

Verfahren zur Berechnung der N-Bindung von Leguminosen im Ökolandbau

Dr. Hartmut Kolbe

Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Pflanzliche Erzeugung Leipzig, Gustav-Kühn-Straße 8, 04159 Leipzig, E-Mail: hartmut.kolbe@smul.sachsen.de

Einleitung

Eine große Rolle bei der N-Bilanzierung spielt die genaue Erfassung der **Luftstickstoffbindung über den Leguminosenanbau**, da dieser die wichtigste Stickstoffquelle im ökologischen Landbau darstellt. Deswegen wurden verbesserte Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der legumen N-Bindung ausgearbeitet. Je nach N-Bilanzierungsansatz bestehen für diese N-Bindungsgleichungen unterschiedlich hohe Anforderungen in der erforderlichen Datengrundlage.

Einfache Verfahren zur manuellen Berechnung

✿ Futterbau

Als Berechnungsgrundlagen zur Kalkulation der legumen N-Bindung sind neben der Frucht- und Nutzungsart auch Angaben zum **Brutto-** und **Nettoertrag** notwendig. Bei allen genaueren N-Bindungsberechnungen wird als Grundlage der Bruttoertrag genommen, der sich aus der Anrechnung mittlerer Ernteverluste ergibt. Bei Gemengen muss der **Leguminosenanteil** mit eingeschätzt werden. Dies erfolgt durch die Auswahl der Fruchtart mit Angabe des Leguminosen-Ertragsanteils in Stufen. Werden Pflanzenbestände gemulcht, so vermindert sich die N-Bindungsleistung der Leguminosen durch den Nährstoffverbleib auf der Fläche. Dies wird ebenso in den N-Bindungsgleichungen berücksichtigt (Tab. 1).

Eine manuelle Kalkulation der legumen N-Bindung und des N-Saldos eines Leguminosenbestandes kann dem folgenden Beispiel entnommen werden:

Benötigte Angaben: Fruchtart, bei Gemenge mit Einschätzung des Leguminosenanteils, Ertrag (möglichst Bruttoertrag), N-Gehalt

Beispiel für die manuelle Anwendung:

Fruchtart: Rotklee gras 50:50 (Leguminosen- : Grasanteil)

Ertrag (brutto): 400 dt FM/ha, N-Gehalt: Rotklee gras: 0,47 kg N/dt FM,

Ertrag x N-Gehalt = N-Entzug (kg N/ha): $400 \times 0,47 = 188 \text{ kg N/ha}$,

N-Bindung: $1,19 \times 188 - 50 = 174 \text{ kg N/ha}$

N-Saldo: $0,39 \times 188 - 110 = -37 \text{ kg N/ha}$

Ergebnis: Der Rotklee gras-Bestand bei einer mittleren Ertragshöhe erzielt eine N-Bindung von 174 kg N/ha. Es ergibt sich ein negativer N-Saldo von -37 kg N/ha.

Beachte: Die N-Saldberechnung sollte über die zweite Gleichung erfolgen, da bei dieser mathematischen Berechnung eine Korrektur des N-Entzugs notwendig ist.

Tabelle 1: N-Bindungsmenge und -Saldo (kg N/ha) im Futterleguminosenanbau je nach Nutzung (Berechnungsbeispiel bei mittlerer Ertragshöhe ohne Berücksichtigung von Ernteverlusten)

Nutzung	Fruchtarten	FM-Ertrag (dt/ha)	N-Gehalt (kg N/dt FM)	N-Entzug N-Aufwuchs (kg/ha)	N-Bindungsberechnung		N-Saldberechnung		
					Gleichung	N-Bindg. (kg N/ha)	Gleichung	N-Saldo (kg N/ha)	
SCHNITT	Gemenge	Kleegras 30:70	400	0,43	172	$1,19 \times \text{N-Entzug} - 50$	155	$0,39 \times \text{N-Entzug} - 110$	-43
		Kleegras 50:50	400	0,47	188	$1,19 \times \text{N-Entzug} - 50$	174	$0,39 \times \text{N-Entzug} - 110$	-37
		Kleegras 70:30	400	0,50	200	$1,19 \times \text{N-Entzug} - 50$	188	$0,39 \times \text{N-Entzug} - 110$	-32
		Luzernegras 30:70	400	0,45	180	$1,35 \times \text{N-Entzug} - 110$	133	$0,55 \times \text{N-Entzug} - 150$	-51
		Luzernegras 50:50	400	0,50	200	$1,35 \times \text{N-Entzug} - 110$	160	$0,55 \times \text{N-Entzug} - 150$	-40
		Luzernegras 70:30	400	0,55	220	$1,35 \times \text{N-Entzug} - 110$	187	$0,55 \times \text{N-Entzug} - 150$	-29
		Weißklee 50:50	400	0,47	188	$1,4 \times \text{N-Entzug} - 10$	253	$0,6 \times \text{N-Entzug} - 60$	53
		Klee-, Luzernegemenge	400	0,57	228	$1,24 \times \text{N-Entzug} - 60$	223	$0,44 \times \text{N-Entzug} - 130$	-30
	Reinsaat	Kleearten (außer Weißklee) ¹⁾	400	0,55	220	$1,24 \times \text{N-Entzug} - 60$	213	$0,44 \times \text{N-Entzug} - 130$	-33
		Weißklee	400	0,55	220	$1,45 \times \text{N-Entzug} - 10$	309	$0,65 \times \text{N-Entzug} - 60$	83
		Luzerne, Serradella u. Esparsette	400	0,62	248	$1,4 \times \text{N-Entzug} - 120$	227	$0,65 \times \text{N-Entzug} - 130$	31
	Ganzpfl.-Silage	Legum.-(grob-körnig) / Getr.-Gemenge 30:70	220	0,46	101	$0,4 \times \text{N-Entzug} + 65$	105	$\text{N-Bindg.} - \text{N-Entzug}^2$	4
		Legum.-(grob-körnig) / Getr.-Gemenge 50:50	220	0,52	114	$0,4 \times \text{N-Entzug} + 65$	111	$\text{N-Bindg.} - \text{N-Entzug}^2$	-3
		Legum.-(grob-körnig) / Getr.-Gemenge 70:30	220	0,59	130	$0,4 \times \text{N-Entzug} + 65$	117	$\text{N-Bindg.} - \text{N-Entzug}^2$	-13
		Legum.-Gemenge (grobkörnig)	220	0,65	143	$0,4 \times \text{N-Entzug} + 65$	122	$\text{N-Bindg.} - \text{N-Entzug}^2$	-21
	MULCHEN	Gemenge	Kleegras 30:70	400	0,43	172	$(1,19 \times \text{N-Entzug} - 50) \times 0,95$	147	
Kleegras 50:50			400	0,47	188	$(1,19 \times \text{N-Entzug} - 50) \times 0,95$	165		
Kleegras 70:30			400	0,50	200	$(1,19 \times \text{N-Entzug} - 50) \times 0,95$	179		
Luzernegras 30:70			400	0,45	180	$(1,35 \times \text{N-Entzug} - 110) \times 0,95$	126		
Luzernegras 50:50			400	0,50	200	$(1,35 \times \text{N-Entzug} - 110) \times 0,95$	152		
Luzernegras 70:30			400	0,55	220	$(1,35 \times \text{N-Entzug} - 110) \times 0,95$	178		
Weißklee 50:50			400	0,47	188	$(1,4 \times \text{N-Entzug} - 10) \times 0,95$	241		
Klee-, Luzernegemenge			400	0,57	228	$(1,24 \times \text{N-Entzug} - 60) \times 0,95$	212		
Reinsaat		Kleearten (außer Weißklee) ¹⁾	400	0,55	220	$(1,24 \times \text{N-Entzug} - 60) \times 0,95$	202		
		Weißklee	400	0,55	220	$(1,45 \times \text{N-Entzug} - 10) \times 0,95$	294		
	Luzerne, Serradella u. Esparsette	400	0,62	248	$(1,4 \times \text{N-Entzug} - 120) \times 0,95$	216			

FM = Frischmasse; N-Entzug = FM-Ertrag x N-Gehalt; N-Aufwuchs = N im Aufwuchs des Mulchbestandes; ¹⁾ alle weiteren Kleearten, die in der Tabelle nicht aufgeführt sind;
²⁾ N-Entzug (netto)

☛ Körnerleguminosen

Bei den **Körnerleguminosen** können die N-Bindung und der N-Saldo über einfache Gleichungen berechnet werden. Bei der Erbse und Ackerbohne ist neben dem N-Entzug eine Angabe zur N_{\min} -Versorgung (Frühjahrswert) notwendig (Tab. 2).

Tabelle 2: N-Bindungsmenge und -Saldo im Körnerleguminosenanbau und bei der Grünspiseerbse (mittlere Erträge, N_{\min} bei sL: 45 kg N/ha; Beispiele ohne/mit Berücksichtigung von Ernteverlusten)

Fruchtarten	N-Gehalt	Ertrag	N-Entzug	N-Gleichung	N-Saldo	N-Saldo + N-Entzug ¹⁾	N-Bindg. - N-Entzug ¹⁾
	(kg N/ha)	(dt FM/ha)	(kg N/ha)			= N-Bindung	= N-Saldo
Erbse	3,50	30	105	$(0,4 - 0,005 \times N_{\min}) \times$ (N-Entzug)	18	123	18
Ackerbohne	4,20	30	126	$(0,5 - 0,0025 \times N_{\min}) \times$ (N-Entzug)	49	175	49
Lupine blau	4,80	25	120	$1,25 \times$ N-Entzug	--	150	30
Lupine gelb	6,10	25	152	$1,25 \times$ N-Entzug	--	190	38
Lupine weiß	5,20	25	130	$1,25 \times$ N-Entzug	--	163	33
Grünspiseerbse	1,00	50	50	$150 - (2,4 \times$ N-Entzug)	30	80	30

Beispiel ohne Berücksichtigung von Ernteverlusten (siehe Tab. 2):

Benötigte Angaben: Ackerbohne: Kornertrag 30 dt/ha, N-Gehalt, N_{\min} -Wert im Frühjahr

N-Entzug: Ertrag \times N-Gehalt: $30 \times 4,20 = 126$ kg N/ha

N-Saldo: $(0,5 - 0,0025 \times 45) \times 126 = 49$ kg N/ha

N-Bindung = N-Saldo + N-Entzug: $49 + 126 = 175$ kg N/ha

Beispiel mit Berücksichtigung von Ernteverlusten:

Benötigte Angaben: Ackerbohne: Kornertrag 30 dt/ha, N-Gehalt, N_{\min} -Wert im Frühjahr, 10 % Ernteverluste

Bruttoertrag: Ertrag + 10 % Ernteverluste = 33 dt/ha

N-Entzug: Bruttoertrag \times N-Gehalt: $33 \times 4,20 = 139$ kg N/ha

N-Saldo: $(0,5 - 0,0025 \times 45) \times 139 = 54$ kg N/ha

N-Bindung = N-Saldo + N-Entzug (netto): $54 + 126 = 180$ kg N/ha

¹⁾ N-Entzug (netto)

☛ Zwischenfrüchte und Grünland

Beim Anbau von **legumen Zwischenfrüchten** wird die N-Bindung mittels des Ernteertrages und einem N-Faktor berechnet. Beim **Grünland** ist zusätzlich die Angabe des Weißkleeertragsanteils erforderlich:

Zwischenfrüchte: N-Bindung (kg N/ha) = Bruttoertrag \times N-Gehalt \times 0,7

Grünland: N-Bindung (kg N/ha) = Bruttoertrag \times Leguminosenanteil (%) \times 0,80

Beispiel: Grünland, 400 dt FM/ha Nettoertrag; Nutzung: Angabe der Nutzungsvariante mit dem größten Ertragsanteil im Gesamtaufwuchs: Silage; Weißkleeertragsanteil im Durchschnitt des Bestandes: 20 %

Bruttoertrag: 400 dt FM/ha + 15 % Ernteverlust Silage = 460 dt FM/ha
N-Bindung: $460 \times 0,20 \times 0,80 = 74 \text{ kg N/ha}$.

Auf der Nährstoffabfuhrseite muss besonders auf eine richtige Angabe der Nettoerträge bei den Marktfrüchten sowie den sonstigen Ernteprodukten (Futterpflanzen) geachtet werden. Mit der Bilanzierung der genannten Nährstoffzu- und -abfuhr wird der **Nährstoffsaldo** (kg N/ha) auf dem Schlag ermittelt.

Berechnungsverfahren bei Nutzung des Personalcomputers

Neben den geschilderten einfachen Berechnungsmöglichkeiten können bei Nutzung des **Programms BEFU** weitere wichtige Einflussgrößen berücksichtigt werden. Unter der Voraussetzung **zusätzlicher Datenangaben** sind je nach Leguminosenart folgende Differenzierungen in den N-Bindungsrechnungen möglich:

☼ **Ertrag, N-Gehalt, Erntezeitpunkt und Nutzungsform je Aufwuchs**

- Angabe des Vegetationsstadiums zum Erntezeitpunkt
- nach Ertrag gewichtete Berechnung der N-Entzüge
- Erfassung der Bruttoerträge im Futterbau auf Grund der teils hohen Ernteverluste.

☼ **Gemengeanbau**

- Angabe der einzelnen Gemengepartner (bis zu 3 Fruchtarten)
- Angabe der Leguminosenertragsanteile im Gemenge
- Änderung der Leguminosenertragsanteile je Aufwuchs.

☼ **Mehrjähriger Anbau**

- ab dem dritten Anbaujahr 20 %ige Verminderung der N-Bindung bei Leguminosen- und -gemengeanbau.

☼ **Nutzungsweise**

- Mulchen verringert das N-Bindungsvermögen innerhalb einer Vegetationsperiode.

☼ **Wetterbedingung**

- ausgeprägte Trockenheit über eine gesamte Aufwuchsperiode, durch die bereits Welkeerscheinungen auftreten, vermindert die N-Bindung um 20 %.

☼ **N_{min}-Wert**

- der N_{min}-Frühjahrswert ist bei Körnerleguminosen ein wichtiger Parameter in der N-Bindungsberechnung
- Vorgabe entsprechender N_{min}-Richtwerte von ökologisch wirtschaftenden Flächen differenziert nach Bodenart und Fruchtfolgestellung.

Insgesamt können in diesen erweiterten Fassungen die Praxisbedingungen detaillierter abgebildet werden. Dadurch kann sich die **Genauigkeit** der legumen N-Bindungsberechnung erheblich verbessern. Für die Nutzung ist ein üblicher Personalcomputer (PC) erforderlich. Über das Internet kann das Kalkulationsprogramm BEFU heruntergeladen und auf dem eigenen PC installiert werden:

<http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfi/befu/>.

Im Bereich der Berechnungsgrundlage „Ökologischer Landbau“ kann die legume N-Bindung in der aufgezeigten Variationsbreite in Form der Schlagbilanz sowie als Flächen- und Hoftorbilanz berechnet werden. Wichtige Hilfestellungen zum PC-Programm sowie zur Schätzung von Ernteerträgen, Leguminosenanteilen, Ernteverlusten, N_{min}-Werten ... können einer Broschüre entnommen werden:

http://www.smul.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/5_6139.htm.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Nutzung des Programms LeNiBaEco über: <http://www.isip.de>
Für eine Reihe an Futter- und Körnerleguminosen kann die legume N-Bindung online gerechnet werden.