



Foto: André Kinzelmann/UFZ

Klima- und Landnutzungswandel: Ressourcen nachhaltig nutzen

Im Mittelpunkt der Klimadiskussion standen lange jene Emissionen, die die Menschen *direkt* verursachen, etwa durch die Verbrennung fossiler Energieträger oder den Verkehr. Erst in den letzten Jahren drängt zunehmend ins öffentliche Bewusstsein, dass die Menschen auch viele Treibhausgase u.a. durch die Form der Landnutzung *indirekt* verursachen – etwa wenn Wälder Siedlungen und Plantagen weichen oder Grünland umgebrochen wird. Zirka ein Drittel der anthropogenen Kohlendioxidemissionen in den letzten 150 Jahren werden der Landnutzung zugeschrieben.

Im Umkehrschluss hat das Klima aber auch großen Einfluss darauf, wofür und wie die Menschen die Flächen überhaupt nutzen können. Höhere Tempe-

raturen und geringere Niederschläge werden das Anpassungsvermögen der traditionellen Agrarwirtschaft in einigen Regionen der Welt überfordern, in anderen wird es dank einer wärmeren und längeren Vegetationsperiode möglich sein, ein breiteres Spektrum an Kulturpflanzen anzubauen. Um solche Probleme im Kontext von Klima- und Landnutzungswandel zu bewältigen und einen nachhaltigen Umgang mit der verfügbaren Landfläche zu finden, sind neue und integrierte Lösungsansätze gefragt. Forschungseinrichtungen wie das UFZ erarbeiten gemeinsam mit Akteuren aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft dazu Lösungen.

Die nachfolgenden Seiten geben einen Einblick in aktuelle Forschungsvorhaben.

Fläche ist eine begrenzte Ressource

Weltweit werden momentan etwa 40 Prozent der gesamten Landfläche für Äcker, Weiden und Siedlungen genutzt. Dabei steht jedes Stück Land im Prinzip nur für eine Nutzung zur Verfügung. Veränderungen in der Landnutzung bergen daher Konflikte, aber auch Chancen und Entwicklungspotenziale. Im Mittelpunkt der Forschungsarbeiten des UFZ zu diesem Thema stehen Regionen, die besonders stark von Landnutzungs- und Klimawandel betroffen sind. Die Natur- und Sozialwissenschaftler des Zentrums suchen gemeinsam nach Lösungen, die sich modellhaft umsetzen und auf andere Regionen übertragen lassen. Das Portfolio umfasst z.B. die Entwicklung neuer Formen des Landmanagements, den Aufbau neuer Wertschöpfungsnetze für Biomasse aus der Bewirtschaftung von Mooren, nachhaltige Methoden im Reisanbau oder die Identifizierung von Wechselwirkungen zwischen wirtschaftlicher Produktivität, Biodiversität und Klimawandel.

Im vom UFZ koordinierten EU-Projekt **ALARM (Assessing Large Scale Environmental Risks with tested Methods)** haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus 35 Ländern Methoden entwickelt, um Artenvielfalt in europäischen Landschaften systematisch zu erfassen und die entscheidenden Treiber für den beobachteten Artenschwund im Detail zu untersuchen: Dabei treibt der regionale Klimawandel die Dynamik an, aber auch Landnutzung und Umweltchemikalien wirken sich aus. Die Folgen des Artenverlustes sind komplex und schwer abzuschätzen. Bei bestäubenden Insekten führt der Verlust zu massiven Ernterückgängen, deren ökonomischer Wert sich beziffern lässt: Die Forscher schätzten für das Jahr 2005 den Nutzen, der durch bestäubende Insekten entsteht, auf zirka 153 Milliarden Euro. Darüber hinaus konnten Forscher zeigen, dass die Produktionskosten von bestäubungsabhängigen Kulturen in den letzten Jahren stärker gestiegen sind, als die von allen anderen.

Ökosysteme und ihre Dienstleistungen

Solche Zahlen unterstreichen, dass der Faktor Natur in den volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen, die das Bruttoinlandsprodukt erfassen, bislang fehlt. Diese sollten auch die Veränderungen beim Wert des natürlichen Kapitals und der Ökosystemleistungen erfassen, lautet eine der zentralen Botschaften des Endberichts der internationalen Studie zur „Ökonomie der Ökosysteme und Biodiversität“ (**TEEB - The Economics of Ecosystems and Biodiversity**). Die vom UFZ wissenschaftlich koordinierte Studie wurde 2010 abgeschlossen. Sie hat dazu beigetragen, dass die zentrale ökonomische Bedeutung der natürlichen Ressourcen verstärkt im Blickpunkt von Ländern, Unternehmen und Entscheidungsträgern auf allen Ebenen steht. Die TEEB-Studie hat dabei nicht nur erstmals global aufgezeigt, welchen ökonomischen Wert Ökosysteme für die Volkswirtschaften haben. Es wurden auch zahlreiche Ansätze und Instrumente vorgestellt, wie man die Leistungen der Natur in Wert setzen kann.

In etwa einem Dutzend Länder wurden bereits nationale TEEB-Initiativen ins Leben gerufen und weitere haben Interesse bekundet. Der Prozess wird auch hierzulande fortgeführt: **Naturkapital Deutschland – TEEB DE** macht durch eine ökonomische Perspektive die Potenziale und Leistungen der Natur sichtbar und erfassbar. In seinem ersten Bericht „Naturkapital und Klimapolitik: Synergien und Konflikte“, der im Februar 2014 erschienen ist, unterstreicht das TEEB DE-Team die wichtigen Leistungen der Natur für Klimaschutz und Klimaanpassung und nennt Handlungsalternativen für eine ökosystembasierte Klimapolitik. Der Bericht kommt zu dem Schluss, dass einzelne Instrumente der Klimaschutz- und Energiepolitik negative Auswirkungen auf Natur und Ökosystemleistungen haben können. Der Anbau von Energiepflanzen beispielsweise verstärkt den bestehenden Trend zur Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung sowie zum Umbruch von Grünland in Ackerland sowie zur Entwässerung von Moorböden. Das trägt unter anderem zu einem vermehrten Ausstoß von Treibhausgasen bei. Diesen Problemen setzt der Bericht Ansätze entgegen, die die Leistungen der Natur für Klimaschutz und -anpassung berücksichtigen. Eine vergleichsweise kostengünstige Klimaschutzmaßnahme ist neben der Erhaltung bestehender Moore die Wiedervernässung von landwirtschaftlich genutzten Moorböden. Für ein Programm zur Wiedervernässung von 300.000 Hektar Moorböden in Deutschland wurde anhand von Schadens- und Schadensvermeidungskosten ein volkswirtschaftlicher Nutzen von 217 Millionen Euro pro Jahr kalkuliert. Ähnliche Effekte können der Schutz und die Wiederherstellung intakter Auen haben: Berechnungen für ein Auen-Renaturierungsprogramm an der Elbe konnten beispielsweise zeigen, dass jeder investierte Euro einen volkswirtschaftlichen Nutzen von drei Euro erbringt, was an dem untersuchten Elbeabschnitt einem Gesamtnutzen von 1,2 Milliarden Euro entspricht.



Biene – wertvoller Bestäuber, Foto: André Künzelmann/UFZ



Parzelle des Langzeitexperiments GCEF, Foto: André Künzelmann/UFZ

Feldexperimente und Modelle

Für solche Berechnungen spielen auch Feldexperimente eine wichtige Rolle. Neue Erkenntnisse zu den komplexen Wechselwirkungen zwischen Landnutzungs- und Klimawandel erwarten die Wissenschaftler von einem einzigartigen Langzeitexperiment, das im Sommer 2013 in Bad Lauchstädt bei Halle/S. gestartet wurde und ein wichtiger Baustein nationaler und internationaler Observatorien ist. Die **GCEF (Global Change Experimental Facility)** besteht aus 25 überdachten und weiteren 25 nicht überdachten Experimentalflächen, in denen die künftigen Veränderungen in verschiedenen Landnutzungen simuliert werden. Zum Vergleich sind zu den jeweils fünf Parzellen, in denen der Klimawandel in der konventionellen und ökologischen Landwirtschaft, bei intensiver und extensiver Graslandnutzung sowie auf Weideflächen simuliert wird, genau identische Parzellen ohne Veränderungen von Temperatur und Niederschlag angelegt. Das ist notwendig, um zu sehen, wie sich die nicht manipulierten Flächen entwickeln. Die Versuchsanlage mit einer Gesamtfläche von rund sieben Hektar, die etwa zehn Fußballfeldern entsprechen, wird mindestens fünfzehn Jahre laufen und dürfte somit in naher Zukunft eines der weltweit größten Langzeitexperimente dieser Art sein. Die Ergebnisse sollen zum Beispiel dem Umwelt- und Naturschutz sowie der Landwirtschaft helfen, sich besser an den Klimawandel anpassen zu können. Dieser Brückenschlag wird zudem helfen, die Ergebnisse der Modelle zu überprüfen und einen realistischen Eindruck zu bekommen, wie es in Mitteldeutschland sein wird, wenn die Temperatur leicht angestiegen und die Sommer trockener sein werden.

Modelle sollen auch bei der nachhaltigen Bewirtschaftung von Wäldern helfen. Experten schätzen, dass durch die weltweite Waldzerstörung über eine Milliarde Tonnen Kohlenstoff jährlich freigesetzt werden – das sind rund ein Neuntel der durch den Menschen verursachten CO₂-Emissionen. Aber auch die Art und Weise, wie Wälder bewirtschaftet werden, spielt eine große Rolle für den Kohlenstoffhaushalt. Mit Waldmodellen simulieren die Forscher daher verschiedene Szenarien der Holznutzung, um deren langfristige Folgen abschätzen zu können. Am UFZ entwickelte **Waldmodelle** wie **FORMIX3** und **FORMIND** werden inzwischen für eine breite Palette von Forschungsfragen eingesetzt – etwa um die Dynamik von Wäldern auf lokaler Ebene zu beschreiben und genaue Schätzungen zum Kohlenstoffhaushalt zu liefern. Um künftig verlässliche Aussagen für die regionale und die globale Ebene treffen zu können, befassen sich die Wissenschaftler derzeit mit der Kopplung von lokalen Modellen und Fernerkundungsdaten.

Im Projekt **CARBIOICIAL (Carbon-optimized land management strategies for southern Amazonia)** wiederum suchen deutsche und brasilianische Forscher nach Managementmaßnahmen für die Landnutzung in der südlichen Amazonasregion, damit die Böden dort mehr Kohlenstoff speichern und weniger Treibhausgase ausstoßen. Denn die Abholzung der Wälder und die Freisetzung von Kohlendioxid aus Agrarböden hat dafür gesorgt, dass Brasilien inzwischen für ein Fünftel der weltweiten CO₂-Emissionen durch Brandrodung in den Tropen verantwortlich gemacht wird. Welche Konsequenzen ehrgeizige Bioenergieziele haben können, hatte ein Forscherteam 2010 im renommierten Journal PNAS aufgezeigt: Um die Produktionsziele der brasilianischen Regierung an Biosprit bis 2020 zu erreichen, müssten über 120.000 Quadratkilometer Regenwald abgeholzt werden, um zusätzliche Anbauflächen zu gewinnen.

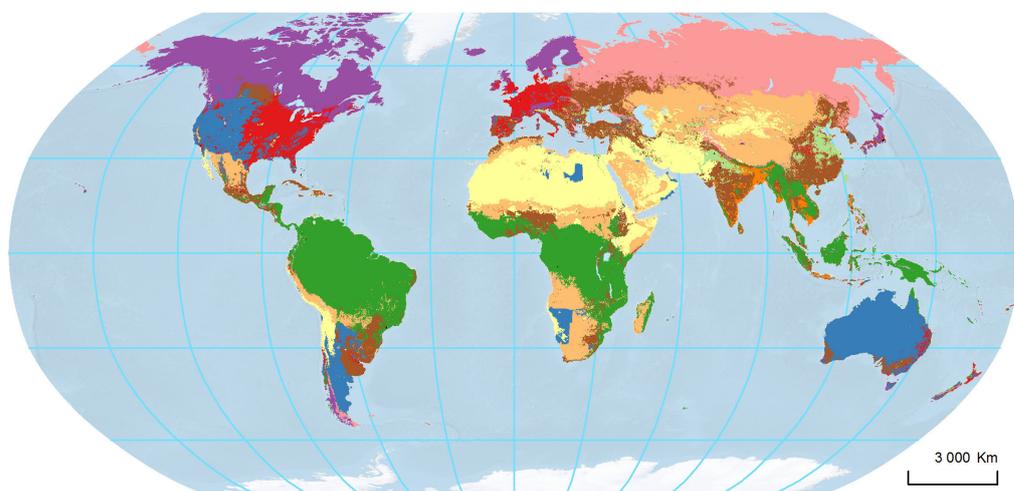


Die Landnutzung würde sich weiter nach Norden in den Regenwald des Amazonas verschieben. Bei der angenommenen Nutzung von Bioenergie würde es bis zu 250 Jahre dauern, bis das durch den Landnutzungswandel freigesetzte Kohlendioxid wieder eingespart wäre. Die Studie zeigt auf, wie wichtig es ist, Bioenergiesysteme nicht isoliert zu betrachten. Ein Lösungsvorschlag ist deshalb, den Flächenbedarf zu senken, indem bereits bestehende große Weideflächen für die Viehhaltung geringfügig intensiver genutzt oder produktivere Rohstoffe für Bioenergie verwendet werden.

Von funktionierenden Ökosystemen profitiert auch die Landwirtschaft andernorts. Natürliche Konkurrenten könnten helfen, den Einsatz von Insektenvernichtungsmitteln zu verringern, so die Hoffnung der Forscher, die im Rahmen des Forschungsprojektes **LEGATO (Land-use intensity and Ecological Engineering – Assessment Tools for risks and Opportunities in irrigated rice based production systems)** in Vietnam und auf der philippinischen Insel Luzon das traditionelle Wissen von älteren Reisbauern abfragen. Die Wissenschaftler erhoffen sich davon neue Einsichten darüber, wie sich auf Bewässerung basierende Reiskulturen und benachbarte Landschaften sowie die Gesellschaft gegenseitig beeinflussen. Reis ist für etwa die Hälfte der Weltbevölkerung das Hauptnahrungsmittel und eine der wenigen Pflanzenarten, die das Halbmetall Silizium in größeren Mengen aus dem Boden aufnehmen kann. Eingelagert als Siliziumdioxid macht es die Reispflanzen widerstandsfähiger. Darüber hinaus spielt Silizium auch bei der Fixierung von Kohlenstoff im Boden eine wichtige Rolle. Doch die Menge an Silizium im Boden ist begrenzt. Wenn es also gelingen würde, mit Silizium in der richtigen Dosis zu düngen und möglichst viel davon im System Boden zu erhalten, könnten Klimaschutz und eine Steigerung der Erträge Hand in Hand gehen.

Synthese: Von Fallstudien zu globalen Mustern

Neben diesen sehr wichtigen Untersuchungen auf der regionalen Ebene soll eine Analyse globaler Muster von Landnutzungssystemen helfen, Studien übertragbar zu machen, die sich alle mit der Frage beschäftigen, wie Landnutzung langfristig erfolgen muss, damit die Produktivität der Ökosysteme erhalten bleibt. Um die Ergebnisse aus Fallstudien wie CABIOCIAL oder LEGATO auszuwerten, ihre Übertragbarkeit zu bewerten und generelle Antworten zu liefern, gibt es das Begleit- und Syntheseprojekt **GLUES (Global Assessment of Land Use Dynamics, Greenhouse Gas Emissions and Ecosystem Services)**. Es ist am UFZ in Leipzig angesiedelt und gehört zum BMBF-Förderschwerpunkt „Nachhaltiges Landmanagement“. Die UFZ-Forscher setzen die Ergebnisse in einen globalen Kontext und stellen sie potenziellen Nutzergruppen – Planern und Entscheidern – zur Verfügung. Zu den Ergebnissen dieser Synthese gehört zum Beispiel eine **Weltkarte der Landnutzung**. Sie besteht aus 12 Mustern, sogenannten „Archetypen“, die auf Basis verschiedener Indikatoren zu Klima, Umwelt, Landwirtschaft sowie



- LSA 1: Forest systems in the tropics
- LSA 2: Degraded forest/cropland systems in the tropics
- LSA 3: Boreal systems of the western world
- LSA 4: Boreal systems of the eastern world
- LSA 5: High-density urban agglomerations
- LSA 6: Irrigated cropping systems with rice yield gap
- LSA 7: Extensive cropping systems
- LSA 8: Pastoral systems
- LSA 9: Irrigated cropping systems
- LSA 10: Intensive cropping systems
- LSA 11: Marginal lands in the developed world
- LSA 12: Barren lands in the developing world

Weltkarte der globalen Archetypen zur Landnutzung
(Stand: 2005) Quelle: Tomáš Václavík/UFZ

zur sozio-ökonomischen Situation identifiziert wurden. Dabei setzten die Forscher deutlich mehr und umfassendere Daten und Indikatoren ein als bisher üblich. Die globale Karte bietet dadurch neue Einsichten – zum Beispiel, in welchen Regionen die Landwirtschaft noch intensiviert werden könnte (Teile Osteuropas, Indiens und Chinas). Solche Erkenntnisse könnten ganz entscheidend dazu beitragen, die Ernährung in Zukunft zu sichern – ohne die natürlichen Ressourcen weiter zu übernutzen. Die Untersuchungen der Forscher zeigen, dass eine weitere Ausdehnung der Flächen über die 40 Prozent, die die Menschheit momentan für Landwirtschaft und Siedlungen nutzt, nur wenig Zuwachs an Produktivität hätte, aber viele negative Folgen für das Klima und die Artenvielfalt. Deshalb empfehlen sie, lieber das Potenzial der Landwirtschaft auszunutzen und die Erträge durch eine angemessene Intensivierung zu steigern. Die am UFZ entwickelte Weltkarte der Archetypen hat gezeigt, dass das entsprechende Potenzial auf extensiv genutzten Flächen global vorhanden ist.

Nachhaltige Landnutzung ist eine Herausforderung für jede Region der Welt. Sie erfordert zum einen, Treiber und ökologische Zusammenhänge zu erkennen und die Nutzung der Ressourcen darauf abzustimmen. Zum anderen müssen soziale Rahmenbedingungen berücksichtigt, die Lebensgrundlagen gesichert und ökonomische Aktivitäten angemessen gefördert werden. Dazu ist es aber nötig, genau zu wissen, welche globalen Wechselwirkungen zwischen den Regionen existieren. Nachhaltige Landnutzung ist eine elementare Voraussetzung, um zwei große Herausforderungen gleichzeitig zu meistern: den Klimawandel und die Versorgung von etwa 9 bis 10 Milliarden Menschen im Jahre 2050 mit Nahrung und Energie.

UFZ-Ansprechpartner:



→ Landnutzung:

Prof. Dr. Ralf Seppelt,
UFZ-Department Landschaftsökologie
Telefon: +49-(0)341-235-1250
www.ufz.de/index.php?de=13905



→ Naturkapital Deutschland:

Prof. Dr. Bernd Hansjürgens,
UFZ- Department Umweltökonomie
Telefon: +49-(0)341-235-1233
www.ufz.de/index.php?de=1643



→ Landnutzung und Biodiversität:

Dr. Stefan Klotz,
UFZ- Department Biozönoseforschung
Telefon: +49-(0)345-558-5302
www.ufz.de/index.php?de=14699

Kontakt UFZ-Pressestelle:

Tilo Arnhold, Susanne Hufe
Telefon: +49-(0)341-235-1635, -1630
www.ufz.de/index.php?de=640

UFZ-Publikationen (Auswahl):

TEEB (2010): The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB. Prepared by: P. Sukhdev, H. Wittmer, C. Schröter-Schlaack, C. Nesshöver, J. Bishop, P. ten Brink, H. Gundimeda, P. Kumar and B. Simmons. www.teebweb.org/our-publications/teeb-study-reports/synthesis-report

Naturkapital Deutschland – TEEB DE (2014): Naturkapital und Klimapolitik – Synergien und Konflikte. Kurzbericht für Entscheidungsträger. Technische Universität Berlin, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig. www.naturkapital-teeb.de/publikationen/projekteigene/publikationen/bericht-1.html

LAUTENBACH, S. et al. (2012): Spatial and Temporal Trends of Global Pollination Benefit. *PLoS ONE*, 7, e35954. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0035954>

BERNHARDT-RÖMERMANN, M. et al. (2011): Functional traits and local environment predict vegetation responses to disturbance: a pan-European multi-site experiment. *J. Ecol.* 99 (3), 777–787 <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2745.2011.01794.x/full>

LAPOLA, D.M. et al. (2010): Indirect land-use changes can overcome carbon savings by biofuels in Brazil. *PNAS* 107/8, 3388–3393. www.pnas.org/content/107/8/3388.abstract

VACLAVIK, T. et al. (2013): Mapping global land system archetypes. *Global Environmental Change* 23(6): 1637–1647. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.09.004>