



**Empfehlungen zum Forschungsfeld
Bioökonomie:
Boden, Wasser und Landnutzung –
Herausforderungen, Forschungs-,
Technologie- und Handlungsbedarf**

Reinhard F. Hüttl, Helmut Born, Wolf Eckelmann, Hans-Georg Frede,
Reinhard Fritz, Kurt-Jürgen Hülsbergen, Folkhard Isermeyer,
Franz Makeschin, Michael Quinckhardt, Bernd Uwe Schneider, Ralf Seppelt,
Fritz Vahrenholt, Joachim von Braun

Berichte aus dem BioÖkonomieRat

Empfehlungen zum Forschungsfeld

Bioökonomie:

Boden, Wasser und Landnutzung –
Herausforderungen, Forschungs-,
Technologie- und Handlungsbedarf

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie. Detaillierte bibliografische Daten sind im Internet abrufbar über:
<http://dnb.d-nb.de>

ISBN 978-3-942044-50-9 (Druckausgabe)
ISBN 978-3-942044-51-6 (Online-Version)
ISSN 2191-1797

Diese Publikation ist auch als Download verfügbar unter:
<http://www.biooekonomierat.de>

Alle Rechte vorbehalten.

Die in diesem Positionspapier geäußerten Ansichten und Meinungen sind nicht durch den BioÖkonomieRat (BÖR) autorisiert. Für die Inhalte sind ausschließlich die aufgeführten Mitglieder der Arbeitsgruppe Boden verantwortlich.

© BioÖkonomieRat, 2010

Geschäftsstelle
Mauerstraße 79 E
10117 Berlin

IMPRESSUM

Herausgeber: Reinhard F. Hüttl

Redaktion: Andrea George (wiss. Mitarbeiterin, Geschäftsstelle BÖR)

Konzept und Gestaltung: psz Kommunikation, Patrick Imhof

Satz: Piccobello, Richard Weis

Die Arbeitsgruppe Boden dankt den externen Gutachterinnen und Gutachtern für ihre wertvollen Hinweise zu dem vorliegenden Papier.

Besonderer Dank gilt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung als Mittelgeber sowie acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften für die administrative Begleitung.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
1. Einleitung	3
2. Ausgangslage	4
2.1 Bodenwissenschaften in Deutschland	4
2.2 Rechtliche und politische Rahmenbedingungen	5
2.3 Georessource Boden	6
2.4 Georessource Wasser	9
2.5 Nährstoffressourcen in Deutschland: Beispiel Phosphor	9
2.6 Böden im Kohlenstoff-Haushalt	10
2.7 Bodennutzung und Agrartechnik	11
2.8 Ökonomische Bewertung von Böden	12
3. Empfehlungen	15
3.1 Entscheidungssysteme zur Priorisierung der Flächennutzung in Deutschland unter Berücksichtigung internationaler Aspekte entwickeln	15
3.2 Konzepte zur Anpassung der Bodennutzung an veränderte Wasserverfügbarkeiten entwickeln	16
3.3 Strategie zur Sicherung der langfristigen Verfügbarkeit von Phosphor in der Landwirtschaft erarbeiten	18
3.4 Kohlenstoff-Haushalt von Böden – Forschung intensivieren	19
3.5 Ressourceneffizienz durch innovative Verfahrenstechniken erzielen	20
3.6 Forschungsnetzwerk Boden etablieren	22
3.7 Forschungsförderung aus einem Guss ermöglichen	23
4. Quellenangaben	24

Zusammenfassung

Dem Boden¹ kommt als Grundlage der Biomasseproduktion und als Kohlenstoff-Speicher eine wesentliche Rolle bei der Ernährungssicherung, dem Klimaschutz und der Ressourcenschonung zu. Als nicht vermehrbare Ressource gilt es, den Boden für die pflanzliche Produktion ebenso zu erhalten und effizient zu nutzen wie zur Bereitstellung einer Vielzahl ökologischer Funktionen.

Im Hinblick auf die zukünftig notwendige Steigerung der Produktion auf den vorhandenen Flächen ist die Optimierung der Bodenfunktionen z. B. zur Speicherung von Wasser und zur Versorgung der Pflanzen mit Nährstoffen erforderlich. Eine nationale Strategie zum Phosphorrecycling kann zur langfristigen Sicherung der Versorgung mit diesem Nährstoff beitragen. Die Möglichkeiten der Kohlenstoff-Festlegung in Böden als Beitrag zum Klimaschutz sind weiter zu erforschen. Ebenso kann eine moderne Agrartechnik zur Ressourcen- und Bodenschonung beitragen.

Eine wesentliche Voraussetzung, tragfähige Lösungen für globale Herausforderungen im Bereich Boden- und Landnutzung zu entwickeln, ist eine konzertierte Aktion aller in diesem Bereich tätigen Akteure. Ein Netzwerk Boden soll vorhandene Kräfte bündeln und die Voraussetzungen für einen umfassenden Beitrag der Bodenforschung zur Sicherung der Ernährung, zu einer zukunftsverantwortlichen Ressourcennutzung sowie zur Anpassung an den Klimawandel schaffen.

Die Arbeitsgruppe Boden empfiehlt im Einzelnen:

- Entscheidungssysteme zur Priorisierung der Flächennutzung in Deutschland unter Berücksichtigung internationaler Aspekte zu entwickeln,
- Konzepte zur Anpassung der Bodennutzung an veränderte Wasserverfügbarkeiten zu entwickeln,
- eine Strategie zur Sicherung der langfristigen Verfügbarkeit von Phosphor in der Landwirtschaft zu erarbeiten,
- die Forschung zum Kohlenstoff-Haushalt von Böden zu intensivieren,
- Ressourceneffizienz durch innovative Verfahrenstechniken zu erzielen,
- ein Forschungsnetzwerk Boden zu etablieren,
- Forschungsförderung aus einem Guss zu ermöglichen.

¹ Die Begriffe Boden, Bodenfläche und Fläche werden synonym verwendet.

1. Einleitung

Böden bilden den Überschneidungsbereich der Umwelt-Kompartimente Atmo-, Hydro-, Litho- und Biosphäre des Systems Erde (Abbildung 1). Sie sind zentrale Grundlage der terrestrischen Biomasseproduktion und damit auch unverzichtbare Basis und wesentlicher Bestandteil der Bioökonomie. Daneben erbringen sie eine Vielzahl weiterer Ökosystemdienstleistungen wie z. B. die Regulierung der Wasserqualität und -quantität und die Regulierung des Klimas (siehe auch Kapitel 2.8).

Vor 10.000 Jahren begannen die Menschen, sich die Böden zur zielgerichteten Erzeugung von Pflanzen nutzbar zu machen. Dies begründete die kulturelle Entwicklung von der Subsistenzlandwirtschaft über die Mechanisierung und Intensivierung der Landwirtschaft bis hin zu integrierten Landbausystemen. Mit bestimmten Nutzungsformen und deren zunehmend effektiverer Gestaltung gehen jedoch auch negative Rückwirkungen auf die Qualität der Böden einher. Eine Vielzahl von Umweltproblemen ist auf einen nicht sachgerechten Umgang mit Böden zurückzuführen, so z. B. Erosion, Verdichtung und Versalzung. Unter bestimmten Bedingungen kann dies zu einer Zerstörung der Bodenfunktionen führen. Da Böden nicht vermehrbar sind, bedürfen sie sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht eines besonderen Schutzes.

Grundsätzlich wurden Böden als Umweltschutzgut erst spät erkannt (UNEP, 1982), dann jedoch verstärkt zum Gegenstand insbesondere ökologisch ausgerichteter Forschung gemacht. Wissenschaftliche Fragestellungen der Produktion gerieten in den Industrieländern, auch vor dem Hintergrund der Überproduktion an landwirtschaftlichen Gütern, in den Hintergrund. Aufgrund der zunehmenden Anforderungen für Welternährung und stofflichen und energetischen Verbrauch steigt der Bedarf an Biomasse jedoch seit einigen Jahren drastisch. Dies ist das Spannungsfeld, in dem sich die Arbeitsgruppe Boden bewegt.

Der BioökonomieRat hat die Arbeitsgruppe Boden als eine von vier Arbeitsgruppen eingerichtet, um in einem ersten Schritt das weite fachliche Spektrum der Bioökonomie sektoral zu beleuchten. Die Arbeitsgruppe hat in einem einjährigen Prozess wichtige Zukunftsthemen im Bereich der Bodenforschung identifiziert und Empfehlungen für Forschungsschwerpunkte abgeleitet. Darüber hinaus wurden strukturelle Defizite erkannt und Hinweise für die Weiterentwicklung dieses Forschungssektors erarbeitet.

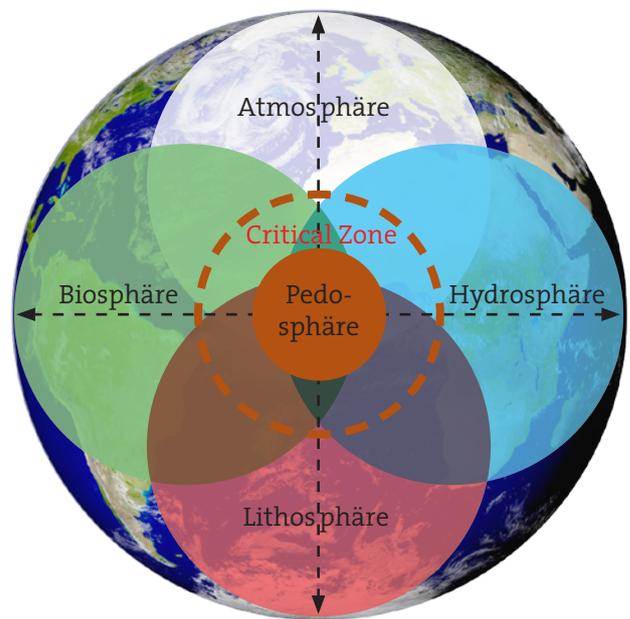


Abbildung 1: Böden (Pedosphäre) im Zusammenhang des Systems Erde. Die Pedosphäre als oberster belebter Teil der Erdkruste stellt den zentralen Bestandteil des Systems Erde dar, auf dem und von dem der Mensch lebt (Critical Zone).²

² Der Begriff Critical Zone umschreibt die Grenzschicht der Erdoberfläche von der Oberseite der unverwitterten Gesteine bis zur Oberseite der Vegetation, in der die meisten terrestrischen chemischen, physikalischen und biologischen Austausch- und Umsatzprozesse stattfinden. Diese Zone wird auch wesentlich durch menschliche Aktivitäten beeinflusst (nach Geokommission, 2010).

2. Ausgangslage

In diesem Kapitel werden Sachstand und bisherige Entwicklung dargestellt. Im Fokus stehen dabei die Nutzung der natürlichen Ressourcen Boden und Wasser sowie von Nährstoffen am Beispiel Phosphor, die Kohlenstoff-Speicherung in Böden, Fragen der Landnutzung und Agrartechnik sowie die aktuelle Situation der Bodenwissenschaften in Deutschland.

2.1 Bodenwissenschaften in Deutschland

In den Bodenwissenschaften werden Entwicklung, Eigenschaften und Verbreitung der Böden, ihre abiotischen und biotischen Prozesse, ihre Nutzung, Gefährdung, Regeneration und Sanierung im Kontext von Bodenlandschaften erforscht. Die Bodenwissenschaften besitzen eine Vielzahl von Schnittstellenfunktionen zu anderen naturwissenschaftlichen und sozioökonomischen Wissenschaftsbereichen.

Die Bodenwissenschaften entwickelten sich Ende des 18. Jahrhunderts aus der Geologie und der Mineralogie. Ab Mitte des 19. Jahrhunderts wurden sie zu einer Teildisziplin der verstärkt auf Pflanzenproduktion ausgerichteten Fachbereiche wie den Agrar- und Forstwissenschaften. In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts erfolgte eine verstärkte Fokussierung auf Böden als Umweltmedium, in deren Folge der Aspekt der produktionsorientierten Forschung innerhalb der Bodenwissenschaften immer stärker in den Hintergrund trat. Dabei wurde und wird seitdem die Pedosphäre (oberster Teil der Erdkruste) nicht mehr primär als Produktionsfaktor, sondern als ein durch anthropogene, insbesondere stoffliche Einwirkungen beeinflusstes Schutzgut betrachtet.

Durch die steigenden gesellschaftlichen und politischen Anforderungen ist auch die Entwicklung der Bodenwissenschaften in ihrem Aufgabenspektrum von der ursprünglichen Bodenkunde hin zu einer vernetzten und disziplinübergreifenden Wissenschaftsstruktur erforderlich. Aktuelle Entwicklungen wie Klimawandel, Urbanisierung und Flächenverbrauch stellen an die Pedosphäre als zentralen Teil der Critical Zone (Abbildung 1) neue komplexe Anforderungen. Dabei interessieren Fragen wie die umfassende Betrachtung von Stoffkreisläufen (z. B. Kohlenstoff und Stickstoff) und Wasserhaushaltsaspekten (z. B. Hydropedologie, Bodenphysik) auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen.

Eine aktuelle Studie von Makeschin et al. (2008) zeigt, dass Bodenforschung sowohl an Universitäten, nichtuniversitären Einrichtungen als auch an Institutionen der Ressortforschung durchgeführt wird.³ In den Jahren von 2000 bis 2005 wurde an insgesamt 59 Universitäten mit 91 involvierten Fachrichtungen bodenwissenschaftliche Forschung betrieben. Zu den am häufigsten vertretenen Fachrichtungen zählen dabei die Geographie/Geowissenschaften und die Agrarwissenschaften mit 44 % und 27 %. Darüber hinaus sind auch Forstwissenschaften, Geo-/Landschaftsökologie und Bauingenieurwesen signifikant an der Bodenforschung beteiligt.

Bei den nichtuniversitären Einrichtungen wird eine inhaltlich sehr breite Bearbeitung bodenwissenschaftlicher Fragestellungen besonders in den Einrichtungen der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren (HGF) und der Wissenschaftsgemein-

³ Die Forschung im Bereich der Wirtschaft sowie in Landeseinrichtungen außerhalb der Hochschulen wurde in dieser Studie nicht berücksichtigt.

schaft Gottfried Wilhelm Leibniz (WGL) erreicht. Die Fraunhofer-Gesellschaft (FhG) sowie die Max-Planck-Gesellschaft (MPG) setzen demgegenüber spezifische Schwerpunkte mit punktuellen Ausrichtungen in der Bodenforschung.

Nichtuniversitäre Einrichtungen stehen nicht zwangsläufig in Konkurrenz zu den Hochschulen. Häufig erfolgt die Forschung komplementär oder in direkter Kooperation mit den Hochschulen. So sind diese z. B. der wichtigste nationale Kooperationspartner für die HGF. Die Institute der MPG übernehmen vorrangig Forschungsprojekte, die aufgrund ihrer Themen und ihrer grundlagenorientierten Ausrichtung noch nicht an Hochschulen berücksichtigt werden bzw. durch die stark interdisziplinäre Gestaltung „nicht in das Organisationsgefüge der Hochschulen passen“ (BMBF, 2006). Häufig werden auch personelle und apparative Aufwendungen von nichtuniversitären Instituten gestellt, die von Hochschulen nicht erbracht werden können.

Die Ressortforschungseinrichtungen führen bodenwissenschaftliche Forschung in sehr unterschiedlichem Umfang durch. Die Auswahl der Forschungsthemen orientiert sich dabei in der Regel an den Aufgaben der Bundesministerien. Die Tätigkeiten der Ressortforschungseinrichtungen als nachgeordnete Behörden umfassen u. a. die Informationsbeschaffung und Politikberatung, Regulierungs- und Prüfaufgaben sowie die Erbringung von Dienstleistungen für Dritte (WR, 2006). Eine zentrale Aufgabe der Ressortforschung ist z. B. die Erarbeitung und Weiterentwicklung von Bodeninformationssystemen. Gerade die Sicherstellung von Langzeitbeobachtungen bzw. -experimenten kann strukturbedingt nicht von Hochschulen geleistet werden. Hier erfüllen Bundes- und Landesforschungseinrichtungen eine wichtige Rolle und unterstützen damit die universitäre Forschung in komplementärer Weise.

Zusammenfassend stellt der Wissenschaftsrat (WR, 2006) fest, dass die Bodenwissenschaften in Deutschland in ihren verschiedenen Teildisziplinen sehr gute Leistungen erbringen (vgl. auch Makeschin et al., 2008). Allerdings bedingen strukturelle Veränderungen in den wissenschaftlichen Institutionen wie Kapazitätsabbau und Neuzuordnungen, dass bodenwissenschaftliche Einrichtungen immer stärker Einzelstellungen einnehmen. Durch ihre starke räumliche und organisatorische Zersplitterung können die Bodenwissenschaften den steigenden Anforderungen von Politik und Gesellschaft nicht mehr gerecht werden. Ebenso fehlt eine ausreichende Wahrnehmung der deutschen Bodenforschung im europäischen und internationalen Kontext.

2.2. Rechtliche und politische Rahmenbedingungen

Eine Vielzahl nationaler bzw. europäischer rechtlicher Regelungen beinhalten Anforderungen an den Umgang mit und den Schutz von Böden. Dazu zählen vor allem das Bundesbodenschutzrecht, das Wasserrecht, das Naturschutzrecht, das Abfallrecht, das Baurecht, das Bundesimmissionsschutzgesetz, das Pflanzenschutzmittel- und Düngerecht, Cross Compliance im Rahmen der EU-Agrarpolitik sowie Gesetze im Bereich Erneuerbare Energien. Auf internationaler Ebene liegen zurzeit keine verbindlichen Regelwerke zum Umgang mit Böden vor (siehe auch Kapitel 2.3).

Eine umfassende Regelung der Nutzung von Böden existiert nicht, da in marktwirtschaftlichen Systemen die Grundeigentümer bzw. Pächter von Bodenflächen über das Produktions-

programm bzw. die Intensität, mit der sie die Fläche unter Beachtung der rechtlichen Regelungen nutzen, entscheiden können.

Neben den rechtlichen Regelungen existiert eine Vielzahl an politischen Zielvorgaben aus den unterschiedlichsten Politikfeldern, die direkt oder indirekt einen Bezug zur Bodennutzung haben. So bestehen nach der Nationalen Biodiversitätsstrategie Zielvorgaben für die Ausdehnung von Naturschutzflächen (BMU, 2007). Im Bereich Erneuerbare Energien beinhaltet der Nationale Biomasseaktionsplan für Deutschland Ziele, die bis 2020 zu erreichen sind, darunter auch die Steigerung der Bioenergienutzung und der Ausbau des Anteils der Biokraftstoffe (BMELV/BMU, 2009).

Laut Aktionsplan zur stofflichen Nutzung soll der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen deutlich und anhaltend gesteigert werden (BMELV, 2009). Als flächenmäßiges Ziel ist z. B. eine Verdopplung der Anbaufläche für Arznei- und Gewürzpflanzen von derzeit 20.000 Hektar auf 40.000 Hektar vorgesehen. Das angestrebte Ziel zur Senkung der Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr liegt bei 30 Hektar pro Tag bis 2020 (Bd.-Reg, 2002).

Diese Festlegungen einschließlich der aktuellen Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr mit ca. 100 Hektar pro Tag führen zu Zielkonflikten bei der Flächennutzung, deren Lösung vordringlich ist.

2.3 Georessource Boden

Durch seine tragende Rolle in der Nahrungs- und Futtermittelproduktion sowie zur Erzeugung von erneuerbaren Energieträgern und anderen biobasierten Produkten besitzt Boden eine zentrale Bedeutung für den Menschen. Wesentliche Voraussetzung dafür ist, dass Böden mit ausreichender Fläche und Qualität zur Verfügung stehen.

Verfügbarkeit und Nutzung von Böden

Weltweit werden ca. 5 Milliarden Hektar Bodenfläche landwirtschaftlich genutzt. Davon entfallen ca. 3,5 Milliarden Hektar auf Grünland und ca. 1,5 Milliarden Hektar auf Ackerland. Die Waldfläche beträgt ca. 3,9 Milliarden Hektar.⁴ Nach Schätzungen des Internationalen Instituts für angewandte Systemanalyse (IIASA) steht beim gegenwärtigen Stand der Technik und ohne zusätzliche Waldrodung noch eine Flächenreserve in der Größenordnung von ca. 440 Millionen Hektar zur Ausdehnung der Ackerfläche zur Verfügung (OECD, 2007). In welchem Umfang dies geschieht, hängt zum einen von den Bedingungen auf den Weltagrarmärkten ab, zum anderen von den Maßnahmen der zuständigen nationalen Regierungen (z. B. Investitionen in Bewässerungsinfrastrukturen bzw. Erhalt von Naturschutzflächen). Die größten Potenziale liegen dabei in Afrika südlich der Sahara und in Südamerika (FAO, 2000).

Die Nutzung von Böden in Deutschland ist agrarisch geprägt: Die Landwirtschaftsfläche nimmt mehr als die Hälfte (52,5 %) der Gesamtfläche in Anspruch, ein Drittel ist Waldfläche (Abbildung 2).

⁴ Da viele Nutzungen nicht eindeutig zugeordnet werden können und von einzelnen Organisationen unterschiedlich definiert und zusammengefasst werden, sind diese Zahlen mit Unsicherheiten behaftet.

Eine Erschließung weiterer Flächen für die Agrarproduktion ist in Deutschland nur in beschränktem Umfang möglich. Konservative Schätzungen gehen davon aus, dass mindestens 176.000 Hektar zur Verfügung stehen (KBU, 2009). Andere Schätzungen gehen davon aus, dass etwa 0,5 Millionen Hektar Restflächen in Nutzung gebracht werden könnten (Schnug, 2010).

In Deutschland hat Grünland an der landwirtschaftlichen Nutzfläche einen Anteil von 4,79 Millionen Hektar, welches vorwiegend für die Tierhaltung genutzt werden kann. Insgesamt der größte Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche wird für die Bereitstellung von Futtermitteln genutzt. Demgegenüber beansprucht der Pflanzenbau zur Nahrungsmittelproduktion und Energiepflanzenenerzeugung nur etwa ein Drittel der landwirtschaftlichen Flächen (IÖW, 2008).

Der Flächenbedarf für die Produktion der in Deutschland verbrauchten Lebensmittel liegt bei ca. 20 Millionen Hektar pro Jahr. Dabei sind auch die Flächen für die Produktion von importierten

Nahrungs- und Futtermitteln berücksichtigt (Öko-Institut, 2005). Unter kalkulatorischer Berücksichtigung von Im- und Exporten würde in Deutschland bei konventioneller Landwirtschaft eine Fläche von ca. 17,2 Millionen Hektar allein für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion benötigt, um die aktuellen Verbrauchsgewohnheiten befriedigen zu können. Dieser Flächenbedarf würde sich aufgrund geringerer Erträge im ökologischen Landbau um 5,5 Millionen Hektar auf etwa 22,7 Millionen Hektar erhöhen (Seemüller, 2000).

Der Anbau nachwachsender Rohstoffe zur energetischen und stofflichen Verwendung belegt mittlerweile mit ca. 2 Millionen Hektar Fläche 17% der gesamten Ackerfläche in Deutschland (FNR, 2009). Prognosen gehen für Bioenergie von einem Potenzial der bis 2030 benötigten Fläche von 2,4 bis zu 4,3 Millionen Hektar aus, je nachdem, wie stark Naturschutzziele berücksichtigt werden (DLR/IFEU/WI, 2004; Öko-Institut, 2004). Dabei spielen die Wahl der Pflanzenart und der dadurch zu erzielende Hektarertrag eine entscheidende Rolle. Laut Berechnungen der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt (KBU, 2008) würden zur Erzeugung von 6 % des Primärenergieverbrauchs durch Pappel in Kurzumtriebsplantagen z. B. 4,4 Millionen Hektar Fläche beansprucht, im Vergleich zu 3,4 Millionen Hektar durch Weizen mit Ganzpflanzennutzung. Diese Schätzungen sind nach Ansicht der Arbeitsgruppe jedoch mit großen Unsicherheiten behaftet und berücksichtigen andere Flächennutzungsansprüche nur unzureichend.

Industriepflanzen zur stofflichen Verwertung wurden in Deutschland im Jahr 2009 nach Angaben der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) auf 294.000 Hektar Fläche angebaut (FNR, 2009). Den größten Anteil hatten hierbei Ölpflanzen und Pflanzen zur Stärkegewinnung für die chemische Industrie, die Oleochemie und die Zellstoff- und Papierindus-

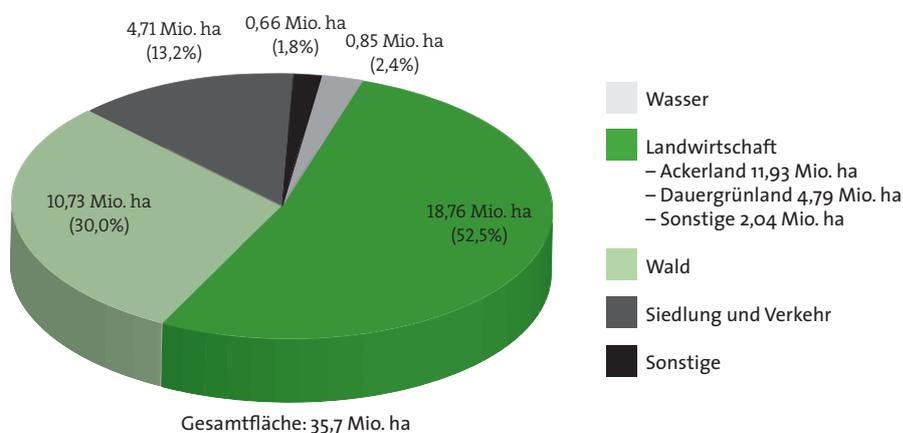


Abbildung 2: Bodennutzung in Deutschland im Jahr 2008 (StatBa, 2009)

trie. Vom nationalen Bedarf an 3,6 Millionen Tonnen nachwachsender Rohstoffe (ohne Holz) für die stoffliche Nutzung werden zurzeit 2,3 Millionen Tonnen und damit 64 % importiert. Bei Holz beträgt der Importanteil 10 %. Studien gehen bei gleichbleibenden Rahmenbedingungen von einer Stagnation der Anbaufläche auf dem derzeitigen Niveau oder von einer Steigerung auf maximal 780.000 Hektar aus. Bei einer verstärkten Förderung der stofflichen Nutzung ist eine Flächenbelegung von über 1,8 Millionen Hektar möglich (nova, 2010).

Der Flächenverbrauch durch Siedlung und Verkehr beträgt täglich ca. 100 Hektar. Etwa 40 bis 50 % dieser Flächen sind komplett versiegelt. Zwischen 1996 und 2008 nahm die Fläche für Siedlung und Verkehr um 508.511 Hektar zu (StatBa, 2009) und steht damit der landwirtschaftlichen Produktion nicht mehr zur Verfügung. Zugleich ist die Landwirtschaft durch Ausgleichsmaßnahmen für den Eingriff in den Naturhaushalt von einer weiteren Reduktion von Produktionsflächen bzw. Einschränkungen in der Flächennutzung betroffen.

Bodenqualität

In Deutschland wurden Mitte der 30er Jahre des letzten Jahrhunderts alle landwirtschaftlich genutzten Böden auf Basis ihres Ertragsniveaus klassifiziert. Die erhobenen Daten liegen in der Finanzverwaltung und dienen einer Vielzahl fiskalischer Berechnungen. Finanzämter führen bis heute Nachschätzungen durch, um die vorhandenen Daten an die neuen Gegebenheiten anzupassen. Die bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) untersucht an ca. 2.000 Stichprobenpunkten den Zustand und die Veränderungen von Waldböden. Dabei werden länderübergreifend harmonisierte Methoden angewandt. Die BZE ist ein Gemeinschaftsvorhaben von Bund und Ländern und Bestandteil des forstlichen Umweltmonitorings. Die fachwissenschaftliche Betreuung der BZE obliegt dem Institut für Waldökologie und Waldinventuren des Johann Heinrich von Thünen-Instituts.

Initiativen eines europäischen Bodenmonitorings im Rahmen der Arbeiten zu einer europäischen Bodenrahmenrichtlinie⁵ sind bislang gescheitert. Insofern liegen harmonisierte Daten, die Grundlage für eine gemeinsame Bewertung von Bodenaspekten wären, nicht vor (siehe auch Kapitel 2.2).

Im globalen Maßstab ist die Datenlage auf diesem Gebiet nur spärlich. Nahezu alle Veröffentlichungen zur Bodenqualität berufen sich auf den 1991 durchgeführten Global Assessment on Human-Induced Soil Degradation (GLASOD; Oldemann et al., 1991). Demnach werden 12 % der Böden weltweit als degradiert angesehen. Das Ausmaß der Verschlechterung der Bodenqualität (Verlust an Produktivität) ist in vielen Regionen der Erde erheblich fortgeschritten. Hauptursachen solcher negativer Entwicklungen sind – vor allem in vielen Entwicklungsländern – Waldrodung, Überbeweidung und unsachgemäße ackerbauliche Nutzung (FAO, 2000).

5 Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für den Bodenschutz und zur Änderung der Richtlinie 2004/35/EG/* KOM/2006/0232 endg.

2.4 Georessource Wasser

Eine zunehmende Nachfrage nach Wasser auf globaler Ebene, insbesondere im Kontext von Bewässerungsmaßnahmen in der Landwirtschaft und einer drastisch wachsenden Weltbevölkerung, erfordern neue Konzepte für einen effizienten Umgang mit der Ressource Wasser. Klimabedingte Veränderungen der regionalen und saisonalen Wasserverfügbarkeiten werden diese Situation verschärfen.

Weltweit betrachtet, wäre grundsätzlich für alle Bedürfnisse ausreichend Süßwasser vorhanden, jedoch sind die Reserven regional ungleich verteilt. Etwa 70 % des genutzten Wassers entfallen, global gesehen, auf die Landwirtschaft. In Deutschland jedoch beträgt dieser Anteil nur 1,1 % (DBV, 2004). Eine steigende Zahl von Ländern und Regionen, vor allem im Nahen Osten, Nordafrika und Südasien, leidet unter zunehmender Wasserknappheit, so dass der Druck auf Süßwasserressourcen immer größer wird. Die FAO (Food and Agriculture Organization) geht von ca. 1,4 Milliarden Menschen aus, die in Regionen mit sinkendem Grundwasserspiegel leben oder keine ausreichenden Grundwasservorkommen besitzen (FAO, 2009).

Neben der Wasserverfügbarkeit ist die Qualität des zur Verfügung stehenden Wassers entscheidend für die Gesundheit des Menschen sowie für die Umwelt. In vielen Regionen der Erde ist mangelnder oder fehlender Gewässerschutz die Ursache für eine dramatische Verunreinigung von Flüssen, Seen und Grundwasser. Durch die Folgen des Klimawandels wie Überschwemmungen und zunehmende Trockenheit wird die Verfügbarkeit von sauberem Wasser zusätzlich herabgesetzt.

Auch in Deutschland werden sich die Wasserverfügbarkeiten durch den Klimawandel regionalspezifisch absehbar verändern. Zudem sind Änderungen der Temperaturen (Frostdauer, Wärmeperioden, Dauer der Vegetationsperiode) und saisonal stärker variable Niederschlagsmengen und -verteilungen zu erwarten. Auch wird prognostiziert, dass Extremwetterereignisse (Starkniederschläge, Hagel, Stürme, Hitzetage) zunehmen werden. Während die Änderungen im Winterzeitraum wahrscheinlich einen geringen Einfluss auf die landwirtschaftliche Produktion haben werden, sind veränderte Bedingungen für die Pflanzenproduktion in trockeneren Sommern und bei einer Zunahme von Extremwetterereignissen entscheidend.

2.5 Nährstoffressourcen in Deutschland: Beispiel Phosphor

Für eine effiziente Biomasseproduktion ist neben ertragsfähigen Böden, einer ausreichenden Wasserversorgung und moderner Produktionstechnik auch ein optimaler Einsatz von Nährstoffen notwendig. In Deutschland wird Stickstoff zu etwa 30 % importiert, während Kalium in nennenswertem Maß exportiert wird. Bei Phosphor dagegen ist Deutschland auf Düngemittelimporte angewiesen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Import- und Exportraten von mineralischen Düngemitteln in Deutschland im Jahr 2007 in Tonnen (FAO, 2010)

Nährstoff	Import	Export	Bilanz
Stickstoff (N)	959.341	671.743	+ 287.598
Phosphor (P ₂ O ₅)	292.105	73.000	+ 219.105
Kalium (K ₂ O)	210.231	3.100.000	- 2.889.769

Zusätzlich zu mineralischem Phosphor (Tabelle 1) wird über Futtermittel Phosphor nach Deutschland importiert. Gleichzeitig fallen über Wirtschaftsdünger 664.000 Tonnen Phosphor (P₂O₅) im Jahr an (Daten beziehen sich auf 1995; UBA, 2000).

Während Stickstoffdünger hauptsächlich über Elektrosynthese hergestellt werden, werden Ausgangsstoffe für Phosphor- und Kaliumdünger bergmännisch abgebaut. Alle nennenswerten Lagerstätten an Rohphosphaten sind in sehr wenigen Staaten lokalisiert, nahezu 50 % davon in Afrika. Weitere 35 % der nachgewiesenen Vorkommen befinden sich im Hoheitsgebiet von Nationen, die ein akutes Eigeninteresse am Rohstoff Phosphor haben. Diese stehen dem freien Handel also nicht zur Verfügung. Natürliche Rohphosphate weisen in Abhängigkeit ihrer Entstehung zum Teil erhebliche Anteile nicht erwünschter Spurenstoffe wie z. B. Cadmium und Uran auf. Diese können Böden, Pflanzen und Gewässer belasten.

Die Betrachtung der Versorgung der landwirtschaftlichen Böden mit Phosphor zeigt, dass sich 38 % der Ackerflächen in der Gehaltsklasse C befinden, die laut Düngeempfehlungen als optimal gilt. Etwa 41 % der Böden sind nach dieser Gehaltsklasseneinteilung überversorgt und 21 % unterversorgt (Mönicke, 2007). Die Unterversorgung betrifft dabei vor allem Böden in den neuen Bundesländern, während eine deutliche Überversorgung vor allem in Regionen zu finden ist, in denen intensive Tierhaltung betrieben wird. Hier treten auch hohe Verluste und Umweltbelastungen durch Austrag in Oberflächengewässer durch Erosion und Auswaschung (Siemens et al., 2008) in das Grundwasser auf.

Im Hinblick auf die sich erschöpfenden Rohphosphatreserven ist es jetzt schon notwendig, Verfahren zur Wiedergewinnung von Phosphor z. B. aus Abwässern zu entwickeln.

2.6 Böden im Kohlenstoff-Haushalt

Die organische Substanz macht im Verhältnis zur mineralischen Substanz nur einen relativ geringen Anteil an der gesamten Bodensubstanz aus. Sie liegt bei agrarisch genutzten Mineralböden je nach Bodenart bei etwa 1 – 2 % organischem Kohlenstoff (C_{org}), bei forstlich genutzten Böden bei etwa 0,5 – 10 %. Dennoch ist sie entscheidend für die Aufrechterhaltung wichtiger Bodenfunktionen. So dient sie als Speicher- und Puffermedium für Wasser, Nähr- und Schadstoffe zugleich. Die organische Substanz ist bodenstrukturbildend und wirkt aggregatstabilisierend. Dadurch schafft sie Lebensräume für Bodenorganismen einerseits und erhöht die Resistenz gegenüber Bodenerosion andererseits. Darüber hinaus nimmt die organische Substanz als Kohlenstoff-Speicher eine wichtige Funktion im Kohlenstoff-Kreislauf ein und hat damit einen erheblichen Einfluss auf die klimarelevanten Gase wie Kohlendioxid (CO₂) und Methan (CH₄).

Aus den Zusammenhängen zwischen organischer Substanz und Bodenfunktionen wird häufig einseitig gefolgert, dass steigende Humusgehalte die Leistungsfähigkeit von Böden verbessern. Wenn deshalb das Ziel verfolgt wird, die Humusgehalte von Böden zu erhöhen, so ist zu berücksichtigen, dass standortuntypisch hohe Gehalte an organischer Substanz auch negativ wirken können. Beispielsweise können bei Ab- und Umbauprozessen erhöhte Mengen an Stickstoff unkontrolliert freigesetzt bzw. ausgewaschen werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Gehalte der organischen Substanz in Böden in Abhängigkeit von der Bodenbewirtschaftung unterschiedlich sind. Insgesamt lässt sich jedoch feststellen, dass bislang abschließende quantitative Aussagen zum Ab- und Aufbau organischer Substanz in Böden nicht möglich sind (Hüttel et al., 2008; Wessolek et al., 2008). Zu diesem Ergebnis kommt auch eine aktuelle Studie von Leifeld und Fuhrer (2010).

Global gesehen, sind Böden die wichtigsten terrestrischen Kohlenstoff-Speicher. In Böden und insbesondere in deren organischer Substanz sind schätzungsweise 1.500 Milliarden Tonnen Kohlenstoff allein im ersten Meter gespeichert. Diese Menge übersteigt den in der pflanzlichen Biomasse gespeicherten Kohlenstoff um das 2- bis 3-fache (Scheffer und Schachtschabel, 2010). Seit 1860 wurden durch die Inkulturnahme natürlicher Areale schätzungsweise 55 Milliarden Tonnen des vorherigen Kohlenstoff-Bestandes von 186 Milliarden Tonnen freigesetzt (Augustin und Eschner, 2001). Rogasik et al. (1995) zeigen, dass eine Veränderung des Kohlenstoff-Gehalts um 0,1% (z. B. von 1% auf 1,1%) in einer Bodenschicht von 30 cm eine CO₂-Freisetzung bzw. -Festlegung von etwa 15 Tonnen pro Hektar nach sich zieht. Würde man diese Annahme auf die landwirtschaftlich genutzte Fläche in Deutschland hochrechnen, könnten theoretisch 255 Millionen Tonnen CO₂ gebunden werden. Böden wären damit im Rahmen der Klimadiskussion als potenzielle Senken für das global ansteigende CO₂ anzusehen. Allerdings bestehen hier erhebliche Wissensdefizite. Insbesondere ist völlig unklar, in welchem Zeitraum diese Festlegungen realisiert und erhalten werden können und welche Rolle der Stickstoff dabei spielt (Janssens et al., 2010).

2.7 Bodennutzung und Agrartechnik

Um den zunehmenden Bedarf an Biomasse für unterschiedliche Nutzungszwecke zu decken, ist der Maschineneinsatz bei der Produktion von Biomasse unerlässlich. Mit entsprechender Landtechnik ist es möglich, natürliche Ressourcen (Wasser und Boden) nachhaltiger zu nutzen und Energie effizient und klimaverträglicher einzusetzen. Dadurch wird die Produktion ökonomisch gestaltet.

Ertragssteigerungen der letzten Jahrzehnte haben ihre Ursachen sowohl im Einsatz von Produktionsmitteln als auch in der Mechanisierung der Landwirtschaft. Arbeitskräfte wurden durch arbeitssparende Betriebsmittel, vor allem Maschinen, ersetzt. Heute bestimmen immer mehr Informations- und Kommunikationstechniken den Technikeinsatz in der Landwirtschaft. So verfügen moderne Traktoren, Saat-, Düng- und Erntemaschinen für die zielgerichtete Ausbringung von Pflanzenschutz- oder Düngemitteln bereits über satellitengesteuerte Navigations- und Kartierungssysteme (Präzisionslandwirtschaft) und einen hohen Automatisierungsgrad.

In Deutschland sind etwa 27.000 Menschen⁶ in der Agrartechnikbranche beschäftigt, die 2009 einen Umsatz von ca. 5,64 Milliarden Euro erwirtschaftete. Die deutsche Industrie repräsentiert damit etwa 10 % der Landtechnik-Weltproduktion. Mit einer aktuellen Exportrate von ca. 70 % ist Deutschland Exportweltmeister im Bereich Landtechnik. Wichtigste Absatzmärkte sind Frankreich, das Vereinigte Königreich, die USA, Österreich, die Niederlande, Spanien und Russland (VDMA, 2010).

Die herausragende Bedeutung des deutschen Maschinenbaus bietet somit gute Chancen, vorhandenes Prozess-Know-how zur Umsetzung neuer Technologien und Prozesse zu nutzen und damit die Wettbewerbsfähigkeit der Landtechnikindustrie nachhaltig zu stärken.

2.8 Ökonomische Bewertung von Böden

Laut Schätzungen der Vereinten Nationen wird die Weltbevölkerung von heute rund 6,8 Milliarden auf 9,1 Milliarden Menschen im Jahr 2050 steigen (UN, 2008). Der Zuwachs von 2,4 Milliarden Menschen wird fast ausschließlich in den Entwicklungsländern stattfinden und hier insbesondere in den afrikanischen Ländern südlich der Sahara (910 Millionen) und in Ost- sowie Südost-Asien (228 Millionen) (FAO, 2009). Damit werden im Jahr 2050 nur noch gut 14 % der Weltbevölkerung in den heutigen Industrieländern leben. Das bedeutet, dass mehr als die Hälfte des Wachstums der Weltbevölkerung in asiatischen Ländern stattfindet, die schon heute an die Grenzen der Erweiterung ihrer landwirtschaftlichen Nutzflächen stoßen.

Abbildung 3 veranschaulicht die regional unterschiedliche Verteilung der Weltbevölkerung im Jahr 2050, die unmittelbaren Einfluss auf Bodenverfügbarkeit und -preise haben wird.

Die pro Kopf verfügbare Bodenfläche wird damit weiter abnehmen. Noch im Jahr 1960 standen pro Kopf der Weltbevölkerung 0,44 Hektar Ackerland zur Verfügung. Im Jahr 2000 waren es knapp 0,22 Hektar. Mitte des 21. Jahrhunderts werden es nur noch etwa 0,15 Hektar sein.

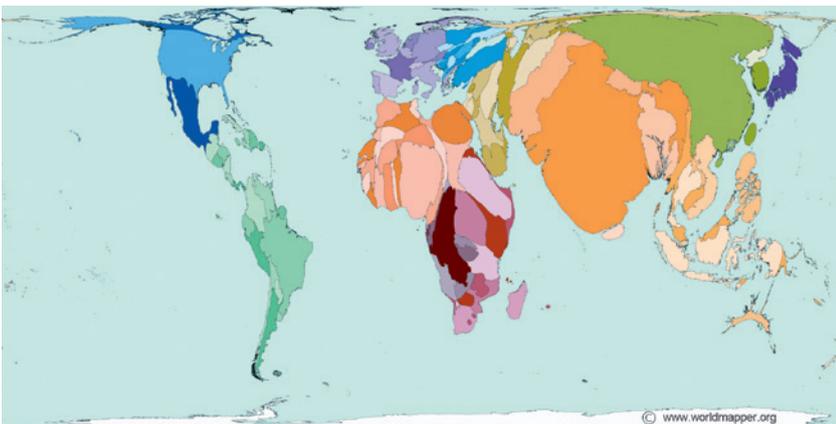


Abbildung 3: Flächengrößen der Länder in Abhängigkeit vom Anteil an der Weltbevölkerung im Jahr 2050 (Worldmapper, 2010)

⁶ Die Beschäftigtenzahlen beziehen sich auf Unternehmen mit mehr als 20 Mitarbeitern und beinhalten nicht den Bereich Handel und Beratung.

Die global begrenzte Verfügbarkeit an Bodenflächen, verbunden mit der steigenden Nachfrage nach Biomasse, hat Konsequenzen für den globalen Bodenmarkt. Staaten, die wenig Wasser- und Nahrungsmittelressourcen haben, kaufen oder pachten in Drittländern Land, um ihre Versorgung zu sichern (Land Grabbing) (Abbildung 4). Innerhalb von zwei Jahren hat dies bereits zum Aufkauf oder zur Pacht von extraterritorialen Landflächen geführt, die die gesamte Ackerfläche Deutschlands übersteigen. In Indien werden bereits heute Preise von bis zu 150.000 Dollar pro Hektar fruchtbares Ackerland bezahlt (von Braun, 2010).

Für die gesamte landwirtschaftlich genutzte Fläche in Deutschland ergibt sich ein Gesamtwert von ca. 151 Milliarden Euro, wenn aktuelle Verkaufspreise (neue Bundesländer) und Pachtpreise (alte Bundesländer) der Berechnung zugrunde gelegt werden. Der durchschnittliche Kaufpreis für einen Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche in Deutschland ist, bei sehr großen regionalen Unterschieden, 2008 gegenüber 2007 im Westen um knapp 5 % und im Osten um 20 % gestiegen. 62 % aller Böden werden in Deutschland verpachtet. Die Pachtpreise haben im letzten Jahrzehnt regional stark zugenommen. Die für Neupachten gezahlten Preise in den neuen Ländern lagen 2007 mit 129 Euro je Hektar aber immer noch bei etwa knapp der Hälfte des Pachtpreinsniveaus in Westdeutschland (279 Euro je Hektar) (DBV, 2009). Zusätzlich ist die Dynamik auf dem Bodenmarkt in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Die Summe aller getätigten Bodenverkäufe erhöhte sich im Westen von 2007 auf 2008 um 15 % auf 865,7 Millionen Euro, während sie im Osten Deutschlands 2008 sogar um 52 % (548,4 Millionen Euro) zulegen (Bodenmarkt, 2010). Auch innerhalb der Europäischen Union ergibt sich ein heterogenes Bild bei der Betrachtung von Bodenpreisen und -preisentwicklungen. Ciaian et al. (2010) berichten von Variationen um bis zu 2.000 %.

Neben den Kauf- und Pachtpreisen ist bei der ökonomischen Betrachtung von landwirtschaftlichen Böden vor allem ihre Produktionsfunktion von zentraler Bedeutung. So wird der Produktionswert der Landwirtschaft in Deutschland für die pflanzliche Erzeugung für das Jahr 2007 mit 23,3 Milliarden Euro angegeben. Der Wert der Erzeugung forstwirtschaftlicher Güter lag im selben Jahr bei 3,6 Milliarden Euro (StatBa, 2009).



Abbildung 4: Land Grabbing durch ausländische Investoren in Entwicklungsländern (von Braun und Meinzen-Dick, 2009)

Die Leistungen von Ökosystemen und damit auch von Böden werden auch als Ökosystemdienstleistungen⁷ bezeichnet. Neben der Bereitstellung von Nahrungs- und Futtermitteln, Energieträgern und Wertstoffen gehören dazu vielfältige weitere Leistungen von Böden. Diese umfassen z. B. die Bereitstellung von sauberem Wasser, die Regulierung des Klimas, den Schutz vor Überflutungen sowie die Speicherung von Kohlenstoff. Diese Funktionen gewinnen insbesondere vor dem Hintergrund der Wirkungen des Klimawandels an Bedeutung. Das Bewusstsein für den Wert von Ökosystemdienstleistungen, nicht nur in ökologischer, sondern auch in ökonomischer Hinsicht, ist in den letzten Jahren gewachsen. Dieser Wert kann jedoch nur sehr partiell, für wenige ausgewählte Dienstleistungen, mit quantifizierten Angaben belegt werden. Eine im Rahmen dieser Empfehlungen erstellte Literaturanalyse kommt zu dem Schluss, dass die Bewertung von Böden hinsichtlich ihrer vielfältigen Ökosystemdienstleistungen im Vergleich zu anderen terrestrischen Ökosystemen vernachlässigt wurde und verlässliche Daten deshalb nicht verfügbar sind (Gerdes et al., i. E.).

⁷ Gemäß dem Millennium Ecosystem Assessment (EA) stellen Ökosystemdienstleistungen Leistungen dar, die den Menschen von Ökosystemen erbracht werden. Das EA untergliedert diese Ökosystemdienstleistungen in bereitstellende, regulierende, unterstützende und kulturelle Leistungen. Bereitstellende Leistungen von Böden sind solche, die dem Menschen direkt zugutekommen, wie zum Beispiel in Form von Nahrungs- und Futtermitteln, Holz, Fasern oder genetischen Ressourcen. Leistungen, die Menschen aus der Regulierung von Ökosystemprozessen beziehen, sind u. a. die Regulierung des Klimas und der Wasserqualität und -quantität sowie der Schutz vor Schädlingen und Krankheiten. Zu den Leistungen, die für die Unterstützung anderer Ökosystemdienstleistungen notwendig sind, gehören u. a. der Nährstoffkreislauf, die Bodenbildung und die Bodenproduktivität. Kulturelle Leistungen beziehen sich auf immaterielle Vorteile, die Menschen aus Ökosystemen ziehen, wie z. B. ästhetische Erfahrungen, spirituelle und inspirierende Bereicherung sowie kulturelle Identität und Vielfalt (EA, 2005).

3. Empfehlungen

In diesem Kapitel werden Forschungs-, Technologie- und Handlungsbedarf in den Bereichen Boden, Wasser, Nährstoffe, Kohlenstoff-Haushalt und Agrartechnik benannt sowie mögliche Anpassungen in Forschungs- und Förderstrukturen vorgeschlagen.

3.1 Entscheidungssysteme zur Priorisierung der Flächennutzung in Deutschland unter Berücksichtigung internationaler Aspekte entwickeln

Zur Lösung von Zielkonflikten bei der Bodennutzung erachtet es die Arbeitsgruppe als notwendig, Entscheidungssysteme zur Priorisierung der Flächennutzung auf Basis einer integrativen Betrachtung von naturwissenschaftlichen und sozioökonomischen Indikatoren zu entwickeln und dabei internationale Entwicklungen adäquat zu berücksichtigen.⁸

Die Bodenfläche für die Produktion von Biomasse ist begrenzt. Aufgrund natürlicher sowie anthropogener Einflüsse nimmt die Verfügbarkeit produktiver Böden weiter ab. Gleichzeitig steigen die Ansprüche an die Leistung von Böden z. B. zur Ernährungssicherung, dem Klimaschutz, der Bereitstellung von nachwachsenden Rohstoffen oder dem Erhalt der biologischen Vielfalt. Die zum Teil politisch gesetzten Anforderungen und die daraus resultierenden Rahmenbedingungen sind vielfach nicht aufeinander abgestimmt. Dadurch sind Fehlallokationen öffentlicher wie privater Mittel in der Forschung und Technologieentwicklung sowie eine nicht sachgerechte Weichenstellung in der Wirtschaft vorprogrammiert.

Um Strategien für die künftige Forschungs- und Technologieentwicklung im Bereich Boden zu erarbeiten, die zum einen auf die Gewährleistung der angestrebten Biomasseproduktion und zum anderen auf den Erhalt der Ökosystemdienstleistungen abgestimmt sind, sind Konzepte erforderlich, die es ermöglichen, unterschiedliche Zielvorstellungen besser aufeinander abzustimmen. Dazu ist eine wissenschaftlich basierte Prioritätensetzung Voraussetzung. Es gilt, Rahmenbedingungen zu definieren, die freies wirtschaftliches Handeln mit dem Ziel einer weltweiten Versorgungssicherung im Bereich Ernährung und dem Schutz öffentlicher Güter ermöglichen. Dazu sind szenariospezifische Modelle ein geeignetes Instrument.

Um die Flächen und die Qualität von Böden in Deutschland zu erhalten sowie Zielkonflikte bei der Flächennutzung aufzulösen, ist ein integratives Forschungsprogramm notwendig. Vor allem Fragen zur Reduktion der Inanspruchnahme hochproduktiver landwirtschaftlicher Nutzfläche für Siedlungs- und Verkehrszwecke sind zu adressieren. Ergebnisse des BMBF-Förderschwerpunktes REFINA⁹ sind im Hinblick auf die Identifizierung und Umsetzung geeigneter Instrumente zum Flächensparen auszuwerten. Hierzu gehört auch die Untersuchung flächeneffizienter Naturschutzmaßnahmen. Gleichzeitig sind Möglichkeiten einer verstärkten Restflächenbewirtschaftung zur Steigerung des Angebots an bewirtschaftungsfähigen

⁸ Diese Empfehlung basiert auch auf den Ergebnissen eines Workshops der Arbeitsgruppe zum Thema „Der Wettbewerb um Bodenfläche – Wege zu einem abgestimmten Flächennutzungskonzept“ (BÖR, 2009).

⁹ Mit dem BMBF-Förderschwerpunkt REFINA (Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement) werden Instrumente entwickelt, mit deren Hilfe das 30-Hektar-Ziel erreicht werden soll. Zentrale Ansätze der REFINA-Projekte sind Kostentransparenz für Kommunen und Bürger, Verbesserung der ökologischen und ökonomischen Datenlage, interkommunale Kooperationen und PPP-Modelle (Public Private Partnership), Fondslösungen, Lösungsansätze für nicht-bauliche Nachnutzung, Bewusstseinsbildung in der Öffentlichkeit und Beratung von Flächennutzern und Wissenstransfer.

Flächen zu prüfen. Dazu soll auch untersucht werden, in welcher Weise eine Bündelung der Kompetenzen bei der Flächenplanung auf den verschiedenen Ebenen zielführend ist und erreicht werden kann.

Landkäufe und Direktinvestitionen durch Staaten und Konsortien in Drittländern für die Eigennutzung führen zu einer Verknappung von Böden und damit von Biomasse, da Erträge nicht oder nur eingeschränkt für die globalen Märkte zur Verfügung stehen. Zunehmende Bedarfe führen dazu, dass eine Ausweitung der Bodennutzung auf natürliche Ökosysteme erfolgt. Gleiches gilt für Flächen, die bislang von der einheimischen Bevölkerung auch ohne Landrechte genutzt werden. Dadurch werden ökologische und soziale Probleme verschärft. In diesem Zusammenhang ist es notwendig, Verantwortung für den Schutz und die Nutzungsplanung von Böden auf internationaler Ebene zu übernehmen. Dies gilt auch für einzelne Länder der Europäischen Union. Rechtlich verbindliche Maßstäbe dafür liegen bislang nicht vor. Instrumente zum Schutz gegen Raubbau am Boden und zum Schutz von Nutzungsrechten der lokalen Bevölkerung sind deshalb wissenschaftlicher Forschungsgegenstand.

Auch alternative Konzepte, die eine flächenunabhängige Pflanzenproduktion ermöglichen, wie z. B. Skyfarming oder Vertical Farming, sind wissenschaftlich zu untersuchen. Insbesondere in Ballungsräumen kann dadurch eine ortsnahe Versorgung mit Agrarprodukten ermöglicht werden. Ökonomisch tragfähig erscheinen solche Ansätze vor allem in Ländern mit hohen Bodenpreisen.

Ein weiterer Weg zur Flächenfreisetzung kann über eine effizientere Nutzung der Biomasse z. B. bei der Futtermittelverwertung landwirtschaftlicher Nutztiere oder durch höhere Effizienzen bei der energetischen Nutzung erfolgen. Gleiches gilt für die Anpassung von menschlichen Ernährungsgewohnheiten in Bezug auf den Konsum von Produkten tierischer Herkunft. Sozioökonomische Forschung kann dazu beitragen, Verbraucherverhalten und Ernährungsgewohnheiten besser zu verstehen, und damit Grundlagen für Kommunikationsmaßnahmen legen, um eine Anpassung des Verbraucherverhaltens in die Wege zu leiten (siehe auch Schwerin et al., 2010).

3.2 Konzepte zur Anpassung der Bodennutzung an veränderte Wasserverfügbarkeiten entwickeln

Die Arbeitsgruppe empfiehlt durch Intensivierung interdisziplinärer Forschungsanstrengungen die Entwicklung innovativer Anpassungsstrategien der Bodennutzung an veränderte Wasserverfügbarkeiten. Im Vordergrund stehen die nachhaltige Optimierung der Bodenwasserkapazität, wassersparende Bewässerungssysteme, Techniken der Wasserspeicherung sowie Informationssysteme für die regionale Wassergehaltsprognose. Dabei sind die Boden-, Pflanzen- und Technikwissenschaften in Verbindung mit den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften aufgefordert, durch eine systemische Betrachtung der bestehenden technischen, ökonomischen und sozialen Rahmenbedingungen einen erfolgreichen Transfer neuer Erkenntnisse und Technologien in die Praxis sicherzustellen.

Die Klimadynamik wird sich in Deutschland vor allem durch veränderte Wasserverfügbarkeiten auswirken. In diesem Zusammenhang sind Böden aufgrund ihrer Funktion als Wasserspeicher und -leiter von zentraler Bedeutung bei der Erarbeitung von Anpassungsmöglichkeiten.

Veränderungen des zeitlichen und regionalen Klimaverlaufs werden bei allen Standorten früher oder später Veränderungen des Wasserhaushalts und damit aller von ihm beeinflussten Nutzungs- und Ökosystemfunktionen hervorrufen. Besonders betroffen werden Böden sein, deren Speicher- oder Durchleitungsvermögen limitiert ist. Auswirkungen werden nicht nur auf den Bodenwasserhaushalt, sondern auch auf den Stoff- und Gashaushalt von Böden und damit auf die Nährstoffversorgung von Pflanzen durchschlagen.

Um Wirkungszusammenhänge von Boden und Wasser – insbesondere bezogen auf die Produktionsfunktion von Böden – besser beurteilen zu können, sind Beobachtungs- und Anpassungsstrategien sowie dafür notwendige neuartige Untersuchungs- und Monitoringtechnologien zu entwickeln. Die Erfassung von Auswirkungen veränderter Niederschlagsmengen und -verteilungen auf das Wasserspeichervermögen von Böden in Abhängigkeit z. B. von Bodenverdichtungen, Erosionsgefährdung, Humusgehalten sowie u. a. auf die Nähr- und Schadstoffdynamik und die Bodenbiodiversität stellen weitere, für diese Fragestellungen wichtige Forschungsfelder dar.

Der Klimawandel wird in Deutschland zu veränderten Anbauverfahren mit neuen Techniken führen müssen. Neben züchterischen Maßnahmen z. B. zur Erhöhung der Trockentoleranz von Pflanzen sind auch die Möglichkeiten der Erhöhung der Wassernutzungseffizienz von Pflanzenbausystemen bei der Gestaltung von Bewässerungs- und Fruchtfolgesystemen stärker auszuschöpfen. Einzelerkenntnisse dazu liegen vor. Ein systematisches Verständnis und eine ökonomische Bewertung der Verfahren fehlen bislang in ausreichendem Maße. Auch die Bedeutung organischer Substanz wird in diesem Zusammenhang noch nicht hinreichend berücksichtigt.

Das zunehmende Auftreten von Extremwetterereignissen und die damit verbundene Notwendigkeit zur Anpassung an gegensätzliche Bedingungen wie längere Trockenheit bei gleichzeitig potenziellem Wasserüberschuss in derselben Vegetationsphase erfordern möglichst elastische Anpassungssysteme, wie sie z. B. Mischanbausysteme (Agroforstsysteme) darstellen.

Technische Lösungen für wassersparende Bewässerungssysteme sind vor allem für einen kleinräumigen Anbau hochwertiger Produkte (Gartenbau) verfügbar, aber nicht für Problemgebiete wie z. B. in kontinental geprägten Gebieten. Neben wassersparenden Bewässerungstechniken müssen auch Methoden des Water Harvesting (Regenwassernutzung) oder auch die Grauwassernutzung besser erforscht werden. In diesem Zusammenhang sind auch hygienische Aspekte des Bewässerungswassers im Hinblick auf die menschliche Gesundheit zu berücksichtigen.

Ein weiterer Schwerpunkt zukünftiger Forschungsbemühungen sollte die Entwicklung von Bodenmess- und Informationssystemen sein, um für die landwirtschaftliche Praxis kurzfristige und regional differenzierte Aussagen zum Wassergehalt treffen zu können.

Darüber hinaus sind größere Anstrengungen erforderlich, um angepasste Bodenbearbeitungs- und Meliorationstechnologien sowie neuartige Bodenhilfsstoffe zu entwickeln. In diesem Zusammenhang ist die Erforschung von Biokohle und vergleichbaren Produkten in ihren Wirkungen auf den Wasserhaushalt zu vertiefen. Bei der Entwicklung dieser Konzepte sind die ökologischen und ökonomischen Vor- und Nachteile dieser Technologien in die Bewertung einzubeziehen.

Vor allem im Hinblick auf die praktische Umsetzung von Forschungsergebnissen ist es erforderlich, zusammen mit den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften die Analyse der bestehenden technischen, ökonomischen und sozialen Gegebenheiten zu konzipieren, wie z. B. den Zugang zu Wasserressourcen oder die Wasserpreise.

Ferner sind internationale Warenströme vor dem Hintergrund einer möglichen Übernutzung lokal begrenzter Wasserressourcen, der Beeinträchtigung der Wasserqualität und der Sicherung der Wasserversorgung der lokalen Bevölkerung zu überprüfen. Hierzu sind Konzepte des virtuellen Wasserverbrauchs weiterzuentwickeln.

Während sich die in der landwirtschaftlichen Produktion vorwiegend anzutreffenden einjährigen Anbausysteme flexibler an sich ändernde Klimabedingungen und Wasserverfügbarkeiten anpassen lassen, ist dies für mehrjährige oder Dauerkulturen schwieriger. Deshalb sind die Forstwirtschaft, aber auch der Obst- und Weinbau in besonderem Maße gefordert, Anpassungsstrategien zu entwickeln.

Von den Klimaänderungen wird auch die regionale Grundwasserneubildung betroffen sein. Das Wissen um mögliche Einflüsse ist von besonderer Bedeutung, da eine ausreichende Grundwasserneubildung die Trinkwasserversorgung sicherstellt – und zwar unter qualitativen als auch quantitativen Gesichtspunkten. Es ist deshalb erforderlich, dass die Zusammenhänge zwischen Klimawandel, Landnutzung und Grundwasserneubildung umfassend untersucht und Ergebnisse entsprechender flächenhafter Modellierungen in die Analyse zukünftiger Landnutzungsstrategien einbezogen werden.

3.3 Strategie zur Sicherung der langfristigen Verfügbarkeit von Phosphor in der Landwirtschaft erarbeiten

Die Arbeitsgruppe Boden empfiehlt die Entwicklung einer nationalen Strategie zur Sicherung der Phosphorversorgung zur Biomasseproduktion unter Beachtung notwendiger Umweltauswirkungen bei der Umsetzung. Dies ist vor allem im Hinblick auf den steigenden internationalen Bedarf und die begrenzten geogenen Verfügbarkeiten von grundlegender Bedeutung.

Um die zukünftige Phosphorversorgung zur Biomasseproduktion sicherzustellen, ist eine ganzheitliche Betrachtung des Phosphorkreislaufes vorzunehmen. Neben der Exploration neuer Lagerstätten und der Entwicklung von innovativen Technologien zu deren wirtschaftlicher Erschließung liegt der Schwerpunkt in der Effizienzsteigerung bei der Aufbereitung, Anwendung und Verwertung von Phosphaten. Dies ist auf der einen Seite durch die Entwicklung neuer Methoden zur chemisch-physikalischen Aufbereitung mineralischer und organischer Phosphatvorkommen aus natürlichen Lagerstätten, die auch die damit verbundenen Stoffströme berücksichtigen, zu erreichen. Auf der anderen Seite ist die sekundäre Nutzung durch eine effiziente Rückgewinnung aus industriellen und kommunalen Abwässern und eine Wiederverwendung aus bisher wenig berücksichtigten Sekundärrohstoffen verstärkt zu fördern. Dazu sind verstärkte Forschungsanstrengungen zum Phosphat-Recycling auch aus Wirtschaftsdüngern, Rückständen der Lebensmittelproduktion und aus Gewässersedimenten notwendig.

Eine effizientere Nutzung des eingesetzten Phosphats ließe sich u. a. durch eine Verbesserung der Ausbringung und Dosierung von Phosphatdüngern mit Hilfe verbesserter Formulie-

rungen und gezielter Applikationstechniken erreichen. Daneben ist auch eine Mobilisierung von im Boden vorliegenden schwer pflanzenverfügbaren Phosphaten anzustreben, die z. B. durch die Züchtung besonders phosphat-effizienter Pflanzensorten erreicht werden könnte. Auch die Erforschung der Wechselwirkungen zwischen Wurzeln, Boden und Mikroorganismen und ein gezieltes Management dieser Wechselbeziehungen stellen vielversprechende Möglichkeiten für eine ressourcenschonende Phosphat-Nutzung dar. Außerdem sind wissenschaftliche Grundlagen für die Anpassung von Düngeempfehlungen entsprechend dem Leitbild eines effizienten Ressourceneinsatzes zu erarbeiten.

Neben der begrenzten Verfügbarkeit des Rohstoffs Phosphor stellt die ökologische Verträglichkeit des eingesetzten Phosphats ein weiteres Forschungsfeld dar, um einer diffusen Kontamination mit unerwünschten Spurenstoffen entgegenzuwirken und eine Eutrophierung von Oberflächengewässern zu verhindern.

3.4 Kohlenstoff-Haushalt von Böden – Forschung intensivieren

Die Arbeitsgruppe empfiehlt ein umfassendes Forschungsprogramm, um die Grundlagen für das Verständnis von Schlüsselprozessen des Kohlenstoff-Kreislaufs zu schaffen und quantitative Ansätze einer standort- und bewirtschaftungsbezogenen Steigerung der Kohlenstoff-Gehalte in Böden abzuleiten. Dieses Forschungsprogramm ist durch ein nach Hauptbewirtschaftungsarten und geographischen Gesichtspunkten (Boden, Klima) gegliedertes wissenschaftliches Monitoringprogramm zu flankieren. Die Ergebnisse entsprechender Forschungsarbeiten können die Voraussetzung für die Monetarisierung der Kohlenstoff-Speicherleistung von Böden und für die Honorierung angepasster Bodenbewirtschaftungstechnologien bilden.

Die organische Bodensubstanz hat als Kohlenstoff-Speicher eine wichtige Funktion im globalen Kohlenstoff-Kreislauf. Humusaufbau und -abbau haben einen wesentlichen Einfluss auf die Fixierung und Freisetzung klimarelevanter Gase wie z. B. CO₂ und CH₄. In natürlichen und bewirtschafteten Ökosystemen spielt die organische Substanz als Speicher für Wasser und Nährstoffe, für die Filterung und Umwandlung von Schadstoffen, als Lebensraum für Bodenorganismen und für die Bodenstruktur eine zentrale Rolle.

Die standörtlichen Kohlenstoff-Gehalte der Böden hängen von vielen Faktoren ab, die in ihrer Gesamtheit quantitativ nicht ausreichend verstanden sind. Die Frage, wie viel der in Böden vorhandenen organischen Substanz durch anthropogene Bodennutzung verloren geht oder gebildet wird, lässt sich derzeit aus wissenschaftlicher Sicht nicht schlüssig beantworten. Auch die wichtige Rolle von Stickstoff bei der langfristigen Kohlenstoff-Bindung in Böden ist zu wenig untersucht.

Für ein besseres Verständnis des Kohlenstoff-Kreislaufs in Böden sind neue methodische Ansätze für die Untersuchung von Wechselwirkungen zwischen Ausgangssubstrat, Klima, Landschaftsmorphologie, Nutzungsgeschichte, Bewirtschaftung und Kohlenstoff-Haushalt von Böden zu entwickeln. Hierbei sind verstärkt Speicher- und Umsetzungsprozesse und die Rolle der Bodenorganismen im Unterboden zu berücksichtigen. Die Ergebnisse dieser grundlegenden Forschungsarbeiten sind gezielt für den Aufbau eines flächenrepräsentativen Monitorings des Boden-Kohlenstoff-Haushalts zu nutzen. Grundlagenforschung und Langzeit-

beobachtung sind hier eng miteinander zu verzahnen, um die Ergebnisse des Monitorings einerseits überprüfbar und andererseits die Beobachtungsdaten für die Wissenschaft frei zugänglich zu machen. Eine Schlüsselrolle spielt hierbei neben standardisierten Beobachtungsmethoden eine repräsentative nach Nutzungsarten und naturräumlicher Ausstattung gegliederte Standortauswahl, die land- und forstwirtschaftliche Flächen umfasst. Entsprechende wissenschaftliche Arbeiten würden damit einen Handlungsrahmen für die politische Entscheidungsbildung im Hinblick auf eine mögliche Monetarisierung einer nutzungsbedingten Änderung der Kohlenstoff-Speicherung in Böden schaffen (siehe auch Ekardt und Henning, i. E.).

Agroforstliche Systeme sind intensiver zu untersuchen. Mit dem erhöhten Potenzial dieser Systeme, organische Substanz im mineralischen Oberboden zu akkumulieren, könnten die Senkenfunktion des Bodens für klimarelevante Gase erheblich gesteigert (s. u.) und damit bei flächenhafter Anwendung ein signifikanter Beitrag zur Kohlenstoff- und Stickstoff-Sequestrierung in terrestrischen Systemen geleistet werden. Hierbei sind die Möglichkeiten der Kohlenstoff-Speicherung in Böden durch standortangepasste Anbausysteme und Kulturpflanzen bei Weitem noch nicht ausgeschöpft.

Ferner ist zu überprüfen, wie viel Kohlenstoff durch technische Maßnahmen in Böden gespeichert werden kann. Die Applikation von kohleartigen Feststoffen (Biokohle), die durch neue thermische Technologien aus trockenen Verfahren (Pyrolyse, thermokatalytische Niedertemperaturkonvertierung) sowie aus nassen Verfahren (hydrothermale Karbonisierung, HTC) entstehen, stellen eine Möglichkeit der Kohlenstoff-Festlegung besonders bei meliorationsbedürftigen Standorten dar. Die Entwicklungen in den technischen Bereichen der Herstellung (Verfahrens- und Energietechnik, Chemie) und in den Anwendungsbereichen (Bodenkunde, Agrarwissenschaft, Pflanzenwissenschaften) laufen derzeit parallel. Diese Aktivitäten erfordern dringend eine Koordination, auch um die Gefahr nicht repräsentativer bzw. nicht aussagekräftiger Ergebnisse zu minimieren. Der zunehmende Bedarf an Biomasse für unterschiedliche Verwendungszwecke erfordert auch eine stärkere Nutzung von Rest- und Nebenprodukten. In diesem Zusammenhang ist zu überprüfen, welche Ressourcen für die Erzeugung der kohleartigen Feststoffe zur Verfügung stehen. Gleichzeitig ist zu beachten, dass genügend organische Masse zur Erhaltung der Fruchtbarkeit im Boden verbleibt, insbesondere, wenn aufgrund der zunehmenden energetischen Nutzung von Biomasse weniger oberirdische Pflanzenreste auf den Böden belassen werden.

3.5 Ressourceneffizienz durch innovative Verfahrenstechniken erzielen

Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in der Agrartechnik sind zu intensivieren, um innovative Verfahren für einen ressourcenschonenden Umgang mit der Biomasse bereits zu Beginn der Wertschöpfungskette zu erreichen. Darüber hinaus sind Technologien für eine effizientere Bestandesführung weiterzuentwickeln, um dadurch den Faktoreinsatz (Energie, Pflanzenschutz- und Düngemittel) zu reduzieren.

Der steigende Bedarf an Biomasse sowohl im Ernährungs- als auch im Energie- und stofflichen Verwertungsbereich erfordert integrierte Konzepte für eine effiziente, ressourcenschonende Erzeugung und Nutzung von Biomasse.

Gegenwärtig werden z. B. Nahrungs- oder Futterpflanzen und Pflanzen zur stofflichen oder energetischen Nutzung vorwiegend in getrennten, auf nur einen Nutzungszweck hin optimierten Anbausystemen produziert. Zielführend scheint jedoch, Anbauverfahren zu entwickeln, die eine effiziente Nahrungsmittelproduktion mit einer effizienten Produktion von nachwachsenden Rohstoffen kombinieren. Dies kann durch die Züchtung von multifunktionalen Pflanzen erfolgen und durch die Entwicklung von neuen Verfahrenstechniken für eine nutzungsorientierte Ernte unterstützt werden. Bei diesen Ernteverfahren sind nicht nur Haupt- und Nebenprodukt voneinander zu trennen. Insbesondere das Nebenprodukt ist auf dem Feld so vorzuverarbeiten, dass sich dessen Wertigkeit bzw. Transportwürdigkeit erhöht.

Dem Gesichtspunkt einer Logistikoptimierung kommt eine zusätzliche Bedeutung zu, um die Erntegüter möglichst energieeffizient vom Ort der Produktion zur Lagerung bzw. Verarbeitung zu verbringen. Wesentlich ist auch eine bessere Verzahnung von Ernte- und Verarbeitungstechnik, um Ernte-, Transport- und Lagerverluste zu minimieren.

Automatisierte Steuerungs- und Regelungstechniken und die Weiterentwicklung von geeigneten Sensortechniken können im Rahmen einer modernen Bestandesführung in der landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Produktion einen wesentlichen Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz und Ressourcenschonung leisten. Dazu sind neue Konzepte für die Antriebstechnik, Sensoren und Aktoren für die Automatisierungstechnik sowie integrierte und ökologische Technologien für Düngung und Pflanzenschutz und das Bestellen und Ernten zu entwickeln. Die Sensorik zur Wahrnehmung des Umfelds stellt in Verbindung mit der geeigneten Elektronik und Software den Schlüssel für einen automatisierten, bedarfsgerechten und ressourcenschonenden Prozessablauf dar. Sensoren werden zusammen mit Wachstums-/ Produktionsmodellen verlässliche Grundlagen zur Entscheidungsfindung für eine bedarfsgerechte Produktionssteuerung bilden, wobei die Berücksichtigung der kleinräumigen Heterogenität der Standortpotenziale eine wesentliche Rolle spielt.

Im Bereich Bioenergie stellen die Technik für Pflanzung, Pflege und Ernte für den Anbau und die Verarbeitung eines erweiterten Energiepflanzenartenspektrums und neuartige Anbausysteme wie z. B. die verstärkte Nutzung von schnell wachsenden Hölzern in Kurzumtriebsplantagen oder Agroforstsystemen eine Herausforderung für die Agrartechnik dar. Dies gilt auch für die Inkulturnahme von Restflächen.

Zur Anpassung der Pflanzenproduktion an den Klimawandel und die damit veränderten Wasserverfügbarkeiten sollten Techniken zur Tiefenplatzierung von Nährstoffen, die das Wurzelwachstum in tieferen Bodenschichten anregen und dadurch die Trockentoleranz der Pflanzen erhöhen, weiterentwickelt werden. Gleiches gilt für die Einbringung von Biokohle in tiefe Bodenschichten zur Festlegung von Kohlenstoff aus Klimaschutzgründen.

Um die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Agrartechnik zu erhalten und damit einen entscheidenden Beitrag zu einer ressourcenschonenden und effizienten Erzeugung und Verarbeitung von Biomasse zu leisten, stellen der Erhalt und in einigen Bereichen der Ausbau von Forschungskapazitäten an universitären und nichtuniversitären Einrichtungen der Agrar-, Forst- und Gartenbauwissenschaften sowie der Maschinenbauwissenschaften eine wesentliche Voraussetzung dar.

3.6 Forschungsnetzwerk Boden etablieren

Die Arbeitsgruppe Boden empfiehlt die Einrichtung eines bundesweiten Forschungsnetzwerks im Bereich Boden. Das Forschungsnetzwerk ist die Voraussetzung, dass die vorhandenen Kapazitäten der Bodenforschung in enger Verbindung mit benachbarten agrarrelevanten Disziplinen einen wesentlichen Beitrag zu den oben genannten Forschungsaufgaben leisten können. Es stärkt die europäische und internationale Sichtbarkeit und Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Bodenforschung und trägt dazu bei, dass diese einen wesentlichen Beitrag zur Lösung der nationalen und globalen Herausforderungen leistet.

Die Bodenwissenschaften in Deutschland sind in verschiedenen Teildisziplinen außerordentlich leistungs- und konkurrenzfähig (WR, 2006). Bedingt durch ihre immer noch stark räumliche, organisatorische und fachliche Zersplitterung kommt gegenwärtig ein ganzheitlicher Forschungsansatz jedoch in vielen Fällen zu kurz. Damit können die Bodenwissenschaften den steigenden Anforderungen durch Politik und Gesellschaft kaum gerecht werden, was sich wiederum negativ auf ihre Wahrnehmung in Gesellschaft, Wirtschaft und Politik auswirkt. Von der Politik wurde bereits auf die Notwendigkeit der Bündelung der Kompetenzen in diesem Bereich im Hinblick auf die aktuelle Klimadebatte hingewiesen. So wurde in der Hightech-Strategie zum Klimaschutz (BMBF, 2007) die Notwendigkeit eines Kompetenzzentrums Boden formuliert.

Die Etablierung eines Netzwerks Boden ermöglicht die integrative Vernetzung der bestehenden Kompetenzen innerhalb des eigenen Fachgebiets und unterstützt damit auch die notwendige Weiterentwicklung der Disziplin Bodenwissenschaften hin zu einer Geo-Pedologie, die dem enormen Forschungsbedarf im Bereich der Schnittstellen der unterschiedlichen Bodenkompimente (Critical Zone-Konzept, siehe Abbildung 1) Rechnung trägt. Die Vernetzung auch mit benachbarten agrarrelevanten Forschungseinrichtungen schafft ferner die Voraussetzungen, Lösungen für die großen globalen Herausforderungen auf wissenschaftlicher Basis vorzubereiten.

Durch die Einbeziehung der Wirtschaft in das Forschungsnetzwerk wird eine stärker als bislang erfolgte Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Praxis sichergestellt. Mit Hilfe übergreifender Forschungsansätze können Ideen und Kenntnisse gebündelt und neue Synergien geschaffen werden, die in den einzelnen Bereichen selbst nicht entstehen können. Zentrale Aufgabe des Netzwerks ist, neue Forschungsgebiete zu definieren und dabei einerseits Spitzenforschung zu garantieren, andererseits aber auch konkrete Verwertungsperspektiven von neuem Wissen zu ermöglichen.

Durch die Vernetzung aller wesentlichen Akteure in einem Netzwerk mit fachlich ausgerichteten Knotenpunkten und der konsequenten Verknüpfung der Expertise bereits bestehender Fachgruppen an Universitäten, nichtuniversitären Forschungseinrichtungen, in der Bundesressortforschung sowie in wissenschaftlichen Gesellschaften, Verbänden und Wirtschaftsunternehmen soll ein wissenschaftlicher Verbund von nationaler und internationaler Bedeutung und gesellschaftlicher Relevanz entstehen. Auch innerhalb dieser Organisationen sollte eine stärkere Fokussierung erfolgen.

Große Bedeutung für das Netzwerk wird dabei eine Koordinierungsstelle einnehmen, die alle relevanten bodenwissenschaftlichen Institutionen umfasst. Diese sollte vorzugsweise an einer übergeordneten, unabhängigen wissenschaftsorientierten Organisation angesiedelt sein.

3.7 Forschungsförderung aus einem Guss ermöglichen

Die Arbeitsgruppe Boden empfiehlt die Bündelung der Forschungsförderung im Bereich Boden, Wasser und Landnutzung. Dazu sollte eine interministerielle Arbeitsgruppe eingerichtet werden, in der eine enge Abstimmung der Ressorts erfolgen kann.

Auf nationaler Ebene gibt es in den Bereichen Boden und Landnutzung eine Vielzahl von Aktivitäten unterschiedlicher Ministerien zur Förderung von Forschung und Entwicklung. Durch die unterschiedlichen Förderaktivitäten bestehen grundsätzliche Defizite bei der fachlichen Abstimmung. Es fehlt eine klare fachliche Schwerpunktsetzung.

Durch eine Bündelung der Forschungsförderung können Synergien generiert und der Transfer der Forschungsergebnisse in die Praxis verbessert werden. Haushaltsmittel lassen sich durch eine Vermeidung von Doppelförderung zielgerichteter und effizienter einsetzen. Gleichzeitig wird die Transparenz der Fördermaßnahmen für potenzielle Antragsteller sowie eine einheitliche Behandlung von Zuwendungsempfängern sichergestellt. Über die Bündelung auf nationaler Ebene hinaus ist die stärkere Abstimmung der Forschungsförderung auf EU-Ebene wünschenswert.

Auch im Hinblick auf die internationale Vernetzung der Forschung sind eine fachliche Abstimmung der Forschungsvorhaben und eine klare Schwerpunktsetzung innerhalb der Bundesregierung wichtig. Dadurch kann die Sichtbarkeit auf internationaler Ebene gesteigert und ermöglicht werden, dass Deutschland einen angemessenen Beitrag zur Lösung der globalen Herausforderungen leistet.

4. Quellenangaben

Augustin, J. und Eschner, D. (2001): Enhancement of Carbon Dioxide Sink Potential. In: Lozan, J.L. et al. (Hg.): Climate of the 21th Century: Changes and Risks, 385–87.

Bd.-Reg (2002): Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Bundesregierung.

Bodenmarkt (2010): Wie gehen wir mit dem Boden um? Flächenmanagement aus politischer, ökonomischer und rechtlicher Sicht.
http://www.bodenmarkt.info/downloads/7bofo_1_boehme.pdf.

BMBF (2006): Bundesforschungsbericht 2006. Bundesministerium für Bildung und Forschung.

BMBF (2007): Die Hightech-Strategie zum Klimaschutz. Bundesministerium für Bildung und Forschung.

BMELV (2009): Aktionsplan der Bundesregierung zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

BMELV/BMU (2009): Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland. Beitrag der Biomasse für eine nachhaltige Energieversorgung. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz/Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

BMU (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

BÖR (2009): Der Wettbewerb um Bodenfläche – Wege zu einem abgestimmten Flächennutzungskonzept. Workshop. BioÖkonomieRat.

Ciaian, P.; Kancs, D. A. und Swinnen, J. (2010): EU Land Markets and the Common Agricultural Policy. Centre for European Policy Studies.

DBV (2004): Situationsbericht 2004. Trends und Fakten zur Landwirtschaft. Deutscher Bauernverband.

DBV (2009): Situationsbericht 2009. Trends und Fakten zur Landwirtschaft. Deutscher Bauernverband.

DLR/IFEU/WI (2004): Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland. Arbeitsgemeinschaft Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt/Institut für Energie- und Umweltforschung/Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Ekardt, F. und Hennig, B. (i.E.): Landnutzung und Klimaschutz. Die rechtsinterpretative und rechtspolitische Integrierbarkeit von Landnutzungsaspekten ins Klimaschutzrecht. Gutachten im Auftrag der Arbeitsgruppe Boden. BioÖkonomieRat.

EA (2005): Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment. Millennium Ecosystem Assessment.

FAO (2000): Land Resource Potential and Constraints at Regional and Country Levels. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO (2009): How to Feed the World in 2050. Food and Agricultural Organization of the United Nations.

FAO (2010): FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations: <http://faostat.fao.org/>.

FNR (2009): Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.: <http://www.nachwachsenderohstoffe.de/service/daten-und-fakten/anbau/>.

Geokommission (2010): Dynamische Erde – Zukunftsaufgaben der Geowissenschaften. Senatskommission für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsforschung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Gerdes, H.; Naumann, S.; Landgrebe, R. und Stupak, N. (i.E.): Ökonomische Bewertung der ökologischen Funktionen von Böden. Gutachten im Auftrag der Arbeitsgruppe Boden. BioÖkonomieRat.

Hüttl, R.F.; Prechtel, A. und Bens, O. Hg. (2008): Zum Stand der Humusversorgung der Böden in Deutschland. Cottbuser Schriften zur Ökosystemgenese und Landschaftsentwicklung, Band 7. BTU Cottbus, Forschungszentrum Landschaftsentwicklung und Bergbaulandschaften.

IÖW (2008): The Impact of German Agriculture on the Climate. Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung.

Janssens, I. A.; Dieleman, W.; Luysaert, S.; Subke, J.-A.; Reichstein, M.; Ceulemans, R.; Ciais, P.; Dolman, A. J.; Grac, J.; Matteucci, G.; Papale, D.; Piao, S. L.; Schulze, E.-D.; Tang, J. und Law, B. E. (2010): Reduction of Forest Soil Respiration in Response to Nitrogen Deposition. *Nature Geoscience*, 3, S. 315–22.

KBU (2008): Bodenschutz beim Anbau nachwachsender Rohstoffe. Empfehlungen der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt. Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt.

KBU (2009): Flächenverbrauch einschränken – jetzt handeln. Empfehlungen der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt. Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt.

Leifeld, J. und Fuhrer, J. (2010): Organic Farming and Soil Carbon Sequestration: What do we really know about the benefits? *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 39.

Makeschin, F.; Wolff, M.; Eckelmann, W.; Flühler, H.; Frede, H.-G.; Hüttl, R. F.; Kögel-Knabner, I.; Mueller, K.; Schmitz-Möller, P.; Weber, M.; Wittmann, U. und Woiwode, J. (2008): Anforderungen an die Entwicklung und interdisziplinäre Vernetzung der Bodenwissenschaften aus der Sicht eines nachhaltigen Flächenmanagements. Orientierungsrahmen Bodenwissenschaften.

Mönicke, R. (2007): Generations- und fachgerechte Landbewirtschaftung bedeutet dauerhaftes Schließen der Stoffkreisläufe. Labortag Sachsen-Thüringen. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft.

nova (2010): Entwicklung von Förderinstrumenten für die stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland. nova-Institut.

OECD (2007): Biofuels: Is the Cure Worse than the Disease? In: Round Table on Sustainable Development: 11–12 September. Organisation for Economic Co-operation and Development.

Öko-Institut (2004): Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Öko-Institut e.V.

Öko-Institut (2005): Umweltauswirkungen von Ernährung – Stoffstromanalysen und Szenarien. Diskussionspapier Nr. 7. Öko-Institut e.V.

Oldemann, L. R.; Hakkeling, R. T. A. und Sombroek, W. G. (1991): World Map of the Status of Human-Induced Soil Degradation. Global Assessment of Soil Degradation GLASOD. Wageningen: International Soil Reference and Information Centre (ISRIC).

Rogasik, J.; Dämmgen, U. und Lüttich, M. (1995): Ökosystemare Betrachtungen zum Einfluß klimatischer Faktoren und veränderter Intensität der Landnutzung auf Quellen- und Senkeneigenschaften von Böden für klimarelevante Spurengase. Symposium Klimaveränderung und Landwirtschaft – Wechselwirkungen, mögliche Entwicklungen und Handlungserfordernisse. Ökologische Hefte der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät, 3, S. 37–57.

Scheffer, F. und Schachtschabel, P. (2010): Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum Akademischer Verlag.

Schnug, E. (2010): Persönliche Mitteilung.

Schwerin, M.; Balmann, A.; Baum, M.; Born, H.; Mettenleiter, T. C.; Patermann, C.; Preisinger, R.; Rodehutsord, M.; Schulz, C.; Swalve, H. und Taube, F. (2010): Herausforderungen für eine zukunftsfähige Erzeugung von Lebensmitteln tierischer Herkunft. BioÖkonomieRat: <http://www.biooekonomierat.de>.

Seemüller, M. (2000): Der Einfluss unterschiedlicher Landbewirtschaftungssysteme auf die Ernährungssituation in Deutschland in Abhängigkeit des Konsumverhaltens der Verbraucher. Technische Universität München, Freising-Weihenstephan/Öko-Institut.

Siemens, J.; Ilg, K.; Pagel, H. und Kaupenjohann, M. (2008): Is Colloid-Facilitated Phosphorus Leaching Triggered by Phosphorus Accumulation in Sandy Soils? *J. Environ. Qual.*, 37(6), S. 2100–07.

StatBa (2009): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Statistisches Bundesamt/Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

UBA (2000): Daten zur Umwelt. Umweltbundesamt.

UN (2008): World Population Prospects: The 2008 Revision Population Database. <http://esa.un.org/unpp>.

UNEP (1982): World Soils Policy. United Nations Environment Programme.

VDMA (2010): Wirtschaftsbericht des Fachverbands Landtechnik. Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V.

von Braun, J. und Meinzen-Dick, R. (2009): „Land Grabbing“ by Foreign Investors in Developing Countries: Risks and Opportunities. IFPRI Policy Brief 13. International Food Policy Research Institute.

von Braun, J. (2010): Persönliche Mitteilung.

Wessolek, G.; Kaupenjohann, M.; Dominik, P.; Ilg, K.; Schmitt, A.; Zeitz, J.; Gahre, F.; Schulz, E.; Ellerbrock, R.; Utermann, J.; Düwel, O. und Siebner, C. (2008): Ermittlung von Optimalgehalten an organischer Substanz landwirtschaftlich genutzter Böden nach § 17 (2) Nr. 7 BBodSchG. Boden – Grundwasser. Umweltbundesamt.

Worldmapper (2010): Land Area to Population. Worldmapper: <http://www.worldmapper.org>.

WR (2006): Empfehlungen zur Entwicklung der Agrarwissenschaft in Deutschland im Kontext benachbarter Fächer (Gartenbau-, Forst- und Ernährungswissenschaften). Wissenschaftsrat.

Mitglieder der Arbeitsgruppe Boden

Dr. Helmut Born, Generalsekretär des Deutschen Bauernverbandes e. V., Mitglied des BioÖkonomieRats

Dr. Wolf Eckelmann, Direktor und Professor, Fachbereichsleiter Boden als Ressource, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Prof. Dr. Hans-Georg Frede, Lehrstuhlinhaber, Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement, Justus-Liebig-Universität Gießen

Dr. Reinhard Fritz, Projektleiter Latam Team, Bayer CropScience AG

Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Technische Universität München

Prof. Dr. Reinhard F. Hüttl (Sprecher), Wissenschaftlicher Vorstand des Helmholtz-Zentrums Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum, Präsident acatech, Professor für Bodenschutz und Rekultivierung an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus, Vorsitzender des BioÖkonomieRats

Prof. Dr. Folkhard Isermeyer, Präsident des Johann Heinrich von Thünen-Instituts Braunschweig, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Mitglied des BioÖkonomieRats

Prof. Dr. Franz Makeschin, Lehrstuhl für Bodenkunde und Bodenschutz, Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Technische Universität Dresden, Vorsitzender der Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt

Dr. Michael Quinckhardt, Geschäftsführer Claas Agrosystems GmbH & Co KG

Dr. Bernd Uwe Schneider, Leiter des Wissenschaftlichen Vorstandsbereichs am Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum

Prof. Dr. Ralf Seppelt, Leiter des Departments für Landschaftsökologie am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung UFZ, Leipzig, Professor für Angewandte Landschaftsökologie an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Prof. Dr. Fritz Vahrenholt, Vorsitzender der Geschäftsführung RWE Innogy GmbH, Mitglied des BioÖkonomieRats

Prof. Dr. Joachim von Braun, Direktor am Zentrum für Entwicklungsforschung (ZEF), Bonn, Mitglied des BioÖkonomieRats

