

## Der Einfluss der Rotationsdauer auf den N-Saldo im Ökolandbau

Chmelíková L<sup>1</sup>, Wolfrum S<sup>12</sup> & Hülsbergen K-J<sup>1</sup>

*Keywords: Fruchtfolge, Stickstoff, N-Input, N-Saldo*

### Abstract

*Optimising nitrogen (N) management improves yields and soil fertility and reduces negative environmental impacts. Data of 31 studies on nitrogen use efficiency in organic farming were analysed at crop rotation level. The aim was to evaluate the influence of the different management factors on N-balance. Five out of 14 potentially influencing factors were identified as relevant. Additionally, in addition to the most influential factors N-input and N-output, the duration of the crop rotation had a major influence on the N-balance. In this context, longer rotations lowered the N-balances.*

### Einleitung und Zielsetzung

Stickstoffeffizienz und Stickstoffsaldo sind wichtige Agrarumweltindikatoren und haben große Bedeutung für nachhaltige Produktionssysteme. Global werden die tolerierbaren ökologischen Grenzen des Stickstoffkreislaufs überschritten, da zu viel reaktiver Stickstoff in die Umwelt gelangt (Rockström et al. 2009). Schlüsselfaktoren zur Optimierung landwirtschaftlicher Stickstoffkreisläufe sind daher die Erhöhung der Stickstoffeffizienz bzw. die Minderung der Stickstoffüberschüsse und Stickstoffemissionen (Tilman et al. 2002). Betriebsstruktur, Fruchtfolge, Tierbesatz, Bewirtschaftungsmaßnahmen und auch das Standortertragspotenzial können die Stickstoffeffizienz beeinflussen (Chmelíková et al. 2021). Für die Optimierung der Stickstoffkreisläufe ist es notwendig, die Wirkung der einzelnen Bewirtschaftungsmaßnahmen und der Eigenschaften der landwirtschaftlichen Betriebe auf die Stickstoffeffizienz zu untersuchen.

### Methoden

Durch eine systematische Literatursuche zur Stickstoff- und Energieeffizienz wurden 3107 Studien identifiziert. Nach Sichtung aller Kurzfassungen wurden 175 Studien ausgewählt und überprüft. Die Auswahl erfolgte an Hand von Kriterien wie Publikationsjahr, Klimazone der Studie, Datenqualität oder untersuchte Fruchtarten bzw. Fruchtfolgen. Abschließend wurden die Ergebnisse aus 91 geeigneten Studien zu Fruchtfolgen in zwei Datenmatrizen zum Thema Stickstoff und Energie erfasst. Von diesen enthielten 31 Studien insgesamt 115 Datensätze zur Stickstoffeffizienz. Die Daten umfassen drei Zielgrößen (N-Output, N-Saldo, N-Effizienz) und 14 unabhängige Variablen (N-Input, Betriebsform, Bodentextur, Bodenbearbeitung, Düngerart, Rotationsdauer, Fruchtartendiversität, Futterleguminosen (ja/nein), Zwischenfrüchte, Getreideanteil in der Fruchtfolge, Hackfruchtanteil in der Fruchtfolge, Maisanteil in der

---

<sup>1</sup> TUM, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Liesel-Beckmann-Str. 2, 85354, Freising, Deutschland, [lucie.chmelikova@mytum.de](mailto:lucie.chmelikova@mytum.de), [www.wzw.tum.de/oekolandbau](http://www.wzw.tum.de/oekolandbau)

<sup>2</sup> LfL, Institut für Agrarökologie und Biologischen Landbau, Lange Point 12, 85354 Freising, Deutschland, [www.LfL.bayern.de](http://www.LfL.bayern.de)

Fruchtfolge, Leguminosenanteil in der Fruchtfolge). Die Analyse erfolgte mittels linearer Modelle und einer beidseitigen Variablenselektion über den AIC Wert der Modelle.

## Ergebnisse und Diskussion

Für die einzelnen Zielgrößen wurden über die Variablenselektion jeweils die besten Modelle bestimmt. In Anlehnung an das Konzept der Metanalyse wurde die Variabilität der Einzelstudien dabei über den festen Faktor ID berücksichtigt. Das beste Modell für den Indikator N-Saldo der Fruchtfolge (FF) ( $\ln(\text{N-Saldo}) \sim \text{ID} + \text{N-Input} + \text{N-Output} + \text{Rotationsdauer} + \text{Bodenbearbeitung} + \text{Zwischenfrüchte} + \text{Leguminosenanteil} + \text{Düngerart}$ ) ergab basierend auf 115 Beobachtungen, dass mit acht erklärenden Variablen 83% der Variabilität im N-Saldo erklärt werden können ( $R^2 = 0,83$ ; adj.  $R^2 = 0,75$ ;  $F(39; 75) = 9,7$ ;  $p < 0,001$ ). Dabei hatten folgende Faktoren einen Einfluss auf den N-Saldo: N-Input, Rotationsdauer, N-Output, Zwischenfrüchte, Bodenbearbeitung und Leguminosenanteil in der Fruchtfolge (Tab. 1). N-Input, Rotationsdauer und N-Output wurden auf Grund der Effektstärken als die drei wichtigsten Einflussgrößen identifiziert. Die Düngerart verblieb auf Grund der Verbesserung in der Modellgüte als Faktor im Modell, verfehlte allerdings knapp die Signifikanzgrenze.

**Tabelle 1: ANOVA Tabelle für den Indikator N-Saldo der Fruchtfolge (FF) und die der Bewirtschaftungspraktiken und Einflussfaktoren.**

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-Wert	P	ges
ID	31	45684,2	1473,7	2,95	< 0,001	0,550
N-Input	1	27296,9	27296,9	54,69	< 0,001	0,422
N-Output	1	15827,3	15827,3	31,71	< 0,001	0,297
Rotationsdauer	1	17625,9	17625,9	35,31	< 0,001	0,320
Bodenbearbeitung	1	3708,3	3708,3	7,43	0,008	0,090
Zwischenfrüchte	1	4150,4	4150,4	8,32	0,005	0,100
Leguminosenanteil	1	3044,1	3044,1	6,10	0,016	0,075
Düngerart	2	3025,1	1512,6	3,03	0,054	0,075
Residuen	75	37437,5	499,2			

ID = Beobachtung, Df = Freiheitsgerade, Sum Sq = Summenquadrate, Mean Sq = mittlere Abweichungsquadrate, Pr (>F) = p-Wert der F-Statistik, ges = Effektstärke

## Schlussfolgerungen

N-Input, Rotationsdauer und N-Output wurden als die wichtigsten Einflüsse beim N-Saldo bestimmt. Neben der Reduktion des N-Input stellt die Erhöhung des N-Entzugs (N-Output) bei gleichbleibendem N-Input, z.B. durch Nutzung von Fruchtfolgeeffekten, eine Möglichkeit zur Minderung der N-Salden dar. Eine erweiterte und damit längere Fruchtfolge ist nach den hier gewonnenen Ergebnissen eine weitere Möglichkeit zur Reduktion des N-Saldos auf Ebene der Fruchtfolge. Allerdings ist eine Differenzierung Betriebssysteme und der Fruchtfolgen notwendig, um die Potenziale des Ökolandbaus richtig einschätzen zu können und die ökologischen Betriebe zu optimieren.

## Literatur

- Chmeliková L, Schmid H, Anke S & Hülsbergen K-J (2021) Nitrogen-use efficiency of organic and conventional arable and dairy farming systems in Germany. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 119: 337-354.
- Rockström J, Steffen W, Noone K, Persson A, et al. (2009) A safe operating space for humanity. *Nature* 461: 472-475.
- Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R & Polasky S (2002) Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671-677.