



# Wechselwirkungen zwischen Landnutzung und Klimawandel

Nachhaltiges Landmanagement in Deutschland:  
Sachstand und Perspektiven

# CC-LandStraD – Landnutzung und Klimawandel in Deutschland

## Einführung

Deutschland verfügt über eine Landesfläche von 35 Millionen Hektar, die insbesondere zur Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln, von Holz und nachwachsenden Rohstoffen intensiv genutzt wird. Darüber hinaus werden Flächen für Wohnen, Mobilität, Gewerbe und Industrie gebraucht. Dies erfolgt seit Jahrzehnten kontinuierlich zu Lasten der landwirtschaftlich genutzten Fläche. Auf den verbleibenden produktiven Flächen nimmt die Nutzungsintensität aufgrund der vielfältigen Ansprüche und der weltweit steigenden Nachfrage nach Agrarprodukten und Rohstoffen für die energetische Nutzung zu, was sich auf die Natur und Umwelt auswirkt.

Angesichts der Veränderungen des globalen Klimas gewinnt zudem der Klimaschutz an Bedeutung. Wesentliche Aspekte sind dabei:

- (1) Durch die Landnutzung und Landnutzungsänderungen werden rund 10 % der deutschen Treibhausgase (THG) emittiert. Wesentliche Quellen in diesem Bereich sind direkte und indirekte Lachgasemissionen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen (ca. 30 %), Lachgas- und Methanemissionen aus der Tierhaltung (18 %) und dem Wirtschaftsdüngermanagement (7 %) sowie Treibhausgasflüsse organischer Böden (ca. 40 %) (UBA 2011).
- (2) In Biomasse wird Kohlendioxid gebunden und gespeichert und wirkt so dem Klimawandel entgegen.
- (3) Die Land- und Forstwirtschaft, aber auch Siedlungen (insbesondere verdichtete Großstädte) sind unmittelbar vom Klimawandel betroffen.

Das Forschungsprojekt CC-LandStraD untersucht den Beitrag nachhaltiger Landmanagementstrategien zum Klimaschutz unter Berücksichtigung unterschiedlicher gesellschaftlicher Ansprüche an die Landnutzung. Dabei werden alle wesentlichen Land nutzenden Sektoren – Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Siedlungswesen – betrachtet und deutschlandweit regional differenziert analysiert. Die unterschiedlichen globalen Entwicklungen, die auf die Landnutzung wirken, werden durch das Koordinationsvorhaben GLUES bereitgestellt. Die Auswirkungen von Maßnahmen sowie nachhaltiger Landnutzungsstrategi-

en auf die betrachteten Sektoren sowie die Natur und Umwelt werden mit Hilfe eines Verbundes biophysikalischer und sozioökonomischer Modelle analysiert, die die komplexen Einflussfaktoren und Wechselwirkungen aufzeigen. Beispielsweise setzt eine flächengenaue Bewertung der Klimarelevanz verschiedener Landnutzungsstrategien Kenntnisse möglicher sektoraler Flächenentwicklungen voraus (Modelle: LAND USE SCANNER, RAUMIS, FOBEMO). Ferner werden Schnittstellen zwischen THG-Emissionsmodellen (MODE, MODEDAILY, GAS-EM), agrar- und forstökonomischen Modellen (RAUMIS, FOBEMO) sowie biophysikalischen Modellen (SWIM, 4C) im CC-LandStraD-Modellverbund etabliert, um die Interaktionen dieser Prozesse abzubilden. Die Ergebnisse der modellgestützten Analysen bilden eine Grundlage für die Bewertung von Maßnahmen und Landnutzungsstrategien. Bewertet werden die Maßnahmen und entwickelten nachhaltigen Landnutzungsstrategien aus der Perspektive von regionalen und nationalen Akteuren der Landnutzung, aus fachlicher Sicht der Raum- und Umweltplanung, von Bürgern durch eine projektübergreifende deutschlandweite Bevölkerungsbefragung und in Hinblick auf Kosten-Nutzen-Aspekte.

Das CC-LandStraD-Projektteam erarbeitet weiterführende Ergebnisse in unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen. Hierzu werden Verbände und private Akteure der Landnutzung intensiv und kontinuierlich in den Projektfortgang eingebunden. Neben der gesamtdeutschen Perspektive werden in den beiden Fallbeispielregionen Altmark (Landkreis Stendal/Altmarkkreis Salzwedel) und Rhein (Rheinisch-Bergischer/Rhein-Sieg-Kreis) regionale Bedingungen und Gestaltungsmöglichkeiten einer nachhaltigen Landnutzung untersucht.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert CC-LandStraD im Forschungsprogramm Nachhaltiges Landmanagement (Modul A). Darüber hinaus wird das Projekt durch die Bundesministerien für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) sowie für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) im nationalen Beteiligungsprozess begleitet.

Diese Publikation gibt einen Überblick über die einzelnen Themenbereiche in CC-LandStraD und den derzeitigen Forschungsstand zur Ableitung nachhaltiger Landnutzungsstrategien in Deutschland. ■

### QUELLE:

UBA (2011): *Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2011. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 - 2009.* Umweltbundesamt. Dessau

## Beteiligung der Akteure

/ KLIMAWANDEL: NUR EINE HERAUSFORDERUNG UNTER ANDEREN

/ DIALOG ZWISCHEN WISSENSCHAFT UND PRAXIS VOR ORT



## Klimawandel: Nur eine Herausforderung unter anderen

Nachhaltiges Landmanagement aus der Sicht der Akteure auf Bundesebene

VON MEIKE HELLMICH UND ANNETT STEINFÜHRER — Durch die Einbindung bundesweit tätiger Organisationen der Landnutzung (Verbände, Behörden, Ministerien) aus den Sektoren Forstwirtschaft, Landwirtschaft, Natur- und Umweltschutz sowie Siedlung in das Projekt kann die gesellschaftliche Akzeptanz und Umsetzbarkeit von Maßnahmen bei der Entwicklung von Szenarien und Managementstrategien für eine klimawandelangepasste und klimaschützende Landnutzung geprüft werden. Eine systematische Recherche in den Sektoren Land- und Forstwirtschaft, Siedlung, Verkehr, Wasserwirtschaft sowie Natur- und Umweltschutz erbrachte ein Spektrum von fast 150 bundesweit tätigen Organisationen. Auf der Basis von Workshops und qualitativen Interviews mit relevanten Akteuren der Landnutzung aus Verbänden und Verwaltung wurden sektorspezifische Wahrnehmungen sowie Bewertungen des Klimawandels und seiner Verschränkungen mit Landnutzungsfragen erhoben und zusammenge-

fasst. Dabei wurde deutlich, dass eine klimaschützende und klimawandelangepasste Landnutzung stets in Ausgleich und Abwägung mit anderen Aktivitäten und Prioritäten zu bringen ist: in der Land- und Forstwirtschaft mit den ökonomischen Interessen der Landnutzer oder politischen Rahmenbedingungen und in den Städten und Gemeinden in Auseinandersetzung mit der demographischen Entwicklung oder der Gewährleistung von Daseinsvorsorgeeinrichtungen. Vor diesem Hintergrund wurden die vom Projektkonsortium als für eine nachhaltige Landnutzung geeignet erachteten Maßnahmen durch die eingebundenen Interessenvertreter aus ihrer spezifischen Perspektive kritisch geprüft, modifiziert und zum Teil verworfen.

„ Dass dann wirklich alle Wirkungen, die auf die Fläche wirken, dann auch mit einbezogen werden, und dass man nicht, ja, Scheuklappen hat und sagt, wir sehen die Insel Deutschland. “

ERWARTUNGEN VON AKTEUREN AN CC-LandStraD

Im Jahr 2013 wird der nationale Beteiligungsprozess mit Workshops und Interviews fortgesetzt, um weitere Modellierungsergebnisse des Projektes durch die beteiligten Organisationen kritisch zu reflektieren. ■



## Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis vor Ort

Regionale Beteiligung am Projekt CC-LandStraD

VON WIBKE CREWETT UND ROSEMARIE SIEBERT — Eine klimaschützende und klimawandelangepasste regionale Landnutzung hat sich an den Rahmenbedingungen und den Gestaltungsmöglichkeiten vor Ort zu orientieren, um spezifische Konfliktlinien zu berücksichtigen und akzeptierte sowie lokal umsetzbare Landnutzungsstrategien zu entwickeln. In den Fallbeispielregionen Altmark und Rhein erfolgt dies mit Hilfe eines partizipativen bottom-up-Ansatzes, in dem die Interessen und Präferenzen der lokalen Akteure einbezogen werden. Daher wurde ein intensiver Wissenschaft-Praxis-Dialog über regional angepasste Anpassungs- und Vermeidungsmaßnahmen im Hinblick auf den Klimawandel angestoßen. Zunächst wurden die lokalen Rahmenbedingungen und relevanten Akteure in den Fallbeispielregionen identifiziert, 46 Experteninterviews zu den Vorstellungen hinsichtlich klimaschützender und klimawandelangepasster Landnutzung geführt und ausgewertet. Die dabei genannten Maßnahmen wurden im Rahmen von acht Fokusgruppendifkussionen in beiden Fallbeispielregionen kritisch diskutiert und ergänzt, um ihre Relevanz und die Präferenzen der regionalen Akteure zu bestimmen.

Klimawandel wird in den Regionen als Herausforderung, aber auch als Chance für die Landnutzung wahrgenommen. Es besteht ein großer Wissensbedarf hinsichtlich der Klimawirksamkeit einzelner Maßnahmen.

Eine erste Bestandsaufnahme erbrachte rund 50 Maßnahmenvorschläge. Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel überwiegen hierbei deutlich. Insbesondere zeigte sich, dass viele Praktiker in der Land- und der Forstwirtschaft Maßnahmen, die der Intensivierung der Produktion dienen, bevorzugen. Dies fördert Konflikte mit Vertretern von Naturschutzinteressen, die Nutzungsexpensivierungen befürworten. Im Hinblick auf die gesellschaftliche Akzeptanz deutet sich eine geringe Präferenz für landschaftsverändernde Maßnahmen an, wie z.B. der großflächige Anbau von Energiepflanzen; weniger sichtbare Maßnahmen, wie z.B. eine intensivere Durchforstung des Waldes, erhalten mehr positive Resonanz.

„Mein Eindruck ist, dass Empfehlungen im Bereich der Klimaforschung und konkreter Fallstudien in Regionen trotz umfangreicher Forschung und detaillierter Daten häufig sehr vage sind.“

ERWARTUNGEN VON AKTEUREN AN CC-LandStraD

Die umfangreichen Aktivitäten des regionalen Beteiligungsprozesses sollen die Relevanz des Themas für Praktiker vor Ort erkennbar und den Beteiligungsprozess nachvollziehbar gestalten sowie Wege für eine Beteiligung von Praktikern eröffnen. Bisher ist die Integration von Interessen und Anliegen regionaler Akteure in den Forschungsprozess gut gelungen. Es besteht eine hohe Übereinstimmung zwischen den vom Projektteam zusammengestellten und den von regionalen Akteuren vorgeschlagenen Maßnahmen.

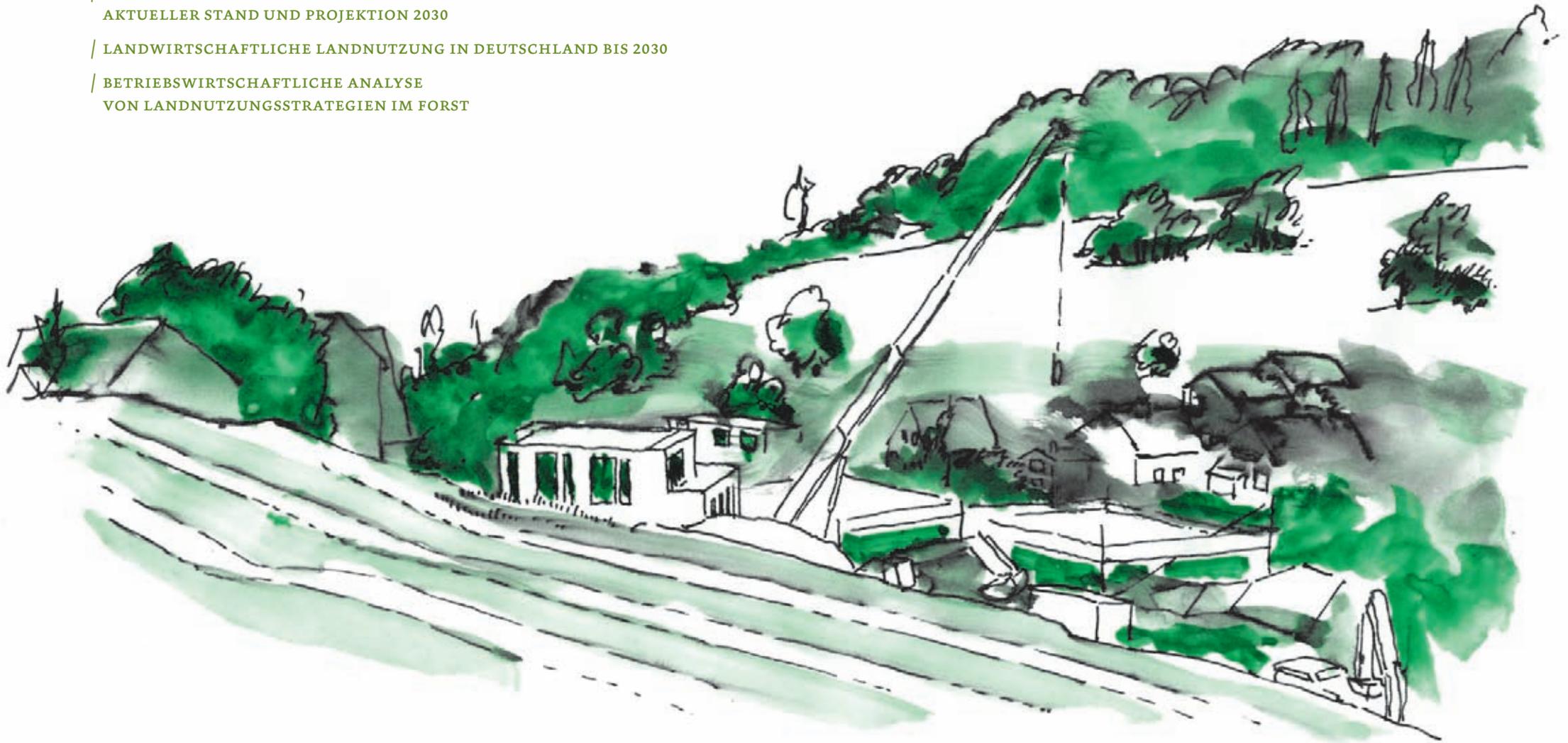
Im weiteren Projektverlauf werden aus den einzelnen identifizierten Maßnahmen kombinierte, regional angepasste und gleichzeitig sektorübergreifende Landnutzungsstrategien zum Umgang mit dem Klimawandel entwickelt. Hierzu wird der Wissenschaft-Praxis-Dialog in intersektoralen Workshops weitergeführt. Besondere Bedeutung wird institutionellen Hemmnissen und Herausforderungen bei der Umsetzung der präferierten Landnutzungsstrategien beigegeben. |

## Landnutzung

/ SIEDLUNGSFLÄCHENENTWICKLUNG HEUTE UND MORGEN –  
AKTUELLER STAND UND PROJEKTION 2030

/ LANDWIRTSCHAFTLICHE LANDNUTZUNG IN DEUTSCHLAND BIS 2030

/ BETRIEBSWIRTSCHAFTLICHE ANALYSE  
VON LANDNUTZUNGSSTRATEGIEN IM FORST



## Siedlungsflächenentwicklung heute und morgen – aktueller Stand und Projektion 2030

Grundlagen für eine szenariobasierte Landnutzungsmodellierung

VON ROLAND GOETZKE — Wie entwickelt sich die Landnutzung in Deutschland in den nächsten 20 Jahren? Wie verändern sich Siedlungs- und Verkehrsflächen in diesem Zeitraum bei Berücksichtigung verschiedener Szenarioannahmen (z.B. was passiert, wenn wir in der Stadtentwicklung Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel berücksichtigen?), und welche Auswirkungen haben diese auf

land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen? Um diese Fragen zu beantworten, werden verschiedene Modellierungsansätze kombiniert.

Landnutzungsänderungen sind einerseits maßgeblich von einer durch sozio-ökonomische und demographische Faktoren bestimmten Nachfrage abhängig und andererseits von der lokalen Eignung für das Vorkommen einer bestimmten Landnutzung. Die regionale Nachfrage wurde mit Hilfe des umweltökonomischen Modells PANTA RHEI REGIO anhand von Trendprognosen auf Ebene der

Landkreise und kreisfreien Städte berechnet. Hierbei wurde deutlich, dass es zu einer Verschärfung der Unterschiede bei der Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsflächen kommen wird, wenn die Trends der vergangenen Jahre bis 2030 fortgeschrieben werden. In wenigen prosperierenden Regionen sinkt aufgrund des Bevölkerungszuwachses die Flächenausstattung pro Kopf: Dort zeichnen sich Flächennutzungskonflikte ab. In vielen ländlichen Regionen mit stark abnehmender Bevölkerung hingegen kann die fortschreitende Flächeninanspruchnahme dazu führen, dass die Infrastruktur nicht ausgelastet und die Daseinsvorsorge gefährdet ist.



Die lokale Eignung für Landnutzungsänderungen ist abhängig von der derzeit vorherrschenden Landnutzung und den vor Ort wirkenden lokalen sozioökonomischen und biophysikalischen Rahmenbedingungen. Die notwendigen (Geo-) Datensätze werden in einem Geoinformationssystem aufbereitet und fließen zusammen mit den Prognosen zur regionalen Nachfrage in ein Simulationsmodell (LAND USE SCANNER) ein, das die zu erwartenden Landnutzungsänderungen anhand ihrer Wahrscheinlichkeit im Raum verteilt. In dem Modellverbund aus PANTA RHEI REGIO und LAND USE SCANNER werden verschiedene raumwirksame Maßnahmen (z.B. die Schaffung neuer innerstädtischer Grünflächen oder Maßnahmen, die zu einem Rückgang der Flächeninanspruchnahme führen, wie die verstärkte Innenentwicklung) implementiert, die Rückschlüsse auf deren Beitrag zu Klimawandelanpassungs- und -vermeidungsstrategien zulassen. |

## Landwirtschaftliche Landnutzung in Deutschland bis 2030

Analysen mit dem erweiterten landwirtschaftlichen Regionalmodell RAUMIS

VON HORST GÖMANN, MARTIN HENSELER UND PETER KREINS —

Laut mittelfristiger Projektionen der FAO/OECD (2012) nimmt die Nachfrage nach Agrarrohstoffen für Nahrungs- und Futtermittel sowie für Bioenergie weltweit zu. Dies führt nach den Modellergebnissen des Koordinationsvorhabens GLUES für ein Referenzszenario (Baseline) bis zum Jahr 2030 zu deutlich steigenden Agrarpreisen. Diese lassen eine Erhöhung der Produktionsintensität in der Landwirtschaft in Deutschland erwarten, wodurch sich die Rahmenbedingungen in diesem Sektor für den Klimaschutz sowie Natur- und Umweltschutz verschlechtern dürften. Ferner setzt sich diesen Projektionen zufolge der Trend zu einer regionalen Spezialisierung der landwirtschaftlichen Produktion fort.

Die Auswirkungen auf die regionale Entwicklung der Landwirtschaft in Deutschland werden in CC-LandStraD mit dem agrarökonomischen Modell RAUMIS untersucht. Dabei wird die insgesamt rückläufige Entwicklung der landwirtschaftlichen Fläche zugunsten der Siedlungs- und Verkehrsfläche berücksichtigt, deren Zuwachs nach den Modellergebnissen von PANTA RHEI REGIO und LAND USE SCANNER regional unterschiedlich ausfällt. Die CC-LandStraD-Baseline bildet die Referenzsituation für die Analysen von Maßnahmen zur Vermeidung des Klimawandels in Deutschland, die sich in der Landwirtschaft angesichts der erwarteten Rahmenbedingungen und Entwicklungen auf regionale und standortangepasste Maßnahmen konzentrieren sollten. Die Voraussetzungen für die quantitativen Analysen im Bereich der Treibhausgas-Emissionen wurden durch entsprechende Weiterentwicklungen der Modelle geschaffen.

Die Treibhausgas-Emissionen, die aus der landwirtschaftlichen Produktion stammen, werden im Zusammenwirken von RAUMIS mit zwei Treibhausgasmodellen ermittelt. RAUMIS bildet die regionalen Umfänge der Pflanzenproduktion und Tierhaltung ab, auf deren Grundlage mit dem Modell MODE bzw. GAS-EM die regionalen Treibhausgas-Emissionen aus der Pflanzenproduktion bzw. Tierhaltung erfolgt. Mit der Erweiterung des Modells RAUMIS um die Verbindung zu den Modellen MODE und GAS-EM können die Treibhausgas-Emissionen der Referenzsituation sowie Szenarien mit Maßnahmen zur Vermeidung von Treibhausgas-Emissionen und des Klimawandels abgebildet werden. Es werden unterschiedliche Maßnahmen in der Landwirtschaft zur Vermeidung des Klimawandels mit Blick auf ihr jeweiliges Potenzial sowie Kosten und weitere Effekte für Natur und Umwelt untersucht. Die Maßnahmen umfassen sowohl Änderungen der landwirtschaftlichen Produktionsstruktur (z.B. Anbau alternativer Kulturen, wie z.B. Kurzumtriebsplantagen) als auch Anpassungen der Produktionsintensität (z.B. weniger Stickstoffdüngung). |

QUELLE:

OECD/FAO (2012), OECD-FAO Agricultural Outlook 2012-2021, OECD Publishing and FAO. [Http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2012-en](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2012-en)

## Betriebswirtschaftliche Analyse von Landnutzungsstrategien im Forst

Entwicklung des forstbetrieblichen Modells FOBEMO

VON NILS ERMISCH UND PETER ELSASSER — Welche Auswirkungen haben klimabedingt veränderte Produktionsbedingungen auf Forstbetriebe, und was bedeutet dies für die Bereitstellung von Rohholz? Wie wirkt sich eine Strategie zur verbesserten Kohlenstoffspeicherung in Waldökosystemen und nachgelagerten Sektoren aus? Die Beantwortung dieser Fragen erfolgt durch eine ökonomische Analyse. Ziel ist es, anhand forstlicher Modellbetriebe und langfristiger dynamischer Simulationen mögliche Klimaanpassungs- und Treibhausgasvermeidungsstrategien zu analysieren sowie die Auswirkungen auf Forstbetriebe und die Holzbereitstellung unter ökonomischen Aspekten zu quantifizieren.

Die föderal gestalteten Landeswaldgesetze und die mögliche Zuordnung des deutschen Waldes in drei Haupteigentümergruppen – staatlich, privat, kommunal, mit jeweils unterschiedlichen Zielsetzungen – erfordern die räumliche und strukturelle Differenzierung der Modellbetriebe für die 13 Flächenbundesländer. Der Datensatz der Bundeswaldinventur II wird für die Abbildung des Waldbestandes als naturale Produktionsgrundlage der Modellbetriebe verwendet. Die baumartenspezifische Betriebsausstattung dieser Betriebe wird auf Basis der dendrometrischen Bundeswaldinventur-Werte erstellt. Des Weiteren werden



die Kennzahlen des BMELV-Testbetriebsnetzes Forstwirtschaft verwendet, um mittels ökonomischer Parameter auf ein verändertes Produktions- und Marktverhalten der Forstbetriebe zu schließen. Zudem werden aktuelle Forschungsergebnisse zum forstlichen Nutzungsverhalten eingebunden, um das Einschlagsverhalten der Forstbetriebe unter dem Einfluss sich verändernder ökonomischer Bedingungen zu simulieren.

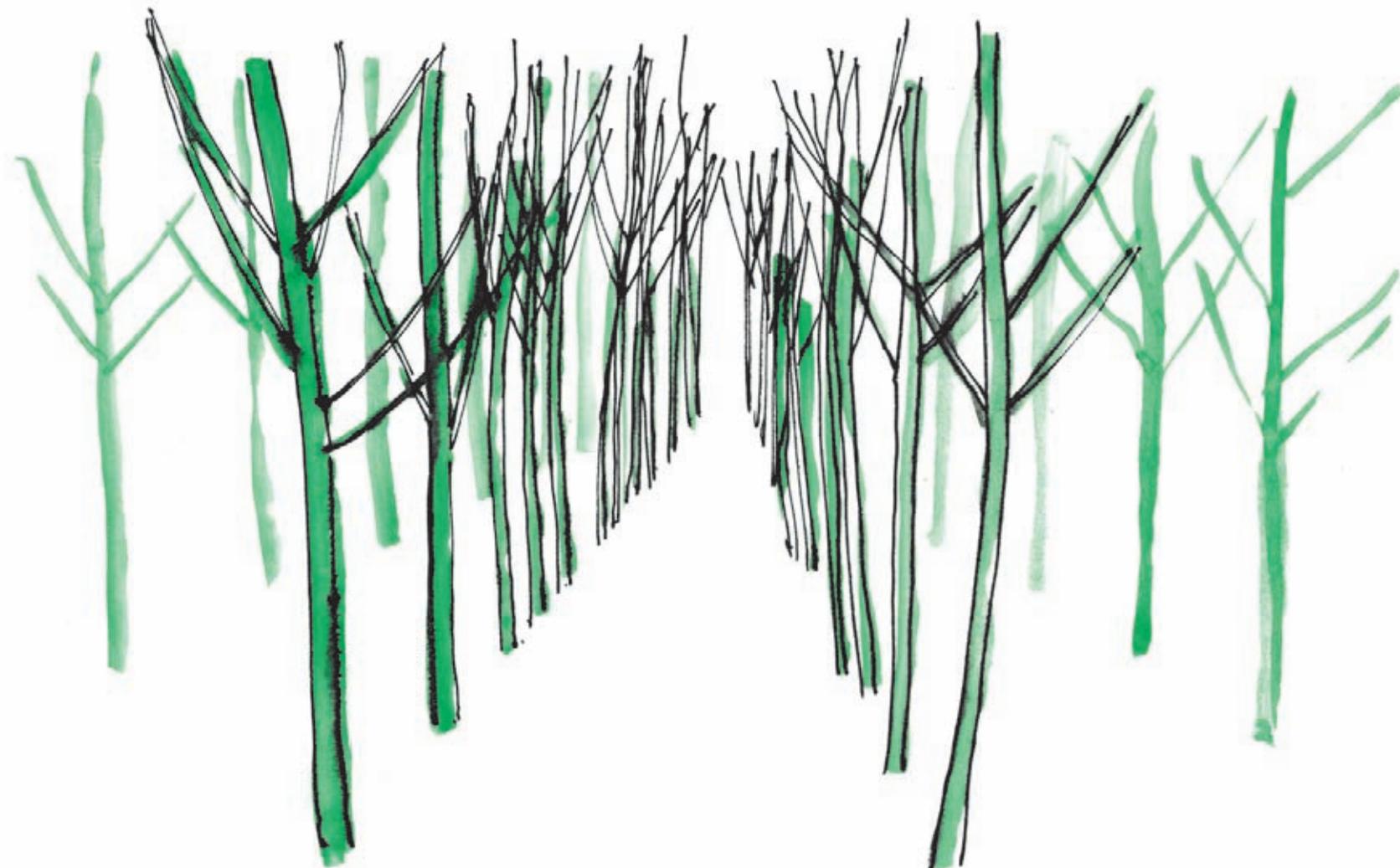
Die standörtlichen und insbesondere die klimatischen Bedingungen wurden in Kooperation mit dem Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung hergeleitet, um das Waldwachstum der Modellbetriebe klimasensitiv zu simulieren. Das Waldwachstumsmodell SILVA 2.2 und das Strugholtz-Englert-Forstbetriebsmodell werden an die Modellanforderungen angepasst und zum forstbetrieblichen Modell (FOBEMO) weiterentwickelt. Die Modellbetriebe mit den Modellbausteinen Waldbestand, ökonomische Betriebskennzahlen, Standort und Klima bilden das dynamische, forstbetriebliche Modell FOBEMO. |

## Biophysikalische Modellierung

/ AUSWIRKUNGEN VON LANDNUTZUNGS-  
UND KLIMAWANDEL IN DER LANDSCHAFT

/ RÄUMLICH DIFFERENZIERTE ABSCHÄTZUNG  
DIREKTER LACHGASEMISSIONEN AGRARISCH  
GENUTZTER BÖDEN

/ HIGH NATURE VALUE FARMLAND  
IN DEUTSCHLAND



## Auswirkungen von Landnutzungs- und Klimawandel in der Landschaft

Mögliche Folgen von Landnutzungs- und Klimaszenarien  
auf Wasserhaushalt, Kohlenstoff- und Stickstoffspeicherung

VON PIA GOTTSCHALK UND PETRA LASCH — Welchen Einfluss haben verschiedene Landnutzungsszenarien auf den Landschaftswasserhaushalt und die Kohlenstoff- und Stickstoffspeicherung? Diese Frage wird für landwirtschaftlich genutzte Flächen mit dem ökohydrologischen Modell SWIM und für forstwirtschaftlich genutzte Flächen mit dem Waldwachstumsmodell 4C bundesweit untersucht.

Ergebnisse für die flächenhafte Evaluierung landwirtschaftlicher Erträge und

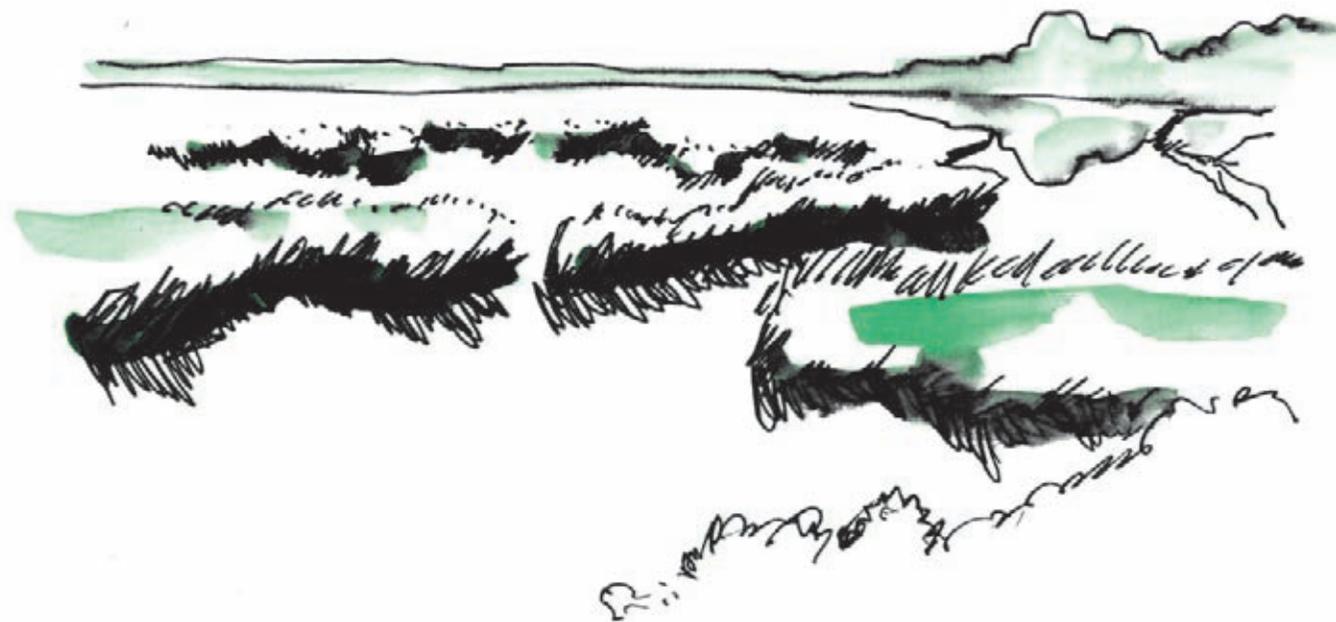
Ergebnisse für die standörtliche Bewertung verschiedener Komponenten des Wasser-, Kohlenstoff- und Stickstoffhaushaltes (z.B. aktuelle Evapotranspiration, Netto-Ökosystemaustausch von CO<sub>2</sub>) zeigen, dass das Modell SWIM geeignet ist, den Einfluss unterschiedlicher Fruchtfolgen und Bewirtschaftungsmethoden abzubilden. Dies wurde beispielhaft für das Elbe-Einzugsgebiet modelliert. Die Simulationen des Einflusses verschiedener Bewirtschaftungsmaßnahmen im Bereich Landwirtschaft erlauben, Aussagen hinsichtlich der Veränderung von Grundwasserneubildungsraten oder Humusakkumulation bzw. -verlust zu treffen.

Im Bereich Landwirtschaft wird das Modell SWIM für die Abschätzung der Auswirkungen von Landnutzungsmaßnahmen flächendeckend für Deutschland anwendbar sein. Es liefert damit Aussagen zur möglichen Veränderung der Landschaftskomponenten Wasser, Kohlenstoff, Stickstoff und landwirtschaftlicher Erträge unter verschiedenen Klimaszenarien in Kombination mit einzel-

nen Landnutzungsszenarien. Mit den Ergebnissen können die verschiedenen Ansprüche an die Landwirtschaft gegeneinander abgewogen und optimierte Strategien abgeleitet werden.

Für die Simulation des Wasser- und Kohlenstoffhaushalts im Bereich Forstwirtschaft werden mit dem validierten Waldwachstumsmodell 4C repräsentative Forstbestände auf Grundlage der verfügbaren Daten der Bundeswaldinventur II aufbereitet und deren Nutzbarkeit zunächst für ein Bundesland getestet. Die Datengrundlage wird benutzt, um repräsentative Waldbestände für Deutschland zu erzeugen, die mit dem Modell simuliert werden können. Sukzessive werden für alle Bundesländer die Auswirkungen von Landnutzungsszenarien, insbesondere in Form von Waldbewirtschaftungs- und Waldumbauszenarien, auf den Wasser- und Kohlenstoffhaushalt in den Wäldern unter den betrachteten Klimaszenarien analysiert.

Aufgrund der Modellsimulationen mit ausgewählten Landnutzungsszenarien und den in CC-LandStraD genutzten Klimaszenarien werden die Wirkung auf den Wasser- und Kohlenstoffhaushalt (ober- und unterirdische Biomasse, Totholz, Boden) einschließlich der Holzernte als einem wichtigen Kohlenstoffpool an ausgewählten Standorten bzw. für ausgewählte Regionen (Landkreise, Bundesland) analysiert. Die Simulationen bilden die Grundlage für Einschätzungen der Auswirkungen von Kohlenstoffspeicherungsoptionen durch Landnutzungsänderungen auf den regionalen Wasserhaushalt und die damit verbundenen Konflikte. Die Analysen ermöglichen Rückschlüsse auf die Wechselwirkung von Klima- und Landnutzungsänderung mit den Kohlenstoffpools und den Wasserflüssen sowie die Entwicklung geeigneter Anpassungsmaßnahmen. ■



## Räumlich differenzierte Abschätzung direkter Lachgasemissionen agrarisch genutzter Böden

Landnutzungsbedingte Treibhausgas-Emissionen:  
Modellierung und erste Ergebnisse

VON KATRIN BRAUTZSCH UND RENÉ DECHOW — In der Klimaberichterstattung sowie einer Vielzahl von Studien zur Bewertung der Klimarelevanz bestimmter landwirtschaftlicher Produkte bzw. Verfahren werden vereinfachende Emissionsfaktoransätze (IPCC 1996, 2006) zur Berechnung direkter und indirekter Lachgasemissionen aus landwirtschaftlichen Böden und allen relevanten Treibhausgasen landwirtschaftlich genutzter organischer Böden verwendet. Diese Ansätze vernachlässigen, dass die Treibhausgas-Emissionen von Standortbedingungen und Bewirtschaftung geprägt werden, die das Emissionspotential und Emissionsminderungspotential beeinflussen.

Der statistische Modellansatz MODE wurde entwickelt, um Lachgasemissionen mineralischer Böden und Treibhausgas-Emissionen organischer Böden besser vorhersagen und insbesondere die bei Emissionsfaktoransätzen bisher unberücksichtigten Faktoren wie z.B. Witterung und Bodeneigenschaften in die Modellierung integrieren zu können. MODE ist ein Ensemble von Fuzzy Decision Trees, das an empirischen Daten kalibriert wird. Darüber hinaus zeichnet sich die Modellstruktur durch eine hohe Flexibilität aus, die es ermöglicht, auch nichtlineare Beziehungen zwischen Zielgröße und Steuerfaktoren abzubilden.

Zur Vorhersage direkter Lachgasemissionen mineralischer Standorte wurden

die zwei Modellansätze MODE und MODE DAILY entwickelt. Dabei simuliert MODE direkte jährliche Lachgasemissionen in Abhängigkeit von Witterung, Bodeneigenschaften und Bewirtschaftung. MODE DAILY prognostiziert tägliche Lachgasemissionen in Abhängigkeit von Bodenwassergehalten, -temperaturen und Gehalten an mineralischem Stickstoff im Boden.

Landnutzungsbedingte Treibhausgas-Emissionen der CC-LandStraD-Referenzsituation (Baseline) wurden mit den herkömmlichen Methoden (IPCC 1996) und den entwickelten Modellen verglichen. Die Vergleichsstudie für die entwickelten Methoden zur Berechnung direkter Lachgasemissionen und herkömmliche Modellansätze für die Referenzsituation ergab, dass sich die Gesamtsummen direkter Lachgasemissionen landwirtschaftlich genutzter Flächen Deutschlands nur geringfügig unterscheiden. Jedoch führt die Berücksichtigung relevanter Umweltbedingungen wie Bodeneigenschaften und Witterung durch die entwickelten Modellansätze zu signifikant anderen räumlichen Verteilungsmustern der jährlichen Lachgasflüsse als die Anwendung des IPCC-Ansatzes. Während mit dem IPCC-Ansatz der Einfluss der Landnutzungsintensität (N-Düngung) auf direkte Lachgasemissionen an jedem Standort Deutschlands identisch ist, ermöglicht die entwickelte Methodik eine räumlich differenzierte Bewertung der Klimarelevanz von Landnutzungsintensität und Landnutzungsänderung.

Eine Bewertung der Klimarelevanz von Landnutzungsstrategien setzt eine lückenlose Quantifizierung landnutzungsbedingter Emissionen voraus. In diesem Sinne sind weitere Modellansätze in den Modellverbund CC-LandStraD zu integrieren. Dies betrifft insbesondere die Module zur Berechnung der Treibhausgas-Emissionen organischer Böden (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>). Darüber hinaus ist der Einfluss von Umweltbedingungen und Bewirtschaftung auf die Auswaschung reaktiver Stickstoffverbindungen als potentielle Quelle weiterer Lachgasemissionen zu untersuchen. |

#### QUELLEN:

IPCC (1996) in: *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, IGES, Japan.*

IPCC (2006) in: *Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K. (Eds.), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, IGES, Japan.*



## High Nature Value Farmland in Deutschland

Agrar- und Landschaftsstruktur  
als Indikatoren für Flächen mit hohem Naturwert

VON DOREEN GABRIEL UND SEBASTIAN KLIMEK — Der High Nature Value (HNV) Farmland-Indikator kennzeichnet Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert. In den Jahren 2009/2010 wurden dafür deutschlandweit circa 900 je 1×1 km<sup>2</sup> große Landschaftsausschnitte kartiert. Berücksichtigung fanden dabei 30 Variablen zu Boden, Landwirtschaft, Landnutzung, Landschaftsstruktur, Bevölkerung, Klima und Relief. Die Modellierungsergebnisse des Flächenanteils von HNV-Farmland auf den Stichprobenflächen zeigen, dass insbesondere bergige, grünlanddominierte Regionen mit niedriger bis mittlerer Intensität der Pflanzen- und Tierproduktion die höchsten Anteile an HNV-Farmland aufweisen. Die Extrapolation der Ergebnisse auf ein 1km-Raster für Deutschland ermöglicht eine flächendeckende Darstellung von landwirtschaftlichen Extensiv- und Intensiv-Regionen und damit eine Ausweisung von Regionen mit besonders hohem bzw. niedrigem Naturwert landwirtschaftlicher Flächen. Die bisherigen Analysen beschränken sich auf HNV-Nutzungs- und Lebensraumtypen, wie z.B. Grünland, Acker und Brache. Mit einer ähnlichen Methode soll die Verteilung von HNV-Landschaftselementen (z.B. Hecken, Feldraine, Gräben und Wasserläufe) analysiert und extrapoliert werden. Die Ergebnisse sollen für eine Abschätzung möglicher Folgen von klimaoptimierten Landnutzungsstrategien (z.B. vermehrter Grünlandanteil, veränderte Fruchtfolge, vermehrter Maisanbau) auf die Biodiversität in der Agrarlandschaft genutzt werden. |

## Bewertung

/ WIE WIRKEN MASSNAHMEN  
ZUM KLIMAWANDEL AUF ÖKO-  
SYSTEM-  
LEISTUNGEN?

/ PLANUNGSRECHTLICHE INSTRUMENTE  
UND SOZIOÖKONOMISCHE ANREIZ-  
UND STEUERUNGSSYSTEME DER LAND-  
NUTZUNG



## Wie wirken Maßnahmen zum Klimawandel auf Ökosystemleistungen?

Umwelt- und sozioökonomische Bewertung von Landnutzungsstrategien  
in Forst und Landwirtschaft

VON SANDRA RAJMIS, PRISKA WELLER, JESKO HIRSCHFELD UND  
PETER ELSASSER — Klimawandelorientierte Landnutzungsstrategien im Wald  
und auf landwirtschaftlich genutzten Flächen haben Auswirkungen auf die  
öffentlichen, nicht marktfähigen Güter und damit auf die Erbringung von Öko-  
systemleistungen durch Wald, Wiesen, Weiden oder Ackerland. Deshalb stehen  
Naturschutz- und Landschaftspflegeleistungen (z.B. Artenvielfalt) im Vorder-  
grund der umweltökonomischen Bewertungen.

Bei der sozioökonomischen Bewertung von Landmanagementstrategien werden  
Abwägungsentscheidungen und Synergien zwischen einem klimawandelorien-

*ÖKO-  
SYSTEM-  
LEISTUNGEN — Ökosysteme erbringen Leistungen, die dem Menschen  
Nutzen stiften. Dies sind die sogenannten Ökosystemleistungen. Sie werden in vier Kate-  
gorien unterschieden: bereitstellende Leistungen (z.B. Lebensmittel oder Holz), regulie-  
rende Leistungen (wie die natürliche Regulierung der Wasserkreisläufe), unterstützende  
Leistungen (etwa der Prozess der Bodenbildung) und kulturelle Leistungen (z.B. die  
Gestaltung einer ansprechenden Landschaft zur Erholung).*

tierten Landmanagement und anderen gesellschaftlichen Ansprüchen verdeut-  
licht. Dabei liegt der Schwerpunkt der Untersuchung auf der Produktion  
von Nahrungsmitteln und Biomasse, der Klima- und Nährstoffregulierung,

dem Erhalt von Biodiversität und einer Reihe weiterer Leistungen der Ökosysteme (z.B. Erhalt des Landschaftsbildes, der landschaftlichen Vielfalt oder von einzelnen Landschaftselementen). Durch die Abschätzung und Bewertung der Auswirkungen alternativer Landmanagementstrategien werden die sozioökonomischen Konsequenzen von Klimaschutzziele und damit verbundenen Landnutzungsentscheidungen für Akteure und politische Entscheidungsträger sichtbar und besser einschätzbar.

Durch eine umfangreiche, bundesweit repräsentative Bevölkerungsbefragung, die das Thünen-Institut für Forstökonomie und das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Berlin im Jahr 2013 durchführen, erfolgt eine monetäre sowie nicht-monetäre Erfassung der Präferenzen in Bezug auf verschiedene mögliche Änderungen bestimmter Landschaftselementen. Der Fragebogen beinhaltet verschiedene Aspekte zur nachhaltigen Landnutzung, jeweils differenziert nach Landnutzungsart. Die zentralen Aspekte für die Bewertung der öffentlichen Güter des Waldes und der landwirtschaftlich genutzten Landschaft sind Naturschutz- und Landschaftspflegeleistungen, die z.B. durch den Waldanteil an der Landschaft oder die Größe von landwirtschaftlichen Flächen und Wäldern beeinflusst werden. Im Wald werden zusätzlich Unterwuch, Artenvielfalt, Waldflächen ohne Nutzung u.a. bewertet. Die landwirtschaftlich genutzte Landschaft wird ebenfalls anhand der Artenvielfalt, von Landschaftselementen wie Hecken, dem Anteil an Mais auf Landwirtschaftsflächen und dem Vorhandensein von Tieren auf der Weide sowie weiterer Ökosystemleistungen bewertet.

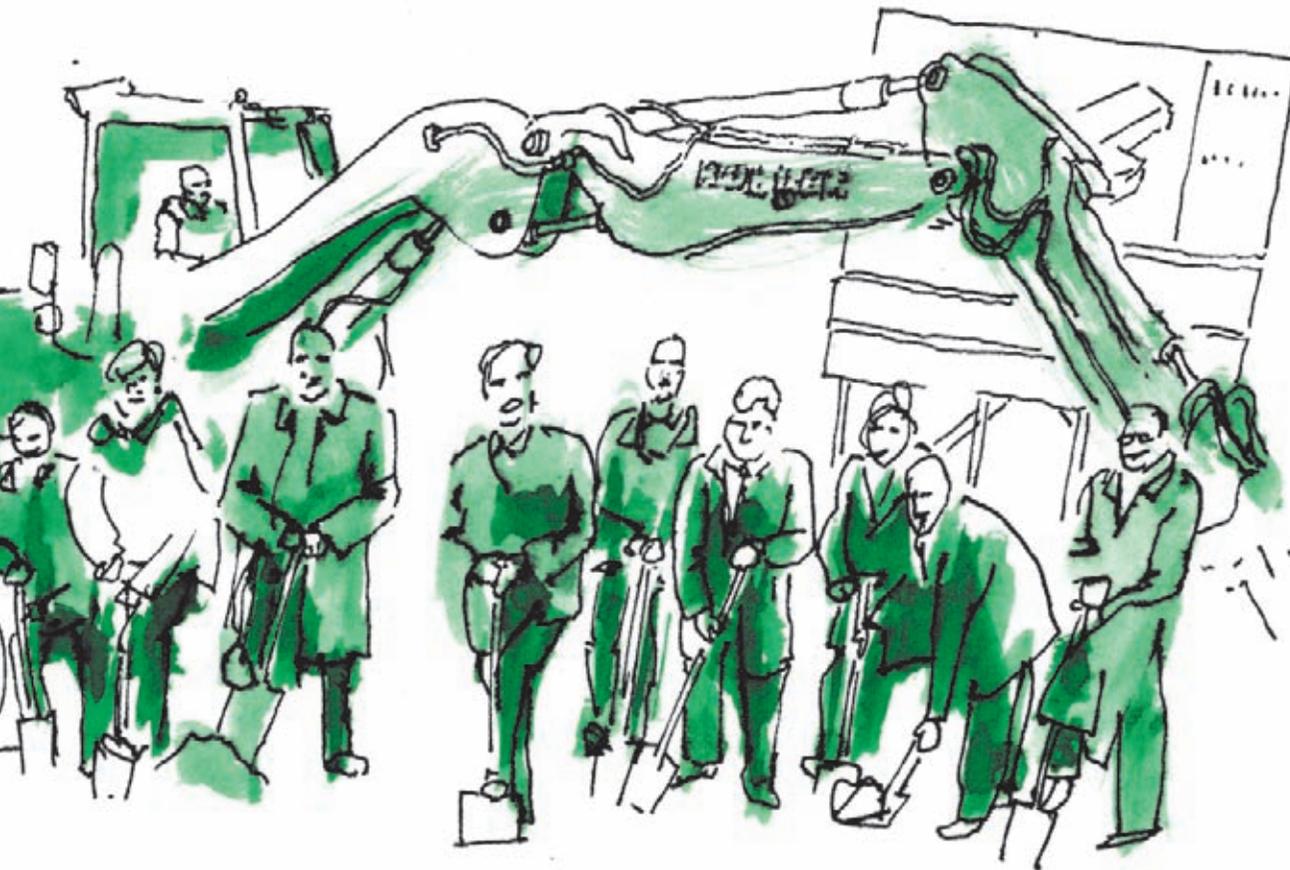
Darüber hinaus fließen in die Befragung Zwischenergebnisse aus dem regionalen und nationalen Beteiligungsprozess ein. Beispielsweise wurden konkrete Themen der landwirtschaftlichen Landnutzung, die für die Akteure vor Ort eine wichtige Rolle spielen, wie der Maisanbau oder das Vorhandensein einer kleinstrukturierten Landschaft in den Fragebogen integriert.

*CHOICE EXPERIMENTE — In einem Choice Experiment (Auswahlexperiment) erhalten die Befragten mehrere, immer leicht veränderte Tabellen, die Kombinationen verschiedener Eigenschaften von Landschaften in unterschiedlichen Ausprägungen zeigen. Daraus sollen die Befragten die von ihnen bevorzugte auswählen. Mittels statistischer Verfahren lassen sich aus den bevorzugten Merkmalskombinationen Zahlungsbereitschaften für die einzelnen Merkmale berechnen.*

Vorhandene Präferenzen werden über die Ermittlung von Zahlungsbereitschaften erfasst (Choice Experiment). Die Zahlungsbereitschaften der Bevölkerung geben Hinweise auf die Konsumentenrente (als monetäres Nutzenmaß) und den entsprechenden Nutzen von Veränderungen verschiedener Merkmale von Wäldern und der landwirtschaftlich genutzten Landschaft. Hieraus werden



Empfehlungen entwickelt, wie die Klimawirkungen der Landnutzung optimiert werden können, ohne dabei andere Umweltleistungen zu vernachlässigen. Für den Wald werden die so erhobenen Werte von Umweltgütern durch die Abschätzung von Auswirkungen auf weitere Schutz- und Erholungsleistungen ergänzt (Benefit Transfer) und dienen schließlich dazu, Anreize für die Kohlenstoffspeicherung in Wald und Holz unter Berücksichtigung der Umwelt- und Erholungsleistungen von Wald optimieren zu können. Die Befragung ist ein wesentlicher Schritt, um belastbare Aussagen über die Präferenzen der Bevölkerung und ihre Ansichten über die Auswirkungen klimawandelorientierter Nutzungsstrategien auf öffentliche, nicht marktfähige Güter des Waldes und agrarisch genutzter Landschaften treffen zu können. ■



## Planungsrechtliche Instrumente und sozioökonomische Anreiz- und Steuerungssysteme der Landnutzung

Anpassungsbedarfe und Potenziale zur Weiterentwicklung identifiziert

VON **ULRIKE GRABSKI-KIERON** UND **DAVID NAIM** — Die Landnutzung und ihre Ausgestaltung im Kontext von Klimaschutz- und Klimaanpassungsanforderungen werden von einem System formalrechtlicher und informeller Instrumente (z.B. Regional- und Bauleitplanung oder Regionale Energiekonzepte) sowie von sozioökonomischen Anreiz- und Förderinstrumenten (z.B. Agrarumweltmaßnahmen) bestimmt. Diese Governance-Bedingungen müssen bei der Etablierung und Umsetzung von Strategien eines klimaschützenden und klimawandelangepassten Landmanagements berücksichtigt werden.

Aus der in CC-LandStraD durchgeführten Untersuchung lassen sich Modifikationsbedarfe und -potenziale für eine Weiterentwicklung der relevanten Steuerungsinstrumente und Regelungsinhalte mit Bezug auf die Strategien für ein klimaoptimiertes Landmanagement ermitteln. Im Sinne der planungswissenschaftlichen Evaluationsforschung wurden Ergebnisse des regionalen und nationalen Beteiligungsprozesses sowie der Evaluierung relevanter Regelungs- und Steuerungssysteme der Landnutzung herangezogen. Betrachtet wurden Instrumente, die hinsichtlich eines nachhaltigen Landmanagements Bezüge zu Klimaschutz und -anpassung aufweisen (z.B. Gesetze, Richtlinien, Pläne, spezifische Instrumente des Vertragswesens, Instrumente der Abstimmung und Prüfung). Die Untersuchung zielte auf die Erfassung und Beurteilung der jeweiligen Beiträge. Darüber hinaus wurden Möglichkeiten der Weiterentwicklung dieser Instrumente im Sinne des nachhaltigen Landmanagements identifiziert.

Handlungsfelder zur stärkeren Ausrichtung des Regelungs- und Steuerungsinstrumentariums auf die Erfordernisse eines nachhaltigen Landmanagements im Zeichen des Klimawandels sind beispielsweise:

- + Raumordnungspläne mit Klimarelevanz, Klimaschutzpläne u.ä.
- + Ausgestaltung von Gebietskategorien (Vorrang, Vorbehalt, Eignung) in der Regional- und Landesplanung für Klimaschutz und Klimaanpassung
- + Modifikation der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung bezüglich des Klimawandels
- + Veränderung von (umwelt-)planerischen Prüfverfahren

Die in CC-LandStraD befragten regionalen und nationalen Interessenvertreter der Landnutzung haben grundsätzliche Aussagen und Einschätzungen zu den untersuchten Instrumenten gegeben. Beispielsweise trauen viele Akteure den in ihren Bereichen gängigen Steuerungsinstrumenten (z.B. Bauleitplanung, Bodenordnung, Wasserrahmenrichtlinie) eine grundsätzliche Eignung für den Klimaschutz zu. Eine weitere instrumentenspezifische Befragung von Akteuren ist vorgesehen, um die Evaluierungsergebnisse praxisnah zu fundieren. Zunächst wird jedoch das relevante Regelungs- und Steuerungsinstrumentarium den im Projekt abgestimmten Maßnahmen und Strategien zugeordnet. Ferner werden die identifizierten Handlungsansätze zur Weiterentwicklung des bestehenden Instrumentariums einer rechtsdogmatischen Prüfung unterzogen. |

# Nachhaltige Landmanagementstrategien für die Zukunft

## Ausblick

Die vorliegende Publikation gibt einen Zwischenstand der Arbeiten in CC-LandStraD wieder. Für die verbleibende zweite Projektphase liegt nun der Schwerpunkt darauf, diese Arbeiten fortzuführen und die inter- und transdisziplinär erarbeiteten Ergebnisse in nachhaltigen Landnutzungsstrategien zu bündeln, um ein zukunftsorientiertes Landmanagement für Deutschland abzubilden. Dieses Landmanagement soll sowohl den Anforderungen des Klimaschutzes genügen als auch eine an den Klimawandel angepasste Landnutzung ermöglichen und dabei zugleich gesellschaftliche, ökonomische und ökologische Anforderungen berücksichtigen.

Bei Projektende von CC-LandStraD im Oktober 2015 werden unter anderem folgende Ergebnisse vorliegen:

- + regional differenzierte Projektionen der Landnutzung in Deutschland bis 2030 für alle wesentlichen landnutzenden Sektoren – Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Siedlungswesen – sowie der Vergleich mit verschiedenen Landnutzungsszenarien unter möglichen Klimaszenarien.
- + Abbildung biophysikalischer Wechselwirkungen für Wasser- und Nährstoffkreisläufe für Deutschland sowie regional differenzierte Modellierungen zu Treibhausgas-Emissionen aus der Landwirtschaft sowie Landnutzungsänderungen.
- + regional differenzierte Aussagen zu sektoralen Entwicklungen in der Land- und Forstwirtschaft für Deutschland einschließlich sektorspezifischer Beiträge zur nationalen Klimaschutzinitiative.
- + Vorschläge zur Weiterentwicklung von Regelungs- und Steuerungsinstrumenten in der Raum- und Umweltplanung, um Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen besser in das Planungssystem zu integrieren.
- + Landmanagementstrategien, die durch kontinuierliche Einbindung von regionalen und nationalen Akteuren der Landnutzung gesellschaftlich tragfähig sind und anhand unterschiedlicher gesellschaftlicher, ökonomischer, und ökologischer Ziele bewertbar sind.
- + Handlungs- und Umsetzungsmöglichkeiten konkreter differenzierter Landnutzungsstrategien in den Fallbeispielregionen Altmark und Rhein.

Zwischenergebnisse aus allen Teilprojekten werden fortlaufend unter [www.cc-landstrad.de](http://www.cc-landstrad.de) veröffentlicht. |

## Impressum

### HERAUSGEBER

Projektkoordination CC-LandStraD  
Johanna Fick

Thünen-Institut für Ländliche Räume  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig  
cc-landstrad@ti.bund.de  
www.cc-landstrad.de

Braunschweig, 2013

### PROJEKTPARTNER

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bonn  
Institut für ökologische Wirtschaftsforschung gGmbH, Berlin  
Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig

Thünen-Institut für Agrarklimaschutz  
Thünen-Institut für Biodiversität  
Thünen-Institut für Forstökonomie  
Thünen-Institut für Ländliche Räume

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg  
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Potsdam  
Westfälische Wilhelms-Universität, Münster

### GRAFISCHE GESTALTUNG, TEXTREDAKTION UND ILLUSTRATIONEN

Agentur für Grafikdesign BAR M, Berlin

Projektteam Fabian Hickethier und Dörte Esselborn — [www.bar-m.de](http://www.bar-m.de)

DRUCK Bloch & Co GmbH Offsetdruckerei — [www.blochco.de](http://www.blochco.de)



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

PROGRAMM

 **NACHHALTIGES  
LANDMANAGEMENT**

 **FONA**  
Forschung für nachhaltige  
Entwicklungen  
BMBF

FÖRDERKENNZEICHEN: 01LL0909A-F

FÖRDERLAUFZEIT: 11/2010 – 10/2015