

Beitrag von Moorschutz- und -revitalisierungsmaßnahmen zum Klimaschutz am Beispiel von Naturschutzgroßprojekten

The contribution of peatland protection and restoration measures to climate change mitigation: the example of large-scale nature conservation projects

Matthias Drösler, Lena Schaller, Jochen Kantelhardt, Manuel Schweiger, Daniel Fuchs, Bärbel Tiemeyer, Jürgen Augustin, Marc Wehrhan, Christoph Förster, Lindsey Bergmann, Alois Kapfer und Gerd-Michael Krüger

Zusammenfassung

Naturschutzgroßvorhaben in Moor- gebieten sollen vor allem die Lebens- raumfunktion für Pflanzen und Tiere verbessern. Der vorliegende Beitrag untersucht, ob die entsprechenden Maßnahmen – wie etwa Wiederver- nässung und Landnutzungsexten- sivierung – auch einen Beitrag zum Kli- maschutz leisten. Die Berechnungen in vier ausgewählten Projektregionen zeigen, dass sich durch die jeweiligen Vorhaben eine mittlere Emissions- reduktion von jährlich näherungsweise 4–15,5 t CO₂-Äquiv./ha ergibt. Die dem gegenüberstehenden jährlichen Kosten, die sich aus dem öffentlichen Mitteleinsatz für die Finanzierung der Großvorhaben ergeben, betragen ca. 240–1040 €/ha. Bei der Interpre- tation dieser Werte ist zu berücksich- tigen, dass aus datentechnischen Grün- den auch nicht klimarelevante Mittel- aufwendungen einbezogen wurden und nicht alle Kosten erfasst werden konnten. Allerdings zielten die unter- suchten Maßnahmen nicht auf den Klimaschutz ab, so dass ein geziel- tes Management die Emissionsein- sparungsleistungen von Naturschutz- maßnahmen in Zukunft verbessern könnte. Hierfür sind regelbasierte Entscheidungsinstrumente zur Ab- wägung zwischen den unterschiedli- chen Landschaftsfunktionen zu ent- wickeln.

stoff als CO₂ wieder freigesetzt werden. Die durch Landnutzung der deutschen Moore verursachten Emissionen von ca. 45 Mio. t CO₂-Äquiv. pro Jahr entsprechen etwa 5 % der gesamten fossilen Emissionen Deutschlands (UBA 2010). Im Rahmen des BMBF-Projekts „Klima- schutz-Moornutzungsstrategien“ (2006 bis 2010) wurde an sechs repräsentativ über Deutschland verteilten Mooren der Austausch klimarelevanter Spurengase erfasst und die Jahresbilanzen model- liert. Damit wurde deutschlandweit der aktuellste Stand mit 130 standortspezifi- schen CO₂-, CH₄- und N₂O-Jahresbilan- zen erzeugt. Aus dem Datensatz können Chronosequenzen von Landnutzungsty- pen auf Mooren hinsichtlich der Klima- relevanz dargestellt werden, die für die Evaluierung von Gesamtgebieten geeig- net sind. Nach den Datensätzen konnten sieben Nutzungskategorien unterschied- len werden (s. Tab. 1).

Auffällig ist, dass sich die Klimawirk- samkeit von intensivem Grünland nicht wesentlich vom Acker unterscheidet. Ex- tensivierung und vor allem Wiederver- nässung können die Belastung erheblich reduzieren: Wird Moorrenaturierung ge- zielt auf Klimaschutz ausgerichtet und sensibel mit dem Wasserstand umgegan- gen, können Reduktionspotenziale bis zu

30 t CO₂-Äquiv. ha⁻¹ a⁻¹ im Einzel-Flä- chenvergleich erreicht werden. Für eine zukünftige Anrechnung der Emissions- reduktion ist es erforderlich, dass diese mit geeigneten Verfahren messbar, verifi- zierbar und dokumentierbar sind.

1.2 Naturschutzgroßprojekte

Die Naturschutzgroßprojekte (NGP) in Deutschland haben es sich zur Aufgabe gemacht, gesamtstaatlich bedeutsame, schutzwürdige Komponenten von Natur und Landschaft zu sichern und zu entwickeln. Im Laufe der vergangenen 40 Jahre wurden mehr als 350 Mio. € an Bundesmitteln plus rund 150 Mio. € an Mitteln von Ländern und Projektträgern für die Umsetzung derartiger NGP auf- gewendet (BfN 2008). Des Weiteren wur- den bis zum heutigen Zeitpunkt 75 deut- sche Naturschutzprojekte mit 72 Mio. € von der Europäischen Kommission un- ter dem Programm „LIFE – Nature“ ko- finanziert. Viele der Projekte fanden da- bei in „Moorgebieten“ statt. Insofern ist davon auszugehen, dass die Schutzmaß- nahmen und Landnutzungsänderungen im Rahmen der Projekte auch Effekte auf die Emissionen von Treibhausgasen (THG) aus den Moorböden nach sich ziehen.

Tabelle 1: Messergebnisse der Treibhausgasbilanzen nach Moortyp und Nutzungskategorie. Angegeben sind: Mittelwert (Minimum bis Maximum [Anzahl der untersuchten Testgebiete]) (Quelle: DRÖSLER et al. 2011)

Table 1: Results of greenhouse gas balance measurements per peatland type and land-use category. Mean values (minimum to maximum value [number of test areas]) (Source: DRÖSLER et al. 2011)

	Niedermoor [t CO ₂ -Äquiv.ha ⁻¹ a ⁻¹]		Hochmoor [t CO ₂ -Äquiv.ha ⁻¹ a ⁻¹]	
Acker	33,8	(14,2–50,0 [4])	keine Daten	
Grünland intensiv/mittel	30,9	[21,3–40,7 [5]]	28,3	[1]
Grünland extensiv trocken	22,5	(19,5–30,9 [4])	20,1	[1]
Grünland extensiv nass	10,3	(5,8–16,3 [4])	2,2	(0–4,4 [2])
Hochmoor trocken			9,6	(5,3–12,1 [3])
naturnah/renaturiert	3,3	[–4,3–11,9 [5]]	0,1	(–1,8–2,9 [3])
Überstau	28,3	[10,6–71,7 [4]]	8,3	[6,1–10,4 [2]]

1 Einleitung

1.1 Moore und Klimarelevanz

Weltweit speichern die Moore schätzungsweise 550 Mrd. t Kohlenstoff (PARISH et al. 2008). Durch Landnutzung, Drainage sowie den Klimawandel (Temperatur, Wasserstand) kann der Kohlen-

1.3 Fragestellung

Ziel des F + E-Vorhabens „Beitrag ausgewählter Schutzgebiete zum Klimaschutz und ihre monetäre Bewertung“ (FKZ 3509 85 0500) war, zu bewerten, inwieweit die Bundes- oder EU-Mittel, die in (Groß-)Schutzgebiete geflossen sind, neben den Naturschutzziele auch zu Klimaschutzziele beigetragen haben. Ob diese Synergien eintreten, hängt zentral davon ab, wie die Maßnahmen gestaltet und ausgeführt werden. So können gut gemeinte Renaturierungsmaßnahmen unter Umständen sogar negative Klimawirkungen zur Folge haben. Das trifft insbesondere auf den permanenten Überstau zu, denn dieser führt in der Regel zu stark erhöhten Methanemissionen. Andererseits kann der ggf. negative Effekt von kleinflächigen Überstausituationen durch großflächige Reduktion der Emissionen auf den nicht überstauten Bereichen überkompensiert werden. Daher sind diese Bewertungen nur im Flächenverbund durchzuführen. Insofern ist der Ansatz, die Großschutzgebiete jeweils als Einheit zu betrachten und als Ganzes hinsichtlich des Mittelflusses und der Spurengasbilanz zu bewerten, eine sinnvolle Herangehensweise.

Da die Zielrichtung Klimaschutz nicht in die ursprüngliche Planung der Mittelverwendung in den NGP eingeflossen ist, bestand nun die Möglichkeit, unabhängig zu prüfen, ob und in welchem Maß die naturschutzfachlich motivierte Mittelverwendung zu einer Klimaschutzleistung beigetragen hat.

2 Material und Methoden

2.1 Gebietsauswahl

Für die Auswahl geeigneter Testgebiete wurden die Träger von 18 NGP mit einem Fragebogen zur Datenlage angeschrieben; 13 Träger haben geantwortet. Auswahlkriterien für die zu betrachtenden Gebiete waren insbesondere die Datenabdeckung für ökologische Parameter vor und nach den Maßnahmen (Wasserstandsmonitoring, Vegetationskartierung, Nutzungskartierung etc.) sowie eine gute Dokumentation der ökonomischen Daten. Für keines der Gebiete konnten alle Daten in der gewünschten zeitlichen oder inhaltlichen Auflösung bereitgestellt werden. Insbesondere die Erfolgskontrolle nach Durchführung der Maßnahmen wurde offensichtlich nicht immer umfassend bedient. Gerade für NGP sollte dies aber in regelmäßigem Rhythmus durchgeführt werden.

Die endgültige Liste der Gebietsauswahl gehörte nun den folgenden Kategorien an:

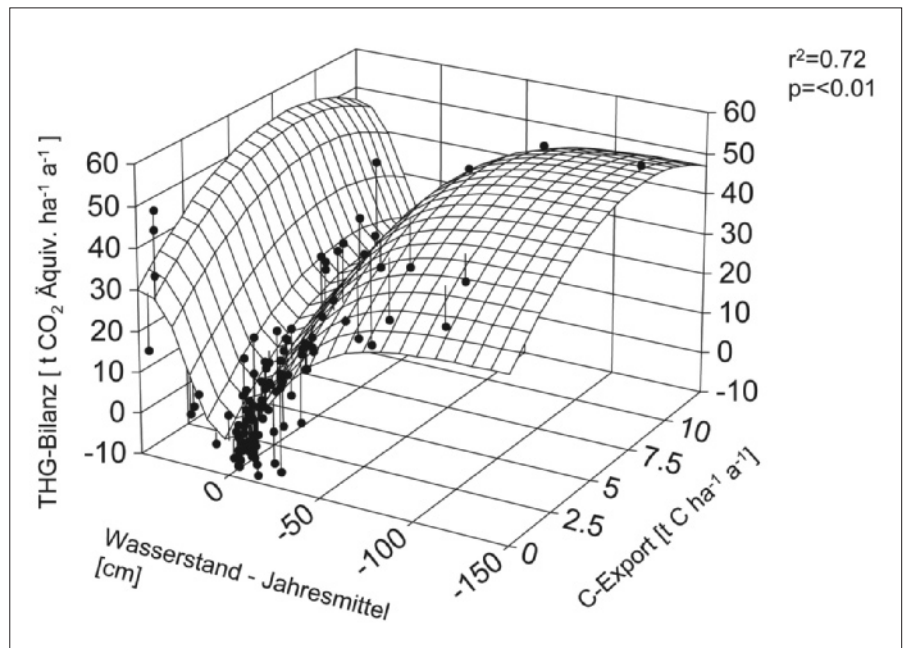


Abb. 1: Abhängigkeit der jährlichen Treibhausgasbilanzen der Standorte vom Jahresmittel des Wasserstands und dem jährlichen Export von Kohlenstoff mit dem Erntegut, als Maß für die Nutzungsintensität (Quelle: DRÖSLER et al. 2011)

Fig. 1: Relation of annual greenhouse gas balance to mean annual water level and annual carbon export via harvesting as a measure of land-use intensity (Source: DRÖSLER et al. 2011)

- „Alte“ Gebiete (Projektbeginn um 1990; Renaturierungsmaßnahmen abgeschlossen): Wurzacher Ried, Ochsenmoor, Peenetal.
- „Junge“ Gebiete (Projektbeginn um 2000; Planung der Renaturierungsmaßnahmen abgeschlossen, Umsetzungsphase laufend): Pfrunger-Burgweiler Ried.

Auch für diese Gebiete war es aber erforderlich, Daten neu zu erheben oder auszuwerten. Dies galt insbesondere für die Daten zum flächendifferenzierten Grundwasserflurabstand.

2.2 Datenbasis und Methodik der ökologischen Analyse

Zur Ermittlung der Effekte der naturschutzfachlichen Maßnahmen auf die Klimarelevanz der Gebiete wurden die Gebietsemissionen vor und nach Maßnahmendurchführung ermittelt. Hierzu wurde in drei Gebieten (Ochsenmoor, Wurzacher Ried und Pfrunger-Burgweiler Ried) eine bifaktorielle Abhängigkeitskurve eingesetzt, die sowohl Grundwasserflurabstand als auch Nutzungsintensität als die zwei besten im Rahmen des BMBF-Projekts identifizierten Treiber nutzt (s. Abb. 1).

Die Steuerfaktoren Grundwasserflurabstand und Nutzungsintensität konnten bei den genannten Gebieten direkt für die THG-Modellierung verwendet

werden. Voraussetzung war, dass diese Faktoren als Flächeninformation zur Verfügung standen. Dafür wurden eigene Auswertungen zum Flächenwasserstand durchgeführt. Auf der Basis von Digitalen Geländemodellen (DGMs) und Stichtagsmessungen bzw. mittleren Grundwasserflurabständen vor und nach den Revitalisierungsmaßnahmen wurden die Wasserstände auf das Gesamtgebiet inter- bzw. extrapoliert. Die Nutzungsintensität wurde aus den Nutzungs-Vegetationskarten vor und nach Maßnahmen mit der Zuordnung von durchschnittlichen Exportwerten aus der Datenbank des BMBF-Projekts abgeleitet. Hier sind z. B. für Grünland auf Moor gemessene C-Exporte für ein weites Spektrum an Nutzungsintensitäten ermittelt worden (von „nicht genutzt“, über „Pflegeflächen“ bis „5-schürige Wiesen“), die den Vegetations-/Nutzungsinformationen aus den Großschutzgebieten zugeordnet wurden. Im Fall des Peenetals erfolgte die Abschätzung mangels flächenhafter Informationen zum Wasserstand dagegen auf der Grundlage einer Chronosequenz von emissionsrelevanten Vegetationsformen bzw. Nutzungstypen.

2.3 Datenbasis und Methodik der ökonomischen Analyse

Die ökonomische Analyse untersucht den Einsatz öffentlicher Mittel zur Umsetzung von NGP. Datengrundlage der

ökonomischen Analyse stellen projektbezogene Abschlussberichte und Finanzauflagen dar. Auf deren Grundlage wurden der gesamte Mittelaufwand erfasst, die jährlichen Kosten der eingesetzten Mittel modelliert und den jährlich erzielbaren Einsparungen an Tonnen CO₂-Äquiv. ha⁻¹ gegenübergestellt. Um dem Vorhersagehorizont der Emissionsmodellierung zu entsprechen, wird auch für die Modellierung der jährlichen Kosten ein Betrachtungszeitraum von 20 Jahren angesetzt. Zur Kostenmodellierung wurden zwei Szenarien betrachtet: Szenario 1 geht von der Annahme aus, dass die Schutzflächen durch die Projektmaßnahmen auch langfristig keine Wertminderung erfahren, Szenario 2 berücksichtigt eine Wertminderung der Flächen.

3 Ergebnisse

3.1 Beispielhafte Detaildarstellung für das Wurzacher Ried

Beispielhaft werden die Ergebnisse aus dem Wurzacher Ried dargestellt. Grundlage der Auswertungen zu den Grundwasserhältnissen im Wurzacher Ried waren die vom Naturschutzzentrum Bad Wurzach in wöchentlichem Turnus durchgeführten Pegelablesungen. Anhand der langjährig erfassten Pegeldaten sollten die mittleren Grundwasserhältnisse vor der Umsetzung der Vernässungsmaßnahmen (Ausgangszustand) und nach der Umsetzung der Maßnahmen (Zielzustand) charakterisiert werden. Dabei ist der mittlere Grund- bzw. Moorwasserflurabstand der maßgebliche Parameter. Um die Veränderungen des Wasserspiegels im Vergleich von Ausgangs- und Zielzustand mit vertretbarem Aufwand darstellen zu können, wurden die gemessenen Wasserspiegel zweier repräsentativer Stichtage ausgewählt (9. 6. 1993 für den Ausgangszustand und 7. 6. 2004 für den Zielzustand), ausgewertet und als flächendeckende Flurabstandskarte dargestellt (s. Abb. 2 und Abb. 3)

3.2 Gebietsspezifische Modellierung der Klimarelevanz

Die Polygone der kleinsten gemeinsamen Geometrien von Grundwasserflurabstandsklassen und Nutzungsintensität wurden für das gesamte Bearbeitungsgebiet GIS-basiert für die Situation vor und nach Maßnahmendurchführung erzeugt sowie mit Inhaltinformation (Flurabstand, C-Export) und konkreter Flächengröße in das Modell übergeben. Als Ergebnis wurde die Gesamtgebietsemission

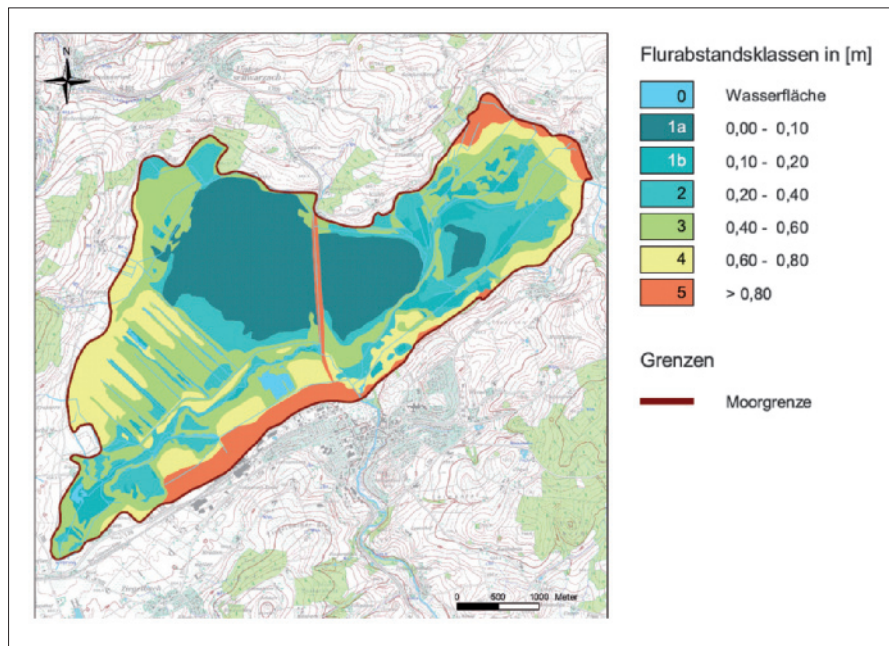


Abb. 2: Wasserstand Wurzacher Ried vor Maßnahmen (Basis 1993; aus Teilbericht BLASY u. ØVERLAND 2011)

Fig. 2: Water level in the Wurzacher Ried project area before conservation measures (based on 1993 value; from report by BLASY a. ØVERLAND 2011)

sion ermittelt: Für die Baseline 1990 (mit dem Wasserstandsmodell für 1993) wurde eine Gesamtemission für das Wurzacher Ried von 26 780 t CO₂-Äquiv. pro Jahr modelliert, mit einem flächengewichteten mittleren Emissionsfaktor von 16,5 t CO₂-Äquiv. ha⁻¹ a⁻¹. Für die Vergleichssituation nach den Maßnahmen, die für das Jahr 2010 angenommen wurde (mit dem Wasserstandsmodell 2004), wurde eine Gesamtemission für das Wurzacher Ried von 15 384 t CO₂-Äquiv. pro Jahr modelliert, mit einem flächengewichteten mittleren Emissionsfaktor von 9,5 t CO₂-Äquiv. ha⁻¹ a⁻¹.

In Abb. 4 sind die Beiträge der einzelnen Flurabstands-Klassen zu den jährlichen Gesamtgebietsemissionen für die Wasserstandsmodelle 1993 und 2004 im Vergleich aufgetragen. Die größten Emissionsreduktionen stammen aus den Flurabstandsklassen von 60–80 cm und von 40–60 cm unter Flur. Diese Klassen haben an Gesamtfläche verloren, und zudem wurde im Rahmen der Pflege die Nutzungsintensität reduziert.

Die mittleren Emissionen der Überstauflächen im Wurzacher Ried betragen ca. 10,5 t CO₂-Äquiv. ha⁻¹ a⁻¹. In der Gesamtbilanz spielt aber deren Flächenzunahme von ca. 14 ha auf ca. 35 ha Fläche die Beeinflussung der Gesamtgebietsemissionen: 365 t CO₂-Äquiv. a⁻¹ von den Überstauflächen gegenüber 15 384 t CO₂-Äquiv. a⁻¹ aus dem Gesamtgebiet (mit dem Wasserstandsmodell 2004). Diese Gesamtemissionen werden immer noch maßgeblich

von den leicht bis mittel entwässerten Flächen zwischen 20 und 60 cm mittlerem Grundwasserflurabstand und den tief entwässerten Flächen unter 80 cm Flurabstand geprägt. Insgesamt haben die naturschutzfachlich motivierten Maßnahmen im Wurzacher Ried zu einer mittleren Einsparung von ca. 11 400 t CO₂-Äquiv. pro Jahr (–43 %) geführt.

3.3 Gebietsspezifische Kosten

Auf Basis der zur Verfügung stehenden Informationen errechnet sich ein Gegenwartswert der insgesamt im NGP „Wurzacher Ried“ eingesetzten Mittel von ca. 26 464 000 € (Referenzjahr 2012). 70 % des Gegenwartswerts ergeben sich aus dem Ankauf von Flächen und Torfabbaurechten, 27 % aus der Umsetzung biotopeinrichtender sowie lenkender Maßnahmen und lediglich 3 % aus der Erstellung des PEPL sowie der Betreuung des Grunderwerbs. Die Mittel kamen überwiegend vom Bund und vom Landkreis Ravensburg. Zusätzliche Mittel für biotopeinrichtende Maßnahmen und zum Ankauf der Torfabbaurechte wurden vom Land Baden-Württemberg sowie den Oberschwäbischen Moorheilbädern in das Projekt eingebracht.

3.4 Einsparungseffizienz

Die Maßnahmen im Wurzacher Ried führen zu einer jährliche Emissionsreduktion von ca. 11 400 t CO₂-Äquiv. Demgegenüber stehen jährliche, über den Be-

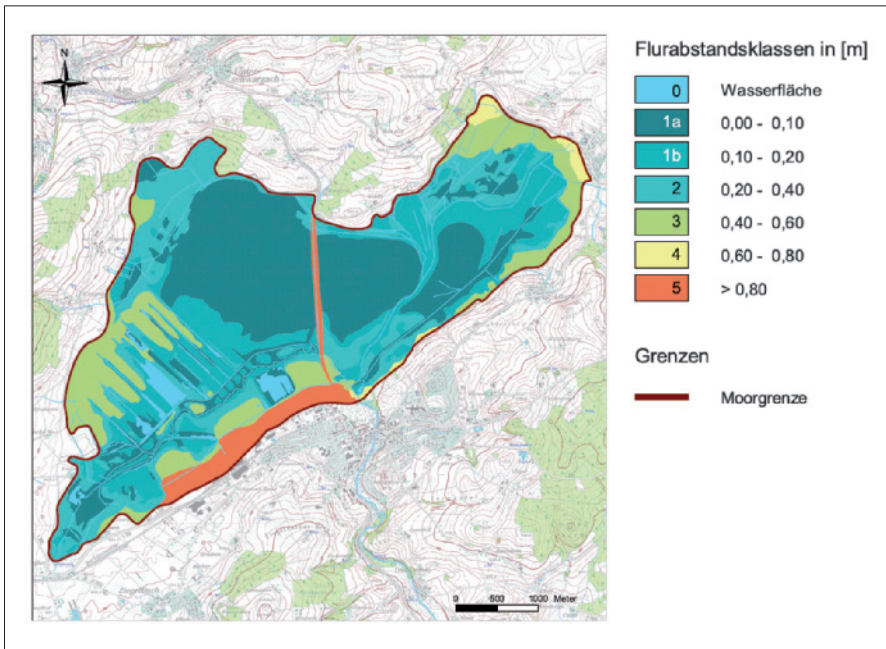


Abb. 3: Wasserstand Wurzacher Ried nach Maßnahmen (Basis 1994; aus Teilbericht BLASY u. ØVERLAND 2011)

Fig. 3: Water level in the Wurzacher Ried project area after conservation measures (based on 1994 value; from report by BLASY a. ØVERLAND 2011)

trachtungszeitraum von 20 Jahren modellierte Kosten des Mitteleinsatzes von ungefähr 975 270 € für Szenario 1 und 1 227 600 € für Szenario 2, in welchem die Abschreibung der Wertminderung der Schutzflächen zu hohen jährlichen Kosten aus dem Flächenankauf führt. Stellt man diese jährlichen Kosten in den direkten Vergleich mit den eingesparten Emissionen, so ergeben sich Werte von 85 €/t CO₂-Äquiv. (Sz. 1) bzw. 108 €/t CO₂-Äquiv. (Sz. 2). Die angegebenen Werte unterschätzen die Kosten höchstwahrscheinlich. So berücksichtigen die ökonomischen Kalkulationen ausschließlich Ausgaben, die im Rahmen des Großpro-

jekts direkt gefördert wurden. Nicht gefördert und dementsprechend nicht berücksichtigt sind die Kosten für Organisation und Management, Öffentlichkeitsarbeit, Monitoring sowie die aus dem Projekt resultierenden „Folgekosten“.

Vergleichend werden in Tab. 2, S. 74, die ermittelten Einsparungswerte und die entsprechenden jährlichen Kosten der eingesetzten Mittel für die vier berechneten Gebiete dargestellt. Daraus ist zu ersehen, dass die Renaturierungsmaßnahmen in allen Gebieten zu einer deutlichen Reduktion der Klimawirkung geführt haben. Bedingt durch Unterschiede in den Gegebenheiten vor Ort, aber auch

in der Datenlage und den Abschätzungsmethoden ist die Spannweite der mittleren Gebiets-Reduktion der Emissionen allerdings recht hoch, sie liegt zwischen ca. 4 und 15,5 t CO₂-Äquiv./ha pro Jahr.

4 Diskussion

4.1 Diskussion der ökologischen Analyse

Das zu Grunde gelegte Modell für die Flächenextrapolation der Emissionsfaktoren (DRÖSLER et al. 2011) hat auf Grund des breiten Datensatzes geringe Unsicherheiten ($r^2 = 0,72$, $p < 0,01$). Die Restvarianz könnte durch die direkte Einbeziehung von Vegetationsinformation (z. B. Anteile an aerenchymhaltigen Pflanzen als Indikator für CH₄-Emissionen [DRÖSLER 2005]) noch verbessert werden. Dies ist derzeit in Entwicklung.

Relevante Unsicherheiten entstehen durch die Extrapolation der Steuerfaktoren in die Fläche: Hier ist insbesondere die Wasserstandsextrapolation ein Schlüsselfaktor für die Güte der Schätzung der Gesamtemissionen. In allen Gebieten, in denen dieser Ansatz gewählt wurde, hat sich gezeigt, dass die zeitliche und räumliche Abdeckung des Wasserstandsmonitorings zwar für die Extrapolation auf der Basis der Stichtagsmessungen ausreichend, aber keine Wasserhaushaltsmodelle zur Ableitung von Ganglinien für Flächeneinheiten angepasst werden können. Damit sind kritische Zeiten und interannuelle Variabilitäten zurzeit noch nicht ableitbar. Dies wird im Rahmen des vTI-Projekts „organische Böden“ weiterentwickelt. Die robuste Vorgehensweise der Extrapolation der Stichtagsmessungen bzw. deren Mittelwerte war daher im BfN-Vorhaben der adäquate Weg, die THG-Modellierung mit einem flächendifferenzierten Grundwasserflurabstand zu bedienen.

Hinsichtlich der Nutzungsintensität fehlen konkrete Einzelwerte der C-Exporte aus den Gebieten. Die nutzungstypbezogene Übertragung von der Datenbank aus dem BMBF-Projekt ermöglicht aber die Zuordnung von Intensitäten zu gängigen Nutzungsformen nach z. B. der Schnitthäufigkeit.

Die Unterschiede in den Einsparungswerten zwischen den Gebieten liegen vor allem an den individuellen Vorher-nachher-Flächenanteilen der Wasserstandsklassen und Landnutzungs-Vegetationstypen.

4.2 Diskussion der ökonomischen Analyse

Die Datengrundlage für die ökonomische Analyse ist in den einzelnen Gebieten sehr unterschiedlich: Einige Projekte

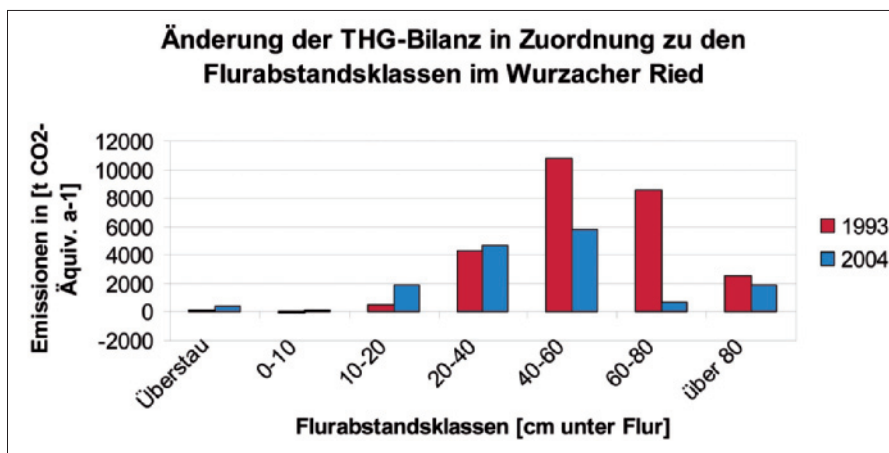


Abb. 4: Treibhausgasbilanz im Wurzacher Ried in Zuordnung zu den Wasserstandsklassen vor und nach Maßnahmen

Fig. 4: Greenhouse gas balance in Wurzacher Ried project area in relation to water level classes before and after conservation measures

Tabelle 2: Vergleich der Einsparungsleistungen der verschiedenen betrachteten Gebiete; A = Gesamtgebietsfläche; B = Flächen-Einfluss der Maßnahmen; C = Vision bei gesamtflächenhaft optimiertem Wasserstand (Klasse 0–10 cm) und Nutzungsaufgabe; D = Modellierung mit Vorher-Wasserstand 1991; E = Modellierung mit Vorher-Wasserstand aus dem Mittelwert der Nutzungstypen der Datenbank aus dem BMBF-Projekt; F = Konservativer Ansatz mit Überstau-Emissionsfaktor aus dem Polder Zarnekow (Peenetal); G = mit Überstau-Mittelwert aus der Datenbank aus dem BMBF-Projekt

Table 2: Emission reductions in the project areas; A: whole project area; B: project area with conservation measures; C: prognosis with optimized water table (class 0–10 cm below ground) and cessation of land use; D: modelled on basis of water level in 1991 (before conservation measures); E: modelled on basis of water level according to the mean value of land-use classes according to the database from the BMBF project; F conservative approach with emission factor for waterlogged areas based on measurements in the Zarnekow Polder (Peenetal); G: mean value for waterlogged areas according to the database from the BMBF project

Gebiet	Gesamtgebietsgröße [ha]	CO ₂ -Vermeidung gesamt [t CO ₂ -Äquiv. a ⁻¹]	CO ₂ -Vermeidung je Hektar [t CO ₂ -Äquiv.ha ⁻¹ a ⁻¹]	Anmerkungen zur Ermittlung der CO ₂ -Vermeidung	Jährliche Kosten* gesamt [€ a ⁻¹] Wert Szenario 1/ Wert Szenario 2	Jährliche Kosten* je Hektar [€ ha ⁻¹ a ⁻¹] Wert Szenario 1/ Wert Szenario 2	Anmerkungen zur Ermittlung der Kosten der CO ₂ -Vermeidung
Wurzacher Ried	1 625 ^A 1 221 ^B	11 397	7	Modellierung (nach DRÖSLER et al. 2011)	975 271/1 227 643	600/756	Nicht vorliegend und dementsprechend nicht berücksichtigt sind Folgekosten des Projekts sowie Moderation und Monitoring, eingeschränkt berücksichtigt sind Kosten für Organisation und Management.
		26 184 ^C	9,3				
			21,5				
Ochsenmoor	923	11 020 ^D	12	Modellierung (nach DRÖSLER et al. 2011)	719 340/961 078	780/1 040	Folgekosten des Projekts (Gebietsbetreuung) liegen lediglich als Schätzwerte vor, im NGP liegen keine ausgewiesenen Kosten für Organisation und Management vor.
		14 293 ^E	15,5				
		24 321 ^C	26,3				
Peenetal	14 925	57 271 ^F 79 516 ^G	3,8 5,3	Chronosequenz über Vegetations-/Nutzungstyp	3 520 768/3 700 955	236/248	Nicht vorliegend und dementsprechend nicht berücksichtigt sind Mittelaufwendungen für vorbereitende Maßnahmen, nur eingeschränkt berücksichtigt sind die Folgekosten des Projekts (Evaluation/Erfolgskontrolle fehlen).
Pfrunger-Burgweiler Ried	549	7 415	13,5	Modellierung (nach DRÖSLER et al. 2011)	306 363/360 629	556/654	Jährliche Folgekosten geschätzt laut PEPL, Folgekosten beinhalten keine Personalkosten.

* Resultierend aus dem Einsatz öffentlicher und sonstiger Mittel.

verfügen über eine umfassende Datendokumentation, in anderen Projekten liegen – teilweise auch auf Grund des „Alters“ der Projekte – wesentliche Daten nicht oder nicht vollständig vor. Dies betrifft z. B. Mittel für Organisation, Management und Folgekosten (vgl. Tab. 2, letzte Spalte)

Nicht erfasste Mittelaufwendungen führen zu einer Unterschätzung der Kosten. Andererseits sind die zum Teil sehr hohen Mittelaufwendungen nicht zum Ziel des Klimaschutzes erfolgt, sondern

vor allem zum Schutz und Erhalt ökologisch wertvoller Gebiete und Kulturlandschaften, gefährdeter Arten und natürlicher Ressourcen. Die Vermeidung von THG-Emissionen ist daher nur ein „Nebeneffekt“ der Maßnahmen. Insofern kommt es zu einer Überschätzung der ermittelten Kosten, da die zur Umsetzung aufgewendeten Mittel hier nur mit dem Nutzen einer Einsparung an THG-Emissionen kontrastiert werden, was auch das Ziel des Projekts war. In einer „umfassenden“ monetären Bewertung müssten –

neben dem Nutzen der Emissionseinsparung – also auch die weiteren Nutzenpositionen, wie z. B. die Verbesserung der Biodiversität, berücksichtigt werden.

Bezieht man die jährlichen Kosten auf die erzielten Emissionseinsparungen, ergeben sich Kosten von 40–110 €/t CO₂-Äquiv. Stellt man nun diese Werte (trotz der oben genannten Punkte) den CO₂-Vermeidungskosten alternativer, landnutzungsorientierter Einsparungsmaßnahmen gegenüber, deutet sich an, dass die betrachteten Naturschutzmaßnahmen in

einem konkurrenzfähigen Kostenbereich liegen: Die gängigen Biomassestrategien im Transportsektor verursachen Vermeidungskosten zwischen ungefähr 150 und 470 €/t CO₂-Äquiv. (z. B. Rapsmethyl-ester, Biomass to Liquid [BTL], Biodiesel, Ethanol, Biogas; vgl. z. B. WBA [2007]). Allerdings liegt der aktuelle Preis der an der Börse gehandelten Emissionsrechte mit 14–17 €/t CO₂-Äquiv. (EEX 2011) deutlich unter den im Rahmen des Projekts ermittelten Kosten. Es existieren aber auch andere Ansätze zur Bewertung der Kosten von Treibhausgasemissionen, die die hier ermittelten Kosten in einen konkurrenzfähigen Bereich rücken: Beispielsweise verweist das deutsche Umweltbundesamt auf die externen Kosten der CO₂-Emissionen. In der „Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten“ (UBA 2007) empfehlen die Autoren einen Wert von 70 €/t CO₂-Äquiv. Da allerdings die Varianz der existierenden Schätzungen groß ist, wird zudem die Durchführung von Sensitivitätsrechnungen mit den Werten 20 €/t CO₂ und 280 €/t CO₂ empfohlen.

5 Fazit

Das Vorhaben hat gezeigt, dass in allen Untersuchungsgebieten ein relevanter Beitrag zur Klimaentlastung erzeugt werden konnte. Dies ist vor allem vor dem Hintergrund zu würdigen, dass viele Maßnahmen in einem Zeitraum geplant wurden, in dem die ökologische Serviceleistung „Klimaentlastung“ weder bedacht wurde noch bemessen werden konnte. Grundsätzlich zeigt sich jedoch, dass mit Maßnahmen am Schlüssel-faktor Wasserhaushalt ein Moorökosystem auch hinsichtlich der Klimarelevanz profitiert. Das Potenzial ist aber noch nicht voll ausgeschöpft. Ziel muss es daher sein, bei allen Maßnahmen zum Moormanagement die ökologischen Serviceleistungen auf der Gebietsfläche zu optimieren und damit sowohl Biodiversitätsziele als auch Klimasziele umzusetzen. Dafür ist die Entwicklung von regelbasierten Entscheidungsinstrumenten erforderlich, die in einen Handlungsleitfaden für ein optimiertes Moormanagement münden sollten.

6 Summary

Improving habitat quality for plants and animals has been the main target of large-scale peatland conservation projects in Germany. In this article we examine whether nature conservation measures like rewetting and land-use change contribute to climate change mitigation as well. Our modelling for four sample projects shows that average emissions were reduced by about 4–15.5 t CO₂-equiv./ha

each year by conservation measures. The respective annual costs resulting from public and private funding for these large-scale conservation projects amounted to 240–1.040 €/ha. Due to limited data availability not all relevant cost factors could be determined, while some costs not relevant for climate change mitigation purposes had to be included in the calculations as well. Since the conservation measures analysed here were not targeted on climate change mitigation, greenhouse gas emissions could be further reduced by an optimized management of conservation measures. To this end, rule-based decision tools for balancing these service functions and the derivation of the respective optimizations yet need to be developed.

7 Literatur

BLASY, L. u. ØVERLAND, H. (2011): Moorhydrologischer Fachbeitrag zum Wurza-cher Ried vom 10. 2. 2011. Unveröff. Bericht. 10 S.

BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ/BfN (2008): Daten zur Natur 2008. Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.). Bonn. 368 S.

DRÖSLER, M. (2005): Trace gas exchange and climatic relevance of bog ecosystems, Southern Germany. Dissertation an der Technischen Universität München. 179 S. Online publiziert unter: <http://mediatum2.ub.tum.de/node?id=603619>.

DRÖSLER, M.; FREIBAUER, A.; ADELMANN, W.; AUGUSTIN, J.; BERGMANN, L.; BEYER, C.; CHOJNICKI, B.; FORSTER, C.; GIEBELS, M.; GÖRLITZ, S.; HOEPER, H.; KANTELHARDT, J.; LIEBERSBACH, H.; HAHNSCHÖFL, M.; MINKE, M.; PETSCHOW, U.; PFADENHAUER, J.; SCHALLER, L.; SCHÄGER, P.; SOMMER, M.; THUILLE, A. u. WEHRHAN, M. (2011): Klimaschutz durch Moorschutz in der Praxis, Ergebnisse aus dem BMBF-Verbundprojekt „Klimaschutz – Moornutzungsstrategien“ 2006–2010. Arbeitsberichte aus dem vTI-Institut für Agrarrelevante Klimaforschung. Vorabfassung, 21 S. http://www.vti.bund.de/fileadmin/dam_uploads/Institute/AK/PDFs/Klimaschutz_Moorschutz_Praxis_BMBF_vTIBericht_20110408.pdf. Aufgerufen am 11. 8. 2011.

EEX/EUROPEAN ENERGY EXCHANGE (2011): <http://www.eex.com>. Zuletzt aufgerufen am 10. 4. 2011.

PARISH, F.; SIRIN, A.; CHARMANN, D.; JOOSTEN, H.; MINAEVA, T.; SILVIUS, M. u. STRINGER, L./Eds. (2008): Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report. Global Environ-

ment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen. 179 S.

UBA/UMWELTBUNDESAMT (2007): Ökonomische Bewertung von Umweltschäden – Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3482.pdf>. Zuletzt aufgerufen am 26. 5. 2011.

UBA/UMWELTBUNDESAMT (2010): Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990–2008. Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2010. Climate Change Nr. 03/2010. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3957.pdf>. Aufgerufen am 11. 8. 2011.

WBA/WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT AGRARPOLITIK BEIM BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2007): Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung – Empfehlungen an die Politik. http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Ministerium/Beiraete/Agrarpolitik/GutachtenWBA.pdf?__blob=publicationFile. Aufgerufen am 11. 8. 2011.

Dank

Wir danken dem Bundesamt für Naturschutz für die Förderung des F + E-Vorhabens (FKZ 3509 85 0500) mit Mitteln des Bundesumweltministeriums. Namentlich bedanken wir uns stellvertretend bei Herrn Dr. Riecken und Frau Dr. Ullrich für die Betreuung des Vorhabens seitens des BfN. Für die Unterstützung der Datenrecherche zur Bearbeitung der ökonomischen und ökologischen Fragestellungen im Projekt gilt der ausgesprochene Dank Herrn Reißmüller von der Stiftung Naturschutz Pfrunger-Burgweiler Ried, Herrn Schanz am Landratsamt Ravensburg, Herrn Belting von der Naturschutzstation Dümmer, Herrn Schiefelbein und Herrn Dr. Lenschow am Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie (LUNG) in Güstrow, Herrn Rainer Jeske und Herrn Dr. Henneke vom Projektbüro „Zweckverband Peenetal Landschaft“ und den Autoren des Abschlussberichts „Das Naturschutzgroßprojekt Peenetal-/Peenehaffmoor“, Herrn Renner vom Naturschutzzentrum Bad Wurzach sowie Frau Dr. Steer und Herrn Dr. Scherfose am BfN in Bonn, Herrn Dr. Schall am Regierungspräsidium Tübingen, Herrn Blüml sowie Frau Steffenhagen. Zudem danken wir allen Gebietsspezialisten sehr herzlich, die mit viel Zeit und Mühe die Fragebögen ausgefüllt haben, die uns dazu dienen, die für die weitere Bearbeitung geeigneten Gebiete auszuwählen.

Prof. Dr. Matthias Drösler
 • Korrespondierender Autor •
 Professur für Vegetationsökologie
 Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
 Fakultät LA
 Weihenstephaner Berg 4
 85354 Freising
E-Mail:
 matthias.droesler@hswt.de



Der Autor ist Professor für Vegetationsökologie an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HswT). Seine Forschungsthemen im nationalen und internationalen Raum sind vorwiegend (1) Klimarelevanz von Mooren und THG-Berichterstattung, (2) Auswirkungen des

Klimawandels auf Moore, (3) Ökosystemfunktionen und -dienstleistungen, (4) Erfolgskontrolle von Renaturierungsmaßnahmen: Vegetation, Stoffhaushalt und Klimarelevanz, (5) Klimarelevanz von nachwachsenden Rohstoffen, (6) Weiterentwicklung von Messtechniken und Modellierungsverfahren zum Spurengas-austausch in Ökosystemen. Ein besonderes Anliegen ist ihm die Politikberatung zu diesen Themen, ebenso wie die Weitergabe aktueller Erkenntnisse in der studentischen Ausbildung. Zudem arbeitet er derzeit als koordinierender Leitautor im IPCC an neuen Wetland-Guidelines mit.

Lena Schaller
 Institut für Agrar- und Forstökonomie
 Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
 Universität für Bodenkultur
 Feistmantelstraße 4
 1180 Wien
 ÖSTERREICH
E-Mail:
 lena.schaller@boku.ac.at

Univ.-Prof. Dr. Jochen Kantelhardt.
 Leitung Institut für Agrar- und Forstökonomie
 Universität für Bodenkultur
 Feistmantelstraße 4
 1180 Wien
 ÖSTERREICH
E-Mail:
 jochen.kantelhardt@boku.ac.at

Manuel Schweiger
 PAN Planungsbüro
 für angewandten Naturschutz GmbH
 Rosenkavalierplatz 10
 81925 München
E-Mail:
 manuel.schweiger@pan-gmbh.com

Daniel Fuchs
 PAN Planungsbüro
 für angewandten Naturschutz GmbH
 Rosenkavalierplatz 10
 81925 München
E-Mail:
 daniel.fuchs@pan-gmbh.com

Dr. Bärbel Tiemeyer
 Institute of Agricultural Climate Research
 Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI)
 Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries
 Bundesallee 50
 38116 Braunschweig
E-Mail:
 baerbel.tiemeyer@vti.bund.de

Prof. Dr. Jürgen Augustin
 Leibniz-Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF)
 Institute for Landscape Matter Dynamics
 Eberswalder Straße 84
 15374 Müncheberg
E-Mail:
 jaug@zalf.de

Marc Wehrhan
 Leibniz-Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF)
 Institute for Soil Landscape Research
 Eberswalder Straße 84
 15374 Müncheberg
E-Mail:
 wehrhan@zalf.de

Christoph Förster
 Professur für Vegetationsökologie
 Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
 Fakultät LA
 Weihenstephaner Berg 4
 85354 Freising
E-Mail:
 christoph.foerster@hswt.de

Lindsey Bergmann
 Professur für Vegetationsökologie
 Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
 Fakultät LA
 Weihenstephaner Berg 4
 85354 Freising
E-Mail:
 lindsey.bergmann@hswt.de

Dr. Alois Kapfer
 Ingenieurbüro DR. KAPFER
 Landschaftsplanung und Landentwicklung
 Beratender Ingenieur IKBW
 Landschaftsökologe BVDL
 Gartenstraße 3
 78532 Tuttlingen
E-Mail:
 info@dr-kapfer.de

Gerd-Michael Krüger
 Dr. Blasy und Dr. Overland
 Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG
 Moosstraße 3
 82279 Eching am Ammersee
E-Mail:
 gerd.krueger@blasy-overland.de

www.dnli-online.de



Die
 Literatur-
 datenbank
 des
 Bundesamtes
 für
 Naturschutz

