



Lebenswichtig und doch vernachlässigt

Über die Bedeutung des Bodens

von Birgit Wilhelm

Der Boden ist die Lebensgrundlage aller Menschen. Die Landwirtschaft ist aufs Engste mit dem Boden verbunden und hat doch in gewissem Sinne die „Bodenhaftung“ verloren. Entgegen allen anderslautenden Beteuerungen schreitet auch in Deutschland die Bodendegradation, also die meist irreparable Schädigung einer oder mehrerer Bodenfunktionen, unvermindert fort. Erst die aktuelle Klimadebatte hat die Bedeutung des Bodens – wenngleich auch eindimensional fokussiert auf seine Fähigkeit Kohlendioxid zu speichern – zum öffentlichen Thema gemacht. Vor allem die Humusgehalte von Böden spielen dabei eine besondere Rolle. Einfache Lösungen für eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung gibt es jedoch nicht. So dient beispielsweise die von vielen als besonders „bodenschonend“ angesehene konservierende, pfluglose Bodenbearbeitung nicht nur dem Bodenschutz, sondern zieht erfahrungsgemäß einen erhöhten Pestizideinsatz nach sich. Was insgesamt fehlt, ist eine ganzheitliche Sichtweise auf den (Acker-)Boden, die seiner Komplexität gerecht wird. Diese ganzheitliche Sicht ist in der modernen Agrarwissenschaft weitgehend verloren gegangen; es bedarf daher dringend der Ergänzung wissenschaftlicher Erkenntnisse durch bäuerliches Erfahrungswissen. Der vorliegende Beitrag plädiert dafür, das bodenkundliche Bewusstsein der Bauern und Bäuerinnen mehr zu fördern und in die Forschung und Umsetzung von Maßnahmen des Anbaus und Bodenschutzes gleichberechtigt einzubeziehen.

Der Boden ist die „Haut der Erde“. Er ist die oberste, dünne Verwitterungsschicht der Erdoberfläche: Lebensgrundlage aller Menschen. Er entsteht durch Verwitterung des mineralischen Ausgangsgesteins und durch Ablagerung und Einmischung organischer Substanz durch das Bodenleben. Die Entwicklung der Landwirtschaft ist auf das Engste mit dem Boden verbunden. Von der reinen Handarbeit mit der Hacke hat sich die Bodenbearbeitung in Mitteleuropa über das Ochsen- und Pflugespann zur satellitengesteuerten, teilflächenspezifischen Bearbeitung mit modernstem Gerät („precision farming“) entwickelt. Einige Bauern können noch heute davon erzählen, wie sie hinter dem Pflugespann über ihren Boden, Scholle für Scholle, gegangen sind. Diese unmittelbare Erfahrung mit dem Boden ist mit der modernen Schleppertechnik, in der man meist zwei Meter über dem Boden „schwebt“, schwieriger geworden. So mancher Bauer hat heute, zumindest im übertragenen Sinn, „den Boden unter den Füßen“ verloren. Aber eine Landwirtschaft ohne fruchtbaren Boden ist auf Dauer nicht möglich.

Natürliche oder mechanische Bodengare

Die landwirtschaftliche Kenntnis über den Boden findet sich unter anderem in zwei von bäuerlicher Erfahrung geprägten Begriffen wieder: in der *Bodenfruchtbarkeit* und der *Bodengare*. Aber je weniger Menschen als Bäuerin, Bauer oder Gärtner direkt mit dem Boden arbeiten, umso weniger Bedeutung haben solche Begriffe im täglichen Leben. Unter „Bodenfruchtbarkeit“ können sich viele noch etwas vorstellen, aber die „Bodengare“ ist selbst unter jungen Landwirten völlig aus dem Sprachgebrauch verschwunden.

Dabei beschreibt der Begriff „gute Bodengare“ in nur zwei Wörtern den Idealzustand der Bodenstruktur eines lebendigen Ackerbodens. Ein Landwirt erklärt im Rahmen einer Untersuchung zur flachen Bodenbearbeitung im Ökolandbau einen Boden mit guter Bodengare wie folgt: „*Krümelig, soll er [der Boden] sein, aber von selbst.*“

Beobachtet man die Felder, die im Herbst oder Frühjahr zur Aussaat bestellt werden, sieht man zwar landesweit Felder mit einer feinen Bodenstruktur, ohne größte

re Brocken und Klumpen. Diese Bodengare ist aber meistens mit großem technischem Aufwand mechanisch hergestellt. Mit Hilfe von Pflug, Grubber, Kreiselegen, Packern und anderen Geräten wird der Boden bis in eine Tiefe von 25 Zentimetern „gar“ gemacht. Der Nachteil dieser mechanischen Gare: Sie ist nicht nachhaltig. Beim ersten starken Regen fällt sie in sich zusammen, der Boden verschlämmt und muss wieder mechanisch gelockert werden. *„Wenn du erlebst, dass nach einer Woche, nach einer flachen Bearbeitung auch der Boden darunter locker und krümelig geworden ist, dort wo du nichts bewegt hast, dann weißt du, du hast alles richtig gemacht mit deinem Boden. Das ist ein schönes Erlebnis. Der Boden hat sich von selbst gekrümelt“*, erzählt ein anderer Landwirt in der oben erwähnten Untersuchung. In der Bodenphysik spricht man hier vom Aufbau stabiler Ton-Humus-Komplexe, die für die Aggregatstabilität ausschlaggebend sind.

Ohne organische Substanz keine Bodenfruchtbarkeit

Das Zusammenspiel der biologischen, chemischen und physikalischen Bodenprozesse spiegelt sich im natürlichen Ertrag des Bodens wider und wird als Bodenfruchtbarkeit bezeichnet. Nach wie vor sind die verschiedenen, sehr komplexen Bodenprozesse nicht vollständig erforscht und geklärt. Unbestritten aber ist die wichtige Rolle der organischen Substanz im Boden. Die organische Substanz ist die Summe der Pflanzenwurzeln, der Bodenflora und -fauna und der Pilze sowie der abgestorbenen und von Bodenorganismen umgewandelten pflanzlichen und tierischen Bestandteile (= Humus). Der größte Anteil an organischer Substanz im Boden ist Humus, daher wird Humus oft als Synonym für organische Substanz gebraucht. Die Bodenlebewesen gewinnen durch die Zersetzung der Ausgangssubstanzen in Humus Energie. Gleichzeitig werden durch die Arbeit der Bodenlebewesen die Nährstoffe für die Pflanzen verfügbar. Durch Gründüngung, Mulchen, Kompostgaben, jede Form von organischem Dünger oder auch durch Einarbeitung von Ernteresten wird organische Substanz im Boden aufgebaut und die natürliche Bodenfruchtbarkeit gefördert.

Eine sehr wichtige Rolle spielt in diesem Zusammenhang auch die Fruchtfolge. Es gibt sogenannte „Humuszehrer“ wie Mais, Zuckerrüben, Kartoffeln und „Humusmehrer“, zu denen vor allem die Leguminosen zählen, die über die Eigenschaft verfügen, Luftstickstoff binden zu können. Engagierte Ackerbauern benennen weitere wichtige Bereiche (wie Zeitpunkt der Bearbeitung, Maschinengewicht, ausreichend Nahrung für das Bodenleben, ständige Bodenbedeckung, Bodendurch-

wurzelung), die bei einer Bodenbearbeitung zu beachten seien, um den Humusaufbau zu fördern und die natürliche Bodenfruchtbarkeit zu erhalten.

Die Humuskonzentration im Boden ist nicht konstant und befindet sich in einem gleichzeitigen Auf- und Abbauprozess, der unter anderem von Bodenbearbeitung, Klima, Ausgangsmaterialien und der Aktivität des Bodenlebens beeinflusst wird. Bei Ackerböden mit einem Gehalt von weniger als 3,4 Prozent organischer Substanz (bzw. weniger als zwei Prozent organischem Kohlenstoff C_{org}) im Bearbeitungshorizont sollten Maßnahmen zur Förderung und zum Aufbau des Humusgehalts durchgeführt werden (1). Durch die Klimaforschung ist – nach jahrzehntelanger Ignoranz – der Humus bei den Forschern wieder in den Mittelpunkt der Aufmerksamkeit gerückt. So hat man in den letzten Jahren endlich damit begonnen, die Humusgehalte der Böden in Europa systematisch und flächendeckend zu erfassen und in einer Bodenkarte darzustellen. Die Bodenkarte von Deutschland zeigt in den großen Ackerbaugebieten vor allem Ostdeutschlands Humusgehalte von weniger als zwei Prozent in der Ackerkrume; solche Böden gelten als „schlecht humos“ bis „sehr schlecht humos“. In den übrigen Ackerbaugebieten variiert der Humusgehalt zwischen zwei und vier Prozent („mittel humos“) (2).

Liebig und die Folgen

Anfang des 19. Jahrhunderts beschäftigten sich die ersten Wissenschaftler mit den Vorgängen und Prozessen im Boden. Einige stellten die biologischen Bodenprozesse, das Bodenleben und vor allem die wichtige Rolle des Humus für die natürliche Bodenfruchtbarkeit in den Mittelpunkt des damaligen Ackerbaus. Dieser Ansatz wurde durch die Entdeckungen des Chemikers Justus von Liebig (1803–1873) nach und nach verdrängt. Er erforschte den Mineralstoffwechsel in der Pflanze und begründete die sogenannte „Minerallehre“ und daraus die Agrikulturchemie. Auf dieser Grundlage entstand die noch heute vorherrschende, rein chemische Sichtweise der Pflanzenernährung, bei der die Pflanze ihre Hauptnährstoffe fast ausschließlich über den – wasserlöslichen – Dünger erhält. Der Boden und seine biologischen Prozesse der Nährstoffmobilisierung spielen dabei eine untergeordnete Rolle. Unterstützt wurde diese Entwicklung zum einen durch die einseitige Konzentration auf eine schnelle Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion ohne Berücksichtigung ihrer Nachhaltigkeit, zum anderen durch die billige Verfügbarkeit von synthetischen Düngemitteln. Die Landwirtschaft wurde abhängig von der Düngemittelindustrie. In Deutschland werden pro Jahr rund 100 Kilogramm synthetisch er-

Tab. 1: Wesentliche Ursachen für globale Bodendegradation (5)

Ursachen	Degradationsanteil in Prozent
Überweidung	35
Entwaldung	30
Landwirtschaftliche Aktivitäten	27
Übernutzung der Vegetation	7
Industrielle Aktivitäten	1

zeugten Stickstoffs pro Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche ausgebracht. Europaweit sind es im Durchschnitt nur 50 Kilogramm Mineralstickstoff pro Hektar.

Aber auch in anderen Bereichen der Agrarwissenschaften und innerhalb der universitären Ausbildung bleibt für den Boden nur noch eine Nebenrolle übrig – mit fatalen Folgen für die Landwirtschaft. Professuren für Bodenkunde werden nicht mehr neu besetzt oder an Wissenschaftler vergeben, die selber keine Agrarwissenschaftler mehr sind, sondern aus Fachgebieten wie Geoökologie stammen (3).

Während in den Hochschulen die Bedeutung der Bodenwissenschaft sinkt und Forschung wie Lehre sich von der landwirtschaftlichen Praxis zunehmend entfernen, steigt das Interesse am Boden als *Kapitalanlage*. Der Boden ist, neben Arbeit und Kapital, einer der drei Produktionsfaktoren des landwirtschaftlichen Unternehmens. Das Ziel solcher Kapitalanlagen ist es, mit diesen Produktionsfaktoren möglichst hohe Erträge aus dem investierten Kapital zu erwirtschaften. Der Zustand des Bodens ist dabei vor allem für die Kreditwürdigkeit der Produktion auf dem jeweiligen Standort ausschlaggebend. Der Erhalt der Bodenfruchtbarkeit auf lange Sicht spielt in dieser rein ökonomischen Betrachtungsweise keine Rolle.

Für die Zukunft der Landwirtschaft ist der Boden jedoch lebenswichtig und kann im Gegensatz zu anderen Kapitalgütern wie Gebäuden und Maschinen eben nicht verbraucht und „abgeschrieben“ werden. Daher befindet sich jeder Bauer und jede Bäuerin im Hinblick auf die finanzielle Wirtschaftlichkeit des Betriebs in einem Konflikt mit dem eigenen Boden. Einerseits müssten sie das Maximale an Ertrag herausholen, andererseits aber die natürlichen Grenzen erkennen und akzeptieren (4). Mit der Unterstützung von Forschung, Beratung, Industrie und Politik lag jahrzehntelang der Schwerpunkt auf der kurzfristigen Wirtschaftlichkeit der Nahrungsmittelproduktion, und trotz der unmittelbaren Abhängigkeit vom Boden gehört die heutige moderne Landwirt-

schaft weltweit zu den Hauptverursachern von Bodendegradation (siehe Tabelle 1).

Der größte Teil der Erdoberfläche ist von Böden bedeckt, die nicht landwirtschaftlich nutzbar sind. Nur etwa zwölf Prozent der Festlandsfläche sind intensiv und 22 Prozent eingeschränkt ackerbaulich nutzbar. Bereits ein Viertel der weltweit landwirtschaftlich nutzbaren Fläche kann als degradiert bezeichnet werden (6). Unter Bodendegradation versteht man die meist irreparable Schädigung einer oder mehrerer Teilfunktionen des Bodens. Eines der ersten Anzeichen für Bodendegradation ist die Bodenverdichtung. 36 Prozent der europäischen Ackerböden sind stark bis sehr stark verdichtet und 45 Prozent der Böden in der EU haben weniger als zwei Prozent organische Substanz (7). Allein in Deutschland gehen jährlich sieben Tonnen fruchtbarer Boden pro Hektar durch Erosion verloren. Demgegenüber steht ein jährlicher Bodenaufbau von etwa einer Tonne pro Hektar.

Boden- und Klimaschutz: Landwirtschaft in der Kritik

Die Landwirtschaft kommt zunehmend in Kritik. Aufgrund der Faktenlagen glaubt kaum noch ein Boden- oder Klimaschützer den Beteuerungen des Bauernverbandes, dass die Landwirtschaft doch auf keinen Fall den Boden schlecht behandeln würde, da sie ja davon leben müsste.

Seit 1999 gibt es in Deutschland das Bodenschutzgesetz, doch Bodenschützer beurteilen die darin bislang festgelegten landwirtschaftlichen Maßnahmen zur „guten fachlichen Praxis“ als unzureichend. Das deutsche Bodenschutzgesetz hätte aufgrund der fehlenden Indikatoren und Kontrollinstanzen kaum Einfluss auf eine bodenschützende Landwirtschaft (8). Auch auf EU-Ebene wird an einem Gesetz zum Bodenschutz gearbeitet. Unabhängig davon, ob Gesetze ausreichen, um den Boden zu schützen, war es nicht zuletzt die Förderpolitik der EU, die jahrelang eine bodenzerstörende Landwirtschaft unterstützt hat, zum Beispiel mit den Prämien für Maisanbau. Dies brachte nicht nur die bodenschützenden Grünlandflächen zum Verschwinden und ersetzte sie durch den Bodenerosion fördernden Maisanbau; auch der Anbau von Körnerleguminosen als Alternative zur Verfütterung von Mais und Importsoja beschränkt sich in Deutschland heute fast ausschließlich auf die fünf Prozent ökologisch wirtschaftenden Betriebe.

Noch mehr Aufmerksamkeit erfährt der Boden durch die Klimaforschung. Organische Substanz besteht zu etwa 50 Prozent aus Kohlenstoff und somit sind etwa 75 Milliarden Tonnen Kohlenstoff in den Böden Europas gespeichert. Auf der einen Seite ist es wichtig, dass dieser Kohlenstoff als Folge von unsachgemäßer Bewirt-

schaftung nicht in die Atmosphäre gelangt, auf der anderen Seite kann sehr kurzfristig durch bestimmte Maßnahmen in der Land- und Bodennutzung die Speicherkapazität des Bodens erhöht werden. Im Rahmen der im Kyoto-Protokoll vereinbarten CO₂-Reduzierungen ist es interessant, sich diese Leistungen des Bodens bzw. der Landwirtschaft als Kohlenstoffsénke anrechnen zu lassen. Eine Diskussion über die geeigneten Maßnahmen ist bereits im Gange. Im Rahmen des europäischen Projekts CLIMSOIL werden im Abschlussbericht von Klimaforschern die Maßnahmen zur Kohlenstoffsénkung in der Landwirtschaft in einer Tabelle aufgelistet und beurteilt. Das größte Potential sehen die Wissenschaftler in Extensivierung, Anbau von Untersaaten und Dauerkulturen und vor allem im Wiederaufbau von organischer Substanz in Ackerböden. Die Akzeptanz der Landwirte, diese Maßnahmen umzusetzen, wird (ohne weitere Erläuterungen) im Bericht jedoch als gering eingeschätzt (9).

Die Ergebnisse von Bodenschutzprojekten und auch der Klimaforschung bieten genügend Argumente, um den alten landwirtschaftlichen Begriffen wie natürliche Bodenfruchtbarkeit und Bodengare in der Landwirtschaft und besonders auch in der öffentlichen Diskussion über die Landwirtschaft, wieder eine besondere Bedeutung zu geben. Die Konzepte wie Extensivierung,

Erhalt und Verbesserung von Grünland, Anbau von Leguminosen, erweiterte Fruchtfolgen etc. passen aber gar nicht zu der heute vorherrschenden industriellen Landwirtschaft. Viele glauben, dass mit der konservierenden Bodenbearbeitung eine Maßnahme gefunden wurde, die sowohl der Landwirtschaft und auch dem Boden- und Klimaschutz gerecht wird. Folgeprobleme werden dabei leicht übersehen (siehe Kasten).

Bäuerliches Bodenbewusstsein in die Forschung einbeziehen

Die Spezialisierung und einseitige Definition des Wissenschaftsbegriffs in ausschließlich messbare Fakten hat vor den Agrarwissenschaften nicht haltgemacht. Um den Begriff „Bodenfruchtbarkeit“ naturwissenschaftlich zu erfassen, wurde diese in ihre physikalischen, chemischen und biologischen Einzelteile zerlegt und unabhängig voneinander erforscht. Bis jetzt hat es die Agrarwissenschaft versäumt, die wichtigen Erkenntnisse der einzelnen Spezialgebiete in einen Zusammenhang zu bringen und gemeinsam mit den Bauern und Bäuerinnen in der landwirtschaftlichen Praxis zu überprüfen. Die ganzheitliche Sichtweise auf den Ackerboden, die

Konservierende Bodenbearbeitung – ein neues Allheilmittel?

Bei der konservierenden Bodenbearbeitung wird der Boden ohne Pflug bearbeitet. Mit unterschiedlichen Grubbergeräten werden die Ernterückstände nur oberflächlich in den Boden eingearbeitet, die an der Oberfläche verbleibenden Ernterückstände schützen den Boden vor Erosion. Bei der Direktsaat, der konsequentesten Form der konservierenden Bodenbearbeitung, wird ganz auf die Bodenbearbeitung verzichtet. Die Förderung des Bodenlebens, effektiver Erosionsschutz durch Bodenbedeckung, geringerer direkter Energieverbrauch durch niedrigeren Zugkraftbedarf bzw. weniger Überfahrten (Direktsaat) werden als Argumente für den Boden- und Klimaschutz hervorgehoben.

Das umweltfreundliche und bodenschützende Image bekommt jedoch Kratzer, wenn man die vernachlässigten Aspekte betrachtet, die mit dieser Form der Bodenbearbeitung einhergehen. Bei konservierender Bodenbearbeitung wird vor der Aussaat eine Behandlung der Fläche mit *Total*/herbiziden, meist mit dem Wirkstoff Glyphosat (Handelsname: Roundup) durchgeführt. Der Begriff Totalherbizid ist insofern treffend, da das Mittel nicht zwischen Unkraut und Kulturpflanze unterscheidet, sondern einfach alle grünen Pflanzen abtötet. Um auch eine Behandlung eines bereits grünen Sojafeldes zu ermöglichen, wurde eigens für dieses System eine gentechnisch veränderte, herbizidresistente Sojasorte mit einer „Roundup-Ready-Boh-

ne“ gezüchtet. Neueste Studien zeigen mögliche Auswirkungen des in „Roundup“ verwendeten Kontaktmittels für die Umwelt und die Bundesanstalt überprüft ein Zulassungsverbot für „Roundup“ in Deutschland.

In Deutschland wird die Technik oft bei der Aussaat von Wintergetreide oder Winterraps eingesetzt. Im Jahr 2007 sind etwa 2,3 Millionen Hektar zur Wintergetreideaussaat mit Mulch- oder Direktsaatverfahren bewirtschaftet worden. Entsprechend hoch war der Pestizideinsatz auf diesen Flächen. In den USA, Brasilien und Argentinien wird dieses Bodenbearbeitungssystem hauptsächlich für den Anbau von Soja und Mais eingesetzt, meist im Zusammenhang mit dem Anbau von gentechnisch veränderten Soja (10).

So dringend schnelle und wirksame Maßnahmen für den Boden- und Klimaschutz sind, so wirkungslos oder sogar kontraproduktiv werden sie bleiben, wenn sie sich auf einzelne Sachverhalte konzentrieren und die Komplexität der Landwirtschaft bzw. der Natur nicht in die Betrachtung mit einbeziehen. So ist zu befürchten, dass in Zukunft gentechnisch veränderte Soja- oder Maismonokulturen auf ehemaligen Urwaldflächen aus Klimaschutzgründen finanziell unterstützt werden, nur weil sie mit einer Direktsaatmaschine ausgesät werden und somit vermeintlich den Boden (und damit eine wichtige Kohlenstoffsénke) schützen.

Folgerungen & Forderungen

- Der Boden ist die Lebensgrundlage aller Menschen. Von seiner Fruchtbarkeit hängt alles Leben auf dieser Erde ab. Diese einfache Wahrheit wurde mit dem Aufkommen der mineralischen Stickstoffdüngung und der modernen Agrarökonomie fast vergessen.
- Die heutige industrielle Landwirtschaft gehört mit zu den Hauptverursachern von Bodendegradation. Die natürliche Bodenfruchtbarkeit muss wieder eine zentrale Bedeutung in der Landwirtschaft erhalten.
- Bodenschutz und Klimaschutz rücken den Boden und vor allem den Humus wieder in die öffentliche Wahrnehmung und bieten genug Argumente, um Bodenfruchtbarkeit, Bodengare und darauf abgestimmten ökologischen Landbaupraktiken wieder einen zentralen Wert zuzuerkennen.
- Eine Unterstützung des konventionellen Systems der konservierenden, pfluglosen Bodenbearbeitung bedeutet eine Förderung der Gentechnik und eine Ausweitung des Einsatzes von Totalherbiziden in der Landwirtschaft.
- Die Komplexität der Bodenfruchtbarkeit erfordert eine ganzheitliche Sichtweise und den Einbezug bäuerlichen Wissens und Bodenbewusstseins sowohl in der Forschung als auch bei der Umsetzung von Maßnahmen der Bodenbearbeitung und des Bodenschutzes.

dem Begriff der Bodenfruchtbarkeit zugrunde liegt, ist in der Agrarwissenschaft weitgehend verloren gegangen.

Im Rahmen der Forschung zur Bodenfruchtbarkeit forderte der Agrarwissenschaftler Kord Baeumer bereits 1991 eine breite Zusammenarbeit von verschiedenen Spezialisten, um die geeigneten Lösungen für die Probleme der Landwirtschaft zu erarbeiten (11). Diese Forderung hat nach fast 20 Jahren immer noch Bestand und muss um einen wichtigen Aspekt ergänzt werden: um die ernsthafte Einbeziehung und Integration der Bäuerinnen und Bauern in die Agrarwissenschaft (12). Denn es gibt viele Beispiele auf der ganzen Welt dafür, dass sich Bäuerinnen und Bauern nicht davon abbringen lassen, mit ihrem Boden behutsam umzugehen. Sie sind sich ihrer Verantwortung bewusst und wollen ihren Töchtern und Söhnen einen gesunden Boden hinterlassen. Sie bewahren ihr Wissen und suchen immer weiter nach neuen Möglichkeiten, die natürliche Bodenfruchtbarkeit zu fördern. Die Bäuerinnen und Bauern müssen mitdiskutieren, wenn es um Boden- und Klimaschutz geht; dabei dürfen sie sich nicht länger von der Agrarindustrie instrumentalisieren lassen. Nur eine Wertschätzung und Einbeziehung des vorhandenen bäuerlichen Bodenbewusstseins bringt den Fortschritt und die Forschung in Einklang mit einer nachhaltigen Landwirtschaft.

Anmerkungen

- (1) L. Van-Camp et al. (2004): Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection, Volume III: Organic Matter. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2004, S. 872, EUR 21319 EN73.
- (2) O. Düwel, C.S. Siebner und J. Utermann (2007): Gehalt an organischer Substanz in Oberböden Deutschlands. Hrsg. von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Hannover (darin v. a. Tab. 3 und Abb. 13). – Langfristige Entwicklungen unserer Ackerböden sind aus diesen Daten noch nicht zu erfahren. Ein Langzeitversuch in der Schweiz untersucht jedoch seit 1979 unterschiedliche landwirtschaftliche Nutzungssysteme auf Parameter der Bodenfruchtbarkeit. Bereits nach zwanzig Jahren Laufzeit lassen sich die positiven Auswirkungen der ökologischen Landnutzung im Unterschied zur konventionellen Bewirtschaftung am Boden erkennen. Siehe dazu: A. Fließbach, P. Mäder, L. Pfiffner, G. Dubois und L. Gunst (2000): FiBL Dossier Nr. 1: Erkenntnisse aus 21 Jahren DOK-Versuch: Bio fördert Bodenfruchtbarkeit und Artenvielfalt (<https://www.fibl-shop.org/shop/pdf/do-1089-dok.pdf>).
- (3) Siehe hierzu den Beitrag von Chr. Denzel: Aushöhlung der Agrarwissenschaften? Entwicklungstendenzen der universitären Forschung und Lehre. In: Der kritische Agrarbericht 2009, S.152–156, hier: S.153 f.
- (4) Th. Abt (1983): Fortschritt ohne Seelenverlust. Bern: Hallwag AG.
- (5) WBGU, Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (1994): Die Welt im Wandel. Gefährdung der Böden. Bonn: Economica Verlag.
- (6) N. Uphoff et al. (Hrsg.) (2006): Biological Approaches to Sustainable Soil Systems. Boca Raton: Taylor & Francis, 2006. p. 764.
- (7) Abschlussbericht EU Project "Soil protection and Sustainable Agriculture" (SoCo), Brüssel 2009 (<http://soco.jrc.ec.europa.eu/>).
- (8) C. Loll (2003): Vorsorgender Bodenschutz im Bundes-Bodenschutzgesetz. Berlin: Duncker & Humblot, S. 243. Schriften zum Umweltrecht Band 129.
- (9) Vgl. CLIMSOIL Bericht Dezember 2008, EU-Kommission http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/climsoil_report_dec_2008.pdf.
- (10) In Südamerika (Brasilien und Argentinien) werden 47 Prozent der landwirtschaftlichen Fläche mit Direktsaatsystemen bewirtschaftet. Im Jahr 2007 sind fast 100 Prozent der Sojaanbauflächen in Argentinien und USA mit GV-Soja ausgesät worden, in Brasilien waren es 64 Prozent. – Vgl. R. Derpsch and Th. Friedrich (2009): Global Overview of Conservation Agriculture Adoption. Proceedings 4th World Congress on Conservation Agriculture. New Delhi: 4th World Congress on Conservation Agriculture, 2009, p. 429–438. Leadpaper: session 4.1. und http://www.transgen.de/anbau/eu_international/201.doku.html.
- (11) K. Baeumer (1991): Bodenfruchtbarkeit als wissenschaftlicher Begriff: Kenngrößen und Prozesse im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Produktion im Agrarökosystem. in: BMELF (Hrsg.): Berichte über Landwirtschaft (NF); SH 203, Hamburg/Berlin, S. 29–45.
- (12) Vgl. hierzu auch den nachfolgenden Beitrag von Patricia Fry.

Autorin

Birgit Wilhelm
Agraringenieurin und Doktorandin im
Fachgebiet Agrartechnik

Universität Kassel
Nordbahnhofstr. 1a
37213 Witzenhausen
E-Mail: birgit.wilhelm@uni-kassel.de

