im Klima- und Naturschutzrecht für raumbedeutsame Maßnahmen (z. B. Moorwiedervernässung, Biotopvernetzung) entsprechende Verfahren vorsehen. Letzteres könnten auch die Bundesländer aufgrund ihrer Abweichungskompetenz im Bereich des Naturschutzes und des Wasserhaushaltes (vgl. §§ 72 Abs. 3 Nr. 2 und 5 GG) sowie im Rahmen ihrer konkurrierenden Gesetzgebungskompetenz in vielen für den Klimaschutz relevanten Bereichen (vgl. § 74 GG).

²¹⁴ Ausführlicher hierzu Möckel (2013).

²¹⁵ Möckel & Wolf (2022).

6.2 Gesetze mit besonderer Relevanz für Wiedervernässungen und Renaturierungen

Wasserhaushaltsgesetz des Bundes (WHG)

Für Auen und Moore als wasserabhängige Ökosysteme ist das Wasserrecht von besonderer Relevanz.²¹⁶ Aufgrund der öffentlich-rechtlichen Benutzungsordnung sind Wasser eines fließenden oberirdischen Gewässers und Grundwasser nicht eigentumsfähig und das Grundeigentum bezüglich Gewässernutzungen und -veränderungen eingeschränkt (§ 4 WHG). Weiterhin ist die Unterhaltung eines oberirdischen Gewässers, d. h. seine Pflege und Entwicklung, eine öffentlich-rechtliche Verpflichtung der Länder (§ 39 WHG), sofern keine Bundeswasserstraßen vorliegen. Die Länder können die Unterhaltungsaufgaben an Kommunen und Wasserverbände delegieren.

Die Entnahme von Wasser, das Einleiten von Stoffen und sonstige Veränderungen am Wasserkörper einschließlich der Absenkung oder Anhebung des Grundwasserspiegels sind grundsätzlich nur aufgrund einer behördlichen Gestattung zulässig (vgl. §§ 8 f., 67 ff. WHG). Bezüglich Kleingewässer, Entwässerungsgräben und Drainagen bestehen allerdings umfangreiche Ausnahmeregelungen, die bisher in größerem Umfang Entwässerungen zulassungsfrei ermöglichen und von den Zielen der WRRL freistellen.

Zum einen haben die meisten Bundesländer gemäß § 2 Abs. 2 WHG Kleingewässer von untergeordneter wasserrechtlicher Bedeutung einschließlich Entwässerungsgräben vom Anwendungsbereich des WHG ausgenommen.²¹⁷ Zum anderen bedarf gemäß § 46 Abs. 1 Nr. 2 WHG die gewöhnliche Bodenentwässerung landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzter Grundstücke keiner wasserrechtlichen Erlaubnis, soweit keine signifikanten nachteiligen Auswirkungen auf den Wasserhaushalt zu befürchten sind. Lediglich die dafür notwendigen Erdarbeiten (z. B. Anlegen von Gräben, Verlegung von Drainagerohren) sind gemäß § 49 Abs. 1 WHG der zuständigen Behörde anzuzeigen. Die Grundstückseigentümer und Bewirtschaftenden können daher den Grundwasserspiegel auf ihren Grundstücken absenken. Die Wasserbehörden dürfen dies nur im Rahmen ihres Bewirtschaftungsermessens untersagen, wenn sie darlegen können, dass nachteilige Auswirkungen auf den Wasserhaushalt zu erwarten sind. Zumindest bei kohlenstoffreichen Auen- und Moorböden empfiehlt es sich, diese Freistellung zu überdenken und durch einen Erlaubnisvorbehalt für die Errichtung neuer Anlagen sowie den Fortbestand bestehender Anlagen zu ersetzen.

Den zuständigen Behörden stehen im WHG verschiedene planungsrechtliche Instrumente zur Verfügung, um großräumig Wasserkörper zu bewirtschaften. Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme gelten entsprechend der europäischen WRRL für ganze Flussgebietseinheiten, haben jedoch keine außenverbindlichen Wirkungen gegenüber Grundstückseigentümern oder -bewirtschaftenden (§§ 82-85 WHG). Zum Schutz der öffentlichen Wasserversorgung, zur Anreicherung des Grundwassers oder zur Reduzierung stofflicher Einträge können die Behörden Wasserschutzgebiete ausweisen und Schutzmaßnahmen einschließlich verbindlicher Ge- und Verbote festsetzen (§ 51 WHG). Des Weiteren müssen die Länder Überschwemmungsgebiete festsetzen, in denen bestimmte Nutzungen und Anlagen unzulässig sind oder durch Landesverordnungen eingeschränkt werden (§§ 76-78c WHG). Die Länder können hierbei auch

²¹⁶ Grethe et al. (2021).

²¹⁷ Möckel & Bathe (2013).

Hochwasserentstehungsgebiete ausweisen, in denen dann bestimmte Landnutzungen einer Genehmigungspflicht unterliegen (§ 78d WHG).

Besonders relevant sowohl für die Entwässerung und Kultivierung von Mooren und Auen als auch deren Wiedervernässung und Renaturierung ist der planfeststellungspflichtige Gewässerausbau, der die Herstellung, Beseitigung, aber auch die wesentliche Umgestaltung eines Gewässers und seiner Ufer sowie Deich-, Damm- und Küstenschutzbauten umfasst (§§ 67-71a WHG). Da auch der Rückbau oder die Umgestaltung von entwässernden natürlichen oder künstlichen Gewässern sowie Deich- und Dammbauten zum Gewässerausbau zählen, ist dieses Planfeststellungsverfahren bei vielen Moorwiedervernässungen und Auenrenaturierungen einschlägig. Etwas anderes gilt nur bei Kleingewässern, die im betreffenden Bundesland gemäß § 2 Abs. 2 WHG vom Anwendungsbereich des WHG ausgenommen wurden. Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens sind die Öffentlichkeit und die Träger öffentlicher Belange zu beteiligen. Gemäß § 71 WHG sind auch Enteignungen zulässig, wenn dies aufgrund überwiegender Belange des Allgemeinwohls erforderlich und angemessen ist.

Allerdings beschränkt sich der wasserrechtliche Gewässerausbau räumlich auf die Gewässer, ihre Ufer sowie auf die Deich- und Dammbauten. Damit können in dem Planfeststellungsverfahren nicht die Verhältnisse und Nutzungsmöglichkeiten im gesamten Moor oder der gesamten Aue überplant, verändert oder verbindlich festgelegt werden. Insofern ist zu empfehlen, § 67 Abs. 2 WHG hinsichtlich Mooregebiete und Auen zu erweitern.

Bundeswasserstraßengesetz (WaStrG)

Viele Moore und Auen liegen bzw. lagen an Flüssen, die als Bundeswasserstraßen eingestuft, genutzt und entsprechend ausgebaut und verändert wurden (s. Anlage 1 zum WaStrG). Hierzu gehören insbesondere die großen Flüsse Rhein, Weser, Donau, Oder und Elbe, wobei die Oder und die Elbe noch am wenigsten umgestaltet wurden. Zur Verbesserung der Schiffbarkeit wurden u. a. Flussarme abgetrennt, die Flüsse eingengt oder ihre Flussbetten vertieft, weshalb der Grundwasserspiegel in den angrenzenden Auen meist abgesunken ist. Oftmals sind die Ufer umfangreich mit Steinschüttungen versehen, die natürliche Erosions- und Anlandungsprozesse weitgehend unterbinden und die Strömungsgeschwindigkeit erhöhen.

Bundeswasserstraßen nach § 1 WaStrG umfassen den Fluss oder Kanal und die Ufer bis zur Uferlinie sowie alle Gewässerteile, die damit eine natürliche Einheit bilden, durch Wasserzufluss oder -abfluss in Verbindung stehen und im Eigentum des Bundes stehen. Die Unterhaltung sowie der Ausbau obliegen dem Bund als Hoheitsaufgabe (§§ 8, 12 WaStrG). Wie bei § 67 WHG ist der Ausbau planfeststellungspflichtig und umfasst neben dem Neubau auch alle Maßnahmen zur wesentlichen Umgestaltung von Bundeswasserstraßen und ihrer Ufer, die über Unterhaltung hinausgehen, einschließlich des Rückbaus (§§ 12 Abs. 2, 14 WaStrG). Sowohl bei der Unterhaltung als auch beim Ausbau sind gemäß §§ 8 Abs. 1 S. 3, 12 Abs. 7 WaStrG den Belangen des Naturhaushalts und des Hochwasserschutzes Rechnung zu tragen und das Bild und der Erholungswert der Gewässerlandschaft zu berücksichtigen.

Die Ziele der WRRL gelten uneingeschränkt, wobei allerdings die meisten Bundeswasserstraßen in den Bewirtschaftungsplänen als künstlich und erheblich veränderte Wasserkörper gemäß Art. 4 Abs. 3 WRRL ausgewiesen wurden, sodass hier gemäß Art. 4

Abs. 1 lit. a) iii) WRRL nur ein gutes ökologisches Potenzial zu erreichen ist. Soweit es die Bewirtschaftungsziele der WRRL nach Maßgabe der §§ 27 bis 31 WHG erfordern, ist der Bund verpflichtet, entsprechende Ausbaumaßnahmen durchzuführen.

Insgesamt steht die Renaturierung von Auen bei Bundeswasserstraßen unter der Prämisse, dass die Schiffbarkeit als Hauptfunktion erhalten bleiben muss, sofern der Bund die Einstufung als Bundeswasserstraße nicht aufgibt. Des Weiteren ist auch hier das Planfeststellungsverfahren räumlich auf die Wasserstraße und ihre Ufer beschränkt. Inwieweit hier eine Erweiterung des Verfahrens auf die gesamte Aue kompetenzrechtlich gemäß Art. 74, 87 und 89 GG möglich ist, bedarf einer gesonderten Untersuchung.

Wasserverbandsgesetz des Bundes (WVG)

Das Wasserverbandsgesetz regelt die Aufgaben und die Organisation der öffentlich-rechtlichen Wasser- und Bodenverbände. Sie können von den Ländern als Zweckverbände gegründet werden, um gemäß § 2 WVG u. a. die landwirtschaftlichen und sonstigen Flächen zu verbessern, Bodenwasser zu regeln, Anlagen zur Be- und Entwässerung zu betreiben sowie mittels technischer Maßnahmen Grundwasser und oberirdische Gewässer zu bewirtschaften. Zur Mitgliedschaft können Eigentümer von Grundstücken und Anlagen, Körperschaften des öffentlichen Rechts und andere profitierende oder berührte Beteiligte zwangsweise herangezogen werden (§§ 4, 7 f. WVG).

Die Zweckverbände dienen dabei sowohl dem öffentlichen Interesse als auch dem Nutzen seiner Mitglieder (§ 1 Abs. 2 WVG). Zu den expliziten Aufgaben im öffentlichen Interesse gehören u. a. die Herrichtung, Erhaltung und Pflege von Flächen, Anlagen und Gewässern zum Schutz des Naturhaushalts, des Bodens und für die Landschaftspflege (§ 2 Nr. 12 WVG). Die Verbände können gemäß § 40 WVG im Rahmen ihrer Verbandsaufgaben auch Enteignungen vornehmen, wenn das Wohl der Allgemeinheit es erfordert.

Da die Verbandsmitglieder den Zweckverband finanzieren und über die Verbandsversammlung auch mit lenken, sind allerdings verbandsinterne Interessenkonflikte wahrscheinlich, wenn der Schutz von Umwelt und Klima aufgrund Art. 20a GG und europäischen und internationalen Rechtsakten (scheinbar) mit den Interessen der Verbandsmitglieder im Widerspruch stehen sollte. Sofern sich durchsetzt, dass wiedervernässte Moore auch einen individuellen Nutzen für die Mitglieder bringen, wäre dieser mögliche Konflikt aufgelöst. Inwieweit die Verbände in der Lage sind, die rechtlich erforderlichen Umwelt- und Klimaschutzmaßnahmen rechtzeitig und effektiv zu ergreifen, ist allerdings fraglich. Sie dürften allenfalls dann ein Interesse für eine Umgestaltung des Wasserhaushalts entwickeln, wenn hiermit neue wirtschaftliche Ertragsaussichten verbunden sind (s. Kapitel 7). Gleichzeitig sind genau sie die Organisationseinheiten, die über das Wissen und Know-how im Wassermanagement verfügen und dieses nun für ein anderes Wassermanagement einsetzen könnten. Für die Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen ist es daher angebracht, die betreffenden Verbände mit neuen, den Moor- und Auenschutz befördernden Aufgaben auszustatten, sie anders zu organisieren, sie dazu ganz oder teilweise aus Steuergeldern zu finanzieren oder durch staatliche Verwaltungen zu ersetzen. Sofern die Kapazitäten der öffentlichen behördlichen Stellen nicht ausgebaut werden, kommt den Wasserbauverbänden in dieser Hinsicht jedenfalls eine entscheidende Rolle zu. Dies bedeutet Änderungen in den jeweiligen Landesgesetzen zu den Gewässerunterhaltungsverbänden sowie eine finanzielle Unterstützung der Wasserverbände.

Flurbereinigungsgesetz des Bundes (FlurbG)

Das Flurbereinigungsgesetz stellt den Ländern verschiedene Verfahren zur Verfügung, um im ländlichen Raum rechtsverbindlich sowohl Grundeigentum neu zu ordnen als auch Landschaften praktisch umzugestalten. Letzterem dient der planfeststellungspflichtige Wege- und Gewässerplan mit landschaftspflegerischem Begleitplan gemäß § 41 FlurbG. Im Rahmen eines solchen Plans können auch Windschutz-, Klimaschutz- und Feuerschutzanlagen sowie Anlagen, die dem Naturschutz, der Landschaftspflege oder der Erholung dienen, geplant und hierfür Land der öffentlichen Hand eingetauscht oder von den Grundeigentümern bereitgestellt werden.

In der Vergangenheit erfolgten die Flurbereinigungsverfahren in erster Linie zur Verbesserung der Produktions- und Arbeitsbedingungen in der Land- und Forstwirtschaft, indem Schläge vergrößert und störende natürliche Landschaftselemente oder -bedingungen beseitigt wurden. 1976 wurden in § 1 FlurbG auch die Förderung der allgemeinen Landeskultur und der Landentwicklung aufgenommen und in §§ 37-43, 86, 91, 103a FlurbG die Belange des Umwelt- und Naturschutzes sowie der Landschaftspflege gestärkt. 1994 wurde der Einsatz der Flurbereinigung zur Beförderung von Zielen des Naturschutzes und der Landschaftspflege in § 86 Abs. 1 Nr. 1 FlurbG weiter erleichtert.

Mit Ausnahme der Unternehmensflurbereinigung sind Flurbereinigungsverfahren gemäß § 4 FlurbG nur statthaft, wenn sie vorrangig den objektiven Interessen der beteiligten Grundstückseigentümer dienen, d. h. privatnützig sind.²¹⁸ Da mit Flurbereinigungsverfahren ein Gebiet für längere Zeiträume neu gestaltet wird, kommt den langfristigen Interessen größere Bedeutung gegenüber kurzfristigen (z. B. ökonomischen) Vorteilen zu. Im objektiven Interesse der Landeigentümer und Landnutzenden ist daher regelmäßig auch der langfristige Erhalt bzw. die Wiederherstellung von Ökosystemen sowie ihrer Funktionen und Leistungen, wenn hiervon zugleich auch die Allgemeinheit profitiert.²¹⁹ Auch die Herstellung rechtskonformer Zustände im Gebiet (z. B. hinsichtlich natur-, wasser- oder klimaschutzrechtlicher Anforderungen) ist privatnützig. Privatnützige Flurbereinigungsverfahren sind keine Enteignungsverfahren, sondern stellen Inhalts- und Schrankenbestimmungen im Sinne von Art. 14 Abs. 1 GG dar.

Demgegenüber dient die fremdnützige Unternehmensflurbereinigung nach § 87 FlurbG dazu, bei größeren Enteignungen ländlicher Grundstücke den damit verbundenen Landverlust auf einen größeren Kreis von Grundeigentümern und Landnutzenden zu verteilen. Es ist dabei kein eigenständiges Enteignungsverfahren, sondern setzt ein entsprechendes Planfeststellungsverfahren oder ein anderes Enteignungsverfahren voraus. Ein solches Ausgangsverfahren kann z. B. ein planfestgestellter Gewässerausbau mit festgesetzten Enteignungen nach §§ 68, 71 WHG sein.

Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)

Das Naturschutzrecht bietet mit der Landschaftsplanung sowie den Schutzgebietsausweisungen Instrumente, um wiederzuvernässende Moore und zu renaturierende Auen naturschutzfachlich zu bestimmen, auszuweisen und gegebenenfalls mit außenverbindlichen Anforderungen an die dortigen Landnutzungen zu versehen. Des Weiteren räumt § 67 BNatSchG den Ländern Vorkaufsrechte ein. Um die Ausweisung von Schutzgebieten sowie die Ausübung von Vorkaufsrechten auch bei intensiv genutzten,

²¹⁸ BVerwG, Urt. v. 13.04.2011 – 9 C 2.10, Rn. 13 f.

²¹⁹ Ausführlicher hierzu Möckel & Wolf (2022).

entwässerten Mooren oder degradierten Auen zu ermöglichen, sollten diese Flächen oder generell Wiederherstellungsflächen in den Kanon von §§ 22-29 und 67 BNatSchG mit aufgenommen werden.²²⁰

Bei der Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen sowie der Etablierung von Paludikulturen, Photovoltaikanlagen und anderen neuen Nutzungsformen sind die allgemeinen Naturschutzvorschriften (u. a. naturschutzfachliche Eingriffsregelung, allgemeine und besondere Artenschutzverbote) einzuhalten und im Fall von Schutzgebietsflächen die jeweiligen Gebietsvorschriften und gebietsspezifischen Erhaltungsziele zu beachten.

Wiedervernässungen oder Renaturierungen sind im Normalfall keine Eingriffe im Sinne von § 14 Abs. 1 BNatSchG, da diese gerade die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts bei den entwässerten Mooren und degenerierten Auen verbessern sollen und somit keine erheblichen Beeinträchtigungen zu erwarten sind. Demgegenüber sind wegen der Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes insbesondere größere Photovoltaikanlagen als Eingriffe einzustufen. Bei Paludikulturen kommt es darauf an, inwieweit diese den Naturhaushalt oder das Landschaftsbild im Einzelfall verbessern (dies ist bei vorheriger Ackernutzung regelmäßig anzunehmen) oder erheblich beeinträchtigen (z. B. gegebenenfalls bei vorherigen Dauergrünland- oder Waldflächen), wobei bei diesen grundlegenden Nutzungsänderungen nicht die Regelvermutung in § 14 Abs. 2 BNatSchG greift.²²¹

Größere Konflikte mit dem Naturschutzrecht können v. a. auftreten, wenn sich auf entwässerten Moor- und Auenflächen geschützte Arten angesiedelt haben oder nicht moor- und auentypische Habitate unter Schutz gestellt wurden. Im Fall von Natura-2000-Gebieten sind Vorhaben in oder in der Nähe eines solchen Gebietes nur zulässig, wenn in einer vorangehenden summarischen oder vollumfänglichen Verträglichkeitsprüfung mit Gewissheit erhebliche Beeinträchtigungen ausgeschlossen wurden oder überwiegende öffentliche Interessen eine Ausnahme rechtfertigen (Art. 6 Abs. 3 und 4 FFH-Richtlinie, §§ 34, 36 BNatSchG). Es ist ratsam, schon im Vorfeld möglicher Moorwiedervernässungen und Auenrenaturierungen die Erhaltungsziele in den betroffenen Schutzgebieten zu überprüfen und gegebenenfalls dahingehend anzupassen, dass die Ansiedlung und Entwicklung moor- und auentypischer Arten und Habitate angestrebt werden. Dies ist der Europäischen Kommission anzuzeigen. Erfordert der hohe Schutzbedarf allerdings ein Festhalten an den bisherigen Erhaltungszielen, dann ist eine Wiedervernässung oder Renaturierung nicht oder nur in begrenztem Maße möglich.

6.3 Sicherstellung von Rechtzeitigkeit und Effektivität der erforderlichen Verfahren und Maßnahmen

Deutschland ist verfassungs-, europa- und völkerrechtlich zu einer möglichst weitgehenden Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen innerhalb der nächsten 25 Jahre verpflichtet (s. Kapitel 1). Für die rechtliche Umsetzung hat der Bund gemäß Art. 72, 74 GG die konkurrierende Gesetzgebungskompetenz, wobei die Länder nach Art. 72 Abs. 3 Nr. 2, 3, 4 und 5 GG Abweichungskompetenzen in den Bereichen Naturschutz und Landschaftspflege, Bodenverteilung, Raumordnung und

²²⁰ Vgl. SRU, WBBGR, WBW (2024), Tz. 127 ff.

²²¹ Vgl. auch Peters & Schäfer (2022).

Wasserhaushalt haben und zudem grundsätzlich für den Vollzug der Bundesgesetze nach Art. 83 GG zuständig sind. Daher empfiehlt sich eine enge Abstimmung von Bund und Ländern. Lediglich bei Truppenübungsplätzen und Bundeswasserstraßen ist der Bund für die Wiederherstellung zuständig, der die Länder zudem finanziell im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) unterstützen kann.

Mit der großflächigen Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen betritt Deutschland Neuland, welches deutlich über die bisher meist sehr kleinteiligen Wiederherstellungsprojekte hinausgeht. Dies erfordert politische Nachbesserungen insbesondere in zwei Bereichen. Zum einen sind neben den rechtlichen Rahmenbedingungen insbesondere die ökonomischen Angebote für wirtschaftliche Erwerbsmöglichkeiten auf den wiederhergestellten Moor- und Auenstandorten zu verbessern (s. Kapitel 7). Die derzeitigen kontraproduktiven Anreize erfordern nahezu eine Beibehaltung der Entwässerung. Mit den erweiterten Fördermöglichkeiten der Gemeinsamen Agrarpolitik (ab 2023) und dem Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz des Bundes sind erste Verbesserungen erfolgt.

Zum anderen stellt sich die Frage, wie der Bund am besten sicherstellen kann, dass die nationalen Verpflichtungen und Ziele durch die in erster Linie zuständigen Bundesländer fristgerecht erfüllt und die dafür notwendigen Verfahren und Maßnahmen auch rechtzeitig eingeleitet werden. Weiterhin besteht ein Bedarf, diese Aufgaben und damit verbundene Kosten zwischen den Bundesländern sowie zwischen Bund und Ländern angemessen zu verteilen.

Das derzeit in der Bund-Länder-Zielvereinbarung zum Klimaschutz durch Moorbodenschutz (2021) vorgesehene Ziel der Minderung der jährlichen Emissionen um 5 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente im Jahr 2030 entspricht nicht einmal 10 Prozent der aktuellen jährlichen Emissionen und ist nicht mit den nationalen und internationalen Klimazielen kompatibel. Zudem fehlt bisher eine verbindliche Aufteilung auf die einzelnen Bundesländer. Damit die Bundesländer sowie der Bund die erforderlichen Verfahren und Maßnahmen rechtzeitig einleiten und dafür auch die erforderlichen Verwaltungskapazitäten zeitnah bereitstellen, empfiehlt es sich, im Bundesrecht quantitativ und qualitativ konkretisierte, zeitlich terminierte Verpflichtungen für jedes Bundesland zur Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen zu normieren. Vorbild wäre hier das Gesetz zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land (WindBGEG)²²², wo der Bund in Anlage 1 für jedes Bundesland quantitative, terminierte Flächenbeiträge festgelegt hat.

Darüber hinaus ist zu überlegen, die anfallenden Kosten im Rahmen des Länderfinanzausgleichs auf alle Länder angemessen zu verteilen.²²³ Letzteres ist insbesondere bei der Wiedervernässung von Mooren angebracht, da diese mit fünf moorreichen Bundesländern in Deutschland sehr ungleich verteilt sind. Denkbar wäre hier auch, dass der Bund einen Großteil der Kosten durch eine Aufstockung bzw. Neuausrichtung der GAK übernimmt.

²²² Gesetz vom 20.6.2022, BGBl. I Nr. 28 vom 28.7.2022, S. 1353.

²²³ Vgl. Ring & Mewes (2023); Möckel (2013a); Czybulka & Luttmann (2005).

Die langfristigen nationalen Ziele in den Bereichen Klimaschutz und Schutz der Ökosysteme und der biologischen Vielfalt sollten insbesondere hinsichtlich der Wiedervernässung von Mooren und der Renaturierung von Auen durch bundes- oder landesrechtliche Aufgabenfestlegungen mit konkreten und zeitlich terminierten Zielen und Zwischenzielen unterfüttert werden, um die anstehenden Aufgaben besser zu operationalisieren²²⁴. Zwischenziele ermöglichen es dabei, den Fortschritt bei der Wiedervernässung von Mooren und der Renaturierung von Auen zu messen, mögliche Defizite zu erkennen und Verfahren sowie Maßnahmen entsprechend anzupassen. Selbst wenn die geplante europäische Verordnung zur Wiederherstellung der Natur (in der Diskussion auch als *Nature Restoration Law* bezeichnet) nicht vom Rat verabschiedet wird, ist zur besseren Erfüllung der bestehenden völker-, europa- und verfassungsrechtlichen Verpflichtungen zur Wiederherstellung von Mooren und zur Renaturierung von Auen ein nationaler Wiederherstellungsplan aufzustellen, und auch die Länder sind zur Aufstellung umzusetzender Wiederherstellungsprogramme zu verpflichten.²²⁵ Für die Aufstellung dieser Programme empfiehlt es sich, auf Landesebene behördenübergreifende Taskforces zu etablieren, um die notwendigen Flächen und Maßnahmen integrativ zu identifizieren und festzulegen. Für die Umsetzung der Programme wären dann administrativ die jeweils zuständigen Wasser-, Flurbereinigungs- und Naturschutzbehörden zuständig. Die praktische Ausführung der im Einzelnen erforderlichen Wiedervernässungs- und Renaturierungsmaßnahmen erfolgt entweder durch die zuständigen öffentlichen Stellen (z. B. Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, Wasser- und Bodenverbände) oder wird an private Unternehmen oder Verbände (z. B. Landschaftspflege- oder Naturschutzverbände) vergeben.²²⁶ Damit diese die entsprechenden Kapazitäten und Kompetenzen aufbauen, sollten Bund und Länder den mittel- und langfristigen Bedarf sowie die Finanzierung für Subventionen zur Honorierung öffentlicher Leistungen ermitteln und kommunizieren. Parallel dazu müssen Angebote an die Flächeneigentümer, Nutzenden und Wertschöpfungsketten entwickelt werden (s. Kapitel 7), die eine Inwertsetzung der wiedervernässten Moor- und renaturierten Auenflächen sichtbar werden lassen und die Bereitschaft zu den Maßnahmen ermöglicht. Damit würden eine Umsetzung bei Finanzierung der Bau- und Planungskosten durch den Staat und eine Weiterführung von privatem Eigentum und privater Nutzung möglich.

Ob die empfohlenen Ziele, Zwischenziele und Regelungen zu Wiederherstellungsplänen und -programmen ins Bundesnaturschutzgesetz aufgenommen oder durch ein eigenständiges Wiederherstellungsgesetz²²⁷ normiert werden, ist v. a. eine politische Gestaltungsfrage. Das Bundesnaturschutzgesetz bietet sich aufgrund seiner umfassenden ökologischen Zielsetzungen (s. § 1 BNatSchG) sowie den verschiedenen Instrumenten an, sollte aber dann auch um die Möglichkeit von Planfeststellungsverfahren für größere räumliche Wiederherstellungsvorhaben ergänzt werden. Unabhängig von einer Integration in bestehende Gesetze oder einer eigenständigen Normierung können die Länder gemäß Art. 72 Abs. 3 Nr. 2, 3, 4 und 5 GG von Regelungen des Bundes in den Bereichen Naturschutz und Landschaftspflege, Bodenverteilung, Raumordnung und Wasserhaushalt relativ umfangreich abweichende Regelungen erlassen. Daher empfiehlt sich hier eine enge Abstimmung zwischen Bund und Ländern.

²²⁴ Vgl. Henn et al. (2024); SRU, WBBGR, WBW (2024), Tz. 96 ff.

²²⁵ Siehe SRU, WBBGR, WBW (2024).

²²⁶ Vgl. hierzu die Vorschläge von SRU, WBBGR, WBW (2024), Tz. 137 ff.

²²⁷ Vgl. Henn et al. (2024).

Bei der Umsetzung der rechtlichen Verpflichtungen sowie der empfohlenen Wiederherstellungspläne und -programme sollten alle staatlichen Instrumente in Betracht gezogen werden, um einen möglichst optimalen Instrumentenverbund zu schaffen.²²⁸ Außenverbindliche ordnungs- und planungsrechtliche Vorgaben sowie Genehmigungsvorbehalte sind hierbei sowohl sehr effektive und effiziente als auch gerechte Instrumente, da sie, anders als bei Beihilfen, mit Auflagen alle Adressaten verpflichten und mit den Instrumenten des Verwaltungsvollzugs durchgesetzt werden können.²²⁹ Sie können allerdings auch langwierige Rechtsstreitigkeiten nach sich ziehen und Umsetzungsvorhaben dadurch verzögern (s. Abschnitt 7.1). Steuern und Abgaben können aufgrund ihrer ökonomischen Anreize die Kosten-Nutzen-Überlegungen von Grundeigentümern und Landnutzenden verändern und entsprechende Nutzungsänderungen herbeiführen. Ebenfalls wichtig sind Beihilfen, Honorierungen sowie Beratungs- und Informationsangebote, denn sie fördern die Umstellungsbereitschaft, eröffnen neue Erwerbsmöglichkeiten und können auch finanzielle Härten aufgrund hoheitlicher Vorgaben und Entscheidungen abmildern (s. Kapitel 7). Diese Instrumente sind allerdings nicht in jedem Einzelfall zielgenau.

Soweit die Bundesregierung in ihrer Nationalen Moorschutzstrategie sowie die Landesregierungen in ihrer bisherigen Umsetzung der WRRL auf freiwillige Maßnahmen setzen, ist dies rechtlich unverbindlich, da bisher in keinem Gesetz ein entsprechender „Freiwilligkeitsgrundsatz“ verankert wurde. Ein solcher Freiwilligkeitsgrundsatz ist auch nicht zum Schutz der Grundrechte der Grundstückseigentümer und Landnutzenden verfassungsrechtlich geboten, da sowohl die Berufsausübung als auch das Eigentum durch Gesetze zum Wohl der Allgemeinheit, zur Umsetzung des ökologischen Staatsziels in Art. 20a GG und zum Schutz anderer Grundrechtsträger eingeschränkt werden können.²³⁰ Dabei unterliegt Grund und Boden aufgrund seiner räumlichen und ökologischen Situationsgebundenheit einer besonders großen sozialen und ökologischen Allgemeinwohlpflichtigkeit nach Art. 14 Abs. 2 GG,²³¹ sodass der Gesetzgeber bei Grundeigentum in größerem Umfang als bei beweglichem Eigentum die Grundrechtsausübung einschränken kann, ohne unverhältnismäßig zu werden.²³²

Sofern Bund oder Länder gleichwohl einen Freiwilligkeitsgrundsatz bei ökologischen Wiederherstellungsmaßnahmen rechtlich verankern wollen, stellt sich die Frage, ob damit der Staat gegen seine verfassungsrechtlichen Verpflichtungen aus Art. 20a, 2 Abs. 2 und 3 Abs. 1 GG verstößt, da dann keine rechtzeitige, effektive und alle Verursacher gleich belastende Umsetzung der verfassungs-, europa- und völkerrechtlichen Verpflichtungen gegeben wäre.²³³

²²⁸ Siehe den Instrumentenüberblick bei SRU, WBBGR, WBW (2024), Tz. 80 ff.

²²⁹ Möckel (2016).

²³⁰ Möckel (2024).

²³¹ Czybulka (2022).

²³² Vgl. u. a. BVerfG, Beschl. v. 22.5.2001 – 1 BvR 1512/97, 1677/97, BVerfGE 104, 1 (12); Beschl. v. 12.1.1967 – 1 BvR 169/63, BVerfGE 21, 73 (82 f.); BVerwG, Urt. v. 24. 6. 1993 – 7 C 26.92, BVerwGE 94, 1 (4); BGH, Urt. v. 26.1.1984 – III ZR 216/82, BGHZ 90, 17 (24 f.).

²³³ Ausführlicher hierzu Möckel (2024).

7 Ökonomische Anreize für die Wiedervernässung von Mooren und die Renaturierung von Auen

Neben rechtlichen Instrumenten zur Wiederherstellung von Mooren und Renaturierung von Auen spielen ökonomische Anreize für Landeigentümer und Besizende eine besondere Rolle, damit sie ihre Bewirtschaftung entsprechend veränderter gesellschaftlicher Interessen umstellen können. Bei der ökonomischen Betrachtung der Wiedervernässung von Mooren und der Renaturierung von Auen gibt es naturgemäß einige Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede. Der Fokus in diesem Kapitel liegt auf der Wiedervernässung von Mooren (Abschnitte 7.2 bis 7.4); Aussagen zu Auen folgen in Abschnitt 7.5. Viele Handlungsempfehlungen gelten aber sowohl für die Wiedervernässung von Mooren als auch für die Renaturierung von Auen.

7.1 Freiwilligkeit erfordert finanzielle Anreize und sich selbst tragende Geschäftsmodelle

Die politischen Entscheidungstragenden in Deutschland scheuen bisher, durch die Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen dafür Sorge zu tragen, dass der „Land Use, Land Use Change and Forestry“-Sektor (LULUCF-Sektor) seine verbindlichen Klimaziele erfüllt und in Zukunft erfüllen wird. Dazu wäre v. a. eine sofortige und umfassende Beschränkung der klimaschädlichen, auf Entwässerung beruhenden Nutzung kohlenstoffreicher Böden (Moore) erforderlich.²³⁴ Doch Politik und Gesellschaft in der EU und in Deutschland setzen bei der Wiedervernässung von Mooren und der Renaturierung von Auen in besonderer Weise auf freiwillige Lösungen. Dazu müssen die Landeigentümer und Landnutzende auf den Moorstandorten ihre Wirtschaftsweise durch geeignete Maßnahmen so anpassen, dass klima- und umweltschädigende Effekte reduziert werden. Im Ergebnis müsste dies auf einen Stopp der Entwässerung und eine Anhebung der Wasserstände bis hin zu einer vollständigen Wiedervernässung von Mooren hinauslaufen.

Doch die an sich notwendigen Veränderungen der Bewirtschaftung gehen mit erheblichen Risiken für die Betroffenen, v. a. in der Land- und Forstwirtschaft, und damit derzeit auch Widerständen einher. Dies ist politisch das Hauptargument dafür, dass bei der Wiedervernässung von Mooren auf freiwillige Lösungen gesetzt wird und die Betroffenen in diesem Transformationsprozess in geeigneter Form unterstützt werden sollen. Hierfür spricht auch, dass Planfeststellungsverfahren (s. Kapitel 6) erst über einen langen Zeitraum greifen, der bei Wiedervernässungen und/oder Renaturierungen infolge der Planungs-, Prüfungs- und Zulassungsprozesse über 10 Jahre andauern kann.²³⁵ Diese Zeit steht angesichts der Dringlichkeit des Handelns jedoch nicht zur Verfügung, um die in Deutschland bundesrechtlich mit § 3 Abs. 2 Klimaschutzgesetz bis 2045 angestrebten Ziele der Klimaneutralität zu erreichen. Sie kommen aber dort zum Einsatz, wo ökonomische oder partizipative Ansätze an Grenzen stoßen, etwa

²³⁴ Gensior et al. (2023).

²³⁵ Hirschelmann et al. (2023).

wenn sich Landeigentümer und/oder Landnutzende verweigern, an ihrem Standort bei Wiedervernässungen oder Renaturierungen mitzuwirken. In diesem Fall bleibt keine andere Möglichkeit, als durch rechtliche Prozesse einen Interessenausgleich zwischen allen Beteiligten an einem Standort herbeizuführen (s. Abschnitt 6.3).

Das im gesellschaftlichen Interesse liegende Ziel besteht aus ökonomischer Sicht daher darin, Eigentümer und Nutzende bei der Umgestaltung ihrer Wirtschaftsweisen auf Moor- und Auenstandorten ökonomisch so zu unterstützen, dass sie neue Formen der Bewirtschaftung und – darauf aufbauend – neue Geschäftsmodelle entwickeln. Hierzu können auch Aufklärung, Information und Bildung wichtige Beiträge leisten (s. Kapitel 8), um den erforderlichen kulturellen und sozialen Wandel zu fördern. Dies dürfte jedoch aller Erfahrung nach nicht ausreichend sein. Die Bereitschaft zur Produktionsumstellung und Änderung der Wirtschaftsweise wird vielmehr umso größer ausfallen, je eher hiermit auch einzelwirtschaftliche Erfolgsaussichten verbunden sind. Es kommt daher darauf an, dass durch gezielte Anreize neue Einkommensgrundlagen für die Landeigentümer und Landnutzenden geschaffen werden, die ausreichend hoch sind und auf die sie langfristig vertrauen können. Ohne eine solche „Rentabilität“ für die Akteure (und ganzer Regionen) dürften Lösungen, die dem Prinzip der Freiwilligkeit folgen, scheitern. Es müssen somit Geschäftsmodelle entstehen, die neue Verfahren der Bewirtschaftung, Anbaukulturen, Produkte und Verwertungswege anstreben, die die gesamte Wertschöpfungskette einschließen.²³⁶ Zusätzlich müssen für eine angemessene Übergangszeit, bis die neuen Geschäftsmodelle sich etabliert haben, staatliche Anpassungshilfen gewährt werden.

7.2 Paludikultur als neue Bewirtschaftungsform für Moorböden

Für die Bewirtschaftung wiedervernässter Moore stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, die torferhaltend (Paludikulturen) oder nur schwach torfzehrend (auf nicht vollständig wiedervernässten Teilflächen) sind. Sie stehen im Gegensatz zu bisherigen Bewirtschaftungsformen, die auf der Entwässerung von Standorten beruhen und stark torfzehrend sind. Für wiedervernässte Standorte lassen sich generell vier Optionen für wirtschaftliche Aktivitäten zusammenfassen:²³⁷

- Anbau-Paludikultur: Anbau wirtschaftlich geeigneter Feuchtgebietspflanzen (Nasskulturen) unter intensiver Bewirtschaftung mit dem Ziel, die höchste Menge und beste Qualität verwertbarer Biomasse zu erzeugen (z. B. Schilf, Rohrkolben, Torfmoos, Erlen).
- Paludikultur mit extensiver Beweidung (Nassweide) oder Mahd (Nasswiese) von spontan entstandener Vegetation zur unspezifischen Nutzung von Biomasse (z. B. Seggenried). Die Biomasse kann z. B. energetisch für Kraftwerke genutzt werden.
- Nasse Wildnis ohne Ernte von Biomasse oder sonstige Bewirtschaftung; hier liegt der Schwerpunkt auf Naturschutz sowie der Bereitstellung von regulierenden Ökosystemleistungen und Biodiversität.
- Energetische Nutzung der Landschaft als Standort für Windkraft- oder Photovoltaikanlagen, eventuell kombiniert mit Beweidung oder Mahd.

²³⁶ Schröder et al. (2016); Abel et al. (2019).

²³⁷ Wichtmann et al. (2016); Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern (2017); Tanneberger et al. (2020); Birr et al. (2021); Närmann et al. (2021).

Als wirtschaftlich verwertbare Produkte kommen infrage: Papier, Kartonagen, Bau- und Dämmstoffe, Holzwerkstoffe und Möbel, Kunststoffe und chemische Grundstoffe, Trockengranulate, Substrate für Böden, Bioenergieprodukte oder Formen der Tierhaltung. Für die Verwertung bestehen jeweils unterschiedliche Verwertungspotenziale, abhängig von den Chancen funktionierender Wertschöpfungsketten.²³⁸ Diese Optionen können mit einer Wertschöpfung durch Naturtourismus, Bildungsangebote oder die Generierung von Kohlenstoffzertifikaten kombiniert werden.

Wiedervernässte Moore wurden bisher überwiegend in nasse oder feuchte Wildnis umgewandelt oder als Nass- oder Feuchtgrünland genutzt. Anbau-Paludikulturen wurden bisher nur in wenigen räumlich begrenzten Pilotprojekten realisiert, wie z. B. Rohrkolbenanbau zur Produktion von Baumaterial oder Anbau von Torfmoos (*Sphagnum*) zur Produktion von Kultursubstraten.²³⁹ Vorhaben zur Flächennutzung für Photovoltaik und Windkraft werden derzeit entwickelt. Für die meisten moorreichen Bundesländer liegen Flächenkulissen vor, die die potenzielle Eignung wiedervernässter Moorflächen und Naturschutzvorgaben verbinden.²⁴⁰ Entsprechende Pläne für renaturierte Auen sind demgegenüber bisher nicht vorgelegt worden. Hier ist überwiegend die Variante „Wildnis“ realisiert worden, oder es erfolgt eine forstliche Nutzung mit Weichholzarten. Systematische Erprobungen von Paludikulturen sind in Auengebieten bisher nicht vorgenommen worden.

Generell gilt, dass eine Vielfalt der Pflanzenbestände wesentlich für eine nachhaltige Nutzung der Moore und Auen ist. Wichtig ist daher ein umfassendes Verständnis standörtlicher, biologischer, ökonomischer und sozialer Faktoren, denn in Abhängigkeit von den Standortbedingungen bilden sich unterschiedliche Vegetationstypen aus.²⁴¹ Vielfältige, standortangepasste Mischbestände, die nach Vernässung aufwachsen, sind zumeist robuster gegenüber Umwelteinflüssen wie z. B. dem Klimawandel, weisen stabilere Erträge auf, fördern auch die mikrobielle und faunistische Vielfalt und lassen sich eher großflächig und in absehbaren Zeiträumen in die Praxis einführen als Monokulturen.

Auch bei den Mengen und Stoffeigenschaften der Biomasse ist eine entsprechende Variabilität zu erwarten. Dies erfordert eine Vielfalt und Flexibilität der Ernte- und Nachbearbeitungs- und Verwertungsverfahren, die aufeinander abgestimmt werden müssen. Um diese Verfahren in der Praxis etablieren zu können, bedarf es einer ausreichend großen Anzahl landwirtschaftlicher Betriebe und Unternehmen für die Biomasseverarbeitung, die miteinander kooperieren; es reicht nicht aus, wenn nur wenige Betriebe auf die neuen Paludikulturen umschwenken, denn dann werden sich stabile Märkte nicht herausbilden.

238 Birr et al. (2021); Ziegler et al. (2021); Systain (2023).

239 Wild et al. (2001).

240 Närmann et al. (2021); Tanneberger et al. (2022).

241 Abel & Kallweit (2022).

7.3 Auseinanderfallen einzel- und volkswirtschaftlicher Kosten-Nutzen-Relationen bei der Wiedervernässung von Mooren

Einzelwirtschaftlichen Wertverlusten entgegentreten

Einzelwirtschaftlich besteht das langfristige Ziel darin, mit der Paludikultur neue Perspektiven für Einkommen in der Landwirtschaft zu schaffen. Für eine angemessene Übergangszeit können staatliche Subventionen oder etwa die Einbeziehung von Mooren in den Kohlendioxid-Emissionshandel dieses Ziel erleichtern und unterstützen (s.u.). Alternative Wertschöpfung für nasse Moor- und Auenflächen muss aus nassen Formen der Bewirtschaftung oder der Produktion erneuerbarer Energien entstehen. Dabei ist zu beachten, dass die neuen Bewirtschaftungsoptionen, resultierend aus den naturräumlichen Bedingungen (Hydrologie, geomorphologische Bedingungen, Pflanzenbewuchs usw.) wie auch den sozioökonomischen Voraussetzungen (Eigentums- und Nutzungsverhältnisse, rechtliche Vorgaben, Governance, Förderprogramme, kulturelle Prägung in einer Region usw.) sehr unterschiedlich sein können.

Einzelbetriebliche Kosten, Unsicherheiten und das „Henne-Ei-Problem“

Bei der Aufrechterhaltung der entwässerungsbasierten Moornutzung muss fortgesetzt in die Wasserstandsregulierung an den jeweiligen Standorten investiert werden. Bei Wiedervernässung und Wiederherstellung der natürlichen Vorflut fallen zwar u.U. Kosten für Entwässerung weg. Dafür entstehen neue Kosten, etwa für den Bau und den Erhalt von Grabenverschlüssen, Poldern, Abflussvorrichtungen und Einrichtungen, die den Wasserabfluss verhindern sollen. Bei der Umstellung auf nasse Moorbewirtschaftung ist daher gegebenenfalls eine fortgesetzte Wasserstandsregulierung zur Einstellung von Zielwasserständen notwendig.²⁴² Die Höhe der Planungs- und Baukosten für die Wasserstandsregulierung wird in einer Studie nach Auswertung vorliegender Daten auf durchschnittlich ca. 4.000 Euro/Hektar geschätzt.²⁴³ Die Wasserstandsregulierung erfolgt je nach Gewässerordnung dabei durch staatliche Stellen oder durch Wasser- und Bodenverbände, bei denen u. a. die Grundstückseigentümerinnen und eigentümer zahlungspflichtige Mitglieder sind.

Zusätzlich geht die Wiedervernässung von Mooren für Landeigentümer und Landnutzende mit einzelbetrieblichen Kosten einher.²⁴⁴ Bisherige land- und forstwirtschaftliche Nutzungen müssen aufgegeben oder eingeschränkt werden, die Einnahmen aus dem Verkauf der bisherigen land- oder forstwirtschaftlichen Produkte fallen weg, ebenso wie (möglicherweise) Mittel aus Förderprogrammen der 1. und 2. Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik der Europäischen Union (GAP). Ökonomisch entstehen somit Opportunitätskosten (d.h. Kosten entgangener Gelegenheiten). Hinzu kommt, dass der bisherige Maschinenpark auf nassen oder feuchten Flächen zumeist nicht mehr genutzt werden kann und gegebenenfalls neue Fahrzeuge und Geräte anzuschaffen sind. Selbst wenn die bisherigen Fahrzeuge und Geräte bilanziell abgeschrieben sind oder von mehreren Nutzenden geteilt werden, fallen Kosten für Neuanschaffungen und für Änderungen der Bewirtschaftung an. Hinzu kommen schließlich Finanzierungskosten, wenn für die angeschafften Maschinen und Geräte Zinsen für aufgenommenes Fremdkapital gezahlt werden müssen.

²⁴² Wichtmann et al. (2016); Schäfer et al. (2022).

²⁴³ Wichtmann et al. (2022).

²⁴⁴ Vgl. Nordt et al. (2022).

Mit torferhaltenden Bewirtschaftungsoptionen in Form von Paludikultur oder auch der Nutzung für erneuerbare Energien (z. B. Agrar-Photovoltaik oder Windkraftanlagen) bestehen erste praktizierte Handlungsmöglichkeiten auf nassen bzw. feuchten Moorstandorten. Paludikultur ist jedoch bisher nur auf sehr kleinen Flächen umgesetzt worden.²⁴⁵ Daher ist auch die Forschung hierzu nur begrenzt und kleinteilig. Die Höhe der Opportunitätskosten und die Abschätzung von zu erwartenden einzelwirtschaftlichen Kosten der Produktionsumstellung sind schwer zu bestimmen. Weil sie schwer zugängliches privates Wissen der Landeigentümer bzw. Landnutzenden beinhalten, konnten die Bedingungen für eine praxisrelevante Umsetzung sowie die Auswertung von bisherigen Erfahrungen, Kostenpositionen, betrieblichen Einflussfaktoren und Kennziffern (Arbeitszeit, Investitionsbedarf, Finanzierung, Managementaufwand, Instandhaltung usw.) in Forschungsprojekten bisher kaum erfasst werden.

Die bisherige Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Anbau-Paludikulturen basiert daher notgedrungen auf Daten von Einzelflächen und/oder auf einer Vielzahl von Annahmen, deren praktische Überprüfung noch aussteht.²⁴⁶ Bei all diesen Abschätzungen ist zu beachten, dass die Bedingungen standörtlich höchst unterschiedlich sind, sodass vorhandene Erfahrungen nicht ohne Weiteres verallgemeinert werden können. Es fehlt an System- und Handlungswissen, wenngleich mehrere Pilotprojekte auf den Weg gebracht worden sind, die zum Schließen dieser Kenntnislücken beitragen (s. Box 3).

Box 3: Bundes-Pilotvorhaben zu Moorschutz und Paludikulturen in Deutschland

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) fördert seit 2021 in vier großen Moorregionen Deutschlands Pilotvorhaben zum Moorschutz. Ab Oktober 2023 sind fünf weitere vom Bundeslandwirtschaftsministerium (BMEL) geförderte großflächige Modell- und Demonstrationsvorhaben hinzugekommen. Diese auf zehn Jahre ausgelegten Vorhaben bieten einen passenden Rahmen, um Lösungswege zur Senkung der Treibhausgasemissionen aufzuzeigen und neue Formen der Bewirtschaftung auf landwirtschaftlich genutzten wiedervernässten Moorböden zu erproben. Alle Projekte sollen zeigen, wie neue innovative Produkte aus nassen Bewirtschaftungsformen zur Marktreife geführt werden. Neben der praxisnahen Erprobung der nassen Bewirtschaftung, von der Einrichtung der Flächen bis zur Ernte, adressieren die Projekte daher auch die innovative regionale Verwertung der erzeugten Biomasse, etwa als Bau- und Dämmstoff oder Verpackungsmaterial. Alle Vorhaben werden wissenschaftlich und kommunikativ durch das Thünen-Institut und das Greifswald Moor Centrum begleitet (BMEL-gefördertes Vorhaben „PaludiZentrale“).²⁴⁷

Eine mögliche wirtschaftliche Option auf wiedervernässten Mooren ist der Einsatz von Agrar-Photovoltaikanlagen für die Stromerzeugung (Agri-PV). Während die Agri-PV im Allgemeinen breite Anwendung findet und alle notwendigen Technologiereifegrade durchlaufen hat, ist die an Wiedervernässung geknüpfte Moor-Agri-PV noch in der experimentellen Entwicklung. Es gibt erst wenige Ansätze, Wiedervernässung und Agri-PV

²⁴⁵ Geurts et al. (2019); Ziegler et al. (2021).

²⁴⁶ Z. B. für Schilf in Schäfer (1999), für Rohrkolben in Schätzl et al. (2006) und für Torfmoose in Wichmann et al. (2020). Hinzu kommen Untersuchungen zur traditionellen Beerntung natürlicher Röhrichte, speziell für Dachschilf in Wichmann (2017) und zu etablierter Spezialtechnik aus der Landschaftspflege in Jong et al. (2003) und Spinelli et al. (2017).

²⁴⁷ FNR (2023).

auf einer Moorfläche umzusetzen (s. Box 4). Dabei ist jedoch zu beachten, dass Agri-PV zu Konflikten mit dem Natur- und Biodiversitätsschutz führen kann. Die energetische Nutzung von Agri-PV kann aus diesen Gründen nicht für naturschutzfachlich wertvolle Moor- und Auenstandorte, sondern insbesondere für landwirtschaftlich degradierte Flächen empfohlen werden.²⁴⁸

Box 4: Potenziale für Photovoltaikanlagen auf Moorstandorten und aus Paludibiomasse

Es gibt bisher nur wenige Beispiele für eine nachhaltige Photovoltaiknutzung von Moorstandorten. So wurde der Solarpark Schornhof (Photovoltaik-Freiflächenanlage, PV-FFA, 120 MW auf 140 ha) im Donaumoo auf einem entwässerten, degradierten Moorstandort errichtet und dieser soll wiedervernässt werden. In Schleswig-Holstein gibt es seit 2021 eine PV-FFA auf Moorboden, bei deren Planung von Beginn an eine ökologische Aufwertung der Fläche anvisiert wurde. Der Solarpark Lottorf (10 MW auf 19 ha) hat sich unter dem Standard „Gute Planung“ des Bundesverbands Neue Energiewirtschaft selbst verpflichtet, zusätzliche ökologische und soziale Mehrwerte zu schaffen. Der Standort ist mittlerweile zum Teil wiedervernässt und seit 2024 finden hier Boden-, Klima- und Biodiversitätsforschungen durch die Universität Greifswald statt. Perspektivisch könnte bei Paludi-PV-Anlagen auf Hochmooren Torfmoosbiomasse als Torfersatz und Saatgut sowie Sonnentau für medizinische Anwendungen genutzt werden. Bei Paludi-PV-Anlagen auf Niedermooren eignen sich Nasswiesen mit Seggen und Rohrglanzgras für energetische Zwecke (Biogas, Verbrennung) und stoffliche Nutzungen (Bau- und Dämmstoffe, Plattenwerkstoffe, Papier, Formteile). Flächenpotenziale von Moor-PV für Deutschland werden derzeit untersucht.

Was die Umstellung der Bewirtschaftung auf Nasskulturen zusätzlich so schwierig macht: Die Umstellung der Produktion stellt wegen der unternehmerischen Unsicherheit ein „Henne-Ei-Problem“ dar. Landwirtinnen und Landwirte, ebenso wie Produzentinnen und Produzenten brauchen eine gesicherte Nachfrage für Biomasse aus Paludikultur, um Investitionen und eine großmaßstäbliche Umstellung zu realisieren. Gleichzeitig benötigen die weiterverarbeitenden Betriebe große Mengen an Biomasse und das Vertrauen auf stabile Nachlieferung, um die neuen Wertschöpfungsketten auch verlässlich aufbauen zu können. Beide Seiten wollen unsichere Entscheidungen vermeiden und warten darauf, dass sich die jeweils andere Seite entwickelt. Nur bei Überwindung dieses Henne-Ei-Problems steigen die Chancen auf eine Umstellung der Bewirtschaftung in Richtung Paludikultur.

Der Staat könnte die Umstellung fördern, indem er den Betrieben ökologische Hermesbürgschaften gewähren und sich damit am Risiko, dass am Ende die Nachfrage zu klein ist oder zu spät auftritt, ganz oder teilweise beteiligen würde. Gleichzeitig könnten mit diesen Bürgschaften die Banken den umstellenden Betrieben günstige Kredite anbieten. Alternativ kommen auch staatliche Kredite oder direkte Subventionen oder staatliche Abnahmegarantien bzw. Verpflichtungen bestimmter Branchen, Produkte abzunehmen (wie es etwa beim Biodiesel der Fall ist), in Betracht. Hier können Informationen über neue Rohstoffe und Verwertungsmöglichkeiten, Vertrauen in neue Geschäftsfelder, gesellschaftliche und ordnungsrechtliche Trends (z. B. im Bereich Verpackungsmaterialien) und (temporäre) staatliche Unterstützung helfen (s. Box 5).

²⁴⁸ Bedingungen für Agri-PV-Anlagen auf Moorstandorten sind im Einzelnen in Veröffentlichungen der Kommission Bodenschutz des Umweltbundesamtes (KBU 2023), der Landesarbeitsgemeinschaft Boden der Bundesländer (LABO 2023) sowie weiteren Quellen (z. B. GMC 2023) dargelegt worden.

Box 5: Machbarkeitsstudie zur Wiedervernässung von Mooren: Wertschöpfungsketten für die Nutzung von Paludibiomasse.

Eine Machbarkeitsstudie aus dem Jahr 2023 zeigte, dass Beimischungen von 5 Prozent Paludibiomasse in vielen Verwertungswegen ohne Qualitätseinbußen möglich sind.²⁴⁹ Insgesamt ergibt sich für alle betrachteten stofflichen Verwendungen bei den angenommenen konservativen Beimischungen von 5 Prozent ein Bedarf von 1.572.000 Tonnen Paludibiomasse und ein Flächenpotenzial von 314.000 Hektar wiedervernässter Moorfläche. Darin nicht enthalten sind andere stoffliche Nutzungen (z. B. als Torfmoos-Frischbiomasse für den industriellen Gartenbau), energetische Nutzungen (z. B. Nahwärme, Biogas), Nassweiden sowie wiedervernässte Moore als Standorte für erneuerbare Energien (Agri-PV, Windkraft). Ein Schlüssel zum Erfolg könnte der Aufbau einer bundesweiten Nachfrageallianz sein. Eine solche hat sich die Initiative toMOORow zum Ziel gesetzt.²⁵⁰ Dieser Allianz sind bisher 14 namhafte deutsche Unternehmen aus der Bau- und Papierbranche sowie dem Einzelhandel beigetreten und entwickeln seit Anfang 2024 jeweils ein unternehmensinternes Paludikultur-Pilotprodukt.

Einzelwirtschaftliche Kosten-Nutzen-Relationen der Umstellung auf Paludikulturen

Die aktuell umfassendste Untersuchung zu den ökonomischen Barrieren und Hindernissen, aber auch Erfolgsaussichten der Umstellung auf Paludikultur auf wiedervernässten Mooren stammt von Schäfer et al.²⁵¹ Die Autoren sind auf Grundlage einer Auswertung der Literatur, Befragungen und Informationen aus früheren Vorhaben zu Abschätzungen über Kostengrößen gelangt. Danach sind zu unterscheiden: (i) Kosten der Wiedervernässung von Standorten in Höhe von geschätzten 4.000 Euro/Hektar, die auf eine Verfügbarmachung der Flächen abzielen (s. oben) – diese Kosten dürften i. d. R. öffentlich oder in Verbänden anfallen und sollen hier nicht weiter betrachtet werden. (ii) Kosten und Erträge aus einzelwirtschaftlicher Sicht – diese Kosten fallen einzelwirtschaftlich an und sollen an dieser Stelle in ihrer Größenordnung abgeschätzt werden (s. Abb. 14). Es handelt sich um Umstellungskosten und entgangene betriebliche Gewinne.

Umstellungskosten

- **Bestandskosten:** Einmalige Kosten für die Neuanlage von Paludikultur und Infrastruktur für deren Abtransport (nach Nordt et al. (2022) angenommen: einmalig 10.000 Euro/Hektar).²⁵² In der Abb. 14 sind diese Kosten auf ein Jahr bezogen, somit 1.000 Euro/Hektar und Jahr.
- **Investitionskosten:** Anschaffung von Fahrzeugen und Erntegeräten für nasse Böden; nach Nordt et al. angenommen 400.000 Euro;²⁵³ bei einer Nutzungsdauer von 10 Jahren wären dies jährlich ca. 40.000 Euro (Finanzierungskosten und Abdiskontierung sind hier außer Acht gelassen, ebenso wie staatliche Investitionszuschüsse). Nimmt man an, dass die Geräte 500 Hektar Fläche bewirtschaften, so wären dies 80 Euro/Hektar und Jahr (s. Abb. 14).
- **Betriebsumstellungskosten:** Kosten der Markterschließung und des Aufbaus neuer Verwertungswege. Nach Nordt et al. werden Investitionskosten in Höhe von 750.000 Euro

²⁴⁹ Sustain (2023).

²⁵⁰ <https://www.succow-stiftung.de/succow-stiftung/aktuelles/detail/tomoorow-1>

²⁵¹ Schäfer et al. (2022). Siehe auch Wichmann et al. (2022).

²⁵² Nordt et al. (2022).

²⁵³ Ebd.

pro Anlage angenommen (z. B. Faseraufbereitung, Heizwerk).²⁵⁴ Nimmt man weiter an, dass die Kosten sich auf 10 Jahre verteilen und die bewirtschafteten Flächen 500 Hektar groß sind, wären dies 150 Euro/Hektar und Jahr, die anfallen würden (s. Abb. 14).

Entgangene Gewinne

- Wegfallende bisherige Einnahmen: Wegfall der Erlöse aus dem Verkauf bisheriger Produkte führt zum Verlust des Deckungsbeitrags (Umsatz minus variable Kosten). Zumeist sind die Deckungsbeiträge in den westdeutschen Moor-Bundesländern (Bayern, Niedersachsen, Schleswig-Holstein) höher als in den ostdeutschen Moor-Bundesländern (Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern); in Abb. 14 werden 1.000 bis 3.000 Euro/Hektar angenommen.
- Wegfall staatlicher Förderung: Wegfall bisheriger Direktzahlungen aus der 1. Säule der GAP; in Abb. 14 mit durchschnittlich 300 Euro/Jahr beziffert.
- Wegfall weiterer staatlicher Förderung: Wegfall bisheriger Zahlungen aus der 2. Säule der GAP sowie Fördermaßnahmen aus Landesprogrammen zur Honorierung ökologischer Leistungen (z. B. Arten- und Biotopschutz; Milchkuhhaltung auf ökologisch bewirtschaftetem Grünland), die jetzt wegfallen; in Abb. 14 ebenfalls überschlagmäßig mit 300 Euro/Hektar beziffert.

Um die Umstellungskosten sowie die entgangenen Gewinne auszugleichen, bedarf es einer finanziellen Größenordnung, die in etwa genauso hoch ist (s. Abb. 14, rechte Säule). Dies würde bedeuten, dass die Summe aus den Erträgen aus dem

- Verkauf von Paludikultur (oder möglicherweise anderen Produkten) und/oder den
- Erträgen aus weiteren Nutzungen (wie z. B. Agri-PV); und/oder den
- finanziellen Anreizen zur Honorierung ökologischer Leistungen für Klimaschutz durch Wiedervernässung der Standorte (Paludikulturen sind prinzipiell nunmehr förderfähig, s. § 12 GAPKondV, wenn die Länder entsprechende Gebietskulisse per Verordnung ausgewiesen haben und sofern nicht geschütztes Dauergrünland betroffen ist)

den Erträgen der bisherigen Bewirtschaftung auf entwässerten Böden plus den auf ein Jahr bezogenen aufgewendeten Kosten der Umstellung (Abb. 14, linke Säule) entsprechen muss. In der rechten Säule ist mit den Fragezeichen angedeutet, dass die Höhe dieser Größen derzeit nicht bekannt ist. Es soll aber deutlich gemacht werden, dass eine Zustimmung zu den Transformationsprozessen, die mit der Wiedervernässung und den sich daran anknüpfenden Hoffnungen auf neue Wertschöpfungen nur dann zu erwarten ist, wenn die erwartete zukünftige Einkommenssituation in etwa der Größenordnung der bisherigen Bewirtschaftung entspricht oder sie übersteigt.

²⁵⁴ Ebd.

Kosten und Nutzen der Bewirtschaftung

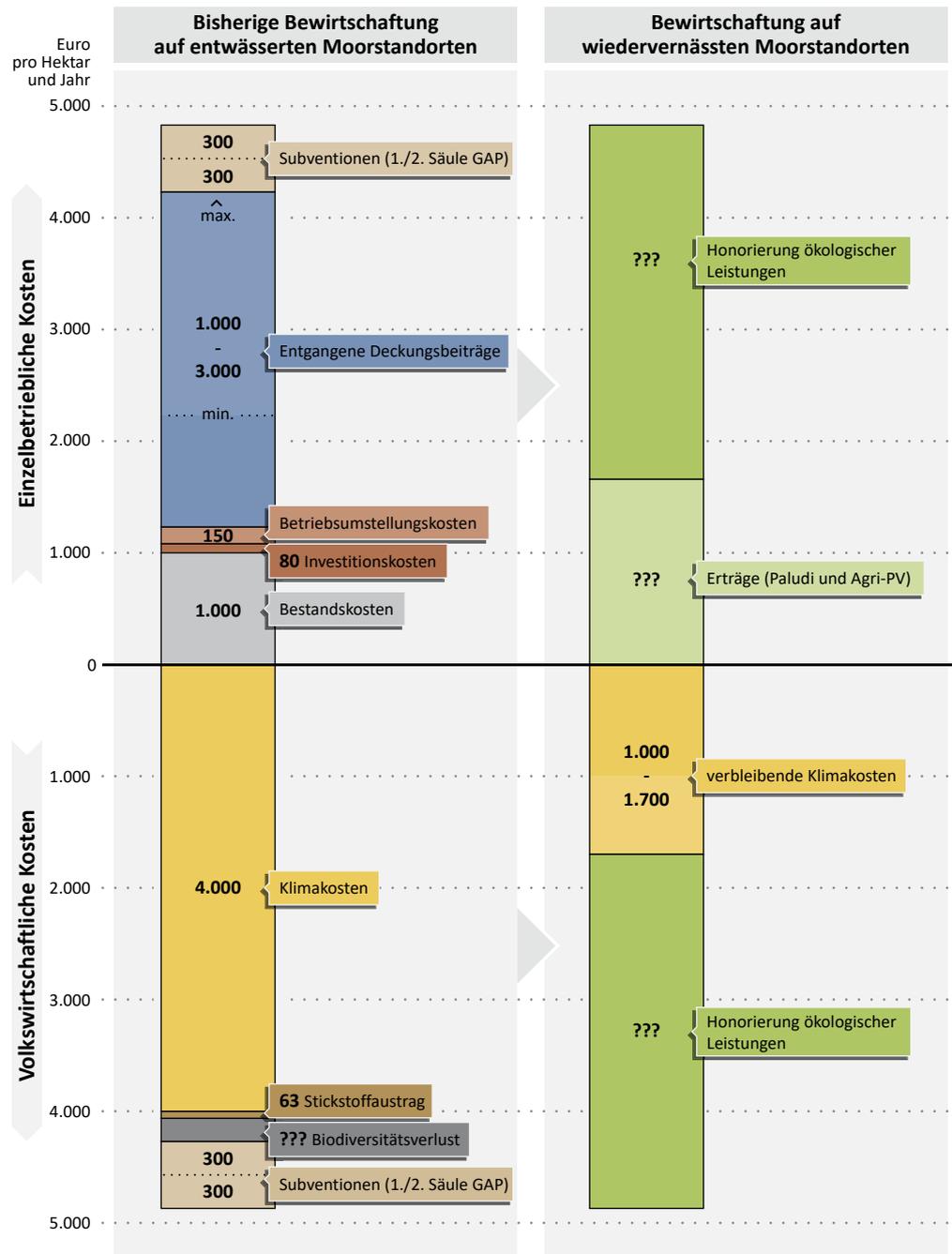


Abbildung 14: Einzelbetriebliche und volkswirtschaftliche Kosten und Nutzen der Bewirtschaftung auf entwässerten und wiedervernässten Moorstandorten (je Hektar)

Volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Relation der Umstellung auf Paludikulturen

Aus volkswirtschaftlicher Sicht ergibt sich ein anderes Bild (s. Abb. 14): Hier sind die Klima- und Umweltkosten der Bewirtschaftung auf entwässerten Moorstandorten (Treibhausgasemissionen, Gewässerbelastungen, Verlust der biologischen Vielfalt) den Klima- und Umweltkosten von wiedervernässten Standorten und der dort erfolgenden Bewirtschaftung gegenüberzustellen. Die Differenz stellt den volkswirtschaftlichen Gewinn (eigentlich sind es geringere volkswirtschaftliche Kosten) beim Übergang auf die neue Bewirtschaftungsform dar.

Die wesentlichen Klima- und Umweltkosten aus der bisherigen Bewirtschaftung auf entwässerten Standorten ergeben sich aus (i) Treibhausgasemissionen auf entwässerten Standorten, (ii) Umweltbelastungen, etwa der Belastung von Böden oder Grundwasser, wenn Nitrat, Phosphat und/oder Pflanzenschutzmittel auf die Flächen eingetragen werden, (iii) dem Verlust der moortypischen Biodiversität. Hinzu kommen (iv) gegebenenfalls Subventionen, z. B. aus der GAP, die volkswirtschaftlich aufgewendet werden müssen und daher Kosten darstellen.²⁵⁵ Bei Letzteren wird deutlich, dass die einzelbetrieblichen finanziellen Anreize von der Gesellschaft finanziert werden müssen, deshalb sind es volkswirtschaftliche Kosten.

Für einige dieser Klima- und Umweltkosten liegen ökonomische Daten (als Näherungswerte) vor:

- Für die Klimafolgekosten werden in der Literatur unterschiedliche Größenordnungen diskutiert.²⁵⁶ Die volkswirtschaftlichen Kosten einer Tonne Kohlendioxid (CO₂), aus verschiedenen Modellrechnungen und Schätzungen abgeleitet, reichen nach einer etwas älteren Übersichtsstudie von 17 bis 340 US-Dollar/Tonne CO₂.²⁵⁷ Laut Schäfer et al. werden sie heute in den meisten Veröffentlichungen zwischen 25 bis 70 Euro/Tonne CO₂ (bis 2020) sowie 45–90 Euro/Tonne CO₂ (bis 2030) beziffert.²⁵⁸ In der Methodenkonvention 3.1 des Umweltbundesamtes wurde für 2020 ein Mindestwert in Höhe von 195 Euro/Tonne CO₂ angegeben.²⁵⁹ Im Europäischen Emissionshandel lagen die Preise im Jahre 2023 nahe 100 Euro/Tonne CO₂ und sind zuletzt (Frühjahr 2024) auf etwa 75 Euro gesunken. Nimmt man an, dass auf einem Hektar entwässerter Agrarfläche auf kohlenstoffreichen Böden 40 Tonnen CO₂ entweichen (was für tief entwässerte Standorte realistisch ist), so wären die entsprechenden Klimakosten bei angenommenen 100 Euro/Tonne CO₂ mit 4.000 Euro/Hektar zu veranschlagen (s. Abb. 14).
- Für die Kosten von Nitrateinträgen in Gewässer gibt es ökonomische Abschätzungen zu Gesundheits- und Umwelteffekten, aber sie weichen in vorliegenden Studien stark voneinander ab.²⁶⁰ Grossmann et al. schätzen die Kosten des Nitrateintrags in Deutschland auf 375 bis 1.150 Euro/Hektar, wobei sie von einer Austragsmenge von 5 bis 15 Kilogramm/Hektar ausgehen.²⁶¹ Gaugler & Michalke gelangen in ihrer Untersuchung zu einer Belastung von Mensch und Umwelt durch Nitrateinträge in Deutschland in Höhe von 84 Euro/Kilogramm Stickstoff.²⁶² Die Methodenkonvention des Umweltbundesamtes 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten setzt 6,30 Euro/Kilogramm Stickstoff an.²⁶³ Der UBA-Wert ist hier niedriger, weil nur Emissionen aus der Landwirtschaft betrachtet werden. Bezieht man den UBA-Wert auf einen

²⁵⁵ Bonn et al. (2014).

²⁵⁶ Siehe Wichmann et al. (2022).

²⁵⁷ Tol (2017).

²⁵⁸ Schäfer et al. (2022).

²⁵⁹ UBA (2020).

²⁶⁰ Sutton et al. (2010); UBA (2020).

²⁶¹ Grossmann et al. (2010).

²⁶² Gaugler & Michalke (2017).

²⁶³ UBA (2020), S. 43.

Hektar Agrarfläche und verwendet die Eintragsmengen von Grossmann et al., so gelangt man zu ökonomischen Schäden zwischen 31,50 und 94,50 Euro/Hektar durch Nitrataustrag.²⁶⁴ In Abb. 14 wird als mittlerer Wert 63 Euro/Hektar angenommen.

- Für den Verlust der biologischen Vielfalt liegen keine ökonomisch belastbaren Abschätzungen zu den volkswirtschaftlichen Kosten vor (in Abb. 14 mit Fragezeichen gekennzeichnet).
- Bei den öffentlichen Subventionen handelt es sich um Mittel aus der GAP. Hier wurden in Abb. 14 für die 1. Säule 300 Euro/Hektar und für gegebenenfalls weitere Mittel aus der 2. Säule (z. B. für Milchkuhhaltung) ebenfalls 300 Euro/Hektar angenommen.

Der Übergang von entwässerten auf wiedervernässte Standorte mit Paludikultur verändert die volkswirtschaftlichen Kosten (wobei verringerte Kosten als Nutzen angesehen werden):

- Mit der Wiedervernässung werden die Emissionen von klimarelevanten Treibhausgasen reduziert. Die konkrete Treibhausgasreduktion ist von der Entwässerungstiefe, dem Wasserregime und weiteren Standortfaktoren abhängig, wobei die entscheidende Größe die Tiefe des Wasserstandes ist. Nordt et al. haben dazu bestehende Schätzungen ausgewertet.²⁶⁵ Danach dürfte nach Wiedervernässung eine Reduktion um durchschnittlich 23 Tonnen CO₂/Hektar auf Grünlandstandorten sowie um ca. 30 Tonnen CO₂/Hektar auf ackerbaulich genutzten Standorten möglich sein. Die verbleibenden Emissionen betragen demnach rund 10–17 Tonnen CO₂/Hektar. Nimmt man wiederum – wie oben – einen CO₂-Preis von 100 Euro je Tonne CO₂ an, so ergeben sich nach Wiedervernässung weiterhin bestehende externe Klimakosten in Höhe von 1.000 bis 1.700 Euro/Hektar (Abb. 14, rechte Säule). Neuere Daten von wiedervernässten Flächen mit Paludikultur in Bayern deuten darauf hin, dass die Flächen keine weitere Quelle, sondern sogar Senken von Treibhausgasen sind (11 Tonnen CO_{2eq}/Hektar).²⁶⁶ Wenn sich dies bestätigt, so könnten sich mit Wiedervernässungen von Mooren sogar negative Emissionen, d.h. netto zusätzliche CO₂-Speicher, realisieren lassen.
- Ebenso verringern sich die volkswirtschaftlichen Kosten der Stickstoffeinträge. Bei agrarisch genutzten Standorten dürfte hier der Effekt am größten sein. In der Grafik wird pauschal von einem ausbleibenden Stickstoffeintrag ausgegangen, die stickstoffbezogenen Kosten sinken also auf Null (Abb. 14, rechte Säule, nicht ausgewiesen).
- Wirkungen auf die Biodiversität sind ökonomisch nicht bewertet worden. Vermutlich werden bei standortangepasster Bewirtschaftung aber niedrigere oder keine Kosten auftreten (in Abb. 14, rechte Säule, nicht ausgewiesen).
- Die Umstellung auf Paludikultur erfordert öffentliche Subventionen, um die erbrachten ökologischen Leistungen zu honorieren und die betrieblichen Umstellungen zu unterstützen. Obwohl die Subventionen degressiv ausgestaltet werden sollten, d. h. im Zeitablauf sinkend (oder nach 2045 ganz entfallend), sollten sie in einer Umstellungsphase gewährt werden, um ausreichend Anreize zu setzen (s. u.).

²⁶⁴ Grossmann et al. (2010).

²⁶⁵ Nordt et al. (2022), S. 20.

²⁶⁶ Bockermann et al. (2024).

Wenngleich die in Abb. 14 abgebildeten Quantifizierungen nur als Anhaltspunkte bzw. Größenordnung verstanden werden sollten, wird die volkswirtschaftliche Dimension der Moornutzung deutlich. Unabhängig davon, ob die Zahlen die tatsächlichen eingesparten Mengen an CO₂ und die Preise exakt widerspiegeln, sind zwei Ergebnisse hervorzuheben:

1. Den Landeigentümern und Landnutzenden müssen einzelwirtschaftlich Ertragsoptionen in Aussicht gestellt werden, die ausreichende Anreize für die (Weiter)Nutzung der wiedervernässten Standorte bieten. Die Summe aus privatwirtschaftlichen Erträgen aus Paludikulturen, (möglicherweise) Agri-PV und staatlichen Anreizen sollten die Umstellungskosten sowie die entgangenen Gewinne kompensieren.
2. Zugleich kann die Honorierung von Ökosystemleistungen aus volkswirtschaftlicher Sicht für einen längeren Zeitraum, bis die Umstellungsprozesse erfolgt und die neuen Wertschöpfungsketten etabliert sind, gerechtfertigt werden, trägt sie doch zu einer Verringerung externer Klima- und Umweltkosten auf ein Drittel bis ein Viertel bei.

Die beim Übergang von traditioneller Bewirtschaftung auf Paludikultur bisweilen befürchtete Reduktion der Pachtrente (als Kennziffer für einen zurückgehenden volkswirtschaftlichen Bodenertrag), wie sie bisweilen befürchtet wird,²⁶⁷ oder ein Absinken der Marktpreise von wiedervernässten Flächen²⁶⁸ dürften nur eine vorübergehende Erscheinung sein, wenn die Etablierung neuer Wertschöpfungsketten durch Paludikultur und andere wirtschaftliche Ertragsoptionen tatsächlich gelingt. Sie unterstreicht aber gerade im regionalen Kontext, dass es nicht nur auf einzelbetriebliche oder volkswirtschaftliche Nutzen-Kosten-Relationen ankommt, sondern dass insbesondere auf das regionalwirtschaftliche Entwicklungspotenzial von Regionen als Ganzes zu achten ist.

7.4 Folgerungen für die Wiedervernässung von Mooren

Die geringeren volkswirtschaftlichen Kosten auf wiedervernässten Standorten rechtfertigen staatliche Subventionen. Aus der Gegenüberstellung der einzelbetrieblichen Kosten der Umstellung der Landnutzung auf Paludikultur und der volkswirtschaftlichen Vorteile (bzw. verringerten volkswirtschaftlichen Kosten) wird die politisch zu lösende Aufgabe deutlich: Es geht darum (und ist ökonomisch zu rechtfertigen), einzelwirtschaftliches Verhalten zu honorieren, um völkerrechtlich verbindliche Ziele des Klimaschutzes zu erreichen. Dies gilt in besonderer Weise, wenn die Landeigentümer und Landnutzenden über Jahrzehnte hinweg im Vertrauen auf die Entwässerung von Flächen investiert haben. Dem Abbau bisheriger, klimaschädlicher Subventionen für die entwässerungsbasierte landwirtschaftliche Nutzung von Mooren und richtig gesetzten ökonomischen Anreizen kommt daher eine überragende Bedeutung zu. Für die Eigentümer und Landnutzenden sind dafür entsprechende finanzielle Anreize zu setzen, damit sie die bisherigen Wertschöpfungspfade verlassen und neue Möglichkeiten der Bewirtschaftung realisieren.²⁶⁹

²⁶⁷ Janßen-Minßen et al. (2022); SRU, WBBGR, WBW (2024).

²⁶⁸ Hirschelmann et al. (2023).

²⁶⁹ Ebd.

Geringe Vermeidungskosten der Moorbewirtschaftung. Aus ökonomischer Sicht sprechen hierfür auch die vergleichsweise geringen Grenzvermeidungskosten der Moorbewirtschaftung. Sie werden bei Schäfer et al.²⁷⁰ mit ca. 10 Euro/Tonne CO₂ angegeben. Verglichen mit anderen Sektoren in der Volkswirtschaft, wie Industrie, Gebäude oder Verkehr, bei denen die Grenzvermeidungskosten für CO₂-Vermeidung um ein Vielfaches höher liegen, ist dies eine sehr geringe Höhe. Dies zeigt sich auch im Zertifikatspreis des Europäischen CO₂-Emissionshandels, bei dem die Preise (im Zeitraum von Ende 2023 bis Frühjahr 2024) zwischen 70 und 100 Euro/Tonne CO₂ schwanken.

Finanzierung durch eine mehrjährige Finanzplanung auf eine sichere Grundlage stellen. Die nötigen Umwandlungen der Landnutzung müssen somit neben den rechtlichen (s. Kapitel 6) und sozialen und partizipativen (s. Kapitel 8) Handlungsoptionen und Umsetzungsmaßnahmen durch geeignete finanzielle Anreize flankiert werden. Dabei sollten Kosten zur Wiedervernässung der Flächenkulisse (erforderliche Gutachten, Investitionen, Sicherungsmaßnahmen usw.) von der Allgemeinheit getragen werden. Die verbleibenden einzelwirtschaftlichen Kosten der Umstellung auf Paludikultur sind hingegen privat zu tragen, wobei hier die öffentliche Hand mit entsprechenden Fördermaßnahmen unterstützen sollte. Wichtig ist insbesondere, dass ausreichend lange Zeithorizonte in den Blick genommen werden. Gegenwärtig wird eine Finanzierung von Moorklimaschutz und Wiedervernässung durch das Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz der Bundesregierung vorbereitet; Förderrichtlinien sollen in der zweiten Jahreshälfte 2024 veröffentlicht werden.²⁷¹ Dieses Programm ist mit 3,7 Milliarden Euro ausgestattet, läuft aber nur für die gegenwärtige Legislaturperiode (2021–2026). Eine Finanzierung ist aber längerfristig, längstens bis zum Jahr 2045, zu gewährleisten, um so sicherzustellen, dass ausreichende Fördermittel für einen relevanten Planungshorizont auch tatsächlich bereitstehen. Zudem ist die Politik aufgefordert, diese Planungshorizonte auch klar zu kommunizieren, um den Investierenden (z. B. Landwirte; Mitglieder einer neu etablierten Wertschöpfungskette) die nötige Sicherheit zu geben. Dabei sind erprobte Finanzierungsmechanismen gemeinsam mit den Bundesländern (z. B. über die Gemeinschaftsaufgabe Agrarstruktur und Küstenschutz, GAK, die inhaltlich erweitert werden könnte) von besonderer praktischer Bedeutung.²⁷²

Einbeziehung in den CO₂-Emissionshandel. Eine elegante Möglichkeit zur Umsetzung einer Subventionierung bestünde darin, die Moorbewirtschaftung in den CO₂-Emissionshandel einzubeziehen. Geht man davon aus, dass bei Anhebung der Wasserstände durchschnittlich 23 Tonnen CO₂ pro Hektar eingespart werden können, so würde dies bei einem Zertifikatspreis von 25 bis 100 Euro/Tonne CO₂ zu Einnahmen von 575 bis 2.300 Euro pro Hektar und Jahr für eine Landwirtin oder einen Landwirt führen. Dies wäre ein hoher Anreiz für Wiedervernässung, v. a. wenn parallel Möglichkeiten zum Anbau von Paludikultur (s. Abschnitt 7.2) verbessert und so alternative Möglichkeiten der Einkommensgenerierung geschaffen werden. Den Landeigentümern und Landnutzenden würde langfristig eine ausreichende Sicherheit gegeben, und es würde Vertrauen geschaffen, um langfristig in die Anhebung der Wasserstände zu investieren.²⁷³

²⁷⁰ Schäfer et al. (2022).

²⁷¹ Bundesregierung (2023a).

²⁷² SRU, WBBGR, WBW (2024).

²⁷³ Siehe auch Isermeyer et al. (2019), S. 48 ff.

Rein technisch könnte die Einbeziehung einer solchen ökosystembasierten Klimapolitik²⁷⁴ in den CO₂-Handel dadurch erfolgen, dass den Eigentümerinnen und Eigentümern die CO₂-Zertifikate vom Staat zunächst kostenlos (im Rahmen eines sog. Grandfathering) zugeteilt werden. Im Zeitablauf könnte der Anteil der kostenlos zugewiesenen CO₂-Emissionszertifikate dann reduziert und durch Kauf zu einem Festpreis oder durch Versteigerung ersetzt werden, wodurch dem Verursacherprinzip stärker entsprochen würde. Einer solchen Vorgehensweise ist der Gesetzgeber auch bei der Einführung des verpflichtenden Europäischen Emissionshandels (EU-ETS) gefolgt, indem das Grandfathering schrittweise durch die Versteigerung der Zertifikate ersetzt wurde. Zur Vermeidung von zu starken Preisschwankungen und zur Wahrung von Vertrauen in die Märkte könnte bei der Einbeziehung von Mooren auch erwogen werden, staatlich festgesetzte Preiskorridore festzulegen.²⁷⁵ Wenngleich die konkrete Ausgestaltung eines solchen Systems unter Aspekten der Effektivität, Fairness sowie ihrer regionalpolitischen Auswirkungen noch weiterer Untersuchungen bedarf, kann hierin vom Ansatz her ein vielversprechender Weg für starke Anreize zur Wiedervernässung von Mooren gesehen werden.

Kurzfristig bestehende Spielräume ausschöpfen. Unabhängig davon, ob ein CO₂-Emissionshandel erwogen wird, können auch andere Fördermaßnahmen zugunsten einer Wiedervernässung und Renaturierung von Mooren eingesetzt werden: Bei der Übertragbarkeit bestehender Förderprogramme, wie etwa der 2. Säule der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (GAP), zur Förderung von Auen- und Moorwiedervernässung, ist oft unklar, ob die bestehenden Regelungen überhaupt dafür herangezogen werden können. Eventuell vorhandene Spielräume, Maßnahmen für den Klimaschutz durch die Förderung von Paludikultur zu fördern, werden von den meisten Behörden zumeist „konservativ“ beurteilt und abgelehnt.²⁷⁶ Kurzfristig wären daher die Ermessensspielräume möglichst weit zu fassen. Die Bundesländer sollten die entsprechenden Richtlinien, Interpretationshilfen, Auslegungsgrundsätze und Abwägungshilfen zügig erarbeiten, um den Behörden vor Ort hierfür Entscheidungshilfen zu geben.²⁷⁷ Die Attraktivität der jeweiligen Programme sowie die Gewährung einer möglichst großen Flexibilität, um Förderprogramme auf die jeweils konkrete räumliche Situation anzuwenden, spielen dabei eine besondere Rolle.

EU-Agrarförderung umstellen. Ein wichtiger Schritt besteht auch darin, kontraproduktive Subventionen zügig abzuschaffen. Der Europäische Rechnungshof (2021) kritisierte, dass im Zeitraum 2014–2020 ca. 100 Milliarden Euro Fördermittel für den Klimaschutz ausgegeben wurden, zeitgleich jedoch die Nutzung entwässerter Moore (etwa durch Förderung der Milchbewirtschaftung auf Grünland) unterstützt wurde. In einigen Bundesländern werden von den Behörden gemäß den jeweiligen Rechtsverordnungen landwirtschaftliche Aktivitäten auf entwässerten Auen- und Moorböden weiterhin gefördert.²⁷⁸ Eine sofortige Abschaffung dieser Subventionen, die an sich erforderlich wäre, ist jedoch zumeist nicht möglich, weil die existierenden Förderprogramme für einen bestimmten Zeitraum Gültigkeit haben (und auch, weil die landwirtschaftlichen Betriebe aus Gründen der Einkommenssicherung hierauf angewiesen sind). Es

²⁷⁴ Hansjürgens et al. (2024).

²⁷⁵ Isermeyer et al. (2019); Schäfer et al. (2022).

²⁷⁶ Wichmann et al. (2022), S. 45 ff.

²⁷⁷ Hirschelmann et al. (2023), S. 14 ff.; SRU, WBBGR, WBW (2024).

²⁷⁸ Wichmann et al. (2022).

sollte aber kommuniziert werden, dass bisherige, auf Entwässerung angelegte Förderprogramme baldmöglichst auslaufen und abgeschafft werden.

Die GAP ist zukünftig konsequent auf den Moorklimaschutz auszurichten. Die anvisierten Lösungen sollten in den moor- und auenreichen Bundesländern in Abstimmung mit den Landeigentümern und Landnutzenden erarbeitet werden. Dabei benötigen auch die Vorhabenträger bzw. die Projektsteuerung eine finanzielle Unterstützung, weil sie einen großen Teil der Aufwendungen ausmachen.²⁷⁹

Förderprogramme degressiv gestalten. Eine wichtige Überlegung für die Neuausrichtung von Förderprogrammen lautet, dass die Mittel im Zeitablauf degressiv einzusetzen sind, d. h. für Pionierunternehmen und solche Betriebe, die frühzeitig reagieren, sollten die Zahlungen höher sein.²⁸⁰ Im Zeitablauf sollten die Zahlungen dann für die Nachzügler sinken. Folgt man der Idee des CO₂-Emissionshandels, wie sie oben skizziert wurde, würde dies durch den Übergang von der kostenlosen zu einer kostenpflichtigen Ausgabe von Zertifikaten (etwa durch Versteigerung) erreicht werden. Hierfür spricht nicht nur die hierdurch zu erreichende größere Anreizfunktion, sondern auch die Überlegung, dass eine dauerhafte Subventionierung – etwa über das Jahr 2045 hinausgehend – das Verursacherprinzip verletzt und nicht gerechtfertigt werden kann. Spätestens wenn sich eigenständige und aussichtsreiche Verwertungsketten für neue Produkte (wie aus Paludikulturen) etabliert haben, sollte die Förderung daher auslaufen.

Ergebnisbezogene Fördermaßnahmen als Option prüfen. Hinsichtlich der Ausgestaltung von Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM) ist festzustellen, dass die meisten Programme bisher handlungsorientiert ausgestaltet sind, d. h. die Zahlungen erfolgen auf Basis der Umsetzung konkret definierter Maßnahmen (z. B. Flächenprämien). Dahinter steht die Annahme, dass die anvisierten Maßnahmen auch die erwünschten Umwelteffekte bewirken. Die wissenschaftliche Evidenz zeigt, dass AUKM zwar positive Auswirkungen haben,²⁸¹ aber aufgrund der pauschalen Anreize ihr Potenzial lange nicht ausschöpfen.²⁸² Ursächlich hierfür ist v. a. die oben schon mehrfach angesprochene Standortspezifität von AUKM.²⁸³ Die unterschiedlichen Landschaftsstrukturen sowie die unterschiedlichen Bedingungen in den einzelnen Betrieben lassen unterschiedliche Intensitäten des Handelns erwarten, die durch handlungsbezogene Anreize nur schwer berücksichtigt werden können.

Bei ergebnisorientierten AUKM werden die Betriebe hingegen auf Basis von gemessenen Ergebnissen (z. B. eingesparten CO₂-Emissionen bei Mooren, Beitrag zum Hochwasserschutz bei Auen) entlohnt.²⁸⁴ Ergebnisorientierte AUKM sind den handlungsorientierten theoretisch überlegen, erfordern jedoch geeignete Indikatoren zur Überprüfung ihres Erfolgs und eine hinreichend genaue Erfolgsmessung und Kontrolle.²⁸⁵ Für die Prüfstellen zur Vergabe von Fördermitteln ist die systematische Messung der Ergebnisse daher eine große Herausforderung, sodass ergebnisorientierte AUKM immer noch

²⁷⁹ Hirschelmann et al. (2013), S. 21; Schäfer et al. (2022), S. 55 ff.

²⁸⁰ SRU, WBBGR, WBW (2024), S. 39.

²⁸¹ Vgl. Batáry et al. (2015).

²⁸² Vgl. Jack et al. (2008); Paulus et al. (2022).

²⁸³ Vgl. Batáry & Tschardtke (2022).

²⁸⁴ Burton & Schwarz (2013).

²⁸⁵ White & Hanley (2016).

eine Ausnahme sind.²⁸⁶ Zahlungen auf Basis von Ergebnisorientierung bedeuten allerdings zugleich Unsicherheit für die Betriebe, da sich das Ergebnis trotz Bemühungen aufgrund externer Faktoren nicht einstellen könnte. Hier könnte die Modellierung der Ergebnisse eine Alternative zu ihrer Messung darstellen.²⁸⁷ So wird man etwa bei den Treibhausgasemissionen aus wiedervernässten Mooren vor allem auf die Höhe des Wasserstandes abzielen, um so die Emissionen abzuschätzen, denn eine genaue Messung kann dann erst nachträglich vorgenommen werden. Festzuhalten ist: Insgesamt ist eine stärkere Ergebnisorientierung zwar anzustreben, aber hinsichtlich ihrer Praktikabilität, des Aufwands und der Sicherheit mit Umsicht anzugehen.

Freiflächen-Agri-PV als zusätzliche Nutzungsoption ausbauen. Schließlich ist auch die Nutzung der wiedervernässten Flächen für Agri-PV eine aussichtsreiche Option für Ertragssteigerungen. Wenn naturschutzfachliche, boden- und wasserhaushaltsbezogene Aspekte berücksichtigt werden, erscheint die Nutzung mit Agri-PV-Anlagen sowohl auf Moorstandorten als auch in Auen sinnvoll.²⁸⁸ Hier ist zu berücksichtigen, dass die Möglichkeiten von Freiflächen-PV bei Weitem noch nicht ausgeschöpft sind. Die Herausforderung liegt dabei in besonderer Weise darin, dass bodenschutz- und biodiversitätsbezogene Gefährdungen bei der Installation, dem Betrieb und dem Rückbau der Agri-PV-Anlagen und Leitungsinfrastruktur zu berücksichtigen sind.²⁸⁹ Bund und Länder könnten in diesem Zusammenhang die Errichtung von Agri-PV-Anlagen durch Vorrangflächen in der Raumordnung, vereinfachte Genehmigungsverfahren sowie konkretisierende Verwaltungsvorschriften erleichtern und beschleunigen.

7.5 Auenwiederherstellung als Strategie für Klimaanpassung und Biodiversitätsschutz

In Deutschland sind bereits zwei Drittel der ehemaligen natürlichen Überschwemmungsflächen verloren gegangen (s. Kapitel 3). Künftig ist aufgrund des Klimawandels mit veränderten Abflüssen und einer Zunahme von Extremereignissen, wie Starkregen und Hochwasser im Winter und Trockenheit und Dürren im Sommer, zu rechnen. Für die Klimapolitik spielen Fließgewässerökosysteme und Auen in zweierlei Hinsicht eine Rolle:²⁹⁰ Zum einen vermindern naturnahe aquatische Ökosysteme und Auen als Stoffsenke Treibhausgasemissionen, indem Kohlenstoff im Auenboden (besonders in kohlenstoffreichen Böden, s. o.) und in der Vegetation gespeichert wird. Diese Leistungsfähigkeit von Auen wurde und wird jedoch durch den Ausbau von Fließgewässern, Eindeichungen und eine intensive Landnutzung in den Auen (v. a. für das Wachstum von Siedlungen und die Nutzung für Ackerland und Grünland) beeinträchtigt. Zum anderen können naturnahe Auen eine wichtige Rolle bei der Anpassung an den fortschreitenden Klimawandel spielen, da sie Hochwasser in der Fläche zurückhalten und den Abfluss des Wassers verlangsamen. Des Weiteren tragen intakte Auensysteme zu einer hohen biologischen Vielfalt bei. Eine naturnahe Entwicklung von Auensystemen und die Schaffung bzw. Rückgewinnung von Retentionsräumen sind daher ein bedeutender Bestandteil der Anpassung an den Klimawandel sowie zur Erhaltung der biologischen Vielfalt (s. Kapitel 3).

²⁸⁶ Herzon et al. (2018).

²⁸⁷ Bartkowski et al. (2021); Simpson et al. (2023).

²⁸⁸ LABO (2023); KBU (2023).

²⁸⁹ Ebd.

²⁹⁰ Dehnhard et al. (2015); Hansjürgens et al. (2017).

In den Auen bestehen jedoch Flächenkonkurrenzen, die traditionell zu einem Verlust der Auenflächen durch Eindeichungen geführt haben. Der (private) Nutzen durch landwirtschaftliche Produktion oder die Ausweisung von Siedlungsflächen wurde häufig höher eingeschätzt als der gesellschaftliche Nutzen des Auenerhaltes, da den Ökosystemleistungen intakter Auen oftmals kein ökonomischer Wert beigemessen wird. Eine Berücksichtigung verschiedener Ökosystemleistungen, wie Hochwasserschutz, Nährstoffrückhalt, biologische Vielfalt oder kultureller Leistungen, kann jedoch zu einer veränderten ökonomischen Bewertung führen und zusätzliche Argumente zum Schutz natürlicher Ökosysteme liefern.

Viele Autoren gehen allgemein davon aus, dass der Verlust der durch den Rückgang von Auen bereitgestellten Ökosystemleistungen insgesamt hohe gesellschaftliche Kosten verursacht.²⁹¹ Ökonomische Studien, die die Ökosystemleistungen von Auen in Deutschland bewerten, gibt es bisher jedoch nur wenige.²⁹² Die meisten Studien befassen sich mit dem Rückhalt von Stickstoff (N) in Auen²⁹³ oder dem Nährstoffrückhalt allgemein,²⁹⁴ den vermiedenen Schäden durch Deichrückverlegung²⁹⁵ oder den ökonomischen Werten vermiedener Treibhausgasemissionen;²⁹⁶ sie sind in der folgenden Tabelle 2 wiedergegeben.

Im Rahmen eines Vorhabens zur ökonomischen Bewertung naturverträglicher Hochwasservorsorge (Deichrückverlegung) an der Elbe wurde in der Studie von Grossmann et al. gezeigt, dass u. a. die Wahl der Perspektive für das Ergebnis einer Kosten-Nutzen-Analyse entscheidend ist.²⁹⁷ Werden Maßnahmen einer Auenanbindung durch Deichrückverlegung allein aus Sicht des Hochwasserschutzes bewertet, ergibt sich ein unvollständiges Bild, weil andere Ökosystemleistungen außer Acht gelassen werden.²⁹⁸ Ökonomisch betrachtet sind die Kosten der Deichrückverlegung bei einer solchen Betrachtung nämlich höher als die isoliert betrachtete Leistung für den Hochwasserschutz. Dieses Ergebnis wird auch von Bräuer zu ökonomischen Abschätzungen von Deichrückverlegungen an der Lahn bestätigt, wo die Vorteile des Hochwasserschutzes lediglich 20–40 Prozent der Projektkosten aufwiegen.²⁹⁹ Eine multifunktionale, ökosystembasierte Perspektive, also unter zusätzlicher Berücksichtigung wesentlicher natürlicher Leistungen der Auen, wie dem erhöhten Nährstoffrückhalt oder der Bedeutung des Auenlebensraumes für die biologische Vielfalt, führt demgegenüber zu Ergebnissen, in denen der Nutzen überwiegt.

291 Ellwanger et al. (2012); BMU & BfN (2021); Barthelmes et al. (2021); Kaden et al. (2023).

292 Zusammenfassend: von Keitz et al. (2016); Hansjürgens et al. (2017).

293 Bräuer (2002); Dehnhardt et al. (2002).

294 Born et al. (2012), S. 157–164.

295 Grossmann et al. (2010); Born et al. (2012), S. 149–157.

296 Born et al. (2012), S. 165–168.

297 Grossmann et al. (2002).

298 Grossmann et al. (2010); von Keitz et al. (2016).

299 Bräuer (2002).

Die ökonomische Perspektive, die sich auf die Bewertung von Nutzen und Kosten bezieht, kann als zusätzliches Argument für die Renaturierung von Auen angeführt werden. Doch sie ist mit schwierigen Bewertungsfragen verbunden, weil Ökosystemleistungen von renaturierten Auen oft nur mit großem Aufwand und erheblichen Unsicherheiten ermittelt werden können. Hinzu kommt, dass manche Nutzungsoptionen, weil sie aktuell nicht realisiert sind, nicht ausreichend als regionales Entwicklungskonzept wahrgenommen werden. Der Naturtourismus auf angeschlossenen Wasserwegen, etwa für Kanu- oder Bootsfahrten oder sportliche Aktivitäten, kann hierfür als Beispiel angesehen werden.

Tabelle 2: Studien zu ökonomischen Werten von Flussauen in Deutschland

Studie	Durchgeführte Maßnahme	Ökonomische Bewertung
Bräuer (2002)	Stickstoffretention in hessischen Gewässern durch Deichrückverlegung	12–40 Prozent der Kosten der Projekte durch vermiedene Hochwasserschäden gedeckt
Dehnhardt et al. (2002)	Bereitstellung von 15.000 Hektar zusätzlicher Überschwemmungsfläche an der Elbe	Wert des Stickstoffrückhalts: 8,7 Mio. Euro, entsprechend 520 Euro/Hektar
Born et al. (2012, S. 157–164)	Nährstoffretention in großen deutschen Flussauen Ressourcenüberschuss (Wasser, Licht)	Nährstoffrückhalt entspricht 500 Mio. Euro jährlich, entsprechend 128 bis 226 Euro/Hektar
Born et al. (2012, S. 149–157)	Hochwasserschutz: Schutz der Vermögenswerte in Flussauen	Vermögenswerte in den Flussauen betragen ca. 300 Mrd. Euro
Grossmann et al. (2010)	Bereitstellung von 35.000 Hektar Überflutungsflächen durch Deichrückverlegung an der Mittleren Elbe	407 Mio. Euro Projektkosten steht ein dreifach höherer gesellschaftlicher Nutzen gegenüber
Born et al. (2012, S. 165–168)	Speicherung von Treibhausgasemissionen durch Auen, insb. auf Moorböden in Auen	Speicherung von 2.532.000 Tonnen CO ₂ -Äquivalenten entspricht bei einem CO ₂ -Preis von 100 Euro/Tonne etwa 253 Mio. Euro

8 Von der Partizipation zur Akzeptanz – Kulturwandel und Transformation

8.1 Voraussetzungen für eine breite Akzeptanz

Eine grundlegende Zustimmung zu Klimaschutz und Renaturierung ist in der Bevölkerung vorhanden.³⁰⁰ Man kann also davon ausgehen, dass die breite Mehrheit der Bevölkerung in Deutschland eine Politik des Klimaschutzes, einschließlich des Schutzes von Mooren und Auen, befürwortet. Auch unter Landwirtinnen und Landwirten sind das Bewusstsein und die Bereitschaft groß, sich für Belange des Klima- und Biodiversitätsschutzes einzusetzen.³⁰¹

Eine solche generelle Akzeptanz schließt aber nicht unbedingt die Einsicht in die damit verbundenen, konkreten Maßnahmen ein, v. a. wenn deutlich wird, dass damit auch Eingriffe in Eigentumsrechte und in wirtschaftliche Lebensgrundlagen verbunden sind. Studien zeigen, dass auch bei grundlegender Zustimmung zu Maßnahmen der Wiedervernässung und Renaturierung Bedenken und Widerstände v. a. bei einzelnen Nutzergruppen zu erwarten sind.³⁰² Dies belegen auch neuere Befragungen, die auf die Biodiversität und auf Ökosystemleistungen abzielen.³⁰³ Eine erfolgreiche Transformation kann daher nur gelingen, wenn Stakeholder, Landbesitzende und Gewerbetreibende (Nutzende) sowie Anwohnende konkrete Maßnahmen zur Wiedervernässung und/oder Renaturierung mindestens tolerieren und bestenfalls aktiv unterstützen.³⁰⁴

Generelle Akzeptanz für staatliche Maßnahmen oder Planungen erfordert nicht unbedingt eine unvoreingenommene positive Einstellung oder Befürwortung der geplanten Vorhaben.³⁰⁵ Akzeptanz lässt sich in drei abgestufte Zustimmungsebenen untergliedern: Toleranz, positive Einstellung und aktives Engagement.

Toleranz hat oft darin ihren Ursprung, dass das Thema als nicht wichtig genug eingeschätzt wird, um sich damit auseinanderzusetzen, oder vom Einzelnen geglaubt wird, ohnehin nichts bewirken zu können. Eine positive Einstellung und ein aktives Engagement für die konkrete Umsetzung von Klimaschutz-, Biodiversitätsschutz- und Renaturierungsmaßnahmen sind förderlich, aber im Sinne der Akzeptanz reicht es zunächst aus, wenn die geplante Maßnahme toleriert wird. Dann ist jedoch die Zustimmung immer fragil und kann schnell kippen, wenn Belastungen, die mit einzelnen Maßnahmen

300 Wolf et al. (2023); Zerbe (2019).

301 Mehring et al. (2023).

302 Von Ruschkowski (2009); Wiegleb & Lüderitz (2009).

303 Mehring et al. (2023).

304 Segert & Zierke (2004).

305 Becker & Renn (2019); Hildebrand & Renn (2019); Renn (2022).

verbunden sind, spürbar werden oder von Gegnern der Maßnahme kommuniziert werden. Deshalb ist zumindest eine positive Grundstimmung für eine stabile Akzeptanz notwendig. Damit eine einschneidende Veränderung in diesem Sinne Akzeptanz erhält, sind vier Voraussetzungen zu erfüllen.³⁰⁶

1. Orientierung und Einsicht: Einsicht in die übergeordnete Bedeutung und Notwendigkeit der Veränderung und der angestrebten Ziele und Mittel erhöht die Akzeptanz. Erforderlich sind transparente, möglichst vollständige Informationen über die Gründe und Argumente, die für diese Maßnahme sprechen, sowie ein offener Austausch über Alternativen und Argumente, die von den unterschiedlichen Akteuren in die Debatte eingebracht werden. Im Falle der Moore und Auen ist allen betroffenen Gruppen deutlich zu vermitteln, dass Moore und Auen eine wichtige Funktion für den Klima- und Biodiversitätsschutz erfüllen, deren ökologische wie auch deren langfristige ökonomische Vorteile die Verluste durch Nutzungsbeschränkungen bei Weitem ausgleichen.
2. Selbstwirksamkeit: Ablehnung resultiert aus der Vorstellung einer Beeinträchtigung des persönlichen Freiheitsspielraums und der Souveränität, z. B. bezüglich der Eigentumsrechte und Nutzungsgewohnheiten, aber auch der eigenen Einkommensposition (s. Kapitel 7). Akzeptanz kann bei einer realen Chance auf Mitgestaltung, v. a. des Wie bei der Umsetzung der Maßnahmen entstehen. Als sehr wertvoll für einen Dialog darüber haben sich z. B. „Landschaftsspaziergänge“ erwiesen, die seit 2022 in Moor-Regionen in Mecklenburg-Vorpommern durchgeführt werden. Nutzenorientierte Motive spielen bei der Wahrung der Selbstwirksamkeit, gerade bei der Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen, eine wichtige Rolle. Wenn man hier Gestaltungsmöglichkeiten eröffnet, werden die erforderlichen Maßnahmen als Teil eines kollektiven Lern- und Umsetzungsprozesses erlebt, der nicht nur die eigene Nutzenposition verbessert, sondern auch als Souveränitätsgewinn gewertet werden kann.³⁰⁷
3. Positive Kosten-Nutzen-Bilanz: Die geplanten Maßnahmen kommen einem selbst, einer hoch geschätzten Personengruppe oder der Allgemeinheit zugute. Informationen über Nutzen, Kosten und Risiken resultieren aus einer für die Betroffenen offengelegten Kosten-Nutzen-Bilanz. Zielkonflikte entstehen vorwiegend, wenn die betroffenen Flächen ursprünglich land- oder forstwirtschaftlich, zur Erholung usw. genutzt werden. Hier können ökonomische Anreize (z.B. Business Cases) und Aufzeigung von Chancen (z. B. Erhöhung der Ökosystemleistungen) positiv wirken (s. Abschnitt 7.2). Bewährt haben sich auch Nutzergemeinschaften für multiple extensive Nutzung (etwa Landwirtschaft und Solaranlagen), bei denen Nutzenverluste durch Mehrfachnutzung ausgeglichen werden und gleichzeitig der ökologische Mehrgewinn weitgehend erhalten bleibt.
4. Identität: Zu Klimaschutzmaßnahmen sind umfangreiche Informationen wichtig, die einen Stellenwert der Maßnahme für die persönlichen (und betrieblichen) Zukunftsvorstellungen und die Passgenauigkeit der Maßnahme in das Selbst- und Fremdbild der sozialen und kulturellen Umfeldler der Beteiligten haben. Im Rahmen

³⁰⁶ WPKS (2023).

³⁰⁷ Wiegleb & Lüderitz (2009), S. 460.

von Wiedervernässungs- und Renaturierungsmaßnahmen sind hier Landschaftsbilder, bestehende Nutzungsformen und Eigentumsrechte von besonderer Bedeutung. Die künstlerische Auseinandersetzung mit Mooren und Auen kann emotionale Anknüpfungspunkte für die Identität schaffen (z. B. „Sensing Peat“-Netzwerk).³⁰⁸

Um eine hohe Akzeptanz der Maßnahmen zu erreichen, ist es erforderlich, mit faktenbasierten Informations-, Bildungs- und Kommunikationsangeboten auf alle vier Aspekte Bezug zu nehmen. Eine Sensibilisierung der Beteiligten sollte gerade im behandelten Fall in vertrauensbildenden Dialogformaten über den Klima- und Biodiversitätsschutz hinaus auch weitere, übergeordnete und verknüpfte Aspekte einbinden, wie z. B. die langfristige Sicherung von Wasserressourcen; Überbrückung von Ressourcenknappheit durch Produktion alternativer, nachhaltiger Baumaterialien; gemeinsame Zukunftsperspektiven für die Entwicklung der Moor- und Auenlandschaften.

Zu einer vermehrten Einsicht in die Sinnhaftigkeit und den gesellschaftlichen Nutzen von Schutzmaßnahmen für Moore und Auen gehören auch adressatengerechte Informationskampagnen. Im Rahmen der Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) kann dieses Thema aufgegriffen und in den Gesamtkontext von Klimaschutz und Artenvielfalt eingebaut werden.³⁰⁹ Zusätzlich können die systemischen Zusammenhänge zwischen Mooren, Auen, Klima, Biodiversität und Wasserhaushalt viel stärker in den Bildungsplänen, etwa im Fach Biologie oder Gemeinschaftskunde, integriert werden.

Positive Erfahrungen im Moorschutz wurden mit gut akzeptierten „Kümmerern“ gemacht. Diese sollten bei staatlichen oder halbstaatlichen Stellen mit Handlungsspielräumen in Bezug auf Flächen etabliert werden, wie z. B. eine Stelle für Moormanagement in der Liegenschaftsabteilung der Stadt Greifswald. Über diese zentrale Stelle erfolgten maßgebliche und standortspezifische Vorarbeiten, die Ende 2023 zur Verabschiedung einer ambitionierten kommunalen Moorschutzstrategie führten. Auch andere Städte wie z. B. Malchin, aber auch Landkreise wie Osnabrück haben solche Moormanagementstellen eingerichtet. Lokale Verbände von Wasserversorgern, Wasser- und Bodenverband, Bauernverband und Schulen, wie z. B. beim Wasserwerk der Zukunft e. V., ermöglichen das Verständnis für unterschiedliche Perspektiven und das gemeinsame Entwickeln von lokalen Umsetzungsplanungen. Für die Wiedervernässung von Mooren und die Renaturierung von Auen können solche neu geschaffenen Stellen das Wissen bündeln und über einzelne Sektoren und Bereiche hinweg agieren.³¹⁰

8.2 Differenzierung nach dem Mehrebenenmodell der Governance

Bei allen Maßnahmen ist es sinnvoll, Planungs- und Kommunikationsstrategien nach den Ebenen der Governance (EU, Bund, Land, Kommune) zu gliedern und Kommunikationsprozesse auf die jeweils ebenenspezifischen Ziele auszurichten:³¹¹

- **EU- und Bundesebene:** Essenziell ist die plausible Vermittlung der übergeordneten Gesamtstrategie, der gesamtgesellschaftlichen Bedeutung der geplanten Maßnahmen, des Zusammenhangs der Maßnahmen mit dem Klima- und Biodiversitäts-

³⁰⁸ <https://www.sensingpeat.net>

³⁰⁹ Eine umfassende Übersicht dazu gibt Feldmann (2020).

³¹⁰ Vgl. SRU, WBBGR, WBW (2024).

³¹¹ Huget (2007); Renn (2020); Renn (2022); SRU, WBBGR, WBW (2024).

schutz sowie der Notwendigkeit von Infrastrukturmaßnahmen als Voraussetzung für einen übergeordneten Moor- und Auenschutz. Die Ziele der Gesamtstrategie und deren geplante Umsetzung müssen für alle Akteure nachvollziehbar sein. Ein klarer, von allen relevanten gesellschaftlichen Gruppen getragener Plan zur Umsetzung des Zieles, also hier zügige Moorwiedervernässung und Auenrenaturierung als wirksamer Klimaschutz, macht es Politik und Behörden bei der regionalen und kommunalen Umsetzung wesentlich leichter, Fragen nach der grundlegenden Notwendigkeit einer Maßnahme sowie dem übergeordneten und dem lokalen Nutzen zu beantworten. Eine wirkungsvolle Verständigung kommt nur zustande, wenn auf nationaler Ebene ein Konsens über die Ziele, Strategien und Maßnahmen des Klima- und Biodiversitätsschutzes besteht und dieser von den entsprechenden Stellen vertreten wird. Sonst paralisieren sich europäische, nationale und regionale Ebene bei der Umsetzung gegenseitig. Während der Konsens zwischen EU- und Bundesebene weitgehend gegeben ist, erschwert v. a. die widersprüchliche EU- und Bundespolitik in Bezug auf Moore und Auen die Kommunikation und Akzeptanz auf der regionalen und kommunalen Ebene, wenn Politiken nicht abgestimmt erfolgen (z. B. Klima- und Landwirtschaftspolitik).

- **Landesebene:** Die EU- und Bundesziele müssen auf Landesebene heruntergebrochen werden, da anderenfalls eine Verantwortungsdiffusion droht und z. B. die Treibhausgasminderungen nicht konkret auf der Fläche verteilt und umgesetzt werden. Gleichzeitig gilt es, den generellen Nutzen und die Chancen, die Vereinbarkeit der Maßnahmen mit den wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Leitbildern der Region und auch die mögliche Diversifizierung des Landschaftsbildes in den Vordergrund zu rücken. Dies kann am besten auf der Ebene der einzelnen Bundesländer erfolgen, deren Rolle gerade bei der Wiedervernässung von Mooren und der Renaturierung von Auen zentral ist. Die auftretenden Belastungen, z. B. Einschränkungen von Eigentumsrechten, sollten fair verteilt werden, damit die erforderlichen Maßnahmen nicht nur als ökologisch notwendig, sondern auch als sozial gerecht empfunden werden.
- **Kommunale Ebene:** Auf kommunaler Ebene gilt es, die Aspekte der Selbstwirksamkeit und der emotionalen Identifikation gezielt anzusprechen, z. B. über konkrete kommunale Ziele (klimaneutrale Kommune, naturnahe Regionalentwicklung). Die Maßnahmen sollten eine Souveränität der Menschen über ihre soziale und kulturelle Umgebung zulassen und unterstützen. Hier sind v. a. partizipative Planungsprozesse notwendig, um alle Stakeholder und betroffene Bürgerinnen und Bürger zu Mitgestaltenden der geplanten Veränderungen zu machen.

Es ist sinnvoll, die Kommunikation auf allen drei Ebenen parallel voranzutreiben und dabei fallspezifisch Schwerpunkte zu setzen, je nachdem, wo die Maßnahmen stattfinden. Dabei sollten alle Akteure mit den wesentlichen ökologischen, wirtschaftlichen, rechtlichen, politischen, gesellschaftlichen und individuellen Implikationen und Folgen der geplanten Maßnahmen vertraut gemacht werden, um ein „Mitdenken“ und ein „Mainstreaming“ der Thematik in allen Bereichen zu initiieren.

8.3 Notwendigkeit einer aktiven Bürgerbeteiligung

Wenn es um Vorhaben geht, die als mögliche Belastungen oder als Eingriffe von den direkt betroffenen Bürgerinnen und Bürgern wahrgenommen werden, ist es schwierig, allein durch Information und Kommunikation – selbst wenn sie in Form eines Dialogs stattfinden – eine breite Zustimmung zu erreichen.³¹² Wesentlich wirksamer ist es, von Maßnahmen betroffene Menschen zu Mitwirkenden zu machen und ihnen planerische Beteiligungschancen und damit Selbstwirksamkeit und Identität zu geben. Diese Herangehensweise geht von offenen Willensbildungsprozessen aus und überlässt es – innerhalb der gesetzlichen Grenzen – den in den Prozess einbezogenen Beteiligten auf der Basis der eigenen Vorstellungen und Bewertungen neue, v. a. ökonomische (Einkommens-)Optionen zu schaffen und bestehende zu bewerten. Bisher liegen wenige Erfahrungen mit über den gesetzlichen Rahmen hinausgehenden Bürgerbeteiligungen im Bereich Moorwiedervernässung und Auenrenaturierung vor (Box 6).

Box 6: Praktische Erfahrungen mit Bürgerbeteiligungen im Bereich Moorwiedervernässung

Im Rahmen des BMBF-Vorhabens „Vorpommern-Initiative Paludikultur“ fand 2012/13 ein Bürgerforum auf der moorreichen Insel Usedom statt. Aus 2000 per Zufallsverfahren ermittelten und eingeladenen Personen im Amtsbereich gab es einen Rücklauf von 1,5 Prozent, und 25 Personen diskutierten an drei Wochenenden die Zukunft der Bewirtschaftung des größten Mooregebiets der Region. Im Ergebnis wurde ein Bürgergutachten („Zukunft des Thurbruchs – ein Leben mit dem Moor“) verfasst, der Presse vorgestellt und dem Umweltminister des Landes Mecklenburg-Vorpommern überreicht. Das Bürgergutachten zeigte, dass Bürgerinnen und Bürger großes regionales Wissen haben, kreative Ideen zur Lösung von Problemen entwickeln können, die eine Vielzahl von Interessen berücksichtigen, und selbst bei schwierigen Konflikten einen Konsens finden. Die Beteiligten wünschten sich bei Entscheidungen mehr Eigenverantwortung und Transparenz.³¹³ Eine Moorwiedervernässung im konkreten Gebiet fand allerdings bis heute nicht statt und einige der am Gutachten beteiligten Bürgerinnen und Bürger, die sich mit hohem Engagement eingebracht hatten, hat diese Entwicklung enttäuscht.

Die Möglichkeit, auf politische Entscheidungen direkt oder indirekt einwirken zu können, schafft schon allein durch das Verfahren Identität³¹⁴ und verändert durch die eingebrachten unterschiedlichen Perspektiven den politischen Entscheidungsprozess. Einige Gründe, die bei komplexen und weitreichenden Maßnahmen wie bei der Moorwiedervernässung oder der Auenrenaturierung für eine stärkere Partizipation und Einbindung der Bürgerinnen und Bürger in die Entscheidungsfindung sprechen, sind im Folgenden aufgeführt:³¹⁵

- **Erweiterung der Wissensbasis durch Einbeziehung von Menschen vor Ort:** Zusätzlich zum systematischen Wissen der Fachleute und dem Prozesswissen der Entscheidungstragenden ist das Erfahrungswissen sowie das praktische Wissen

³¹² Benighaus & Renn (2016); Zerbe (2019); Renn (2022).

³¹³ Deickert & Schröder (2016).

³¹⁴ Vgl. Fisch et al. (2010), S. 177.

³¹⁵ Vgl. Radtke & Renn (2019); Renn (2020).

vor Ort für den Planungsprozess von Bedeutung, v. a. bei lokalen Projekten.³¹⁶ Eine Einbindung dieses Wissens kann helfen, die emotionale Identifikation der Betroffenen mit den geplanten Maßnahmen zur Wiederherstellung von Mooren und Auen zu verbessern.

- **Erlangung von Informationen über die Verteilung der Präferenzen und Werte der betroffenen Bevölkerungsteile:** Politische Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger können bei entsprechender Kenntnis der von den Betroffenen geäußerten Wünschbarkeit der zu erwartenden Folgen mögliche Zielkonflikte und Synergien (Ökonomie, Eigentum, Ökologie) besser abschätzen und in die eigene Urteilsbildung aufnehmen.³¹⁷ Bestehende Handlungsoptionen können mit den Präferenzen der Akteure gespiegelt werden. Dadurch kann gezielt die wahrgenommene Risiko-Nutzen-Bilanz positiv beeinflusst werden.
- **Gemeinsame Lösungsfindung durch faires Aushandeln von Interessen und Werten der Beteiligten:** Die konfliktvermittelnde Funktion der Bürgerbeteiligung³¹⁸ kann zu Lösungen bei Konkurrenzansprüchen und Zielkonflikten (z. B. bei Ansprüchen auf öffentliche Ressourcen durch Personen aus Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Naturschutz, Jagd, Tourismus) führen; hier wird indirekt die Selbstwirksamkeit der Akteure gestärkt.
- **Feststellung einer normativ abgesicherten Grundlage:** Die Herbeiführung kollektiver Entscheidungen³¹⁹ über die Wiedervernässung von Mooren bzw. Auenrenaturierung erfolgt nach einem diskursiven Austausch und der Prüfung von begründeten Argumenten unter klaren und nachvollziehbaren Rahmenbedingungen. Alle Argumente müssen auf sachliche Richtigkeit, normative Schlüssigkeit und auf ihren Beitrag zum Gemeinwohl im Diskurs geprüft werden.³²⁰ Dadurch kommt es zu einer nachvollziehbaren Klärung der Zumutbarkeit von Maßnahmen für alle Betroffenen, also auch jenseits derer, die direkt an dem Diskurs teilnehmen. Zudem können auch Gruppen mit geringerer Organisationsfähigkeit bzw. die Interessen zukünftiger Generationen miterfasst werden, wenn die dazu geeigneten Formate wie Fokusgruppen, Bürgerräte, Anwaltsplanungsverfahren (dabei werden Fürsprecher für Interessen bestimmt, die im Diskurs nicht vertreten sind, etwa die kommenden Generationen) oder andere passende Formate eingesetzt werden. Das fördert den gerade heute so bedrohten sozialen Zusammenhalt und verspricht mehr soziale Gerechtigkeit und Fairness.
- **Element der Gestaltung der eigenen Lebenswelt:**³²¹ Die betroffenen Menschen erhalten die Möglichkeit, in Form von Selbstverpflichtungen oder von Verantwortungszuschreibungen Veränderungen in ihrer eigenen Umwelt herbeizuführen und damit zu Mitgestaltenden ihrer Umwelt zu werden. Dies stärkt ihre Selbstwirksamkeit und führt damit zu positiver Identifikation mit den Maßnahmen.

³¹⁶ Raymond et al. (2010).

³¹⁷ Quitzow et al. (2018).

³¹⁸ Vgl. Roth (2014) S. 254 ff.

³¹⁹ Webler & Tuler (2000).

³²⁰ Renn & Schweizer (2020).

³²¹ Wiegleb & Lüderitz (2009); Schweizer (2017); Renn & Schweizer (2020).

8.4 Bedingungen für eine erfolgreiche Bürgerbeteiligung

Die entscheidende Voraussetzung für den Erfolg von Partizipation ist die Bereitschaft der Politik und der Verwaltung, die Formen der Partizipation als Bereicherung der repräsentativen Demokratie durch Elemente einer deliberativen (als einer mit Diskursen, Beratung und Teilhabe verknüpften) Demokratie anzusehen. Grundsätzliche Voraussetzungen für ein Gelingen einer Ausgestaltung von Partizipationsverfahren, die in angepasster Form bei der Moorwiedervernässung und Auenrenaturierung eingesetzt werden können, sind:³²²

- **Fairness und Lernbereitschaft:** Alle am Prozess teilnehmenden Personen werden nach nachvollziehbaren Gesichtspunkten frühzeitig ausgewählt und können innerhalb des Verfahrens gleiche Rechte und Pflichten beanspruchen. Sie sind sich der Verantwortlichkeit ihrer Funktion bewusst. Eine Bereitschaft voneinander zu lernen ist Voraussetzung. Die Teilnahme ist freiwillig und kann ohne Angabe von Gründen ausgesetzt werden.
- **Kompetenz:** Das notwendige Fachwissen zur Beurteilung von Folgen und Nebenfolgen von Entscheidungsoptionen sowie die notwendigen juristischen und politischen Kontextbedingungen werden allen Teilnehmenden zugänglich gemacht. Es bestehen klare Regeln der Gesprächsführung, und alle formalen Anforderungen an Kommunikations- und Verfahrensabläufe werden anschaulich und nachvollziehbar vermittelt.
- **Legitimation:** Die politisch Verantwortlichen gewähren den Teilnehmenden einen Vertrauensvorschuss und eröffnen ihnen im Rahmen des rechtlich und politisch Möglichen eigene Handlungsspielräume. Dazu gehört z. B. eine verbindliche Zusicherung, die Ergebnisse eines Beteiligungsverfahrens konstruktiv zu prüfen und später gegebenenfalls notwendige Abweichungen von erzielten Ergebnissen zu begründen.
- **Effizienz:** Die Teilnehmenden des Verfahrens benötigen ein klares Mandat, das sie innerhalb eines begrenzten Zeitraumes erfüllen können. Der erwartete positive Effekt und Aufwand der Beteiligung müssen für alle Involvierten in einem akzeptablen Verhältnis stehen.
- **Neutralität des Moderierenden:** Die Kompetenz des Moderierenden zu einer sachlich fundierten, unparteiischen und konstruktiven Gesprächsführung muss gewährleistet sein.
- **Ergebnisoffenheit:** Das Verfahren muss ergebnisoffen sein, Potenziale für neue Lösungen bieten bzw. zumindest akzeptable Belastungen umfassen (z. B. standort- und situationsgerechte Business-Case-Möglichkeiten).
- **Öffentliche Resonanz:** Es wird sichergestellt, dass das Verfahren und seine Ergebnisse entsprechende Aufmerksamkeit in der breiten Bevölkerung finden und durch die Abdeckung geeigneter Formate zielgruppengerecht für alle Beteiligten transparent sind (Informationsveranstaltungen, Beratung, digitale Medien).
- **Anschlussfähigkeit:** Die Ergebnisse werden in den politischen Entscheidungsprozess eingebracht und dort unter Beachtung rechtlicher Bestimmungen umgesetzt.

³²² Benighaus & Renn (2016); Renn (2020).

Werden die oben genannten Prinzipien bei Verfahren mit Partizipation beachtet, führt dies zu einer hohen Identifikation der Beteiligten mit dem Entscheidungsfindungsprozess und dessen Ergebnissen. Dies dürfte eine ganz wesentliche Voraussetzung sein, um die Ziele des Moor- und Auenschutzes in Deutschland zu erreichen. Auch wenn nicht alle Entscheidungen auf breite Zustimmung stoßen, sind in jedem Falle die Positionen der Akteure und der politischen Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger nachvollziehbar. Eine Verständigung bei unterschiedlichen Wissens-, Interessen- und Präferenzbekundungen wird dadurch unterstützt. Ein Konsens oder zumindest ein Kompromiss bei der Entscheidungsfindung wird unter diesen Umständen unter allen beteiligten Akteuren wahrscheinlicher.

Über die oben dargestellten Partizipationsverfahren hinaus können Maßnahmen in Bezug auf alle Beteiligten sinnvoll sein. Dazu bedarf es einer Akteursfeldanalyse. Eine solche wurde erstmals 2014/15 in Vorpommern für die Umsetzung von Paludikultur durchgeführt und umfasste mehr als 30 Akteursgruppen.³²³ Maßnahmen zur Verbesserung der Partizipationsmöglichkeiten und -chancen der gesellschaftlichen Akteure im Aktionsbereich komplexer und v. a. sektor-übergreifender Politikfelder³²⁴ sind:

- Frühzeitige Einbeziehung der Beteiligten (u. a. Eigentümer und Nutzende) in die Planung bei komplexer Ausgangssituation: Dabei geht es v. a. um die Klärung der Hintergründe und Ziele, um weitreichende, langfristige Planungen und politische Entscheidungen mit Bindungskraft zu ermöglichen.³²⁵
- Breiter Spielraum für die Partizipation: Um Vertrauen zwischen allen am partizipativen Verfahren Beteiligten zu schaffen, sollte ein an den Möglichkeiten und Zielen ausgerichteter, weit gefasster, aber innerhalb der rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen realisierbarer Entscheidungsspielraum für die Beteiligung an der Entscheidung festgelegt sein. Die Rahmenbedingungen für das Verfahren müssen transparent kommuniziert werden.
- Kombination geeigneter Formate in abgestimmten Verfahrensschritten: Um der Pluralität der Gesellschaft und der Komplexität der Maßnahmen gerecht zu werden, sollten bei weitreichenden Entscheidungen verschiedene geeignete partizipative Verfahren bezüglich der Wissensbereitstellung, des Interessenausgleichs, der fairen und wertgerechten Abwägung und der Präferenzermittlung kombiniert werden.³²⁶
- Vorrang der Transparenz: Bei komplexen Beteiligungsstrukturen besteht zunehmend die Gefahr der Intransparenz. Die verschiedenen Partizipationsformate, wie z. B. Verhandlungen zwischen Akteuren, etwa Vertretende der Landwirtschaft, des Naturschutzes, der Siedlungswirtschaft und zivilgesellschaftlicher Organisationen, sollten so öffentlich wie möglich sein.³²⁷ Nötige vertrauliche Gespräche und Verhandlungen erhalten Akzeptanz durch eine öffentliche Begründung der Ausnahme.

³²³ Kleinhüchelkotten & Neitzke (2016).

³²⁴ Vgl. Renn et al. (2013); Renn (2021).

³²⁵ Vgl. VDI (2013); VDI (2014).

³²⁶ Vgl. Nanz & Fritsche (2012); OECD (2020).

³²⁷ Vgl. National Research Council (2008).

- Professionalisierung der Prozesssteuerung und -begleitung: Wichtig ist die Einbindung von professioneller Begleitung (d.h. Dienstleister für Prozesssteuerung) für die Durchführung komplexer Partizipationsverfahren, um eine funktionale und zielführende Strukturierung, Kombination, Steuerung, Moderation und Mediation zu gewährleisten.³²⁸
- Durchführung einer praxisorientierten Partizipationsforschung: Inzwischen liegt fundiertes Wissen über Partizipationsverfahren, deren Wirkung in einer repräsentativen Demokratie, deren theoretischer Analyse, normativer Begründung und praktischer Umsetzung vor. Allerdings sind empirische und praxisorientierte Untersuchungen im Politikfeld Natur- und Klimaschutz begrenzt; dies gilt v. a. für Naturschutzprojekte und insbesondere für die Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen.³²⁹
- Aufbau von partizipativer, mediativer und kommunikativer Kompetenz bei Behörden und Vorhabenträgern: Damit Transformationsprozesse auch erfolgreich und zeitgerecht verlaufen, müssen Behörden und Vorhabenträger eigene Kapazitäten für erfolgreiche Aushandlungsprozesse (Mediation) sowie für Kommunikation, Öffentlichkeitsarbeit und Bürgerbeteiligung aufbauen.

Vorhaben, die eine erhebliche Wirkung auf Eigentumsrechte oder die eigene Lebenswelt der Bürgerinnen und Bürger haben, müssen umfassend mit den betroffenen Stakeholdern und der betroffenen Bürgerschaft ausgehandelt und gegenüber der Öffentlichkeit kommunikativ und partizipativ begleitet werden. Sorgen um unerwünschte Nebenwirkungen, wie Mückenplagen, Vernässung von Kellern oder Wertverlust von Flächen, verlangen fachlich fundierte Antworten und vertrauensbildende Dialogformate. Bestehen in einer Region tatsächliche oder auch nur befürchtete Beispiele für eingetretene oder mögliche individuelle Schäden, muss eine Beschwerdestelle, z. B. beim Land, eingerichtet werden, die diese Anliegen aufnimmt und bearbeitet.

³²⁸ Vgl. Moore (2014), S. 27f., sowie Cummins (2013).

³²⁹ Vgl. Verkamp & Tillmann (2014).

9 Handlungsempfehlung: Das Wasser in der Landschaft halten

Klimaneutralität und nachhaltiger Biodiversitätsschutz sind ambitionierte politische Ziele, zu denen Art. 20a Grundgesetz sowie eine Vielzahl europäischer Rechtsakte und internationaler Abkommen Deutschland verpflichten. Um sie zu erreichen, ist ein grundlegendes Umdenken im Management von Wasserressourcen in der Landschaft notwendig. Hierfür sind der Stoffhaushalt mit Blick auf den Kohlenstoffkreislauf und der Nährstoffrückhalt zu verbessern, standorttypische Lebensräume und -gemeinschaften zu fördern und eine Anpassung an die Zunahme von Extremereignissen, wie Dürren und Hochwasser, vorzunehmen.

Trockengelegte Moore sind starke Treibhausgasquellen, nasse und vitale Moore hingegen Senken. Um Klimaneutralität zu erreichen, müssen deshalb mehr als eine Million Hektar trockengelegte Moore in Deutschland vernässt werden. Im Schnitt entspricht dies einer Fläche von etwa 50.000 Hektar pro Jahr. Zurzeit werden jedoch nur etwa 2.000 Hektar pro Jahr wiedervernässt. Aus diesem Grund sollen nach Plänen der EU-Kommission die Mitgliedstaaten mit der Verordnung zur Wiederherstellung der Natur explizit auch zur Renaturierung und Wiedervernässung von Mooren angehalten werden (mit abgestuften Zielvorgaben bis 2050). Schon seit dem Jahr 2000 verpflichtet die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) die Mitgliedstaaten, einen guten ökologischen Zustand oder ein gutes ökologisches Potenzial für alle Gewässer bis spätestens 2027 wiederherzustellen; derzeit liegt Deutschland bei nur 9 Prozent. Die Renaturierung von Auen nimmt hier eine Schlüsselrolle ein und ist zugleich eine wichtige Maßnahme zur Wiederherstellung guter Erhaltungszustände bei Arten und Habitaten, zu denen die Vogelschutz- (2009) und die Fauna-Flora-Habitat (1992)-Richtlinien Deutschland verpflichten.

Um die ökologischen Ziele zu erreichen, hat die Bundesregierung verschiedene Strategien und Aktionsprogramme beschlossen, wie die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie, die Nationale Strategie zur Biologischen Vielfalt, die Moorschutzstrategie, die Torfminierungsstrategie und das Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz (ANK).

Die Bewältigung all dieser Aufgaben ist eine gesamtgesellschaftliche Herausforderung, zu der viele Institutionen und Akteure beitragen, und die eine Vielzahl staatlicher Maßnahmen, aber auch gesellschaftlicher und privater Veränderungen erfordert. Hierzu empfehlen wir:

- Rechtliche Ziele für Bund und Länder konkretisieren und terminieren sowie den Rechtsrahmen nachbessern, um sowohl alle kurzfristig zu erzielenden Verbesserungen zu realisieren als auch für die mittel- bis langfristige Wiedervernässung von Mooren und die Renaturierung von Auen rechtzeitig effektive Verfahren und Maßnahmen einzuleiten;
- Umweltschädigende Subventionen abschaffen bzw. umwidmen, ökonomische Anreize für die Bereitstellung von Ökosystemleistungen setzen und neue Wertschöpfungsketten aufbauen, um alternative Einkommensmöglichkeiten zu generieren;
- Zuständigkeiten eindeutig klären sowie die notwendigen Kapazitäten auf allen beteiligten Verwaltungsebenen für die Akteure auf- und ausbauen;
- Einen Bewusstseinswandel unterstützen, der zu einem besseren Verständnis für einen intakten Landschaftswasserhaushalt bei den Beteiligten beiträgt und zugleich eine Teilhabe und Mitgestaltung bei der Entwicklung von Lösungsoptionen gewährt;
- Vorhandenes System- und Handlungswissen bündeln, integrieren und weiterentwickeln.

Viele Maßnahmen sind schnellstmöglich und parallel zu ergreifen und umzusetzen. Die Aufgaben verteilen sich auf mehrere Governance-Ebenen und zahlreiche Akteure (Abb. 15). Die Hauptverantwortung für die Umsetzung der ökologischen Zielsetzungen liegt verfassungsrechtlich bei den Bundesländern, die zugleich möglichst gut auch die regionalen Entscheidungstragenden (Kommunen, Verbände, Vorhabenträger, Landeigentümer und -nutzende) in ihre Entscheidungen und Aktivitäten einbeziehen sollten. Dies erfordert eine entsprechende Beteiligung der Träger öffentlicher Belange, der Betroffenen und der allgemeinen Öffentlichkeit bei der Ausarbeitung der Wiederherstellungsprogramme und den konkreten Einzelentscheidungen.

Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen: Handlungsfelder und Verantwortlichkeiten

Handlungsfelder	Adressaten:					Handlungszeitraum		
	Alle Ebenen	Kommunen	Länder	Bund	EU	Sofort bis 1 Jahr	>5 - 10 Jahre	>1 - 5 Jahre
Rechtliche Rahmenbedingungen	Bund, Länder	Länder	Länder			Bund	Bund, Länder	Bund, Länder
	Ziele und Zwischenziele zur Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen für den Bund und die Länder definieren sowie terminieren	Aufstellung von Wiederherstellungsprogrammen, um die Zielvorgaben zu operationalisieren	Behördenübergreifende Taskforce etablieren			Rechtliche Vorgaben zur Nutzung von Mooren und Auen anpassen	Rechtliche Instrumente, Verfahren und Institutionen verbessern	Standardvorgaben zur Beschleunigung der behördlichen Verfahren
								Erforderliche Planfeststellungsverfahren zeitnah einleiten
Ökonomische Anreize und sozial-verträglicher Umbau	EU, Länder	Länder	Bund, Länder			EU, Länder	Bund, Länder	Alle Ebenen
	Subventionen einer auf Entwässerung beruhenden Landbewirtschaftung abschaffen, ökologische Leistungen honorieren	Bestehende Ermessensspielräume für Moor- und Auenprogramme ausschöpfen	Finanzierung von Moor- und Auenprogrammen durch Bund und Länder langfristig sichern			Ökologische Leistungen honorieren und EU-Agrarpolitik umgestalten	Förderung degressiv ausgestalten und verbindlich an Beratung knüpfen	Standortangepasste, wirtschaftlich tragfähige Geschäftsmodelle unterstützen und infrastrukturelle Voraussetzungen schaffen
								Biomassepotenzial auf Moor- und Auenstandorten ausschöpfen und Freiflächen-Agri-PV als Nutzungsoption auf degradierten Standorten wahrnehmen
Zuständigkeiten und Kapazitäten	Alle Ebenen	Länder	Länder			Länder	Länder	Länder
	Adäquat personell und finanziell ausgestattete, effizient agierende behördliche Arbeitseinheiten etablieren	Moor- und Auenschutzstrategien sowie Landnutzungsstrategien entwickeln	Behördliche Kompetenzzentren für Wiedervernässung schaffen			Kompetent agierende Vorhabenträger etablieren, Bildungsangebote schaffen	Verfahrenserlasse für untere Behörden erstellen und Weiterbildungsmaßnahmen für Mitarbeiter anbieten	Aufgaben der Wasser- und Bodenverbände im Wasserverbandsgesetz und in Landesgesetzen ändern
								Daueraufgaben über angemessene Zeiträume finanzieren
Kulturwandel	Alle Ebenen	Alle Ebenen	Alle Ebenen			Alle Ebenen	Alle Ebenen	Länder
	Interessengruppen über Beteiligungsmöglichkeiten und ökologische, ökonomische und soziale Chancen und Risiken informieren	Gesamtgesellschaftliche Bedeutung der transformativen Aufgabe sichtbar machen	Moor-Mainstreaming und „Mitdenken“ von natürlichem Klimaschutz etablieren			Maximale Transparenz zu den Auswirkungen von Moor- und Auenschutzmaßnahmen gewährleisten, um Akzeptanz und Vertrauen zu schaffen	Partizipative Verfahren etablieren, um kooperatives Handeln zwischen Politik, Verwaltung und Akteuren zu fördern	Kapazitäten für Mediation, Partizipation und Öffentlichkeitsarbeit in Behörden und bei Vorhabenträgern aufbauen
								Verständnis für Moor- und Auenschutz durch Sensibilisierung und Aufklärung gewinnen
System- und Handlungswissen	Alle Ebenen	Alle Ebenen	Alle Ebenen			Alle Ebenen	Bund	Bund
	Übergreifende Zusammenarbeit von Forschungsdisziplinen und Institutionen stärken	Transdisziplinäres Ko-Design in der Planung von Maßnahmen und Ko-Implementierung in der Umsetzung anstoßen	Geeignete Indikatoren zur Erfolgskontrolle etablieren			Prozessverständnis entwickeln, um die Eigen-dynamik und Resilienz von Mooren und Auen zu verstehen	Verbindliches Monitoring etablieren, um die Effekte der Maßnahmen überprüfen zu können	Offen zugänglichen Daten-, Informations- und Wissensspeicher auf- und ausbauen
								Erfahrungen aus Pilotprojekten nutzen

Abbildung 15: Übersicht zu den Empfehlungen, den anstehenden Aufgaben und zur konkreten Verantwortung von Kommunen, Ländern, Bund und EU (ausführliche Darstellung: s. u.)

9.1 Rechtliche Ziele schärfen und Rechtsrahmen verbessern

Rechtliche Rahmenbedingungen: die Empfehlungen auf einen Blick

- Ziele und Zwischenziele zur Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen für den Bund und die Länder definieren sowie terminieren.
- Länder zur Aufstellung von Wiederherstellungsprogrammen verpflichten, um die Zielvorgaben zu operationalisieren.
- Behördenübergreifende Taskforces auf Länderebene etablieren.
- Rechtliche Vorgaben zur Nutzung von Mooren und Auen anpassen.
- Rechtliche Instrumente, Verfahren und Institutionen verbessern.
- Standardvorgaben entwickeln, um behördliche Verfahren zu beschleunigen.
- Erforderliche Planfeststellungsverfahren zeitnah einleiten.

In Anbetracht des Umfangs und der Dringlichkeit großflächiger Wiedervernässungen von Mooren und Renaturierungen von Auen zum Erreichen der verfassungs-, europa- und völkerrechtlichen Ziele bedarf es einer diesbezüglichen ausdrücklichen Verankerung als gesetzliche Aufgabe von Bund und Ländern sowie einer Optimierung der rechtlichen Rahmenbedingungen und Instrumente, damit die erforderlichen Verfahren von Bund und Ländern rechtzeitig eingeleitet und die darin festgelegten Maßnahmen effektiv ausgestaltet werden.

Ziele und Zwischenziele zur Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen für den Bund und die Länder definieren sowie terminieren.

Die Erfahrungen bei der Umsetzung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie der Europäischen Union und der EU-Wasserrahmenrichtlinie (2000) zeigen, dass es auch für die Wiedervernässung von Mooren und die Renaturierung von Auen für jedes Bundesland neben einer gesetzlichen Aufgabenfestlegung auch konkreter und zeitlich festgelegter Zielvorgaben bedarf, die unter Einbeziehung der Länder bundesrechtlich (z. B. im Bundesnaturschutzgesetz) festzulegen sind. Die Ziele sind – ähnlich wie bei den Zielen zur Beförderung der Windkraft an Land – quantitativ und qualitativ für jedes Bundesland zu definieren. Es empfiehlt sich, auch Zwischenziele festzulegen. Der nationale Wiederherstellungsplan zur Umsetzung der geplanten EU-Verordnung zur Wiederherstellung der Natur bietet für die Bestimmung der Ziele sowohl für Moore als auch für Auen einen geeigneten Rahmen.

Länder zur Aufstellung von Wiederherstellungsprogrammen verpflichten, um die Zielvorgaben zu operationalisieren.

Um das Erreichen der bundesrechtlich festzulegenden Ziele abzusichern und ihre Umsetzung zu operationalisieren, empfiehlt es sich, die Länder bundesrechtlich zur Aufstellung von Wiederherstellungsprogrammen zu verpflichten. In diesen Programmen sollten die Länder angehalten werden, die erforderlichen Gebiete für eine Moorwiedervernässung bzw. eine Auenrenaturierung räumlich zu bestimmen sowie die erforderlichen rechtlichen und praktischen Maßnahmen zu ermitteln, zu priorisieren und festzulegen. Zudem sollten auch schnell realisierbare Maßnahmen anhand einheitlicher Kriterien identifiziert werden. Hierzu zählen insbesondere Maßnahmen in Schutzgebieten sowie in Gebieten mit einer hohen Bereitschaft der Grundeigentümer und Pächter (z. B. bei Grenzertragsstandorten),

kurzfristig auf alternative Nutzungen überzugehen oder in einen Flächentausch einzuwilligen. Einfach umzusetzende Maßnahmen bieten die Chance, Erfolge rasch sichtbar zu machen und daraus für großräumige Umsetzungsmaßnahmen zu lernen.

Über den Stand der Umsetzung der Programme ist der Öffentlichkeit und dem Bund in bundesrechtlich festzulegenden Abständen (z. B. alle 3 Jahre) zu berichten, damit Fortschritte sichtbar sowie Defizite zeitnah erkannt werden. Die Programme zur Wiederherstellung von Mooren und Auen sind anhand dieser Fortschrittsberichte anzupassen und, sofern die Länder die bundesrechtlich festgelegten Zwischenziele verfehlen, durch geeignete Maßnahmen zu ergänzen.

Behördenübergreifende Taskforces auf Länderebene etablieren. Für die Aufstellung und Durchführung der Wiederherstellungsprogramme wird empfohlen, auf Landesebene übergreifende Taskforces einzurichten, die (möglicherweise gemeinsam mit der regionalen Agentur für Natürlichen Klimaschutz, die über das Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz etabliert werden soll) Gebiete für Wiedervernässungen und Auenrenaturierungen identifizieren, Umsetzungsmaßnahmen bestimmen und die erforderlichen Verfahren einleiten sowie Beschleunigung erwirken sollen. Aufgrund der langen Verfahrensdauer bei Planfeststellungen und Schutzgebietsausweisungen sowie ihrer praktischen Implementation ist ein zeitnahes, konzentriertes Vorgehen der Länder und ihrer Behörden erforderlich. Im Rahmen der Taskforces sollten auch Vertreter der betroffenen Grundeigentümer und Landnutzenden sowie auch Umweltverbände beteiligt werden.

Rechtliche Vorgaben zur Nutzung von Mooren und Auen anpassen. Sowohl die Nutzung von entwässerten als auch von wiedervernässten Moor- und renaturierten Auenflächen sollte bundesrechtlich entsprechend den Erfordernissen des Klimaschutzes geregelt werden. Zu empfehlen ist u. a.:

- die erlaubnisfreie Gestattung der gewöhnlichen Bodenentwässerung landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzter Grundstücke in § 46 Abs. 1 Nr. 2 WHG zu streichen und eine Erlaubnis bei Moor- und Auenflächen nur in Ausnahmefällen vorzusehen;
- Regelungen für den erforderlichen Rückbau vorhandener Entwässerungsgräben und Drainagen zu erlassen;
- Torfabbau innerhalb einer Übergangsfrist zu untersagen und – wie beim Kohleausstieg – die Umstrukturierung der betroffenen Unternehmen (z. B. hin zur Erzeugung neuer Produkte auf Basis von Paludikulturen) zu fördern (s. Abschnitt 9.2);
- die ackerbauliche Nutzung von Moorstandorten und dynamischen Auenflächen nur noch für eine zu bestimmende Übergangszeit zu gestatten und damit den betroffenen Eigentümern und Landnutzenden eine klare Transformationsperspektive inklusive einer ausreichenden Förderung zu geben;
- die Errichtung von Photovoltaikanlagen auf wiedervernässten, bis dahin landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen außerhalb von Schutzgebieten und gesetzlich geschützten Biotopen gesetzlich bis zu einer festgelegten Größe ohne besondere Genehmigungsanforderungen zu gestatten und darüber hinaus nur einem beschleunigten und vereinfachten Genehmigungsverfahren zu unterwerfen.

Rechtliche Instrumente, Verfahren und Institutionen verbessern. Der Bund sollte einen stabilen Rechtsrahmen für die Wiedervernässung von Mooren und die Renaturierung von Auen schaffen und verzögernde Hemmnisse sowie Rechtsunsicher-

heiten weitestgehend minimieren. Insbesondere sind umfassende, rechtlich eindeutige Möglichkeiten für Planfeststellungsverfahren zur Wiedervernässung bzw. Renaturierung großflächiger Moore und Auen zu schaffen. Dies kann entweder durch eine entsprechende Erweiterung beim wasserrechtlichen Gewässerausbau in § 67 WHG erfolgen oder im Natur- bzw. Klimaschutzrecht. Im Naturschutzrecht könnte eine solche Verfahrensmöglichkeit zugleich die Etablierung von Biotopverbänden einbeziehen. Aufgrund ihrer Abweichungskompetenzen in Art. 72 Abs. 3 GG könnten auch die Länder in ihren Naturschutz- oder Wassergesetzen entsprechende Planfeststellungsverfahren vorsehen, aber auch vom Bundesrecht abweichende Regelungen treffen. Darüber hinaus ist zu empfehlen, bei den wasser- und naturschutzrechtlichen Schutzgebietskategorien die Wiedervernässung von Mooren und die Renaturierung von Auen ausdrücklich als Ziele aufzunehmen sowie die Vorkaufsrechte der öffentlichen Hand im Naturschutzrecht auf degradierte Moor- und Auenflächen zu erweitern.

Im Wasserverbandsgesetz des Bundes sind die Aufgaben der Wasser- und Bodenverbände um die Wiedervernässung von Mooren und die Renaturierung von Auen zu erweitern. Um verbandsinterne Konflikte unter den Mitgliedern (u. a. Grundstückseigentümer) zu mindern, sind diese Aufgaben öffentlich zu finanzieren, und den Verbänden ist nach Möglichkeit ein Recht zur Gewährung von Kompensationszahlungen zu gewähren. Alternativ könnten auch neu einzurichtende Moor- und Auenverbände diese Aufgaben übernehmen. Zu erwägen ist, ob Flächenagenturen, die in den meisten Bundesländern etabliert wurden, hierfür infrage kommen.³³⁰

Standardvorgaben entwickeln, um behördliche Verfahren zu beschleunigen.

Um die Verfahren zu beschleunigen und rechtliche Unsicherheiten zu verringern, sollte der Bund gemeinsam mit den Ländern Verordnungs- oder Verwaltungsvorschriften für die Wiedervernässung von Mooren und die Renaturierung von Auen erlassen, wie es z. B. im Baurecht mit der Baunutzungsverordnung oder im Immissionsschutzrecht mit Verordnungen und Technischen Anleitungen schon seit Jahrzehnten etabliert ist. Insbesondere ist zu empfehlen, ähnlich wie in der Baunutzungsverordnung verschiedene Kategorien von Moor- und Auengebieten mit entsprechend entschädigungslos zu duldenen Inhalts- und Schrankenbestimmungen zu definieren, um behördliche und gerichtliche Einzelfallprüfungen über die Zumutbarkeit von Beschränkungen des Grundeigentums und der Berufsausübungsfreiheit im Einzelfall zu vereinfachen und zu reduzieren. Bundesweite Regelungen oder Standards zum Ankauf und Tausch von Flächen, zu finanziellen Kompensationen in Härtefällen, zu Enteignungen und zur öffentlichen Flächenbevorratung würden ein einheitliches Vorgehen der verschiedenen Länder und Behörden befördern, ungerechtfertigte Ungleichbehandlungen sowie gerichtliche Verfahren verringern und so Wiedervernässungen und Renaturierungen beschleunigen. Die Verwaltungsvorschriften sollten anhand praxiserprobter Vorgehensweisen aus erfolgreichen Wiedervernässungs- und Renaturierungsprojekten entwickelt und in einer bundesweiten Datenbank dokumentiert werden (s. auch Abschnitt 9.5).

Erforderliche Planfeststellungsverfahren zeitnah einleiten. Ein wesentliches planerisches Instrument zur Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen sind Planfeststellungsverfahren (u. a. nach §§ 67–71a WHG, §§ 12–21 WaStrG, § 41 FlurbG). Sie ermöglichen den staatlichen Instanzen, rechtsverbindlich Art und Maß der Nutzung von Flächen als grundsätzlich entschädigungslose Inhalts- und Schranken-

³³⁰ Ausführlicher dazu SRU, WBBGR, WBW (2024).

bestimmung festzulegen sowie private Flächen anzukaufen oder im Ausnahmefall auch gegen Entschädigung zu enteignen. Flurbereinigungsverfahren ermöglichen zudem den Eintausch öffentlicher Flächen innerhalb eines größeren Gebiets sowie die Verteilung von Landverlusten aufgrund öffentlicher Flächeninanspruchnahmen auf einen größeren Kreis von Landeigentümern und Landnutzenden. Bund und Länder sollten dafür öffentliche Flächen als Tauschflächen vorhalten, möglichst ankaufen und v. a. nicht weiter durch z. B. die Bodenverwertungs- und -verwaltung GmbH in den ostdeutschen Bundesländern privatisieren. Planfeststellungs- und Flurbereinigungsverfahren eröffnen umfangreiche Möglichkeiten der Beteiligung von betroffenen Eigentümern und Bewirtschaftenden, Trägern öffentlicher Belange und Umweltverbänden. Es ist zu prüfen, inwieweit diese modernisiert werden können, um die Verfahren zu beschleunigen und stärker die Interessen aller Bürgerinnen und Bürger zu berücksichtigen (s. Abschnitt 9.4).

Insgesamt ist allerdings eine Beschleunigung der rechtlichen Verfahren nur eingeschränkt möglich, da die meisten bestehenden Verfahrensvorgaben (u. a. Umweltprüfung, Beteiligungsschritte, gerichtliche Überprüfungsmöglichkeiten) verfassungs- und europarechtlich vorgegeben sind. Umso wichtiger ist es daher, mit den Planfeststellungs- und Flurbereinigungsverfahren unverzüglich zu beginnen, möglichst vor 2030. Entscheidend für die Erreichung der Klimaneutralität bis 2045 ist zudem, dass die Landesregierungen und Kommunen ausreichende administrative Personalkapazitäten für die rechtliche Umsetzung und die erforderlichen Verfahren bereitstellen. Nur so lässt sich die Vielzahl von Verfahren in der gebotenen Geschwindigkeit durchführen (s. Abschnitt 9.3). Zugleich sollten EU, Bund und Länder die wirtschaftlichen Einkommensmöglichkeiten in wiedervernässten Mooren und renaturierten Auen weiter verbessern, um die Akzeptanz der damit einhergehenden Aktivitäten zu erhöhen und rechtlichen Auseinandersetzungen vorzubeugen (s. Abschnitt 9.2).

9.2 Kontraproduktive Subventionen abschaffen, ökologische Leistungen honorieren und Wertschöpfungsketten aufbauen

Ökonomische Anreize und sozialverträglicher Umbau: die Empfehlungen auf einen Blick

- Subventionen für eine auf Entwässerung beruhenden Landbewirtschaftung abschaffen und ökologische Leistungen honorieren.
- Bestehende Ermessensspielräume für Moor- und Auenprogramme ausschöpfen.
- Finanzierung von Moor- und Auenprogrammen durch Bund und Länder langfristig sichern.
- Ökologische Leistungen honorieren und die Gemeinsame EU-Agrarpolitik umgestalten.
- Fördermaßnahmen degressiv ausgestalten und verbindlich an Beratung knüpfen.
- Standortangepasste, wirtschaftlich tragfähige Geschäftsmodelle unterstützen und infrastrukturelle Voraussetzungen schaffen.
- Biomassepotenzial auf Moor- und Auenstandorten ausschöpfen und Freiflächen-Agri-PV auf landwirtschaftlich degradierten Standorten etablieren.

Subventionen für eine auf Entwässerung beruhenden Landwirtschaft abschaffen und ökologische Leistungen honorieren. Eine Fortsetzung der bestehenden, auf Entwässerung basierenden Subventionierung ist aufgrund ihrer Klima- und Umweltschäden aus gesamtwirtschaftlicher Sicht untragbar. Bisherige mit Entwässerung einhergehende Fördermaßnahmen, die trotz des Wissens um den Wert von Mooren und Auen gewährt werden, sind mit einer Übergangsfrist abzuschaffen, weil sie die Ziele des Klima- und Biodiversitätsschutzes durch kontraproduktive Anreize gefährden. Gleichzeitig sind die vielfältigen ökologischen Leistungen renaturierter Standorte angemessen zu fördern, um die nötige Sicherheit für ein angemessenes Einkommen bei Eigentümern und -nutzenden auf nassen Moor- und Auenstandorten herzustellen.

Bestehende Ermessensspielräume für Moor- und Auenprogramme ausschöpfen. Bestehende Ermessensspielräume für Fördermaßnahmen, die der Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen dienen, sollen möglichst ausgeschöpft werden. Die verantwortlichen Stellen (v. a. in den Bundesländern und ihren nachgelagerten Landesbehörden) sollen entsprechende Richtlinien, Interpretationshilfen und Auslegungsgrundsätze zugunsten einer Wiederherstellung nasser und feuchter Gebiete zeitnah vorlegen. Behörden, die diese Dokumente in ihrer täglichen Arbeit nutzen, sollen zudem ermutigt werden, diese im Sinne des Moor- und Auenschutzes ausulegen. Dabei sollte eine hohe Flexibilität im Sinne der Moor- und Auenvorhaben gewährleistet sein.

Finanzierung von Moor- und Auenprogrammen durch Bund und Länder langfristig sichern. Die Umstellung der Produktion auf Moor- und Auenstandorten sowie die Etablierung neuer Verwertungsketten erfordern eine längerfristige staatliche Unterstützung, bis alternative Produkte und Verwertungsketten etabliert sind. Die neuen Wertschöpfungsketten für Paludikulturen brauchen Zeit, um sich zu entwickeln, und sie stellen für die betroffenen Eigentümer und Nutzenden ein hohes unternehmerisches Risiko dar. Die Finanzierung von Fördermaßnahmen ist bei Bund und Ländern somit für einen langen Zeitraum abzusichern; die Förderung muss über die Dauer bisheriger Projektfinanzierung deutlich hinausgehen. Dazu ist das Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz des Bundes, das derzeit als wesentliches Förderinstrument nur bis 2027 läuft, in geeigneter Form weiterzuführen.

Ökologische Leistungen honorieren. Die Landwirtinnen und Landwirte an Moor- und Auenstandorten erbringen durch die angepasste Bewirtschaftung wiedervernässter bzw. renaturierter Flächen vielfältige ökologische Leistungen, die von der Gesellschaft zu honorieren sind. Für die Ausgestaltung von Förderprogrammen für den Moor- und Auenschutz sind daher entsprechende Förderpauschalen herzuleiten. An vielen Standorten liegen die Einkünfte der wirtschaftenden Landwirtinnen und Landwirte schon heute unterhalb oder nur knapp oberhalb der Deckungsbeiträge, die notwendig sind, um ihre wirtschaftliche Existenz dauerhaft zu sichern. Eine langfristig angelegte Honorierung ökologischer Leistungen würde diese Akteure in die Lage versetzen, schnell alternative Geschäftsmodelle aufzubauen. Diese Betriebe zeigen daher eine hohe Bereitschaft, Aufgaben zur Wiedervernässung von Mooren oder Renaturierung von Auen sofort und engagiert anzugehen. Bei landwirtschaftlichen Betrieben mit gegenwärtig hohen Deckungsbeiträgen, die auf der Bewirtschaftung von bisher entwässerten Standorten beruhen, sind die Opportunitätskosten hingegen höher. Hier bedarf es gegebenenfalls auch höherer staatlicher Förderungen, bis eine Umstellung der Produktion

und ein Aufbau alternativer Geschäftsmodelle erfolgt sind. Eine Fördervariante wäre die Einbeziehung des Moorschutzes in den CO₂-Emissionshandel. Wenn es gelingt, hierfür geeignete Ausgestaltungsvarianten zu entwickeln, könnten auch Verteilungsfragen akzeptabel gelöst werden. Es ist dabei eine wichtige Aufgabe der Politik, allen Akteurinnen und Akteuren deutlich zu machen, dass ein Umschwenken auf alternative Geschäftsmodelle (z. B. auf nasse, angepasste Kulturen) eine gesellschaftliche Notwendigkeit ist und sich langfristig nur auf diesem Wege die Einkommensmöglichkeiten der land- (und forstwirtschaftlichen) Betriebe sichern lassen.

Gemeinsame EU- Agrarpolitik umgestalten. Bei der Umwidmung der landwirtschaftlich genutzten Flächen kommt der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (GAP) aufgrund ihres Fördervolumens eine besonders große Rolle zu. Ab der nächsten Förderperiode (2028) sollte die GAP in ihrer nationalen Umsetzung konsequent die Moorwiedervernässung und Auenrenaturierung mit einbeziehen. Für die zu entwickelnden Fördermaßnahmen gilt es dabei zu berücksichtigen, dass neben den betroffenen Landeigentümern und Landnutzenden auch die Vorhabenträger (bzw. die Projektsteuerung) eine finanzielle Unterstützung erhalten, was bislang unterblieben ist.

Förderung degressiv ausgestalten und verbindlich an Beratung knüpfen. Die Förderprogramme zugunsten des Auen- und Moorschutzes sollen sicherstellen, dass die anvisierten neuen Wertschöpfungsketten schnell und umfassend etabliert werden können. Die Fördermaßnahmen sind dazu zwar langfristig (bis maximal 2045), aber zugleich auch degressiv auszurichten – schließlich dienen sie der Unterstützung bei der Umstellung wirtschaftlichen Handelns während einer Übergangsphase. Es gilt, frühzeitiges und zügiges Handeln besonders zu belohnen. Pioniere sind daher bei der Umstellung ihrer Wirtschaftsbetriebe stärker als Nachzügler zu fördern. Weiterhin ist eine ergebnisorientierte Förderung zu erwägen, die an den Erfolg von Maßnahmen anknüpft, sofern die dafür notwendigen Voraussetzungen (hinsichtlich Messbarkeit, Praktikabilität, ausreichende Personalausstattung) gegeben sind. Die Förderung sollte auch an eine Beratung zu betrieblichen Umsetzungsszenarien für Landwirtschaftsbetriebe auf den Auen- und Moorstandorten gebunden werden.

Standortangepasste, wirtschaftlich tragfähige Geschäftsmodelle unterstützen und infrastrukturelle Voraussetzungen schaffen. Der Aufbau neuer Wertschöpfungsketten und Absatzmärkte erfordert mehr als nur staatliche Subventionen. Es geht grundlegend um die Etablierung alternativer Geschäftsmodelle (Business Cases) bzw. die Schaffung neuer dauerhafter und angemessener wirtschaftlicher Einkommensmöglichkeiten durch die Entwicklung neuer Produkte, Wertschöpfungsketten und Absatzmärkte. „Neue Produkte“ umfassen z. B. Dämmstoffe oder Verpackungsmaterialien mit einem Rohstoffanteil aus Paludikulturen oder alternative Formen der Tierhaltung auf nassen Weideflächen. Aber auch Einnahmen aus der Beteiligung am CO₂-Handel oder der Etablierung von Agri-PV-Anlagen auf dafür geeigneten Standorten können eine Rolle spielen. Für die Schaffung von Absatzoptionen ist dabei die gesamte Wertschöpfungskette in den Blick zu nehmen. Landwirtinnen und Landwirte, Hersteller, Lieferanten, Zwischen- und Großhandel, Verkaufspersonal und auch die Kundschaft müssen gemeinsam die neuen Absatzmöglichkeiten identifizieren und generieren. Hierfür sind Modellstudien durchzuführen, neue Formen der Zusammenarbeit auszuloten und die Voraussetzungen für erfolgreiche Marktaktivitäten zu prüfen.

Staatliche Instanzen bei Bund, Ländern und Kommunen können diese Vorhaben fördern, indem sie die nötigen Infrastrukturen und Prozesse finanziell und organisatorisch unterstützen und die Rahmenbedingungen so gestalten, dass betriebliche Umstellungen deutlich erleichtert werden.

Biomassepotenzial auf Moor- und Auenstandorten ausschöpfen und Freiflächen-Agri-PV auf landwirtschaftlich degradierten Standorten etablieren.

Agrarflächen auf Moor- und Auenstandorten bieten die Möglichkeit, stoffliche Produkte aus Paludikulturen zu erzeugen. Auch die energetische Nutzung – günstigenfalls in einer Kaskade nach der stofflichen Nutzung – steht als Option zur Verfügung. Für die Transformation von einer fossilbasierten zu einer biobasierten Wirtschaft wird Biomasse benötigt. Wiedervernässte Moore und renaturierte Auen sind hierfür besonders geeignet, weil sie – anders als viele andere landwirtschaftlich genutzte Flächen – nicht vorrangig der Produktion von Lebensmitteln dienen. Hinzu kommt an dieser Stelle, dass ein Großteil der kohlenstoffreichen Böden als Grünland genutzt wird; neue Formen der Beweidung und Biomasse können hier neue Perspektiven eröffnen. Zusätzlich zur Biomasse bietet die Nutzung von Moor- und Auenflächen für Agri-PV eine erfolgversprechende Perspektive. Dies gilt vorrangig nur für agrarisch degradierte Flächen. Eine wichtige Voraussetzung ist, dass der Bau, die Unterhaltung und der Rückbau von Agri-PV-Anlagen unter Aspekten des Boden-, Natur- und Biodiversitätsschutzes erfolgen muss. Schließlich können auch durch Natur- und Ökotourismus neue regionale Entwicklungsperspektiven geschaffen werden.

Die vorgelegten Empfehlungen zur ökonomischen Unterstützung (und zugleich einkommensseitigen sozialen Abfederung) bei der Umstellung auf alternative Bewirtschaftungsmodelle für wiedervernässte Moore und renaturierte Auen zielen auf eine Fortführung der wirtschaftlichen Nutzung ab – nicht auf eine Stilllegung von Flächen. Für naturschutzfachlich wertvolle Flächen bietet sich demgegenüber die Herausnahme aus der Nutzung an. Die Fortführung der Bewirtschaftung und die damit verbundenen staatlichen Fördermaßnahmen auf den genutzten Flächen sollen einen Ausgleich für Wert- und Einkommensverluste von Landeigentümern und Landnutzenden schaffen, bis sich neue Geschäftsmodelle und Wertschöpfungsketten etabliert haben. Selbst eine eingeschränkte Bewirtschaftung ist aus ökonomischer Sicht einer Lösung vorzuziehen, bei der in großem Umfang Wasser der Landschaft entzogen wird.

Ökonomische Anreize stoßen jedoch an ihre Grenzen, wenn einzelne „Verweigerer“ die Umsetzung verhindern, selbst wenn die Mehrheit mit den Maßnahmen einverstanden ist und die ökonomischen Rahmenbedingungen günstig erscheinen. In diesen Fällen bleibt oft nur die Möglichkeit, durch Verfahren der Planfeststellung und Flurbereinigung klimapolitisch notwendige Änderungen auf rechtllichem Wege herbeizuführen (s. Abschnitt 9.1). Die Schaffung neuer ökonomischer Einkommensmöglichkeiten sollte zugleich mit Prozessen der Teilhabe und Partizipation einhergehen, denn sie erfordern neue Wege der Zusammenarbeit und Abstimmungen, die oft noch nicht bestehen und erst neu etabliert werden müssen.

9.3 Politische und behördliche Zuständigkeiten klären sowie Kapazitäten aufbauen

Zuständigkeiten und Kapazitäten: die Empfehlungen auf einen Blick

- Adäquat personell und finanziell ausgestattete, effizient agierende behördliche Arbeitseinheiten und kompetent beratende Vorhabenträger schaffen.
- Moor- und Auenschutz- sowie Nutzungsstrategien auf Landesebene entwickeln.
- Behördliche Kompetenzzentren für die Umsetzung und langfristige Betreuung von Wiedervernässungen und Auenrenaturierung schaffen.
- Verfahrenserlasse für Untere Behörden erstellen sowie Weiterbildungsmaßnahmen für Mitarbeitende anbieten.
- Aufgaben der Wasser- und Bodenverbände im Wasserverbandsgesetz und in Landesgesetzen ändern.
- Vorhabenträger stärken und kompetent beraten, in berufliche Aus- und Weiterbildung investieren.
- Daueraufgaben adäquat und über angemessene Zeiträume finanzieren.

Adäquat personell und finanziell ausgestattete, effizient agierende behördliche Arbeitseinheiten und kompetent beratende Vorhabenträger schaffen.

Um einen geeigneten rechtlichen Rahmen sowie ausgeklügelte ökonomische Anreize zum Aufbau von Wertschöpfungsketten zu schaffen, braucht es ausreichende Kapazitäten auf Seiten der Behörden und Vorhabenträger. Adäquat personell und finanziell ausgestattete, effizient agierende behördliche Arbeitseinheiten und kompetente Beratende sind daher eine übergreifende, zentrale Voraussetzung, um Maßnahmenprogramme zur Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen in der Praxis umzusetzen. Dies betrifft die personellen und sachlichen Kapazitäten, aber auch die fachlich-inhaltliche Ausrichtung aller Beteiligten. Diese müssen in einem lernenden System stets neues Wissen verarbeiten.

Moor- und Auenschutz- sowie Nutzungsstrategien auf Landesebene entwickeln.

Für die notwendige großflächige Umsetzung von Moor- und Auenschutz sind Strategien, die auf die eigentlichen Moor- und Auenflächen beschränkt sind, unzureichend. Vielmehr müssen Moor-, Auen- und Landnutzungsstrategien auf Basis klarer politischer Zielvorgaben auf Landesebene gemeinsam durch alle zuständigen Ressorts (z. B. Umwelt-, Landwirtschafts- und Wasserressorts) entwickelt werden (s. Abschnitt 9.1). Dabei ist in den moorreichen Bundesländern die gesamte Landesfläche in den Blick zu nehmen, da es um Landnutzungsentscheidungen in allen Einzugsgebieten der Moore und Auen geht. Nur so kann eine zukunftsfähige Landnutzung für verschiedene und teils konkurrierende Ziele erfolgen. Dies betrifft z. B. die Produktion von Nahrungsmitteln, Erzeugung erneuerbarer Energien, Förderung von Biodiversität und die Kohlenstoffspeicherung. Die bisherige Zuständigkeit für den Moor- und Auenschutz bei einzelnen Fachbehörden reicht nicht aus, es braucht vielmehr eine systemische Gesamtbetrachtung sowie eine Bündelung von zentralen behördlichen Zuständigkeiten.

Behördliche Kompetenzzentren für die Umsetzung und langfristige Betreuung von Wiedervernässungen und Auenrenaturierung schaffen. Die anstehende Transformation kann nur unter der Voraussetzung eines Auf- und Ausbaus personeller und fachlicher Kapazitäten gelingen. Dies gilt in besonderer Weise für die Einrichtung und Ertüchtigung von Behörden, die sich der Wiedervernässung von Mooren sowie der Renaturierung von Auen annehmen. Die Schaffung moor- und auenbezogener Fachstellen in den Umwelt- und Planungsbehörden ist von der Bundes- bis zur Kommunalebene notwendig. Je nach Ebene und Bundesland können sie unterschiedlich verortet sein, unbedingt aber nah an der Wasserbehörde und unter Beteiligung der Landwirtschafts- und der Naturschutzverwaltung. Klare Zuständigkeiten sind dabei unabdingbar. Der Bedarf an Fachstellen gilt beim natürlichen Klimaschutz in besonderer Weise für Moore und Auen. Da es sich um eine langfristige Aufgabe handelt, muss Fachpersonal dauerhaft angestellt werden. Die Unterstützung und Beratung privater Akteurinnen und Akteure (z. B. im Rahmen von Geschäftsmodellen für die Inwertsetzung von Ökosystemleistungen) sollen dabei Schwerpunkt der behördlichen Tätigkeiten sein, denn ein umfassender Moor- und Auenschutz kann nur im Zusammenspiel von staatlichen und privaten Beteiligten gelingen.

Verfahrenserlasse für Untere Behörden erstellen sowie Weiterbildungsmaßnahmen für Mitarbeitende anbieten. Neben der Schaffung neuer Fachstellen ist es insbesondere notwendig, die Wasserbehörden für die neuen Aufgaben zu ertüchtigen: Es gilt, Kooperationen voranzutreiben und Personalkapazitäten zur Realisierung lokaler Lösungen für den Wasserrückhalt und für die Umsetzungsvorhaben aufzubauen. Das erfordert insbesondere, den verantwortlichen Behörden klare und pragmatische Verfahrenserlasse an die Hand zu geben (z. B. für die Auswahl wasserrechtlicher Genehmigungsverfahren) und standardisierte Verfahrensabläufe zu etablieren sowie das Personal zu schulen.

Aufgaben der Wasser- und Bodenverbände im Wasserverbandsgesetz und in Landesgesetzen ändern. Bei der Aufgabe, das Wasser in der Landschaft zu halten, spielen Wasser- und Bodenverbände eine bedeutende Rolle. Einerseits stellen sie auf regionaler Ebene und vor Ort die Weichen für ein zukunftsgerichtetes Wassermanagement. Andererseits gehört es nach dem Wasserverbandsgesetz (WVG) zu ihren Aufgaben, bestehende Entwässerungsanlagen zu unterhalten und die Interessen der Grundstückseigentümer und bewirtschaftenden Betriebe zu wahren. Die bestehenden kooperativen Strukturen sind zentral, um die neue Prämisse, das Wasser in der Landschaft zurückzuhalten, in die Köpfe der Menschen und schließlich in die Umsetzung zu bringen. Dafür ist eine Erweiterung bzw. Änderung der Aufgaben der Wasser- und Bodenverbände im WVG und in den jeweiligen Landesgesetzen zwingend notwendig (s. Abschnitt 9.1). Weiter gilt es zu prüfen, bei welchen Flüssen die Nutzung als Schifffahrtsstraße höher zu gewichten ist als das Interesse an ihrer Renaturierung. Daraus leitet sich eine Aufgabenverschiebung hin zu Renaturierung und guten ökologischen Erhaltungszuständen für die Wasserstraßen- und Schifffahrtsämter des Bundes ab. Dies würde zudem die Umsetzung des ambitionierten Programms Blaues Band Deutschland fördern.

Vorhabenträger stärken und kompetent beraten, in berufliche Aus- und Weiterbildung investieren. Der Auf- und Ausbau des Wissens ist ein langfristiger Prozess. Das bearbeitende Personal muss mit einem klaren Auftrag ausgestattet sein. Beim Aufbau zusätzlicher Kompetenzen sollten bestehende und im Moor- und Auenschutz etablierte Strukturen genutzt und funktionierende, fachlich kompetente und bundesweit vernetzte Einrichtungen gestärkt werden. Ebenso wichtig sind eine kompetente Beratung von Vorhabenträgern und Investitionen in berufliche Aus- und Weiterbildung. Mit den derzeitigen Kapazitäten würde es laut einer Analyse für Mecklenburg-Vorpommern als einem der moorreichsten Bundesländer noch 200 Jahre dauern, bis die gesamten Moorflächen wiedervernässt sind.

Daueraufgaben adäquat und über angemessene Zeiträume finanzieren. Die Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen muss über den „Projektstatus“ hinausgehen, ihre Umsetzung dauerhaft und auf Basis geeigneter Förder Richtlinien erfolgen (s. Abschnitt 9.2). Moor- und Auenschutz sind langfristige Aufgaben; es wird noch Jahrzehnte dauern, bis die Wiedervernässung nahezu der gesamten Moorfläche und die Renaturierung umfassender Auenflächen erfolgt sein werden. Bis dahin bedarf es einer unterstützenden staatlichen Finanzierung. Die Aufnahme in das Grundgesetz als Gemeinschaftsaufgabe ist zu prüfen, wobei gegebenenfalls notwendige Gesetzesänderungen kein Hindernis darstellen sollten.

9.4 Akzeptanz für Kulturwandel und Transformation durch Partizipation

Kulturwandel: die Empfehlungen auf einen Blick

- Die Einbettung des Moor- und Auenschutzes in die notwendige gesamtgesellschaftliche Transformation verdeutlichen.
- Moor-Mainstreaming und „Mitdenken“ von natürlichem Klimaschutz etablieren und anhand einer Aufbereitung von „Good Practice“-Beispielen konkret verdeutlichen.
- Mehr Verständnis für den Schutz von Mooren und Auen durch Sensibilisierung und Aufklärung schaffen.
- Interessengruppen über Möglichkeiten der Beteiligung und ökologische, ökonomische sowie soziale Chancen und Risiken informieren.
- Partizipative Verfahren (Beteiligung aller Akteure an Planung und Umsetzung) etablieren, um kooperatives Handeln zwischen Politik, Verwaltung und privaten Akteuren zu fördern.
- Kapazitäten für Mediation, partizipative Formate und Öffentlichkeitsarbeit in Behörden und bei Vorhabenträgern aufbauen.

Die Einbettung des Moor- und Auenschutzes in die notwendige gesamtgesellschaftliche Transformation verdeutlichen. In den letzten Dekaden hat ein Umdenken in Bezug auf die Wiedervernässung von Mooren und die Renaturierung von Auen stattgefunden und einen deutlichen Kulturwandel eingeleitet. Dass diese Maßnahmen umgesetzt werden müssen, steht heute außer Zweifel und leitet sich aus den Zusagen ab, die wir gegenüber der Gesellschaft und den nachfolgenden Generationen in nationalen und internationalen Verträgen sowie politischen Erklärungen ver-

bindlich abgegeben haben. Wie sich dies erreichen lässt, ist offen und konstruktiv zu diskutieren; etablierte Ansichten und Mechanismen sind dabei auf den Prüfstand zu stellen. Der neue Kurs ist unabdingbar, sollte aber in Anerkennung der bisherigen Leistungen geschehen, die in deutlich anderen historischen Kontexten erbracht wurden. Der derzeitige verbindliche Rahmen als gemeinschaftlich anzugehende Aufgabe, die damit verbundene übergeordnete Gesamtstrategie sowie die darauf aufbauenden Ziele und Maßnahmen sind von der Bundesebene bis zur Länder- und Kommunalebene zu vermitteln und zu diskutieren. Dabei geht es auch um neue Narrative, die nicht nur den Klima- und Biodiversitätsschutz aufgreifen, sondern die Sicherung wichtiger, natürlicher Ressourcen und die Entwicklung nachhaltiger Produkte einbeziehen.

Moor-Mainstreaming und „Mitdenken“ von natürlichem Klimaschutz etablieren und anhand einer Aufbereitung von „Good Practice“-Beispielen konkret verdeutlichen. Viele rechtliche, wirtschaftliche und politische Bedingungen setzen den Rahmen für die Umsetzung von Moor- und Auenschutz. Daraus leitet sich die Notwendigkeit eines Moor-Mainstreamings und Mitdenkens von Natürlichem Klimaschutz in Politik, Wirtschaft, Recht und Alltagshandeln ab. Das aktive Einbeziehen von Moor- und Auenschutz muss institutionell verankert werden. So ist im Handlungsfeld Wasser bei der Bundesschifffahrtsverwaltung und bei den Wasserwirtschafts- und Bodenverbänden ein Paradigmenwechsel erforderlich. Allein für die Umsetzung der stofflichen Verwertung von Biomasse aus Paludikulturen sind mindestens zehn Gesetzes- bzw. Rechtsbereiche relevant.

Mehr Verständnis für den Schutz von Mooren und Auen durch Sensibilisierung und Aufklärung schaffen. Eine zunehmende Zustimmung der Gesellschaft für Maßnahmen des Klimaschutzes und ihre Sensibilisierung für die positiven Eigenschaften von Moor- und Auengebieten sind deutlich erkennbar und zugleich dringend erforderlich. Dieser gesellschaftliche Prozess muss durch „Moor-Kampagnen“ und „Moor-Bildung“ auf der Basis des Prinzips der nachhaltigen Entwicklung weiter ausgebaut und in die schulischen Bildungspläne integriert werden. Umweltbildung, die Förderung eines persönlichen Naturbezuges und Grundverständnisses für die menschliche Abhängigkeit von funktionierenden Ökosystemen sind für eine positive gesellschaftliche Grundhaltung unerlässlich und beugen Antihaltungen vor. Dabei gilt es, unterschiedliche Kommunikationskanäle zu nutzen und evidenzbasierte Informationen adressatengerecht zu vermitteln.

Interessengruppen über Möglichkeiten der Beteiligung und ökologische, ökonomische sowie soziale Chancen und Risiken informieren. Maximale Transparenz über die positiven und negativen Auswirkungen eines aktiven Moor- und Auenschutzes ist das vorrangige Ziel in den Dialogprozessen mit Stakeholdern sowie betroffenen Bürgerinnen und Bürgern. Wir müssen Möglichkeiten zur Mitgestaltung des Transformationsprozesses schaffen und ausbauen und v. a. den langfristig involvierten Berufsgruppen, z. B. aus Land- und Forstwirtschaft, Gelegenheit geben, ihre Bedenken, Anliegen und Wünsche zu äußern. Grundsätzlich sind partizipative Verfahren unter Einbeziehung unterschiedlicher Wissensstände, Interessen und Werte erforderlich, um die Ausgangssituation besser zu erfassen und gemeinsam einen Lösungsraum für ökologisch erforderliche, wirtschaftlich tragfähige und sozial verträgliche Maßnahmen und Handlungsorientierungen zu erschließen.

Partizipative Verfahren (Beteiligung aller Akteure an Planung und Umsetzung) **etablieren, um kooperatives Handeln zwischen Politik, Verwaltung und privaten Akteuren zu fördern.** Die erforderlichen Veränderungen in Mooren und Auen lassen sich durch kooperatives Handeln der betroffenen Akteurinnen und Akteure nachhaltig umsetzen. Bislang wurden viele Moorentwässerungen und Flussbegradigungen mittels Direktiven durchgesetzt. Zukünftig gilt es, durch demokratische und partizipative Formen der Entscheidungsfindung die erforderlichen Schutz- und Renaturierungsmaßnahmen für Moore und Auen einzuleiten. Eine professionelle und kompetente Durchführung partizipativer Verfahren fördert die Bereitschaft der Akteurinnen und Akteure zu einer gemeinsamen Problemdefinition wie auch die Entwicklung effektiver, effizienter und fairer Lösungsoptionen. Dafür stehen vielfältige Formate zur Verfügung, die sich je nach Kontext und Beteiligten maßgerecht einsetzen lassen. Erfolgreiche Wiedervernässungsprojekte erfordern z. B. die Schaffung regionaler Verbände in Wassereinzugsgebieten oder die Kooperation nachbarschaftlich verbundener Landwirtschaftsbetriebe, mitunter über Verwaltungsgrenzen hinaus. Über gemeinsam entwickelte Ziele lassen sich auch weitere Synergien ausloten – das reicht von gemeinsamer, standortangepasster Bewirtschaftung, über den gegenseitigen Wissens- und Erfahrungsaustausch bis zur kooperativen Vermarktung von Produkten mehrerer landwirtschaftlicher Betriebe oder einer Region.

Kapazitäten für Mediationsverfahren, partizipative Formate und Öffentlichkeitsarbeit in Behörden und bei Vorhabenträgern aufbauen. Zum Kulturwandel und Erfolg des Transformationsprozesses gehört auch, dass Behörden und Vorhabenträger eigene Kapazitäten für Kommunikation, Partizipation und Öffentlichkeitsarbeit entwickeln sowie Ressourcen für unabhängige Akteurinnen und Akteure in Aushandlungsprozessen (Mediation) vorsehen (s. Abschnitt 9.3). Staatlich forcierte Vorhaben, die eine erhebliche Wirkung auf individuelles Eigentum haben, sind umfassend mit den betroffenen Stakeholdern auszuhandeln und gegenüber der Öffentlichkeit kommunikativ zu begleiten. Sorgen um unerwünschte Nebenwirkungen, wie Mückenplagen, Vernässung von Kellern oder Wertverlust infolge der Renaturierung von Flächen verlangen fachlich fundierte Antworten und vertrauensbildende Dialogformate. Bestehen in einer Region Bedenken aufgrund eingetretener, erwarteter oder auch nur befürchteter Schäden, muss eine Beschwerdestelle z. B. beim Land eingerichtet werden, die diese Anliegen aufnimmt und zügig bearbeitet. Andernfalls können gesellschaftliche Verwerfungen entstehen, die – verglichen mit einer vorbeugenden Konfliktschlichtung – ein Vielfaches an Aufwand und Kapazitäten erfordern.

9.5 System- und Handlungswissen stärken

System- und Handlungswissen: die Empfehlungen auf einen Blick

- Grundlegendes Prozessverständnis stärken, um die Eigendynamik und Resilienz von Mooren und Auen nachhaltig zu fördern.
- Geeignete Indikatoren entwickeln und umfassendes und verbindliches Monitoring etablieren, um die Effekte der Maßnahmen überprüfen zu können.
- Disziplinen- und institutionenübergreifende Zusammenarbeit stärken.
- Offen zugängliche Daten-, Informations- und Wissensspeicher auf- und ausbauen.
- Erfahrungen von funktionierenden und gescheiterten Aufwertungen von Mooren und Auen in neuen Projekten nutzen.

Landnutzung, Governance und rechtliche Rahmenbedingungen bestimmen zunehmend Renaturierungsmaßnahmen. Dabei geraten zentrale Ziele von Maßnahmen, wie die Förderung sich selbst regulierender Systeme, funktioneller Prozesse und Ökosystemleistungen oder die Resilienz von Moor- und Auenlandschaften, oft in den Hintergrund. Entscheidungstragende, Landwirtinnen und Landwirte ebenso wie Landbesitzende benötigen mehr denn je fundiertes System- und Handlungswissen, um effektive Maßnahmen ergreifen zu können. Um systemische Lösungsoptionen für einen nachhaltigen Landschaftswasserhaushalt zu erarbeiten, ist es erforderlich, unterschiedliche Wissensformen zu integrieren. Dazu gehört das Wissen über die Bedeutung von Mooren und Auen als Ökosysteme und ihre vielfältigen Leistungen, über die Methoden und Technologien zur Wiedervernässung und Renaturierung sowie über angemessene rechtliche, ökonomische und sozialverträgliche Rahmenbedingungen und wie sie zu gestalten sind.

Grundlegendes Prozessverständnis stärken, um die Eigendynamik und Resilienz von Mooren und Auen nachhaltig zu fördern. Die Mehrfachbelastung der Auen und Moore stellt ihr Management vor große Herausforderungen. Daher überrascht es nicht, dass kleinräumige Renaturierungsprojekte im Rahmen von Evaluierungen zumeist nur null bis 30 Prozent eines angestrebten Referenzzustandes erreichen: Aus einem wiedervernässten Moor wird oft nur ein Flachsee, und einer angebundenen Aue fehlt die notwendige morphologische Dynamik, um natürliche Sukzessionsprozesse zu ermöglichen. Es ist daher unabdingbar, mit höchster Priorität das Verschlechterungsverbot umzusetzen und Schutz- und Renaturierungsmaßnahmen prozessbasiert aufzusetzen. Dies wiederum erfordert ein grundlegendes Verständnis der komplexen funktionellen Wechselwirkungen zwischen hydro-geomorphologischen (u. a. Wasser- und Sedimenthaushalt), ökosystemaren (u. a. Kohlenstoffspeicherung) und biologischen (funktionelle Biodiversität) Prozessen. Dieses Prozessverständnis ist notwendig, um die unvermeidlichen Interessenkonflikte zwischen Schutz, Renaturierung und unterschiedlichen Nutzungen bewältigen zu können. Dabei gilt es, Maßnahmen, die eine permanente Unterhaltung erfordern (z. B. regelmäßiges Ausbaggern) oder einseitig ausgerichtet sind (z. B. Anlage von Pappelplantagen zur Kohlenstoffspeicherung), zu vermeiden; vielmehr müssen sich selbst tragende, natürliche Prozesse auf den Weg gebracht werden.

Geeignete Indikatoren entwickeln und umfassendes und verbindliches Monitoring etablieren, um die Effekte der Maßnahmen überprüfen zu können. Die Erfahrung zeigt, dass Projekte mit ungenügender Evaluierung häufig als besonders erfolgreich eingestuft werden. Eine dezidierte Erfolgskontrolle und ein verbindliches begleitendes Monitoring sind daher unabdingbar, um die Auswirkungen von Vernässungen und Renaturierungsmaßnahmen unabhängig und standardisiert überprüfen zu können. Das gilt besonders dann, wenn der Schutz des Klimas und der Biodiversität sowie die nachhaltige Nutzung von Mooren und Auen als gemeinsame Ziele formuliert werden. So sind die renaturierte Fläche oder die Flusslänge zumeist schwache Indikatoren, um den Erfolg von Maßnahmen zu bewerten. Solchen Fehleinschätzungen gilt es entgegenzuwirken, da ansonsten das Vertrauen in einen effizienten Einsatz öffentlicher Ressourcen für Renaturierungsmaßnahmen sinkt. Indikatoren müssen prozessorientiert, skalierbar und robust sein.

Disziplinen- und institutionenübergreifende Zusammenarbeit stärken. Die angesprochenen Aufgaben sind nur zu bewältigen, wenn die disziplinären und institutionellen Grenzen durchbrochen werden und das Wissenschaftssystem durchlässiger wird. Die komplexen Wechselwirkungen zwischen Landschaftswasserhaushalt, Biodiversität und Stoffdynamik einerseits und die sozialen, ökonomischen und strukturellen Rahmenbedingungen sowie Ansprüche andererseits benötigen transdisziplinäre Forschungsansätze vom Ko-Design bis hin zur Ko-Implementierung. Die Wiedervernässung von Mooren und die Renaturierung von Auen können beispielgebend sein, um diesen Anspruch zu erfüllen. Dazu bedarf es Mut und Weitblick von Seiten der Politik und der Wissenschaft. Die Universitäten und Forschungseinrichtungen sind zugleich durchlässiger und weniger hierarchisch zu organisieren, als es derzeit der Fall ist.

Offen zugängliche Daten-, Informations- und Wissensspeicher auf- und ausbauen. Kommunen, Länder und der Bund planen Managementstrategien und -maßnahmen auf der Grundlage des besten verfügbaren System- und Handlungswissens. Dieses Wissen muss evidenzbasiert und offen zugänglich sein sowie kontinuierlich ausgebaut werden. Zugleich lassen sich Projekte zur Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen als „Großexperimente“ nutzen, um durch eine adäquate Begleitforschung das Prozessverständnis auszubauen, das wiederum ein adaptives Management unterstützt. Derzeit entstehen vielfältige Aktivitäten, im Rahmen derer sich die Möglichkeit bietet, Erkenntnisse über die komplexen Vorgänge bei der Durchführung entsprechender Maßnahmen zu gewinnen. Zugleich bestehen große Lücken im Verständnis der vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Wasserhaushalt, Klima und Biodiversität – bei Mooren, aber insbesondere bei Auen. Ein Wissensspeicher ist auch notwendig, um unrealistischen Erwartungen an Wiedervernässungs- und Renaturierungsprojekte entgegenzuwirken, klare Prioritäten zu setzen und durch Transparenz die Akzeptanz und aktive Beteiligung von gesellschaftlichen Akteurinnen und Akteuren zu fördern. Diese Wissensspeicher können auf Bundesebene an bestehende Institutionen andocken.

Erfahrungen aus funktionierenden und gescheiterten Aufwertungen von Mooren und Auen in neuen Projekten nutzen. Dieses Praxiswissen sollte viel umfassender als bisher genutzt werden, um beteiligte Interessengruppen über die Effekte und Chancen der Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen zu informieren, Lösungen für den Umgang mit Konflikten aufzuzeigen und emotional für die Schönheit, Vielfalt und Eigenart sowie den Mehrwert entsprechender naturnaher Landschaften zu werben. Wirksame Formate sind Treffen vor Ort, Feldtage bei beteiligten Landnutzerinnen und Landnutzern und generationenübergreifende Landschaftsspaziergänge. Bei der Entwicklung von Handlungsleitfäden für neue Vorhaben sollten unbedingt das Wissen und die Erfahrungen derjenigen einbezogen und honoriert werden, die sich in den letzten drei Jahrzehnten als Pioniere für die Umsetzung von Wiedervernässungs- bzw. Renaturierungsmaßnahmen eingesetzt haben.

9.6 Die Größe der Aufgabe ernst nehmen

Die vorgelegten Handlungsempfehlungen sind ambitioniert, auch weil sie die Bereiche Klima, Wasserhaushalt und Biodiversität gemeinsam in den Blick nehmen. Es ist zu betonen, dass sie aus bestehenden Gesetzen und Strategien abgeleitet sind. Die Maßnahmen zur Wiedervernässung von Mooren und Renaturierung von Auen nehmen diesen Ausgangspunkt ernst und folgen daher konsequent den Vorgaben der Politik auf inter-

nationaler und nationaler Ebene. Zudem basieren sie auf wissenschaftlich fundierten Erkenntnissen und einer Datenlage, die dem aktuellen Wissensstand entspricht.

In elf Fachgesprächen mit Stakeholdern, Fachleuten aus Ministerien und Verbänden sowie mit Beteiligten wurden umsetzungsbezogene Handlungsoptionen und -barrieren diskutiert. Dabei wurde deutlich, dass die Herausforderungen, das Wasser wieder stärker in der Landschaft zu halten, die Moore in Deutschland flächendeckend wieder zu vernässen, die Auen an die Fließgewässer anzuschließen und zu dynamisieren, groß und umfassend sind – vergleichbar dem Ausstieg aus der Kohle oder der Atomkraft. Eine so weitreichende Transformation kann nur gelingen, wenn die nötigen Voraussetzungen dafür geschaffen werden. Zum einen heißt das, einfach zu realisierende Maßnahmen sofort umzusetzen; es geht aber mehr noch um die umfangreichen, tiefgreifenden Veränderungen auf großer Fläche, die rechtzeitig eingeleitet werden müssen.

Es ist wenig strittig, dass diese Aufgabe gesellschaftlich lohnend ist. Die gesamtwirtschaftlichen Vorteile überwiegen deutlich jene Kosten, die sich aus der Beibehaltung des aktuellen Zustands ergeben (s. Kapitel 7). Entscheidend ist aber, ob es uns gelingt, auch einzelwirtschaftlich vertretbare Voraussetzungen dafür zu schaffen, dass die Akteure, insbesondere die Landeigentümer und Landnutzende, auch tatsächlich mitmachen. Hierfür enthalten die vorgelegten Handlungsempfehlungen ein Bündel von Maßnahmen.

Für viele betroffene Landeigentümer und Landnutzende bieten die empfohlenen Maßnahmen die Chance, ihre Einkommensmöglichkeiten zu erhalten oder zu verbessern. Zugleich müssen diejenigen, die sich den notwendigen Veränderungen entgegenstellen und am Status quo festhalten wollen, erkennen, dass sich angesichts der sich verschärfenden Klima- und Biodiversitätskrise die Bedingungen auch für sie geändert haben. Handeln sie nicht, hat dies langfristig einen Wertverlust ihres Landbesitzes zur Folge, ebenso bei ihrer Nachbarschaft.

Die Schaffung der Voraussetzungen und schlussendlich die Umsetzung der Maßnahmen müssen in einem demokratischen Gestaltungsprozess von allen Ebenen der Politik, Verwaltung, Wirtschaft, Verbände und Gesellschaft vorgedacht, entwickelt und durchgeführt werden. Neben der Bereitschaft zur Kooperation unter den Akteurinnen und Akteuren ist ein Grundverständnis für die ganzheitlichen bzw. systemischen Zusammenhänge unabdingbar. Die Maßnahmen zur Wiedervernässung von Mooren und zur Renaturierung von Auen dienen der Generationengerechtigkeit, denn es geht um kein geringeres Ziel als die dauerhafte Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen. Daher ist es unabdingbar, diese Maßnahmen langfristig und nachhaltig zu finanzieren und umzusetzen und nicht aufgrund flüchtiger Interessen abzuschwächen oder gar rein kurzfristig gedachten finanzpolitischen Restriktionen zu unterwerfen.

Mitwirkende

Mitglieder der Arbeitsgruppe

Die mitwirkenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wurden entsprechend der veröffentlichten „Regeln für den Umgang mit Interessenkonflikten in der wissenschaftsbasierten Beratungstätigkeit der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina“ verpflichtet, Tatsachen zu benennen, die geeignet sein können, zu Interessenkonflikten zu führen. Außerdem wird auf die vorliegenden Regeln verwiesen.

Sprecher der Arbeitsgruppe

Prof. Dr. Klement Tockner ML	Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, Frankfurt; Goethe-Universität Frankfurt, Fachbereich Biologie
Prof. Dr. Bernd Hansjürgens	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Umweltökonomik; Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Juristische und wirtschaftswissenschaftliche Fakultät

Mitglieder der Arbeitsgruppe

Prof. Dr. Daniel Hering	Universität Duisburg-Essen, Abteilung Aquatische Ökologie
Prof. Dr. Johannes Kollmann	Technische Universität München, Professur Renaturierungsökologie
Prof. Dr. Jürgen Kreyling	Universität Greifswald, Institut für Botanik und Landschaftsökologie
PD Dipl.Ing. Dr. Hermine Mitter	Universität für Bodenkultur Wien, Institut für nachhaltige Wirtschaftsentwicklung
Dr. Stefan Möckel	Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Department Umwelt- und Planungsrecht
Prof. Dr. Annette Prochnow	Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie Potsdam, Abteilung Technikbewertung
Prof. Dr. Ortwin Renn ML	Forschungsinstitut für Nachhaltigkeit – Helmholtz-Zentrum Potsdam
PD Dr. Franziska Tanneberger	Universität Greifswald, Institut für Botanik und Landschaftsökologie; Greifswald Moor Centrum
Prof. Dr. Dörthe Tetzlaff	Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, Berlin, Abteilung Ökohydrologie und Biogeochemie; Humboldt-Universität zu Berlin, Geographisches Institut
Jun.-Prof. Dr. Florian Ziel	Universität Duisburg-Essen, Juniorprofessur für Umweltökonomik, insb. Ökonomik erneuerbarer Energien

Wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Arbeitsgruppe

Dr. Christian Anton	Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina
Dr. Gisela von Hoven	Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, Frankfurt, Generaldirektion
Dr. Sybille Roller	Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung, Frankfurt, Generaldirektion
Dr. Henning Steinicke	Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina
Dr. Sebastian Wetterich	Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina

Infografiken

Henrik Hofmeister	Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina
-------------------	--

Gutachterinnen und Gutachter

Prof. Dr. Susanne Baer	Humboldt Universität zu Berlin, Juristische Fakultät
Prof. Dr. Eva Barlösius	Leibniz Universität Hannover, Institut für Soziologie
Prof. Dr. Thomas Hein	Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement
Prof. Dr. Karin Holm-Müller	Universität Bonn, Institut für Lebensmittel- und Ressourcenökonomik
Prof. Dr. Beate Jessel	École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Landscape Development, Schweiz
Prof. Dr. Ingrid Kögel-Knabner ML	Technische Universität München, Lehrstuhl für Bodenkunde, TUM School of Life Sciences
Prof. Dr. José Martinez	Georg-August-Universität Göttingen, Juristische Fakultät
Prof. Dr. Matthias C. Rillig ML	Freie Universität Berlin, Institut für Biologie

Stakeholder-Beteiligung

Die Arbeitsgruppe hat 90-minütige Interviews mit Vertreterinnen und Vertretern folgender Institutionen geführt:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

7.12.2022

Helmut Alda	Unterabteilung N III Natürlicher Klimaschutz
Ulf Hauke	Referat N III 4 Vorsorgender Bodenschutz, Moorschutz

Naturschutzbund Deutschland

8.12.2022

Felix Grützmacher	Referent für Moorschutz
-------------------	-------------------------

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

20.12.2022

Andreas Christian Täuber	Referat 521 Klimaschutz, Klimaanpassung, Wasser
--------------------------	---

Deutscher Bauernverband

11.1.2023

Robert Kero	Fachbereich Umwelt Nachhaltigkeit
Steffen Pinggen	Fachbereich Umwelt Nachhaltigkeit

Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei

12.1.2023

Dipl.-Ing. agr. Bernhard Osterburg	Stabsstelle Klima, Boden, Biodiversität
------------------------------------	---

Karlsruher Institut für Technologie

13.2.2023

Prof. Dr. Florian Wittmann	Institut für Geographie und Geoökologie, Abteilung Aueninstitut
----------------------------	---

**Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern
und Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern**

14.2.2023

Dr. Thorsten Permien	Referat VI 270 Kompetenzzentrum Ökowertpapiere, Nachhaltige Entwicklung, FÖJ, konzeptionelle Fragen des Moorschutzes
Christopher Imre Seif	Abteilung 2 Naturschutz und Naturparke, Dezernat 200 Förderangelegenheiten, Moorschutz

Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

24.2.2023

Anne Lammen-Ewers	Referat 105 Gartenbau, Bildung, klimaschonende Landwirtschaft
-------------------	---

ARGE Klimamoor Brandenburg und Landesamt für Umwelt Brandenburg

20.2.2023

Dipl.-Biol. Christina Grätz	Geschäftsführerin ARGE Klimamoor, Jänschwalde
Dr. Lukas Landgraf	Landesamt für Umwelt Brandenburg, Abteilung W 2, Referat W 26 Gewässerentwicklung / Moorschutz, Potsdam

Humboldt-Universität zu Berlin und Agora Agrar

27.2.2023

Prof. Dr. Harald Grethe	Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften
Nahleen Lemke	Themenmanagerin für landwirtschaftlich genutzte Moore, Agora Agrar, Berlin

Bundesamt für Naturschutz

29.3.2023

Dr. Georgia Erdmann	FG II 4.3 Naturschutz und Erneuerbare Energien
Bernd Neukirchen	FG II 2.4 Gewässerökosysteme, Wasserhaushalt, Blaues Band
Florian Mayer	FG II 4.1 Landschaftsplanung, räumliche Planung und Siedlungsbereich
Dr. Karin Ullrich	FG II 2.3 Nationales Naturerbe, dynamische Systeme und Klimawandel

Danksagung

Wir danken allen Gutachterinnen und Gutachtern, allen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie allen Personen, die in Stakeholder-Gesprächen mit wertvollen Einblicken zu dieser Stellungnahme beigetragen haben.

Diese Stellungnahme wurde ausschließlich mit Mittel der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina finanziert. Die Leopoldina ihrerseits erhält ihre Zuwendungen zum Großteil von der Bundesregierung, zu einem kleineren Teil vom Land Sachsen-Anhalt.

Literatur

- Abdalla, M., Hastings, A., Truu, J., Espenberg, M., Mander, Ü., Smith, P. (2016). Emissions of methane from northern peatlands: a review of management impacts and implications for future management options. *Ecology and Evolution*, 6(19), 7080–7102. <https://doi.org/10.1002/ece3.2469>
- Abel, S., Barthelmes, A., Gaudig, G., Joosten, H., Nordt, A., Peters, J. (2019). *Klimaschutz auf Moorböden – Lösungsansätze und Best-Practice-Beispiele*. Greifswald: Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe, 03/2019. https://greifswaldmoor.de/files/images/pdfs/201908_Broschuere_Klimaschutz%20auf%20Moorb%C3%B6den_2019.pdf
- Abel, S., Kallweit, T. (2022). *Potential Paludiculture Plants of the Holarctic*. Greifswald: Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe, 04/2022. https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/GMC%20Schriften/2022_Abel%20&%20Kallweit_2022_DPPP_Holarctis.pdf
- Abidin, H. Z., Andreas, H., Gumilar, I., Fukuda, Y., Pohan, Y. E., Deguchi, T. (2011). Land subsidence of Jakarta (Indonesia) and its relation with urban development. *Natural Hazards*, 59, 1753–1771. <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9866-9>
- Ad-hoc-AG Boden (2005). *Bodenkundliche Kartieranleitung*. 5. Auflage, Hannover.
- Ahmad, S., Liu, H., Günther, A., Couwenberg, J., Lennartz, B. (2020). Long-term rewetting of degraded peatlands restores hydrological buffer function. *Science of the Total Environment*, 749, 141571. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141571>
- Allott, T., Auñón, J., Dunn, C., Evans, M., Labadz, J., Lunt, P., ..., Walker, J. (2019). *Peatland Catchments and Natural Flood Management*. IUCN UK Peatland Programme. [https://research.bangor.ac.uk/portal/en/researchoutputs/peatland-catchments-and-natural-flood-management\(a18b7a7b-902c-4dcd-90a8-00a5b-0c012e5\).html](https://research.bangor.ac.uk/portal/en/researchoutputs/peatland-catchments-and-natural-flood-management(a18b7a7b-902c-4dcd-90a8-00a5b-0c012e5).html)
- Barthelmes, A., Abel, S., Barthelmes, K.-D., Couwenberg, J., Kaiser, M., Reichelt, F., ..., Joosten, H. (2021). Evaluierung von Moor-Wiedervernässungen in Deutschland – Ergebnisse, Erfahrungen und Empfehlungen. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, 171, 121–148.
- Bartkowski, B., Droste, N., Ließ, M., Sidemo-Holm, W., Weller, U., Brady, M. V. (2021). Payments by modelled results: A novel design for agri-environmental schemes. *Land Use Policy*, 102, 105230. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105230>
- Batáry, P., Dicks, L. V., Kleijn, D., Sutherland, W. J. (2015). The role of agri-environment schemes in conservation and environmental management. *Conservation Biology*, 29, 1006–1016. <https://doi.org/10.1111/cobi.12536>
- Batáry, P., Tschardt, T. (2022). Scale-dependent effectiveness of on-field vs. off-field agri-environmental measures for wild bees. *Basic and Applied Ecology*, 62, 55–60. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2022.05.001>
- Battin, T. J., Kaplan, L. A., Findlay, S., Hopkinson, C. S., Marti, E., Packman, A. I., ..., Sabater, F. (2008). Biophysical controls on organic carbon fluxes in fluvial networks. *Nature Geoscience*, 1(2), 95–100. <https://doi.org/10.1038/ngeo101>
- BauGB, Baugesetzbuch des Bundes (2017). Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 20. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 394) geändert worden ist. <https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/>
- Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.) (2002). *Leitfaden der Hochmoorrenaturierung in Bayern für Fachbehörden, Naturschutzorganisationen und Planer*. Augsburg.
- Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Hrsg.) (2005). *Leitfaden der Niedermoorrenaturierung in Bayern*. Augsburg.
- BBodSchG, Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 25. Februar 2021 (BGBl. I S. 306) geändert worden ist. <https://www.gesetze-im-internet.de/bbodschg/>
- Becker, C. (2022). *Untersuchung des Wasserstands und der Torfmächtigkeit im Hochmoorgebiet Wildsee mithilfe der geoelektrischen Widerstandstomografie*. Bachelorarbeit, Karlsruher Institut für Technologie (KIT). <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000144218/148553561>
- Becker, S., Renn, O. (2019). Akzeptanzbedingungen politischer Maßnahmen für die Verkehrswende: Das Fallbeispiel Berliner Mobilitätsgesetz. In: Fraune, C., Knodt, M., Gözl, S., Langer, K. (Hrsg.), *Akzeptanz und politische Partizipation in der Energietransformation* (S. 109–130). Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-24760-7_6
- Behre, K.E. (2020). *Landschaftsgeschichte Norddeutschlands*. Kiel: Wachholtz Verlag.

- Benighaus, C., Renn, O. (2016). Teil A Grundlagen. In: Benighaus, C., Wachinger, G., Renn, O. (Hrsg.), *Bürgerbeteiligung. Konzepte und Lösungswege für die Praxis* (S. 17–102). Frankfurt/Main: Wolfgang Metzner Verlag.
- Berner Übereinkommen über die Erhaltung der europäischen wildlebenden Pflanzen und Tiere und ihrer natürlichen Lebensräume (1979).
<http://conventions.coe.int/Treaty/en/Treaties/Html/104.htm>
- Beyer, F., Jansen, F., Jurasinski, G., Koch, M., Schröder, B., Koebisch, F. (2021). Drought years in peatland rewetting: rapid vegetation succession can maintain the net CO₂ sink function. *Biogeosciences*, 18(3), 917–935. <https://doi.org/10.5194/bg-18-917-2021>
- BfN, Bundesamt für Naturschutz (2020). *Unsere Bäche und Flüsse renaturieren – entwickeln – naturnah unterhalten*.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/unserefluessonline_04e.pdf
- BfN, Bundesamt für Naturschutz (2023). *Moortypen und gefährdete Arten*. <https://www.bfn.de/moortypen-und-gefaehrdete-arten>
- BGH, Bundesgerichtshof (1984). Bundesgerichtshof Urt. v. 26.01.1984, Az.: I ZR 195/81 „Intermarkt II“.
<https://research.wolterskluwer-online.de/document/dbecfe62-6a89-47d0-8ea9-1baf3de29721>
- Bianchi, A., Larmola, T., Kekkonen, H., Saarnio, S., Lång, K. (2021). Review of greenhouse gas emissions from rewetted agricultural soils. *Wetlands*, 41, 108.
<https://doi.org/10.1007/s13157-021-01507-5>
- Birr, F., Abel, S., Kaiser, M., Närmann, F., Oppermann, R., Pfister, S., ..., Luthardt, V. (2021). *Zukunftsfähige Land- und Forstwirtschaft auf Niedermooren – Steckbriefe für klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftungsverfahren*. Eberswalde, Greifswald: Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Greifswald Moor Centrum.
https://www.moorwissen.de/files/doc/paludikultur/imdetail/steckbriefe_pflanzenarten/Steckbriefsammlung.pdf
- Blackbourn D. (2007). *Die Eroberung der Natur – Eine Geschichte der deutschen Landschaft*. München: Deutsche Verlags-Anstalt.
- Blöschl, G., Hall, J., Viglione, A., Perdigão, R.A., Parajka, J., Merz, B., ..., Živković, N. (2019). Changing climate both increases and decreases European river floods. *Nature*, 573(7772), 108–111.
<https://doi.org/10.1038/s41586-019-1495-6>
- Blöschl, G., Kiss, A., Viglione, A., Barriendos, M., Böhm, O., Brázdil, R., ..., Wetter, O. (2020). Current European flood-rich period exceptional compared with past 500 years. *Nature*, 583(7817), 560–566. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2478-3>
- BMU und BfN, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und Bundesamt für Naturschutz (2009). *Auenzustandsbericht – Flussauen in Deutschland*. https://www.bfn.de/sites/default/files/2023-01/Auenzustandsbericht%202009_0.pdf
- BMU und BfN, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit und Bundesamt für Naturschutz. (2015). *Den Flüssen mehr Raum geben – Renaturierung von Auen in Deutschland*. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/auen_in_deutschland_bf.pdf
- BMU und BfN, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit und Bundesamt für Naturschutz (2020). *Die Lage der Natur in Deutschland – Ergebnisse von EU-Vogelschutz- und FFH-Bericht*.
https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/bericht_lage_natur_2020_bf.pdf
- BMU und BfN, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit und Bundesamt für Naturschutz (2021). *Auenzustandsbericht 2021: Flussauen in Deutschland*.
<https://doi.org/10.19217/brs211>
- BMUV und UBA, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz und Umweltbundesamt (2022). *Die Wasserrahmenrichtlinie – Gewässer in Deutschland 2021: Fortschritte und Herausforderungen*.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/221010_uba_fb_wasserrichtlinie_bf.pdf
- BMWK, Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023). *Reallabore – Testräume für Innovation und Regulierung*.
<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/reallabore-testraeume-fuer-innovation-und-regulierung.html>
- BNatSchG, Bundesnaturschutzgesetz (2009). Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege. Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 8. Mai 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 153) geändert worden ist.
https://www.gesetze-im-internet.de/bnatSchG_2009/
- Bockermann, C., Eickenscheidt, T., Drösler, M. (2024). Adaptation of fen peatlands to climate change: rewetting and management shift can reduce greenhouse gas emissions and offset climate warming effects. *Biogeochemistry*, 167, 563–588.
<https://doi.org/10.1007/s10533-023-01113-z>
- Boelter, D. H. (1964). Water storage characteristics of several peats in situ. *Soil Science Society of America Journal*, 28(3), 433–435.
<https://doi.org/10.2136/sssaj1964.03615995002800030039x>
- Bonn, A., Allott, T., Evans, M., Joosten, H., Stoneman, R. (Hrsg.) (2016). *Peatland Restoration and Ecosystem Services: Science, Policy and Practice*. Cambridge: Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781139177788>
- Bonn, A., Berghöfer, A., Couwenberg, J., Drösler, M., Jensen, R., Kantelhardt, J., ..., Bonn, A. (Hrsg.), *Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte*. (S. 127–147). Naturkapital Deutschland – TEEB DE. Berlin, Leipzig: TU Berlin, UFZ.
https://www.ufz.de/export/data/global/190502_TEEB_DE_Bericht1_Klima_Langfassung.pdf
- Bonner Übereinkommen zur Erhaltung der wandernden wild lebenden Tierarten. Bonner Konvention – CMS-Übereinkommen (1979). <https://www.auswaertiges-amt.de/blob/241666/2419738db7dc21545855e705ce7dfoee/statusliste-data.pdf>
- Boonman, J., Hefting, M. M., van Huissteden, C. J. A., van den Berg, M., van Huissteden, J., Erkens, G., ..., van der Velde, Y. (2022). Cutting peatland CO₂ emissions with water management practices. *Biogeosciences*, 19(24), 5707–5727.
<https://doi.org/10.5194/bg-19-5707-2022>

- Born, W., Meyer, V., Scholz, M., Kasperidus, H. D., Mehl, D., Schulz-Zunkel, C., Hansjürgen, B. (2012). Ökonomische Bewertung von Ökosystemfunktionen in Flussauen. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, 124, 147–168.
- Bräuer, I. (2002). *Artenschutz aus volkswirtschaftlicher Sicht. Die Nutzen-Kosten-Analyse als Entscheidungshilfe*. Marburg: Metropolis.
- Bretschneider, Angelika. (2015). Moorschutz in Schleswig-Holstein. *TELMA – Berichte der Deutschen Gesellschaft für Moor- und Torfkunde*, 5, 7–8, <https://doi.org/10.23689/figeo-2924>
- Bretschneider, D. J., Spring, T., Blumer, M., Welge, L., Dombrowski, A., Schulte-Oehlmann, U., ..., Oehlmann, J. (2023). Much effort, little success: causes for the low ecological efficacy of restoration measures in German surface waters. *Environmental Sciences Europe*, 35(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s12302-023-00736-1>
- Brunotte, E., Dister, E., Günther-Diringer, D., Koenzen, U., Mehl, D. (2009). Flussauen in Deutschland – Erfassung und Bewertung des Auenzustandes. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, 87, 1–141.
- Bund-Länder-Zielvereinbarung zum Klimaschutz durch Moorbodenschutz (2021). <https://www.bmu.de/download/bund-laender-zielvereinbarung-zum-moorbodenschutz>
- Bundesregierung (2022). *Nationale Moorschutzstrategie*. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/nationale_moorschutzstrategie_bf.pdf
- Bundesregierung (2023a). *Aktionsplan Natürlicher Klimaschutz*. Kabinettsbeschluss vom 29. März 2023. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/natuerlicher-klimaschutz-2182120>
- Bundesregierung (2023b). *Nationale Wasserstrategie*. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/BMUWasserstrategie_bf.pdf
- BVerfG (1967). Bundesverfassungsgericht, Beschluss des Ersten Senats vom 12. Januar 1967 - 1 BvR 169/63 -, <https://www.servat.unibe.ch/dfr/bv021073.html>
- BVerfG (1980a). Bundesverfassungsgericht, Urteil vom 28. Februar 1980 - 1 BvL 17/77 -, BVerfGE 53, 257-313, <https://www.servat.unibe.ch/dfr/bv053257.html>
- BVerfG (1980b). Bundesverfassungsgericht, Beschluss des Ersten Senats vom 7. Oktober 1980 - 1 BvL 50, 89/79, 1 BvR 240/79 -, <https://www.servat.unibe.ch/dfr/bv055072.html>
- BVerfG (1981). Bundesverfassungsgericht, Beschluss des Ersten Senats vom 14. Juli 1981, - 1 BvL 24/78 -, <https://www.servat.unibe.ch/dfr/bv058137.html>
- BVerfG (1985). Bundesverfassungsgericht, Beschluss des Zweiten Senats vom 15. Oktober 1985 - 2 BvL 4/83 -, <https://www.servat.unibe.ch/dfr/bv071039.html>
- BVerfG (1990). Bundesverfassungsgericht, Beschluss des Ersten Senats vom 02. März 1999 - 1 BvR 351/91 -, Rn. 1-87, https://www.bverfg.de/e/rs19941122_1bvr035191.html
- BVerfG (1994). Bundesverfassungsgericht, Beschluss des Ersten Senats vom 22. November 1994 - 1 BvR 351/91 -, Rn. 1 - 87, https://www.bverfg.de/e/rs19941122_1bvr035191.html
- BVerfG (1999). Bundesverfassungsgericht, Beschluss des Ersten Senats vom 02. März 1999 - 1 BvL 7/91 -, Rn. 1-109, https://www.bverfg.de/e/rs19990302_1bvl000791.html
- BVerfG (2001). Bundesverfassungsgericht, Beschluss des Ersten Senats vom 22. Mai 2001 - 1 BvR 1512/97 und 1 BvR 1677/97. <https://www.servat.unibe.ch/dfr/bv104001.html>
- BVerfG (2004). Bundesverfassungsgericht, Urteil vom 20. April 2004 - 1 BvR 1748/99 und 1 BvR 905/00. https://www.bundesverfassungsgericht.de/Shared-Docs/Entscheidungen/DE/2004/04/rs20040420_1bvr174899.html
- BVerfG (2007). Bundesverfassungsgericht, Beschluss der 2. Kammer des Ersten Senats vom 25. Juli 2007 - BvR 1031/07 -, Rn. 1-68. https://www.bverfg.de/e/rk20070725_1bvr103107.html
- BVerfG (2008). Bundesverfassungsgericht, Beschluss des Zweiten Senats vom 13. Februar 2008 - 2 BvL 1/06 -, Rn. 1-147. https://www.bverfg.de/e/rs20080213_2bvl000106.html
- BVerfG (2009). Bundesverfassungsgericht, Beschluss des Ersten Senats vom 07. Juli 2009 - 1 BvR 1164/07 -, Rn. 1-127. https://www.bverfg.de/e/rs20090707_1bvr116407.html
- BVerfG (2010a). Bundesverfassungsgericht, Beschluss der 3. Kammer des Ersten Senats vom 23. Februar 2010 - 1 BvR 2736/08 -, Rn. 1-65. https://www.bverfg.de/e/rk20100223_1bvr273608.html
- BVerfG (2010b). Bundesverfassungsgericht, Beschluss der 3. Kammer des Ersten Senats vom 14. April 2010 - 1 BvR 299/10 -, Rn. 1 - 10. https://www.bverfg.de/e/rk20100414_1bvr029910.html
- BVerfG (2021). Bundesverfassungsgericht, Beschluss des Ersten Senats vom 24. März 2021 - 1 BvR 2656/18 -, Rn. 1 - 270. https://www.bverfg.de/e/rs20210324_1bvr265618.html
- BVerwG (1993). Bundesverwaltungsgericht, Urteil vom 24.06.1993, Az.: BVerwG 7 C 26/92. <https://research.wolterskluwer-online.de/document/ea66dbdd-7c92-4c0c-8ccc-4f4513500267>

- BVerwG (2011). Bundesverwaltungsgericht, Urteil vom 13.04.2011, Az. BVerwG 9 C 2.10, Rn. 13 f. <https://research.wolterskluwer-online.de/document/f1226409-de39-40bb-8612-e8f6cbac4c53>
- Burton R. J. F., Schwarz G. (2013). Result-oriented agri-environmental schemes in Europe and their potential for promoting behavioural change. *Land Use Policy*, 30, 628–641. <https://doi.org/10.1016/j.landus-epol.2012.05.002>
- Cierjacks, A., Kleinschmit, B., Babinsky, M., Kleinschroth, F., Markert, A., Menzel, M., ..., Lang, F. (2010). Carbon stocks of soil and vegetation on Danubian floodplains. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 173(5), 644–653. <https://doi.org/10.1002/jpln.200900209>
- Cole, J. J., Prairie, Y. T., Caraco, N. F., McDowell, W. H., Tranvik, L. J., Striegl, R. G., ..., Melack, J. (2007). Plumbing the global carbon cycle: integrating inland waters into the terrestrial carbon budget. *Ecosystems*, 10, 172–185. <https://doi.org/10.1007/s10021-006-9013-8>
- Collier, M. J. (2014). Novel ecosystems and the emergence of cultural ecosystem services. *Ecosystem Services*, 9, 166–169. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.06.002>
- Council of the European Union (2023). Note from: General Secretariat of the Council To: Delegations No. prev. doc.: 15390/23 No. Cion doc.: 10607/22 + ADD 1 Subject: *Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on nature restoration – Letter to the Chair of the European Parliament Committee on the Environment, Public Health and Food Safety (ENVI)*. Interinstitutional File: 2022/0195 (COD), 15907/23 vom 22.11.2023.
- Couwenberg, J., Thiele, A., Tanneberger, F., Augustin, J., Bärtsch, S., Dubovik, D., ..., Joosten, H. (2011). Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. *Hydrobiologia*, 674, 67–89. <https://doi.org/10.1007/s10750-011-0729-x>
- Cummins, G.W. (2013). Let Us Reason Together: The Role of Process in Effective Mediation. *Journal of the National Association of Administrative Law Judiciary*, 33, 1–32. <https://digitalcommons.pepperdine.edu/naalj/vol33/iss1/1>
- Czybulka D. (2002). Zur „Ökologiepflichtigkeit“ des Eigentums – Herausforderungen für Dogmatik und Gesetzgeber. In: Bauer, H., Czybulka, D., Kahl, W., Vosskuhle, A. (Hrsg.), *Umwelt, Wirtschaft und Recht* (S. 89–108). Tübingen: Mohr Siebeck.
- Czybulka, D., Luttmann, M. (2005). Die Berücksichtigung von Leistungen der Länder für das Naturerbe im Finanzausgleichssystem des Bundes, *Natur und Recht*, 2, 79–86.
- Dalitz, M.K. (2005). *Autochthone Malaria im mitteldeutschen Raum*. Dissertation. Halle-Wittenberg: Medizinische Fakultät der Martin-Luther-Universität. <https://d-nb.info/97882782/34>
- Darusman, T., Murdiyarto, D., Impron, Anas, I. (2023). Effect of rewetting degraded peatlands on carbon fluxes: a meta-analysis. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 28, 10. <https://doi.org/10.1007/s11027-023-10046-9>
- Defila, R., Di Giulio, A. (2020). Science policy recommendations for funding real-world laboratories and comparable formats. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society*, 29(1), 63–65. <https://doi.org/10.14512/gaia.29.1.14>
- Dehnhardt, A. (2002). Der ökonomische Wert der Elbauen als Schadstoffsenke. Die indirekte Bewertung ökologischer Leistungen. In: Dehnhardt, A., Meyerhoff, J. (Hrsg.), *Nachhaltige Entwicklung der Stromlandschaft Elbe. Nutzen und Kosten der Wiedergewinnung und Renaturierung von Überschwemmungsauslen* (S. 185–218). Kiel: Vauk-Verlag.
- Dehnhardt, A., Scholz, M., Mehl, D., Schröder, U., Fuchs, E. (2015). Die Rolle von Auen und Fließgewässern für den Klimaschutz und die Klimaanpassung. In: Hartje, V., Wüstemann, H., Bonn, A. (Hrsg.), *Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte* (S. 172–181). Naturkapital Deutschland – TEEB DE. Berlin, Leipzig: Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung.
- Deickert, S., Schröder, C. (2016). Box 8.3: Bürgerforum zu Paludikultur. In: Wichtmann, W., Schröder, C., Joosten, H. (Hrsg.), *Paludikultur*. Bewirtschaftung nasser Moore. (S. 167). Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers.
- Destatis, Statistisches Bundesamt (2023). Genesis Datenbank: Bodenfläche (*Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung*) 33111-0001, Deutschland, Stichtag 31.12.2022. <https://www-genesis.destatis.de>
- DWA, Deutsche Gesellschaft für Wasserwirtschaft (2023). *Moor-Wiedervernässung: Gründung einer DWA-Arbeitsgruppe und Aufruf zur Mitarbeit*. <https://de.dwa.de/de/regelwerk-news-volltext/moor-wiedervernaessung-gruendung-einer-dwa-arbeitsgruppe-und-aufruf-zur-mitar-beit.html>
- Ellenberg, H., Leuschner, C. (2010). *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht*. 6. Auflage, Stuttgart: Eugen Ulmer.
- Ellwanger, G., Finck, P., Riecken, U., Schröder, E. (2012). Gefährdungssituation von Lebensräumen und Arten der Gewässer und Auen in Deutschland. *Natur und Landschaft*, 87(4), 150–155.
- Emsens, W.-J., van Diggelen, R., Aggenbach, C.J.S., Cajthaml, T., Frouz, J., Klimkowska, A., ..., Verbruggen, E. (2020). Recovery of fen peatland microbiomes and predicted functional profiles after rewetting. *ISME Journal*, 14, 1701–1712. <https://doi.org/10.1038/s41396-020-0639-x>

- Erkens, G., van der Meulen, M. J., Middelkoop, H. (2016). Double trouble: subsidence and CO₂ respiration due to 1,000 years of Dutch coastal peatlands cultivation. *Hydrogeology Journal*, 24(3), 551–568. <https://doi.org/10.1007/s10040-016-1380-4>
- Europäischer Rechnungshof (2021). *Jahresbericht für das Rechnungsjahr 2021*. https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/annualreports-2021/annualreports-2021_DE.pdf
- Evans, C. D., Peacock, M., Baird, A. J., Artz, R. R. E., Burden, A., Callaghan, N., ..., Morrison, R. (2021). Overriding water table control on managed peatland greenhouse gas emissions. *Nature*, 593(7860), 548–552. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03523-1>
- Feldmann, T. (2020). *Moore in der Bildung für nachhaltige Entwicklung in Mecklenburg-Vorpommern*. Greifswald: Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe, 02/2020. https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/GMC%20Schriften/2020-02_Feldmann_Moore%20in%20der%20Bildung.pdf
- Fisch, R., Frey, D., von Rosenstiel, L. (2010). Innovationen in der öffentlichen Verwaltung Deutschlands sowie Erfolgsfaktoren und Stolpersteine bei Veränderungen in Verwaltungen. In: Oerter, R. (Hrsg.), *Neue Wege wagen: Innovation in Bildung, Wirtschaft und Gesellschaft* (Band 23, S. 163–184). Stuttgart: Lucius und Lucius. <https://doi.org/10.1515/9783110510089-008>
- Fischer, C., Damm, C., Foeckler, F., Gelhaus, M., Gerstner, L., Harris, R. M., ..., Scholz, M. (2019). The “habitat provision” index for assessing floodplain biodiversity and restoration potential as an ecosystem service—Method and application. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 483. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00483>
- Fischer-Bedtke, C., Fischer, H., Mehl, D., Podschun, S. A., Pusch, M., Stammel, B., Scholz, M. (2020). *River Ecosystem Service Index (RESI) – Methoden zur Quantifizierung und Bewertung ausgewählter Ökosystemleistungen in Flüssen und Auen*. Leipzig: UFZ. <http://hdl.handle.net/10419/266335>
- Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (1992). Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen, ABl. L 206 vom 22.7.1992, 7–50, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:01992L0043-20130701>
- FlurbG, Flurbereinigungsgesetz (1976). In der Fassung der Bekanntmachung vom 16. März 1976 (BGBl. I S. 546), das zuletzt durch Artikel 17 des Gesetzes vom 19. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2794) geändert worden ist. <https://www.gesetze-im-internet.de/flurbg/>
- FNR, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2023). *Zentrale Koordination der Modell- und Demonstrationsvorhaben zum Moorbodenschutz inklusive der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen aus Paludikultur*. <https://www.fnr.de/projektfoerderung/ausgewahlte-projekte/projekte/paludi-zentrale>
- Forster, P., Storelvmo, T., Armour, K., Collins, W., Dufresne, J.-L., Frame, D., ..., B. Zhou (Hrsg.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (S. 923–1054). Cambridge, New York: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.009>
- Freibauer, A., Drösler, M., Gensior, A., Schulze, E.-D. (2009). Das Potenzial von Wäldern und Mooren für den Klimaschutz in Deutschland und auf globaler Ebene. *Natur und Landschaft*, 1, 20–25.
- GAPKondV, GAP-Konditionalitäten-Verordnung (2022). Verordnung zur Durchführung der im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik geltenden Konditionalität vom 7. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2244), die durch Artikel 1 des Gesetzes vom 9. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2273) geändert worden ist, (2022). <https://www.gesetze-im-internet.de/gapkondv/>
- Gaugler, T., Michalke, A. (2017). Was kosten uns Lebensmittel wirklich? Ansätze zur Internalisierung externer Effekte der Landwirtschaft am Beispiel Stickstoff. *GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society*, 26 (2), 156–157. <https://doi.org/10.14512/gaia.26.2.25>
- Gensior, A., Drexler, S., Fuß, R., Stümer, W., Rüter, S. (2023). *Treibhausgas-Emissionen durch Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF)*. Braunschweig: Thünen-Institut. <http://www.thuenen.de/de/themenfelder/klima-und-luft/emissionsinventare-buchhaltung-fuer-den-klimaschutz/standard-titel>
- Geurts J., van Duinen, G.-J. A., van Belle, J., Wichmann, S., Wichtmann, W., Fritz, C. (2019). Recognize the high potential of paludiculture on rewetted peat soils to mitigate climate change. *Journal of Sustainable and Organic Agricultural Systems*, 69(1), 5–8. <https://doi.org/10.3220/LBF1576769203000>
- Görn, S., Fischer, K. (2011). Niedermoore Nordostdeutschlands bewerten. Vorschlag für ein faunistisches Bewertungsverfahren. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 43(7), 211–217. https://www.nul-online.de/artikel.dll/nul07-11-ak4-211-217-1_gi2dcmzyg4yq.pdf
- Grethe, H., Martinez, J., Osterburg, B., Taube, F., Thom, F. (2021). *Klimaschutz im Agrar- und Ernährungssystem Deutschlands: Die drei zentralen Handlungsfelder auf dem Weg zur Klimaneutralität*. Berlin: Stiftung Klimaneutralität. https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2021/06/2021-06-01-Klimaneutralitaet_Landwirtschaft.pdf
- Grill, G., Lehner, B., Thieme, M., Geenen, B., Tickner, D., Antonelli, F., ..., Zarfl, C. (2019). Mapping the world’s free-flowing rivers. *Nature*, 569, 215–221. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1111-9>
- Grossmann, M., Hartje, V., Meyerhoff, J. (2010). Ökonomische Bewertung naturverträglicher Hochwasservorsorge an der Elbe. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, 89, 1–126.

- GG, Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland im Bundesgesetzblatt Teil III, Gliederungsnummer 100-1, veröffentlichten bereinigten Fassung, das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 19. Dezember 2022 (BGBl S. 2478) geändert worden ist. <https://www.gesetze-im-internet.de/gg/>
- GMC und DVL, Greifswald Moor Centrum und Deutscher Verband für Landschaftspflege (2021). *Vorgaben zum Grünlanderhalt bei der Umstellung auf Paludikultur*. https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/Infopapiere_Briefings/2021_GMC_DVL_Vorgaben%20zum%20Grünlanderhalt%20bei%20der%20Umstellung%20auf%20Paludikultur.pdf
- GMC, Greifswald Moor Centrum (2022). *Faktenpapier: Die Rolle von Methan bei Moor-Wiedervernässung*. Greifswald. https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/Infopapiere_Briefings/202211_Faktenpapier_Methan.pdf
- GMC, Greifswald Moor Centrum (2023). *Informationspapier des Greifswald Moor Centrum zu Photovoltaik-Anlagen auf Moorböden, März 2023*. Greifswald. https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/Infopapiere_Briefings/2023_GMC-Stellungnahme%20Konsultation%20MoorPV_2023_Endf.pdf
- GMC und Wetlands International, Greifswald Moor Centrum und Wetlands International European Association (2022). *Higher ambition for Peatlands in the EU Nature Restoration Law Proposal*. <https://europe.wetlands.org/download/6860/%20>
- Gudermann, R. (2001). *Morastwelt und Paradies: Ökonomie und Ökologie in der Landwirtschaft am Beispiel der Meliorationen in Westfalen und Brandenburg (1830-1880)*. Forschungen zur Regionalgeschichte, Band 35. Paderborn: F. Schöningh.
- Günther, A., Barthelmes, A., Huth, V., Joosten, H., Jurasinski, G., Koebisch, F., Couwenberg, K. (2020). Prompt re-wetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. *Nature Communications*, 11, 1644. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15499-z>
- Haase, P., Bowler, D. E., Baker, N. J., Bonada, N., Domisch, S., Garcia Marquez, J. R., ..., Welti, E.A. (2023). The recovery of European freshwater biodiversity has come to a halt. *Nature*, 620(7974), 582–588. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06400-1>
- Hammerich, J., Dammann, C., Schulz, C., Tanneberger, F., Zeitz, J., Luthardt, V. (2022). Assessing mire-specific biodiversity with an indicator based approach. *Mires and Peat*, 28, 32. <https://doi.org/10.19189/MaP.2021.SJ.StA.2205>
- Hanel, M., Rakovec, O., Markonis, Y., Máca, P., Samaniego, L., Kyselý, J., Kumar, R. (2018). Revisiting the recent European droughts from a long-term perspective. *Scientific Reports*, 8(1), 9499. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-27464-4>
- Hansjürgens, B., Schröter-Schlaack, C., Berghöfer, A., Bonn, A., Dehnhardt, A., Kantelhardt, J., ..., Wüstemann, H. (2017). Ökosystembasierte Klimapolitik für Deutschland. In: Marx, A. (Hrsg.), *Klimaanpassung in Forschung und Politik* (S. 237–260). Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-05578-3_12
- Hansjürgens, B., Bolte, A., Flessa, H., Heidecke, C., Nordt, A., Osterburg, B., ..., Wichmann, S. (2024). Emissionsreduktionen durch ökosystembasierte Ansätze. In: von Brasseur, G., Jacob, D., Schuck-Zöller, S. (Hrsg.), *Klimawandel in Deutschland*. (S. 439–448). Heidelberg: Springer Spektrum.
- Härdtle, W., Bergmeier, E., Fichtner, A., Heinken, T., Hölzel, N., Remy, D., ..., Dierschke, H. (2020). Pflanzengesellschaft des Jahres 2021: Hartholz-Auenwald (Ficario-Ulmetum). *Tuexenia*, 40, 373–399. <https://doi.org/10.14471/2020.40.007>
- Harms, O., Dister, E., Gerstner, L., Damm, C., Egger, G., Heim, D., ..., Modrak, P. (2018). *Potenziale zur naturnahen Auenentwicklung: Bundesweiter Überblick und methodische Empfehlungen für die Herleitung von Entwicklungszielen*. Bundesamt für Naturschutz. <https://doi.org/10.19217/skr489>
- Haubrock, P. J., Fohrer, N., Hering, D., Hollert, H., Jähnig, S., Merz, B., ..., Haase, P. (2022). *Naturbasierte Lösungen verbessern Hochwasserschutz und Biodiversität* [Policy Brief]. Frankfurt: Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung.
- He, T., Ding, W., Cheng, X., Cai, Y., Zhang, Y., Xia, H., ..., Zhang, Q. (2024). Meta-analysis shows the impacts of ecological restoration on greenhouse gas emissions. *Nature Communications*, 15, 2668. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-46991-5>
- Heger, A., Becker, J. N., Navas, L. K. V., Eschenbach, A. (2021). Factors controlling soil organic carbon stocks in hardwood floodplain forests of the lower middle Elbe River. *Geoderma*, 404, Article 115389. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115389>
- Hemes, K. S., Chamberlain, S. D., Eichelmann, E., Knox, S. H., Baldocchi, D. D. (2018). A biogeochemical compromise: The high methane cost of sequestering carbon in restored wetlands. *Geophysical Research Letters*, 45(12), 6081–6091. <https://doi.org/10.1029/2018GL077747>
- Hendricks, A., Schumann, M., Adjinski, A., Bix, D., Hindorf, M., Weber, T. (2019). Die europäische Wasserrahmenrichtlinie: Umsetzungsprobleme und Verbesserungsansätze durch die Flurbereinigung. *ZfV-Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement*. 5/2019. https://geodaesie.info/images/zfv/144-jahrgang-2019/downloads/zfv_2019_5_Hendricks_et-al.pdf

- Henn, E. V., Neubauer, M., Marquard, E., Hodapp, D., Hepach, H., Hillebrand, H., ..., Settele, J. (2024). Perspektiven eines politikplanenden Biodiversitätsschutzgesetzes: Rechtsrahmen, Ausgestaltung und Forschungsbedarf. *Natur und Recht* 46 (4), 234–242. <https://doi.org/10.1007/s10357-024-4330-2>
- Hering, D., Schürings, C., Wenskus, F., Blackstock, K., Borja, A., Birk, S., ..., Pe'er, G. (2023). Securing success for the Nature Restoration Law. *Science*, 382 (6676), 1248–1250. <https://doi.org/10.1126/science.adk1658>
- Herzon, I., Birge, T., Allen, B., Povellato, A., Vanni, F., Hart, K., ..., Pražan, J. (2018). Time to look for evidence: Results-based approach to biodiversity conservation on farmland in Europe. *Land Use Policy*, 71, 347–354. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.12.011>
- Hildebrand, J., Renn, O. (2019). Akzeptanz in der Energiewende. In: Radtke, J., Canzler, W. (Hrsg.), *Energiewende: Eine sozialwissenschaftliche Einführung* (S. 261–282). Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-26327-0_9
- Hilderbrand, R. H., Watts, A. C., Randle, A. M. (2005). The Myths of Restoration Ecology. *Ecology and Society*, 10(1). <http://www.jstor.org/stable/26267738>
- Hinzke, T., Tanneberger, F., Aggenbach, C., Dahlke, S., Knorr, K.-H., Kotowski, W., ..., Kreyling, J. (2021). Can nutrient uptake by Carex counteract eutrophication in fen peatlands?. *Science of the Total Environment*, 785, 147276. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147276>
- Hinzke, T., Tanneberger, F., Aggenbach, C., Bog, M., Dahlke, S., Knorr, K. H., ..., Kreyling, J. (2022). Response Patterns of Fen Sedges to a Nutrient Gradient Indicate both Geographic Origin-Specific Genotypic Differences and Phenotypic Plasticity. *Wetlands*, 42(8). <https://doi.org/10.1007/s13157-022-01629-4>
- Hirschelmann, S., Abel, S., Krabbe, K. (2023). *Hemmnisse und Lösungsansätze für beschleunigte Planung und Genehmigung von Moorklimaschutz*. Greifswald: Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe, 01/2023. https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/GMC%20Schriften/2023-01_Hirschelmann%20et%20al_Beschleunigte%20Planung%20und%20Genehmigung%20von%20Moorklimaschutz_korr.pdf
- Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (2007). Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007L0060>
- Huget, H. (2007). *Demokratisierung der EU: Normative Demokratietheorie und Governance-Praxis im europäischen Mehrebenensystem*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-90510-5>
- Hughes, F. M. R. (1997). Floodplain biogeomorphology. *Progress in Physical Geography*, 21(4), 501–529. <https://doi.org/10.1177/030913339702100402>
- Humpenöder, F., Karstens, K., Lotze-Campen, H., Leifeld, J., Menichetti, L., Barthelmes, A., Popp, A. (2020). Peatland protection and restoration are key for climate change mitigation. *Environmental Research Letters*, 15(10), 104093. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abae2a>
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. In: Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M., Troxler, T. G. (Hrsg.), *IPCC, Switzerland*. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/>
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2023). *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Isermeyer, F., Heidecke, C., Osterburg, B. (2019). Einbeziehung des Agrarsektors in die CO₂-Bepreisung. *Thünen Working Paper*, 136, 1–89. https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dno61834.pdf
- Ivanov, K. E. (1981). *Water movement in mirelands*. London: Academic Press
- Jack, K., Kousky, C., Sims, K. (2008). Designing payments for ecosystem services: lessons from previous experience with incentive-based mechanisms. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(28), 9465–9470. <https://doi.org/10.1073/pnas.0705503104>
- Jahn, T., Bergmann, M., Keil, F. (2012). Transdisciplinarity: Between mainstreaming and marginalization. *Ecological Economics*, 79, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.04.017>
- Jähnig, S. C., Brabec, K., Buffagni, A., Erba, S., Lorenz, A. W., Ofenböck, T., ..., Hering, D. (2010). A comparative analysis of restoration measures and their effects on hydromorphology and benthic invertebrates in 26 central and southern European rivers. *Journal of Applied Ecology*, 47(3), 671–680. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01807.x>
- Jansen-Minßen, F., Klinck, L., Krause, A. (2022). *Zukunft der Moorstandorte in der Küstenregion Niedersachsens*. Bremen: Grünlandzentrum Niedersachsen/Bremen e. V. <https://www.gruenlandzentrum.org/wp-content/uploads/2022/11/Faktencheck.pdf>
- Januschke, K., Hering, D., Stammel, B., Brunzel, S., Scholz, M., Rumm, A., ..., Foeckler, F. (2023). *Biozönotische Erfolgskontrolle von Renaturierungsmaßnahmen an Gewässerufeln und in Auen – Typologische Grundlagen und Bewertungsverfahren*. BfN-Schriften 655. Bundesamt für Naturschutz. <https://doi.org/10.19217/skr655>

- Johnston, C. A. (2014). Beaver pond effects on carbon storage in soils. *Geoderma*, 213, 371–378. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.08.025>
- Jong, J. J. de, Schaafsma, A. H., Aertsen, E., Hoksbergen, F. (2003). *Machines voor het beheer van natte graslanden. Een studie naar de kosten van beheer van natte en vochtige graslanden met aangepaste machines*. Alterra-rapport, 747. Wageningen: Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte.
- Joosten, H., Clarke, D. (2002). *Wise Use of Mires and Peatlands—Background and Principles Including a Framework for Decision-making*. International Mire Conservation Group and International Peat Society.
- Joosten, H., Berghöfer, A., Couwenberg, J., Dietrich, K., Holsten, B., Permien, T., ..., Wahren, A. (2015). Die neuen MoorFutures® – Kohlenstoffzertifikate mit ökologischen Zusatzleistungen. *Natur und Landschaft*, 90(4), 170–175.
- Joosten, H., Sirin, A., Couwenberg, J., Laine, J., Smith, P. (2016). The role of peatlands in climate regulation. In: Bonn, A., Allott, T., Evans, M., Joosten, H., Stoneman, R. (Hrsg.), *Peatland Restoration and Ecosystem Services: Science, Policy and Practice* (S. 63–76). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177788.005>
- Kaden, U. S., Scholz, M., Buijse, A. D., Cvijanović, D., Froese, I. Diack, I., ..., Bonn, A. (2023). *Riverine and coastal wetlands in Europe for biodiversity and climate. State of knowledge, challenges and opportunities*. Discussion Paper. Bundesamt für Naturschutz. <https://doi.org/10.19217/hgr233en>
- Karpowicz, M. (2017). Biodiversity of microcrustaceans (Cladocera, Copepoda) in a lowland river ecosystem. *Journal of Limnology*, 76(1), 15–22. <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2016.1449>
- KBU, Kommission Bodenschutz am Umweltbundesamt (2023). *Freiflächen-Photovoltaik – ja, aber nicht ohne Bodenschutz! Position der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU)*. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/freiflaechen-photovoltaik-ja-aber-nicht-ohne>
- Kimmel, K., Mander, Ü. (2010). Ecosystem services of peatlands: Implications for restoration. *Progress in Physical Geography*, 34(4), 491–514. <https://doi.org/10.1177/0309133310365595>
- Kleinhückelkotten, S., Neitzke, H.-P. (2016). Einbindung von Akteuren und Öffentlichkeit. In: Wichtmann, W., Schröder, C., Joosten, H. (Hrsg.), *Paludikultur*. Bewirtschaftung nasser Moore. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers.
- Koalitionsvertrag (2021). *Koalitionsvertrag 2021 – 2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN und den Freien Demokraten (FDP) 2021*. <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1989762/9069d8019dabe546c2449dda2d838453/2021-12-08-koalitionsvertrag-data.pdf?download=1>
- Koch, F., Küchler, A., Mehl, D., Hoffmann, T. G. (2010). Ermittlung von Art und Intensität künstlicher Entwässerung von landwirtschaftlichen Nutzflächen in Mecklenburg-Vorpommern. In: Kaiser, K., Libra, J., Merz, B., Bens, O., Hüttl, R. F. (Hrsg.), *Aktuelle Probleme im Wasserhaushalt von Nordostdeutschland: Trends, Ursachen, Lösungen* (S. 110–115). Scientific Technical Report 10/10. Potsdam: Deutsches GeoForschungsZentrum. https://gfzpublic.gfz-potsdam.de/rest/items/item_23029_5/component/file_23030/content
- Köck, W. (2023). Ökologische Verhältnismäßigkeit und Umweltverfassung. *Zeitschrift für Umweltrecht* 34 (12), 643–650.
- Kollmann, J. (2019). Fließgewässer. In: Kollmann, J., Kirmer, A., Hölzel, N., Tischew, S., Kiehl, K. (Hrsg.), *Renaturierungsökologie* (S. 125–170). Heidelberg: Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54913-1_9
- Kraschinski, S., Prochnow, A., Tölle, R., Zeitz, J. (2001). Zur Befahrbarkeit von Niedermoorgrünland. *Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung*, 42(6), 277–283.
- Kreyling, J., Tanneberger, F., Jansen, F., van der Linden, S., Aggenbach, C., Blüml, V., ..., D., Jurasinski, G. (2021). Rewetting does not return drained fen peatlands to their old selves. *Nature Communications*, 12(1), 5693. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25619-y>
- Küster, H. (2010). *Geschichte der Landschaft in Mitteleuropa: von der Eiszeit bis zur Gegenwart*. München: C.H. Beck.
- LABO, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (2023). *Bodenschutz bei Standortauswahl, Bau, Betrieb und Rückbau von Freiflächenanlagen für Photovoltaik und Solarthermie*. https://www.labo-deutschland.de/documents/LABO-Arbeitshilfe_FFA_Photovoltaik_und_Solarthermie.pdf
- Lamers, L. P., Vile, M. A., Grootjans, A. P., Acreman, M. C., van Diggelen, R., Evans, M. G., ..., Smolders, A. J. (2015). Ecological restoration of rich fens in Europe and North America: from trial and error to an evidence-based approach. *Biological Reviews*, 90(1), 182–203. <https://doi.org/10.1111/brv.12102>
- LAWA, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (2020). *LAWA-BLANO Maßnahmenkatalog (WRRL, HWRM-RL, MSRL)*. LAWA Arbeitsprogramm Flussgebietsbewirtschaftung. https://www.lawa.de/documents/lawa-blano-massnahmenkatalog_1594133389.pdf

- Lechtape, C., Brozio, K., Martin, N. (2023). *Hilfestellungen zur Projektplanung – Moorklimaschutzvorhaben in Mecklenburg-Vorpommern*. Greifswald: Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe, 02/2023. https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/GMC%20Schriften/2023-02_Lechtape%20et%20al_Handreichung%20Moorklimaschutz%20MV.pdf
- Leclère, D., Obersteiner, M., Barrett, M., Butchart, S. H., Chaudhary, A., De Palma, A., ..., Young, L. (2020). Bending the curve of terrestrial biodiversity needs an integrated strategy. *Nature*, 585(7826), 551–556. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2705-y>
- Leese, F., Woppowa, L., Bálint, M., Höss, S., Krehenwinkel, H., Lötters, S., ..., Züghart, W. (2023). *DNA-basierte Biodiversitätsanalysen im Natur- und Umweltschutz: Welche Optionen haben wir für eine Standardisierung?* Bundesamt für Naturschutz. BfN-Schriften 566. Bundesamt für Naturschutz. <https://doi.org/10.19217/skr666>
- Leifeld, J., Menichetti, L. (2018). The underappreciated potential of peatlands in global climate change mitigation strategies. *Nature Communications*, 9(1), 1071. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03406-6>
- Lemke, N., Hirschelmann, S. (2024). *Rechtliche Rahmenbedingungen für die Wiedervernässung und Nutzung von Mooren – Ein Mapping von Handlungsfeldern und Hebeln*. Greifswald: Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe, 01/2024. https://greifswaldmoor.de/files/dokumente/GMC%20Schriften/2024-01_LemkeHirschelmann_Mapping%20Recht%20Rahmenbedingungen.pdf
- Leppelt, T., Dechow, R., Gebbert, S., Freibauer, A., Lohila, A., Augustin, J., ..., Strömberg, M. (2014). Nitrous oxide emission budgets and land-use-driven hotspots for organic soils in Europe. *Biogeosciences*, 11(23), 6595–6612. <https://doi.org/10.5194/bg-11-6595-2014>
- Limpens, J., Berendse, F., Blodau, C., Canadell, J. G., Freeman, C., Holden, J., ..., Schaepman-Strub, G. (2008). Peatlands and the carbon cycle: from local processes to global implications—a synthesis. *Biogeosciences*, 5, 1475–1491. <https://doi.org/10.5194/bg-5-1475-2008>
- Lin, F., Zuo, H., Ma, X., Ma, L. (2022). Comprehensive assessment of nitrous oxide emissions and mitigation potentials across European peatlands. *Environmental Pollution*, 301, 119041. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119041>
- Lininger, K. B., Wohl, E. (2019). Floodplain dynamics in North American permafrost regions under a warming climate and implications for organic carbon stocks: A review and synthesis. *Earth-Science Reviews*, 193, 24–44. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.02.024>
- Liu, H., Lennartz, B. (2019). Hydraulic properties of peat soils along a bulk density gradient – A meta study. *Hydrological Processes*, 33, 101–114. <https://doi.org/10.1002/hyp.13314>
- Liu, H., Zak, D., Rezanezhad, F., Lennartz, B. (2019). Soil degradation determines release of nitrous oxide and dissolved organic carbon from peatlands. *Environmental Research Letters*, 14(9), 094009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab3947>
- Liu, H., Wrage-Mönnig, N., Lennartz, B. (2020). Rewetting strategies to reduce nitrous oxide emissions from European peatlands. *Communications Earth and Environment*, 1(1), 17. <https://doi.org/10.1038/s43247-020-00017-2>
- Loisel, J., Gallego-Sala, A. (2022). Ecological resilience of restored peatlands to climate change. *Communications Earth and Environment*, 3(1), 208. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00547-x>
- LULUCF-Verordnung (2018). Verordnung (EU) 2018/841 des europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 über die Einbeziehung der Emissionen und des Abbaus von Treibhausgasen aus Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft in den Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030 und zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 525/2013 und des Beschlusses Nr. 529/2013/EU. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0841>
- Luthardt, V. (2014) Reichtum der Lebenswelt. In: Luthardt, V., Zeitz, J. (Hrsg.), *Moore in Berlin und Brandenburg* (S. 51–55). Randsdorf: Natur + Text.
- Martens, H. R., Laage, K., Eickmanns, M., Drexler, A., Heinsohn, V., Wegner, N., ..., Tanneberger, F. (2023). Paludiculture can support biodiversity conservation in rewetted fen peatlands. *Scientific Reports*, 13(1), 18091. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44481-0>
- Mazzoleni, M., Mård, J., Rusca, M., Odongo, V., Lindersson, S., Di Baldassarre, G. (2021). Floodplains in the Anthropocene: A global analysis of the interplay between human population, built environment, and flood severity. *Water Resources Research*, 57(2), e2020WR027744. <https://doi.org/10.1029/2020WR027744>
- McCarter, C. P. R., Rezanezhad, F., Quinton, W. L., Ghare-daghloo, B., Lennartz, B., Price, J., ..., Van Cappellen, P. (2020). Pore-scale controls on hydrological and geochemical processes in peat: Implications on interacting processes. *Earth-Science Reviews*, 207, 103227. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103227>
- Mehl, D., Steinhäuser, A., Kasper, D., Kasperidus, H. D., Scholz, M. (2012). Treibhausgasemissionen in Flussauen. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, 124, 85–101.

- Mehring, M., Bi, N., Brietzke, A., Götz, K., Gross, V., Mosbrugger, V., ..., Taffner, J. (2023). *Zielvorstellung Biodiversität – Biodiversitätsbewusstsein in der Land- und Forstwirtschaft. Konzeptentwicklung und Ergebnisse einer standardisierten Befragung in Deutschland*. ISOE-Materialien Soziale Ökologie 72. Frankfurt am Main: Institut für sozial-ökologische Forschung. ISOE-Materialien Soziale Ökologie 72. <https://isoe-publikationen.de/fileadmin/redaktion/ISOE-Reihen/msoe/msoe-72-isoe-2023.pdf>
- Minayeva, T., Bragg, O., Sirin, A. (2016). Peat-land biodiversity and its restoration. In: Bonn, A., Allott, T., Evans, M., Joosten, H., Stoneman, R. (Hrsg.), *Peatland Restoration and Ecosystem Services: science, policy and practice* (S. 44–62). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177788.004>
- Ministerium für Landschaft und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern (2017). *Umsetzung von Paludikultur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen in Mecklenburg-Vorpommern. Fachstrategie zur Umsetzung der nutzungsbezogenen Vorschläge des Moorschutzkonzeptes*. <https://www.moorwissen.de/files/doc/paludikultur/imdetail/umsetzungsbeispiele/Bericht%20Fachstrategie%20Paludikultur.pdf>
- Möckel, S. (2013a). Berücksichtigung von Umwelt- und Naturschutzaufgaben bei der Verteilung von Staatsfinanzen zwischen Bund und Ländern, *Europäisches Umwelt- und Planungsrecht*, 2, 85–94.
- Möckel, S. (2013b). Erfordernis einer umfassenden außenverbindlichen Bodennutzungsplanung auch für nichtbauliche Bodennutzungen. *Die öffentliche Verwaltung*, 11, 424–436.
- Möckel, S. (2016). Verhältnis ordnungs- und beihilferechtlicher Mindestanforderungen im Agrarumweltrecht, *Zeitschrift für Umweltrecht*, 27(12), 655–665.
- Möckel, S. (2024). Renaturierungen nur auf freiwilliger Basis? Europa- und verfassungsrechtliche Betrachtungen zum politisch favorisierten Freiwilligkeitsprinzip, *Natur und Recht* (angenommen).
- Möckel, S., Bathe, F. (2013). Kleingewässer und Wasserrahmenrichtlinie – Ist die deutsche Handhabung korrekt? *Deutsches Verwaltungsblatt* 128(4), 220–225.
- Möckel, S., Köck, W., Schramek, J., Rutz, C. (2014). *Rechtliche und andere Instrumente für vermehrten Umweltschutz in der Landwirtschaft, UBA-Texte Band 42/2014*, Dessau: Umweltbundesamt. http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_42_2014_rechtliche_und_andere_instrumente.pdf
- Möckel, S., Wolf, A. (2022). Flurbereinigung: Privatnützigkeit und Ökosystemleistungen. *Natur und Recht*, 44(1), 11–20. <https://doi.org/10.1007/s10357-021-3946-8>
- Mooratlas (2023). *Mooratlas. Daten und Fakten zu nassen Klimaschützern*. Berlin, Greifswald: Heinrich-Böll-Stiftung, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND), Michael Succow Stiftung. <https://www.boell.de/de/mooratlas>
- Moore, C. W. (2014). *The Mediation Process: Practical Strategies for Resolving Conflict*. 4. Auflage, Hoboken, NJ, USA: John Wiley and Sons.
- Mori, N., Simčič, T., Brancelj, A., Robinson, C. T., Doering, M. (2017). Spatiotemporal heterogeneity of actual and potential respiration in two contrasting floodplains. *Hydrological Processes*, 31(14), 2622–2636. <https://doi.org/10.1002/hyp.11211>
- Mrotzek, A., Michaelis, D., Günther, A., Wrage-Mönnig, N., Couwenberg, J. (2020). Mass balances of a drained and a rewetted peatland: on former losses and recent gains. *Soil Systems*, 4(1), 16. <https://doi.org/10.3390/soilsystems4010016>
- Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.-M., Collins, W., Fuglested, J., Huang, J., ..., Midgley, P. M. (Hrsg.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (S. 659–740). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.018>
- Närmann, F., Birr, F., Kaiser, M., Nerger, M., Luthardt, V., Zeitz, J., Tanneberger, F. (Hrsg.). (2021). *Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden. Bundesamt für Naturschutz*. <https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-11/Skript616.pdf>
- Nanz, P., Fritsche, M. (2012). *Handbuch Bürgerbeteiligung: Verfahren und Akteure, Chancen und Grenzen*. Bundeszentrale für politische Bildung. Schriftenreihe Band 1200. https://www.bpb.de/system/files/dokument_pdf/Handbuch_Buergerbeteiligung.pdf
- National Research Council (2008). *Public participation in environmental assessment and decision making*. Washington DC: The National Academies Press. <https://nap.nationalacademies.org/read/12434/chapter/1>
- Nordt, A., Abel, S., Hirschelmann, S., Lechtape, C., Neubert, J. (2022). *Leitfaden für die Umsetzung von Paludikultur*. Greifswald: Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe, 05/2022. https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/GMC%20Schriften/2022-05_Nordt%20et%20al_Paludikultur%20Leitfaden.pdf
- OECD (2020). *Innovative Citizen Participation and New Democratic Institutions: Catching the Deliberative Wave*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/339306da-en>

- Oppermann, J. J., Luster, R., McKenney, B. A., Roberts, M., Meadows, A. W., (2010). Ecologically Functional Floodplains; Connectivity, Flow Regime and Scale. *JAWA Journal of American Water Resources Association*, 46, 211–226. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2010.00426.x>
- Opperman, J. J., Moyle, P. B., Larsen, E. W., Florsheim, J. L., Manfree, A. D. (2017). *Floodplains: Processes and management for ecosystem services*. Berkeley, CA, USA: University of California Press.
- Palmer, M. A., Stewart, G. A. (2020). Ecosystem restoration is risky ... but we can change that. *One Earth*, 3(6), 661–664. <https://doi.org/10.1016/j.joneear.2020.11.019>
- Pangala, S. R., Enrich-Prast, A., Basso, L. S., Peixoto, R. B., Bastviken, D., Hornibrook, E. R., ..., Gauci, V. (2017). Large emissions from floodplain trees close the Amazon methane budget. *Nature*, 552, 230–234. <https://doi.org/10.1038/nature24639>
- Paulus, A., Hagemann, N., Baaken, M. C., Roilo, S., Alarcón-Segura, V., Cord, A. F., Beckmann, M. (2022). Landscape context and farm characteristics are key to farmers' adoption of agri-environmental schemes. *Land Use Policy*, 121, 106320. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106320>
- Peters, J., Schäfer, J. (2022) Klimaschutz durch Wiedervernässung von Moorflächen: Ausgangssituation, bundesweite Bedeutung und rechtliche Rahmenbedingungen. *Recht der Landwirtschaft*, 74(12), 409–415.
- Petsch, D. K., Cionek, V. D. M., Thomaz, S. M., dos Santos, N. C. L. (2023). Ecosystem services provided by river-floodplain ecosystems. *Hydrobiologia*, 850, 2563–2584. <https://doi.org/10.1007/s10750-022-04916-7>
- Pilotto, F., Nilsson, C., Polvi, L. E., McKie, B. G. (2018). First signs of macroinvertebrate recovery following enhanced restoration of boreal streams used for timber floating. *Ecological Applications*, 28(2), 587–597. <https://doi.org/10.1002/eap.1672>
- Poschod, P. (2015). The origin and development of the central European man-made landscape, habitat and species diversity as affected by climate and its changes – a review. *Interdisciplinaria Archaeologica. Natural Sciences in Archaeology*, 6(2), 197–221. <http://iansa.eu/papers/IANSA-2015-02-poschod.pdf>
- Pörtner, H. O., Scholes, R. J., Arneth, A., Barnes, D. K. A., Burrows, M. T., Diamond, S. E., ..., Val, A. L. (2023). Overcoming the coupled climate and biodiversity crises and their societal impacts. *Science*, 380, eabl4881. <https://doi.org/10.1126/science.abl4881>
- Promny, M., Hammer, M., Busch, N. (2014). Untersuchung zur Wirkung der Deichrückverlegung Lenzen auf das Hochwasser vom Juni 2013 an der unteren Mittelelbe. *Korrespondenz Wasserwirtschaft*, 6(7), 344–349.
- Quitow, R., Bangert, A., Düber, D., Fraune, C., Fricke, A., Gaschnig, H., ..., Zeccola, M. (2018). *Multikriterieller Bewertungsansatz für eine nachhaltige Energiewende: Von der Analyse zur Entscheidungsfindung mit ENavi*. Potsdam: Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS). <http://doi.org/10.2312/iass.2018.011>
- Radtke, J., Renn, O. (2019). Partizipation und bürgerschaftliches Engagement in der Energiewende. In: Radtke, J., Canzler, W. (Hrsg.), *Energiewende: Eine sozialwissenschaftliche Einführung* (S. 283–316). Wiesbaden: Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-26327-0_10
- Raymond, C. M., Fazey, I., Reed, M. S., Stringer, L. C., Robinson, G. M., Evely, A. C. (2010). Integrating local and scientific knowledge for environmental management. *Journal of Environmental Management*, 91(8), 1766–1777. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.03.023>
- Rebhann, M., Karatay, Y. N., Filler, G., Prochnow, A. (2016). Profitability of management systems on German fenlands. *Sustainability*, 8(11), 1103. <https://doi.org/10.3390/su8111103>
- Reese, M. (2018). Die Wasserrahmenrichtlinie in der Umsetzungskrise. *Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht*, 37(21), 1592–1599.
- Reese, M., Bedtke, N., Gawel, E., Klauer, B., Köck, W., Möckel, S. (2018). *Wasserrahmenrichtlinie – Wege aus der Umsetzungskrise: Rechtliche, organisatorische und fiskalische Wege zu einer richtlinienkonformen Gewässerentwicklung am Beispiel Niedersachsens*. Leipziger Schriften zum Umwelt- und Planungsrecht 37, Baden-Baden: Nomos.
- Reid, A. J., Carlson, A. K., Creed, I. F., Eliason, E. J., Gell, P. A., Johnson, P. T., ..., Cooke, S. J. (2019). Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews*, 94(3), 849–873. <https://doi.org/10.1111/brv.12480>
- Renn, O. (2020). Bürgerbeteiligung in der Klimapolitik: Erfahrungen, Grenzen und Aussichten. *Forschungsjournal Soziale Bewegungen*, 33(1), 125–139. <https://doi.org/10.1515/fjsb-2020-0011>
- Renn, O. (2021). Die gesellschaftliche Resonanz auf den Klimaschutz: Von der Akzeptanz zur bürgerschaftlichen Mitwirkung. In: Winkler, D. (Hrsg.), *Klimawandel, Klimakrise, Klimakollaps* (S. 83–111). Stuttgart: Kohlhammer.
- Renn, O. (2022). Sozialverträgliche Klimapolitik: Möglichkeiten einer partizipativen Politikgestaltung. *Klima und Recht: Zeitschrift für das gesamte Klimarecht*, 1(9), 276–279.
- Renn, O., Köck, W., Schweizer, P. J., Bovet, J., Benighaus, C., Scheel, O., Schröter, R. (2013). Die Öffentlichkeit an der Energiewende beteiligen: Grundsätze und Leitlinien für Planungsvorhaben. *GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society*, 22(4), 279–280.

- Renn, O., Schweizer, P.-J. (2020). Inclusive Governance for Energy Policy Making: Conceptual Foundations, Applications, and Lessons Learned. In: Renn, O., Ulmer, F., Deckert, A. (Hrsg.), *The Role of Public Participation in Energy Transitions* (pp. 39–79). Cambridge, MA, USA: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819515-4.00003-9>
- Ring, I., Mewes, M. (2023). Ausgewählte Finanzmechanismen: Zahlungen für Ökosystemleistungen und ökologischer Finanzausgleich. In: Grunewald, K., Bastian, O. (Hrsg.), *Ökosystemleistungen Konzept, Methoden, Bewertungs- und Steuerungsansätze* (S. 495–511). 2. Auflage, Heidelberg: Springer Spektrum Verlag.
- Robinson, C. T., Tockner, K., Ward, J. V. (2002). The fauna of dynamic riverine landscapes. *Freshwater Biology*, 47(4), 661–677. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00921.x>
- ROG, Raumordnungsgesetz des Bundes (2008) Raumordnungsgesetz vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 22. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 88) geändert worden ist. https://www.gesetze-im-internet.de/rog_2008/
- Roni, P., Hall, J. E., Drenner, S. M., Arterburn, D. (2019). Monitoring the effectiveness of floodplain habitat restoration: A review of methods and recommendations for future monitoring. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 6(4), e1355. <https://doi.org/10.1002/wat2.1355>
- Roßkopf, N., Fell, H., Zeitz, J. (2015). Organic soils in Germany, their distribution and carbon stocks. *Catena*, 133, 157–170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2015.05.004>
- Roth, R. (2014). Potenziale und Entwicklungstendenzen deliberativer Partizipation. In: Bertelsmann Stiftung (Hrsg.), *Partizipation im Wandel: Unsere Demokratie zwischen Wählen, Mitmachen und Entscheiden* (S. 233–296). Gütersloh: Verlag Bertelsmann Stiftung.
- Roulet, N. T., Crill, P. M., Comer, N. T., Dove, A., Boubonniere, R. A. (1997). CO₂ and CH₄ flux between a boreal beaver pond and the atmosphere. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 102(D24), 29313–29319. <https://doi.org/10.1029/97JD01237>
- Saputra, E. (2019). Beyond fires and deforestation: Tackling land subsidence in peatland areas, a case study from Riau, Indonesia. *Land*, 8(5), 76. <https://www.mdpi.com/2073-445X/8/5/76>
- Schäfer, A. (1999). Reed Cultivation on degraded fens – profitability of planting and harvesting of *Phragmites australis*. *Archives of Nature Conservation and Landscape Research*, 38(2-3), 193–216.
- Schäfer, A., Nordt, A., Peters, J., Wichmann, S. (2022). Entwickeln von Anreizen für Paludikultur zur Umsetzung der Klimaschutzziele 2030 und 2050. *Climate Change* 44/2022, Dessau: Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwickeln-von-anreizen-fuer-paludikultur-zur>
- Schäfer, J., Yilmaz, Y. (2019). *Aktuelle Hemmnisse und Weiterentwicklungsoptionen im Ordnungs- und Planungsrecht zugunsten der Moorrevitalisierung als Umsetzung von Klimaanpassungs- und Klimaschutzmaßnahmen. Rechtswissenschaftliche Studie*. Greifswald: Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe, 04/2019. https://greifswaldmoor.de/files/dokumente/GMC%20Schriften/2019-04_Jur.%20Gutachten%20zu%20Paludikultur.pdf
- Schätzl, R., Schmitt, F., Wild, U., Hoffmann, U. (2006). Gewässerschutz und Landnutzung durch Rohrkolbenbestände. *Wasserwirtschaft*, 96, 24–27.
- Schindlbacher, A., Heinzle, J., Gollobich, G., Wanek, W., Michel, K., Kitzler, B. (2022). Soil greenhouse gas fluxes in floodplain forests of the Danube National Park: effects of flooding and soil microclimate. *Biogeochemistry*, 159, 193–213. <https://doi.org/10.1007/s10533-022-00921-z>
- Schindler, S., Sebesvari, Z., Damm, C., Euller, K., Mauerhofer, V., Schneidergruber, A., ..., Wrbka, T. (2014). Multifunctionality of floodplain landscapes: relating management options to ecosystem services. *Landscape Ecology*, 29, 229–244. <https://doi.org/10.1007/s10980-014-9989-y>
- Schlacke, S., Sauthoff, M. (2024 in Vorbereitung) *Rechtsfragen zur Wiedervernässung von trockengelegten Moorstandorten*. Rechtsgutachten im Auftrag der Michael Succow Stiftung.
- Schmidt, W., Rohde, S. (1986). Untersuchungen zur Befahrbarkeit von Niedermoorgrasland. *Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde*, 30(1), 25–35.
- Schmitz, F. (2019). Herausragendes aus der Kohlenstoffinventur 2017. *AFZ-DerWald*, 14/2019, 34–36. https://www.thuenen.de/media/institute/wo/Waldmonitoring/THG/Projekt/CI2017/AFZ_14_19_Kohlenstoff_Artikel_8_Schmitz.pdf
- Schneider, C., Mrogenda, K., Davis, M. (2023). *Digitalisierung im Naturschutz – Potenziale, Risiken und Lösungsansätze*. BfN-Schriften 656. Bundesamt für Naturschutz. <https://doi.org/10.19217/skr656>
- Schneider, E., Werling, M., Stammel, B., Januschke, K., Ledesma-Krist, G., Scholz, M., Hering, D., ..., Egger, G. (2018). *Biodiversität der Flussauen Deutschlands*. Bundesamt für Naturschutz. <https://www.bfn.de/publikationen/schriftenreihe-naturschutz-biologische-vielfalt/nabiv-heft-163-biodiversitaet-der>
- Schnitzler, A., Hale, B. W., Alsum, E. M. (2007). Examining native and exotic species diversity in European riparian forests. *Biological Conservation*, 138(1-2), 146–156. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.04.010>
- Scholz, M., Mehl, D., Schulz-Zunkel, C., Kasperidus, H. D., Born, W., Henle, K. (2017). Ökosystemfunktionen von Flussauen – Analyse und Bewertung von Hochwasserretention, Nährstoffrückhalt, Kohlenstoffvorrat, Treibhausgasemissionen und Habitatfunktion. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, 124, 1–257.

- Scholz, M., Dister, E., Ehlert, T., Mehl, D., Schneider, E., Foeckler, F., ..., Werling, M. (2017). Nutzung, Auenzustand und Renaturierung. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, 163, 79–118.
- Scholz, M., Cierjacks, A., Kasperidus, H. D., Schulz-Zunkel, C., Ruoo, H., Steinmann, A., Krüger, F. (2012). Kohlenstoffvorrat in Flussauen. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, 124, 73–84.
- Schröder, C., Joosten, H., Wichtmann, W. (2016). Der Weg aus der Wüste – Lösungen. In: Wichtmann, W., Schröder, C., Joosten, H. (Hrsg.), *Paludikultur. Bewirtschaftung nasser Moore* (S.229–233). Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers.
- Schwarzer, C., Heinken, Th., Luthardt, V., Joshi, J. (2013). Latitudinal shifts in species interactions interfere with resistance of southern but not of northern bog plant-communities to experimental climate change. *Journal of Ecology*, 101(6), 1484–1497.
- Schweizer, P.-J. (2017). Partizipation bei der Energiewende und beim Ausbau der Stromnetze: Philosophische Fundierung. In: Schippl, J., Grunwald, A., Renn, O. (Hrsg.), *Die Energiewende verstehen – orientieren – gestalten* (S. 341–350). Baden-Baden: Nomos. <https://doi.org/10.5771/9783845278957-341>
- Schwieger, S., Kreyling, J., Couwenberg, J., Smiljanić, M., Weigel, R., Wilmking, M., Blume-Werry, G. (2021). Wetter is better: Rewetting of minerotrophic peatlands increases plant production and moves them towards carbon sinks in a dry year. *Ecosystems*, 24(5), 1093–1109. <https://doi.org/10.1007/s10021-020-00570-z>
- Seddon, N., Chaussou, A., Berry, P., Girardin, C. A. J., Smith, A., Turner, B. (2020). Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375, 20190120. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2019.0120>
- Segert, A., Zierke, I. (2004). Methodische Grundlagen der soziologischen Bewertung. In: Anders, K., Mrzljak, J., Wallschläger, D., Wiegler, G. (Hrsg.), *Handbuch Offenlandmanagement am Beispiel ehemaliger und in Nutzung befindlicher Truppenübungsplätze* (S. 87–96). Berlin: Springer.
- Sensing Peat. Art und Research Network – from the Venice Agreement. <https://www.sensingpeat.net>
- Serra-Llobet, A., Jähnig, S. C., Geist, J., Kondolf, G. M., Damm, C., Scholz, M., ..., Schmitt, R. (2022). Restoring rivers and floodplains for habitat and flood risk reduction: experiences in multi-benefit floodplain management from California and Germany. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 778568. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.778568>
- Simpson, K., Armsworth, P. R., Dallimer, M., Nthambi, M., de Vries, F. P., Hanley, N. (2023). Improving the ecological and economic performance of agri-environment schemes: Payment by modelled results versus payment for actions. *Land Use Policy*, 130, 106688. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106688>
- Spinelli, R., Magagnotti, N., De Francesco, F., Aminti, G., Stauder, M., Pari, L. (2017). Biomass recovery from invasive species management in wetlands. *Biomass and Bioenergy*, 105, 259–265. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.07.012>
- Spinoni, J., Vogt, J. V., Naumann, G., Barbosa, P., Dosio, A. (2018). Will drought events become more frequent and severe in Europe? *International Journal of Climatology*, 38(4), 1718–1736. <https://doi.org/10.1002/joc.5291>
- SRU, WBBGR, BWL, Sachverständigenrat für Umweltfragen, Wissenschaftlicher Beirat für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2024). *Renaturierung: Biodiversität stärken, Flächen zukunftsfähig bewirtschaften*. Berlin: SRU, WBBGR, BWL. https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2024_04_Renaturierung.pdf
- Staatsbetrieb Sachsenforst (Hrsg.) (2014). *Moorrevitalisierung im Erzgebirge*. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/23680>
- Stammel, B., Fischer, C., Cyffka, B., Albert, C., Damm, C., Dehnhardt, A., ..., Gelhaus, M. (2021). Assessing land use and flood management impacts on ecosystem services in a river landscape (Upper Danube, Germany). *River Research and Applications*, 37(2), 209–220. <https://doi.org/10.1002/rra.3669>
- Stanford, J. A. (1998). Rivers in the landscape: introduction to the special issue on riparian and groundwater ecology. *Freshwater Biology*, 40(3), 402–406. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1998.00398.x>
- Stanford, J. A., Lorang, M. S., Hauer, F. R. (2005). The shifting habitat mosaic of river ecosystems. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 29(1), 123–136. <https://doi.org/10.1080/03680770.2005.11901979>
- Steenken, S., Kleinschmidt, M., Remy, D. (2021). *Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben zur Auenrenaturierung – Erfolgskontrollen 20 Jahre später*. BfN-Skripten 588. Bundesamt für Naturschutz. <https://doi.org/10.19217/skr588>
- Strobl, K., Schmidt, C., Kollmann, J. (2018). Selecting plant species and traits for phytometer experiments. The case of peatland restoration. *Ecological Indicators*, 88, 263–273. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.018>

- Strobl, K., Kollmann, J., Teixeira, L. H. (2019). Integrated assessment of ecosystem recovery using a multi-functionality approach. *Ecosphere*, 10(11), e02930. <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ecs2.2930>
- Strobl, K., Moning, C., Kollmann, J. (2020). Positive trends in plant, dragonfly, and butterfly diversity of rewetted montane peatlands. *Restoration Ecology*, 28, 796–806. <https://doi.org/10.1111/rec.12957>
- Succow, M., Joosten, H. (Hrsg.). (2001). *Landschafts-ökologische Moorkunde*. 2. Auflage, Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Sutton, M. A., Howard, C. M., Erisman, J. W., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., Grinsven, H. v., Frontmatter, B. G. (2010). *The European Nitrogen Assessment*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511976988>
- Sutfin, N. A., Wohl, E. E., Dwire, K. A. (2016). Banking carbon: a review of organic carbon storage and physical factors influencing retention in floodplains and riparian ecosystems. *Earth Surface Processes and Landforms*, 41(1), 38–60. <https://doi.org/10.1002/esp.3857>
- Systain (2023). *Wiedervernässung von Mooren: Wert-schöpfungsketten für die Nutzung von Paludi-Biomasse*. Hamburg: Umweltstiftung Michael Otto, Systain. https://uploads-ssl.webflow.com/60e835f106e8ed-6d05abb826/6526c16499ca6b82a8161bdc_toMOO-Row_Brosch%C3%BCre%20zur%20Studie.pdf
- Tanneberger, F., Bellebaum, J., Dylawski, M., Fartmann, T., Jurzyk-Nordlöw, S., Koska, I., ..., Wojciechowska, M. (2011). Habitats of the globally threatened Aquatic Warbler (*Acrocephalus paludicola*) in Pomerania-site conditions, flora, and vegetation characteristics. *Plant Diversity and Evolution*, 129(3), 253–273. <https://doi.org/10.1127/1869-6155/2011/0129-0047>
- Tanneberger, F., Schröder, C., Hohlbein, M., Lenschow, U., Permien, T., Wichmann, S., Wichtmann, W. (2020). Climate change mitigation through land use on rewetted peatlands – cross-sectoral spatial planning for paludiculture in Northeast Germany. *Wetlands*, 40, 2309–2320. <https://doi.org/10.1007/s13157-020-01310-8>
- Tanneberger, F., Abel, S., Couwenberg, J., Dahms, T., Gaudig, G., Günther, A., ..., Joosten, H. (2021a). Towards net zero CO₂ in 2050: An emission reduction pathway for organic soils in Germany. *Mires and Peat*, 27, 5. <http://dx.doi.org/10.19189/MaP.2020.SNPG.StA.1951>
- Tanneberger, F., Moen, A., Barthelmes, A., Lewis, E., Miles, L., Sirin, A., ..., Joosten, H. (2021b). Mires in Europe – Regional diversity, condition and protection. *Diversity*, 13(8), 381. <https://doi.org/10.3390/d13080381>
- Tanneberger, F., Birr, F., Couwenberg, J., Kaiser, M., Luthardt, V., Neger, M., ..., Närmann, F. (2022). Saving soil carbon, greenhouse gas emissions, biodiversity and the economy: paludiculture as sustainable land use option in German fen peatlands. *Regional Environmental Change*, 22, 69. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01900-8>
- Tanneberger, F., Berghöfer, A., Brust, K., Hammerich, J., Holsten, B., Joosten, H., ..., Couwenberg, J. (2024). Quantifying ecosystem services of rewetted peatlands – the MoorFutures methodologies. *Ecological Indicators*, 163, 112048. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112048>
- Tegetmeyer, C., Barthelmes, K.-D., Busse, S., Barthelmes, A. (2021). *Aggregierte Karte der organischen Böden Deutschlands*, 2. überarbeitete Fassung. Greifswald: Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe, 01/2021. https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/GMC%20Schriften/2021-01_Tegetmeyer%20et%20al.pdf
- Tiemeyer, B., Bechtold, M., Belting, S., Freibauer, A., Förster, C., Schubert, E., ..., Drösler, M. (2017). *Moorschutz in Deutschland – Optimierung des Moormanagements in Hinblick auf den Schutz der Biodiversität und der Ökosystemleistungen. Bewertungsinstrumente und Erhebung von Indikatoren*. BfN-Skripten 462. Bundesamt für Naturschutz. <https://doi.org/10.19217/skr462>
- Tiemeyer, B., Freibauer, A., Borraz, E. A., Augustin, J., Bechtold, M., Beetz, S., ..., Drösler, M. (2020). A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. *Ecological Indicators*, 109, 105838. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105838>
- Tiemeyer, B., Heller, S., Oehmke, W., Dettmann, U. (2021). *Auswirkungen von Wassermanagement und Grün-landerneuerung auf die THG-Emissionen von intensiv genutztem Moorgrünland*. Project Brief. Braunschweig: Thünen-Institut. <https://doi.org/10.3220/PB1625728774000>
- Thorel, M., Piégay, H., Barthelemy, C., Rappé, B., Gruel, C. R., Marmonier, P., ..., Franquet, E. (2018). Socio-environmental implications of process-based restoration strategies in large rivers: should we remove novel ecosystems along the Rhône (France)? *Regional Environmental Change*, 18, 2019–2031. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1325-7>
- Tockner, K., Stanford, J. A. (2002). Riverine flood plains: present state and future trends. *Environmental Conservation*, 29(3), 308–330. <https://doi.org/10.1017/S037689290200022X>
- Tockner, K., Ward, J. V. (1999). Biodiversity along riparian corridors. *Large Rivers*, 11(3), 293–310.
- Tockner, K., Zarfl, C., Robinson, T. R. (Hrsg.). (2022). *Rivers of Europe*. 2. Auflage, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102612-0.12001-2>

- toMOORow (2023). *Vorstudie zur Schaffung von skalierbaren Wertschöpfungsketten für die Nutzung von Paludi-Biomasse*.
https://uploads-ssl.webflow.com/60e835f106e8ed-6d05abb826/6526c1ce6b25a1664df69aao_toMOORow_Sustain_Machbarkeitsstudie.pdf
- Tol, R. S. J. (2017). *Climate Economics: Economic Analysis of Climate, Climate Change and Climate Policy*. Cheltenham: Edvard Elgar.
- Treibhausgas-Verordnung (2018). Verordnung (EU) 2018/842 des europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Festlegung verbindlicher nationaler Jahresziele für die Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Zeitraum 2021 bis 2030 als Beitrag zu Klimaschutzmaßnahmen zwecks Erfüllung der Verpflichtungen aus dem Übereinkommen von Paris sowie zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 525/2013.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0842>
- Trepel, M., Pfadenhauer, J., Zeitz, J., Jeschke, L. (2017). Germany. In: Joosten, H., Tanneberger, F., Moen, A. (Hrsg.), *Mires and peatlands of Europe: Status, distribution and conservation* (S. 413–424). Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Uellendahl, K., Hirschelmann, S., Abel, S. (2023). *Treibhausgas-Emissionen der moorreichen Bundesländer und die Rolle der organischen Böden*. Informationspapier. Greifswald Moor Centrum.
https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/Infopapiere_Briefings/202305_Faktenpapier%20Emissionen%20Bundesl%C3%A4nder_final%20_korr.pdf
- UBA, Umweltbundesamt (2019). *Renaturierungsmaßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustandes*.
<https://www.umweltbundesamt.de/renaturierungsmaßnahmen-zur-verbesserung-des#massnahmen-zur-renaturierung-von-flie遝gewässern>
- UBA, Umweltbundesamt (2020). *Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten. Kostensätze*. Stand 12/2020. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-12-21_methodenkonvention_3_1_kostensaetze.pdf
- UBA, Umweltbundesamt (2022a). Indikator: *Ökologischer Zustand der Flüsse*. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltindikatoren/indikator-oekologischer-zustand-der-fluesse#die-wichtigsten-fakten>
- UBA, Umweltbundesamt (2022b). *Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2022: Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2020*. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-05-31_climate-change_24-2022_nir-2022_de.pdf
- Übereinkommen über Feuchtgebiete, insbesondere als Lebensraum für Wasser- und Watvögel, von internationaler Bedeutung (1971). https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/scan_certified_g.pdf
- UFZ, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (2024). *Dürremonitor Deutschland*.
<https://www.ufz.de/index.php?de=37937>
- UN, United Nations (2022). Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-15/cop-15-dec-04-en.pdf>
- UNEP, United Nations Environment Programme (1992). Convention on Biological Diversity. June 1992.
<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/8340>
- UNEP, United Nations Environment Programme (2022). *Global Peatlands Assessment – The State of the World's Peatlands: Evidence for action toward the conservation, restoration, and sustainable management of peatlands. Main Report*. Global Peatlands Initiative, United Nations Environment Programme. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/41222/peatland_assessment.pdf?sequence=3
- UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change (2015). Paris Agreement to the United Nations Framework Convention on Climate Change, December 12, 2015, T.I.A.S. No. 16-1104.
https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=INDundmtsg_no=XXVII-7-dundchapter=27undclang=_en
- Valach, A. C., Kasak, K., Hemes, K. S., Anthony, T. L., Dronova, I., Taddeo, S., ..., Baldocchi, D. D. (2021). Productive wetlands restored for carbon sequestration quickly become net CO₂ sinks with site-level factors driving uptake variability. *PLoS ONE*, 16(3), e0248398.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248398>
- VDI, Verein Deutscher Ingenieure (2013). Frühe Öffentlichkeitsbeteiligung bei Industrie- und Infrastrukturprojekten. VDI Richtlinie 7000. Düsseldorf: VDI.
- VDI, Verein Deutscher Ingenieure (2014). *Kommunikation und Öffentlichkeitsbeteiligung bei Planung und Bau von Infrastrukturprojekten – Standards für die Leistungsphasen der Ingenieure*. VDI Richtlinie 7001. Düsseldorf: VDI.
- Verkamp, R., Tillmann, C. (2014). Wählen, Mitmachen, Entscheiden – wie die neue Vielfalt unsere Demokratie stärkt. Einwurf. *Zukunft der Demokratie* 2/2014. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/user_upload/EINWURF_02_2014.pdf
- Verordnung (EU) 2021/1119 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Juni 2021 zur Schaffung des Rahmens für die Verwirklichung der Klimaneutralität und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 401/2009 und (EU) 2018/1999 („Europäisches Klimagesetz“), ABl. EU 2021 Nr. L 243 vom 9.7.2021.
- Vischer-Leopold, M., Ellwanger, G., Ssymank, A., Ullrich, K., Paulsch, C. (2015). Natura 2000 und Management in Moorgebieten. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, 140, 1–318.

- von Keitz, S., Dehnhardt, A., Klauer, B., Scholz, M. (2016). Kapitel 8: Ökosystemleistungen von Gewässern und Auen. In: Naturkapital Deutschland – TEEB DE (Hrsg.), *Ökosystemleistungen in ländlichen Räumen. Grundlage für menschliches Wohlergehen und wirtschaftliche Entwicklung*. (S. 206–239). Leibniz Universität Hannover, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung: Hannover, Leipzig. https://www.ufz.de/export/data/global/190505_TEEB_DE_Landbericht_Langfassung.pdf
- Vogelschutzrichtlinie (2009). Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über die Erhaltung der wild lebenden Vogelarten, ABl. L. 20 vom 26.1.2010, S. 7–25. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009L0147-20190626>
- Von Ruschkowski, E. (2009). *Ursachen und Lösungsansätze für Akzeptanzprobleme von Großschutzgebieten am Beispiel von zwei Fallstudien im Nationalpark Harz und im Yosemite Nationalpark*. Dissertation. Leibniz Universität Hannover. https://www.dbu.de/OPAC/diss/20002-380_von_ruschkowski_eick.pdf
- Walton, C. R., Zak, D., Audet, J., Petersen, R. J., Lange, J., Oehmke, C., ..., Hoffmann, C. C. (2020). Wetland buffer zones for nitrogen and phosphorus retention: Impacts of soil type, hydrology and vegetation. *Science of the Total Environment*, 727, 138709. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138709>
- Ward, J. V., Tockner, K. (2001). Biodiversity: towards a unifying theme for river ecology. *Freshwater Biology*, 46(6), 807–219. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2001.00713.x>
- Ward, J. V., Tockner, K., Schiemer, F. (1999). Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity. *Regulated Rivers: Research and Applications*, 15, 125–139.
- WHG, Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 22. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 409) geändert worden ist. https://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/
- WaStrG, Bundeswasserstraßengesetz (2007). In der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Mai 2007 (BGBl. I S. 962; 2008 I S. 1980), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 22. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 409) geändert worden ist. <https://www.gesetze-im-internet.de/wastrg/>
- WRRL, Wasserrahmenrichtlinie (2000). Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, ABl. L. 327 vom 22/12/2000 S. 1–73. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:02000L0060-20141120>
- WVG, Wasserverbandsgesetz des Bundes (2002). Gesetz über Wasser- und Bodenverbände vom 12. Februar 1991 (BGBl. I S. 405), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15. Mai 2002 (BGBl. I S. 1578) geändert worden ist. <https://www.gesetze-im-internet.de/wvg/>
- Webler, T., Tuler, S. (2000). Fairness and competence in citizen participation: Theoretical reflections from a case study. *Administration and Society*, 32(5), 566–595. <https://doi.org/10.1177/00953990022019588>
- White, B., Hanley, N. (2016). Should we pay for ecosystem service outputs, inputs or both? *Environmental and Resource Economics*, 63, 765–787. <https://doi.org/10.1007/s10640-016-0002-x>
- Wichmann, S. (2017). Commercial viability of paludiculture: a comparison of harvesting reeds for biogas production, direct combustion, and thatching. *Ecological Engineering*, 103, 497–505. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.03.018>
- Wichmann, S., Krebs, M., Kumar, S., Gaudig, G. (2020). Paludiculture on former bog grassland: Profitability of Sphagnum farming in Northwest Germany. *Mires and Peat*, 26, 8. <http://dx.doi.org/10.19189/MaP.2019.SNPG.StA.1768>
- Wichmann, S., Reichelt, F., Nordt, A. (2022). *Herleitung von Förderpauschalen zur Umsetzung von Moor-Klimaschutzprojekten*. Greifswald: Greifswald Moor Centrum-Schriftenreihe, 01/2022. https://www.greifswaldmoor.de/files/dokumente/GMC%20Schriften/2022-01_Wichmann%20et%20al_Herleitung%20von%20F%C3%B6rderpauschalen%20zur%20Umsetzung%20von%20Moor-Klimaschutzprojekten.pdf
- Wichmann, S., Nordt, A., Schäfer, A. (2022). *Lösungsansätze zum Erreichen der Klimaschutzziele und Kosten für die Umstellung auf Paludikultur. Hintergrundpapier zur Studie „Anreize für Paludikultur zur Umsetzung der Klimaschutzziele 2030 und 2050“*. Berlin: Deutsche Emissionshandelsstelle im Umweltbundesamt (DEHSt). https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/projektmechanismen/Hintergrundpapier-loesungsansaeetze-paludikultur.pdf?__blob=publicationFileundv=3
- Wichtmann, W., Schröder, C., Joosten, H. (Hrsg.). (2016). *Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore*. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers.
- Wiegand, G., Lüderitz, V. (2009). Akteure in der Renaturierung. In: Zerbe, S., Wiegand, G. (Hrsg.), *Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa* (S. 459–467). Heidelberg: Springer Spektrum Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-662-48517-0_17
- Wild, U., Kamp, T., Lenz, A., Heinz, S., Pfadenhauer, J. (2001). Cultivation of *Typha* spp. in constructed wetlands for peatland restoration. *Ecological Engineering*, 17(1), 49–54. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(00\)00133-6](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(00)00133-6)

- Wilson, D., Blain, D., Couwenberg, J., Evans, C. D., Murdiyarto, D., Page, S. E., ..., Tuittila, E.-S. (2016a). Greenhouse gas emission factors associated with rewetting of organic soils. *Mires and Peat*, 17(04), 1–28. <https://doi.org/10.19189/MaP.2016.OMB.222>
- Wilson, D., Farrell, C. A., Fallon, D., Moser, G., Müller, C., Renou-Wilson, F. (2016b). Multiyear greenhouse gas balances at a rewetted temperate peatland. *Global Change Biology*, 22, 4080–4095. <https://doi.org/10.1111/gcb.13325>
- WindBEGEG, Gesetz zur Erhöhung und Beschleunigung des Ausbaus von Windenergieanlagen an Land (2022). In der Fassung vom 20. Juni 2022 (BGBl. I S. 1353). https://dejure.org/BGBl/2022/BGBl._I_S._1353
- Wirth, C., Engelmann, R. A., Haack, N., Hartmann, H., Richter, R., Schnabel, F., ..., Seele-Dilbat, C. (2021). Naturschutz und Klimawandel im Leipziger Auwald: Ein Biodiversitätshotspot an der Belastungsgrenze. *Biologie in unserer Zeit*, 51(1), 55–65.
- Wittnebel, M., Frank, S., Tiemeyer, B. (2023). *Aktualisierte Kulisse organischer Böden in Deutschland*. Datensatz. Göttingen: OpenAgrar-Repository. <https://doi.org/10.3220/DATA20230510130443-0>
- WMO, World Meteorological Organization (2023). *State of Global Water Resources 2022*. Genf: WMO. <https://library.wmo.int/idurl/4/68473>
- Woellner, R., Müller, N., Reich, M., Wagner, T. C., Kollmann, J. (2019). Artenhilfsmaßnahmen für gefährdete Wildflussarten – eine Potenzialstudie an den bayerischen Alpenflüssen anhand von vier Beispielarten. *Natur und Landschaft*, 94, 509–516. <https://doi.org/10.17433/12.2019.50153753.509-516>
- Wohl, E., Hall Jr, R. O., Lininger, K. B., Sutfin, N. A., Walters, D. M. (2017). Carbon dynamics of river corridors and the effects of human alterations. *Ecological Monographs*, 87(3), 379–409. <https://doi.org/10.1002/ecm.1261>
- Wolf, I., Ebersbach, B., Huttarsch, J.-H. (2023). *Soziales Nachhaltigkeitsbarometer der Energie- und Verkehrswende 2023: Was die Menschen in Deutschland bewegt – Ergebnisse einer Panelstudie zu den Themen Energie und Verkehr*. Potsdam: Kopernikus-Projekt Ariadne, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK). https://ariadneprojekt.de/media/2023/07/Soziales_Nachhaltigkeitsbarometer_2023_KopernikusProjektAriadne.pdf
- Wong, J. Y., Garber, M., Radforth, J. R., Dowell, J. (1979). Characterization of the mechanical properties of muskeg with special reference to vehicle mobility. *Journal of Terramechanics*, 16(4), 163–180. [https://doi.org/10.1016/0022-4898\(79\)90026-0](https://doi.org/10.1016/0022-4898(79)90026-0)
- WPKS, Wissenschaftsplattform Klimaschutz (2021). *Auf dem Weg zur Klimaneutralität: Umsetzung des European Green Deal und Reform der Klimapolitik in Deutschland – Jahresgutachten 2021*. <https://www.wissenschaftsplattform-klimaschutz.de/de/Jahresgutachten2021.html>
- WPKS, Wissenschaftsplattform Klimaschutz (2023). *Resilienz und Klimaschutz: Herausforderungen für Wissenschaft und Politik*. https://www.wissenschaftsplattform-klimaschutz.de/files/WPKS_Hintergrundpapier_Resilienz_Klimaschutz.pdf
- Zerbe, S. (2019). Akteure und ihre Rolle in der Ökosystemrenaturierung: Konfliktlösung und Akzeptanz durch Partizipation. In: Zerbe, S., Wiegand, G. (Hrsg.), *Renaturierung von Ökosystemen im Spannungsfeld von Mensch und Umwelt* (S. 473–487). Heidelberg: Springer Spektrum Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58650-1_22
- Zheng, H., Tetzlaff, D., Freymueller, J., Chmielewski, J., Okunjen, A., Soulsby, C. (2024) Quantifying intra- and inter-annual dynamics of river-floodplain connectivity and wetland inundation with remote sensing and wavelet analysis. *Hydrological Processes*, 38(4), e15137. <https://doi.org/10.1002/hyp.15137>
- Ziegler, R., Wichtmann, W., Abel, S., Kemp, R., Simard, M., Joosten, H. (2021). Wet peatland utilisation for climate protection – An international survey of paludiculture innovation. *Cleaner Engineering and Technology*, 5, 100305. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100305>
- Zou, J., Ziegler, A. D., Chen, D., McNicol, G., Ciais, P., Jiang, X., ..., Zeng, Z. (2022). Rewetting global wetlands effectively reduces major greenhouse gas emissions. *Nature Geoscience*, 15, 627–632. <https://doi.org/10.1038/s41561-022-00989-0>

Ausgewählte Publikationen der Schriftenreihe zur wissenschaftsbasierten Politikberatung

2024

Schlüsselemente des Kohlenstoffmanagements*

2022

Frauen in der Wissenschaft: Entwicklung und Empfehlungen

Wie sich russisches Erdgas in der deutschen und europäischen Energieversorgung ersetzen lässt*

2021

Digitalisierung und Demokratie

Resilienz digitalisierter Energiesysteme

Den offenen Zugang zu Digitalen Sequenzinformationen erhalten*

2020

Biodiversität und Management von Agrarlandschaften – Umfassendes Handeln ist jetzt wichtig
Zentrale und dezentrale Elemente im Energiesystem

2019

Wege zu einer wissenschaftlich begründeten, differenzierten Regulierung genomeditierter Pflanzen in der EU

Über eine CO₂-Bepreisung zur Sektorenkopplung: Ein neues Marktdesign für die Energiewende
Klimaziele 2030: Wege zu einer nachhaltigen Reduktion der CO₂-Emissionen*

Luftverschmutzung und Gesundheit

Warum sinken die CO₂-Emissionen in Deutschland nur langsam, obwohl die erneuerbaren Energien stark ausgebaut werden?

Welche Bedeutung hat die Kernenergie für die künftige Weltstromerzeugung?

Saubere Luft – Stickstoffoxide und Feinstaub in der Atemluft: Grundlagen und Empfehlungen
Biomasse im Spannungsfeld zwischen Energie- und Klimapolitik

2018

Artenrückgang in der Agrarlandschaft

Künstliche Photosynthese

*Ad-hoc Stellungnahme

Die Publikationen der Leopoldina stehen kostenfrei auf der Internetseite der Akademie zum Download zur Verfügung: www.leopoldina.org/de/publikationen

Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e. V.
– Nationale Akademie der Wissenschaften –

Jägerberg 1
06108 Halle (Saale)
Tel.: (0345) 472 39-600
E-Mail: politikberatung@leopoldina.org

Berliner Büros:

Reinhardtstraße 14	Unter den Linden 4
10117 Berlin	10117 Berlin

Die 1652 gegründete Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina ist mit ihren rund 1.700 Mitgliedern aus nahezu allen Wissenschaftsbereichen eine klassische Gelehrten-gesellschaft. Sie wurde 2008 zur Nationalen Akademie der Wissenschaften Deutschlands ernannt. In dieser Funktion hat sie zwei besondere Aufgaben: die Vertretung der deutschen Wissenschaft im Ausland sowie die Beratung von Politik und Öffentlichkeit.

Die Leopoldina tritt für die Freiheit und Wertschätzung der Wissenschaft ein. Sie trägt zu einer wissenschaftlich aufgeklärten Gesellschaft und einer verantwortungsvollen Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse zum Wohle von Mensch und Natur bei. Im interdisziplinären Diskurs überschreitet sie thematische, fachliche, politische und kulturelle Grenzen. Die Leopoldina setzt sich für die Achtung der Menschenrechte ein.

Als Nationale Akademie der Wissenschaften setzt die Leopoldina im Austausch mit anderen Institutionen, auch auf internationaler Ebene, Themen in der wissenschaftlichen Kommunikation und Politikberatung. In ihrer Politik beratenden Funktion legt die Leopoldina fachkompetent, unabhängig, transparent und vorausschauend Empfehlungen zu gesellschaftlich relevanten Themen vor. Sie begleitet diesen Prozess mit einer kontinuierlichen Reflexion über Voraussetzungen, Normen und Folgen wissenschaftlichen Handelns.

DOI: https://doi.org/10.26164/leopoldina_03_01185

www.leopoldina.org