

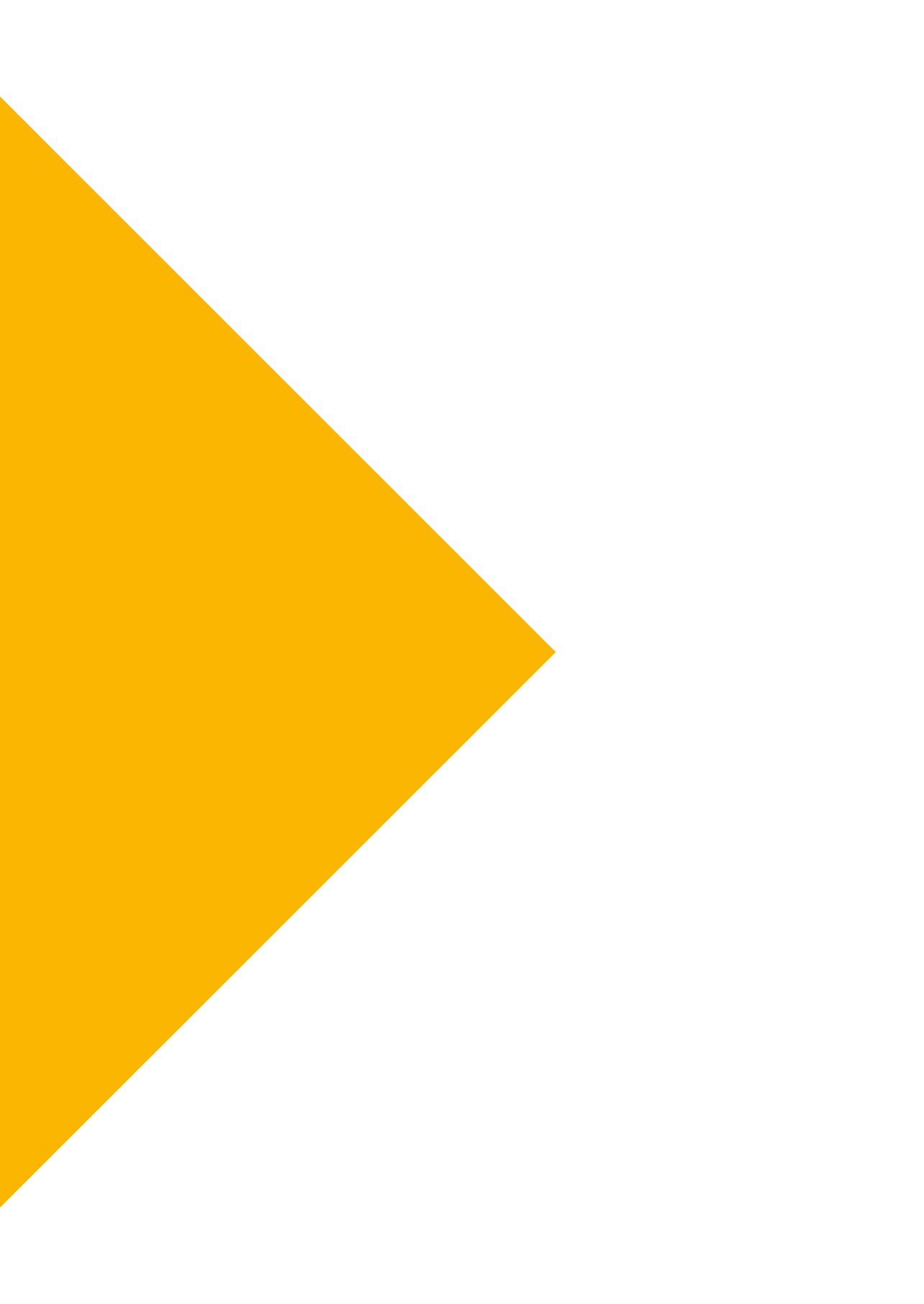
NATURKAPITAL UND KLIMAPOLITIK

SYNERGIEN UND KONFLIKTE

Kurzbericht für
Entscheidungsträger



NATURKAPITAL
DEUTSCHLAND – TEEB DE



NATURKAPITAL UND KLIMAPOLITIK

SYNERGIEN UND KONFLIKTE

Kurzbericht für
Entscheidungsträger

Henry Wüstemann, Volkmar Hartje, Aletta Bonn, Bernd Hansjürgens

Christine Bertram, Alexandra Dehnhardt, Ralf Döring,
Ulrike Doyle, Peter Elsasser, Dietmar Mehl, Bernhard Osterburg,
Katrin Rehdanz, Irene Ring, Mathias Scholz, Katrin Vohland

IMPRESSUM

Zitationsempfehlung:

Naturkapital Deutschland – TEEB DE (2014): Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte. Kurzbericht für Entscheidungsträger. Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig.

Autorinnen und Autoren dieses Kurzberichts:

Henry Wüstemann, Volkmar Hartje, Aletta Bonn, Bernd Hansjürgens, Christine Bertram, Alexandra Dehnhardt, Ralf Döring, Ulrike Doyle, Peter Elsasser, Dietmar Mehl, Bernhard Osterburg, Katrin Rehdanz, Irene Ring, Mathias Scholz, Katrin Vohland

Unter Mitarbeit der folgenden Autorinnen und Autoren in den einzelnen Kapiteln des Kurzberichts:

Kapitel 3: Katrin Vohland, Ulrike Doyle, Christian Albert, Christine Bertram, Lisa Biber-Freudenberger, Aletta Bonn, Miriam Brenck, Benjamin Burkhard, Johannes Förster, Elmar Fuchs, Carolin Galler, Christina von Haaren, Pierre L. Ibisch, Timo Kaphengst, Christian Klassert, Reinhard Klenke, Stefan Klotz, Stefan Kreft, Ingolf Kühn, Elisabeth Marquard, Dietmar Mehl, Insa Meinke, Karin Naumann, Marcus Reckermann, Katrin Rehdanz, Stefan Rüter, Wiebke Saathoff, Julia Saueremann, Mathias Scholz, Uwe Schröder, Ralf Seppelt, Daniela Thrän, Felix Witing

Kapitel 4.1: Bernhard Osterburg, Jochen Kantelhardt, Horst Liebersbach, Bettina Matzdorf, Michaela Reutter, Norbert Röder, Lena Schaller

Kapitel 4.2: Aletta Bonn, Augustin Berghöfer, John Couwenberg, Matthias Drösler, Rita Jensen, Jochen Kantelhardt, Vera Luthardt, Thorsten Permien, Norbert Röder, Lena Schaller, Burkhard Schweppe-Kraft, Franziska Tanneberger, Michael Trepel, Sabine Wichmann

Kapitel 4.3: Peter Elsasser, Mathias Bösch, Georg Leefken, Bernhard Möhring, Till Pistorius, Joachim Rock, Sebastian Rüter, Bettina Schröppel

Kapitel 4.4: Alexandra Dehnhardt, Mathias Scholz, Dietmar Mehl, Uwe Schröder, Elmar Fuchs

Kapitel 4.5: Christine Bertram, Ralf Döring, Katrin Rehdanz, Jacobus Hofstede, Astrid Kowatsch

Die Autorinnen und Autoren der Langfassung sind auf der letzten Seite dieses Berichts genannt.

Naturkapital Deutschland – TEEB DE-Koordinierungsgruppe:

Bernd Hansjürgens (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ), Aletta Bonn (bis April 2014, UFZ), Miriam Brenck (UFZ), Katharina Dietrich (Bundesamt für Naturschutz – BfN), Urs Moesenfechtel (UFZ), Christa Ratte (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit – BMUB), Irene Ring (UFZ), Christoph Schröter-Schlaack (UFZ), Burkhard Schweppe-Kraft (BfN)

Danksagung: Die Autorinnen und Autoren und die TEEB DE-Koordinationsgruppe danken allen Beteiligten, die aktiv zum Erfolg dieser Broschüre beigetragen haben.

Förderung und Fachbetreuung: »Naturkapital Deutschland – TEEB DE« wird als Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Rahmen des Umweltforschungsplans durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) gefördert. Fachbetreuung: BfN, Fachgebiet I 2.1 Recht, Ökonomie und umweltverträgliche regionale Entwicklung.

Disclaimer: Die in diesem Bericht geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen der beteiligten Organisationen übereinstimmen.

Grafisches Konzept | Layout: Metronom | Agentur für Kommunikation und Design GmbH, Leipzig

Titelbild: Marco Barnebeck, Pixelio.de

Gesamtherstellung: Merkur Druck- und Kopierzentrum GmbH & Co. KG, Leipzig

Erschienen 2014, 2. aktual. Auflage, 1.000

Papier aus ökologischer Waldwirtschaft

ISBN: 978-3-944280-10-3

INHALTSVERZEICHNIS

Naturkapital Deutschland – TEEB DE: Gesamtprojekt und Einordnung dieses Berichts	6
Vorwort und Danksagung	8
Kernbotschaften	11
1. Was haben biologische Vielfalt und Klimawandel miteinander zu tun?	14
2. Naturkapital, Ökosystemleistungen und Klimawandel: Eine ökonomische Sicht	18
3. Wirkungen von Klimawandel und Klimapolitik auf Ökosystemleistungen und Biodiversität in Deutschland	24
4. Klimapolitik durch Investitionen in das Naturkapital	30
4.1 Landwirtschaft: Emissionen reduzieren, Grünlandumbruch vermeiden und Bioenergie umweltfreundlich nutzen	30
4.2 Moore und kohlenstoffreiche Böden: Wiedervernässung als Klimaschutzinvestition	38
4.3 Wald: Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel	44
4.4 Auen: Den Flüssen den nötigen Raum geben	53
4.5 Küsten: Deichrückverlegung zur Vermeidung von Unterhaltungskosten	57
5. Ziele und Wege der Umsetzung einer ökosystembasierten Klimapolitik	60
5.1 Zielfestlegungen für eine ökosystembasierte Klimapolitik	61
5.2 Wege und Instrumente der Umsetzung	64
Glossar	68
Literaturverzeichnis	72
Hinweis zur Langfassung	76

NATURKAPITAL DEUTSCHLAND – TEEB DE: GESAMTPROJEKT UND EINORDNUNG DIESES BERICHTS

»Naturkapital Deutschland – TEEB DE« ist die deutsche Nachfolgestudie der internationalen TEEB-Studie (The Economics of Ecosystems and Biodiversity), die den Zusammenhang zwischen den Leistungen der Natur, der Wertschöpfung der Wirtschaft und dem menschlichen Wohlergehen zum Thema hat. »Naturkapital Deutschland – TEEB DE« will durch eine ökonomische Perspektive die Potenziale und Leistungen der Natur konkreter erfassbar und sichtbarer machen. Mit der ökonomischen Abschätzung des Naturkapitals sollen die Leistungen der Natur besser in private und öffentliche Entscheidungsprozesse einbezogen werden können, damit langfristig die natürlichen Lebensgrundlagen und die biologische Vielfalt erhalten werden. Dabei wird auf internationale wie auch in Deutschland bestehende Ansätze und Instrumente zurückgegriffen. Letztlich dient das Projekt auch zur Flankierung der Umsetzung von Umwelt-, Nachhaltigkeits- und Naturschutzziele und -strategien, insbesondere der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt.

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit und das Bundesamt für Naturschutz finanzieren das Projekt. Die Studienleitung liegt am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Studienleiter ist Prof. Dr. Bernd Hansjürgens.

Im Zentrum von »Naturkapital Deutschland – TEEB DE« stehen vier thematische Berichte, die von Teams von Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Praxis erstellt werden. Basis der vier Hauptberichte sind vorliegende Studien, Konzepte und Fallbeispiele, welche die Leistungen der Natur in Deutschland für den Menschen deutlich machen. Die Berichte behandeln folgende Themen:

- 1) Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte;
- 2) Ökosystemleistungen in ländlichen Räumen – Erfassung und Inwertsetzung;
- 3) Ökosystemleistungen in der Stadt – Gesundheit schützen und Lebensqualität erhöhen;
- 4) Naturkapital Deutschland – Neue Handlungsmöglichkeiten ergreifen.

Es sind bereits eine Einführungsbroschüre und eine Broschüre für Unternehmen erschienen und als Download auf der Projektwebseite verfügbar (www.naturkapital-teeb.de):

- ▶ Der Wert der Natur für Wirtschaft und Gesellschaft –
Eine Einführung

- ▶ Die Unternehmensperspektive –
Auf neue Herausforderungen vorbereitet sein

»Naturkapital Deutschland – TEEB DE« wird von einem Projektbeirat begleitet, dessen Mitglieder das Vorhaben fachlich beraten. Diesem Gremium gehören Persönlichkeiten aus den Bereichen Wissenschaft, Wirtschaft und Medien an. Zudem gibt es eine projektbegleitende Arbeitsgruppe, die der Information, Vernetzung und Einbindung von gesellschaftlichen Interessengruppen in das Projekt dient. Hierbei sind Umweltverbände, Wirtschaftsverbände, Bundesressorts, Bundesländer und Kommunen beteiligt.

Die vorliegende Veröffentlichung gibt eine Auswahl der wichtigsten Ergebnisse des ersten Berichts zu Naturkapital und Klimapolitik wieder. Die Berichtsleitung liegt beim Fachgebiet Landschaftsökonomie der Technischen Universität Berlin, Berichtsleiter ist Prof. Dr. Volkmar Hartje. Zielsetzung ist es, aus einer ökonomischen Perspektive Synergien zwischen dem Klimaschutz und der Anpassung an den Klimawandel einerseits sowie der Erhaltung des Naturkapitals, dessen Leistungsfähigkeit und der biologischen Vielfalt andererseits aufzuzeigen. Zudem werden Handlungspotenziale durch ökosystembasierte Lösungen beleuchtet, mit denen sich Konflikte zwischen diesen beiden Politikfeldern abschwächen bzw. vermeiden lassen.

VORWORT

Die Klima- und Energiepolitik ist in aller Munde. Die Ziele der Bundesregierung, die Treibhausgasemissionen in Deutschland bis 2050 um 80 bis 95 Prozent zu senken, sind nur unter großen Anstrengungen zu erreichen. Hinzu kommt der beschlossene Ausstieg aus der Atomenergie – bis 2022 sollen in Deutschland alle Atomkraftwerke abgeschaltet werden. Dies alles mündet in die »Energiewende«, die auf die Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien abzielt und die sowohl im In- als auch im Ausland sehr intensiv und kontrovers diskutiert wird.

Das neben dem Klimawandel zweite große Umweltproblem unserer Zeit, der Verlust der biologischen Vielfalt, wird demgegenüber oft übersehen. Das Thema ist bei vielen noch nicht angekommen. Dabei ist es – was seine Auswirkungen auf uns Menschen angeht – vermutlich ebenso bedeutsam wie der Klimawandel. Hinzu kommt, dass Klimawandel und Biodiversität auf vielfältige Weise miteinander verbunden sind. Nicht nur, dass der Klimawandel die biologische Vielfalt bedroht. Mehr noch: Klimapolitik kann auch durch den Einsatz der Natur betrieben werden, das Stichwort heißt: ökosystembasierte Klimapolitik. Wenn dies klug gemacht wird, sind Synergien möglich und beide Bereiche können profitieren.

Die vorliegende Veröffentlichung macht auf diese Aspekte aufmerksam. Sie zeigt, wo Synergien zwischen Natur- und Umweltschutz sowie Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel bestehen und wie gegebenenfalls Konflikte vermieden oder abgeschwächt werden können. Und sie macht deutlich, dass sich dies auch ökonomisch lohnt. Wir sparen volkswirtschaftlich nicht nur Geld, wir können auch viel hinzugewinnen, wenn wir verstärkt auf eine Klimapolitik setzen, die das Naturkapital einbezieht.

Mit »Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte« wird der erste Bericht des »Naturkapital Deutschland – TEEB DE«-Projekts, dem deutschen Nachfolgevorhaben der internationalen TEEB-Initiative, vorgelegt. Das Besondere an diesem Bericht ist, dass hier der Fokus bewusst auf eine ausgewählte Ökosystemleistung der Natur – wir nennen sie »Klimaleistung« – gerichtet ist; andere Ökosystemleistungen treten demgegenüber in den Hintergrund der Betrachtung. Das soll nicht bedeuten, dass sie unwichtiger sind; der vorliegende Bericht konzentriert sich lediglich darauf zu zeigen, wie zwei zentrale Politikfelder miteinander verknüpft werden können.

Den Leserinnen und Lesern wünschen wir Aha-Erlebnisse bei der Lektüre dieses »Kurzberichts für Entscheidungsträger« sowie Anregungen für ihr Handeln.

DANKSAGUNG

Die vorliegende Publikation »Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte: Kurzbericht für Entscheidungsträger« basiert auf der Langfassung, die die entsprechenden Grundlagen enthält und Mitte 2015 veröffentlicht wird. Am Prozess der Berichterstellung der Langfassung waren mehr als 70 Autorinnen und Autoren sowie zahlreiche Gutachter und Kommentatoren beteiligt, denen wir an dieser Stelle danken möchten.

Wir möchten zudem unseren herzlichen Dank den folgenden Gruppen und Personen aussprechen:

- ▶ dem Projektbeirat »Naturkapital Deutschland – TEEB DE«:
Stefanie Engel, Universität Osnabrück; Uta Eser, Büro für Umweltethik; Karin Holm-Müller, Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Mitglied im Sachverständigenrat für Umweltfragen; Beate Jessel, Präsidentin des Bundesamtes für Naturschutz, Bonn; Marion Potschin, Universität Nottingham; Christian Schwägerl, Wissenschafts-, Politik- und Umweltjournalist; Karsten Schwanke, Fernsehmoderator und Meteorologe; Antje von Dewitz, Geschäftsführerin VAUDE; Angelika Zahrt, langjähriges Mitglied im Rat für Nachhaltige Entwicklung und Ehrenvorsitzende des Bundes für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND)

- ▶ der Projektbegleitenden Arbeitsgruppe »Naturkapital Deutschland – TEEB DE«:
Rüdiger Becker, Verein »Kommunen für biologische Vielfalt«/Stadt Heidelberg, Amt für Umweltschutz, Gewerbeaufsicht und Energie; Carolin Boßmeyer, Biodiversity in Good Company-Initiative; Vertreterinnen und Vertreter des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB); Ann Kathrin Buchs, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)/Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz; Andreas Burger, Umweltbundesamt (UBA); Sarah Richter, Deutscher Städte- und Gemeindebund; Wiltrud Fischer, Projektträger des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.; Claudia Gilles, Deutscher Tourismusverband e.V.; Alois Heißenhuber, Wissenschaftlicher Beirat des BMEL »Biodiversität und genetische Ressourcen«/Technische Universität München; Udo Hemmerling, Deutscher Bauernverband e.V.; Till Hopf, Naturschutzbund Deutschland e.V. (NABU); Edelgard von Houwald, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL); Günter Mitlacher, World Wide Fund for Nature (WWF Deutschland); Michaela Pritzer, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI); Catrin Schiffer, Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (BDI);

Reinhard Schmidt-Moser, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (LANA)/Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein; Ulrich Stöcker, Deutsche Umwelthilfe e. V. (DUH); Magnus Wessel, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND); Markus Ziegeler, Deutscher Forstwirtschaftsrat (DFWR); Jochen Zimmermann, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

- ▶ den beteiligten Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen in den Ressortforschungseinrichtungen des Bundes, u. a. im Kompetenzzentrum Naturkapital des Bundesamtes für den Naturschutz, die den Erstellungsprozess kritisch und mit vielen hilfreichen Hinweisen begleitet haben

Die in diesem Kurzbericht geäußerten Ansichten geben ausschließlich die Haltung der Autorinnen und Autoren wieder und sind keinesfalls als offizieller Standpunkt der beteiligten Organisationen zu betrachten.

Berlin und Leipzig, im Januar 2014

Volkmar Hartje,
Leiter des Klimaberichts

Bernd Hansjürgens,
Studienleiter Naturkapital
Deutschland – TEEB DE

KERNBOTSCHAFTEN

- ▶ Natur und biologische Vielfalt bilden die Grundlage menschlichen Lebens und versorgen Wirtschaft und Gesellschaft mit einer Vielzahl von **Ökosystemleistungen**. Viele dieser Leistungen sind auch von hoher Bedeutung für die **Reduzierung von Treibhausgasen** und die **Anpassung an den Klimawandel**. Dieser Zusammenhang steht im Vordergrund dieses Berichtes. Natur und biologische Vielfalt sind darüber hinaus ein Wert für sich, der auch in politischen Zielsetzungen und rechtlichen Anforderungen zum Ausdruck kommt.
- ▶ Einzelne **Instrumente der Klimaschutz- und Energiepolitik** können negative Auswirkungen auf Natur und Ökosystemleistungen haben, z. B. durch die Förderung des Anbaus von Energiepflanzen oder auch die ungünstige Standortwahl von Wind- und Wasserkraftanlagen und Trassen für Stromleitungen. Der Anbau von Energiepflanzen verstärkt den bestehenden Trend zur Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung, zum Umbruch von Grünland in Ackerland und zur Entwässerung von Moorböden. Dies trägt zu einem vermehrten Ausstoß von Treibhausgasen, einer Beeinträchtigung der biologischen Vielfalt und dem Verlust zahlreicher Ökosystemleistungen bei.
- ▶ Durch die **Identifizierung, Erfassung und ökonomische Bewertung** klimarelevanter (und anderer) Leistungen der Natur können Synergien, aber auch mögliche Konflikte zwischen Klimapolitik und Naturschutz besser analysiert werden. **Ökosystembasierte Ansätze** nutzen die Leistungen der Natur für Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel. Sie eröffnen Möglichkeiten für eine Klimapolitik, die den Ausstoß von Treibhausgasen mindert, die Anpassungsfähigkeit der Landnutzungssysteme an den Klimawandel stärkt und gleichzeitig die biologische Vielfalt und die Ökosystemleistungen der Naturräume erhält und fördert. Dadurch kann die Anpassungsfähigkeit unserer Ökosysteme an den Klimawandel bedeutend gestärkt werden.
- ▶ In der **Landwirtschaft** bestehen kostengünstige Optionen zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen, z. B. durch eine Steigerung der Effizienz beim Düngemiteleinsatz, die Erhaltung von Dauergrünland sowie Möglichkeiten einer naturschonenderen Produktion von Biomasse. Auch die Verwendung von Landschaftspflegematerialien wie Grün- oder Heckschnitt für die regenerative Energieerzeugung könnte weiter ausgebaut werden.
- ▶ Eine wichtige und im Vergleich zu anderen CO₂-Vermeidungsoptionen vergleichsweise kostengünstige Klimaschutzmaßnahme ist neben der **Erhaltung bestehender Moore die Wiedervernässung von**

landwirtschaftlich genutzten Moorböden. Degradierete kohlenstoffreiche Böden (insbesondere landwirtschaftlich genutzte Moorböden) emittieren ca. 41 Mio. t CO₂-Äq pro Jahr (4,3 % der jährlichen deutschen Brutto-Gesamtemissionen), wobei sie nur rund 8 % der landwirtschaftlichen Flächen ausmachen. Für ein Programm zur Wiedervernässung von 300.000 ha Moorböden in Deutschland wurde kalkuliert, dass sich damit volkswirtschaftliche Schäden in Höhe von 217 Mio. Euro pro Jahr vermeiden ließen. Wiedervernässte Moorböden bilden Lebensräume für stark gefährdete, natürliche Lebensgemeinschaften, können aber auch im Rahmen sogenannter Paludikulturen naturschonend weitergenutzt werden.

- ▶ **Nachhaltige Waldbewirtschaftung** kann Holzproduktion, Natur-, Umwelt- und Klimaschutz vereinen. Der Wald in Deutschland ist zurzeit eine CO₂-Senke und soll dies laut Waldstrategie 2020 der Bundesregierung auch bleiben. Die Möglichkeiten zur weiteren Erhöhung der positiven Klimaeffekte des Waldes sind allerdings begrenzt und dürfen nicht von der Holzverwendung getrennt betrachtet werden. Durch eine Intensivierung der Holznutzung kann zwar die Substitution energieintensiver Materialien (z. B. im Bausektor) und anderer Energieträger ausgeweitet sowie die Speicherung von CO₂ im sogenannten Holzproduktespeicher (langlebige Holzprodukte) temporär erhöht werden, gleichzeitig sinkt jedoch der Anteil des in der Waldbiomasse gespeicherten Kohlenstoffs. Eine geringere Nutzungsintensität würde dagegen den Waldspeicher erhöhen, aber Substitutionseffekte und Produktespeicher mindern. Nicht nur aus diesem Grund sollte bei einer politischen Diskussion um die Waldbewirtschaftung nicht einseitig auf die Verminderung von Treibhausgasen fokussiert werden, sondern umfassend das gesamte Ökosystem mit seinen vielfältigen Ökosystemleistungen einschließlich der Leistungen zur Anpassung an den Klimawandel betrachtet werden.
- ▶ **Der Schutz und die Wiederherstellung naturnaher Auen** sind ein Beispiel für potentielle Synergien zwischen der Erhaltung biologischer Vielfalt und dem Klimaschutz, z. B. durch Wiedervernässung kohlenstoffreicher Auenböden. Zudem leisten Auen Beiträge zur Anpassung an den Klimawandel durch Kappung von Hochwasserspitzen und Verminderung von Hochwasserschäden. Weitere Ökosystemleistungen sind die Reduzierung von Nährstoffbelastungen und die Verbesserung der Lebensraumfunktion für wildlebende Arten. Berechnungen für ein Auen-Renaturierungsprogramm an der Elbe zeigen unter Berücksichtigung der genannten Wirkungen einen volkswirtschaftlichen Nutzen von 1,2 Mrd. Euro und ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 3:1.

- ▶ Eine ökonomische Analyse von Kosten und Leistungen kann auch im Bereich der **Anpassung an den Klimawandel in Küstenregionen** an einzelnen ausgewählten Standorten an der Ostsee kostengünstige und naturnähere Lösungen aufzeigen. Durch eine Ausdeichung von Flächen können in Einzelfällen Kosten für Deicherhöhung, Deichunterhaltung und wasserwirtschaftliches Management vermindert werden.
- ▶ Der **ökonomische Wert der Leistungen der Natur** einerseits und die Folgekosten der Belastung und Zerstörung von Ökosystemen andererseits werden in Politik und Wirtschaft noch unzureichend berücksichtigt. Wissenslücken und Strukturen, die eine stärkere Nutzung multifunktionaler ökosystembasierter Lösungen behindern, müssen erkannt und das umweltpolitische Instrumentarium muss entsprechend ergänzt werden. Ein entscheidender erster Fortschritt in diesem Sinne wäre die Einrichtung eines übergreifenden Fonds zur Finanzierung ökosystembasierter Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen, an dem sich z. B. auch private Akteure – etwa im Rahmen des privaten Handels mit Kohlenstoffzertifikaten – beteiligen könnten.
- ▶ **Internationale Verantwortung – nur der Blick auf Deutschland reicht nicht.** Die weltweite Vernetzung der Handelsströme für Energierohstoffe, Agrar- und Holzprodukte hat Auswirkungen auf die Klimaregulation, die Umweltressourcen und die biologische Vielfalt im internationalen Raum. Die deutsche Klimapolitik verstärkt zum Teil politische und ökonomische Triebkräfte, die zu einer erheblichen Beeinträchtigung von biologischer Vielfalt und Ökosystemleistungen auf globaler Ebene führen. Die Politik muss Instrumente weiterentwickeln, mit denen solche Wirkungen erfasst und im politischen Handeln berücksichtigt und begrenzt werden können.

1

WAS HABEN BIOLOGISCHE VIELFALT UND KLIMAWANDEL MITEINANDER ZU TUN?

Der Klimawandel und der Verlust der biologischen Vielfalt, verstanden als Artensterben, Degradation von -> **ÖKOSYSTEMEN** und Verlust an genetischer Vielfalt, gehören zu den zentralen Problemen des globalen Wandels. Das Artensterben schreitet mit 100- bis 1000fach höherer Geschwindigkeit voran als die »natürliche« Aussterberate ohne menschliche Einflussnahme [1]. Bei anhaltendem Trend wird befürchtet, dass bis zum Ende des 21. Jahrhunderts rund ein Drittel aller Arten der Erde aussterben werden. Für Deutschland gelten ca. 12% der Arten aufgrund ihrer Klimaempfindlichkeit als Hochrisikoarten [2].

Was dieser Verlust für unser Wohlbefinden und unsere wirtschaftliche Entwicklung bedeutet, wissen wir heute noch nicht genau. Es wird aber befürchtet, dass von dieser in der Menschheitsgeschichte einmaligen Entwicklung erhebliche negative Rückwirkungen auf den Menschen und seine Lebensbedingungen ausgehen dürften. Nach Berechnungen von Braat und ten Brink [3] entsprechen die wirtschaftlichen Folgen des Verlustes an -> **BIODIVERSITÄT** im Jahre 2050 bereits einer Verminderung des Sozialprodukts von jährlich 7%.

Ebenso droht der anthropogen verursachte Klimawandel zu dramatischen Veränderungen unserer Lebensumwelt zu führen. In Deutschland ist in den letzten 100 Jahren die mittlere Jahrestemperatur um ca. 1°C gestiegen, und das Jahrzehnt 2000–2009 war die wärmste Dekade des Zeitraums. Der fünfte IPCC-Sachstandsbericht von 2013 beziffert den weltweiten Temperaturanstieg zum Ende dieses Jahrhunderts im Vergleich zum Referenzzeitraum 1986–2015 auf 0,3–4,8°C. Weiterhin wird geschätzt, dass der Meeresspiegel bis 2100, je nach

Szenario, um 26 bis 82 cm steigen wird. Die Folgen für den Menschen und seine Wohlfahrt werden erheblich sein: Gemäß der Abschätzungen des Stern-Reports [4] werden im Jahr 2100 weltweit jährlich 3–20 % des Bruttosozialprodukts aufzuwenden sein, um die Schäden des Klimawandels aufzufangen.

Zwischen diesen beiden globalen Prozessen – dem Klimawandel auf der einen und dem Verlust der biologischen Vielfalt und der Ökosystemleistungen auf der anderen Seite – bestehen vielfältige Verbindungen und gegenseitige Abhängigkeiten:

- ▶ Der **Klimawandel** ist eine der großen Triebkräfte für den Biodiversitätsverlust [43]. Er beeinflusst die -> **BIOLOGISCHE VIelfALT** direkt durch Veränderung der Lebensbedingungen für Tiere und Pflanzen, aber auch indirekt durch die Ausgestaltung der Klimapolitik (Maßnahmen zum Klimaschutz oder zur Anpassung an den Klimawandel).
- ▶ Die von der **Klimapolitik** veranlassten Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel gehen oft mit Veränderungen der Landnutzung einher (z. B. Umwandlung naturnaher Flächen in Flächen für die Energieproduktion, Bau von Deichen), die sich ebenfalls auf die biologische Vielfalt und die Erbringung von Ökosystemleistungen auswirken. Es kann zu Zielkonflikten zwischen Klimapolitik und Naturschutz- bzw. Biodiversitätspolitik kommen.
- ▶ Eine **ökosystembasierte Klimapolitik** dagegen zielt darauf ab, Synergien zwischen Naturschutz und Klimaschutz zu nutzen und Konflikte zu vermeiden. Die Erhaltung und Wiederherstellung von biologischer Vielfalt und Ökosystemen kann durch Vermeidung von Emissionen und Bindung von Kohlenstoff in Pflanzen und Böden zum Klimaschutz (Mitigation) wie auch zur Anpassung an den Klimawandel (Adaptation) beitragen (siehe Infobox 1).



ABBILDUNG 1
(Foto: Pixelio.de)

INFOBOX 1

**Ökosystembasierte Klimapolitik –
Ansätze zur Mitigation und Adaptation**

Maßnahmen, die zur Vermeidung von klimaschädlichen Emissionen z. B. durch die Erhaltung von Kohlenstoffspeichern und -senken beitragen, dienen dem Klimaschutz, also der Minderung des Klimawandels (**Mitigation**). Doch selbst wenn das politisch gesetzte Ziel, die globale Erwärmung auf maximal 2° C einzudämmen, erreicht werden sollte, wird es in vielen Regionen zu deutlichen Veränderungen des Klimas kommen. Deshalb, aber auch aus Überlegungen der Vorsorge, rücken Maßnahmen, die der Anpassung (**Adaptation**) an den Klimawandel dienen, immer mehr in den Fokus von Wissenschaft und Politik.

Das Konzept einer **ökosystembasierten Klimapolitik** ist eine Weiterentwicklung des Ökosystemansatzes der -> **BIODIVERSITÄTSKONVENTION** der Vereinten Nationen (CBD), in der Richtlinien für ein langfristig angelegtes, nachhaltiges Ökosystemmanagement aufgestellt wurden. Ökosystembasierter **Klimaschutz** bezieht sich auf die Vermeidung bzw. Kompensation von Treibhausgasemissionen. Dies kann durch die Bindung von Kohlenstoff in Biomasse und Böden (z. B. in Wäldern oder durch nachwachsende Rohstoffe) oder durch die Vermeidung der Freisetzung von Emissionen durch die Sicherung natürlicher Kohlenstoffspeicher (z. B. in Moorböden) geschehen. Ökosystembasierte Anpassung zielt darauf ab, die Verwundbarkeit der Ökosysteme und der Gesellschaft durch den Klimawandel zu verringern und die Widerstandskraft (Resilienz) von Ökosystemen zu stärken. Diese **Anpassung an den Klimawandel** kann technische Lösungen (z. B. den Bau von Deichen oder Flutwänden) durch natürliche Lösungen, wie beispielsweise die Erhaltung oder -> **RENATURIERUNG** natürlicher Überflutungsflächen, ergänzen oder ersetzen.



ABBILDUNG 2 ▶ Überschwemmungsgebiet während des Hochwassers der Elbe 2013.
(Foto: André Künzelmann, UFZ)

2

NATURKAPITAL, ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN UND KLIMAWANDEL: EINE ÖKONOMISCHE SICHT

Natur hat einen Wert an sich, der Grund genug sein sollte, sie zu erhalten. Darüber hinaus hat die Natur aufgrund der vielfältigen Leistungen, die sie für den Menschen erbringt (-> **ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN**; siehe Infobox 2), auch einen wirtschaftlich bedeutsamen Wert. Denn diese Leistungen, wie etwa die Bereitstellung von Nahrungsmitteln, die Regulierung des Wasserkreislaufs einer Region oder des Mikroklimas in Städten, aber auch die Erholung, die wir in der Natur finden, sind ökonomisch bedeutsam: Sie erhöhen unsere Lebensqualität, sind Grundlage zahlreicher wirtschaftlicher Aktivitäten und damit letztlich für unseren Wohlstand und unser Wohlbefinden mit entscheidend.

Die Überlegungen zum ökonomischen Wert der Ökosystemleistungen der Natur können auch auf den Klimawandel bezogen werden. Pflanzen binden durch ihr Wachstum Treibhausgase und tragen, wenn es wie im Falle kohlenstoffreicher Böden (u. a. Moorböden) zu einer langfristigen Festlegung und einem Kohlenstoffspeicheraufbau kommt, dazu bei, den CO₂-Gehalt in der Atmosphäre zu verringern. Wälder wirken temperaturregulierend. Sie schützen zudem bei Starkregenereignissen vor Überschwemmungen und als Bannwälder im Hochgebirge vor Hangrutschten. All dies sind Ökosystemleistungen der Natur, die den Menschen und sein Vermögen schützen und zum Teil technische Lösungen wie Deiche oder Dämme ergänzen oder ersetzen können.

INFOBOX 2

Naturkapital und Ökosystemleistungen

Das -> **NATURKAPITAL** umfasst die Natur mit ihrer Vielfalt an Arten, Lebensgemeinschaften und -> **ÖKOSYSTEMEN**. Es bildet neben technischem Kapital (Maschinen, Produktionsanlagen etc.) und menschlichem Kapital (Wissen, Arbeitskraft) die Grundlage für Wertschöpfung und Wohlstand. Die verschiedenen Leistungen der Natur, die Ökosystemleistungen, sind Voraussetzung für die Produktion zahlreicher Güter und Dienstleistungen, fördern unsere Gesundheit und sind damit eine wichtige Basis für unser -> **WOHLERGEHEN**. Die Natur bildet im ökonomischen Sinne ein Kapital, und ihre Leistungen lassen sich als »Dividende« auffassen, die der Gesellschaft zufließt. Die Erhaltung des natürlichen Kapitalstocks ermöglicht es, diese Dividende auch künftigen Generationen dauerhaft bereitzustellen (siehe auch Einführungsbroschüre von Naturkapital Deutschland – TEEB DE).

Aufbauend auf den Basisleistungen als Grundlage für alle folgenden Leistungen werden – ausgehend vom Millennium Ecosystem Assessment [43] in der globalen TEEB-Studie [5] sowie einer aktuell entwickelten internationalen Klassifizierung von Ökosystemleistungen (CICES) [6] – drei verschiedene Typen von Ökosystemleistungen unterschieden, die den Menschen direkt oder indirekt Nutzen stiften:

- ▶ -> **VERSORGUNGSLEISTUNGEN**: Diese Leistungen umfassen die Bereitstellung von Gütern wie Holz, Nahrungsmittel, Wasser, Fasern oder biomassebasierten Energierohstoffen.
- ▶ -> **REGULIERUNGSLEISTUNGEN**: Ökosysteme können das Klima und den Niederschlag regulieren, vor Überschwemmungen und Boden-erosion schützen, sie können Schadstoffe binden oder sie abbauen.
- ▶ -> **KULTURELLE LEISTUNGEN**: Naturlandschaften gehören mit ihrem Artenreichtum und ihrer Schönheit zum kulturellen Erbe eines Landes und stiften Identität. Sie haben einen Freizeit- und Erholungswert und sind Orte der sozialen Interaktion.

Während für Versorgungsleistungen oft Märkte existieren, gilt dies für Regulierungsleistungen und kulturelle Leistungen zumeist nicht. Sie stellen -> **ÖFFENTLICHE GÜTER** dar, die ohne staatliche Regulierung und ohne ökonomische Anreize meist nicht angemessen in Entscheidungen berücksichtigt und deshalb übernutzt oder beeinträchtigt werden.



ABBILDUNG 3–4 ▶ Streuobstwiesen-ernte 2008 in der Region Bodensee-Oberschwaben. (Foto: Ulfried Miller, BUND Ravensburg); Bienenstock. (Foto: Jana Mänz, www.jana-maenz.de)



ABBILDUNG 5 ▶ Erholung in der Löwenzahnwiese.

(Foto: Paul Lehmann, UFZ)

In manchen Fällen bemerken wir den Wert der Natur erst dann, wenn die betreffenden Leistungen beeinträchtigt oder weggefallen sind. Wenn es zu Überschwemmungen kommt, entstehen z. B. gravierende Kosten, weil wir den Flüssen ihren Raum genommen haben und die Niederschläge deshalb bei Starkregenereignissen nicht mehr ausreichend durch die verbliebenen Auen zurückgehalten werden können. All dies geschieht, weil den Entscheidungsträgern die Kosten des Naturverlustes und der damit verbundenen Leistungen nicht bewusst sind oder sie die Kosten nicht tragen müssen.

Eine ökonomische Analyse will den verborgenen Wert von biologischer Vielfalt und Ökosystemleistungen – dem -> **NATURKAPITAL** – für Mensch und Gesellschaft offenlegen und dazu beitragen, dass wirksame Strategien und Instrumente zur Erhaltung des Naturkapitals effektiv und effizient umgesetzt werden. Denn nur was der Mensch schätzt, das schützt er auch. Zudem ermöglicht die -> **ÖKONOMISCHE BEWERTUNG**, Handlungsoptionen aufzuzeigen, wie der Wert der Natur besser in unsere privaten und öffentlichen Entscheidungen integriert werden kann.

Für den vorliegenden Bericht zu »Naturkapital und Klimapolitik« sind insbesondere drei Arten von Leistungen der Natur von Bedeutung, die in Infobox 3 am Beispiel eines Waldes verdeutlicht werden:

- ▶ **Bereits bepreiste Leistungen:** Ökosystemleistungen, die auf Märkten gehandelt werden (z. B. Nahrungsmittel, Holz) und dadurch bereits in den Entscheidungen der Konsumenten und Produzenten im Rahmen von Kosten-Nutzen-Abwägungen berücksichtigt werden. Diese Leistungen werden zumeist anhand ihrer Marktpreise bewertet.

- ▶ **Klimabezogene Leistungen:** Ökosystemleistungen, die für den Klimaschutz oder die Anpassung an den Klimawandel erbracht werden. Die Höhe dieser Leistungen ist bei der Anpassung an den Klimawandel nicht allein von der Art und dem Zustand des jeweiligen Ökosystems abhängig, sondern auch von seinem speziellen Standort. Der Nutzen solcher Leistungen liegt u. a. in den durch sie vermiedenen Schäden des Klimawandels. Zu ihrer Bewertung stehen unterschiedliche ökonomische Methoden zur Verfügung (siehe unten).
- ▶ **Weitere, nicht klimabezogene Leistungen:** Hierbei handelt es sich um weitere Leistungen, die von Ökosystemen erbracht werden und über den Klimaschutz und die Anpassung an den Klimawandel hinausgehen. Auch für diese Leistungen stehen verschiedene ökonomische Bewertungsmethoden zur Verfügung. Sie werden jeweils an entsprechender Stelle im Text erläutert.

INFOBOX 3

Ökosystemleistungen am Beispiel eines Waldes

- ▶ **Bereits bepreiste Leistungen:** Die HolzverbraucherInnen ziehen einen Nutzen aus ihrer Nutzung des Holzes, z. B. für Möbel oder als Brennmaterial, und sind dafür bereit, einen Preis zu zahlen. Daraus entstehen für die Waldbesitzer durch den Verkauf Erlöse.
- ▶ **Klimabezogene Ökosystemleistungen:** Beim Klimaschutz hängt die Höhe der Klimaleistung davon ab, welche Menge an Treibhausgasen durch den Wald gebunden und der Atmosphäre entzogen wird. Bei der Anpassung an den Klimawandel beugt der Wald z. B. der Hochwasserentstehung vor oder schützt vor Hangrutschungen.
- ▶ **Weitere, nicht klimabezogene Ökosystemleistungen:** Darüber hinaus bringt ein Wald zahlreiche weitere Leistungen: Nicht-Holz-Waldprodukte (Honig, Pilze, Grundstoffe für Medikamente), Stabilisierung des Wasserhaushalts, Freude für Spaziergänger, Erholung für Urlauber, Lebensraum für Tier- und Pflanzenarten, Inspiration für kulturelles Schaffen, Basis für Umweltbildung und Waldpädagogik usw.

Eine ökonomische Betrachtung von Klima- und Energiepolitik und Naturkapital zielt vor diesem Hintergrund darauf ab, jenseits rein privatwirtschaftlicher Erwägungen **volkswirtschaftliche Kosten (z. B. durch Hochwasser- oder Sturmschäden) und vor allem die gesellschaftlichen Nutzen** von Ökosystemleistungen sichtbar zu machen. Dabei wird in diesem Bericht ein Schwerpunkt auf die für Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel relevanten Ökosystemleistungen gelegt. Damit werden drei Ziele verfolgt:

- ▶ Erstens sollen durch diese Betrachtung die Leistungen der Natur für die **Vermeidung von Treibhausgasen** (Erhaltung der Speicher und – wenn möglich – Erhöhung der Senkenleistung) sowie die **Anpassung der Ökosysteme** an den Klimawandel veranschaulicht werden.
- ▶ Zweitens sollen durch die Gegenüberstellung von ökonomischen Werten klimabezogener Ökosystemleistungen und weiteren nicht-klimabezogenen Leistungen der Ökosysteme **Synergien** und **Konflikte** zwischen Klimapolitik und Naturschutz- bzw. Biodiversitätsschutzpolitik sichtbar gemacht werden.
- ▶ Drittens sollen Vorschläge für **ökosystembasierten Klimaschutz** und **ökosystembasierte Anpassungsstrategien** an den Klimawandel entwickelt werden.

Zur Veranschaulichung der gesellschaftlichen Kosten und Nutzen dieser Leistungen ist es erforderlich, wirtschaftswissenschaftlich fundierte Bewertungsmethoden anzuwenden, deren Weiterentwicklung in der jüngsten Vergangenheit die ökonomische Bewertung der marktunabhängigen Leistungen erst ermöglicht hat. Für diesen Bericht sind die Mitigationsleistungen der Ökosysteme für den Klimaschutz von besonderem Interesse. Für sie kommen je nach konkreter Ausgangsfrage folgende Methoden in Frage: eine Orientierung an den Preisen für Zertifikate im EU-Emissionshandelssystem, Vermeidungskosten, -> **ZAHLUNGSBEREITSCHAFTEN** der Bevölkerung oder vermiedene Schadenskosten des Klimawandels (siehe dazu ausführlich Kapitel 2 der Langfassung). Da sich Schäden des Klimawandels über einen langen Zeitraum sowie über die gesamte Erde erstrecken, spielen bei der Ermittlung der vermiedenen Schadenskosten Aspekte der Diskontierung und der Gewichtung der internationalen Schäden eine zentrale Rolle, für die es noch keinen Konsens gibt.



ABBILDUNG 6 ▶ Nationalpark
Hainich, 2013. (Foto: Paul Lehmann,
UFZ)

3

WIRKUNGEN VON KLIMA- WANDEL UND KLIMAPOLITIK AUF ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN UND BIODIVERSITÄT IN DEUTSCHLAND

Der Klimawandel wirkt sich direkt oder indirekt auf die -> **BIOLOGISCHE VIELFALT** aus. Direkte Auswirkungen betreffen den Einfluss von Klimaparametern wie Temperatur- oder Niederschlagsänderungen auf die -> **BIODIVERSITÄT**, während indirekte Auswirkungen sich hier auf Minderungs- und Anpassungsmaßnahmen im Rahmen der Klima- und Energiepolitik beziehen.

Wirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt

Die geografische Verbreitung von Tieren und Pflanzen wird – neben dem Vorhandensein geeigneter Lebensräume – durch klimatische Parameter begrenzt. Ändern sich klein- oder großskalig klimatische Bedingungen, hat dies auch Auswirkungen auf die Zusammensetzung der Flora und Fauna eines -> **ÖKOSYSTEMS** und entsprechend auf die Interaktionen zwischen Arten sowie auf die Prozesse und Produkte, von denen Menschen profitieren: die Ökosystemleistungen.

Infobox 4 vermittelt einen Überblick über die verschiedenen Wirkungszusammenhänge in Deutschland, wobei Vorschädigungen der Ökosysteme (z. B. Drainage von Feuchtgebieten, Zerschneidung von Lebensräumen, Eutrophierung) die Wirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität verstärken können.

Auch wenn sich Ökosysteme unter dem Einfluss des Klimawandels ändern, können sie weiterhin wichtige Ökosystemleistungen bereitstellen, sofern sie eine gewisse Widerstandsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit (Resilienz) beibehalten.

INFOBOX 4

Auswirkungen des Klimawandels auf Ökosysteme und Artenvielfalt in Deutschland

Der Klimawandel wird in Deutschland in regional unterschiedlichem Ausmaß voraussichtlich zu höheren durchschnittlichen Jahrestemperaturen, weniger Niederschlag im Sommer und mehr Niederschlag im Winter führen. Es wird erwartet, dass auch die Häufigkeit und Intensität von Wetterextremen zunehmen wird, wobei ihr Umfang noch nicht geklärt ist [7]. Der Klimawandel lässt den Meeresspiegel ansteigen und erhöht die Wahrscheinlichkeit höherer Sturmfluten. All dies hat unterschiedliche Auswirkungen auf Artenvielfalt und biologische Interaktionen sowie Ökosysteme und deren Nutzung (siehe u. a. [8, 9]):

- ▶ **Landwirtschaftlich genutzte Ökosysteme und Böden:** Der Rückgang der Wasserverfügbarkeit beeinträchtigt die Landwirtschaft in den Mittelgebirgen und Alpen sowie im Osten Deutschlands. Durch erhöhte Temperaturen verlängert sich die Vegetationsperiode und somit verschieben sich die Aussaat- und Erntetermine. Damit können verbesserte Produktionsbedingungen für die Landwirtschaft einhergehen. Zusätzlich führt der erhöhte CO₂-Gehalt der Luft bei Pflanzen zu einem Düngeeffekt. Durch Verschiebung von Artenverbreitungsgebieten kann es zu einem erhöhten Druck durch das Auftreten von (neuen) Schädlingen und Krankheiten kommen. Kohlenstoffreiche Moorböden, deren Wasserhaushalt gestört ist, könnten von Hitze- und Wassermangel besonders negativ betroffen werden und vermehrt Treibhausgase ausstoßen. Starkregenereignisse können auf ungeschützten vegetationsfreien Böden erhebliche Erosionsschäden verursachen.
- ▶ **Waldökosysteme:** Höhere Temperaturen können auf der einen Seite zwar zu mehr Biomasse in Wäldern führen, die Bestände können aber zugleich zunehmend durch Hitze, Trockenheit, Waldbrände, Bruch und (neue) Schädlinge gefährdet werden. Insbesondere die Erhöhung des CO₂-Gehalts der Luft, aber auch die verlängerten Vegetationszeiten wirken sich möglicherweise positiv auf das Wachstum aus, können aber physiologische Eigenschaften verändern. Die Netto-Wirkung für die Rohholzproduktion, aber auch für weitere Ökosystemleistungen des Waldes, sind weitgehend unklar.
- ▶ **Flüsse und Auen:** In Auen wird es wahrscheinlich im Sommer mehr Wasserknappheit und im Winter häufiger Überschwemmungen geben. Durch die Veränderung von Niederschlagsereignissen in ihrer Intensität, Dauer und Abfolge könnte sich in einigen Einzugsgebieten in Deutschland die Hochwassergefahr verschärfen. Geringere Wasserführung in



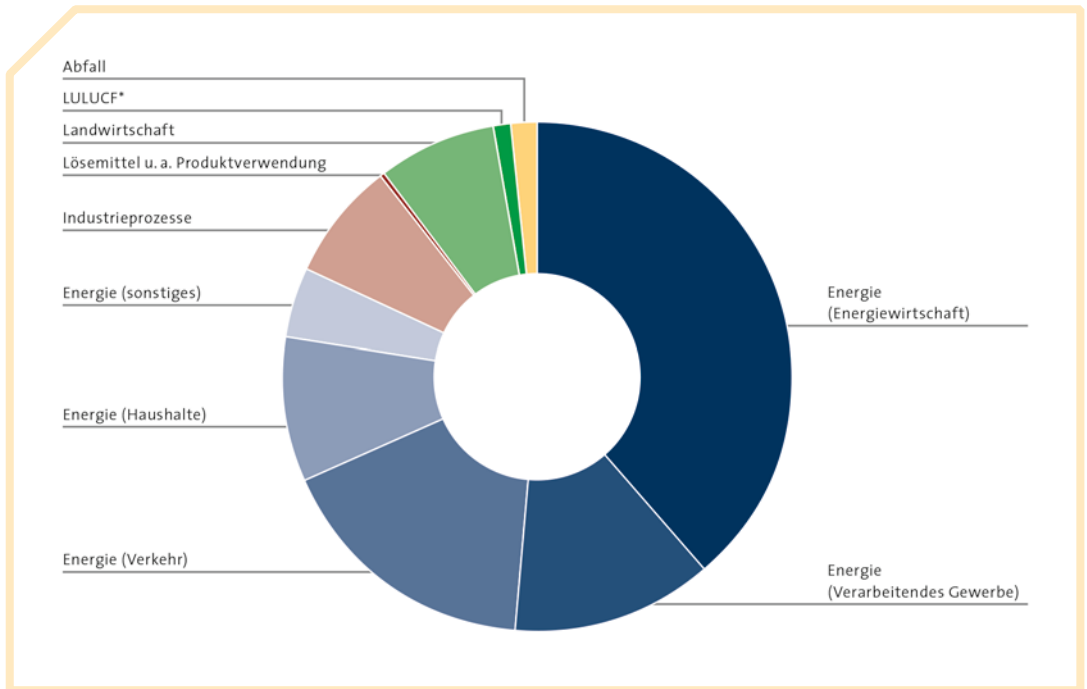
ABBILDUNG 7 ▶ Dürreperioden könnten mit dem Klimawandel in einigen Gebieten zunehmen und zu Veränderungen von Ökosystemleistungen führen.
(Foto: Pavel Klimenko, Fotolia.com)

Bächen und Flüssen in den Sommermonaten kann dagegen zu einer Veränderung der Zusammensetzung der Artengemeinschaften führen, z. B. zu Verlusten von Filtrierern und damit zu einer Verschlechterung der Wasserqualität. Zudem können sich Beeinträchtigungen der Kühlfunktion von Flüssen und ihrer Nutzbarkeit für die Schifffahrt ergeben.

- ▶ **Meere und Küsten:** Meeres- und Wattgebiete werden insgesamt eine höhere Wassertemperatur haben, was eine Veränderung der Plankton-, Benthos-, Fisch- und Vogelbestände erwarten lässt. Durch den Meeresspiegelanstieg können Wattflächen und die darauf angewiesenen Vogelpopulationen abnehmen. Die z. T. deutlich tiefer als der Meeresspiegel liegenden Marsch- und Niederungsgebiete hinter den Deichen werden zu steigenden Kosten entwässert werden müssen, auch um Siedlungen zu schützen. Durch die Entstehung von Mooren und Flachseen wird es zu Veränderungen der landwirtschaftlichen Nutzung, der Siedlungsstruktur und des Landschaftsbildes kommen. Durch den Klimawandel können sich auch die Verbreitungsgebiete von Arten und die Artenzusammensetzung ändern. Die Fischerei muss sich daher möglicherweise in Zukunft auf eine Änderung der kommerziell nutzbaren Bestände einstellen.
- ▶ **Biologische Vielfalt:** Der Klimawandel hat Auswirkungen auf die biologische Vielfalt auf der Ebene der Habitate, der Arten sowie der genetischen Vielfalt. Typische bereits beobachtete Anpassungen im Lebensrhythmus von Tieren und Pflanzen an Klimaveränderungen sind die früheren Blütezeiten von Pflanzen, die längere Vegetationsperiode oder auch die frühere Ankunft von Zugvögeln. Da jede Art anders auf den Klimawandel reagiert, kann es zur Störung von ökologischen Wechselwirkungen kommen. Auch werden Verschiebungen in den Artenverbreitungsgebieten beobachtet, mit Ausbreitung von Arten aus dem Süden sowie Einwanderung neuer, z. T. invasiver Arten.

Wirkungen der Klima- und Energiepolitik auf die biologische Vielfalt

In Deutschland verursacht vor allem der Energieverbrauch durch Kraftwerke, Industrie, Verkehr und private Haushalte klimawirksame Treibhausgase (siehe Abbildung 8). Von politischer Seite wird dies durch Subventionen für Energieträger oder den Verkehr zum Teil verschärft. Die Landwirtschaft trägt zwar nur mit knapp 8 % (bzw. 11% einschließlich der Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten, kohlenstoffreichen (Moor-)Böden und der Umwandlung von Grünland in Ackerland) zu den deutschen Bruttoemissionen bei. Da ein ökosystembasierter Klimaschutz vor allem bei landnutzungs-basierten Emissionen ansetzt, liegt ein Fokus dieses Naturkapital-Berichts dennoch auf der Landwirtschaft.



Für die zukünftige Landnutzung in Deutschland sind insbesondere die Klimapolitik und der Ausstieg aus der Atomenergie entscheidend. Danach sollen bis zum Jahr 2050 die Nutzung fossiler Energieträger weitgehend ersetzt sowie die Energieeffizienz erhöht werden. Für den Ersatz fossiler Energieträger spielt die Einführung erneuerbarer Energien wie Biomasse, Windenergie oder Photovoltaik, aber auch der Ausbau von Stromnetzen eine besondere Rolle. Bereits 2012 wurde rund ein Achtel des deutschen Endenergieverbrauchs (12,6 %, Stand: Februar 2013) aus erneuerbaren Energien bereitgestellt – mehr als doppelt so viel wie im Jahr 2004 [10]. Damit verbunden war eine Einsparung von über 130 Mio. Tonnen Treibhausgasen (CO_2 -Äquivalente = CO_2 -Äq) allein im Jahr 2011 (siehe Kapitel 3 und 4 der Langfassung).

Innerhalb der erneuerbaren Energien spielt die Biomasse derzeit mit 65,5% eine große Rolle, gefolgt von der Windenergie (16,7%). Diese beiden Energien – Biomasse und Wind – machen somit knapp 80% der erneuerbaren Energien in Deutschland aus. Die Anteile von Wasserkraft, Photovoltaik, Geothermie und Solarthermie sind demgegenüber vergleichsweise gering (siehe Abbildung 9). Bedeutsam ist hierbei auch, dass über 50% der erneuerbaren Energien Deutschlands auf Basis von biogenen Festbrennstoffen (v.a. Holz) bereitgestellt werden. Holz ist mit einer jährlichen Leistung von 120 TWh (Terawattstunden = 1.000 Mio. Kilowattstunden) somit die bedeutendste erneuerbare Energie, die vor allem als Wärmequelle eingesetzt wird,

ABBILDUNG 8 ▶ Anteil der Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Sektoren (Daten für 2011, Umweltbundesamt 2013), * LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry) umfasst: Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft einschließlich CO_2 , N_2O und CH_4 . Im Bereich LULUCF werden die im Text erwähnten Emissionsquellen aus landwirtschaftlichen Böden u.a. mit Kohlenstofffestlegungen im Bereich der Forstwirtschaft verrechnet.

weit vor der im Elektrizitätsbereich genutzten Windkraft mit einer Leistung von 46 TWh. Der Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung substituiert mehr Treibhausgasemissionen als ein Ausbau im Wärmebereich. Deshalb trägt der Windstrom in Deutschland nahezu in gleichem Umfang zur Vermeidung von Treibhausgasen bei wie die energetische Nutzung von Holz.

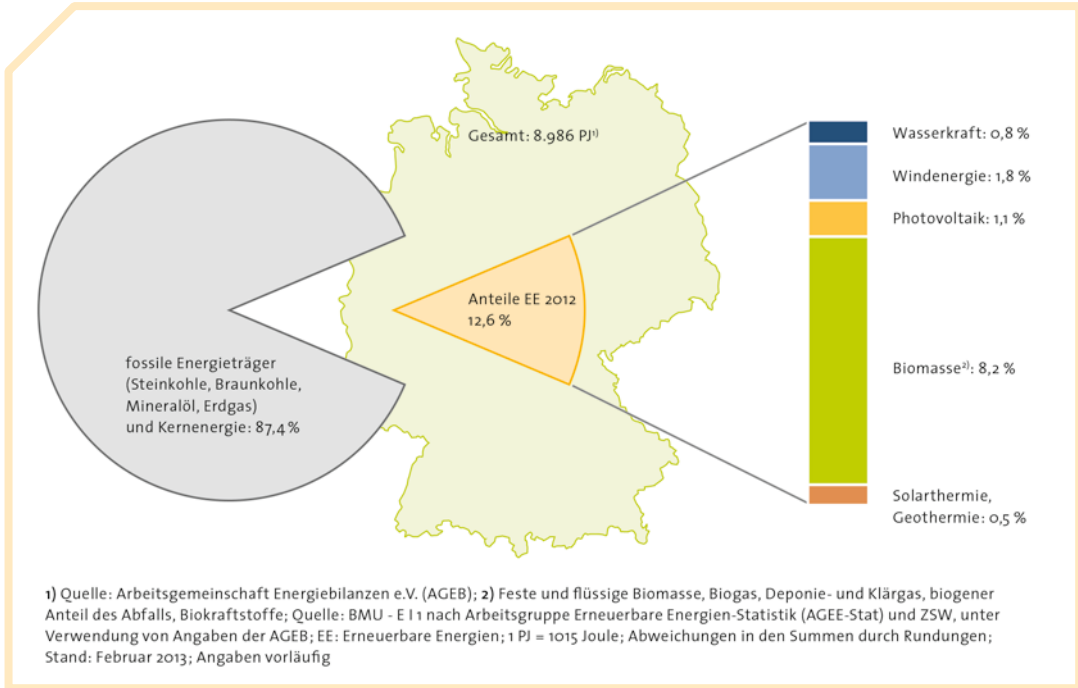


ABBILDUNG 9 ▶ Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2012 [10].

Bis 2020 soll der Ausbau der erneuerbaren Energieträger noch einmal deutlich auf 18% des Energieverbrauchs erhöht werden [11, 12] (siehe Tabelle 1), wobei jetzt schon (Dezember 2013) eine Anhebung auf 19,8% erwartet wird. Der Schwerpunkt des Ausbaus erneuerbarer Energien liegt in den nächsten Jahren auf der Stromerzeugung. Dem Zuwachs von Biomasse sind allerdings Grenzen gesetzt, vor allem aufgrund der Flächennutzungskonkurrenz bei landwirtschaftlichen Flächen und der begrenzten Verfügbarkeit forstwirtschaftlicher Biomasse. Weiterhin gewinnt die bedarfsgerechte Energiebereitstellung an Bedeutung, wozu neben Bioenergieträgern verschiedene Speichertechnologien und Netzverbindungen benötigt werden, die sich ebenfalls auf die Landnutzung auswirken können.

Konflikte der Energiewende mit anderen gesellschaftlichen Zielsetzungen, aber auch mit eigenen Zielen des Klimaschutzes und der Anpassung an den Klimawandel, entstehen u. a. durch den Flächenbedarf für die Bereitstellung erneuerbarer Energieträger und der dazugehörigen Infrastrukturen. Derzeit werden auf über 2,1 Mio. ha

Ackerflächen Energiepflanzen angebaut [13], auf 200.000 ha werden Windparks und auf 2.500 ha Freiflächensolaranlagen [14] betrieben. Dabei unterscheiden sich die möglichen Energieerträge und die Qualitäten der genutzten Flächen erheblich (siehe Langfassung Kapitel 3).

JAHR	KLIMA	ERNEUERBARE ENERGIEN	
	Treibhausgase im Vergleich zu 1990	Anteil Strom	Anteil gesamt
2020	-40 %	35 %	18 %
2030	-55 %	50 %	30 %
2040	-70 %	65 %	45 %
2050	-80 bis -95 %	80 %	60 %

TABELLE 1 ▶ Klima- und energiepolitische Ziele in Deutschland bis 2050 [11].

Negative Wirkungen auf die biologische Vielfalt können sich direkt durch die Umwidmung von Flächen ergeben, z. B. durch die Umwandlung von Grünland zu Anbauflächen für Energiepflanzen, aber auch indirekt durch eine Intensivierung der Nutzung als Folge einer höheren Nachfrage nach Produkten und Produktionsflächen (siehe Kapitel 4.1). Weitere Konflikte mit Ökosystemleistungen können durch einen erhöhten Einsatz von Düngemitteln in der Landwirtschaft (Gewässerbelastung, Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen), Bodenversiegelung und Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes entstehen.

Entscheidend für die möglichen Nebenwirkungen der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien sind der konkrete Standort sowie die ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Bedingungen in der Umgebung. Wie Bioenergiedörfer und Energiegenossenschaften zeigen, besteht in ländlichen Regionen durchaus Potenzial für eine naturverträgliche Entwicklung [15]. Es gibt aber auch Konflikte mit Anwohnern und dem Naturschutz. Die derzeit zum Teil pauschale Förderung regenerativer Energien wird den besonderen Standortbedingungen oft nicht gerecht und sollte deshalb durch die Entwicklung regionaler Konzepte unter Mitwirkung der Bevölkerung und Beachtung naturschutzfachlicher Ziele unterstützt werden. Hierbei sollten auch die Chancen für ökosystembasierte Klimaschutzmaßnahmen genutzt werden, etwa indem vermehrt auf die Nutzung von Grünschnitt und Landschaftspflegematerialien zurückgegriffen wird.

4

KLIMAPOLITIK DURCH INVESTITIONEN IN DAS NATURKAPITAL

4.1 LANDWIRTSCHAFT: EMISSIONEN REDUZIEREN, GRÜNLANDUMBRUCH VERMEIDEN UND BIOENERGIE UMWELTFREUNDLICH NUTZEN

Ausgangslage

Als wichtigster Flächennutzer – mehr als 50 % der Gesamtfläche Deutschlands werden landwirtschaftlich genutzt – hat die **Landwirtschaft** einen hohen Einfluss auf die Landnutzung und davon abhängige klimarelevante Funktionen. Die Landwirtschaft trägt durch die mit ihr verbundenen Treibhausgas(THG)-Emissionen zum Klimawandel bei; gleichzeitig ist sie ein besonders von den Folgen des Klimawandels betroffener Sektor. Mit zusammen knapp 105 Mio. t CO₂-Äq entsprechen ihre Emissionen einem Anteil in einer Größenordnung von 7,7 % (bzw. 11 % unter Einbezug der landwirtschaftlich genutzten Böden) an den gesamten THG-Emissionen in Deutschland (Methan- und Lachgasemissionen sowie CO₂ aus landwirtschaftlicher Landnutzung/-nutzungsänderung). Darüber hinaus verursacht die Landwirtschaft weitere, vor allem indirekte Emissionen, die im Rahmen der Produktion von Vorleistungen wie Mineraldünger oder Importfuttermittel entstehen. Auch wenn die gegenwärtige Praxis der Landwirtschaft in Deutschland Potenziale für die Minderung der THG-Emissionen aufweist, sind eine landwirtschaftliche Produktion und damit die Bereitstellung volkswirtschaftlich relevanter Leistungen (u. a. Nahrungsmittelproduktion, Landschaftsbild) immer mit einem unvermeidbaren Anteil an Emissionen verbunden.

In der deutschen **Klimaschutzpolitik** spielt die Landwirtschaft bisher keine prominente Rolle. Eine mit quantitativen Zielen verbundene THG-Minderungsstrategie für den Agrarsektor liegt bisher nicht vor. Im Gegensatz dazu sind die Strategien zur Förderung der Bioenergie wesentlich weiter entwickelt. Diese zielen auf THG-Minderungen im Energiesektor ab, können jedoch erhöhte produktionsbedingte Emissionen im Bereich Landwirtschaft und Landnutzung zur Folge haben. Mittelfristig ist damit zu rechnen, dass von der Politik verstärkte Klimaschutzanstrengungen auch innerhalb des Agrarsektors erwartet werden.

In Hinblick auf den **Flächennutzungswandel** findet die Ausdehnung der Siedlungs- und Verkehrsflächen in Deutschland vor allem auf Kosten der Landwirtschaftsfläche statt. Die Landwirtschaftsfläche ist zwischen 2000 und 2010 jährlich um über 35.000 ha zurückgegangen. Dabei wird der Verlust an Ackerflächen aufgrund neuer Siedlungs- und Verkehrsflächen seit Mitte der 1990er Jahre durch die Umwandlung von Grünland in Ackerfläche kompensiert (siehe Langfassung Kapitel 4).

Problematik

Die Verluste an Landwirtschaftsfläche stellen sich im Saldo somit als **Rückgang der Grünlandflächen** dar [16]. In Hinblick auf Klimaschutzziele ist diese Entwicklung kritisch zu sehen. Ein Teil des unter Grünland größeren Kohlenstoffspeichers im Boden wird bei der Umwandlung in Acker abgebaut und als CO₂ emittiert. Der Verlust der für die Nahrungsmittelproduktion zur Verfügung stehenden Flächen durch die Ausweitung der Siedlungs- und Verkehrsflächen kann weitere Landnutzungsänderungen und eine Intensivierung der Produktion auf den verbleibenden Ackerflächen mit negativen Wirkungen auf Klima- und andere -> **ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN** auf anderen Flächen nach sich ziehen.

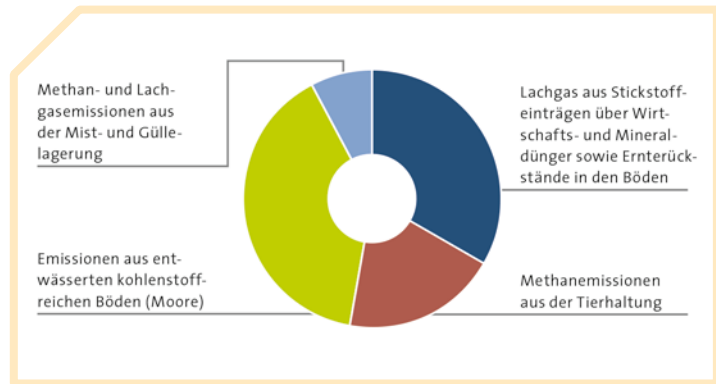
Die **Emissionen in der Landwirtschaft** betragen im Jahr 2010 insgesamt rund 105 Mio. t CO₂-Äq (ca. 11% der deutschen Bruttoemissionen). Vier Faktoren sind für die genannten Emissionen von besonderer Bedeutung [17]:

- ▶ Lachgas aus Stickstoffeinträgen über Wirtschafts- und Mineraldünger sowie Ernterückstände in den Böden (34,6 Mio. t CO₂-Äq),
- ▶ verdauungsbedingte Methanemissionen aus der Tierhaltung (20,3 Mio. t CO₂-Äq),
- ▶ Methan- und Lachgasemissionen aus der Mist- und Güllelagerung (7,8 Mio. t CO₂-Äq) sowie

- Emissionen aus entwässerten kohlenstoffreichen Böden (Moorböden, siehe Kapitel 4.2). Letztere verursachten im Jahr 2010 Emissionen von insgesamt 41 Mio. t CO₂-Äq (vor allem Kohlendioxid, daneben Lachgas), was 4,3 % der gesamten deutschen THG-Emissionen entspricht.

Die Acker- und Grünlandnutzung von Mooreböden stellt somit eine besonders bedeutende Emissionsquelle dar (siehe Abbildung 10). Weitere THG-Emissionen stammen aus der Kalkung landwirtschaftlicher Böden und der Umwandlung von Grünland in Ackerland.

ABBILDUNG 10 ► THG-Emissionen des deutschen Agrarsektors auf Basis der Emissionsberichterstattung in Mio. t CO₂-Äq für 2010 [17].



Durch die **energetische Nutzung landwirtschaftlich erzeugter Biomasse** werden andere Energieträger ersetzt. Die dadurch erzielten THG-Einsparungen werden nicht dem Agrarsektor zugerechnet, sondern indirekt im Energiesektor sichtbar. Die CO₂-Freisetzung aus der Verbrennung von landwirtschaftlich erzeugter Biomasse ist nicht Teil der nationalen THG-Berichterstattung, da sie aus zuvor biologisch gebundenem Kohlenstoff stammt.

Die Förderung einjähriger, intensiv geführter Kulturen (z.B. Mais, Raps) zum Anbau von Energiepflanzen hat verschiedene Nachteile. Zum einen werden zusätzliche negative Umweltwirkungen durch eine Ausweitung oder Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion erwartet, z. B. durch Nährstoffbelastungen, Verengung der Fruchtfolgen und verstärkten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln. Zum anderen stehen die so erzeugten Biomasseträger im Vergleich zu Holzbiomasse oder mehrjährigen Energiepflanzenkulturen aus Klimaschutzsicht wesentlich ungünstiger da, weil zusätzliche Emissionen aus Vorleistungen und Düngung negativ zu Buche schlagen. Weiterhin ergeben sich CO₂-Vermeidungskosten durch Biotreibstoffe und Biogas auf Maisbasis, die weit über 100 Euro pro t CO₂-Äq liegen [18].

Tierhaltungsbedingte Emissionen machen einen großen Teil der landwirtschaftlichen THG-Emissionen in Deutschland aus [19]. Direkte



Emissionen der Tierproduktion werden im Wesentlichen durch die Verdauung von Wiederkäuern (Methanemissionen), Stickstoffausscheidungen bei der Tierhaltung (Lachgasemissionen) und die Lagerung von Wirtschaftsdünger (Methan- und Lachgasemissionen) verursacht. Ein großer Teil dieser Emissionen steht in direktem Zusammenhang mit der Grünlandnutzung, die in Deutschland vorwiegend durch Wiederkäuerhaltung (Rinder, Schafe, Ziegen etc.) erfolgt. Aufgrund physiologischer Grenzen sind die Potenziale einer klimaoptimierten Fütterung in der Wiederkäuerhaltung begrenzt. Die Emissionen aus der Lagerung von Mist und Gülle können dagegen durch die Vergärung in Biogasanlagen und anschließende gasdichte Lagerung vermieden werden. Ob die Effekte einer Weidehaltung von Wiederkäuern anstelle einer ganzjährigen Stallhaltung aus Sicht des Klimaschutzes günstiger ausfallen, ist wissenschaftlich nicht abschließend geklärt [19; 22].

ABBILDUNG 11 ▶ Mais: Energiepflanze für Biogas und E10.
(Foto: hjschneider, Fotolia.com)

Handlungsoptionen

Anknüpfungspunkte für die Minderung von Treibhausgasen in der Landwirtschaft (neben der Wiedervernässung genutzter Moore, siehe Kapitel 4.2) ergeben sich vor allem aus der Grünlanderhaltung, aber auch aus einer effizienteren landwirtschaftlichen Produktion und der klima- und naturschutzbezogenen Optimierung der Gewinnung von Biomasse.

Erhaltung von Grünland: Die Erhaltung des überwiegenden Teils des in Mitteleuropa verbreiteten Grünlands ist von der menschlichen Nutzung, vor allem für die Tierhaltung, abhängig. Schwerpunkte der Grünlandnutzung finden sich in den Marschlandschaften der Küsten, den Flussniederungen, auf ehemaligen Moorstandorten sowie auf für den Ackerbau nicht geeigneten Lagen der Mittelgebirge und der Alpen. Vor dem Hintergrund der vielfältigen Ökosystemleistungen,



ABBILDUNG 12 ▶ Acker und Grünlandfläche. (Foto: Gerd Ostermann, NABU)

die insbesondere von extensiv genutztem Grünland bereitgestellt werden [20], ist die Erhaltung von Grünland zu einer wichtigen Aufgabe des Natur- und Gewässerschutzes der EU-Agrarpolitik und regionaler Vertragsnaturschutzmaßnahmen geworden. Aus Klimasicht ist die Grünlanderhaltung von großer Bedeutung, weil hierdurch eine weitere Freisetzung von CO_2 bei einem veränderten Nutzungsregime, wie z. B. bei einer ackerbaulichen Nutzung (siehe Abbildung 12), verhindert wird. Reutter und Matzdorf [21] zeigen in einer Studie, dass eine ackerbauliche Nutzung von besonders artenreichem Grünland, in der EU als High Nature Value (HNV) Farmland bezeichnet, in Deutschland zu einer Freisetzung von $88\text{--}187\text{ t CO}_2/\text{ha}$ führen würde. Eine Umwandlung von 5% der bestehenden HNV-Bestände (52.532 ha) würde zu Klimaschäden im Umfang von 435,8 Mio. Euro jährlich führen [20].

Extensivierung oder »nachhaltige Intensivierung«? Eine Extensivierung der Produktion verringert ganz ohne Zweifel die flächenbezogenen Treibhausgasemissionen. Ob es dabei aber auch bezüglich der produktbezogenen Belastungen zu Verbesserungen kommt, ist in der Wissenschaft umstritten [22]. Eine Extensivierung der landwirtschaftlichen Produktion, wie sie z. B. im Ökolandbau praktiziert wird, führt zu einem geringeren Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Mineraldüngern sowie einem geringeren Tierbesatz pro Fläche im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft. Dies ist aus der Sicht des Natur- und Umweltschutzes wünschenswert, führt aber auch zum Rückgang der landwirtschaftlichen Produktionsmenge bzw. zu einem höheren Flächenbedarf im Vergleich zu konventionell wirtschaftenden Betrieben [19]. Weitere positive Klimawirkungen des Ökolandbaus ergeben sich v. a. durch einen verminderten Energieeinsatz und durch eine Akkumulation von Kohlenstoff im Boden [23]. Die Ökolandbaubetriebe in Deutschland erreichen im Vergleich zu konventionell wirtschaftenden Betrieben im Durchschnitt ca. 50% geringere Getreiderträge, jedoch oft höhere Gewinne pro Arbeitskraft [24] – ohne Berücksichtigung externer Kosten, aber einschließlich der Agrarumweltprämien für den ökologischen Landbau. Im ökologischen Landbau darf kein Stickstoff-Mineraldünger eingesetzt werden. Zur Deckung des Stickstoffbedarfs ist der Anbau Stickstoff fixierender Leguminosen auf dem Ackerland notwendig, z. B. von Klee gras. Dies erhöht zusätzlich zu den niedrigeren Erträgen den Flächenbedarf des ökologischen Landbaus. Der ökologische Landbau weist viele andere, positive Umweltwirkungen auf, z. B. in Hinblick auf Ziele des Natur- und Wasserschutzes. Daher ist die Förderung dieses Landbausystems gerade in Schutzgebieten und in umweltsensiblen Bereichen sinnvoll.

Da landwirtschaftliche Flächen weltweit nicht unbegrenzt zur Verfügung stehen, ergeben sich auch aus Sicht des Klimaschutzes -> **OPPORTUNITÄTSKOSTEN** der Flächennutzung. Beispielsweise könnte

bei hoher Ertragsleistung theoretisch auf der dann nicht benötigten Fläche eine Nutzung mit hoher Klima- und Naturschutzleistung etabliert werden. In jedem Fall verringert sich jedoch der Nutzungsdruck auf die Fläche. In Hinblick auf die Klimabilanz des Agrarsektors und die Nettowirkungen unter Berücksichtigung wahrscheinlicher globaler Verlagerungseffekte kann eine Extensivierung der landwirtschaftlichen Produktion daher nicht pauschal als geeignete Klimaschutzmaßnahme bewertet werden.

In Deutschland entfallen aktuell etwa 6% der landwirtschaftlichen Fläche auf den ökologischen Landbau. Der konventionellen Landwirtschaft kommt daher eine wichtige Rolle für die Reduktion von Treibhausgasen im Agrarbereich zu. Ein wichtiger Anknüpfungspunkt ist die Verbesserung der Ausnutzung von Stickstoffdüngern zur Reduktion von Stickstoffüberschüssen [19]. Wegen des erheblichen Beitrags von Stickstoff zum Ausstoß von Treibhausgasen – rund 34,6 Mio. t CO₂-Äq – ist dieser Aspekt sehr bedeutend. Die Lachgasemissionen durch Stickstoffumsätze im Boden als Teil der pflanzlichen Produktion können jedoch nur teilweise reduziert und nie vollständig vermieden werden. Eine Stickstoffreduzierung über die Minderung von Überschüssen hinaus könnte zu Verlagerungseffekten führen, etwa zu Intensivierung der Produktion an anderer Stelle oder zu indirekten Landnutzungsänderungen.

Klima- und naturschutzbezogene Optimierung der Gewinnung von Biomasse: Auch die klima- und naturschutzbezogene Optimierung der Gewinnung von Biomasse zur Energieerzeugung kann wirkungsvoll zum Klimaschutz beitragen. Das setzt voraus, dass die THG-Bilanz des Biomasseanbaus auch bei einer erweiterten Definition der Systemgrenzen besser ausfällt als die der zu ersetzenden fossilen Energieträger. Durch eine Kombination von Nahrungsmittel- und Bioenergieproduktion lassen sich signifikante Bioenergiepotenziale erschließen [23]. Auch sollten die Auswirkungen der durch den Biomasseanbau resultierenden Landnutzungsänderungen auf -> **BIODIVERSITÄT** und Ökosystemleistungen (z. B. Bodenfruchtbarkeit, Kohlenstoffspeicherung des Bodens) mit in die Bilanzierung des Biomasseanbaus einbezogen werden.

Weiterhin kann die Produktion von Energie-Biomasse durch Verwendung anderer Anbauprodukte umweltfreundlicher gestaltet und mit Klimaschutzzielen und der Erhaltung anderer Ökosystemleistungen verbunden werden. Dies kann z. B. durch Paludikulturen (Bewirtschaftung nasser Moorböden, vgl. Kapitel 4.2), den Anbau von Wildpflanzenmischungen, durch die Vergärung von Landschaftspflegematerial und Grünlandaufwuchs (Infobox 5) oder durch eine naturgerechte Gestaltung von Kurzumtriebsplantagen geschehen (Infobox 6).

INFOBOX 5

Energieproduktion mit Material aus Naturschutz und Landschaftspflege (Wiesen)

Artenreiche, zweimal im Jahr gemähte Wiesen waren früher eine weit verbreitete Futtergrundlage für die Viehwirtschaft. Artenreiche Wiesen und Weiden sind Grundlage für einen sehr großen Teil der biologischen Vielfalt in Deutschland und gehören zum sogenannten HNV (High-Nature-Value)-Grünland. Die heutigen Hochleistungsrinder sind inzwischen jedoch so stark an besonders energiereiches Futter angepasst, dass der Aufwuchs zweischüriger Wiesen für sie nur noch in der Aufwuchsphase bedingt geeignet ist. Ihre volle Ertragsleistung erreichen sie erst mit energiereicherem Schnittgut von mehrschürigen Wiesen, die aber tendenziell artenarm sind, oder mit Kraftfutter, das häufig importiert wird.



ABBILDUNG 13 ▶ Beschickung einer Biogas-Trockenfermentationsanlage mit Landschaftspflegematerial. (Foto: Wulf Carius, BUND)

Zweischürige Wiesen mit ihrer Artenvielfalt gehen deshalb immer mehr zurück und gehören zu den gefährdeten Biotopen. Landwirte werden heute im Rahmen von Agrarumweltprogrammen speziell honoriert, wenn sie entsprechende Flächen durch angepasste Bewirtschaftung erhalten. Ein zunehmendes Problem ist dabei die Verwendung des Schnittgutes, das von der Wiese entfernt werden muss, damit ihr Artenreichtum erhalten bleibt.

Eine Lösung für dieses Problem ist die Verwendung des Aufwuchses artenreicher, zweischüriger Wiesen in Biogasanlagen. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz sieht für die Verwendung von entsprechendem »Landschaftspflegematerial« einen Bonus vor. Auch wenn Landschaftspflegematerial kein besonders geeignetes und wirtschaftlich wettbewerbsfähiges Biogas-Gärsubstrat ist, zeigen erste Erfahrungen, dass man mit der Verwendung von Schnittgut artenreicher Wiesen in Biogasanlagen Pflegekosten senken und zum Teil sogar ohne zusätzliche Prämien wirtschaftlich arbeiten kann (www.mulle.lpv.de). Eine solche naturschutzorientierte Gewinnung von Bioenergie steht darüber hinaus nicht mit der Nahrungsmittelproduktion in Konflikt. Der Deutsche Verband für Landschaftspflege (DLV) schätzt das Flächenpotenzial für diese Art der Energieerzeugung auf 900.000 ha [25]; derzeit wird nur ein minimaler Teil davon genutzt.

INFOBOX 6

Kurzumtriebsplantagen (KUP) im Streifenanbau

Kurzumtriebsplantagen sind Gehölzbestände aus schnell wachsenden Baumarten wie Pappeln und Weiden, die auf landwirtschaftlich genutzten Flächen mit Anbauzeiten (Zeit zwischen der Begründung neuer Bestände bis zu ihrer Ernte) von drei oder mehr Jahren angelegt werden. Der Aufwuchs kann nach Ernte und Trocknung als Festbrennstoff in Form von Hackschnitzeln genutzt werden. Positive Wirkungen für den Klimaschutz ergeben sich durch eine von Standortbedingungen und Bewirtschaftung abhängige Erhöhung des Kohlenstoffgehalts der Böden und durch die Substitution fossiler Brennstoffe bei gleichzeitig geringem Energieinput im Rahmen der relativ extensiven Bewirtschaftung. Da es bei der Anlage von KUP ggf. auch zu negativen Auswirkungen auf die biologische Vielfalt, das Landschaftsbild und den -> **NATURHAUSHALT** kommen kann, sind Anbauformen zu wählen, die möglichst viele positive Synergiewirkungen haben.

Eine dieser Anbauformen ist die Anlage von KUP im sogenannten Streifenanbau auf ackerbaulich genutzten Flächen. Dabei werden Gehölzstreifen aus schnellwachsenden Baumarten in Reihen mit einem bestimmten Abstand gepflanzt, dazwischen werden einjährige Kulturpflanzen angebaut [26]. Das System hat im Vergleich zum reinen Ackerbau verschiedene Vorteile, z. B. die Erosionsvermeidung. Winderosion kann zu großen Bodenverlusten führen. Für Mecklenburg-Vorpommern werden z. B. maximale Erosionswerte von fast 3% der Ackerkrume pro Jahr angegeben. Es ergeben sich aus diesen irreversiblen Bodenverlusten wirtschaftliche Einbußen von 4–6 Euro/t Boden [27]. Umgerechnet auf die Fläche kann dies eine Einbuße von über 700 Euro/ha pro Jahr bedeuten. Daneben treten direkte Schäden bei den landwirtschaftlichen Kulturen auf, wie Verletzung, Entwurzelung und Vernichtung von Kulturpflanzen. Die Folgen für die betroffenen Landwirte sind u. a. erhöhte Kosten durch die erneute Bestellung der Felder. Durch die Anlage von »Streifen-KUP«, die den Wind brechen, lassen sich diese Kosten vermeiden bzw. minimieren. Weitere Vorteile sind in ausgereäumten und agrarisch geprägten Landschaften eine mögliche Verbesserung des Erholungswertes, da durch Gehölze strukturierte Landschaften in der Regel als vielfältiger, interessanter und damit schöner empfunden werden. Kurzumtriebsplantagen sollten jedoch generell nicht auf Grünland angelegt werden, da sie zu einer nachhaltig negativen Veränderung bis hin zur Zerstörung der Lebensraumfunktionen dieser Ökosysteme für bestimmte Arten führen können.



ABBILDUNG 14 ▶ Versuchsanbau Japan-Pappel in Kurzumtriebsplantage. (Foto: Helge May, NABU)

4.2 MOORE UND KOHLENSTOFFREICHE BÖDEN: WIEDERVERNÄSSUNG ALS KLIMASCHUTZ- INVESTITION

Ausgangslage

Moorböden und andere kohlenstoffreiche Böden sind von herausragender Bedeutung für den Klimaschutz, den Wasserhaushalt und die Biodiversität. Unter ungestörten Bedingungen können Moore als einzige Ökosysteme kontinuierlich und dauerhaft Kohlenstoff aufnehmen und langfristig speichern, da wassergesättigte Böden den Abbau von abgestorbenen Pflanzenteilen behindern, so dass organisches Material angereichert werden kann. Moorböden stellen mit 1.200–2.400 Mio. t Kohlenstoff (ca. 4.300–8.600 t CO₂-Äq) den größten terrestrischen Kohlenstoffspeicher Deutschlands dar. Die Erhaltung dieses Kohlenstoffspeichers ist ein effektiver und nachhaltiger Beitrag zum Klimaschutz.

Kohlenstoffreiche Böden umfassen alle Moorböden neben einigen weiteren Bodentypen, unabhängig von der derzeitigen Landnutzung. In Deutschland beträgt ihre Fläche – je nach Abgrenzung – zwischen 1,4–1,8 Mio. ha. Dies entspricht ca. 4 bzw. 5 % der Fläche Deutschlands. Der Anteil an der landwirtschaftlich genutzten Fläche beträgt 8 %.

Problematik

Im entwässerten Zustand werden Moorböden zu signifikanten Quellen von klimawirksamen Treibhausgasen. Die Absenkung der Wasserstände für Land- und Forstwirtschaft führt zu einer Belüftung der Böden, die eine Oxidierung und kontinuierliche Freisetzung des über Jahrhunderte bzw. Jahrtausende festgelegten Kohlenstoffs in Form von Kohlendioxid zur Folge hat. Heute sind mehr als 95 % aller ehemaligen Moorböden Deutschlands für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung und in geringem Maße für den Torfabbau entwässert.

ABBILDUNG 15 ▶ Moor »Beestland«
im Peenetal. (Foto: Dominik Zak,
Institut für Gewässerökologie und
Binnenfischerei)



Die naturfernen, entwässerten Moorböden sind daher von höchster Klimarelevanz. Zum einen tragen sie kontinuierlich mit einer Freisetzung von ca. 41 Mio. t CO₂-Äq pro Jahr zu ca. 39% der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft bei, was ca. 4,3% der jährlichen deutschen Brutto-Gesamtemissionen entspricht [17]. Deutschland hat damit im europäischen Vergleich die höchsten Gesamtemissionen aus der landwirtschaftlichen Nutzung von Moorböden [28]. Zum anderen gibt es relativ kostengünstige Maßnahmen zur Wiedervernäsung dieser Böden mit einem hohen langfristigen Einsparpotenzial von ca. 35 Mio. t CO₂-Äq pro Jahr [29].

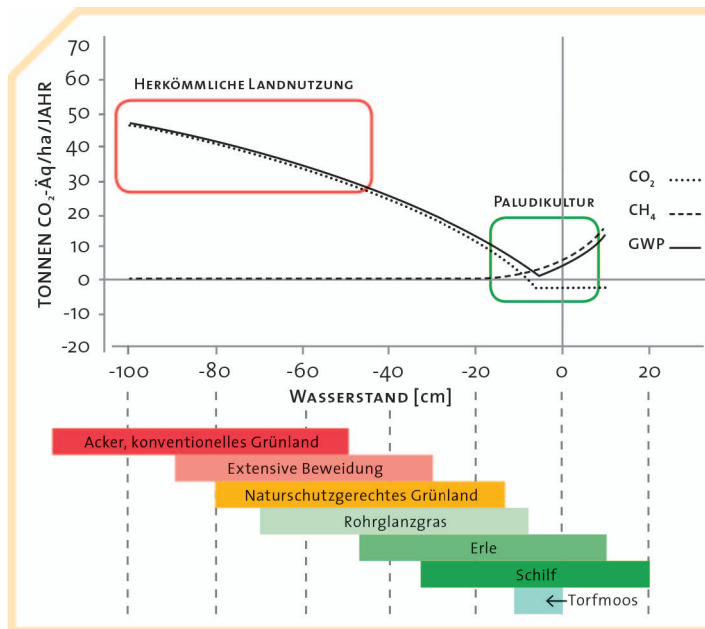


ABBILDUNG 16 ▶ Schematische Darstellung von Treibhausgasemissionen (ohne N₂O) und ausgewählten, landwirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeiten auf Moorböden in Abhängigkeit vom mittleren Wasserstand. Eine Anhebung des Wasserstandes knapp unter Flur ermöglicht eine starke Reduktion von THG-Emissionen, erfordert jedoch die Verwendung neuer landwirtschaftlicher Nutzpflanzen (Paludikulturen, wie Schilf und Erlenbestände auf nassen Flächen; siehe auch Infobox 8); GWP = Globales Erwärmungspotenzial oder Summe CO₂-Äq; Gepunktete Kurve: CO₂-Emissionen, Gestrichelte Kurve: Methanemissionen (CH₄) in CO₂-Äq pro ha und Jahr, Kurve mit durchgängigem Strich: Summe aus CO₂- und CH₄-Emissionen in CO₂-Äq pro ha und Jahr. (Quelle: Sabine Wichmann, eigene Darstellung verändert nach [30, 31], Nutzungsmöglichkeiten nach [32])

Der Wasserstand ist der wesentliche Einflussfaktor für Treibhausgasemissionen (Abbildung 16). Wichtig sind hierbei folgende Zusammenhänge: Die CO₂- und Lachgas(N₂O)-Emissionen steigen, je tiefer der Wasserstand sinkt, abhängig vom Nutzungs- und Vegetationstyp sowie von der Düngung. Die geringste Klimabelastung wird bei einem Wasserstand bis 10 cm unter Flur erreicht. Bei einem langfristigen Überstau von 10 cm über Flur im Sommer steigt die Klimawirkung durch Ausstoß von Methan (CH₄). Diese Abhängigkeit der Gasflüsse von Wasserstand und Vegetation wird genutzt, um Treibhausgasemissionen zu berechnen und zu einer Abschätzung der ökologischen Serviceleistung zur Klimaentlastung durch Wasserstandsanhhebung zu gelangen: Wenn diese THG-Quantifizierung möglich ist, können ökonomische Instrumente, wie z. B. Kohlenstoff-Zertifikate in Form von MoorFutures (siehe Infobox 9) zur Anwendung kommen. Grundsätzlich werden die möglichen Einsparungen bei Anwendung solcher Methoden sehr konservativ geschätzt.

Verschiedene Landnutzungsoptionen auf Moorböden führen zu unterschiedlichen Synergien und Konflikten zwischen Ökosystemleistungen. Konventionelle Landwirtschaft auf Moorstandorten ist nicht standortgerecht. Insbesondere der Anbau von Mais zur Biogasgewinnung auf Moorböden führt durch die Aufrechterhaltung des entwässerten Zustandes zu höheren Treibhausgasemissionen als die Nutzung fossiler Energieträger (siehe Infobox 7).

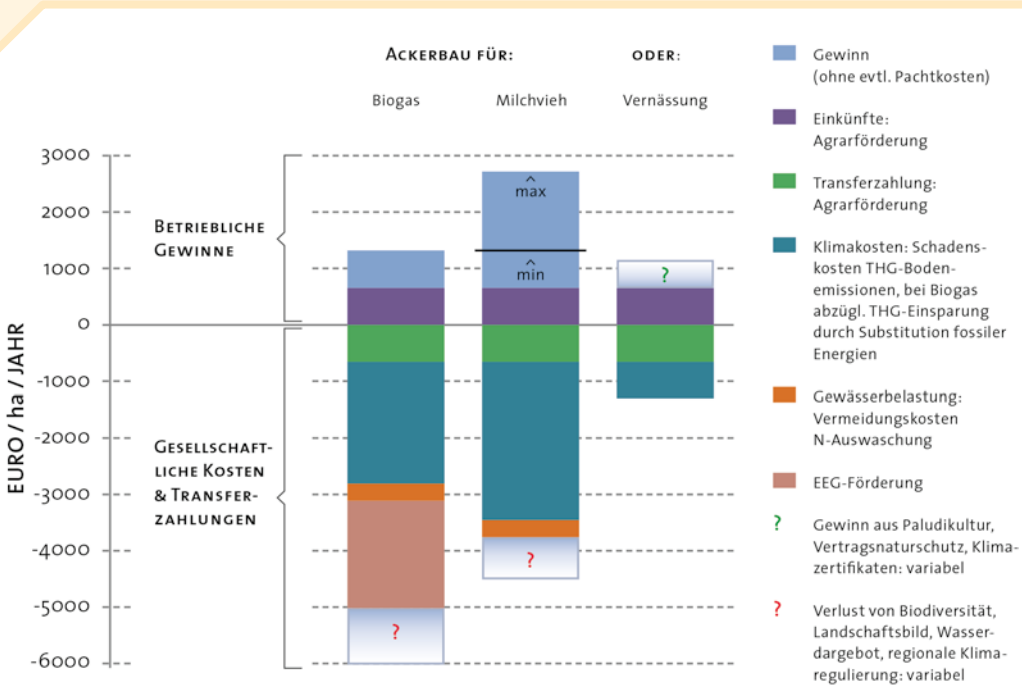
INFOBOX 7

Kosten und Nutzen von Ackerbau auf Moorböden

Beitrag von Augustin Berghöfer und Norbert Röder

ABBILDUNG 17 ▶ Privater Nutzen, gesellschaftliche Kosten und Transferzahlungen für Landnutzung auf entwässerten Niedermoorstandorten in Niedersachsen. Schätzwerte in Euro pro ha und Jahr für Biogas-Strom aus Energiepflanzenanbau, Futtermaisproduktion

Verschiedene Kosten und Nutzen der Landnutzung werden deutlich, wenn man Ökosystemleistungen in den Blick nimmt. Abbildung 17 stellt am Beispiel nordwestdeutscher Niedermoorstandorte die betrieblichen Gewinne den gesellschaftlichen Kosten gegenüber. Hierzu werden drei Varianten miteinander verglichen: Einerseits ein entwässerter Standort genutzt für den Energiepflanzenanbau für Biogas bzw. für die Futtermaisproduktion (Milchviehhaltung) sowie andererseits ein wiedervernässter Standort.



Quelle: Berghöfer, Röder et al, eigene Auswertung

Strom aus Energiepflanzen stiftet betriebliches Einkommen, der allerdings mit etwa viermal so hohen gesellschaftlichen Kosten und Transferzahlungen einhergeht. Die Gewinnung von Strom aus Energiepflanzen von Moorstandorten ist eindeutig klimaschädlich, da die für den Energiepflanzenanbau notwendige Entwässerung der Moorböden deutlich mehr Emissionen verursacht als durch die Substitution von fossilen Energieträgern eingespart wird. Hier wirken staatliche Anreize kontraproduktiv. Am Beispiel der Milchviehhaltung wird deutlich, dass der Ackerbau auf Moorböden auch ohne EEG-Förderung aufgrund der zurzeit hohen Weltmarktpreise für Milch und der hohen Produktivität großen privaten Nutzen stiftet.

Eine intensive landwirtschaftliche Nutzung von Moorböden ist aber mit hohen gesellschaftlichen Kosten verbunden. Hauptproblem ist dabei die entwässerungsbedingte Emission von Treibhausgasen aus dem Boden. Dies gilt auch für die auf Moorböden verbreitete intensive Grünlandnutzung.

Daraus folgt: Aus privatwirtschaftlicher Sicht ist die Wiedervernässung und ggfs. die standortangepasste Bewirtschaftung mittels Paludikultur (Infobox 8) gegenüber einer ackerbaulichen Nutzung unter den aktuellen Rahmenbedingungen nicht attraktiv. Aus gesellschaftlicher Sicht erscheint sie jedoch als die mit Abstand beste Nutzung von Mooren, weil sie Klima und Gewässer weniger belastet und auch weitere Ökosystemleistungen vielfach nicht vermindert, sondern steigert. Nur wenn Ordnungsrecht und Förderpolitik die standorttypischen Ökosystemleistungen bzw. deren Beeinträchtigungen berücksichtigen sowie besser aufeinander abgestimmt werden, kann die Nutzung von Moorböden den gesellschaftlichen Anforderungen entsprechen.

für Milchviehhaltung und Wiedervernässung für Natur- /Klimaschutz und ggfs. Paludikultur. Für die einzelbetriebliche Sicht (privater Nutzen) wurde auf Wirtschaftlichkeitsrechnungen für Modellbetriebe zurückgegriffen. Agrarförderung erfolgt bei Vernässung nur soweit Beihilfefähigkeit fortbesteht. (Quelle: Augustin Berghöfer und Norbert Röder, eigene Auswertung, für Details und Quellennachweis siehe Kap. 5, Langfassung)

Handlungsoptionen

Zur Emissionsreduktion von Moorböden bestehen drei Handlungsfelder:

- ▶ **Schutz von intakten Mooren**, um den Kohlenstoffspeicher im Boden zu sichern und zukünftige Emissionen zu vermeiden;
- ▶ **Extensivierung und umweltverträgliche Nutzung**: Umstellung der Landbewirtschaftung auf Moorböden von Ackerbau und Intensivgrünland auf nasses »Pflegegrünland« oder Paludikulturen (Infobox 8) bei höheren Wasserständen mit Wasserstandsanhhebung durch Verminderung der effektiven Grabtiefe;
- ▶ -> **RENATURIERUNG** durch vollständige Wiedervernässung und potentiell flankierende Maßnahmen zum Vegetationsmanagement.

INFOBOX 8

Paludikultur – Alternative Bewirtschaftungsverfahren auf nassen und wiedervernässten Standorten

Beitrag von Sabine Wichmann

Auf nassen und wiedervernässten Standorten kann eine Nutzung als sogenannte Paludikultur umfangreiche Ökosystemleistungen der Moorböden sichern. -> **REGULIERUNGSLEISTUNGEN** wie die Filterung von Nährstoffen und die langfristige Kohlenstoffspeicherung im Torf ähneln denen natürlicher Moore. Gleichzeitig werden -> **VERSORGUNGSLEISTUNGEN** erbracht. Dazu werden in nasser Bewirtschaftung z. B. Torfmoose als hochwertiger Rohstoff für Kultursubstrate im Erwerbsgartenbau, Schilf und andere Röhrichtarten als Bau- und Energierohstoffe oder Erlen zur Wertholzgewinnung angebaut. Paludikulturen (www.paludikultur.de) eröffnen sinnvolle Nutzungsalternativen, die positive Effekte für den Klima- und Umweltschutz haben und sich bei einem Einsatz auf bereits degradierten Moorböden auch im Sinne des Naturschutzes positiv auswirken können. Kalkulationen einer energetischen Verwertung von Niedermoorbiomasse zeigen, dass eine Wiedervernässung von Moorböden aus ökologischer und ökonomischer Sicht sinnvoll ist [32].

ABBILDUNG 18 ▶ Paludikultur.

(Foto: Wendelin Wichtmann,
Vorpommern Initiative Paludikultur–
VIP)



Die langfristige Rückführung von entwässerten Moorböden in einen naturnahen Zustand durch Wiedervernässung, Renaturierung und ggf. naturverträgliche Nutzung leistet einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz. Landwirtschaftlich genutzte, entwässerte Moorböden weisen so hohe flächenbezogene Emissionen auf, dass die bei Produktionsaufgabe zu erwartenden Verlagerungseffekte (Intensivierung der Produktion andernorts, etc.) den Nettoeffekt für den Klimaschutz nicht in relevantem Umfang verringern. Durch Wiedervernässung können Synergien mit Natur-, Boden- und Gewässerschutz entstehen. So berechneten Wüstemann und Kollegen [33], dass durch ein aus den Zielen der Nationalen Biodiversitätsstrategie abgeleitetes Maßnahmenpro-

gramm auf über 300.000 ha Moorbodenfläche in Deutschland Klimaschäden im Umfang von 217 Mio. Euro jährlich (bei von den Autoren angenommenen Schadenskosten von 70 Euro pro Tonne CO₂) vermieden werden könnten. Neue Instrumente, wie etwa die MoorFutures, die zur Wiedervernässung von Mooren beitragen, sind daher sehr zu begrüßen (siehe Infobox 9).

INFOBOX 9

Innovative Finanzierung der Renaturierung von Moorböden: MoorFutures

Beitrag von Thorsten Permien

Für Mecklenburg-Vorpommern sind die entwässerten Moorböden mit aktuell 6,2 Mio. t CO₂-Äq jährlich die größte Emissionsquelle [34], größer als die Emissionen aus dem Verkehr. Ziel des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz (LUMV) ist es daher, in Abstimmung mit den Flächeneigentümern und -nutzern Moore wieder zu vernässen. Dabei stehen auch die Potenziale alternativer, moorschonender Landnutzungen im Blickpunkt, die bei höheren Wasserständen möglich sind. Während ein entwässertes, intensiv genutztes Moor jährlich im Schnitt etwa 18–40 t CO₂-Äq pro ha freisetzt [17], können diese Emissionen durch Wiedervernässung um 10–20 t vermindert werden [35].

Durch gezielte Moorschutzmaßnahmen auf knapp 30.000 ha konnten in den Jahren 2000 bis 2008 die Treibhausgasemissionen stark reduziert werden. Der gesellschaftliche Nutzen liegt vornehmlich in den vermiedenen Klimafolgeschäden, deren monetärer Wert etwa im zweistelligen Millionenbereich pro Jahr liegt, wie eine Studie der Universität Greifswald [35] zeigt.

Um Möglichkeiten der Emissionsverminderung auch für unternehmerisches Engagement zu eröffnen, werden seit 2011 unter der Marke »MoorFutures – Ihre Investition in Klimaschutz« neue Kohlenstoffzertifikate auf dem freiwilligen Kohlenstoffmarkt angeboten (www.moorfutures.de). Ein MoorFuture steht für die Einsparung von einer Tonne Kohlendioxidäquivalent. Der MoorFutures-Standard orientiert sich an dem Verified Carbon Standard (VCS). Viele rechtliche Grundlagen sind schon durch deutsches Recht geregelt, so dass der MoorFutures-Standard im Vergleich zu international anwendbaren Standards erheblich kostengünstiger und pragmatischer zu handhaben ist.



ABBILDUNG 19 ▶ Moorsteg.
(Foto: thomasp24, Fotolia.com)

4.3 WALD: KLIMASCHUTZ UND ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL

Ausgangslage

Wälder bedecken etwa ein Drittel der Landesfläche Deutschlands. Dabei stieg die Waldfläche in den letzten vier Jahrzehnten kontinuierlich um ca. 1 Mio. ha auf heute 11,1 Mio. ha an [17]. In der deutschen Forstwirtschaft gibt es Synergien zwischen Holzproduktion, Ökosystemleistungen und der Erhaltung der biologischen Vielfalt – je naturnäher gewirtschaftet wird, desto stärker sind zumeist diese Synergien ausgeprägt (konkrete waldbezogene Ziele stehen in der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt). Gerade beim Wald wird im Kontext der gesetzlich verankerten nachhaltigen Bewirtschaftung von allen Akteuren gefordert, auf die Multifunktionalität der Wälder zu achten.

Für den **Klimaschutz** sind Wälder auf globaler Ebene als Kohlenstoffspeicher von enormer Relevanz. Auch in Deutschland sind Klimaleistungen der Wälder bedeutsam. Über die gesamte Waldfläche Deutschlands (11,1 Mio. ha) stellen die Wälder eine Senke dar, deren Nettoleistung derzeit etwa 25 Mio. t CO₂-Äq pro Jahr beträgt (siehe Tabelle 2) – diese Menge an Kohlendioxid wird der Atmosphäre also jährlich durch das Wachstum der Bäume netto entzogen. Allerdings wird diese Senkenwirkung aufgrund der Altersklassenstruktur der Wälder in den nächsten Jahren sinken.

Der Wald spielt aber auch im Rahmen der **Anpassung an den Klimawandel** eine sehr wichtige Rolle. Wälder können z. B. durch die Rückhaltung von Niederschlägen einen Beitrag zum Hochwasserschutz leisten und haben besondere Bedeutung für den Lawinen- und Erosionsschutz. Zudem haben Wälder eine Kühlfunktion für das Mikroklima in Ballungsräumen. Eine klimabedingte Änderung der standörtlichen Bedingungen könnte demgegenüber die Produktivität und den allgemeinen Zustand von Wäldern gefährden und damit auch einige der von ihnen angebotenen Leistungen.

In der Waldstrategie 2020 der Bundesregierung [36] wird gefordert, Wald als CO₂-Senke zu erhalten, Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel sowie zur Erschließung des Senkenpotenzials von Wald und Holz zu ergreifen, welche die Klima- und Energieziele der Bundesregierung unterstützen, sowie die Verwendung von »Holz aus nachhaltiger Forstwirtschaft zur Substitution energieintensiver Materialien mit nachteiliger Öko- und CO₂-Bilanz« zu fördern. Diese Ziele stehen aber zum Teil in Widerspruch zueinander, so dass die Waldstrategie 2020 nur begrenzt für die Ableitung von Zielen und Instrumenten genutzt werden kann. Immerhin weist die Waldstrategie einige Synergien zur Nationalen Biodiversitätsstrategie auf.

Problematik

Die Wälder sind von der Fläche her geschützt, aber es gibt einen Bewirtschaftungsdruck in Hinsicht auf die gewachsene Nachfrage nach Holz als Energieträger. Impulse gehen vor allem von den Gesetzen im Integrierten Energie- und Klimaprogramm (IEKP) der Bundesregierung (sog. »Merseburger Beschlüsse«) aus, insbesondere dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sowie dem Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWG). Holz war bereits 2012 der bedeutendste erneuerbare Energieträger (38% der Gesamtbereitstellung erneuerbarer Energie sowie 75% der Wärmebereitstellung erfolgen durch Holz [10]). Heute werden bereits (einschließlich Altholz und Neben- und Restprodukte) mehr als 50% der Holzproduktion direkt oder am Ende ihrer jeweiligen Produktlebensdauer für energetische Nutzung bereitgestellt, und der Anteil gegenüber stofflicher Nutzung vergrößert sich, wobei der Bedarf für beide Nutzungen steigt [37, 38].

Diese Entwicklungen dürften durch den deutschen Biomasseaktionsplan [39] noch verstärkt werden. Dieser hat zum Ziel, den Anteil der Bioenergien am gesamten Endenergieverbrauch von 6,2% (2007) auf 10,9% im Jahr 2020 zu steigern. Dies soll u. a. durch die Mobilisierung von Holzreserven geschehen.

Marktentwicklungen und übergeordnete Politikansätze, die indirekt die Bewirtschaftung von Wäldern und damit ihre Ökosystemleistungen beeinflussen, sind für die Rolle der Wälder im Klimaschutz von großer Relevanz. Insbesondere die klimapolitisch motivierten Ziele für den Ausbau erneuerbarer Energien und die diesbezüglichen gesetzlichen Regelungen sorgen für eine wachsende Nachfrage nach Energieholz.



ABBILDUNG 20

(Foto: Inga Nielsen, Fotolia.com)

Die Nutzung von Bioenergie aus der Forstwirtschaft stößt in Deutschland jedoch an Potenzialgrenzen (siehe Waldstrategie 2020 [36]), so dass insgesamt offen bleibt, wie die Ziele erreicht werden sollen. Der Einfluss der Waldentwicklung und der Waldnutzung auf die Treibhausgasbilanz lässt sich prinzipiell durch die folgenden drei Aspekte beschreiben:



ABBILDUNG 21 ▶ Speicherung von Kohlenstoff beim Hausbau (Holztafelbau). (Foto: BG, Fotolia.com)

▶ **Kohlenstoffspeicherung im Wald selbst («Waldspeicherung»):** Dies ist die unmittelbar im Wald und seinen Komponenten gespeicherte Menge an CO_2 (Bäume, Begleitvegetation, Totholz, Streu und Boden; siehe Tabelle 2) als Bestandsgröße. Diese Größe wird durch den jährlichen Zuwachs der einzelnen Komponenten erhöht und durch Entnahme und natürliche Zerfallsprozesse verringert. Die forstwirtschaftlichen Nutzungsstrategien, wie z. B. die Wahl der geplanten Produktionszeiten, der Zielstärke oder der Baumarten beeinflussen diese Veränderungen, deren Nettoeffekte sich durch entsprechende Modellierung bedingt abschätzen lassen.

▶ **Kohlenstoffspeicherung in Holzprodukten («Holzproduktspeicherung»):** Der Kohlenstoff wird in stofflich genutzten Holzprodukten gespeichert, so lange diese nicht zersetzt oder der energetischen Nutzung zugeführt werden. In der internationalen Klimaberichterstattung unter dem Kyoto-Protokoll werden in der 2. Verpflichtungsperiode allerdings nur solche Holzprodukte berücksichtigt, die aus heimischer Produktion stammen, da eine nachhaltige Erzeugung bei importierten Produkten nicht sichergestellt werden kann; die Emissionsbilanz von importiertem Holz bleibt somit außerhalb der Berechnung.

▶ **Substitutionswirkungen:** Bei der Verwendung von Holz als Material entstehen in vielen Fällen positive Substitutionseffekte, da weniger Treibhausgase emittiert werden als bei der Herstellung bzw. Verwendung funktionsgleicher Produkte aus alternativen Materialien (z. B. Aluminium, Stahl, Beton bzw. Erdöl, Erdgas). Der Substitutionseffekt kann insbesondere durch eine Kaskadennutzung erhöht werden. Bei rein energetischer Nutzung (z. B. Wärme) ist der Substitutionseffekt demgegenüber deutlich geringer und hängt davon ab, welche Energieträger tatsächlich substituiert werden.

TABELLE 2 ▶ Treibhausgasbilanz des deutschen Waldes 2010 (ohne Holzproduktspeicher und Substitutionseffekte). Lebende Biomasse und Totholz tragen erheblich zu einer Senkenleistung des Waldes in Deutschland bei. Hingegen führen Entwässerungen und Verluste aus mineralischen Böden zum Ausstoß von Treibhausgasen (nach [17] S. 473, Kap. 7.2 – »forest land«). (Treibhausgasemissionen haben positive, Kohlenstoffbindung aus der Atmosphäre negative Vorzeichen.)

CO ₂ -EMISSION ODER -BINDUNG DURCH WALDKOMPARTIMENTE ODER WALDNUTZUNG	JÄHRLICHE EMISSION BZW. BINDUNG IN TAUSEND TONNEN CO ₂ -Äq
CO ₂ -Bindung durch lebende Biomasse (ober- und unterirdisch)	-21.772
CO ₂ -Bindung durch Zunahme von Totholz (ober- und unterirdisch)	-3.638
CO ₂ -Bindung in Streuschicht	-593
Emission durch Entwässerung organischer Böden	675
Emission aus mineralischen Böden nach Umwandlung	333
Emission durch Kalkung	58
Emission durch Waldbrand	4
SUMME	-24.933

Zwischen Kohlenstoffspeicherung im Wald und Kohlenstoffspeicherung in Holzprodukten bestehen Wechselwirkungen. Bei gleichbleibender Waldfläche verringert eine Steigerung der Waldspeicherung die Holzproduktespeicherung und umgekehrt. Synergien mit Waldnaturschutzzieleen ergeben sich tendenziell eher dann, wenn die Kohlenstoffspeicherung auf den Waldspeicher konzentriert wird und z. B. Altbestände mit hohem Totholzanteil erhalten bleiben. Umgekehrt setzen manche Maßnahmen zugunsten der Vergrößerung des Holzproduktespeichers oder der Substitutionspotenziale eine intensivierte Holznutzung voraus, die für die Forstbetriebe wirtschaftlich interessant sein, aber zu Konflikten mit Waldnaturschutzzieleen führen kann.

Betrachtet man allein den Waldspeicher, so wird erwartet, dass sich das obige Bild des Vorratsaufbaus in Zukunft ändert: Während im Waldspeicher in Deutschland in den vergangenen Jahren und Jahrzehnten sehr hohe Vorräte akkumuliert wurden, vor allem bedingt durch die Wiederaufforstung nach dem Zweiten Weltkrieg und die daraus folgende Altersstruktur der Waldbestände, könnte dieser Waldspeicher in den kommenden Jahrzehnten reduziert werden, weil überproportional viele Wälder demnächst erntereif werden (wobei ein Teil der Ernte in Holzprodukte überführt wird, die weiterhin CO₂ speichern). Schätzungen gehen davon aus, dass sich der oberirdisch gespeicherte Kohlenstoff in den kommenden 40 Jahren um ca. 19,1 Mio. t Kohlenstoff verringern kann, was einer jährlichen Emission von 1,75 Mio. t CO₂ entspräche [40]. Bezieht man Waldspeicher und Holzproduktespeicherung zusammen in die Bilanz ein, ist in Deutschland auch für die nähere Zukunft mit einer Senkenleistung der derzeitigen Waldbewirtschaftung (in Höhe von ca. 22 Mio. t CO₂-Äq pro Jahr) zu rechnen [42]. Dieser Wert wurde ohne Berücksichtigung der Substitutionspotenziale und des Totholz-, Boden- und Streuspeichers ermittelt; er ist insofern nicht mit dem Wert in der obigen Tabelle vergleichbar und unterschätzt die reale Senkenleistung.

Wälder bieten neben Klimaschutzleistungen auch eine **Vielzahl weiterer Ökosystemleistungen** (ausführliche Behandlung im zweiten TEEB DE-Bericht zu ländlichen Räumen), von denen einige für die **Anpassung an den Klimawandel** bedeutsam sind. Beispielsweise reduziert eine Waldbedeckung den Oberflächenabfluss von Niederschlägen und kann den Landschaftswasserhaushalt stabilisieren. Die Verdunstungs- und Versickerungsraten sind dabei u. a. von der Bewirtschaftungsform des Waldes abhängig.

Handlungsoptionen

Zur Verbesserung bzw. zur Erhaltung der Mitigationsleistungen der Waldwirtschaft in Deutschland kommen drei Strategien in Betracht:



ABBILDUNG 22
(Foto: Fontanis, Fotolia.com)

- ▶ **Vermeidung von Speicherverlusten durch Walderhaltung.** Im Gegensatz zu vielen Waldflächen in den Tropen wird diese Strategie in Deutschland bereits umgesetzt, da die Waldfläche in der Gesamtbilanz gegenüber Verlusten durch Regelungen im Waldrecht gesichert ist.
- ▶ **Neuanlage von Wald.** Aufforstung und natürliche Wiederbewaldung bisher nicht bewaldeter Flächen erzeugen zusätzliche Kohlenstoffsinken. Im deutschen Treibhausgasinventar ist derzeit eine Waldzunahme von ca. 3.100 ha pro Jahr erfasst [17]. Dies ist eine sehr effektive Option, da neu angelegte Wälder auf ehemaligen Acker- oder Weideflächen der Atmosphäre allein in den ersten 20 Jahren im Mittel 10,3 t CO₂/ha pro Jahr entziehen. In den zwei danach folgenden Jahrzehnten sind es sogar 16,8 t CO₂/ha pro Jahr. Wüchsige Pionierbaumarten binden dabei zunächst deutlich mehr Kohlenstoff als Baumarten wie Eiche und Buche, welche ökologisch an spätere Sukzessionsstadien angepasst sind. Die Neuanlage von Wald sollte jedoch aus Naturschutzsicht nicht auf ökologisch wertvollen Standorten wie Magerrasen oder Wiesentälern erfolgen.
- ▶ **Mögliche Änderungen der Bewirtschaftung** (siehe auch Infobox 10):
 - ▶ Aus klimapolitischer Sicht kann eine **Verkürzung von Produktionszeiten** fallweise wirksam zu Klimaschutzzielen beitragen. Dies wird unterstützt durch forstwirtschaftliche Argumente, denn die Verkürzung von Produktionszeiten reduziert das Risiko von (klimabedingten) Kalamitäten, erhöht u. U. den laufenden Zuwachs und damit auch die Senkenleistung und kann bei zunehmenden Risiken zudem langfristig die wirtschaftliche Rentabilität sichern. Diese Strategie kann allerdings zu einer Beeinträchtigung des Waldspeichers und solcher naturschutzfachlicher Ziele führen, die eine Erhöhung des Anteils an Altbeständen in den Wäldern anstreben.
 - ▶ Waldbauliche Strategien, die eine **Verlängerung der Produktionszeiten** anstreben, steigern die Holzvorräte und die darin gespeicherten C-Vorräte in den betroffenen Wäldern. Dies ist tendenziell gut mit vielen Zielen des Waldnaturschutzes vereinbar, wie z. B. der Erhaltung von Altbeständen. Andererseits wird dadurch der Zufluss zum Holzproduktespeicher aus heimischem Einschlag verringert. Dies ist insbesondere zusätzlich problematisch, wenn die bestehende inländische Nachfrage mit importiertem Holz gedeckt wird, das möglicherweise aus nicht-nachhaltiger Bewirtschaftung stammt [41]. Unter Umständen werden dadurch auch Risiken (z. B. Sturmwurf) erhöht und Opportunitätskosten bei den Waldbesitzern aufgeworfen.

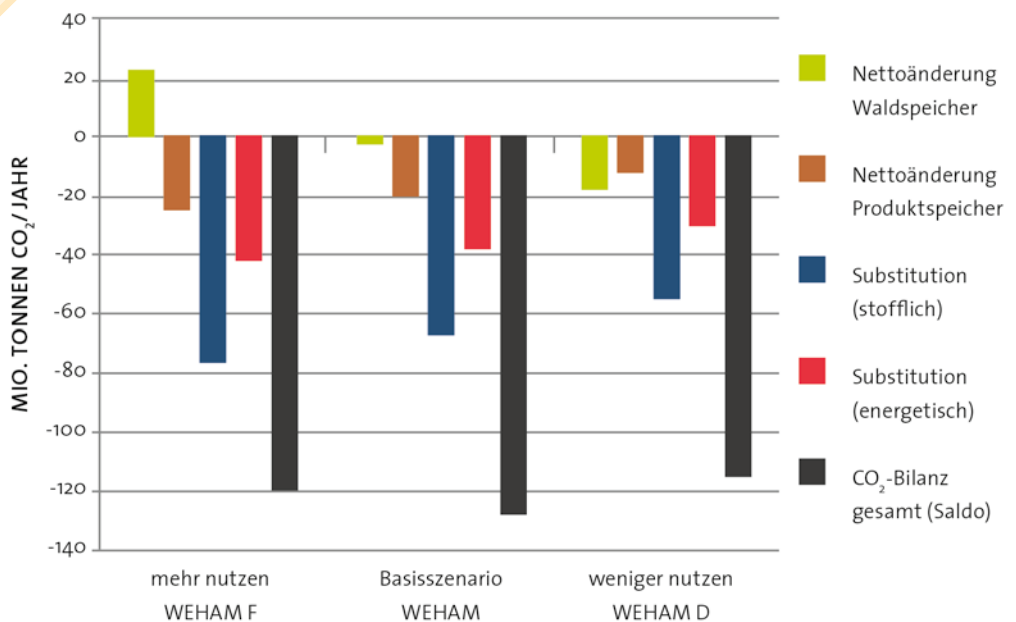
- Gerade die **Erhaltung und Wiedervernässung von Waldmooren und anmoorigen Waldböden** ist ein wichtiges Klimaziel, da ihre Kohlenstoff-Vorräte je ha Boden fast viermal so hoch wie in mineralischen Böden sind (siehe Abschnitt 4.2).

INFOBOX 10

Szenarien zur Waldnutzungsänderung

In einer Studie zu den Klimawirkungen von Waldnutzungsänderungen wurden drei unterschiedliche Waldbewirtschaftungsvarianten für 2013–2020 verglichen, basierend auf den Daten der Inventurstudie 2008 (Anmerkung: »mehr nutzen« bedeutet eine verringerte Umtriebszeit; »Basisszenario« deutet auf die Beibehaltung der derzeitigen Nutzungsintensität; »weniger nutzen« bedeutet eine verlängerte Umtriebszeit, siehe Abbildung 23 [41, siehe dort auch zu den Hintergründen der Szenarien]). Es zeigte sich, dass sich bei intensiverer Nutzung der Kohlenstoffspeicher im Wald vermindert, dagegen bei geringerer Nutzung die Speicherwirkung in den Holzprodukten verringert wird. Insgesamt ergibt sich nach dieser Studie die beste CO₂-Bilanz für das Basisszenario einer gleichbleibenden Nutzungsstrategie, während bei einer Änderung der Nutzung jeweils mehr Emissionen anfallen. Weiterführende Analysen hierzu, die auch alternative Parameter (z. B. längere Beobachtungszeiträume) berücksichtigen, wären sinnvoll, liegen aber zurzeit nicht vor.

ABBILDUNG 23 ► CO₂-Bilanz für Szenarien unterschiedlich intensiver Waldbewirtschaftung 2013–2020
negative Zahlen: Senkenleistung, positive Zahlen: Emissionen.
(Nach [41])



Bei der derzeitigen Nachfrage der Gesellschaft nach Holz für die stoffliche Nutzung und die Nutzung als Energieträger schneiden sowohl eine Verlängerung als auch eine Verkürzung der Produktionszeiten aus Sicht des Klimaschutzes schlechter ab als die gegenwärtige Bewirtschaftung. Es ist daher schwierig, die positiven Klimaeffekte des Waldes weiter zu verstärken. Zudem würde das geringere Holzangebot bei Vergrößerungen des Waldspeichers zusätzliche Importe bedingen, wenn die Nachfrage nach Holzprodukten zur stofflichen und energetischen Nutzung gleich bleibt. Solche zusätzlichen Importe könnten den Nutzungsdruck auf bisher nicht nachhaltig oder gar nicht bewirtschaftete Waldflächen steigern und zu klimaschädlicher Entwaldung in anderen Teilen der Welt führen. Aus diesem Grunde sollte bei einer politischen Diskussion um die Waldbewirtschaftung nicht einseitig auf Klimaaspekte fokussiert, sondern es sollten umfassend die Nachfrage der Gesellschaft nach Energie und Rohstoffen, der mögliche Beitrag des erneuerbaren Rohstoffs Holz und das gesamte Ökosystem mit seinen vielfältigen Ökosystemleistungen einschließlich der Leistungen des Waldes zur Anpassung an den Klimawandel betrachtet werden.

Um die Relevanz der Klimaschutzleistung im Verhältnis zu anderen Ökosystemleistungen deutscher Wälder einschätzen zu können, lohnt ein Blick auf aktuelle Studien zur Abschätzung des ökonomischen Werts dieser Ökosystemleistungen (siehe Ausführungen in der Langfassung dieser Studie). Die vorliegenden Bewertungsstudien zeigen, dass Wälder neben der Holzproduktion durch die Bereitstellung weiterer Leistungen für die Gesellschaft einen erheblichen Nutzen bringen, ohne dass sich dies in Preisen widerspiegelt. Hier sind insbesondere die Erholungsleistung sowie der Schutz der biologischen Vielfalt zu nennen, deren geschätzte Nutzen den Vergleich mit den Werten für die Produktionsleistung des Waldes nicht zu scheuen brauchen. Der ökonomische Wert der Klimaschutzleistung hängt einmal vom betrachteten Szenario der Wald- und Holznutzung und den damit einhergehenden Veränderungen in der THG-Bilanz sowie dem verwendeten ökonomischen Bewertungsansatz ab. Bewertet man diese Veränderungen mit Emissionshandelspreisen bzw. kurzfristigen Vermeidungskosten, dann ist der Beitrag der Klimaschutzleistung beim Wechseln zwischen den Szenarien relativ gering. Bei der Bewertung mithilfe von Schadenskosten bei einem geringen **-> DISKONTSATZ** steigt der Wert der Klimaschutzleistung zwar kräftig, bleibt aber aufgrund der marginalen Änderungen der THG-Bilanzmengen relativ zu den anderen Ökosystemdienstleistungen ebenfalls gering.

Bei der Erbringung öffentlicher Güter und Leistungen ist auch zu betrachten, wie einzelwirtschaftliche Interessen und gesamtgesellschaftliche Interessen in Übereinstimmung gebracht werden. Wenn es im Interesse der Gesellschaft liegt, bestimmte Klimaschutz- und

Klimaanpassungsoptionen wie die Senkenleistung oder die Wasser-rückhaltefunktion des Waldes zu stärken und sofern dabei zusätzliche Kosten für die Betriebe entstehen, ist zu klären, wie z. B. Waldbesitzer für solche Optionen gewonnen werden können und ob entsprechende Anreizsysteme hier unterstützend wirken könnten (z. B. aus Mitteln des Waldklimafonds; siehe Infobox 11).

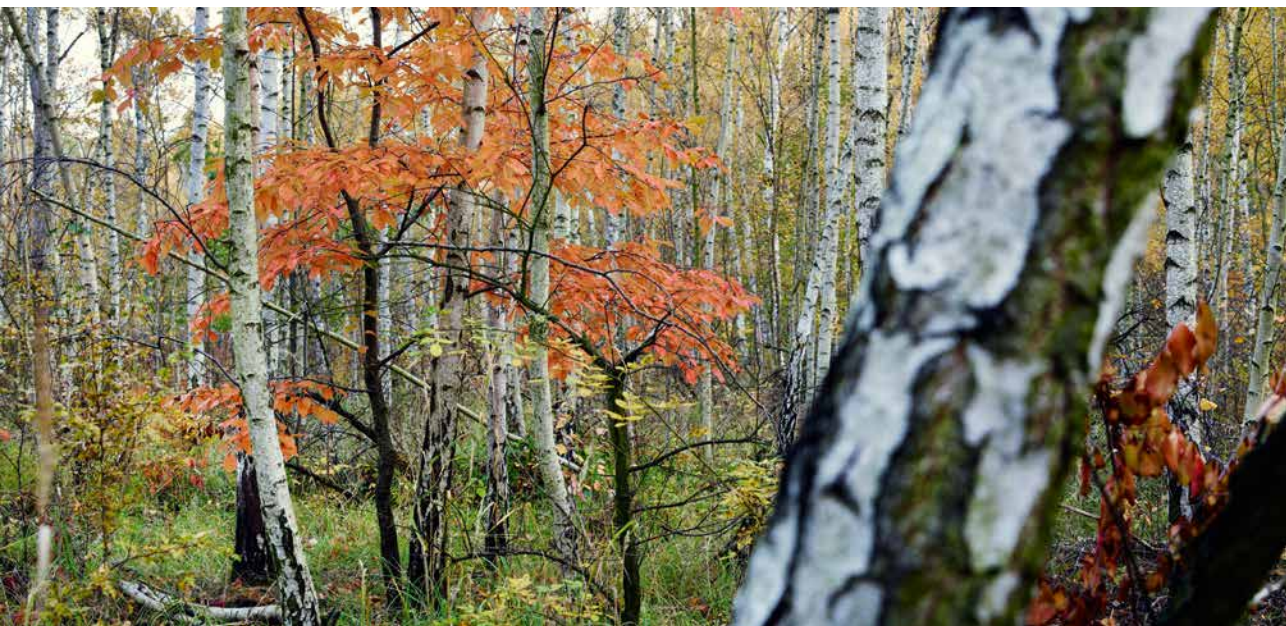
INFOBOX 11

Waldklimafonds

Die Bundesregierung hat zum 1. Juli 2013 ein gemeinsames Förderinstrument von BMU und BMLV gestartet: den Waldklimafonds (<http://www.waldklimafonds.de>), der aus dem Energie- und Klimafonds finanziert wird und zunächst mit insgesamt 34 Mio. Euro für die nächsten Jahre bis 2019 ausgestattet ist. Mit dem Waldklimafonds können Maßnahmen zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel sowie zum Erhalt und Ausbau des CO₂-Minderungspotenzials von Wald und Holz gefördert werden; er dient ferner dazu, unser bisheriges Wissen in diesem Bereich zu verbessern.

Eine Variante stellen freiwillige Lösungen dar, wie sie in Deutschland verschiedentlich praktiziert werden. Ein Beispiel ist etwa das Instrument der Waldaktie, wie sie in Mecklenburg-Vorpommern entwickelt wurde (siehe Infobox 12). Auch andere Akteure bieten solche Dienstleistungen auf freiwilliger Basis an: Der Verein PrimaKlima e.V. beispielsweise verfolgt ein ähnliches Konzept wie die Waldaktie und bietet Privatpersonen und Unternehmen an, ihre THG-Emissionen durch Aufforstung zu kompensieren.

ABBILDUNG 24 ▶ Birkenwald auf der Neuen Harth bei Zwenkau im Herbst. Entwicklung eines ehemaligen Bergbaugebietes. (Foto: André Künzelmann, UFZ)



INFOBOX 12

Die Waldaktie in Mecklenburg-Vorpommern

Beitrag von Thorsten Permien

Touristische Aktivitäten setzen Treibhausgase frei. Berechnungen ergaben, dass eine vierköpfige Familie aus Deutschland bei einem Urlaub in Mecklenburg-Vorpommern durchschnittlich etwa 850 kg CO₂ freisetzt. Dies entspricht etwa der Kohlenstoffmenge, die in 10 m² Wald gebunden werden kann. Um diesen Wald zu pflanzen und zu pflegen, fallen Gesamtkosten in Höhe von etwa 10 Euro an.

Die Grundidee der Waldaktie (www.waldaktie.de) lautet: CO₂ durch wachsendes Holz in »Klimawäldern« im eher waldarmen Mecklenburg-Vorpommern langfristig binden und Klimaschutz für Urlaubsgäste nachvollziehbar und erlebbar machen. Hierdurch werden neben dem Beitrag zum Klimaschutz auch wertvolle kulturelle Ökosystemleistungen (Erholung, Naturerlebnis, Ästhetiksteigerung durch vielfältigeres Landschaftsbild) erhöht. Auf dieser Grundlage wurde vom Umweltministerium, dem Tourismusverband und der Landesforstanstalt das Projekt Waldaktie entwickelt: Mit dem Erwerb einer symbolischen Waldaktie für 10 Euro wird die Pflanzung von Bäumen finanziert, die im Laufe ihres Lebens gut 800 kg CO₂ in Pflanze und Boden binden können.

Derzeit wurden durch den Verkauf 13 »Klimawälder« sukzessive aufgeforstet. Zunehmend engagieren sich auch Unternehmen und integrieren die Waldaktie in ihre Strategie zur unternehmerischen Verantwortung für die Gesellschaft (Corporate Social Responsibility). Das Projekt wurde mehrfach ausgezeichnet, u. a. im Rahmen der Initiative »Deutschland – Land der Ideen« und der UN-Dekade Bildung für Nachhaltige Entwicklung.

ABBILDUNG 25 ▶ Pflanzaktion im Klimawald Bützow im Rahmen der Aktion www.waldaktie.de, 2010. (Foto: Landesforst Mecklenburg-Vorpommern)



4.4 AUEN: DEN FLÜSSEN DEN NÖTIGEN RAUM GEBEN

Ausgangslage

Deutschlandweit hat der Verlust an auentypischen Lebensräumen drastische Ausmaße angenommen. Mit dem Auenzustandsbericht [42] wurde erstmals für 79 Flüsse Deutschlands eine Übersicht zum Auenverlust sowie zur Landnutzung der Überschwemmungsaue und der vom Hochwassergeschehen abgetrennten Altauen vorgelegt. Danach sind zwei Drittel der ehemaligen Überschwemmungsgebiete durch Deichbau und andere Hochwasserschutzmaßnahmen verloren gegangen. An vielen Abschnitten der großen Ströme in Deutschland stehen nur noch 10–20 % der ursprünglichen Überschwemmungsflächen zur Verfügung [42]. Damit wurde den Flüssen der Raum genommen, der bei Überflutungsereignissen dringend zum Wasserrückhalt und zur Wasserspiegelabsenkung benötigt wird.

Fließgewässerökosysteme sind durch die erwarteten Änderungen der Niederschläge und Abflüsse nicht nur direkt von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen, sondern spielen auch für die Klimapolitik in zweierlei Hinsicht eine Rolle (z. B. [43]): Erstens erbringen sie eine Leistung zur Minderung von Treibhausgasemissionen, und zweitens nehmen Auen eine wichtige Rolle bei der Anpassung an den Klimawandel ein, da sie Flächen für den Hochwasserschutz bereitstellen. Die Minderungsleistung wird durch zwei Effekte bedingt:

- ▶ Zum einen erbringen aquatische Ökosysteme und naturnahe Auen durch ihre Funktion als großer Kohlenstoffspeicher eine Leistung zur Regulation des Klimas, vor allem die kohlenstoffreichen Mineral- und Moorböden in den Auenlandschaften. So beläuft sich der errechnete Kohlenstoffvorrat in den Böden der rezenten Flussauen auf insgesamt 549 Mio. t CO₂-Äq [44]. Dieser Vorrat kann nur erhalten oder erhöht werden, wenn Flussauen einen naturnahen Wasserhaushalt mit angepasster Landnutzung besitzen bzw. naturnah entwickelt werden.
- ▶ Zum anderen hat eine Berechnung der Treibhausgasemissionen für die größtenteils landwirtschaftlich genutzten Moorböden innerhalb der morphologischen Flussauen eine aktuelle Freisetzung von ca. 2,5 Mio. t CO₂-Äq pro Jahr ergeben [44]. Dies entspricht dem CO₂-Ausstoß, den mehr als 1,3 Mio. Autofahrer mit ihrem PKW jährlich erzeugen (Annahme: jährlicher Verbrauch 2 t CO₂-Äq pro Person durch Privatverkehr). Unter Verwendung eines Schadenkostenansatzes in Höhe von 80–120 Euro/t CO₂ (zur Höhe der Schadenkosten siehe Langfassung) entspricht dies rund 200–300 Mio. Euro pro Jahr. Hier besteht damit ein erhebliches Minderungspotenzial. Auch in den Auen zeigt sich damit die überragende Bedeutung der kohlenstoffreichen Böden für den Klimaschutz.

Problematik

Im Jahr 2002 verursachte das katastrophale August-Hochwasser im Elbe- und Donaeinzugsgebiet einen wirtschaftlichen Schaden in Höhe von rund 11 Mrd. Euro. Über 370.000 Menschen waren betroffen, 21 Menschen starben. Beim Hochwasser im Jahre 2013 beliefen sich die Schäden nach vorläufigen Schätzungen auf ca. 7–8 Mrd. Euro. Traditionelle Hochwasserschutzmaßnahmen werden daher zunehmend in Frage gestellt und neue Lösungen gefordert.

Handlungsoptionen

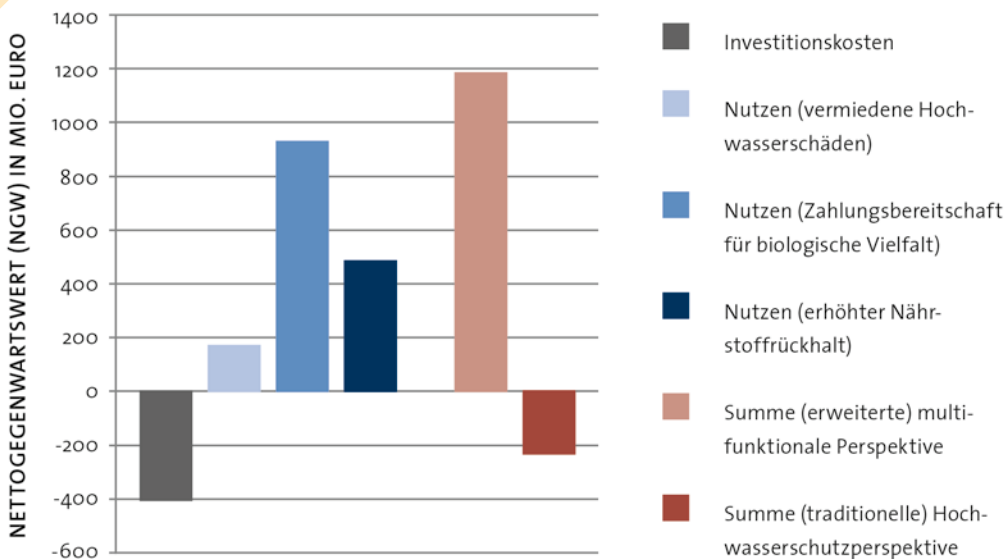
Um das Potenzial von Fließgewässerökosystemen für den Klimaschutz einerseits und die Anpassung an den Klimawandel andererseits nutzen und ausbauen zu können, ist eine Integration und Abstimmung bisher getrennt betriebener Politikbereiche (u.a. Hochwasserschutz, Natur-

INFOBOX 13

Volkswirtschaftliche Kosten und Nutzen von verschiedenen Deichrückverlegungen

In einer Fallstudie für die Mittel-Elbe von Dresden bis Lauenburg konnte gezeigt werden, dass der volkswirtschaftliche Nutzen naturverträglicher Hochwasserschutzmaßnahmen in Form verschiedener Deichrückverlegungen, die zur Schaffung von bis zu 35.000 ha zusätzlicher Überschwemmungsflächen führen würden, dreimal höher ist als deren Kosten (Abbildung 26, [45] siehe Langfassung, Kap. 8).

ABBILDUNG 26 ▶ Kosten und Nutzen für Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel durch Deichrückverlegung. ([45]; für die Bewertung alternativer Szenarien inkl. Schaffung gesteuerter Polder)



Bei einer traditionellen Sichtweise, die nur die Hochwasser senkende Wirkung und keine zusätzlichen Naturleistungen berücksichtigt, würden sich diese Maßnahmen allerdings nicht rechnen: Investitionskosten von etwa 407 Mio. Euro (eingesparte Deichunterhaltungskosten schon eingerechnet) wären gegenüber vermiedenen Hochwasserschäden von 177 Mio. Euro unwirtschaftlich. Das Forscherteam stellte jedoch eine erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse unter Einbeziehung der direkten Projektkosten, des jährlich vermiedenen Hochwasserschadens sowie weiterer ökologischer und gesellschaftlicher Nutzen auf. Werden alle positiven Effekte der Handlungsoptionen mitbetrachtet, dann erbringt die Rückverlegung von Deichen mit rund 1,2 Mrd. Euro einen wesentlich größeren aufsummierten Netto-Nutzen als technische Hochwasserschutzmaßnahmen. Die Schaffung von Überschwemmungsflächen durch Deichrückverlegungen stellt unter ökonomischen Gesichtspunkten – für die im Fallbeispiel getroffenen Annahmen – daher eine geeignete Lösung für vorbeugenden Hochwasserschutz dar. Die eingesparten Kosten für vermiedene Hochwasserschäden, ein verbesserter Nährstoffabbau im Gewässer-Auen-Ökosystem und die gestiegene Wertschätzung der Bevölkerung für die Erhöhung der biologischen Vielfalt in der reaktivierten Auenlandschaft überwiegen die Ausgaben für die Maßnahmen.

schutz, Klimaschutz, Landwirtschaft, Schifffahrt) unabdingbar. Eine rein klimapolitische Begründung der Auenreaktivierung greift hier oft zu kurz. Eine Auenrenaturierung kann Ziele der Europäischen Wasser-Rahmenrichtlinie, der Richtlinie zum Hochwasserrisikomanagement sowie der FFH- und der Vogelschutz-Richtlinie umsetzen und ist zudem mit positiven Klimaschutzwirkungen verbunden.

Das Gesetz zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes von 2005 hatte unter anderem zum Ziel, den Flüssen mehr Raum zu geben und ehemalige Überschwemmungsgebiete wieder als naturnahe Auen zurückzugewinnen. Überschwemmungsgebiete sollten von Bebauung frei gehalten und die intensive Landwirtschaft in Grünlandnutzung überführt werden. Diese Ziele wurden bisher nicht erreicht. In Deutschland haben sich die Auenflächen durch Deichrückverlegungen in den letzten 15 Jahren nur um 1% vergrößert. Das Hochwasser vom Mai/Juni 2013 erhöhte den Druck, naturnahem Hochwasserschutz mehr Gewicht zu geben. So hat die Umweltministerkonferenz am 2. September 2013 die Erarbeitung eines Nationalen Hochwasserschutzprogramms beschlossen, dessen Kernstück die Schaffung neuer Rückhalte- und Entlastungsräume für Flüsse durch Deichrückverlegungen und steuerbare Flutpolder ist. Für geeignete Auenabschnitte sind nun Flächen zur Renaturierung zu bestimmen und durch ein langfristig angelegtes Flächenmanagement zu sichern.

INFOBOX 14

Deichrückverlegung Lödderitzer Forst

Beitrag von Mathias Scholz, Astrid Eichhorn, Georg Rast



ABBILDUNG 27 ▶ Lödderitzer Forst (Sachsen-Anhalt) während des Elbehochwassers am 6. Juni 2013. (Foto: André Künzelmann, UFZ)

Die Auenwaldbestände der Mittleren Elbe gelten als die größten naturnah verbliebenen Hartholz-Auenwälder Deutschlands mit einem reichen Inventar auentypischer Tier- und Pflanzenarten. Im Mittelpunkt eines Naturschutzgroßprojektes unter Federführung des WWF-Deutschland steht die mit 600 ha nach ihrer Fertigstellung im Jahr 2018 derzeit größte Deichrückverlegung Deutschlands. Die Maßnahme umfasst 7,3 km Deichbau, sowie die Anpassung des Grabensystems und den Bau eines Schöpfwerks, um die Wirkungen von Qualm- und Drängewasser für Anwohner zu senken, mit voraussichtlich 23,2 Mio. Euro Kosten für die Deichrückverlegung (ohne Flächenkauf, Entschädigung und Altdeichschlitzung).

Mit der Deichrückverlegung ist eine erhebliche Verbesserung des Hochwasserschutzes verbunden. Modellrechnungen zufolge wird sie zu einer Verringerung der Wasserstände der Elbe bei Hochwasser zwischen Aken und Lödderitz um bis zu 28 cm führen. In der Lenzeener Elbtalau konnten die positiven Auswirkungen einer (schon durchgeführten) Deichrückverlegung mit 420 ha bereits festgestellt werden. So fiel der Pegelanstieg bei den Hochwasserereignissen 2011 und 2013 am stromaufwärts gelegenen Pegel Schnackenburg um mehr als 20 cm niedriger aus als vor der Deichöffnung.

In der Elbaue bei Lödderitz wird sich zudem die Nährstoffretention nach der Deichrückverlegung gemäß einer konservativen Schätzung deutlich verbessern. Bewertet man diese Reinigungsleistung mit den vermiedenen Kosten durch landwirtschaftliche Strategien, so haben die Auen der Deichrückverlegungsfläche eine Reinigungsleistung im Wert von jährlich ca. 700.000 Euro (Barwert bei 3% Kalkulationszins und 30- bzw. 90-jährigem Kalkulationszeitraum: 13 bzw. 22 Mio. Euro, was allein schon, ohne zusätzliche Berücksichtigung der Hochwasserschutzwirkung, den Kosten der Deichrückverlegung entspricht). Da im Rückdeichungsgebiet großflächig alte Auenwaldbestände vorliegen, die bereits knapp 400.000 t CO₂-Äquivalente in ihrer oberirdischen Biomasse speichern, wird der Zugewinn an Kohlenstofffestlegung durch Waldneubegründungen relativ gering sein [44]. Für andere Gebiete, für die eine großflächige Waldentwicklung vorgesehen ist, kann er aber über die Jahre zusätzlich erheblich sein.

4.5 KÜSTEN: DEICHRÜCKVERLEGUNG ZUR VERMEIDUNG VON UNTERHALTUNGSKOSTEN

Ausgangslage

Küsten- und Meeresökosysteme stellen eine Vielzahl von Ökosystemleistungen zur Verfügung. International ist die Vegetation der Küstenökosysteme eine bedeutende Kohlenstoffsенке. Zudem ist die Gas- und Klimaregulation eine wesentliche Ökosystemleistung der globalen Ozeane [46]. Die Küstenökosysteme bieten außerdem Schutz gegen Stürme und Küstenerosion. Gleichzeitig sind insbesondere die Küsten durch den zu erwartenden Anstieg des Meeresspiegels vom Klimawandel in besonderem Maße betroffen.

Problematik

Höhere Sturmflutwasserstände können zu Schäden an Schutzdeichen, Hafen- und Verkehrsinfrastrukturen sowie Bauwerken entlang der Küste führen. Im Falle von Deichbrüchen sind katastrophale Auswirkungen auf Menschenleben, Infrastruktur und Siedlungen nicht ausgeschlossen [47].

Auch die landwirtschaftliche Nutzung ist gefährdet, nicht nur durch Überflutungen, sondern auch dadurch, dass in den deichgeschützten Poldern die Entwässerung mit zunehmender Höhe des Meeresspiegels immer teurer wird.

Handlungsoptionen

Anders als bei Hochwasserereignissen im Binnenland, wo zusätzliche Überflutungsflächen die Auswirkungen abmildern können, sind derartige Maßnahmen in dichtbesiedelten Küstengebieten keine geeignete Küstenschutzmaßnahme, da die Flächen nicht groß genug sein werden, um die (nachfließenden) Wassermassen aufzunehmen. Dennoch sind im Einzelfall ökosystembasierte Anpassungsmaßnahmen möglich und sinnvoll, beispielweise Deichrückverlegungen an ausgewählten Standorten, vor allem an der Ostsee. Durch eine Ausdeichung von Flächen können in Einzelfällen Kosten für Deicherhöhung, Deichunterhaltung und wasserwirtschaftliches Management vermindert werden. Anstelle des landwirtschaftlich genutzten Polders entstehen Salzwiesen, die in hohem Maße Kohlenstoff binden und Lebensraum für eine Vielzahl von Arten bieten, z.B. für Watvögel und an Überflutung und Salzgehalt angepasste Vegetation. Solche Flächen können teilweise auch weiterhin extensiv bewirtschaftet werden. Ob eine solche Option vorzuziehen ist, kann im Einzelfall mit einer Kosten-Nutzen-Analyse überprüft werden, in die nach Möglichkeit alle Kosten und Nutzen einzubeziehen sind (Infobox 15).

INFOBOX 15

Deichrückverlegung auf dem Darß (Ostseeküste Mecklenburg-Vorpommern)

Die Sundische Wiese im Ostteil der Halbinsel Zingst gehört zur Kernzone des Nationalparks Vorpommersche Boddenlandschaft. Bei anstehenden Hochwasserschutzmaßnahmen sollten eingedeichte und entwässerte Grünlandflächen (Sundische Wiese) ausgedeicht und die Siedlungsflächen anstelle des alten Deichs mit einem neuen, kurzen Riegeldeich geschützt werden. Auf der Ausdeichungsfläche sollte der auf periodische Überflutungen angewiesene typische Lebensraum »Salzgrasland« wieder neu entstehen. Der Riegeldeich schützt in Zukunft weiterhin die Siedlungen vor zu erwartenden höheren Wasserständen bei Hochwasserereignissen. Die Salzwiese wird nach und nach etwas aufwachsen und dabei Kohlenstoff binden. Die landwirtschaftliche Nutzung wird auf verringerter Fläche beibehalten, aber extensiver als vorher durchgeführt.

In einer Kosten-Nutzen-Analyse wurden die folgenden zwei Varianten miteinander verglichen:

- ▶ Variante I »Ausdeichung und Entwicklung Salzgrasland«: Neubau Riegeldeich und Rückbau Boddendeich, Einstellung der Schöpfwerke und Entwicklung von extensiv genutztem Salzgrasland statt Polderwirtschaft bei insgesamt reduzierter Deichlänge.
- ▶ Variante II »Sicherung Status Quo«: Erhaltung bzw. Verstärkung der bisherigen Deiche, Beibehaltung der Polderwirtschaft mit Gräben und Schöpfwerken sowie der bisherigen Grünlandnutzung [48].

Dazu wurden die wesentlichen Kosten für Deichneubau, -verstärkung und -unterhaltung und für die Wasserwirtschaft sowie die Erlöse und Kosten der beiden landwirtschaftlichen Nutzungsvarianten miteinander verglichen. Die Senkenfunktion des neu entstehenden Salzgras-

ABBILDUNG 28 ▶ Blick auf einen Teil der Sundischen Wiesen, die Ostsee und den Großen Werder, 2004. (Foto: Sabine Viertel, www.darss4you.de)



landes wurde nicht erfasst. Es zeigte sich, dass die Salzgraslandvariante sowohl bei den auf jährliche Beträge umgerechneten Kosten in den Bereichen Deichbau, -erhaltung und Wasserwirtschaft günstiger war (»Salzgraslandvariante«: 115.827 Euro pro Jahr; Variante »Sicherung Status Quo«: 148.300 Euro pro Jahr) als auch im Bereich Landwirtschaft. Beide landwirtschaftlichen Nutzungsvarianten sind nur durch die derzeitigen landwirtschaftlichen Subventionen betriebswirtschaftlich rentabel. Volkswirtschaftlich gesehen sind sie im Nettoeffekt unwirtschaftlich, das heißt, sie erzeugen mehr Kosten als Erträge und müssten deshalb staatlich unterstützt werden. Im Fall des Salzgraslandes ist die erforderliche Unterstützung jedoch geringer (121.893 Euro pro Jahr statt 209.922 Euro pro Jahr) (vgl. Abbildung 29).

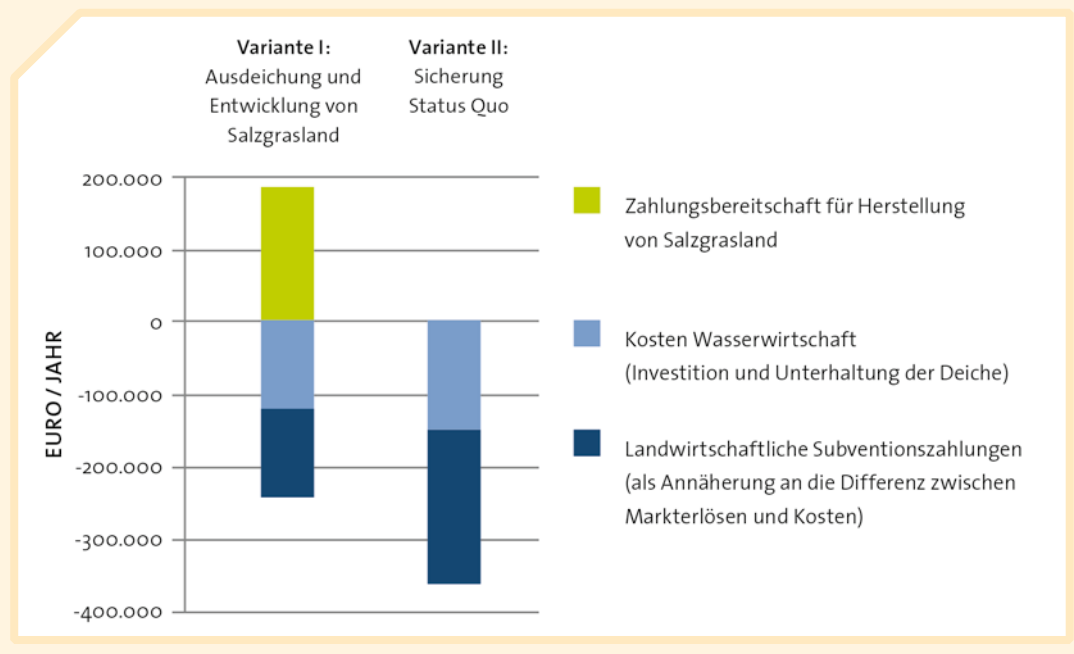
Um darüber hinausgehende weitere öffentliche Nutzen der Ausdeichungsmaßnahme zu erfassen, wurde zusätzlich eine -> **ZAHLUNGSBEREITSCHAFTSANALYSE** bzgl. der Wertschätzung der Bevölkerung bzw. von Touristen für die (Wieder-)Herstellung des selten gewordenen Salzgrünlandes durchgeführt. Bezogen auf die konkrete Fläche von 806 ha ergab sich ein Wert von rund 185.000 Euro pro Jahr.

Das Beispiel verdeutlicht, dass hier eine Deichrückverlegung im Sinne einer ökosystembasierten weichen Küstenschutzmaßnahme zu deutlichen Kostensenkungen führt und zu zusätzlichen Leistungen für Erholung und Naturschutz, für die darüber hinaus beträchtliche -> **ZAHLUNGSBEREITSCHAFTEN** in der Bevölkerung bestehen.

ABBILDUNG 29 ▶ Projektbilanz für eine Deichrückverlegung auf der Sundischen Wiese auf dem Darß (nach [48]).

Variante I: Neubau Riegeldeich und Rückbau Boddendeich, Einstellung der Schöpfwerke und Entwicklung von extensiv genutztem Salzgrasland statt Polderwirtschaft bei insgesamt reduzierter Deichlänge.

Variante II: Erhaltung / Verstärkung der bisherigen Deiche, Beibehaltung der Polderwirtschaft mit Gräben und Schöpfwerken sowie der bisherigen Grünlandnutzung.



5

ZIELE UND WEGE DER UMSETZUNG EINER ÖKOSYSTEMBASierten KLIMAPOLITIK

Für die Entwicklung und Umsetzung einer erfolgreichen Klimapolitik kann eine ökonomische Analyse und Zusammenstellung von Leistungen der Natur eine wichtige Hilfe sein. Die systematische Einbeziehung der Ökosysteme und ihrer Leistungen bietet viele Synergien bei Klimaschutz und -anpassung. Dieses Potenzial einer ökosystembasierten Klimapolitik wird aber bisher nur unzureichend genutzt, weil auf der Ebene der Handlungsziele, bei den Instrumenten und bei der organisatorischen Absicherung von Maßnahmen Inkonsistenzen, Widersprüchlichkeiten und eine Fragmentierung von Verantwortlichkeiten festzustellen sind. Eine ökosystembasierte Klimapolitik gibt es bisher in Deutschland allenfalls in Ansätzen. Die wenigen bestehenden Impulse aufzunehmen und zu einer solchen Politik zu entwickeln, kann nur gelingen, wenn stärker übergreifende Abstimmungen zwischen den Sektoren und ihren Politiken (vor allem Land- und Waldwirtschaft, Gewässerschutz, Klima- und Energiepolitik, Verkehrspolitik und Siedlungswirtschaft, Naturschutz) vorgenommen werden. Dies betrifft zum einen die Zielfestlegungen in den jeweiligen Bereichen, zum anderen aber auch die Wege und Instrumente zur Erreichung dieser Ziele. Hierbei können ökonomische Argumente helfen.

ABBILDUNG 30 ▶ Naturschutzgebiets-Festsetzung im Flusstalmoor Peenetal.
(Foto: Kerstin Marten, Schwerin)



5.1 ZIELFESTLEGUNGEN FÜR EINE ÖKOSYSTEMBASIERTE KLIMAPOLITIK

In den verschiedenen relevanten Politikbereichen werden Ökosysteme, -> **BIODIVERSITÄT** und Klimaschutz mit unterschiedlicher Gewichtung betrachtet. Während für Agrar-, Wald-, Meeres- und Naturschutzpolitik der Zustand der Ökosysteme von zentraler Bedeutung ist, spielt dieser für die nationale Klimaschutz- und Energiepolitik keine oder allenfalls eine sehr nachrangige Rolle. Der Fokus liegt dort vielmehr auf Emissionsminderungen bei der Energieerzeugung und -nutzung in Industrie, Verkehr und privaten Haushalten.

Aus einer ökonomischen Sicht werden hier drei Empfehlungen für die Nutzung von Synergien zwischen Klima- und Biodiversitätspolitik formuliert:

- ▶ **Erhaltung von Ökosystemen mit großen Speichern und hohem Senkenpotenzial (Etablierung des »No-net-loss-Prinzips« im Bereich der Kohlenstoffspeicher):** Bei Ökosystemen mit besonders hohem Senkenpotenzial (Moorböden, Wälder, Auen, Grünland) steht die Erhaltung ihrer derzeitigen Speicherfunktion an erster Stelle der Zielhierarchie. Hierdurch kann (selbst unter Einbeziehung entgangener Gewinne) kostengünstig Klimaschutz betrieben werden, und zugleich sind Synergieeffekte mit Biodiversitätszielen möglich. Mit Ausnahme des Schutzes der Wälder fehlen jedoch in vielen Bundesländern entsprechende effektiv wirksame gesetzliche Zielformulierungen, Instrumente und Regelungen zum Flächenerhalt.
- ▶ **Wiederherstellung degradierter Ökosysteme:** Das Ziel der -> **RENATURIERUNG** degradierter Ökosysteme ist in Ziel 2 der Biodiversitätsstrategie der EU sowie in den globalen Biodiversitätszielen bis 2020 mit explizitem Klimaschutzbezug (»Aichi Targets« 14 und 15 im Strategischen Plan 2011–2020 des internationalen Übereinkommens über die biologische Vielfalt) enthalten. Eine volkswirtschaftliche Sicht legt nahe, sich bei der Umsetzung besonders auf Flächen mit hohen Synergieeffekten zwischen Klimaschutz und Biodiversitätsschutz zu konzentrieren (Moorböden, Auen etc.), weil sie einen besonders hohen Gesamtnutzen aufweisen. Für die Renaturierung von Ökosystemen sind Investitionen notwendig, und es entstehen -> **OPPORTUNITÄTSKOSTEN**. Das Potenzial der Standorte für eine Renaturierung variiert regional stark. Aus diesen Gründen sind Prioritätensetzungen erforderlich. Für eine solche Priorisierung sind sowohl die Kosten-Wirksamkeit von Maßnahmen hinsichtlich des Klima- und Biodiversitätsschutzes als auch die Effekte auf weitere Ökosystemleistungen zu berücksichtigen. Dabei kann auf in einigen Bundesländern vorhandene Programme zur Renaturierung aufgebaut werden.

- ▶ **Klimaschutzorientierte Landnutzung:** Eine dritte Handlungsebene für ökosystembasierte Klimapolitik ist die Entwicklung von Konzepten für eine klimaschutzorientierte Produktions- und Nutzungsweise in der Land- und Waldbewirtschaftung. Entsprechende Konzepte müssten mit Zielen und Maßnahmen unterlegt werden. Die Frage, welche Instrumente zur Umsetzung verwendet werden sollen (ordnungsrechtliche Instrumente, Auflagen im Rahmen der Förderpolitik, positive und negative finanzielle Anreize etc.), muss dabei unter Berücksichtigung der Effizienz und der Bedeutung für die Betroffenen letztlich politisch entschieden werden.

Für die **Landwirtschaft** fehlt bisher ein umfassendes klimapolitisches Ziel zur Emissionsreduktion, das mit Maßnahmen unterlegt ist. Für die Realisierung von Synergien zwischen Klimaschutz und Biodiversitätsschutz wären insbesondere zwei Zielfestlegungen zu erwägen und zu prüfen: Zum einen sollte mit Blick auf die Grünlanderhaltung eine quantitative Zielsetzung für hochwertiges Grünland angestrebt werden, weil dies ein besonders hohes Synergiepotenzial aufweist (siehe Kapitel 4.1). Zum anderen sind die Förderpraktiken bei der Bioenergie zu überprüfen. Die Ziele des Einsatzes von Biomasse wurden von der Bundesregierung im Nationalen Aktionsplan für erneuerbare Energie konkretisiert [11]. Dabei sind die von der EU vorgegebenen Ziele der Steigerung des Anteils der Biomasse als Energieträger bis zum Jahre 2020 durch die Halbierung der vormals anvisierten Steigerungsrate und den Ausschluss der Nutzung naturschutzfachlich wertvoller Standorte bereits relativiert worden [11]. Hinzu kommt, dass mit der Novelle des EEG im Januar 2012 eine Deckelung von Energiemais in Biogasanlagen festgelegt wurde. Die Autoren der vorliegenden Veröffentlichung begrüßen diese Zielkorrekturen, weil sie zu einer besseren Abstimmung und Konsistenz der verschiedenen Politikbereiche beitragen. Bei der Weiterentwicklung der Förderung erneuerbarer Energien sollten Anbausysteme zusätzlich unterstützt werden, die eine naturschonende Nutzung ermöglichen, wirtschaftlich gerechtfertigt sind und ein Potenzial für positive Wirkungen auf die biologische Vielfalt haben, wie z. B. die Nutzung von Schnittgut extensiv genutzter artenreicher Wiesen, Paludikulturen auf wiedervernässten Moorstandorten oder Kurzumtriebsplantagen im Streifenanbau mit positiven Wirkungen auf die Landschaftsstruktur.

Auch für den Bereich der **Waldwirtschaft** liegt bislang kein kohärentes Konzept vor, mit dem die positiven Klimaeffekte des Waldes unter Beachtung von Nachhaltigkeit und Erhaltung der übrigen Ökosystemleistungen des Waldes langfristig gesichert und gestärkt werden könnten. Neben den Leistungen für Erholung und Erhaltung biologischer Vielfalt nehmen Wälder weitere Funktionen wahr, die auch für die Anpassung der Gesellschaft an den Klimawandel wichtig sind, wie z. B. Schutz vor zunehmender Lawinen- und Steinschlaggefahr,

Erosionsschutz, Wasserrückhalte- und Filterfunktion oder die Kühlfunktion für das Mikroklima in Ballungsräumen. Aufgrund der Wechselwirkungen von Waldspeicher, Holzproduktespeicher und Substitution klimaschädlicher Produkte (siehe Kapitel 4.3) scheint es im Bereich der Mitigation kaum möglich, die bestehenden Synergien zwischen dem Biodiversitätsschutz und dem Klimaschutz bei der Waldbewirtschaftung weiter zu steigern. Hierzu besteht derzeit noch hoher Forschungsbedarf. Eine eher begrenzte Möglichkeit, die es aber zu nutzen gilt, bieten der Schutz und die Wiedervernässung von Waldmooren. Umso wichtiger ist es sicherzustellen, dass der Wald entsprechend der politischen Zielsetzungen auch in Zukunft (wenn größere Anteile als aktuell in das Alter der Hiebreife gelangen) seine Senkenfunktion und seine Bedeutung für die biologische Vielfalt erhält, ohne dass Einbußen beim Klimaschutzziel auftreten. Im Bereich der Holzprodukte könnte durch einen Ausbau der Nutzungskaskade und ein Primat der stofflichen Verwendung die Substitutionsleistung insgesamt erhöht werden.

Angesichts der wachsenden Bedeutung der **Biomasse** als erneuerbarer Energieträger in Europa ist es wichtig, dass Bioenergie nur aus nachhaltig hergestellter und genutzter Biomasse gewonnen wird, d. h. einerseits müssen deutliche Treibhausgaseinsparungen im Vergleich zu fossilen Energieträgern sichergestellt sein und andererseits sollen die Natur und besonders schützenswerte Gebiete vor Inanspruchnahme und Zerstörung bewahrt werden. Entsprechende Anforderungen wurden bereits für Biokraftstoffe und flüssige Biobrennstoffe durch die EU-Richtlinie 2009/28/EG formuliert. Nun gilt es, diese Kriterien auch auf die festen und gasförmigen Bioenergieträger auszuweiten.

ABBILDUNG 31
(Foto: Franz Mairinger, Pixelio.de)



5.2 WEGE UND INSTRUMENTE DER UMSETZUNG

Für die instrumentelle Umsetzung der vorhandenen und noch zu entwickelnden Handlungsziele für ökosystembasierten Klimaschutz müssen bestehende und auch neue Instrumente analysiert werden; dies schließt die Betrachtung der Kohärenz und Finanzierung von Maßnahmen ein. Da eine umfassende Betrachtung von Instrumenten noch ausführlich im vierten Bericht von »Naturkapital Deutschland – TEEB DE« erfolgen wird, sollen an dieser Stelle dazu nur einige Anmerkungen gemacht werden, die sich insbesondere auf die Förderung von Synergieeffekten zwischen Klimaschutz, Anpassung an den Klimawandel und -> **NATURKAPITAL** beziehen:

- ▶ Die Situation in Deutschland ist durch ein ausdifferenziertes System von Instrumenten im Sinne eines Politikmixes gekennzeichnet, das weiterentwickelt und mit dem Ziel der Politikintegration angepasst werden muss. Dies erfordert eine bessere Koordinierung und Abstimmung des Planungs- und Ordnungsrechtes, eine Umorientierung der Förderpolitik, insbesondere im Bereich der Agrarpolitik, und eine Ergänzung durch marktwirtschaftliche Instrumente.
- ▶ Ein zentrales Instrument zur Förderung von Synergien wäre der Aufbau eines **Fonds für ökosystembasierte Klimapolitik**. Mit der Einrichtung eines solchen Fonds könnten vor allem prioritäre klima- und biodiversitätsbezogene Zielsetzungen, wie sie in Abschnitt 5.1

ABBILDUNG 32

(Foto: Metronom GmbH)



erläutert wurden, finanziert und umgesetzt werden. Mit der Einrichtung des »Waldklimafonds« ist hier bereits ein mögliches Muster entwickelt worden (siehe Kapitel 4.3). Aus ökonomischer Sicht sprechen insbesondere die Bündelung von Maßnahmen und die gezielten Möglichkeiten einer Prioritätensetzung für eine solche Fondslösung. Außerdem ist es wichtig, dass von den Ländern im Rahmen der von der Europäischen Union kofinanzierten Fonds zur Regionalentwicklung (EFRE) und ländlichen Entwicklung (ELER) auch konkrete Finanzierungsmöglichkeiten für Maßnahmen in besonders klimarelevanten Ökosystemen wie Moor- und Auenrenaturierungen angeboten werden. Auch Konzepte für den freiwilligen Kohlenstoffmarkt wie bei der Wiedervernässung von Mooren oder private Finanzierungsinstrumente für die Aufforstung (»Waldaktie«) sind innovative Konzepte, die breiter eingesetzt werden könnten.

- ▶ Aus den vorherigen Kapiteln dieses Berichts wurde zudem deutlich, dass der Schutz von intakten Mooren und Moorböden in Deutschland aus Klima- und Biodiversitätssicht überragende Bedeutung hat. Lösungen zu **klima- und biodiversitätsbezogenem Moorschutz und zur Wiedervernässung von Moorböden** könnten instrumentell im Rahmen bestehender Naturschutz- und Agrarumweltprogramme angestrebt werden; dazu müssten diese Programme allerdings in Bezug auf den Klimaschutz erweitert und weiterentwickelt werden. Auch wären neue Programme z. B. in Richtung Vertragsklimaschutz (analog zum Vertragsnaturschutz) zu erwägen, die direkt auf klimaschonende Moorbewirtschaftung ausgerichtet sind. Hierbei sollten auch -> **FLÄCHENPOOLS** und Ökokonten zur Umsetzung von -> **KOMPENSATIONSMASSNAHMEN** im Rahmen der **naturschutzrechtlichen -> EINGRIFFSREGELUNG** genutzt werden, sofern dies funktional ableitbar und berechtigt ist, so dass Klimaschutzziele und Ziele des Naturschutzes gleichzeitig umgesetzt werden können.
- ▶ Ein **Umbau der Agrarförderung** im Sinne des Klima- und Naturschutzes zielt vor allem auf die Schaffung von Anreizstrukturen ab, die mit den skizzierten Zielen einer ökosystembasierten Klimapolitik kohärent sind. Im Rahmen der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU, die 2015 in Kraft treten wird, wird verbal ein stärkerer Fokus auf Umwelt- und Klimabelange gelegt. So wird in der 1. Säule das »Greening« der Direktzahlungen eingeführt. Es gilt verpflichtend für jeden Landwirt, der eine Basisprämie beantragt, und umfasst 30 % der Direktzahlungen. Die drei »Greening«-Maßnahmen sind: Anbaudiversifizierung, Erhaltung von Dauergrünland und Nachweis von ökologischen Vorrangflächen. Das Grünlandumbruchverbot hat dabei eine besondere Klimaschutzwirkung und ist auch bedeutsam für den Naturschutz. Es gilt ein Umbruch- und Pflugverbot auf einzelbetrieblicher Ebene in umweltsensiblen Gebieten in und optional auch außerhalb von -> **NATURA 2000** -Gebieten, einschließlich

kohlenstoffreicher Böden. Allerdings können in der neuen Förderperiode erneut 5 % des Grünlandes in Acker umgebrochen werden; die Bezugsbasis ist nach wie vor die sich ebenfalls verändernde Ackerfläche, und es hängt sehr von der nationalen Umsetzung ab, ob tatsächlich ein effektiver Schutz erreicht wird. In der 2. Säule (Förderung der ländlichen Entwicklung) müssen die EU-Mitgliedsstaaten mindestens 30 % der Mittel für umweltbezogene Fördermaßnahmen ausgeben, darunter auch Klimamaßnahmen. Aus Sicht der Erhaltung von Naturkapital und Ökosystemleistungen sind die Ansätze zum »Greening« (und speziell zur Grünlanderhaltung) grundsätzlich zu begrüßen. Die Zielfestlegungen müssten allerdings verbindlich sein und daher in das nationale Ordnungsrecht überführt werden, denn ein Verzicht auf Direktzahlungen ermöglicht es Landwirten weiterhin, Grünlandumbruch vorzunehmen. Zudem sollte der Vollzug gestärkt werden. Insgesamt sind die Anreize für synergetische klima- und biodiversitätsbezogene Bewirtschaftungsformen weiter zu stärken, um anders gerichteten Marktkräften entgegenzuwirken.

- Für den Erhalt und die Renaturierung natürlicher und naturnaher **Fließgewässerökosysteme und Auen** stehen neben den Festlegungen über naturschutzrechtliche Schutzgebiete die Instrumente des Gewässerschutzes zur Verfügung, vor allem die Maßnahmenprogramme auf Grundlage der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Aus Sicht der Autoren werden die Möglichkeiten zur Deichrückverlegung und Bereitstellung von Überflutungsflächen als Maßnahmen für eine ökonomisch sinnvolle Anpassung an den Klimawandel derzeit zu wenig berücksichtigt. Es bleibt zu hoffen, dass sich dies durch die Entscheidung der Umweltminister der Länder für ein Nationales Hochwasserschutzprogramm in Folge der Hochwasserereignisse vom Juni 2013 ändert und Auenrenaturierungen als vorsorgender Hochwasserschutz in Zukunft auch tatsächlich konsequenter umgesetzt werden.

Konzepte und Instrumente für eine stärkere Berücksichtigung von Ökosystemen beim Klimaschutz und bei der Anpassung an den Klimawandel sind in Deutschland somit vorhanden. Entscheidend für die Umsetzung ist jedoch, dass die große Bedeutung, die das Naturkapital für einen effektiven und kostengünstigen Klimaschutz aufweist, erkannt und in Handlungsstrategien überführt wird. Der Abstimmung zwischen verschiedenen Sektoren und Bereichen, die bisher getrennt arbeiten, kommt dabei eine besondere Rolle zu.



ABBILDUNG 33 ▶ Naturnahe
Flussaue. (Foto: Vera Kuttelvaserova,
Fotolia.com)

GLOSSAR

BIODIVERSITÄT	-> Biologische Vielfalt
BIODIVERSITÄTSKONVENTION	Völkerrechtliches internationales Übereinkommen zum Schutz der Biologischen Vielfalt, unterzeichnet auf der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro (1992). Die drei gleichrangigen zentralen Ziele der CBD sind: <ul style="list-style-type: none"> ▶ Schutz der biologischen Vielfalt, ▶ Nachhaltige Nutzung ihrer Bestandteile, ▶ Zugangsregelung und gerechter Ausgleich von Vorteilen, welche aus der Nutzung genetischer Ressourcen entstehen (Access and Benefit Sharing, ABS).
BIOLOGISCHE VIelfALT	Die Vielfalt des Lebens auf unserer Erde (oder kurz: Biodiversität) ist die Variabilität lebender Organismen und der von ihnen gebildeten ökologischen Komplexe. Sie umfasst die folgenden drei Ebenen: 1) die Vielfalt an Ökosystemen beziehungsweise Lebensgemeinschaften, Lebensräumen und Landschaften, 2) die Artenvielfalt und 3) die genetische Vielfalt innerhalb der verschiedenen Arten.
DISKONTSATZ	Ein Zinssatz, der ausdrücken soll, wie zukünftige Nutzen und Kosten aus heutiger Sicht bewertet werden. Bei öffentlichen Projekten wird auch oft von einer »sozialen Zeitpräferenzrate« gesprochen. Eine Abzinsung zukünftiger Nutzen und Kosten wird im Allgemeinen nur dann als gerechtfertigt angesehen, wenn der Wohlstand einer Gesellschaft in Zukunft zumindest erhalten bleibt.
EINGRIFF	Eingriffe in Natur und Landschaft im Sinne des §14 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) sind Veränderungen der Gestalt oder Nutzung von Grundflächen, die die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts oder das Landschaftsbild erheblich oder nachhaltig beeinträchtigen können.
EINGRIFFS- UND AUSGLEICHS-REGELUNG	Die Eingriffs-Ausgleichs-Regelung basiert auf den Rechtsgrundlagen §§ 14 ff. des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG). Negative Eingriffe in Natur und Landschaft sollen vermieden und minimiert werden. Nicht vermeidbare Eingriffe sollen durch Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen kompensiert werden.
FFH-RICHTLINIE	Naturschutz-Richtlinie der Europäischen Union (Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992). Ziel der Richtlinie ist die Erhaltung wildlebender Tier- und Pflanzenarten, die Erhaltung ihrer Lebensräume sowie der Aufbau eines zusammenhängenden Systems von Schutzgebieten (Vernetzung, Natura 2000-Gebiete).

<p>Flächenpools sind eine Ansammlung von potenziellen Ausgleichsflächen, auf denen zukünftige Eingriffe durch geeignete Maßnahmen kompensiert werden können. Die Flächen werden für den Pool ausgewählt, bevorratet und in entsprechenden Flächennutzungsplänen dargestellt. Sie stellen somit die Angebotsseite für Kompensations- und Ausgleichmaßnahmen dar.</p>	FLÄCHENPOOL
<p>Kompensationsmaßnahmen im Sinne von »Ausgleichsmaßnahmen« und »Ersatzmaßnahmen« nach § 14 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) sind Naturschutzmaßnahmen, die als Kompensation für unvermeidbare und nicht-reduzierbare Eingriffe im Rahmen der Eingriffs- und Ausgleichsregelung durchgeführt werden. In einigen Bundesländern werden von privaten oder öffentlichen Trägern bereits durchgeführte oder noch durchzuführende Naturschutzmaßnahmen in Form von »Ökopunkten« an Bauvorhabenträger verkauft, die auf diese Weise ihrer gesetzlichen Pflicht zum Ausgleich oder Ersatz nachkommen können. Die Ökopunkte ähneln den Zertifikaten im Emissionshandel. Sie bilden die Wertigkeit durchgeführter Kompensationsmaßnahmen ab und können zum Teil auf einem sogenannten -> Ökokonto bevorratet werden.</p>	KOMPENSATIONS- MASSNAHMEN
<p>Leistungen von Ökosystemen mit Wirkung und Bedeutung für Erholung, ästhetisches Empfinden, spirituelle Erfahrungen, ethische Anforderungen, kulturelle Identität, Heimatgefühl, Wissen und Erkenntnis.</p>	KULTURELLE LEISTUNGEN
<p>Natura 2000 nennt man das EU-weite Netz von Schutzgebieten (Gebiete der Vogelschutzrichtlinie sowie der FFH-Richtlinie). Ziel ist der länderübergreifende Schutz gefährdeter wildlebender heimischer Pflanzen- und Tierarten und ihrer natürlichen Lebensräume. Aktuell umfasst das Natura 2000 Netzwerk 18 % der Landfläche der EU.</p>	NATURA 2000
<p>Umfasst die abiotischen Bestandteile (Boden, Wasser, Luft / Klima) und die biotischen Bestandteile der Natur (Organismen, Lebensräume und Lebensgemeinschaften) und deren Wechselwirkungen.</p>	NATURHAUSHALT
<p>Ökonomische Metapher für den begrenzten Vorrat an physischen und biologischen Ressourcen der Erde und die begrenzte Bereitstellung von Gütern und Leistungen durch Ökosysteme.</p>	NATURKAPITAL
<p>Entsteht, wenn diese Leistungen vom Menschen direkt oder indirekt in Anspruch genommen werden oder / und eine positive Bedeutung haben (-> direkter/indirekter Nutzwert, kulturelle Ökosystemleistungen).</p>	NUTZEN (VON ÖKOSYSTEM- LEISTUNGEN)
<p>Güter, die gleichzeitig durch verschiedene Personen genutzt werden können und deren Nutzung durch einzelne Personen die Nutzung durch andere Personen nicht beeinträchtigt, ohne dass weitere Personen von der Nutzung ausgeschlossen werden können oder sollen. Beispiele sind das öffentliche Straßennetz, innere Sicherheit, saubere Luft und Erholung in der freien Landschaft.</p>	ÖFFENTLICHE GÜTER

ÖKOKONTO	Im Ökokonto werden vorab durchgeführte, bevorratete Kompensationsmaßnahmen, mit denen zukünftige Eingriffe in Natur und Landschaft ausgeglichen oder ersetzt werden sollen, in Form von Ökopunkten aufgeführt. Ein Landbesitzer kann Ökopunkte geltend machen, wenn er geeignete Maßnahmen durchführt und den dauerhaften Schutz der Fläche garantiert. Ein Bauvorhabenträger erwirbt je nach Schwere und Art des Eingriffs geeignete Ökopunkte, um seiner Kompensationsverpflichtung nachzukommen. Er muss somit den Ausgleich und Ersatz nicht selbst durchführen und kann mitunter Transaktionskosten sparen.
ÖKONOMISCHE BEWERTUNG	Einschätzung des Werts eines Gutes oder einer Leistung in einem spezifischen Kontext, oft in monetären Größen. Die ökonomische Bewertung orientiert sich an den Präferenzen der Betroffenen. Ökonomische Bewertungen werden häufig zu Kosten-Nutzen-Analysen zusammengefasst. Wenn nicht alle Leistungen oder Effekte monetär bewertet werden (können), werden andere Verfahren, wie z. B. die Kosten-Wirksamkeitsanalyse, genutzt.
ÖKOSYSTEM	Bezeichnet die Bestandteile eines abgegrenzten Naturraumes (z. B. niedersächsisches Wattenmeer) oder eines bestimmten Naturraumtyps (z. B. nährstoffarmes Fließgewässer) und deren Wechselwirkungen. Der Begriff kann sich auf verschiedene räumliche Ebenen (lokal, regional) beziehen und umfasst sowohl (halb-)natürliche (z. B. ungestörte Hochmoore) und naturnahe (z. B. Kalkmagerrasen) als auch stark menschlich geprägte Ökosysteme (zum Beispiel Agrarökosysteme).
ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN	Bezeichnet direkte und indirekte Beiträge von Ökosystemen zum menschlichen Wohlergehen, das heißt Leistungen und Güter, die dem Menschen einen direkten oder indirekten wirtschaftlichen, materiellen, gesundheitlichen oder psychischen Nutzen bringen. In Abgrenzung zum Begriff Ökosystemfunktion entsteht der Begriff Ökosystemleistung aus einer anthropozentrischen Perspektive und ist an einen Nutzen des Ökosystems für den Menschen gebunden. Der Begriff beinhaltet die häufig verwendeten Begriffe »Ökosystemdienstleistung« und »ökosystemare Güter und Leistungen« und entspricht dem englischen Begriff der »ecosystem goods and services«.
OPPORTUNITÄTSKOSTEN	Entgangene Vorteile einer nicht gewählten (alternativen) Nutzung zum Beispiel von Land oder Ökosystemen, etwa Gewinne aus einer landwirtschaftlichen Nutzung, die man weitergeführt hätte, wenn ein Gebiet nicht als Aue renaturiert worden wäre.
REGULIERUNGSLEISTUNGEN	Leistungen von Ökosystemen, die auf (andere) Elemente und Prozesse von Ökosystemen einwirken, die (direkten) Nutzen für den Menschen haben, z. B. die Filterwirkung von Bodenschichten auf die Grundwasserqualität, oder der Beitrag einer Hecke zur Verringerung der Bodenerosion.

Maßnahmen, die anthropogen veränderte Lebensräume in einen naturnäheren Zustand überführen.

RENATURIERUNG

The Economics of Ecosystems and Biodiversity. Die internationale TEEB-Studie wurde von Deutschland im Rahmen seiner G8-Präsidentschaft im Jahr 2007 gemeinsam mit der EU-Kommission initiiert und mit Hilfe zahlreicher weiterer Institutionen unter der Schirmherrschaft des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) durchgeführt. Ziel der TEEB-Studie war es, den ökonomischen Wert der Leistungen der Natur abzuschätzen, die wirtschaftlichen Auswirkungen der Schädigung von Ökosystemen zu erfassen und ausgehend davon die Kosten eines Nicht-Handelns zu verdeutlichen.

TEEB

Versorgungsleistungen bezeichnen den Beitrag von Ökosystemleistungen zur Erzeugung von Gütern und Dienstleistungen, die zur Versorgung dienen (zum Beispiel Nahrung, Frischwasser, Feuer- und Bauholz) und häufig über Märkte gehandelt werden.

VERSORGUNGSLEISTUNGEN

Der Begriff wurde vor allem durch das globale »Millennium Ecosystem Assessment« geprägt (»human wellbeing« [43]). Er bezeichnet das, was »Lebensqualität« ausmacht und umfasst grundlegende materielle Güter, Gesundheit und körperliches Wohlbefinden, gute soziale Beziehungen, Sicherheit, innere Ruhe und Spiritualität sowie Entscheidungs- und Handlungsfreiheit.

**WOHLERGEHEN / MENSCHLICHES
WOHLERGEHEN**

Einschätzung eines Geldbetrags, den man u. a. für die Bereitstellung öffentlicher Güter wie zum Beispiel für den Schutz bedrohter Arten, die in der Regel keinen Marktpreis haben, zu zahlen bereit ist.

ZAHLUNGSBEREITSCHAFT

Eine ökonomische Methode zur Erfassung der Zahlungsbereitschaft, die auf Befragungen beruht. Aus dem englischen Sprachgebrauch stammt der Begriff »Kontingente Bewertung«, da es sich um ein Erfragen der Zahlungsbereitschaft unter bestimmten (kontingenten) Bedingungen handelt. Zahlungsbereitschaften lassen sich durch unterschiedliche Methoden erfassen. Die Zahlungsbereitschaftsanalyse ist lediglich eine dieser Methoden.

**ZAHLUNGSBEREITSCHAFTS-
ANALYSE**

LITERATURVERZEICHNIS

1. MACE, G., MASUNDIRE, H., BAILLIE, J. (2005): Biodiversity. In: Millennium Ecosystem Assessment, Current State and Trends, Island Press, Washington, D.C., 77–122.
2. BFN (2012): Daten zur Natur 2012. Bundesamt für Naturschutz. Landwirtschaftsverlag, Münster.
3. BRAAT, L., TEN BRINK, P. (HRSG.) (2008): The cost of policy inaction (COPI): The case of not meeting the 2010 biodiversity target. Study for the European Commission, DG Environment under contract: ENV.G.1/ETU/2007/0044. Wageningen, Brussels.
4. STERN, N. (2007): The economics of climate change: the Stern review. Cambridge University Press, Cambridge.
5. DE GROOT, R., FISHER, B., CHRISTIE, M., ARONSON, J., BRAAT, L., GOWDY, J., HAINES-YOUNG, R., MALTBY, E., NEUVILLE, A., POLASKY, S., PORTELA, R., RING, I. (2010): Integrating the Ecological and Economic Dimensions in Biodiversity and Ecosystem Service Valuation. In: Pushpam Kumar (Hrsg.), The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. Earthscan, London and Washington, D.C., 9–40.
6. HAINES-YOUNG, R., POTSCHEIN, M. (2012): Common International Classification of Ecosystem Services (CICES 4V): Consultation Briefing Note. Paper prepared for discussion of CICES Version 4, August 2012.
7. IPCC (2012): Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, USA.
8. MOSBRUGGER, V., BRASSEUR, G., SCHALLER, M., STRIBNY, B. (HRSG.) (2012): Klimawandel und Biodiversität. Folgen für Deutschland. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
9. ESSL, F., RABITSCH, W. (HRSG.) (2013): Biodiversität und Klimawandel. Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa. Springer, Berlin, Heidelberg.
10. BMU (2013): Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2012 – Grafiken und Tabellen, Stand: Feb 2013 – unter Verwendung aktueller Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat). Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. <http://www.erneuerbare-energien.de/unsere-service/mediathek/downloads/detailansicht/artikel/entwicklung-der-erneuerbaren-energien-in-deutschland-im-jahr-2011>
11. BMU (2010): Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn.
12. HANSJÜRGENS, B. (2012): Instrumentenmix der Klima- und Energiepolitik: Welche Herausforderungen stellen sich? Wirtschaftsdienst Sonderheft 2012, 5–11.

13. FNR (2012): Jahresbericht Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. 2011/2012. Gülzow-Prüzen.
14. BUNDESVERBAND SOLARWIRTSCHAFT (2011): Landwirtschaftliche Flächen für Solarkraftwerke nutzen. Pressemitteilung, na presseportal.
15. BBSR (2010): Genügend Raum für den Ausbau erneuerbarer Energien? Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bonn.
16. TIETZ, A., BATHKE, M., OSTERBURG, B. (2012): Art und Ausmaß der Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Flächen für außerlandwirtschaftliche Zwecke und Ausgleichsmaßnahmen. Arbeitsberichte aus der TI-Agrarökonomie, 2012/05, Braunschweig.
17. UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2011): Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen. 1990 – 2010 (Endstand 14.12.2011). Dessau, Dezember 2011; sowie EEA (EUROPÄISCHE UMWELTAGENTUR) (2012): GHG Inventory 2012 Submission, Period 1990 to 2010, Germany. Reported 2012-01-13. http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/ghgmm/envtw7blw/index_html?page=1
18. WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT AGRARPOLITIK BEIM BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2011): Förderung der Biogaserzeugung durch das EEG.
19. HIRSCHFELD, J., WEISS, J., PREIDL, M., KORBUN, T. (2008): Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland. Schriftenreihe des IÖW 186/o8.
20. MATZDORF, B., REUTTER, M., HÜBNER, C. (2010): Bewertung der Ökosystemdienstleistungen von HNV-Grünland (High Nature Value Grassland): Gutachten-Vorstudie; Abschlussbericht Juni 2010. Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg.
21. REUTTER, M., MATZDORF, B. (2013): Leistungen artenreichen Grünlandes. In: Grunewald, K., Bastian, O. (Hrsg.): Ökosystemdienstleistungen – Konzepte, Methoden, Fallbeispiele. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 216 – 224.
22. FLESSA, H., MÜLLER, D., PLASSMANN, K., OSTERBURG, B., TECHEN, A.-K., NITSCH, H., NIEBERG, H., SANDERS, J., MEYER ZU HARTLAGE, O., BECKMANN, E., ANSPACH, V. (2012): Studie zur Vorbereitung einer effizienten und gut abgestimmten Klimaschutzpolitik für den Agrarsektor. vTI, Braunschweig.
23. OSTERBURG, B., NIEBERG, H., RÜTER, S., HAENEL, H.-D., HAHNE, J., KRENTLER, J.-G., PAULSEN, H.-M., SCHUCHARDT, F., SCHWEINLE, J., WEILAND, P. (2009): Erfassung, Bewertung und Minderung von Treibhausgasemissionen des deutschen Agrar- und Ernährungssektors. Arbeitsberichte aus dem vTI-Agrarökonomie 03/2009.
24. BMELV (2011): Die wirtschaftliche Lage der landwirtschaftlichen Betriebe, Buchführungsergebnisse der Testbetriebe. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Bonn; sowie THÜNEN-INSTITUT FÜR BETRIEBSWIRTSCHAFT (2013): Wirtschaftliche Lage ökologischer und konventioneller Vergleichsbetriebe. Wirtschaftsjahre 2008/09, 2009/10, 2010/11, 2011/12, auf

- Grundlage des Testbetriebsnetzes des Thünen-Instituts.
http://www.ti.bund.de/no_cache/de/startseite/institute/bw/projekte/betriebswirtschaftliche-analysen-oekologischer-landbau/analyse-der-wirtschaftlichen-lage-oekologisch-wirtschaftender-betriebe.html. Letzter Zugriff: 23.07.2013.
25. TOP AGRAR ONLINE (21.12.2011): <http://www.topagrar.com/news/Energie-News-Landschaftspflegematerial-wird-fuer-Biogasanlagen-interessant-633417.html> Letzter Zugriff: 8.1.2014.
26. GRÜNEWALD, H., SCHNEIDER, B.U., HÜTTL, R. (2009): Erzeugung von Biomasse durch Alley-Cropping. *Cottbuser Schriften zur Ökosystemgenese und Landschaftsentwicklung* 8, 151–205.
27. HEISSENHUBER, A., KANTELHARDT, J., OSINSK, E. (2003): Ökonomische Aspekte Ressourcen schonender landwirtschaftlicher Nutzung. In: Hempel, G., Röbbelen, G., Otte, A., Wissel, C. (Hrsg.): *Biodiversität und Landschaftsnutzung in Mitteleuropa*. Nova Acta Leopoldina NF 87/328, 17–31.
28. SRU (2012): *Verantwortung in einer begrenzten Welt*. Sachverständigenrat für Umweltfragen, Berlin.
29. 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* 84, 20–25.
30. HOOIJER, A., COUWENBERG, J. (2013): Towards robust subsidence-based soil carbon emission factors for peat soils in south-east Asia, with special reference to oil palm plantations. *Mires and Peat* 12, 1–13.
31. COUWENBERG, J., THIELE, A., TANNEBERGER, F., AUGUSTIN, J., BÄRISCH, S., DUBOVİK, D., LIASHCHYNSKAYA, N., MICHAELIS, D., MINKE, M., SKURATOVICH, A., JOOSTEN, H. (2011): Assessing greenhouse gas emissions from peatlands using vegetation as a proxy. *Hydrobiologia* 674, 67–89.
32. WICHTMANN, W., WICHMANN, S., TANNEBERGER, F. (2010): Paludikultur – Nutzung nasser Moore: Perspektiven der energetischen Verwertung von Niedermoorbiomasse. *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg* 19, 211–218.
33. WÜSTEMANN, H., MEYERHOFF, J., RÜHS, M., SCHÄFER, A., HARTJE, V. (2014): Financial costs and benefits of a program of measures to implement a National Strategy on Biological Diversity in Germany. *Land Use Policy* 36, 307–318.
34. LUMV (2009): *Konzept zum Schutz und zur Nutzung der Moore*. Fortschreibung des Konzeptes zur Bestandssicherung und zur Entwicklung der Moore in Mecklenburg-Vorpommern (Moorschutzkonzept). Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern (LUMV), Schwerin.
35. SCHÄFER, A. (2009): Moore und Euros – die vergessenen Millionen. *Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie* 43, 156–160.
36. BMELV (2011): *Waldstrategie 2020*. Nachhaltige Waldbewirtschaftung – eine gesellschaftliche Chance und Herausforderung.

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Berlin.

37. MANTAU, U. (2012): Holzrohstoffbilanz Deutschland. Entwicklungen und Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung von 1987 bis 2015, Thünen-Institut, Hamburg.
38. PONITKA, J., LENZ, V., THRÄN, D. (2011): Energetische Holznutzung. Aktuelle Entwicklungen vor dem Hintergrund von Klima- und Ressourcenschutz. BMELV Forschungsreport 1, 20–22.
39. BMELV (2012): Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland. Beitrag der Biomasse für eine nachhaltige Energieversorgung. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Bonn.
40. DUNGER, K., ROCK, J. (2009): Projektionen zum potenziellen Rohholzaufkommen. Ergebnisse einer Kohlenstoffinventur auf Bundeswaldinventur-Basis. AFZ–Der Wald 64, 1079–1081.
41. RÜTER, S., ROCK, J., KÖTHKE, M., DIETER, M. (2011): Wieviel Holznutzung ist gut fürs Klima? AFZ–Der Wald 15, 19–21.
42. BMU/BFN (2009): Auenzustandsbericht. Flussauen in Deutschland. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit & Bundesamt für Naturschutz.
43. MA (2005): Millennium ecosystem assessment. Ecosystems and human well-being: Synthesis. Island Press, Washington, D.C.
44. SCHOLZ, M., MEHL, D., SCHULZ-ZUNKEL, C., KASPERIDUS, H.D., BORN, W., HENLE, K. (2012): Ökosystemfunktionen von Flussauen – Analyse und Bewertung von Hochwasserretention, Nährstoffrückhalt, Kohlenstoffvorrat, Treibhausgasemissionen und Habitatfunktion. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
45. GROSSMANN, M., HARTJE, V.J., MEYERHOFF, J. (2010): Ökonomische Bewertung naturverträglicher Hochwasservorsorge an der Elbe. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
46. LE QUÉRÉ, C., ANDRES, R.J., BODEN, T., CONWAY, T., HOUGHTON, R.A., HOUSE, J.I. ET AL. (2012): The global carbon budget 1959–2011. Earth System Science Data Discussion 5, 1107–1157.
47. REESE, S., MARKAU, H.-J., STERR, H. (2002): Mikroskalige Evaluation der Risiken in überflutungsgefährdeten Küstenniederungen. Forschungsprojekt im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und des Ministeriums für ländliche Räume, Landesplanung, Landwirtschaft und Tourismus des Landes Schleswig-Holstein.
48. BEIL, T., HAMPICKE, U., KOWATSCH, A. (2010): Ökonomische Bewertung der Biodiversität von Salzgrasland. In: Schickhoff, U., Seiberling, S. (Hrsg.): Entwicklung der Biodiversität in Salzgrasländern der Vorpommerschen Boddenlandschaft. Bundesamt für Naturschutz, Bonn, 268–311.

HINWEIS ZUR LANGFASSUNG

Der vorliegende »Kurzbericht für Entscheidungsträger« beruht auf der Studie **Naturkapital Deutschland – TEEB DE (2015): Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte**, die 2015 erscheint und an der folgende Autorinnen, Autoren und Gutachter mitgewirkt haben:

Herausgeber:

Volkmar Hartje, Henry Wüstemann, Aletta Bonn

Autorinnen und Autoren:

Kapitel 1: Naturkapital und Klimapolitik: Einleitung

Irene Ring, Henry Wüstemann (Koordination); Lisa Biber-Freudenberger, Aletta Bonn, Nils Droste, Bernd Hansjürgens

Kapitel 2: Methodische Grundlagen zu Ökosystemleistungen und ökonomischer Bewertung

Irene Ring, Henry Wüstemann (Koordination); Aletta Bonn, Karsten Grunewald, Ulrich Hampicke, Volkmar Hartje, Kurt Jax, Stefan Marzelli, Jürgen Meyerhoff, Burkhard Schweppe-Kraft

Kapitel 3: Ökosystemleistungen, Biodiversität und Klimawandel: Grundlagen

Katrin Vohland, Ulrike Doyle (Koordination); Christian Albert, Christine Bertram, Lisa Biber-Freudenberger, Aletta Bonn, Miriam Brenck, Benjamin Burkhard, Johannes Förster, Elmar Fuchs, Carolin Galler, Christina von Haaren, Pierre L. Ibisch, Timo Kaphengst, Christian Klassert, Reinhard Klenke, Stefan Klotz, Stefan Kreft, Ingolf Kühn, Elisabeth Marquard, Dietmar Mehl, Insa Meinke, Karin Naumann, Marcus Reckermann, Katrin Rehdanz, Stefan Rüter, Wiebke Saathoff, Julia Saueremann, Mathias Scholz, Uwe Schröder, Ralf Seppelt, Daniela Thrän, Felix Witing

Kapitel 4: Landwirtschaft: Emissionen reduzieren, Grünlandumbruch vermeiden und Bioenergie umweltfreundlich nutzen

Bernhard Osterburg (Koordination); Jochen Kantelhardt, Horst Liebersbach, Bettina Matzdorf, Michaela Reutter, Norbert Röder, Lena Schaller

Kapitel 5: Klimaschutz durch Wiedervernässung von kohlenstoffreichen Böden

Aletta Bonn (Koordination); Augustin Berghöfer, John Couwenberg, Matthias Drösler, Rita Jensen, Jochen Kantelhardt, Vera Luthardt, Thorsten Permien, Norbert Röder, Lena Schaller, Burkhard Schweppe-Kraft, Franziska Tanneberger, Michael Trepel, Sabine Wichmann

Kapitel 6: Klimaschutz als Ökosystemleistung des Waldes in Deutschland: Wie tragen deutsche Wälder zum Schutz der Atmosphäre bei?

Peter Elsasser (Koordination); Matthias Bösch, Georg Leefken, Bernhard Möhring, Till Pistorius, Joachim Rock, Sebastian Rüter, Bettina Schröppel

Kapitel 7: Die Rolle von Auen und Fließgewässern für den Klimaschutz und die Klimaanpassung

Alexandra Dehnhardt, Mathias Scholz, Dietmar Mehl (Koordination); Uwe Schröder, Elmar Fuchs

Kapitel 8: Die Rolle der Küsten und Meere für Klimawandelmitigation und -anpassung

Christine Bertram, Ralf Döring, Katrin Rehdanz (Koordination); Jacobus Hofstede, Astrid Kowatsch

Kapitel 9: Synergien und Konflikte von Klimapolitik und Naturschutz: Zusammenfassung und Handlungsoptionen

Bernd Hansjürgens, Henry Wüstemann (Koordination); Christine Bertram, Aletta Bonn, Alexandra Dehnhardt, Ralf Döring, Ulrike Doyle, Peter Elsasser, Volkmar Hartje, Rita Jensen, Bernhard Osterburg, Katrin Rehdanz, Norbert Röder, Mathias Scholz, Daniela Thrän, Katrin Vohland

Gutachterinnen und Gutachter:

Olaf Christen, Matthias Dieter, Thomas Ehlert, Klaus Glenk, Felix Grützmacher, Ulrich Hampicke, Stefan Heiland, Eckhard Heuer, Thomas Hickler, Karin Holm-Müller, Eduard Interwies, Rainer Kant, Stephan von Keitz, Stefan Mann, Günter Mitlacher, Klaus Müller, Georg Rast, Achim Schäfer, Christian Schleyer, Ernst-Detlef Schulze, Karsten Schwanke, Reimund Schwarze, Klement Tockner, Christine Wenzel

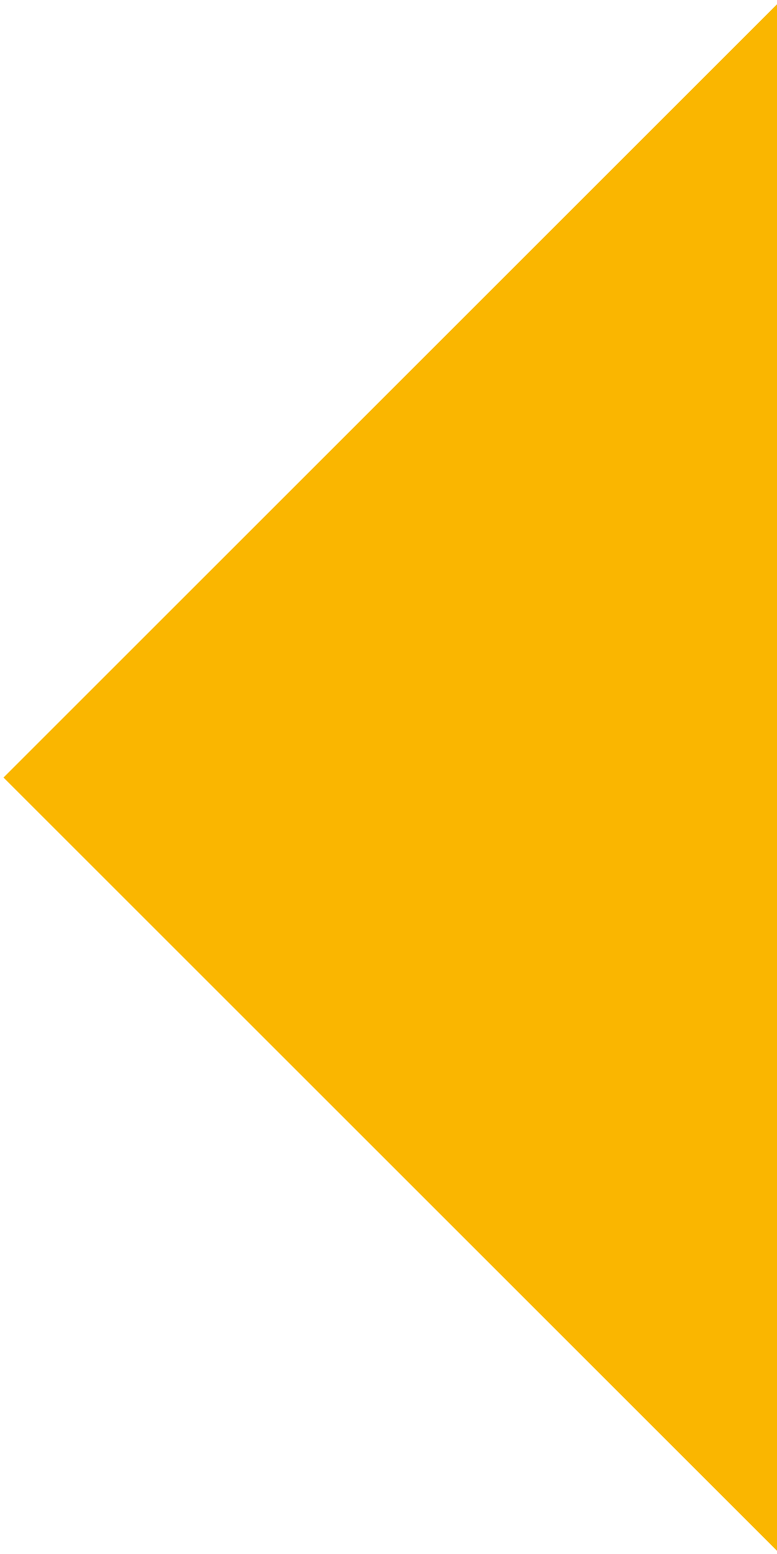
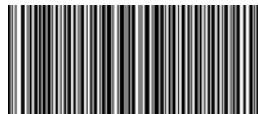




Foto: Marco Barnebeck, Pixelio.de



978-3-944260-10-3