

Formen der Stickstoff-Bilanzierung zur Anwendung in der Praxis des ökologischen Landbaus

Nitrogen budget types for use in organic farming practice

B. Köhler¹ und H. Kolbe¹

Key words: development organic farming, plant cropping, nitrogen budget

Schlüsselwörter: Entwicklung Ökolandbau, Pflanzenbau, Stickstoff-Bilanzierung

Einleitung und Zielsetzung

Im ökologischen Landbau nimmt der Leguminosenanbau als wichtige Stickstoffquelle in viehlosen und viehhaltenden Systemen eine bedeutende Rolle ein für den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und Nachhaltigkeit dieser Produktionsweise. Zur Schätzung der Luftstickstoffbindung und Erfassung weiterer beeinflussender Faktoren des N-Kreislaufes können PC-gestützte Bilanzierungsverfahren als wichtige Hilfsmittel für die Optimierung des Nährstoffmanagements angesehen werden.

Ziel ist es, für die breite Praxis anwendbare Verfahren zur N-Bilanzierung vorzustellen, die an die speziellen Produktionsbedingungen im ökologischen Landbau angepasst sind und sowohl den gesetzlichen Grundlagen (z. B. Düngeverordnung) entsprechen als auch höheren Anforderungen in der Betriebs-, Politik- und Umweltschutz-Beratung gerecht werden.

Methoden

Die PC-gestützten Modellansätze für die Nährstoffbilanzierung orientieren sich einerseits an den Vorschriften zur Düngeverordnung (Kurzfassung) und andererseits in Form einer Bruttosaldierung (Langfassung) an den Anforderungen der PARCOM-Richtlinie² (Tab. 1). Für beide Verfahren sind die Hoftor-, Schlag- und Feld-Stall-Bilanz wählbar, als Datenbasis dienen Schlagkarteiaufzeichnungen (FÖRSTER et al., 2003; siehe auch STEIN-BACHINGER et al., 2004).

¹ Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung, Gustav-Kühn-Str. 8, 04159 Leipzig, E-mail: hartmut.kolbe@leipzig.lfl.smul.sachsen.de

² Paris-Konvention zur Verhütung der Meeresverschmutzung

Tabelle 1: Datengrundlagen der Stickstoff-Bilanzierung für den ökologischen Landbau nach der Kurz- und Langfassung

	Kurzfassung	Langfassung
N-Zufuhr		
N-Düngung (organisch)	Düngermenge * N-Gehalt ¹⁾ mit Anrechnung von Ausbringungsverlusten (20 %)	Düngermenge * N-Gehalt ¹⁾ ohne Anrechnung von Ausbringungsverlusten
Symbiontische N-Bindung	Ertragsabhängige Schätzung der symbiontischen N-Bindung ²⁾	Ertragsabhängige Berechnung der symbiontischen N-Bindung unter Einbeziehung weiterer Parameter ³⁾
Asymbiontische N-Bindung	--	+ 10 kg N/ha ⁴⁾ (wählbar)
Saat-/Pflanzgut-N	--	Saatgutmenge * N-Gehalt Saatgut
N-Deposition (gesamt)	--	+ 30 kg N/ha ⁵⁾ (wählbar)
N-Abfuhr		
Ernteprodukte	Ertragsmenge * N-Gehalt pflanzlicher Produkte ⁶⁾ je nach Kulturart oder Artengruppe	Ertragsmenge * N-Gehalt pflanzlicher Produkte ⁶⁾ je nach Kulturart differenziert nach Erntezeitpunkt sowie Ertragsverteilung
N-Saldo⁷⁾	N-Zufuhr minus N-Abfuhr	Zufuhr minus Abfuhr, Saldo ist Summe aus: Nitratauswaschung NH₃-Verluste, Denitrifikation
<p>¹⁾ <u>N-Gehalte organischer Dünger</u>: Erhebungen aus dem ökologischen Landbau, bei konventionellen Quellen der Arbeitsgruppe (AG) Düngung des Verbandes der Landwirtschaftskammern (VLK) pauschal Abzug von 10 % des N-Gehaltes; Berücksichtigung von 10 % Lagerungs- und 25 % Rotteverlusten.</p> <p>²⁾ <u>Symbiontische N-Bindung in der Kurzfassung</u>: Berechnung nach ALBERT et al. (1997), außer bei Körnerleguminosen Einbeziehung eines Ertragsfaktors (KOLBE et al., 2002).</p> <p>³⁾ <u>Symbiontische N-Bindung in der Langfassung</u>: weitere die Luft-N-Bindung beeinflussende Parameter werden einbezogen bei Futterleguminosen (Bodenart, Misch- oder Reinbestände, N_{min}-Werte, Nutzungsverfahren, Anbaujahr, Trockenstress) und bei Körnerleguminosen (N-Harvest-Index, N_{min}-Werte, Rein- oder Mischbestände, Trockenstress).</p> <p>⁴⁾ <u>Asymbiontische N-Bindung</u>: Ableitung aus Literaturquellen.</p> <p>⁵⁾ <u>Gesamt-N-Deposition</u>: Bundesumweltamt (GAUGER et al., 2002), für Sachsen: nasse + trockene Deposition $\cong 20 \text{ kg} * 1,5 \cong \text{Gesamt-N-Deposition}$.</p> <p>⁶⁾ <u>Nährstoffgehalte pflanzlicher Produkte</u>: Erhebungen aus dem ökologischen Landbau der AG der Versuchsansteller im ökologischen Landbau (KOLBE et al., 2003) und Literaturquellen (u. a. DLG-Futterwerttabellen, 1997), weitere konventionelle Literaturquellen der AG Düngung VLK mit einem pauschalen Abzug von 15 % des N-Gehaltes.</p> <p>⁷⁾ <u>N-Saldo</u>: bei Annahme eines konstanten Boden-N-Vorrats im Bilanzzeitraum.</p>		

Ergebnisse und Diskussion

Zur Anwendung der Stickstoff-Bilanzierungsverfahren ist in der Tabelle 2 ein Fruchtfolgebeispiel eines ökologisch wirtschaftenden Milchviehbetriebes mit eigenem Futterbau aufgestellt worden.

Tabelle 2: Datengrundlagen zur Berechnung einer Fruchtfolge-Schlagbilanz für einen Milchviehbetrieb

Jahr	Kulturart	Ertrag¹⁾ (dt FM/ha)	Organische¹⁾ Düngung	N_{min} Frühjahr (kg N/ha)	Erntezeitpunkt + Ertragsverteilung²⁾ (dt FM/ha)
1999	Kleegras (Rotklee/Dt. Weidelgras 70:30)	300	10 m ³ /ha Gülle Rind (8 % TM)	50	10.06. i. B. 120 25.07. i. B. 100 10.09. v.B. 80
2000	Kleegras (Rotklee/Dt. Weidelgras 70:30)	320	--	30	01.06. i. B. 140 10.07. i. B. 100 01.09 v. B. 80
2001	Winterweizen	40	15 m ³ /ha Gülle Rind (8 % TM)		
2002	Kartoffeln	200	200 dt/ha Stallmist Rind (25 % TM)		
2003	Ackerbohne	25		45	
2004	Sommergerste (Futter)	30			

¹⁾ FM = Frischmasse; TM = Trockenmasse.
²⁾ Erträge der einzelnen Aufwüchse entsprechend des Erntezeitpunktes nach drei Vegetationsstadien differenziert: vor (v. B.), in (i. B.) und nach der Blüte (n. B.).

In der Langfassung ergibt sich für die Futterleguminosen durch die Einbeziehung weiterer Koeffizienten eine höhere symbiontische N-Bindung als in der Kurzfassung (Tab. 3). Dagegen ist nach Anbau von Ackerbohnen ein geringeres N-Angebot aus der symbiontischen N-Bindung vorhanden, da in der erweiterten Fassung dem höheren N-Entzug über das Ernteprodukt durch Einbeziehung spezifisch veränderten N-Harvest-Indices Rechnung getragen wird.

Tabelle 3: Ergebnisse der Stickstoff-Schlagbilanzierung (kg N/ha) als Kurz- (KF) und Langfassung (LF) in der Fruchtfolgerotation

Jahr	Fruchtfolge	N-Bindung		N-Zufuhr		N-Abfuhr		N-Saldo	
		KF	LF	KF	LF	KF	LF	KF	LF
1999	Kleegras	129	141	155	214	159	163	- 4	+ 51
2000	Kleegras	138	157	138	198	170	174	- 32	+ 24
2001	Winterweizen	--	--	38	91	67	67	- 29	+ 24
2002	Kartoffeln	--	--	80	148	62	62	+ 18	+ 86
2003	Ackerbohne	138	114	138	162	105	105	+ 33	+ 57
2004	Sommergerste	--	--	0	42	40	40	- 40	+ 2
N-Saldo (Durchschnitt)								- 9	+ 41

Die N-Abfuhrer beider Bilanzmodelle unterscheiden sich nur beim mehrjährigen Feldfutterbau, weil Erntezeitpunkt und Ertragsverteilung genau berücksichtigt werden. Dagegen treten bei den N-Zufuhren auf Grund der unterschiedlich erfassten Bilanzierungsgrößen deutliche Unterschiede auf. Zwischen den Salden der einzelnen Fruchtfolgejahre bestehen erhebliche Differenzen.

Schlussfolgerungen

Die unterschiedlichen Nährstoffsalden der einzelnen Jahre in dem Fruchtfolgebeispiel zeigen deutlich, dass eine Nährstoffbilanzierung nur über eine gesamte Fruchtfolgerotation zu bewerten ist. Verbesserungen in der Rotationsabfolge der Kulturarten sowie in der Düngerverteilung können allerdings den Ergebnissen der einzelnen Jahre entnommen werden.

Mit den bisher üblichen konventionellen Verfahren wurden oft deutlich negative Salden berechnet (u. a. KURZER, 2002). In dem vorliegenden Beispiel ist bei einem hohen Leguminosenanteil von 50 % in der Fruchtfolge noch ein geringfügig negativer Nährstoffsaldo in der verbesserten Kurzfassung erzielt worden. Aus diesen Ergebnissen könnten auf Dauer negative Folgen für die Bodenfruchtbarkeit abgeleitet werden. Entsprechend dem Ergebnis der Langfassung, die auf wesentlich umfangreicheren und genaueren Berechnungen beruht, ist das aber nicht der Fall. In der Praxis hat sich daher auch gezeigt, dass für die bisher gesetzlich vorgeschriebene Kurzform der Bilanzierung kaum sinnvolle Interpretationen für die Bedingungen des ökologischen Landbaus abgeleitet werden können.

In der Langfassung wird der erhaltene Saldo als Bruttowert ausgewiesen, der alle erfassbaren Verlustquellen als Summe (Auswaschung und gasförmige Verluste) enthält. Sowohl bei zu niedrigen (< 0 kg N/ha) als auch bei zu hohen Werten (> 50 kg N/ha) besteht Handlungsbedarf, um das Nährstoffmanagement des Betriebes zu verbessern. Die genaue Erfassung der einzelnen Bilanzierungsgrößen in der erweiterten Form schafft eine größere Transparenz über schwer einschätzbare Bilanzglieder.

Insgesamt ergibt sich für die Berechnung der erweiterten N-Bilanzierung kein erheblicher Mehraufwand an Daten und Zeit für den Nutzer. Die üblichen Schlagkarteiaufzeichnungen sind ausreichend für die erforderlichen Eingabedaten zur Nährstoffsaldierung. Auf Grund der besonderen Bedeutung der Leguminosen für die Stickstoffzufuhr im ökologischen Landbau wurden umfangreiche Arbeiten zur Verbesserung der Berechnung der symbiotischen N-Bindung getätigt, so dass erstmals Schätzverfahren mit experimentell überprüfter Methodengenauigkeit angeboten werden können.

Nach einer Testphase unter praktischen Bedingungen werden die Bilanzierungsverfahren als PC-Programm „ÖKO-BEFU“ allgemein zur Verfügung stehen. Die Arbeiten werden vom Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft gefördert.

Zusammenfassung

Der Anbau von Leguminosen sowie die organische Düngung sind wichtige Bestandteile von Fruchtfolgen. Ergebnisse der Nährstoffbilanzierung können zur Beurteilung der Fruchtfolgewirkung herangezogen werden, wenn die Kalkulationsmethoden an die spezifischen Bedingungen des ökologischen Landbaus adaptiert sind. Daher wurden Kalkulationsverfahren sowohl für einfache Zufuhr-Abfuhr-Kalkulationen (Nährstoffvergleiche) zur Erfüllung gesetzlicher Erfordernisse (Kurzfassung) als auch für die speziellen Erfordernisse der gehobenen Betriebsberatung (Langfassung) entwickelt. In diesem Beitrag werden erste Ergebnisse und Erfahrungen einer Fruchtfolgebilanzierung nach der Kurz- und Langfassung vergleichend gegenübergestellt.

Abstract

Legume cultivation and organic manure application are of high importance for the nitrogen supply of crop rotations. In this case results from nutrient balancing are a useful tool, when the calculation methods are adapted to the specific requirements of organic farming. Therefore, balance models were constructed and modified (1) for elementary input-output calculations and legal requirements (e.g. regulations), (2) for more detailed requirements of farmers, advisory services, and environmental protection. Exemplary model applications were presented for a crop rotation based N balance calculation.

Literatur

- Albert E, et al. (1997) Stickstoffbindung durch Leguminosen sowie Möglichkeiten zu ihrer Abschätzung. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung, Leipzig, Infodienst Sächsische Agrarverwaltung 05:67-71
- DLG-Futterwerttabellen (1997) DLG-Futterwerttabellen – Wiederkäuer. Frankfurt a M: DLG-Verlags-GmbH
- Förster F, et al. (2003) BEFU 2004. Broschüre, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung, Leipzig
- Gauger Th, et al. (2002) Mapping of ecosystem specific long-term trends in deposition loads and concentrations of air pollutants in Germany and their comparison with critical loads and critical levels, part 1:deposition loads 1990-1999. Final report 299 42 210, UBA Berlin
- Kolbe H, et al. (2002) Körnerleguminosen im Ökologischen Landbau. Broschüre, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung, Leipzig
- Kolbe H, et al. (2003) Stickstoffgehalte pflanzlicher Produkte aus dem ökologischen Landbau. SÖL-Beraterrundbrief, Stiftung Ökologie und Landbau, Bad Dürkheim, 02:25-27
- Kurzer H-J (2002) Nitratbericht 2000 unter Berücksichtigung der Untersuchungen ab 1990. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 7, H 1
- Stein-Bachinger K, et al. (2004) Nährstoffmanagement im Ökologischen Landbau. KTBL-Schrift 423, Münster: Landwirtschaftsverlag