

Kalkulation der N₂-Fixierleistung und der N-Flächenbilanz beim Anbau von Leguminosen im ökologischen Landbau

Calculation of the symbiotic N₂ fixation and N balance of organically grown legumes

B. Jost¹, K. Schmidtke² und R. Rauber³

Keywords: nitrogen fixation, soil fertility, plant nutrition, crop farming, development of organic agriculture

Schlagwörter: N₂-Fixierleistung, Bodenfruchtbarkeit, Pflanzenernährung, Pflanzenbau, Entwicklung Ökolandbau

Abstract:

During last years procedures were developed to calculate the N₂ fixation and the N balance of grain and forage legumes under organic farming conditions. These procedures are distinctly improved by including the mineral soil nitrogen the legumes can use during the growing season. A system monitoring the plant available soil N was established in 2005 and 2006, which was distributed across Germany. Available soil N was assessed by means of non leguminous reference plants. Results from 2005 are recorded. It is the objective to make the calculation of the N balance of legumes interactively available in the near future via the internet portal ISIP (Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion). The target group are agricultural consulting services and organic farmers.

Einleitung und Zielsetzung:

Über die Bilanzierung der N-Flüsse können N-Überschüsse im Ackerbau erkannt und Maßnahmen zur Minderung des Bilanzüberschusses und Vermeidung umweltbelastender N-Emissionen eingeleitet werden. Um die Höhe des symbiotisch fixierten Stickstoffs beim Anbau von Leguminosen und die N-Flächenbilanz exakter ableiten zu können, wurden bestehende Kalkulationsverfahren (SCHMIDTKE 1997, SCHMIDTKE 2001, JOST 2003, JUNG 2003) weiter entwickelt und neuere Arbeiten zur N-Akkumulation von Leguminosen in Spross und Wurzel sowie die N-Rhizodeposition berücksichtigt. Zugleich werden die in der landwirtschaftlichen Praxis zu beobachtenden Ernteverluste sowie der Grad der Verunkrautung der Bestände in das Kalkulationsverfahren aufgenommen. Da die Höhe der N₂-Fixierleistung und der N-Flächenbilanz beim Anbau einer Leguminose in starkem Maße vom Angebot an bodenbürtigem Stickstoff abhängt, muss zur Erzielung eines genauen Schätzergebnisses das standort- und jahresspezifische Boden-N-Angebot zusätzlich Eingang finden. Hierzu wurde ein bundesweites Monitoringsystem zur Erfassung des bodenbürtigen N-Angebotes beim Anbau von Leguminosen im ökologischen Landbau aufgebaut. Ziel ist es, in naher Zukunft die Kalkulationen zur N-Flächenbilanz über das Internetportal ISIP für die Beratung und Praxis interaktiv verfügbar zu machen.

Methoden:

In den Jahren 2005 und 2006 wurden auf jeweils 22 über Deutschland verteilte ökologisch bewirtschaftete Körner- und Futterleguminosenschläge nichtlegumene Referenz-

¹Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen, Deutschland, bjost@uni-goettingen.de

²Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden, Deutschland, schmidtk@pillnitz.htw-dresden.de

³wie 1, rrauber@uni-goettingen.de

pflanzen parallel zu den Leguminosen etabliert. Dadurch sollte das am Standort gebene Angebot an pflanzenverfügbarem Stickstoff im Boden in der Vegetationsperiode erfasst werden. Die Referenzflächen sollten für unterschiedliche Standortbedingungen repräsentativ sein und in der Fruchtfolge praxisübliche Stellungen der Futter- und Körnerleguminosen abbilden.

Es wurden bei Futterleguminosen die Anbausysteme einjährige Nutzung (z.B. Persischer Klee in Reinsaat oder im Gemenge, Referenzpflanze Welsches Weidelgras) und überjährige Nutzung (z.B. Rotklee oder Luzerne in Reinsaat oder im Gemenge, Referenzpflanze Wiesenschwingel) unterschieden. Je Schlag wurden zwei Kleinpflanzen mit Referenzpflanzen von je 15 m² angelegt. Zu den Schnittterminen der Futterlegumino-

Tab. 1: Referenzflächen mit unterschiedlichen Ackerzahlen (AZ) zu Futterleguminosen - N-Erträge in Schnittgut und Stoppeln von I. Welschem Weidelgras (Referenz zu einjährigem Klee gras) und II. Wiesenschwingel (Referenz zu überjährigem Klee- bzw. Luzerne gras) im Jahr 2005.

Standorte	AZ		Schnittgut [kg N ha ⁻¹]	Stoppel [kg N ha ⁻¹]	Σ Spross [kg N ha ⁻¹]
Kiel	43	I	76,0	33,1	109,1
Jahnsfelde	46	I	50,7	11,0	61,7
Dürrröhrsdorf	58	I	75,6	7,9	83,5
Podemus	60	I	87,9	15,0	102,9
Reinshof ¹⁾	85	I	128,6	23,7	152,3
Adorf	22	II	54,7	12,7	67,4
Verl	27	II	105,9	31,6	137,5
Kiel	43	II	30,7	35,9	66,6
Jahnsfelde	46	II	101,6	20,2	121,8
Isernhagen	48	II	44,5	24,2	68,7
Heynitz	58	II	59,3	20,5	79,8
Rheinbach ²⁾	67	II	60,2	16,8	77,0
Kleve	70	II	98,3	17,9	116,2
Villmar	74	II	67,3	16,6	83,9
Reinshof ¹⁾	85	II	71,0	26,7	97,7

¹⁾ bei Göttingen, ²⁾ ohne den dritten Schnitt.

sen wurde aus diesen Kleinteilflächen das Schnittgut (zum Vegetationsende auch die Stoppelmasse) auf je 2 m² beerntet. Die Erntetermine waren an die ortstypische und witterungsabhängige Nutzung (2 bis 5 Schnitte) gebunden. Als Referenzpflanze auf den Standorten mit Körnerleguminosenanbau wurde Hafer ausgesät. Für eine Mitwirkung konnten Einrichtungen der Bundesländer gewonnen werden, die im ökologischen Landbau Sortenversuche mit Körnerleguminosen durchführen. Zum Nutzungszeitpunkt der entsprechenden Körnerleguminose wurden jeweils 1,5 bis 2 m² Hafer-sprossmasse von Hand aus zwei getrennten Kleinteilflächen geerntet und der N-Gehalt in der Biomasse mittels Dumas-Verfahren bestimmt. Nachfolgend werden Ergebnisse aus dem Jahr 2005 präsentiert.

Ergebnisse und Diskussion:

In der Vegetationsperiode 2005 akkumulierten die Referenzpflanzen zwischen 61,7 und 152,3 kg N ha⁻¹ (Welsches Weidelgras, Referenzpflanze zu einjährigem Klee gras) und 66,6 bis 137,5 kg N ha⁻¹ (Wiesenschwingel, Referenzpflanze zu überjährigem Klee gras, Tab. 1). Da die Höhe des über die Referenzfrucht erfassten bodenbürtigen N-Angebotes nicht mit der Ackerzahl anstieg, dürfte das Angebot wesentlich durch die Unterschiede in der Bewirtschaftungsintensität und die Witterung bedingt sein.

Bei der Referenzfrucht Hafer war ebenfalls eine große Spannweite an bodenbürtigem N-Angebot zwischen den Standorten festzustellen (Tab. 2). So lagen z.B. zum Erntezeitpunkt der Körnererbse zwischen 51,0 und 105,7 kg N ha⁻¹ im Spross des Hafers vor. Auch an den Standorten mit Körnerleguminosen bestand zwischen Ackerzahl und bodenbürtigem N-Angebot kein Zusammenhang. Die Erhebungen zum bodenbürtigen N-Angebot im ökologischen Landbau zeigen, dass beim Anbau von Futter- und Körner

leguminosen große, bewirtschaftungsbedingte Unterschiede im Angebot an bodenbürtigem N bestehen, die im Kalkulationsverfahren durch Berücksichtigung von Kenngrößen wie Vorfrucht und Düngung zur Vorfrucht einfließen müssen. Anhand bereits vorliegender Daten aus Feldversuchen kann gezeigt werden, dass die im Spross des Hafers enthaltene N-Menge deutlich mit der bodenbürtigen N-Aufnahme einer zeitgleich am Standort gewachsenen Erbse korreliert (Abb. 1). Diese Funktion wird zur Kalkulation der symbiotischen N₂-Fixierleistung und der N-Flächenbilanz der Erbse genutzt.

Über die Angabe des erzielten Kornertrages kann auf die gesamt-pflanzliche N-Akkumulation der Leguminose (Abb. 2) geschlossen werden, wobei die zwischen Blüte und Kornfüllungsphase vorherrschende Witterung zu berücksichtigen ist. So zeigte sich, dass bei feuchter Witterung zur Blüte und Kornfüll-

Tab. 2: Referenzflächen mit unterschiedlichen Ackerzahlen (AZ) zu Körnerleguminosen – Trockenmasse- und N-Erträge des Hafers zum Erntezeitpunkt von I. Grünspeiseerbse, II. Körnererbse, III. Ackerbohne, IV. Blaue Lupine.

Standorte	AZ		Spross-TM [dt ha ⁻¹]	Spross-N [kg ha ⁻¹]
Buchholz	32	I	65,7	65,1
Bad Kreuznach	35	I	106,2	103,4
Gülzow	38	I	68,2	80,0
Deppolds- hausen ¹⁾	46	I	88,4	75,4
Kiel	60	I	68,8	49,1
Roda	66	I	117,2	103,6
Reinshof ¹⁾	89	I	88,0	80,5
Güterfelde	31	II	50,3	51,0
Buchholz	32	II	64,3	63,4
Bad Kreuznach	35	II	101,8	87,5
Gülzow	38	II	85,4	105,7
Deppolds- hausen ¹⁾	46	II	82,2	89,7
Kiel	60	II	74,1	53,8
Alsfeld	61	II	86,3	89,0
Roda	66	II	102,0	86,1
Köln	68	II	42,0	51,5
Reinshof ¹⁾	89	II	86,7	92,8
Buchholz	32	III	37,9	59,0
Osnabrück	36	III	45,3	42,2
Roda	66	III	133,0	112,6
Güterfelde	31	IV	53,6	57,5
Bad Kreuznach	35	IV	108,6	77,9
Gülzow	38	IV	71,6	73,0

¹⁾ Standorte bei Göttingen.

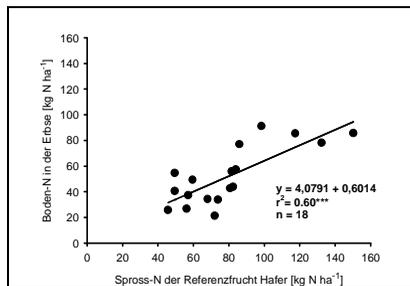


Abb. 1: Regression der mittels stabiler N-Isotope geschätzten gesamt-pflanzlichen N-Aufnahme aus dem Boden der Erbse auf die N-Menge im Spross eines zeitgleich am Standort gewachsenen Hafers (Daten aus Feldversuchen von SCHMIDTKE, 1997, SCHMIDTKE 2001, JOST 2003 UND WICHMANN 2004).

lungsphase ein geringerer N-Erteindex als bei trockener Witterung zu verzeichnen ist (Schmidtke 2001). Das bodenbürtige N-Angebot, das den Erbsen im Jahr 2005 standortbezogen zur Verfügung stand, wird im Rahmen des Kalkulationsverfahrens über die Abfrage der Ackerzahl des betreffenden Schlages, der Verunkrautung des Bestandes sowie der vorfrucht-/düngbedingten N-Nachlieferung des Bodens geschätzt. Hierbei fließt ein Jahresbasiswert ein, entsprechend der geringsten N-Aufnahme des Hafers. Dieser Wert lag im Jahr 2005 bei 51 kg N ha⁻¹ (Güterfelde, Tab. 2). Bei guten Standortbedingungen (Ackerzahl 75 bis 100) und sehr hohem vorfrucht-/düngbedingten N-Angebot im Boden würde nach dem Kalkulationsverfahren der Erbse eine bodenbürtige N-Menge in Höhe von maximal 106 kg N ha⁻¹ zur Verfügung stehen (Gülzow, Tab. 2).

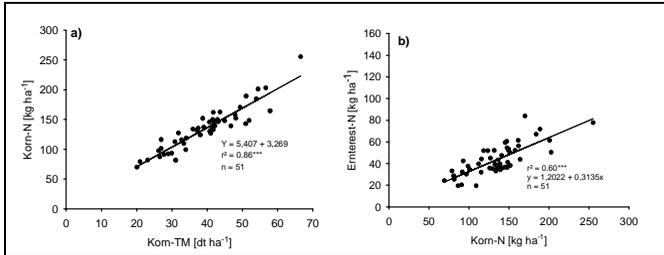


Abb. 2: Regression (a) der Korn-N-Menge auf den Korn-TM-Ertrag bei Körnererbsen und (b) der Korn-N-Menge in den Ernterückständen während der Vegetationsperiode zwischen Blüte und Ende Kornfüllungsphase, trocken-warme Bedingungen.

Schlussfolgerungen:

Durch die Berücksichtigung der gesamt-pflanzlichen N-Mengen (Spross, Wurzel, Rhizodeposition) und insbesondere das den Leguminosen verfügbare Boden-N-Angebot stehen Kalkulationsmodelle zur Verfügung, die eine deutlich bessere Ableitung der N_2 -Fixierleistung und der N-Flächenbilanz ermöglichen. Für eine Vielzahl unterschiedlicher Standorte konnten die den Leguminosen während der Vegetationsperiode 2005 und 2006 zur Verfügung stehenden Boden-N-Mengen ermittelt werden. Dabei konnte gezeigt werden, dass die Bewirtschaftung und die Witterung stark auf das Boden-N-Angebot Einfluss nehmen. Mit dem Verfahren wird im Internetportal ISIP ein Instrument zur anwenderfreundlichen Kalkulation der N-Flüsse verfügbar.

Danksagung:

Wir bedanken uns bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Kooperationsstellen sowie bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück.

Literatur:

ISIP: Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion: www.isip.de.

Jost B. (2003): Untersuchungen und Kalkulationstabellen zur Schätzung der N_2 -Fixierleistung und der N-Flächenbilanz beim Anbau von *Lupinus albus* und *Lupinus luteus* in Reinsaat und von *Vicia faba* und *Pisum sativum* in Reinsaat und im Gemenge mit *Avena sativa*. Dissertation, Universität Göttingen.

Jung R. (2003): Stickstoff-Fixierleistung von Luzerne (*Medicago sativa* L.), Rotklee (*Trifolium pratense* L.) und Persischem Klee (*Trifolium resupinatum* L.) in Reinsaat und Gemenge mit Poaceen - Experimentelle Grundlagen und Kalkulationsverfahren zur Ermittlung der Stickstoff-Flächenbilanz. Dissertation, Universität Göttingen.

Schmidtke K. (1997): Stickstoff-Fixierleistung und N-Flächenbilanz beim Anbau von Erbsen (*Pisum sativum* L.) unterschiedlichen Wuchstyps in Reinsaat und Gemengesaat mit Hafer (*Avena sativa* L.). Mitt Ges Pflanzenbauwiss 10: 63-64.

Schmidtke K. (2001): Umweltgerechter Anbau von Leguminosen – Entwicklung und Anwendung eines Verfahrens zur Quantifizierung der N-Flächenbilanz (Az. 07312). Abschlussbericht des Forschungsvorhabens, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück (Dezember 2001), S. 1-234.

Wichmann S. (2004): Ertragsleistung, Futterqualitätsentwicklung, N_2 -Fixierungsleistung und Vorfruchtwirkung von verschiedenen Körnerleguminosenarten in Reinsaat und im Gemenge mit Getreide. Dissertation, Universität Kiel.