

Strategien für geschloss

Es ist Zeit für innovative Konzepte im Biolandbau: Stoffkreisläufe müssen überbetrieblich geschlossen und neue Nährstoffquellen erschlossen werden. Es geht um nicht weniger als die Optimierung des Systems Biolandbau.

Von Kurt-Jürgen Hülsbergen, Lucie Chmelíková und Harald Schmid

Ein „weitgehend“ geschlossener Stoffkreislauf in einem vielseitig organisierten Betriebssystem ist ein Grundprinzip des ökologischen Landbaus. Allerdings sind Nährstoff-Kreisläufe in landwirtschaftlichen Betrieben nie vollkommen geschlossen – mit pflanzlichen und tierischen Marktprodukten werden Nährstoffe abgegeben, zudem sind Nährstoffverluste in die Umwelt nicht ganz zu vermeiden. Je nach Produktionsrichtung und Betriebsstruktur unterscheiden sich aber Nährstoffzukauf und -verkauf sowie innerbetriebliches Nährstoffrecycling sehr deutlich.

Die strukturellen Veränderungen der letzten Jahre haben die Stoffkreisläufe der Biobetriebe stark verändert. So stellt sich die Frage, wie Marktfruchtbetriebe eine ausreichende Humus- und Nährstoffversorgung (Makro- und Mikronährstoffe) für hohe und stabile Erträge dauerhaft gewährleisten können. Andererseits führte der Bau von Biogasanlagen zur Intensivierung der betrieblichen und überbetrieblichen Stoffflüsse. In Betrieben mit hohem Tierbesatz, hoher Tierleistung und Futterzukauf kann es zur Nährstoffanreicherung in Böden kommen.

Eine optimale Nährstoffversorgung von Böden und Kulturpflanzen ist von strategischer Bedeutung im biologischen Landbau. Wenn die Ökoanbaufläche in Deutschland bis zum Jahr 2030 auf 20 Prozent oder in Bayern sogar auf 30 Prozent steigen soll und zugleich immer mehr spezialisierte Marktfruchtbetriebe entstehen, muss geklärt werden, woher die Nährstoffe kommen sollen.

Der nachfolgende Beitrag zeigt ausgehend von Ergebnissen aus zehnjährigen Untersuchungen im deutschlandweiten Netzwerk der Pilotbetriebe verschiedene Strategien für eine nachhaltige Nährstoffversorgung von Böden und Pflanzen.

Ergebnisse von den Pilotbetrieben

Mit Projektpartnern aus Wissenschaft, Beratung und Praxis untersuchen wir an der Technischen Universität München seit

2009 betriebliche Stoffkreisläufe sowie Nährstoff- und Humusgehalte von Böden in 40 ökologischen Pilotbetrieben in vier Boden-Klima-Regionen. Auf dieser Datengrundlage analysieren wir den Einfluss von Standort, Betriebsstruktur und Management auf die Humus- und Nährstoffversorgung im Zusammenhang mit Bodenfruchtbarkeit, Ertrag und Klimawirkungen. In den Pilotbetrieben fanden wir deutliche Unterschiede des Humus- und Nährstoffhaushalts zwischen Marktfrucht- und Milchvieh-/Gemischtbetrieben (siehe Tab. 1).

Die ökologischen Milchviehbetriebe verzeichnen deutlich höhere Erträge und Stickstoffentzüge als die ökologischen Marktfruchtbetriebe. Ein Grund sind die höheren Stickstoffzufuhren, vor allem durch Wirtschaftsdünger. So setzen die ökologischen Milchviehbetriebe im Mittel pro Hektar jährlich 91 Kilogramm Stalldung und Güllestickstoff ein, die Marktfruchtbetriebe nur 37 Kilogramm. Die höhere Stroh- und Gründüngung der Marktfruchtbetriebe gleicht diese Unterschiede nicht aus.

Der Stickstoffsaldo als Differenz der Zufuhren und Entzüge kennzeichnet näherungsweise die Stickstoffverluste. Je höher der Saldo, umso höher ist auch die Gefahr, dass reaktive Stickstoffverbindungen (Ammoniak, Lachgas, Nitrat) in die Umwelt emittiert werden. Beide Betriebstypen haben geringe Stickstoffsalden, wirtschaften stickstoffeffizient und umweltverträglich. In Betrieben mit langjährig negativen oder deutlich überhöhten Stickstoff-, Phosphor- und Humussalden besteht Optimierungsbedarf. Unsere Ergebnisse zeigen, dass es unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus viel schwieriger ist, ausgeglichene Phosphorbilanzen zu erzielen als ausgeglichene Stickstoffbilanzen. Die Phosphorsalden der Pilotbetriebe sind im Mittel negativ, in einigen Betrieben stark negativ. Vier der 13 untersuchten Marktfruchtbetriebe haben positive Phosphorsalden, weil sie Grüngutkomposte und zugelassene Mineraldünger einsetzen oder Biogasanlagen mit hohem Substratzukauf betreiben. In den Milchviehbetrieben waren die Phosphorentzüge wesentlich höher; kein einziger Betrieb wies eine ausgeglichene Phosphorbilanz auf. Die PCAL-Vorräte' zei-

ene Nährstoff-Kreisläufe

gen im Mittel keine Unterschiede zwischen Marktfrucht- und Gemischtbetrieben, allerdings enorme Unterschiede zwischen den einzelnen Untersuchungsbetrieben. Neben den hier dargestellten Makronährstoffen können bei ungenügender organischer Düngung auch Mikronährstoffe für die Ertragsbildung fehlen. Ein wichtiges Thema ist die Schwefeldüngung. Einige unserer Pilotbetriebe haben während der zehnjährigen Untersuchungsphase die Humus- und Nährstoffversorgung deutlich verbessert durch Steigerung der Stickstoff-Fixierleistung, Einsatz von Biogut- und Grüngutkompost, Futter-Mist-Kooperationen, bessere Verteilung der organischen Dünger in der Fruchtfolge und Einsatz von Biogas-Gärresten

Biogasanlagen oder ...

Die Spezialisierung der Biobetriebe ist Realität und wird sich weiter fortsetzen. Betriebskooperationen, überbetriebliche und regionale Nährstoffflüsse müssen dafür einen Ausgleich schaffen (siehe Tab. 2, S. 14). Wir müssen das Düngungskonzept im ökologischen Landbau neu denken – vom betrieblichen zum überbetrieblichen und regionalen Stoffkreislauf. Beim Nährstofftransfer zwischen Betrieben (z.B. Futter- und Biomasselieferung, Nährstoffrückführung durch Stallmist und Gärreste) ist auf eine regionale Vernetzung der Stoffströme zu achten. Zu große Transportentfernungen sind ineffizient, energieintensiv und mit hohen Emissionen verbunden.

- 1 Der Calcium-Acetat-Lactat-Auszug (kurz CAL-Auszug) ist ein Verfahren zur Extraktion von pflanzenverfügbarem Phosphor und Kalium aus Bodenproben. Im Extrakt kann dann die Konzentration dieser Pflanzennährstoffe bestimmt werden.
- 2 Forschungsprojekt Untersuchungen zur optimalen Produktion und pflanzenbaulichen Verwertung von Biogut- und Grüngutkompost im ökologischen Landbau (ProBio), gefördert durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im BÖLN-Programm, Laufzeit 01.08.2019 bis 31.07.2022.

Keinesfalls sollten Nährstoffe (Gülle und daraus hergestellte organische Dünger) aus Nährstoffüberschuss-Regionen mit konventionell-intensiver Tierhaltung in den Ökolandbau geschleust werden. Dies würde die ökologische Glaubwürdigkeit untergraben.

Einige Pilotbetriebe haben in den vergangenen Jahren Biogasanlagen gebaut oder sind an Gemeinschafts-Biogasanlagen beteiligt. Biogasanlagen verstärken die betrieblichen und überbetrieblichen Nährstoffströme. Wir führen seit 15 Jahren Dauerfeldversuche mit Energiepflanzen-Fruchtfolgen und Gärrestdüngung durch. In den Parzellen mit Gärrestdüngung stiegen die Humusgehalte signifikant. Die Nährstoffzufuhr durch Gärreste steigerte die Getreideerträge im Mittel von vier auf über sechs Tonnen je Hektar und Jahr. Insgesamt können wir aus unseren Versuchen ein positives Fazit ziehen. Kleeergrasbasierte Biogasanlagen passen in den ökologischen Landbau, stellen keine Konkurrenz zur Nahrungserzeugung dar und verbessern (bei richtiger Dimensionierung) die Wirtschaftlichkeit der Betriebe (Serdjuk et al., 2017).

... Nährstoffrecycling

Ein zukunftsträchtiger Weg ist der Einsatz von gütegesicherten Biogut- und Grüngutkomposten, die den hohen Qualitätsanforderungen des Ökolandbaus genügen. Im derzeit laufenden Forschungsprojekt ProBio² analysieren wir Prozesse in Kompostierungsanlagen, Anwendungspotenziale, pflanzenbauliche Wirkungen und Umwelteffekte des Komposteinsatzes. Nach Berechnungen von Gottschall et al. (2017) ließen sich durch Komposteinsatz der Export der Makronährstoffe auf 200 000 bis 300 000 Hektar ökologischer Marktfruchtfläche ausgleichen und die Mikronährstoff- und Humusversorgung verbessern. ▷

Kleeergras für die Biogasanlage – Dünger für die Felder.
Diese Kreislaufwirtschaft lohnt sich für viehlose Ökobetriebe.



Tabelle 1: Nährstoff- und Humusbilanzen ökologischer Pilotbetriebe

Kennzahl	Maßeinheit	Marktfuchtbetriebe	Milchvieh- und Gemischtbetriebe
Betriebe		13	19
Bodenzahl		56 (41–75)	43 (23–54)
Ackerland	% der LN	93 (73–100)	54 (0–96)
Getreide	% der AF	57 (36–76)	41 (0–68)
Kleegrass	% der AF	20 (6–33)	40 (17–81)
Tierbesatz	GV ha ⁻¹	0,02 (0–0,17)	0,87 (0,27–1,56)
Stickstoffbilanz			
N-Zufuhr	kg ha ⁻¹	139 (97–185)	174 (118–240)
N _z -Fixierung	kg ha ⁻¹	45 (30–58)	52 (25–101)
Stroh- und Gründüngung	kg ha ⁻¹	36 (14–72)	10 (0–24)
Stalldung, Gülle	kg ha ⁻¹	37 (3–88)	91 (27–144)
N-Entzug	kg ha ⁻¹	115 (94–139)	166 (110–236)
Änderung Bodenvorrat (ΔN_{org})	kg ha ⁻¹	3 (-25–16)	13 (-3–47)
N-Saldo	kg ha ⁻¹	26 (-4–72)	8 (-41–34)
N-Effizienz	%	83 (61–96)	92 (83–100)
Humusbilanz			
Humussaldo (Humus-C)	kg ha ⁻¹	35 (-282–191)	282 (-48–909)
Phosphorbilanz			
P-Saldo	kg ha ⁻¹	-2 (-10–19)	-6 (-13– -1)
P-Vorrat (CAL)	kg ha ⁻¹	260 (32–570)	267 (44–720)

Tabelle 2: Strategien zur Nährstoffversorgung im ökologischen Landbau

Strategie	Beispiele
Stoffkreisläufe und Recycling	optimierte innerbetriebliche Stoffkreisläufe (standortgebundene Tierhaltung, Integration von Biogasanlagen, Cut-&-Carry-Systeme)
	optimierter Düngereinsatz (Düngerqualität und -menge, Düngetermin) in der Fruchtfolge in Abhängigkeit von Nährstoffnachlieferung und Pflanzenbedarf (unterstützt durch Düngesysteme wie Web-Man)
	Minimierung von Nährstoffverlusten und Erhöhung der Nährstoffeffizienz durch verlustarme Düngerlagerung und moderne Ausbringtechnik
Düngerzukauf, Einsatz von Handelsdüngemitteln	überbetriebliche Kreisläufe (Futter-Mist-Kooperationen, Gemeinschafts-Biogasanlagen) in der Region, möglichst kurze Transportentfernungen
	Einsatz gütegesicherter Biogut- und Gründüngerkomposte
	P-Recyclingprodukte aus Klärschlamm, Nährstoffrecycling aus Städten (derzeit noch nicht zugelassen im Ökolandbau, bei neuen Technologien und Produkten aber prinzipiell anzustreben)
pflanzenbauliche Strategien	zugelassene mineralische Dünger nach Düngbedarf
	zugelassene organische Dünger nach Düngbedarf
	aktive Nährstoffmobilisierung durch Pflanzen, Wurzelattributionen, Mikroorganismen, etwa durch Nutzung von Pflanzen und Sorten mit hohem P-Aneignungsvermögen, Humateffekt (P-Mobilisierung durch verbesserte Humusversorgung und biologische Aktivität)
Züchtung von Sorten mit hoher Nährstoffeffizienz	Erhalt eines günstigen Bodengefüges, gute Durchwurzelbarkeit des Unterbodens, Schaffung von Bioporen, Vermeidung von Bodenschadverdichtung
	Züchtung von Sorten mit hoher Nährstoffeffizienz

Darüber hinaus ist langfristig ein Nährstoffrecycling aus Städten und Ballungsräumen unverzichtbar. Es müssen neue Systeme des Nährstoffrecyclings geschaffen werden, um hygienisch und ökologisch unbedenkliche, zugleich wirksame und kostengünstige Düngemittel zu produzieren. Neben der Gestaltung von Stoffkreisläufen und dem Düngerzukauf zum Ausgleich des Nährstoffexports sind auch pflanzenbauliche Strategien zu nutzen, wie aktive Nährstoffmobilisierung und der Aufbau eines günstigen Bodengefüges. Aber dies ersetzt keinesfalls die Notwendigkeit, langfristig ausgeglichene Nährstoffbilanzen zu erreichen.

Systemoptimierung nötig

Die nachhaltige Nährstoffversorgung von Böden und Pflanzen ist ein komplexes Thema und eine große Herausforderung. Es gibt nicht nur eine Strategie, sondern viele sich ergänzende Ansätze, die standort- und betriebspezifisch

richtig kombiniert werden sollten; es geht daher nicht um Einzelmaßnahmen, sondern um eine Systemoptimierung. Um landwirtschaftliche Betriebe zu unterstützen, entwickeln wir derzeit ein internetbasiertes Nährstoff-Managementsystem (Web-Man)³, mit dem Stoffkreisläufe, Humus- und Nährstoffbilanzen untersucht und bewertet werden können. Wir sind der Meinung, dass jeder Betriebsleiter den Stoffkreislauf des eigenen Betriebes (N, P, K, C) kennen sollte, um im Bedarfsfall reagieren zu können. Web-Man hat eine moderne Nutzeroberfläche und ist einfach anwendbar. Völlig neu entwickelt wird derzeit ein Modul zur Stickstoff-Düngerbedarfs-ermittlung im ökologischen Landbau, das den gezielten Düngereinsatz in der Fruchtfolge unterstützen soll. □

▷ Liste der zitierten Literatur unter kurzlink.de/oel192_huelsbergen_lit

Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen, Dr. Lucie Chmelíková und Harald Schmid, Technische Universität München (TUM), Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, sekretariat.oekolandbau@wzw.tum.de, lucie.chmelikova@mytum.de, harald.schmid@wzw.tum.de

3 Forschungsprojekt Webbasiertes Nährstoff-Management im ökologischen Landbau (Web-Man), gefördert durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im BÖLN-Programm, Laufzeit: 01.02.2019 bis 31.01.2022