

Agrarfakten - Bodenfruchtbarkeit

Voraussetzung für eine nachhaltige Landwirtschaft

Hans Eckert, Gerhard Breitschuh, Thorsten Breitschuh und Martin Körschens 09.09.2015 / 31.03.2023

Veranlassung

Berichte über abnehmende Bodenfruchtbarkeit sind durchaus geeignet, die Öffentlichkeit zu beunruhigen, wobei es den Verfassern der nachfolgenden Behauptungen offensichtlich an fachlicher Seriosität mangelt:

1 Weshalb beschäftigen wir uns mit Bodenfruchtbarkeit?

Bodenfruchtbarkeit gehört heute zu jenen landwirtschaftlichen Begriffen, die im öffentlichen Bewusstsein positiv besetzt sind. Bodenfruchtbarkeit steht für Ertragsfähigkeit und Wohlstand. Andererseits führte mangelnde Bodenfruchtbarkeit verbreitet zu Vorgängen wie Wanderfeldbau, Raubbau und periodischen Hungersnöten. Immer wieder musste der Mensch erfahren, dass die Bodenfruchtbarkeit nicht unerschöpflich ist, sondern bis zur völligen Ertragslosigkeit ausgebeutet werden konnte. Die Aufklärung der Ursachen ist mit den Namen Carl SPRENGEL und insbesondere Justus von LIEBIG verbunden, die erkannten, dass sich die Pflanze von Mineralstoffen ernährt (Mineralstofftheorie). Damit widerlegten sie die Humustheorie Thaers, der ausschließlich dem Humus die Ernährungsfunktion zuschrieb. Das von LIEBIG formulierte Prinzip, dem Boden zurückzugeben, was ihm mit Ernteprodukten genommen wird, gilt als Grundbedingung zur Wahrung der Bodenfruchtbarkeit. Mit dem Übergang der damaligen Landwirtschaft von der Eigenbedarfsdeckung (Subsistenzwirtschaft) zur Versorgung großer Märkte konnte diesem Prinzip immer weniger entsprochen werden, weil die Nährstoffe nicht zurückkehrten, wodurch die Ertragsfähigkeit der Böden zunehmend nachließ.

In den Jahren von 1800 bis 1900 stieg die Bevölkerung in Deutschland von 22 Mill. auf 56 Mill. (Brune 2014). Der damit verbundene Nahrungsbedarf war immens und der Nährstoffentzug entsprechend hoch, dessen ertragsmindernde Wirkung durch Flächenexpansion und Raubbau am Wald (Streunutzung) nicht mehr ausgeglichen werden konnte.

Am Ende des 19. Jahrhunderts stand Europa buchstäblich vor dem Abgrund. Die Ackerflächen ausgelaugt und fast unfruchtbar, der Wald durch Streunutzung schwer geschädigt oder verschwunden (Remmert 1989) und die Nachfrage nach Nahrungsmitteln nicht mehr zu befriedigen. Im Jahr 1898, einhundert Jahre nach MALTHUS, prophezeite der renommierte englische Chemiker Thomas CROOKES in einem Vortrag „Das Weizenproblem“, es werde in 20-30 Jahren eine weltweite Hungersnot eintreten, wenn es nicht gelänge, den Stickstoff aus der Luft zu binden und die Produktion von Stickstoffdüngern zu steigern (Sturm 1998). 1913 nahm in Oppurg die weltweit erste Anlage, die nach dem Haber-Bosch-Verfahren Ammoniak aus Luftstickstoff synthetisierte, den Betrieb auf. Die schnell anlaufende Produktion von Stickstoffdüngern verhinderte eine Hungersnot und ermöglichte durch Ertragssteigerungen die zunehmende Bedarfsdeckung der schnell wachsenden Bevölkerung.

2 Was versteht man unter Bodenfruchtbarkeit und woran wird diese gemessen?

Begriffe mit extremer Komplexität wie Bodenfruchtbarkeit oder auch Umwelt werden oft ohne eine umfassende Definition verwendet. Das hat zur Folge, dass auch in der fachlichen Diskussion der Begriff häufig auf einzelne Elemente verkürzt wird. So gilt z.B. der Humusgehalt der Böden vielfach als kennzeichnendes Element für Bodenfruchtbarkeit. Das ist aber ebenso kontraproduktiv wie Bestrebungen, den Umweltbegriff auf die Bewirtschaftungsintensität zu reduzieren.

Um solche Missdeutungen einzugrenzen und Bodenfruchtbarkeit nicht zum Spielball von Interessengruppen werden zu lassen, bedarf es einer umfassenden Definition und eines Maßstabs, der Stand und Entwicklung des Merkmals abbildet. Die meisten auch der neueren Definitionen verzichten darauf, ein Maß für die Bodenfruchtbarkeit zu benennen, sondern beinhalten Formulierungen wie „Fähigkeit des Bodens, Frucht zu tragen“, „dauerhafte Ernten zu ermöglichen“ oder „Aufgaben als Pflanzenstandort zu erfüllen“, Formulierungen also, die fast immer zutreffen aber eine Bewertung nicht zulassen.

Auch der Öko-Landbau verzichtet auf einen Maßstab zur Bewertung der Bodenfruchtbarkeit und formuliert etwas kryptisch: „Die Effizienz der Nährstoffumsetzungen im Boden – besonders auch im Kreislauf – hin zu Pflanzenerträgen tritt als Maßstab der Bodenfruchtbarkeit wieder in den Vordergrund“ (Merkblatt Bodenfruchtbarkeit 2012).

Zweck landwirtschaftlicher Tätigkeit ist die Erzeugung von Nahrungsmitteln, die in Menge und Qualität den sich verändernden Anforderungen entsprechen müssen. Maßstab für Bodenfruchtbarkeit ist demzufolge der Ertrag (Gigajoule/ha oder t Getreideeinheit /ha), der als resultierende Größe aus der Vielzahl geologischer, physikalischer, chemischer und biologischer Bodenfaktoren und deren Zusammenwirken mit Witterung und zunehmend der Bewirtschaftung hervorgeht. Dabei gilt als Bedingung, dass dieser Ertrag nachweislich umweltverträglich erbracht worden ist, also nachhaltigen Bestand hat.

Dem dient ein System von Kennziffern, mit denen die geforderte Umweltverträglichkeit (Breitschuh et al. 2008) objektiv erfasst und bewertet wird (www.agrarfakten.de/umweltvertraeglichkeit).

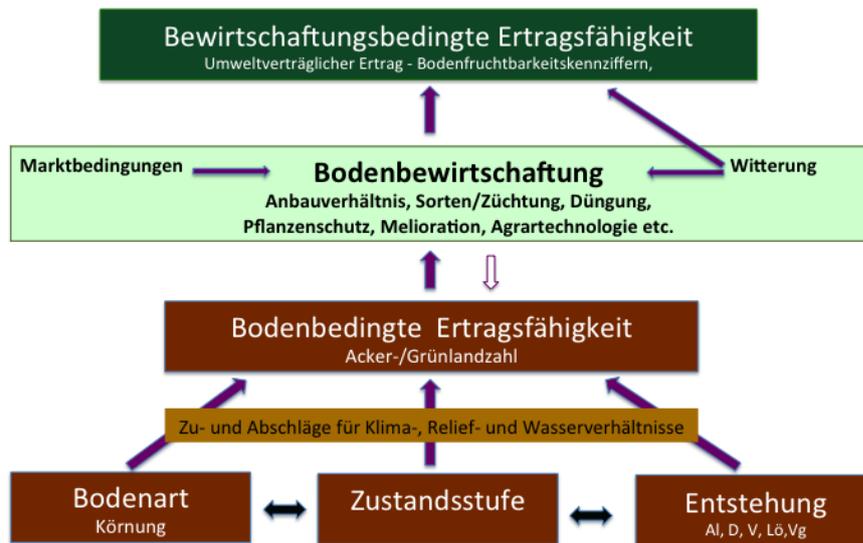


Abb. 4.1: Abstrakte Darstellung des komplexen Wirkungsgefüges der Bodenfruchtbarkeit (in Anlehnung an Gisi et al. 1997)

In Kenntnis der unterschiedlichen Auffassungen und der in Abb. 4.1 gezeigten Wirkungszusammenhänge wird folgende Definition für Bodenfruchtbarkeit vorgeschlagen:

Bodenfruchtbarkeit ist Ausdruck des komplexen Zusammenwirkens geologischer, mineralogischer, physikalischer, chemischer und biologischer Wachstumsfaktoren, z.B.

- **pflanzenverfügbarer Nährstoffgehalt und Bodenreaktion,**
- **Wegsamkeit für Wasser und Luft,**
- **Humusgehalt und biologische Aktivität,**
- **Bodenstruktur, Durchwurzelungstiefe und -intensität.**

Diese bilden die Grundlage, um in Verbindung mit Witterung und Bewirtschaftung den Ertrag dauerhaft und umweltverträglich zu optimieren.

Messwerte sind der umweltverträglich erzeugte Ertrag und die analytisch erfassbaren Bodenfruchtbarkeitskennziffern.

3 Wie hat sich die Bodenfruchtbarkeit in den letzten 50 Jahren entwickelt?

Um die Bodenfruchtbarkeit zu steigern und mit erhöhten Erträgen die Knappheit an Nahrungsmitteln zu mindern, findet die Landwirtschaft seit den Nachkriegsjahren verstärkt Unterstützung durch Wissenschaft und Technik. Der dadurch ausgelöste Intensivierungsschub hält bis heute an. Im Ergebnis stiegen die Erträge und Leistungen mit jährlichen Zuwachsraten von ca. 2 %. Trotz eines erheblichen Bevölkerungswachstums konnte erstmals in Deutschland die Ernährungssicherheit hergestellt werden. Ausschlaggebend waren vor allem die Verbesserung der Nährstoffversorgung der Böden durch Mineraldünger (www.agrarfakten.de/mineraldungung), die Sicherung der Ernte durch Pflanzenschutzmittel (www.agrarfakten.de/pflanzenschutz) der züchterische Fortschritt und der Einsatz leistungsfähiger Maschinen und Geräte, die zusammen zu einem erheblichen Anstieg der Bodenfruchtbarkeit (Verdreifachung der Erträge) führten.

Es bleibt nicht aus, dass eine derart tiefgreifende Umgestaltung eines ganzen Wirtschaftszweigs auch Fehlentwicklungen aufweist. Dazu zählen insbesondere Umweltprobleme, bei denen entschieden werden muss, ob diese der neuen Entwicklung immanent sind (z.B. Änderungen des Landschaftsbildes) oder durch Aufklärung abgestellt werden können (z.B. überhöhte Nährstoffsalden, Bodendruck, Erosionsgefährdung).

Einen Sonderfall bilden die intensiven Veredelungsgebiete vor allem im Nordwesten Deutschlands mit einem sehr hohen, von der Fläche weitgehend abgekoppelten Viehbestand. Sie sind die Folge über Jahrzehnte gewachsener Strukturen und bedürfen einer ebenso langfristigen Regulierung.

4 Wie fruchtbar sind die Ackerböden Deutschlands?

Erträge von 70 dt/ha Getreide (bundesdeutsches Mittel 2009 - 2014) kennzeichnen die Böden in Deutschland als sehr fruchtbar. In der Spitze werden Getreideerträge von deutlich über 100 dt/ha erreicht, deren Umweltverträglichkeit mit geeigneten Systemen nachgewiesen wurde (www.agrarfakten.de/umweltvertraeglichkeit).

Hohe Erträge mit jährlichen Zuwachsraten, über einen langen Zeitraum von über 50 Jahren realisiert, sind ein untrügliches Zeichen für gewachsene Bodenfruchtbarkeit, und dieser Prozess ist noch nicht abgeschlossen.

Gemessen am umweltverträglich erzeugten Ertrag, weisen die Böden des Öko-Landbaus nur eine mäßige Fruchtbarkeit auf. Im fünfjährigen Vergleich von knapp 9000 konventionellen Haupterwerbsbetrieben mit ca. 420 vergleichbaren Haupterwerbsbetrieben des Öko-Landbaus erreicht die extensive Bewirtschaftung bei Getreide nur 47 % bzw. bei Kartoffeln 53 % des Niveaus der konventionellen Betriebe (BMELV 2014). Das entspricht dem Ertragsniveau der deutschen Landwirtschaft Ende der 1950er Jahre und dürfte in etwa das maximal erreichbare Ertragsniveau des Öko-Landbaues markieren. Höhere Erträge scheitern am Nährstoffbedarf, insbesondere am Stickstoff, den der Humusumsatz weder mengenmäßig noch in der erforderlichen zeitlichen Verfügbarkeit liefern kann. Selbst wenn organische Primärschubstanz in ausreichenden Mengen zur Verfügung stehen würde, führt dies zur Erhöhung der Nährstoffverluste.

5 Haben Öko-Landbau und intensive Landwirtschaft die gleichen Vorstellungen von Bodenfruchtbarkeit?

Grundsätzlich gelten für die intensive Landwirtschaft wie auch für den ökologischen Landbau dieselben Kriterien, mit denen sich Bodenfruchtbarkeit nachweisen und bewerten lässt. Unterschiede betreffen allenfalls eine andere Schwerpunktsetzung, die sich aus dem Regelwerk des Öko-Landbaus ergibt.

a) Nährstoffe und Humus

Für den Öko-Landbau ist der Nährhumus, die umsetzbare Humusfraktion, als Nährstoffquelle entscheidend. Das erfordert regelmäßige und erhöhte Zufuhren von organischer Substanz und eine hohe biologische Aktivität des Bodens, die den Umsatz fördert. Dies, der Fruchtwechsel und die legume N-Bindung sowie das Denken in Kreisläufen zur Optimierung der Nährstoffbereitstellung gelten als Synonym für Bodenfruchtbarkeit.

Für die intensive Landwirtschaft spielen der Nährhumus und die Maximierung seiner Umsetzung eine untergeordnete Rolle. Die Nährstoffzufuhr erfolgt neben den anfallenden organischen Düngern vor allem durch die Mineraldüngung, die eine nach Art, Menge und Zeitpunkt optimale Nährstoffbereitstellung erlaubt. Die damit erzielten hohen Erträge liefern auch hohe Erntereste, die zusammen mit der organischen Düngung, einen standorttypischen Humusgehalt sichern. Regelmäßige Humusbilanzierungen zeigen mehrheitlich positive Humussalden um 200 kg Humus-C/ha (www.agrarfakten.de/humus2), die als sehr hoch eingeschätzt werden.

b) Bodenbearbeitung

Die Druckbelastung durch leistungsfähigere aber auch schwerere Maschinen und Geräte überstieg häufig die Belastbarkeit der Ackerböden. Gegenmaßnahmen betreffen die Verminderung des Bodendrucks durch Reifenbreite, Radgröße und Luftdruckabsenkung, Verringerung der Feldtransporte (Erntegutübergabe am Feldrand) und die Minimierung des mechanischen Eingriffs in das Bodengefüge.

Das energieintensive Pflügen wird zunehmend durch die nichtwendende Grundbodenbearbeitung ersetzt. Heute werden weniger als 50 % der deutschen Ackerfläche gepflügt. Ausschlaggebend dafür sind Einsparungen an Arbeitszeit, Kosten und Energie sowie die Möglichkeit, den Unkrautdruck durch Pflanzenschutzmittel zu beherrschen und die Vorteile der Mineraldünger anstelle eines gesteigerten Humusumsatzes zu nutzen. Welche langfristigen Auswirkungen der Pflugverzicht mit sich bringt, ist sicher noch nicht abschließend geklärt.

Im Öko-Landbau, der grundsätzlich die gleiche Agrartechnologie verwendet, muss die Bodenbearbeitung mit dem Unkrautdruck fertig werden, den Humusabbau begünstigen sowie die bio-logische Aktivität des Bodens und die Mineralisierung fördern – Aktivitäten also, die einer Minimierung des mechanischen Eingriffs konträr laufen.

c) Fruchtwechsel

In der intensiven Landwirtschaft haben der Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln sowie wirtschaftliche Überlegungen den Stellenwert der Fruchtfolge verändert, so dass z.T. hohe Anbaukonzentrationen wirtschaftlich erfolgreicher Fruchtarten praktiziert werden. So können Weizen und Mais auch in höheren Anbauanteilen angebaut werden, während phytopathologische Gründe den Anteil von Hackfrüchten und Winterraps auf 25 % und von Leguminosen auf 20 % begrenzen. Andererseits kann die Gestaltung definierter Fruchtfolgen, z.B. Winterraps in Getreidefruchtfolgen, zu signifikanten Mehrerträgen führen.

Für den Öko-Landbau hingegen ist eine abgestimmte Fruchtfolge zwingend, um den Humusumsatz zu optimieren, die Stickstoffgewinnung über Leguminosen zu gewährleisten, das Auftreten von Krankheiten, Unkräutern und Schädlingen einzudämmen, Arbeitsspitzen zu vermeiden und die betriebliche Futtermittelversorgung sicherzustellen. Solche Fruchtfolgen sind naturgemäß vielseitiger. Allein die Stickstoffgewinnung durch legume N-Bindung erfordert einen Leguminosenanteil von 20-25 %.

d) Fruchtartendiversität

Durch die abnehmende Bedeutung der Fruchtfolge in der intensiven Landwirtschaft ist als Vielseitigkeitsmaß der Diversitätsindex (verändert n. REMMERT 1989) als Kriterium eingeführt worden. Der Index berücksichtigt neben der Anzahl der Fruchtarten, auch deren Häufigkeit und kann relativ einfach aus dem betrieblichen Ackerflächenverhältnis berechnet werden. Als Optimum gilt ein Index größer 2,2 (Anbau von 10 verschiedenen Fruchtarten mit jeweils ähnlichem Anbauumfang)

und als Grenzwert ein Index von 1,25. Das erfordert den Anbau von mindestens 4 Fruchtarten (Brache eingeschlossen) und verhindert zuverlässig eine extreme Vereinfachung bis hin zur Monokultur.

Untersuchungen zur Fruchtartendiversität mit bundesweit 838 Auswertungen auf 764.179 ha Auswertungsfläche (Breit-schuh et al. 2008) zeigen zunächst, dass der Diversitätsindex – entgegen der landläufigen Auffassung – mit durchschnittlich 1,7 bemerkenswert hoch ist. Der Index nahm in der Zeitspanne von 1994 bis 2010 nur geringfügig ab und wird maßgeblich von der Betriebsgröße geprägt. Je größer die Betriebe sind, desto eher können sie mehrere Fruchtarten in einem Umfang anbauen, um so die technologischen Kosten zu minimieren und marktrelevante Produktmengen zu erzeugen. Demzufolge erreichten die in der Auswertung erfassten 272 Betriebe mit über 1000 ha Agrarfläche im Mittel einen Fruchtartenindex von 2,13 (= 12,5 Fruchtarten), während die 56 Auswertungen von Betrieben unter 50 ha nur einen Index von 1,47 (= 5,5 Fruchtarten) aufwiesen.

6 Was kann man tun, um Bodenfruchtbarkeit zu erhalten und zu mehren?

Hohe Bodenfruchtbarkeit beruht auf einer optimalen Kombination der wichtigsten sie beeinflussenden Größen. Wer Bodenfruchtbarkeit erhalten und mehren will, muss diese Größen kennen und in der Lage sein, sie im Betrieb zu analysieren und zu bewerten.

Dafür stehen heute ausgereifte Kriteriensysteme (www.agrarfakten.de/umweltvertraeglichkeit) zur Verfügung, die mit Maß und Zahl alle wesentlichen Kriterien aufzeigen, an denen der Landwirt erkennt, welche Parameter sich innerhalb eines Toleranzbereichs bewegen und welche diesen mit nachteiligen Folgen für die Bodenfruchtbarkeit überschritten haben. Das erlaubt es, gezielt eine intolerable Situation zu beheben.

7 Wodurch kann Bodenfruchtbarkeit gefährdet werden?

Gefahren für die Bodenfruchtbarkeit betreffen einerseits Zustände, die direkt die Ertragsfähigkeit mindern und andererseits Beeinträchtigungen der Umwelt, die einer dauerhaft stabilen Bodenfruchtbarkeit abträglich sind.

Als Leitbild gilt eine Landwirtschaft, die ihre Ziele darin sieht, die

- wirtschaftliche Leistungsfähigkeit und Effizienz zu sichern,
- Ertragsfähigkeit des Bodens zu erhalten und erweitert zu reproduzieren,
- Beeinträchtigungen des Ökosystems auf ein tolerierbares Maß zu begrenzen,
- Kulturlandschaft und ein notwendiges Maß an biologischer Vielfalt zu erhalten und
- sozialen Funktionen zu gewährleisten und zu reproduzieren.

Mängel, die dem entgegenstehen, betreffen insbesondere

- unzureichende Bodennährstoffgehalte durch nicht bedarfsgerechte Düngung,
- hohe Bodenerosion, z.B. durch einen hohen Mais- und Zuckerrübenanbau im hängigen Gelände,
- Nitratbelastungen des Grundwassers und erhöhte Lachgasemissionen durch unnötig hohe Stickstoffsalden,
- Phosphorbelastung von Gewässern (VDLUFA-Standpunkt 2001),
- zu hoher Wirtschaftsdüngeranfall durch unangepasste Tierbesatzdichte,
- Bodenverdichtungen durch eine unangepasste Technologie (Missverhältnis zwischen Druckbelastbarkeit der Böden und Druckbelastung durch eingesetzte Maschinen und Geräte),
- intolerable Humussalden, die einen Humusmangel oder eine Überfrachtung anzeigen, sowie
- Einbußen an landschaftlicher Vielfalt, Artenverluste und verminderte Biotopqualität durch einen zu geringen Anteil ökologisch und landeskultureller Vorrangflächen.

8 Wie stellt sich der Zusammenhang von Bodenfruchtbarkeit und Nachhaltigkeit dar?

Gemäß der BRUNDTLAND-Kommission (1987) ist nachhaltig „... eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der Gegenwart gerecht wird, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu beeinträchtigen, ihre Bedürfnisse zu befriedigen“. Die Orientierung des Nachhaltigkeitsbegriffs trägt in ihrer Umsetzung auf die Landwirtschaft „... der Notwendigkeit Rechnung, die Bedürfnisse einer wachsenden Zahl von Menschen bei einer gleichzeitigen Begrenzung des Abbaus natürlicher Ressourcen und Verminderung von Umweltbelastungen auf lange Sicht zu befriedigen“ (Enquete-Kommission 1997). Das Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung in der Landwirtschaft beinhaltet somit die Sicherung der zur Bedürfnisbefriedigung notwendigen Leistungsfähigkeit bei gleichzeitiger Verminderung ökologischer und sozialer Risiken.

Die intensive Landwirtschaft hat in den vergangenen 50 Jahren gezeigt, dass trotz eines erheblichen Bevölkerungswachstums (1960 bis 2010 von 72,8 Mio. auf 82,5 Mio.) durch konsequente Anwendung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts die Erträge verdreifacht und die Arbeitsproduktivität vervielfacht werden konnten. Das ermöglichte es, erstmals in der Geschichte die Ernährungssicherheit in Deutschland herzustellen und Nahrungsmittel hoher Qualität für jedermann erschwinglich zu machen. Das entspricht dem Nachhaltigkeitsgebot der Bedürfnisbefriedigung.

9 Wie muss man das Verhältnis Bodenfruchtbarkeit und Welternährung einschätzen?

Es ist eine weit verbreitete (EKD-Texte 121; 2015), aber utopische und gefährliche Vorstellung, dass Hunger nur ein Verteilungsproblem wäre. Die Welt ist bislang nicht mit diesem Verteilungsproblem fertig geworden und wird es auch künftig nicht

(Braun von 1994). Es würde eine dauerhaft zuverlässige Verteilungsbereitschaft der Industrieländer voraussetzen, die realitätsfern ist. Auf der anderen Seite sind die damit verbundenen politischen Implikationen für viele Entwicklungsländer weder tragbar noch akzeptabel (www.agrarfakten.de/weltagrarhandel).

Die Überwindung von Armut und Hunger setzt eine Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion vor allem in den Entwicklungsländern voraus. Da diese aus globaler Sicht kaum mehr durch Flächenexpansion erfolgen kann, muss die erforderliche Produktivität aus der Intensivierung bestehender Flächen resultieren. Deren Bodenfruchtbarkeit ist in der Regel sehr differenziert und erfordert innovative Konzepte und deren Einpassung in die ökologischen und ökonomischen Bedingungen der jeweiligen Anbaugebiete (Heidhues 1994). Dieses Hilfe-zur-Selbsthilfe-Programm ist wahrscheinlich alternativlos. Derzeit beträgt die Weltackerfläche 1,5 Milliarden Hektar. Das sind 2200 m² pro Kopf der Weltbevölkerung, ein Wert, der bei einem Wachstum von jährlich 80 Millionen Menschen rapide sinkt und die Bedeutung steigender Flächenproduktivität untermauert.

Fazit

Die Bodenfruchtbarkeit ist ein hohes Gut, verbunden mit der Verpflichtung, Änderungen und deren Ursachen frühzeitig zu erkennen und geeignete Maßnahmen zu ihrer Bewahrung und Mehrung einzuleiten.

Verglichen zu den Zeiten vor 1960 hat sich die Bodenfruchtbarkeit im Sinne der obigen umfassenden Definition außerordentlich positiv entwickelt. Ein Prozess, der weitergehen muss. Das erfordert es u.a., auch der Ertragsphysiologie einen neuen Stellenwert zu geben, um ausgehend von einem theoretisch fundierten Ertragspotenzial neue Eingriffspunkte für dessen praktische Erschließung zu erkennen und zu nutzen.

Die Ackerfläche ist ein außerordentlich knapper Faktor. Flächenverluste sind deshalb auf das Notwendigste zu begrenzen, flächenineffektive Nutzungen zu hinterfragen und die Fruchtbarkeit der Böden zu erhalten und erweitert zu reproduzieren.

Literatur

BMELV, 2014: Wirtschaftliche Lage der landwirtschaftlichen Betriebe.

BRAUN VON, J., 1994: Die langfristige Herausforderung der Ernährungssicherheit: Tagungsberichte der Deutschen Welthungerhilfe e.V. Bd. 4: Weltbevölkerung und Welternährung.

BREITSCHUH, G., ECKERT, H., MATTHES, I., STRÜMPFEL, J., BACHMANN, D., HEROLD, M.,

BREITSCHUH, TH. und GERNAND, U., 2008: Kriteriensystem nachhaltige Landwirtschaft (KSNL), KTBL Darmstadt, KTBL-Schrift 466.

BRUNDTLAND, G.H. Ed, 1987: Our common future. In: VOLKER HAUFF (Hrsg.): Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. 1. Auflage. Eggenkamp, Greven. ISBN 978-3-923166-16-9.

BRUNE, H., 2014: www.hubert-brune.de

EKD-TEXTE 121, 2015: Unser tägliches Brot gib uns heute – Neue Weichenstellung für Agrarentwicklung und Welternährung; Kirchenamt der EKD, Herrenhäuser Straße 12; 30419 Hannover.

ENQUETE-COMMISSION, 1997: Schutz des Menschen und der Umwelt. Dt. Bundestag, 13/7400.

GISI, U., SCHENKER, R., SCHULIN, R., STADELMANN, F.X. und STICHER, H., 1997: Bodenökologie, 2. Auflage. Stuttgart, New York. Thieme.

HEIDHUES, F.J., 1994: In: Tagungsberichte der Deutschen Welthungerhilfe e.V., Bd. 4.

MERKBLATT BODENFRUCHTBARKEIT, 2012: Bio Austria / Bioland / Bio Suisse / FiBL / IBLA., Hrsg: Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL).

REMMERT, H. (1989): Ökologie – ein Lehrbuch, S. 294. Berlin.

STURM, H., 1998: Justus Liebig's Agrikulturchemie. Gestern – heute – morgen (unveröffentlichtes Vortragsmanuskript).

VDLUFA-STANDPUNKT, 2001: Mögliche ökologische Folgen hoher Phosphatgehalte im Boden und Wege zu ihrer Vermin- derung. www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/06-phosphat.pdf