Archived at http://orgprints.org/3516/

Anforderungen an die Humusbilanzierung in der Praxis des ökologischen Landbaus

Dr. Hartmut Kolbe, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung, E-Mail: Hartmut.Kolbe@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

1 Einleitung und Zielstellung

Zur Aufrechterhaltung einer optimalen Versorgung mit organischer Substanz und Sicherung standorttypischer Humusgehalte des Bodens müssen heute nicht nur Wünsche der Beratung und der landwirtschaftlichen Praxis sondern auch die Regelungen der EU-Verordnung 2092/91 über den ökologischen Landbau und der Verbände sowie Zielstellungen ordnungspolitischer Gesichtspunkte (Bundes-Bodenschutzgesetz, Cross Compliance) Berücksichtigung finden. Ausdrücklich wird mit relativ gleichlautendem Inhalt darauf verwiesen, dass die Fruchtbarkeit und biologische Aktivität sowie „die Humusgehalte des Bodens zu erhalten bzw. in geeigneten Fällen zu erhöhen“ sind. Der wirtschaftliche Erfolg und die Nachhaltigkeit der Betriebe werden hierdurch maßgeblich beeinflusst. Durch diese vielfältigen Ansprüche haben sich die Anforderungen, die an die Verfahren zur Humusbilanzierung gestellt werden, deutlich erhöht.

In einer eingehenden Prüfung wurden daher zunächst bestehende Bilanzierungsverfahren des Ackerlandes auf ihr Anforderungsprofil und ihre Kalkulationsgenauigkeit untersucht, wobei insbesondere die Bedingungen des ökologischen Landbaus berücksichtigt worden sind (KOLBE & PRUTZER, 2004). Darüber hinaus werden in dieser Arbeit wichtige Zielstellungen und erste Methodenbeschreibungen zur praktischen Umsetzung der Humusbilanzierung vorgestellt.

2 Methoden

Das Prinzip der Humusbilanzierung kann nach folgender Gleichung beschrieben werden:

Humussaldo	=	**Humuszufuhr**	—	**Humusabbau**
Veränderung der Humusvorräte im Boden		Menge und Qualität der Ernte- und Wurzelreste incl. Rhizodeposition sowie der organischen Düngemittel		Wirkung von Bodenart, Klima und Anbauverfahren (z.B. Bodenbearbeitung) auf die Mineralisation

Bei der neuen VDLUFA-Methode (KÖRSCHENS et al., 2004) wird ein Saldo aus dem Humusverlust (Anbau humuszehrender Kulturarten) und der Humuszufuhr (Anbau humusmehrender Kulturarten, organische Düngung) errechnet. Streng genommen entspricht diese Vorgehensweise nicht ganz dem heutigen Kenntnisstand. Aus Erwägungen der praktischen Umsetzung können jedoch bestimmte Wirkungen der Mineralisation des Bodens jeweils im Zusammenhang mit dem Anbaugeschehen der Kulturarten gestellt und auf diese Weise indirekt erfasst werden.

Die VDLUFA-Methode ist aus folgenden bekannten Verfahren entstanden:

- der ROS-Methode (**R**eproduktionswirksame **O**rganische **S**ubstanz) (AUTORENKOLLEKTIV, 1977; KÖRSCHENS & SCHULZ, 1999) für die unteren Werte, die für die „einfache Humusreproduktion“ steht
- der **H**umus**E**inheiten-Methode (HE) (LEITHOLD et al., 1997) für die oberen Werte, die für Produktionsbedingungen mit „erweiterter Humusreproduktion“ steht.

In Anlehnung an die HE-Methode besteht eine Erweiterung für die Bedingungen des ökologischen Landbaus als ÖKO-Methode zur stark erweiterten Humusreproduktion (LEITHOLD & HÜLSBERGEN, 1998). Für den Aufbau der ROS-Methode wurden Auswertungen von einer ganzen Reihe von Dauerversuchen auf unterschiedlichen Bodenarten Ostdeutschlands vorgenommen. Für den Aufbau der HE- und ÖKO-Methode (bzw. des Kalkulationsprogramms REPRO) wurden im Wesentlichen konventionelle Versuche am Anbauort Seehausen (stark sandiger Lehm) des ostdeutschen Trockengebietes berücksichtigt.

Für die eigenen Methodenüberprüfungen wurden aus einer Datensammlung von über 200 konventionellen und ökologischen Dauerversuchen insgesamt 39 Versuche mit 330 Varianten nach der Prämisse ausgesucht, dass sie wesentliche Standortgegebenheiten Deutschlands abdecken.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Arbeiten zur Methodenüberprüfung

Auswirkungen optimaler Versorgung mit organischer Substanz auf die Humusgehalte des Bodens

Zunächst wurde untersucht, welche Veränderungen in den Humusgehalten des Bodens zu erwarten ist, wenn entsprechend den Anwendungszielen der Methoden eine Bemessung auf 100 % Bedarfsdeckung an organischer Substanz erfolgt. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die erhaltenen Ergebnisgenauigkeiten stark abhängig waren von den Standortgegebenheiten (Klima, Bodenart). Unter Einbeziehung der konventionellen Versuche konnten Standortgruppen mit ähnlicher Reaktionsfolge ermittelt werden. Die erhaltenen Ergebnisse der ausgewerteten 25 Varianten aus 3 Öko-Dauerversuchen (BESSON et al., 1995; PETTERSSON et al., 1992; RAUPP, 2001) lassen sich recht gut in diese Bodengruppen eingliedern. Aus den Untersuchungen konnte zudem die Schlussfolgerung abgeleitet werden, dass keine großen Unterschiede in der Humusdynamik zwischen den konventionellen und ökologischen Anbausystemen bestehen, die nicht bereits auf die in den Bilanzierungsmethoden beschriebenen Einflussgrößen zurückgeführt werden können.

Aus Abbildung 1 ist in Beziehung auf die berechneten Humusgehalte eine stufenweise Unterscheidung zwischen den Verfahren abzulesen. Die Spannweite zwischen oberem 25%-Perzentil und

unterem Perzentil ist jeweils erheblich, obgleich immer eine Bemessung auf 100 % Bedarfsdeckung an organischer Substanz vorgenommen wurde. Diese Spann-weiten kommen durch die je nach Standortbedingungen unterschiedlich genaue Analyse zustande. So wurde z. B. der positive Einfluss der Bewirtschaftung auf die Humusgehalte der Lehmböden regelmäßig überschätzt und bei den Schwarzerden dagegen unterschätzt. Bei Anwendung der ROS-Methode werden im Durchschnitt die Humusgehalte gerade noch eingehalten. Ein Großteil der mit der ROS-Methode ermittelten Werte liegt jedoch im Minusbereich, das heißt, es kommt zu abnehmenden Humuswerten im Boden. Auf der anderen Seite würde nach Bemessung mit der ÖKO-Methode bereits ein z. T. deutlicher Anstieg der Humusgehalte zu verzeichnen sein. Die Ergebnisse zeigen eindeutig auf, dass eine sichere Aussage in Hinsicht auf die zu erwartenden Auswirkungen auf die Humusgehalte des Bodens bisher mit keinem der geprüften Verfahren möglich ist (Abb. 1).

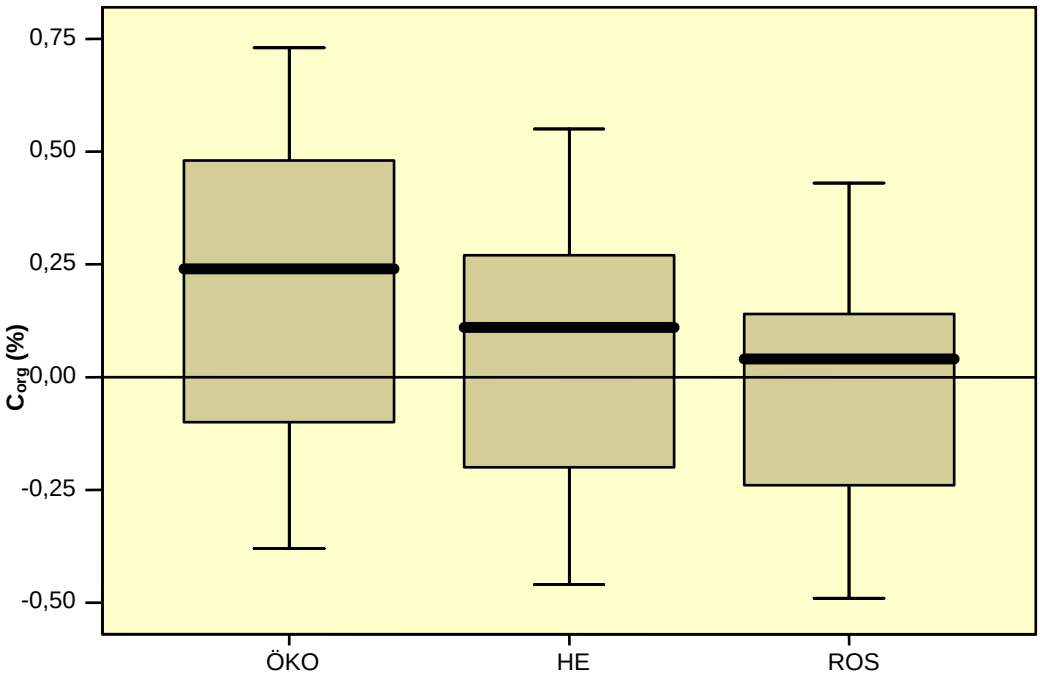

Abbildung 1: Median und Streubereiche in den berechneten Humusgehalten (% C_{org}) der ÖKO-, HE- und ROS-Methode im Vergleich zu den jeweiligen Ausgangsgehalten der Varianten (= 0,0 % C_{org}) von 3 Öko-Versuchen

Beschreibung von Optimal-Varianten

Daraufhin wurden die Methoden ÖKO, HE und ROS eingesetzt, um Optimal-Varianten aus den 3 untersuchten ökologischen Dauerversuchen zu ermitteln, die einer 100%igen Bedarfsdeckung mit organischer Substanz am nächsten standen. Es wurden je nach Methode relativ geringe Stalldungmengen von 51 dt (ROS) und höhere Mengen von 108 dt/ha und Jahr (ÖKO) als optimale Werte ermittelt. Durch Bemessung mit der ÖKO-Methode wurde ein mittleres Ertragsniveau von

68 dt/ha und mit der ROS-Methode von 73 dt/ha an Getreideeinheiten berechnet. Diese Werte lagen jeweils im Bereich der maximal in den Versuchen registrierten Erträge. Die an Hand von Tabellenwerten ermittelten N-Salden dieser Optimalvarianten lagen bei Verbleib der Koppelprodukte mit 39 – 65 kg/ha und Jahr z. T. bereits deutlich über 50 kg N/ha (ohne Anrechnung der N-Deposition über die Luft).

Grenzen der Humusanreicherung

Aus Ergebnissen der konventionellen und ökologischen Dauerversuche konnte deutlich herausgearbeitet werden, dass in den Varianten mit steigender Düngung auch eine durchschnittliche Erhöhung der N-Salden gegeben war (Abb. 2). Maßnahmen der N-Mineraldüngung können durch steigende organische Düngung in gewissen Grenzen ersetzt werden, um den gleichen N-Saldo zu gewährleisten. Aus diesem Grund können bei Anbauverfahren des ökologischen Landbaus höhere maximale Zufuhrmengen an organischer Substanz toleriert werden als im konventionellen Anbau. Weitere Ergebnisse können aus KOLBE & PRUTZER (2004) sowie KOLBE (2005) entnommen werden.

3.2 Anforderungen an die Umsetzung der Humusbilanzierung

Handhabung der Methoden

Die Anwendung der beschriebenen Methoden zur Humusbilanzierung ist mit einem minimalen Einsatz an Eingabemerkmalen verbunden. So sind Kalkulationen ohne Kenntnis der Gehalte an Humus sowie ohne Kenntnis der erlangten Erträge der Kulturarten der Fruchtfolge möglich. Dieses sind große Vorteile beim praktischen Einsatz. Einfache Angaben aus der Schlagkartei genügen für die Durchführung der Berechnungen, wozu nicht unbedingt ein PC erforderlich ist.

Es konnte aufgezeigt werden, dass keine deutlichen Unterschiede in der Humusdynamik zwischen ökologischen und konventionellen Anbauverfahren bestehen, die nicht bereits durch die in den Modellen abgebildeten Faktorwirkungen abgedeckt bzw. erklärt werden können. Der Modellansatz kann daher für beide Anbauverfahren nach gleichen Prinzipien umgesetzt werden, was ebenfalls die Akzeptanz für Praxis und Beratung deutlich erhöht.

Methodengenauigkeit

Die vorgestellten Ergebnisse haben eine erhebliche Methodenstreuung zu Tage gebracht, so dass sie nur als semi- oder halb-quantitative Verfahren angesehen werden können. Auf Grund dieser Methodenunsicherheiten führt ein Großteil der Berechnungen bei jedem Verfahren sowohl zu deutlich negativen wie auch zu positiven Wirkungen auf die Humusgehalte, so dass bisher eine sichere Prognose der Veränderung der Humusgehalte der Böden nicht gegeben ist. Die Berechnungsergebnisse ermöglichen daher keine Aussagen zur Veränderung der Humusgehalte im Boden. Diese Feststellung traf bei vielen Diskussionen mit Fachvertretern zunächst auf Unverständnis, da es sich doch offensichtlich um „Methoden zur Humusbilanzierung“ handelt!

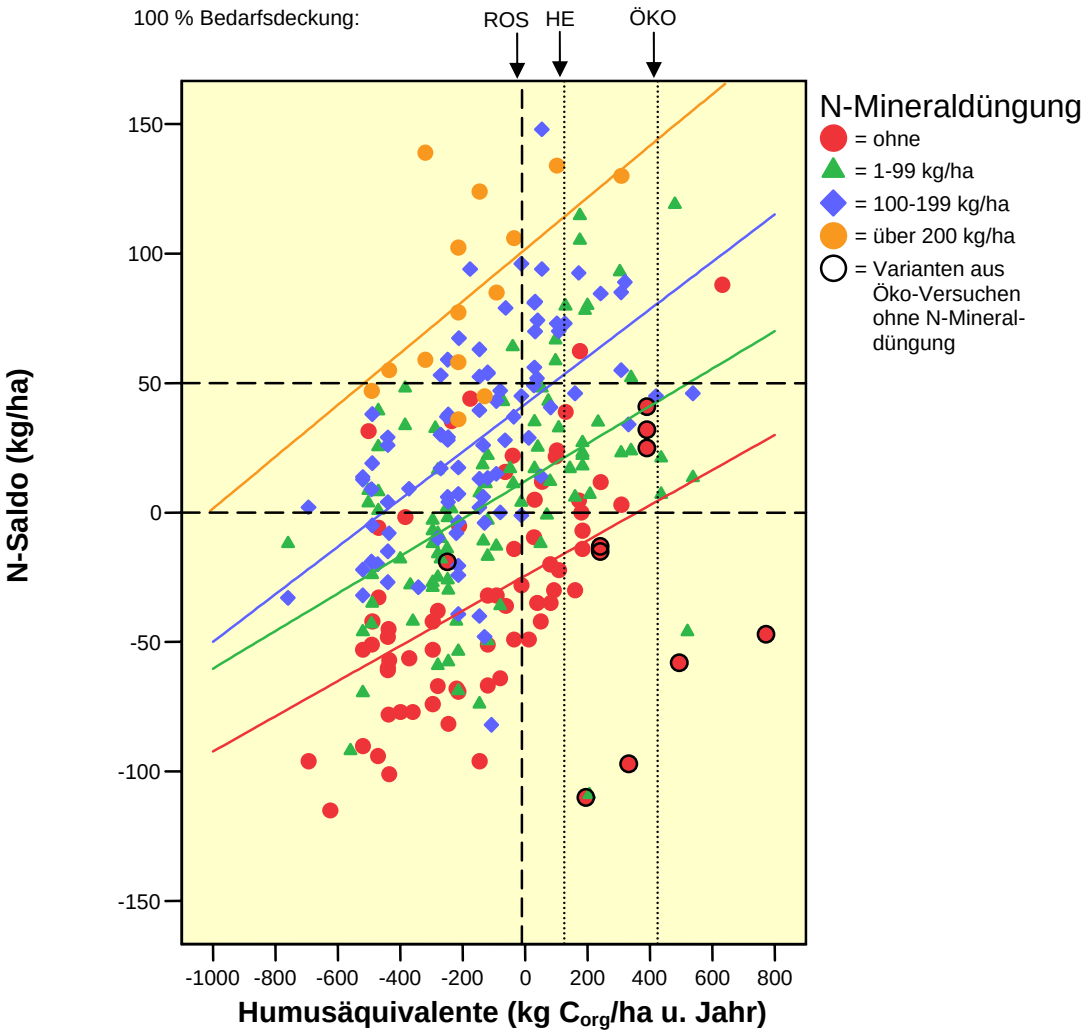

Abbildung 2: Beziehungen zwischen den in ökologischen und konventionellen Versuchen ermittelten N-Schlagbilanzen und dem Bedarf an organischer Substanz (Lage der mit dem ROS-, HE- und ÖKO-Verfahren berechneten Optimalwerte bei 100 % Bedarfsdeckung sind eingezeichnet)

Anwendungsziel Ertragsmaximum

Bei allen drei geprüften Verfahren ist die Erlangung von annähernd maximalen Erträgen der Kulturarten als erstes Anwendungsziel anzusehen. Im konventionellen Landbau wird dieses Ziel bei Anwendung der ROS-Methode mit hoher mineralischer N-Düngung und rel. niedrigem Einsatz an organischer Düngung bzw. bei der HE-Methode mit mittlerer N-Düngung und höherem Einsatz an organischer Düngung erreicht. Auch bei der für den ökologischen Landbau entwickelten ÖKO-Methode werden maximale Erträge (ohne mineral. N-Düngung) angestrebt.

So wurden mit Hilfe der Öko-Methode neben dem verhältnismäßig hohen Umfang an Ackerfutter, Stroh- und Güllezufuhr, eine zusätzliche Stalldunggabe von etwas über 100 dt/ha und Jahr als optimal angesehen. Ein Nachteil der geprüften Verfahren zur Humusbilanzierung besteht darin, dass so hohe Nährstoffzufuhren, die zu annähernd maximalen Erträgen führen, sowohl bis heute nicht experimentell überprüft worden sind und in der breiten Praxis des ökologischen Landbaus oft gar nicht zur Verfügung stehen (siehe KOLBE, 2004). Aus verständlichen Gründen des Umweltschutzes sind zudem externe Zufuhren im ökologischen Landbau strikt begrenzt, da sie neben anderen unerwünschten Folgeerscheinungen auch zu erheblichen Überschüssen im N-Saldo führen können. Durch Kalkulationen mit der ÖKO-Methode wurden daher auch ähnlich hohe N-Salden ermittelt, wie sie sonst nur unter konventionellen Bedingungen mit der HE- oder ROS-Methode zu erreichen sind. Diese alleinige, weitgehend nach konventionellen Gesichtspunkten ausgerichtete Zielstellung ist daher zu hinterfragen.

Düngungsbemessungsverfahren

Im Bereich der Humusbilanzierung kommt nach heutigen Gesichtspunkten der Zielstellung der Erreichung maximaler oder optimaler Erträge weder im konventionellen noch im ökologischen Landbau eine hohe Priorität zu. Wegen der methodisch bedingten hohen Unsicherheiten wurden diese Verfahren als Bemessungsgrundlage für die Ertragswirkung schon lange als ungeeignet angesehen. Dies ist nicht verwunderlich, da zwischen Ertragswirkung und Humuswirkung der verschiedenen organischen Materialien z. T. extreme Unterschiede bestehen (z.B. Stroh u. Gülle). Im konventionellen Landbau haben sich in der Zwischenzeit Düngungsbemessungsverfahren auf Grundlage der N_{min}-Methode durchgesetzt und bewährt. Im ökologischen Landbau werden im Gemüsebau be-reits Verfahren angewendet, die die N-Mineralisierung abschätzen können (siehe LABER, 2000). Auf dieser Grundlage werden in der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft z. Zt. Verfahren getestet, die in Zukunft einmal in der gesamten Breite des ökologischen Landbaus zum Einsatz kommen sollen. Ziel ist es, Düngungsbemessungsverfahren auf Nährstoff-Basis (Stickstoff) zu entwickeln, die sowohl zur Erfüllung spezieller Beratungs- als auch zur Erfüllung von gesetzlichen Erfordernissen (neue Düngeverordnung) Verwendung finden können.

Anwendungsziel Sicherung der Humusgehalte des Bodens

Bei ordnungsgemäßem Gebrauch werden sich bei Anwendung der ROS-Methode niedrigere durchschnittliche Humusgehalte als bei Anwendung der HE-Methode und höhere Gehalte bei ständigem Gebrauch der ÖKO-Methode einstellen (siehe Abb. 1). Man geht von der Vorstellung aus, dass im ökologischen Landbau höhere Humusgehalte erforderlich sind, damit ein hohes Ertragsniveau erreicht werden kann. Bei dieser klassischen Vorstellung erfolgt:

- beim Anbau der Humusmehrer (Leguminosengras) eine höhere Anreicherung und ein geringerer Abbau der organischen Substanz,
- durch die verbesserte Futterbasis kann die Tierhaltung erweitert werden, wodurch es zu einer erhöhten Zufuhr an organischen Düngern kommt,

- durch eine erhöhte Zufuhr an organischer Substanz kommt es dann zu einer verbesserten Ertragsbildung beim Anbau der in der Fruchtfolge nachfolgenden Humuszehrer (Hackfrüchte, Getreide, etc.).

Zwar ist eine allgemeine Humusanreicherung und den damit einhergehenden positiven Wirkungen auf biologische, chemische und physikalische Eigenschaften des Bodens unbestreitbar und in gewissen ökonomischen und ökologischen Grenzen auch natürliches Ziel des ökologischen Landbaus. Doch unter Beachtung der gesetzlichen Regelungen z.B. in der EU-Verordnung zum ökologischen Landbau ist jedoch die Zielstellung nicht unbedingt die Erreichung höherer Humusgehalte (siehe Kap. Einleitung). Die Betonung der bisherigen Sichtweise liegt daher zu einseitig auf der Anreicherung der Humusgehalte. Die Erreichung eines höheren Umsatzes und einer angemessen hohen Mineralisation ist jedoch aus heutigem Kenntnisstand enger mit der potenziellen Ertragsbildung eines Standortes verbunden. Daher sollten diesen Zusammenhängen zukünftig mehr Beachtung geschenkt werden.

Anwendungsziel spezielle Intensitäten

Zwischen den beiden methodischen Ansätzen ROS und HE gibt es einen Jahrzehnte langen Streit in Ostdeutschland über „die richtige Methode“. Mit jedem dieser Verfahren wurde hiernach jeweils eine bestimmte Kombination an Input-Größen als gleichsam „ideal“ angesehen (Punktlösungen). Optimale Konstellationen mit der jeweiligen „Konkurrenzmethode“ ermittelt, wurden als nicht erstrebenswert angesehen, kritisiert und verworfen. Beide Methoden beinhalten daher z. T. deutliche dirigistische Zielstellungen.

Aus heutiger Sicht führte die Anwendung dieser Methoden zu Berechnungsergebnissen, die nur für bestimmte „spezifische Intensitäten“ des gesamten Produktionsgeschehens eine Aussage treffen können. Jede dieser speziellen Intensitäten führt bei entsprechender dauerhafter Betriebsgestaltung langfristig zu ganz bestimmten Humusgehalten. Der Humusgehalt des Bodens kann dabei im Verlauf dieser Wirtschaftsweise in Abhängigkeit von Klima und Bodenart ansteigen, gleich hoch bleiben oder sogar abfallen. Es stehen die Bedürfnisse von spezifischen Anbauverfahren im Vordergrund und nicht die Einhaltung standorttypischer Humusgehalte.

Die Praxis der heutigen Landwirtschaft, auch die des ökologischen Landbaus, besteht jedoch aus einer enormen Breite an sehr unterschiedlich ausgeformten Produktionsverfahren (Beispiele: mit und ohne Viehhaltung, mit viel und wenig Viehhaltung, mit viel und wenig Hackfrüchten bzw. Feldgemüse u. Gartenbau, klassischer Futterbaubetrieb bzw. Marktfruchtbetrieb, Anbau von nachwachsenden Rohstoffen, Sonderkulturen, etc.). Methoden der Humusbilanzierung müssen daher in ihren Empfehlungen diese gesamte Anbaubreite möglichst gleichberechtigt berücksichtigen. Daher kommt es der Realität heute viel näher, an Stelle einer Punktlösung (100 % Bedarfsdeckung) einen Bereich an Bedarfsdeckung anzunehmen, der einer optimalen Versorgung mit organischer Sub-

stanz entspricht. Dem Streit zwischen den beiden Methodenrichtungen kommt daher aus heutiger Sicht keiner Bedeutung mehr zu.

Versorgungsoptimum mit organischer Substanz

Die Humusbilanzmethode sollte daher so konstruiert werden, dass ein Handlungsrahmen als ordnungsgemäß abgesteckt wird, in dem alle bisher üblichen oder in Zukunft sich herausbildenden spezifischen Intensitäten des ökologischen Landbaus abgedeckt werden. Dieser Rahmen beinhaltet die gute fachliche Praxis und sollte die VDLUFA-Versorgungsstufen C – D umfassen. Nur offensichtliche Unterschreitungen und Überschreitungen bestimmter Limits im Versorgungsniveau sollten aufgezeigt werden können, weil dadurch entweder standorttypische Humusgehalte nicht mehr eingehalten werden und/oder negative Auswirkungen auf die Umwelt, eine geringe Ressourcen-Effizienz und andere ungünstige Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit des Betriebes zu verzeichnen sind.

Bei der Vielfalt an heute üblichen ökologischen Anbauverfahren müssen allerdings zwei generell unterschiedliche Ausrichtungen in der Handlungsentscheidung der Landwirte und bei der Festlegung von Grenzwerten entsprechend den gesetzlichen Vorgaben Berücksichtigung finden (VDLUFA-Versorgungsgruppen A/B und D/E). Durch beide Wege wird der Rahmen einer ordnungsgemäßen ökologischen Landbewirtschaftung abgesteckt. Entsprechend den potenziellen Entwicklungschancen der Betriebe sollten beide Wege frei wählbar sein, da hiermit u. U. erhebliche betriebswirtschaftliche Konsequenzen für die zukünftige Betriebsgestaltung verbunden sein können.

Untere Grenze der Versorgung mit organischer Substanz

Auf der einen Seite kann es die Entscheidung des Landwirts sein, weitere Einnahmequellen auch für Öko-Betriebe zu erschließen, indem so viel wie möglich von der auf der Fläche erzeugten organischen Substanz (z.B. Stroh) abgeführt wird, um sie z.B. zur Energiegewinnung zu nutzen. Handlungsweisen dieser Art müssen daher bis zu einer unteren Belastungsgrenze zulässig sein. Diese untere Grenze ist so auszurichten, dass die Einhaltung eines standorttypischen Humusgehaltes noch sicher gewährleistet wird und könnte 100 % Bedarfsdeckung an organischer Substanz entsprechen (Beginn der VDLUFA-Versorgungsstufe C). Darunter sollte daher der Versorgungsbereich B angesiedelt sein. Dieser untere Grenzbereich sollte für konventionelle und für ökologische Betriebe gleichermaßen gelten, da hier gesetzliche Regelungen einzuhalten sind (EU-Öko-Verordnung, Bundesbodenschutzgesetz).

Obere Grenze der Versorgung mit organischer Substanz

Im anderen Extrem können Landwirte bestrebt sein, über eine optimale Humuswirtschaft die Humusgehalte ihrer Flächen so weit wie möglich zu erhöhen. Diese Zielstellung könnte nicht nur für ökologisch sondern auch für konventionell wirtschaftende Betriebe in Frage kommen. Für diese Fälle stellt u. a. die N-Bilanzierung eine geeignete Methode dar, um Grenzen der Anreicherung aufzuzeigen (vgl. Düngeverordnung, Wasserrahmenrichtlinie). Aber auch unter Hinzuziehung wei-

terer Bezugsgrößen (Energiebilanz, betriebswirtschaftliche Kenngrößen) könnten zukünftig diese Grenzbereiche noch genauer umrissen werden. Diese oberen Grenzen für die Zufuhr an organischer Substanz sollten dann den Beginn der Versorgungsgruppe E kennzeichnen und werden für die Praxis der ökologischen und konventionellen Betriebe entsprechend verschieden hoch angesetzt, da die Höhe z.B. abhängig ist von dem N-Düngungsniveau des Betriebes (siehe Abb. 2).

Standortunterschiede

Die Untersuchungen haben deutliche Standortunterschiede in der Wirkung von Düngung und Fruchtfolge auf die Humusgehalte des Bodens bestätigt, so dass klimatische und bodenbürtige Einflüsse zu berücksichtigen sind (Ausweisung von Standortgruppen). Es leuchtet ein, dass z.B. die gleiche Menge Stroh auf verschiedenen Bodenarten, in feuchten oder trockenen Klimaten oder in Bergregionen einer jeweils spezifischen Humifizierung unterlegen ist. Zur Aufrechterhaltung standorttypischer Humusgehalte sind also je nach Bedingungen unter-schiedlich hohe Zufuhren an organischer Substanz notwendig. Daher müssen für jede Standortgruppe spezielle Sätze an Humifizierungskoeffizienten zur Verfügung gestellt werden. Durch diese Eichungsarbeiten wird die Methodensicherheit bedeutend erhöht, ihr halbquantitativer Charakter bleibt aber weitgehend erhalten. Aus diesem Grund wurden frühzeitig Arbeiten zur Testung und Verbesserung von sogn. Simulationsverfahren zur Humusbilanzierung vorgenommen. Nach dem bisherigen Stand der Arbeiten kann nur durch deren Einsatz eine quantitative Analyse gewährleistet werden, ohne dass der Erhebungs- und Eingabeaufwand über die Maßen ansteigt (FRANKO et al., 2005).

Methodische Aspekte zur Weiterentwicklung und Verbesserung der Verfahren

Die Verwendung von Ergebnissen aus Testflächen und Praxiserhebungen etc. ist auf Grund der hohen Ungenauigkeiten bei der Erfassung der Humusgehalte und auf Grund zeitlicher Mängel (Erfassungsdauer) für eine Methodenüberprüfung und Methodenverbesserung kaum geeignet. Ebenso ist es wenig hilfreich, Vor- und Nachteile der einen oder anderen Methode an z. T. hunderten von verrechneten Betriebsbeispielen aufzeigen zu wollen, so lange die fachlichen Voraussetzungen und Zielstellungen in den Methoden nicht eindeutig formuliert und anerkannt sind und es nicht klar ist, woran die Betriebsergebnisse gemessen werden sollen.

Die geschilderten Arbeiten zur Überprüfung und Anpassung von Bilanzierungsverfahren konnten daher in der Regel nur mit Hilfe von Ergebnissen aus ökologischen und konventionellen Feld-Dauerversuchen erfolgen. Für die Sammlung geeigneter Versuchsergebnisse war allerdings ein jahrelanger mühevoller Arbeitseinsatz erforderlich. Durch die erhebliche Variabilität der Standorte müssen auch zukünftig Dauerversuche in einem breiten Standortspektrum zur Verfügung stehen, damit regionsspezifische Besonderheiten mit hoher Sicherheit abgedeckt werden.

Danksagung

Für die Bereitstellung von Versuchsergebnissen und die wertvollen Anregungen und Diskussionsbeiträge aus vielen Bundesländern gilt ein herzliches Dankeschön. Die Arbeiten werden durch das Sächsische Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft gefördert.

4 Fazit

Ergebnisse der Methodenüberprüfung

Zusammenfassend können folgende Ergebnisse der untersuchten Verfahren zur Humusbilanzierung benannt werden:

1. Mit Versorgungsgraden von 100 % an organischer Substanz (= Zielversorgungsgrad bei ordnungsgemäßer Bewirtschaftung) werden in der Regel maximale Erträge der Kulturarten erreicht.
2. Durch Verwendung der einzelnen Methoden (ROS, HE, ÖKO) wird außerdem ein Versorgungsniveau mit organischer Substanz angestrebt, das jeweils nur für ganz bestimmte Anbau- und Bewirtschaftungsverhältnisse zutrifft (spezifische Intensitäten).
3. Mit den Berechnungsergebnissen ist bisher keine Aussage über die Veränderung der Humusgehalte des Bodens möglich.
4. Die Methoden sind daher kaum zur Durchführung gesetzlicher Bestimmungen geeignet.
5. Die Nichtbeachtung von Einflüssen der Bodenarten und des Klimas (Standort) auf die Umsetzungsprozesse und Humusgehalte führt zu einer deutlichen Erhöhung des Berechnungsfehlers.
6. Die Besonderheiten des ökologischen Landbaus werden nicht berücksichtigt.

Zukünftige Anforderungen an die Humusbilanzierung

Als Ergebnis einer umfassenden Diskussion können folgende Anforderungen an Methoden zur Humusbilanzierung für den Einsatz im ökologischen Landbau gestellt werden:

- Ausrichtung auf die Kalkulation der Veränderung der Humusgehalte im Boden.
- Differenzierung der Koeffizientensätze nach Standorten (Bodenart, Klima).
- Aufgabe des Zielmerkmals der Erreichung maximaler Erträge und der Ausrichtung auf nur eine spezifische Intensität (Punktlösung).
- Erstellung eines möglichst breiten Handlungsrahmens (VDLUFA- Versorgungsgruppen C - D), in dem der Versorgungsgrad mit organischer Substanz als optimal angesehen wird.
- Ausweisung einer unteren Grenze der Versorgung mit organischer Substanz (Versorgungsgruppen A/B), die nicht unterschritten werden darf, damit standorttypische Humusgehalte und die Nachhaltigkeit der Betriebe gewährleistet werden.
- Ausweisung einer oberen Grenze der Versorgung, damit Belange des Umwelt- und Ressourcenschutzes gewahrt werden (Übergang zur Gruppe E).

Für die neue Version des Programms ÖKO-BEFU der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft werden daher zum Bereich Humusbilanzierung und N-Mineralisierung folgende Programmmodule erstellt, die erstmals sowohl gesetzliche Erfordernisse als auch Anforderungen der Betriebsberatung abdecken sollen:

- Bilanzierungsmethode für Humus zur Berücksichtigung gesetzlicher Bedingungen (z.B. Cross Compliance) als Kurzfassung sowie eine Kurzfassung unter Berücksichtigung der Veränderung der Humusgehalte in Abhängigkeit von Standortgruppen.
- Bilanzierungsmethode für Humus als Langfassung für quantitative Analysen der vertieften Betriebsberatung, auch nutzbar z.B. für Szenarienrechnungen im Umwelt- und Klimaschutz (in Planung).
- Methode zur Abschätzung der N-Mineralisierung als Grundlage für ein Düngungsbemessungsverfahren für gesetzliche Erfordernisse (neue Düngeverordnung) und zum Einsatz in der Beratung (in Planung).

5 Literatur

Autorenkollektiv (1977): Empfehlungen zur effektiven Versorgung der Böden mit organischer Substanz. Akad. D. Landw.-Wissensch. d. DDR, agrarbuch, Leipzig

Besson, J.-M. et al. (1995): DOK-Versuch: vergleichende Langzeit-Untersuchungen in drei Anbausystemen biologisch-dynamisch, organisch-biologisch und konventionell. Schweizerische Landw. Forsch. Sonderausgabe 1995, Bundesamt f. Landwirtschaft, Bern

Franko, U., Kuka, K. & Kolbe, H. (2005): Modelling SOM-dynamics in arable soils. In: International Conference on the Role of Long-term Field Experiments in Agricultural and Ecological Science. Research Institute of Crop Production, Prague

Kolbe, H. (2004): Wasserschutz und Ökologischer Landbau. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, FB Pflanzliche Erzeugung, Leipzig. http://orgprints.org/00002931

Kolbe, H. (2005): Prüfung der VDLUFA-Bilanzierungsmethode für Humus durch langjährige Dauerversuche. Arch. Agron. Soil Sci. 51:221-239

Kolbe, H. & Prutzer, I. (2004): Überprüfung und Anpassung von Bilanzierungsmodellen für Humus an Hand von Langzeitversuchen des Ackerlandes. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, FB Pflanzliche Erzeugung, Leipzig. http://orgprints.org/00003130

Körschens, M. & Schulz, E. (1999): Die Organische Bodensubstanz, Dynamik – Reproduktion – ökonomisch und ökologisch begründete Richtwerte. UFZ-Bericht Nr 13, UFZ Leipzig-Halle, Halle

Körschens, M., Rogasik, J., Schulz, E., Bönig, H., Eich, D., Ellerbrock, R., Franko, U., Hülsbergen, K.-J., Köppen, D., Kolbe, H., Leithold, G., Merbach, I., Peschke, H., Prystav, W., Reinhold, J. & Zimmer, J. (2004): Humusbilanzierung. Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. Standpunkt. VDLUFA, Bonn. http://www.vdlufa.de/vd_00.htm?4

Laber, H. (2000): Düngung im ökologischen Gemüsebau. Informationen für Praxis und Beratung. Broschüre, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden

Leithold, G., Hülsbergen, K.-J. (1998): Humusbilanzierung im ökologischen Landbau. Ökologie & Landbau 105: 32-35

Leithold, G., Hülsbergen, K.-J., Michel, D. & Schönmeier, H. (1997): Humusbilanz – Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. Initiativen zum Umweltschutz 5, Zeller Verlag, Osnabrück : 43-54

Pettersson, B. D., Reents, H. J. & Wistinghausen, E. von (1992): Düngung und Bodeneigenschaften. Ergebnisse eines 32-jährigen Feldversuches in Järna, Schweden. Schriftenreihe Band 2, Institut für biologisch-dynamische Forschung, Darmstadt

Raupp, J. (2001): Forschungsthemen und Ergebnisse eines Langzeitdüngungsversuchs in zwei Jahrzehnten; ein Beitrag zur Bewertung von pflanzenbaulichen Langzeitversuchen. Berichte über Landwirtschaft 79: 71-93