

# Stickstoffversorgung im ökologischen Landbau

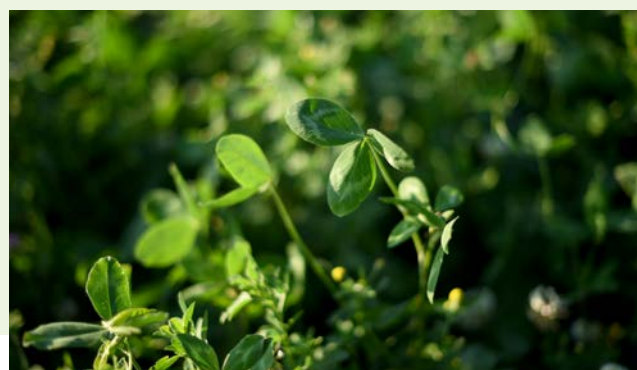
## Grundlagen eines erfolgreichen Nährstoffmanagements

Stickstoff (N) ist einer der bedeutendsten Pflanzennährstoffe. In ackerbaulichen Kulturen ist Stickstoff häufig ein limitierender Faktor für das Pflanzenwachstum und damit für den Ertrag.

Im ökologischen Ackerbau wird die Stickstoffzufuhr vor allem über den Anbau von Leguminosen sichergestellt. Weitere Stickstoffquellen sind organische Wirtschaftsdünger oder zugelassene organische Handelsdünger.

Ein gelungenes Stickstoffmanagement zeichnet sich dadurch aus, Verluste so gering wie möglich zu halten. Hierbei spielt der Zwischenfruchtanbau eine Rolle, aber auch die optimierte Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern.

Die Verbesserung der Stickstoffversorgung ist häufig eine zentrale Motivation, wenn landwirtschaftliche Betriebe ihr Nährstoffmanagement optimieren wollen. Auf folgenden Seiten geht es darum, wie sich die Stickstoffversorgung durch eine gut gewählte Fruchtfolge, durch Zwischenfrüchte und Leguminosen sowie durch Düngung verbessern lässt.



## Der Nährstoff im Boden

Im Boden kommt Stickstoff hauptsächlich in organischen Verbindungen vor und wird durch mikrobielle Prozesse (Mineralisierung) in Form von Nitrat oder Ammonium für Pflanzen verfügbar. Nitrat im Boden ist sehr mobil, sodass die Gefahr besteht, dass es über Auswaschung verloren geht. Wird auf einem Standort der vorhandene mineralisierte Stickstoff ( $N_{min}$ ) nicht von einer Winterung oder Zwischenfrucht aufgenommen, kann dies über das Winterhalbjahr zu hohen Stickstoffverlusten führen. Der natürlich im Boden vorrätige Stickstoff ist zum großen Teil in der organischen Substanz gebunden. Inwiefern dieser mineralisiert wird, hängt neben Standorteinflüssen wie Klima und Boden stark vom Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis des Ackerbodens ab. Hohe C/N-Verhältnisse ( $C/N > 25$ ) führen in der Regel zu einer starken Stickstoffbindung in der organischen Substanz, auch N-Immobilisierung genannt. Deswegen sollten Ackerböden ein C/N-Verhältnis von  $< 25$  aufweisen.

### Einen Überblick über die Nährstoffströme schaffen

Ziel eines guten Stickstoffmanagements ist es, Zu- und Abflüsse des Nährstoffs Stickstoff so zu gestalten, dass die angebauten Kulturen optimal mit Stickstoff versorgt und die Stickstoffverluste so gering wie möglich sind. Dabei können die Nährstoffströme auf verschiedenen Ebenen (z.B. Betriebsebene, Schlagebene) betrachtet werden. Weitere Infos zum Thema Nährstoffbilanzierung bietet das Merkblatt „Die Nährstoffsituation erfassen (Teil 1) – Bilanzierung und Dokumentation von Nährstoffströmen“.

# Leguminosen zur Stickstoffbindung

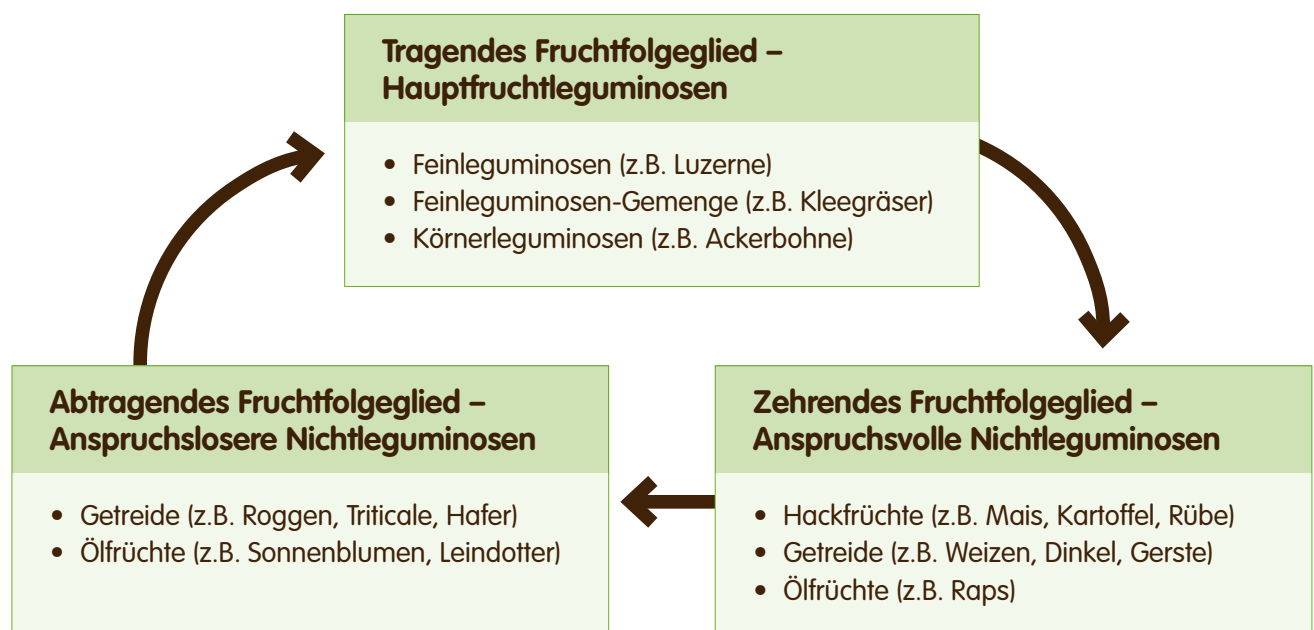
Im ökologischen Ackerbau ist eine durchdachte Fruchtfolge mit einem ausreichend hohen Leguminosenanteil die Basis der N-Versorgung. In dieser Rotation finden Feinleguminosen wie Rotklee, Luzerne und Weißklee als klassische Feldfutterpflanzen ebenso ihren Platz wie Körnerleguminosen - hier meistens Arten wie Ackerbohne, Erbse, Soja, Lupine und Linse. In einer ausgewogenen Fruchtfolge weisen Feinleguminosen einen Anteil von 25 bis 30 Prozent auf. Werden Körnerleguminosen in der Fruchtfolge angebaut, sollten sie zusammen mit den Feinleguminosen mindestens 30 Prozent der Fruchtfolge ausmachen.

Alle Leguminosenarten bilden Symbiosen mit Bodenbakterien – den sogenannten Rhizobien. Diese Bakterien fixieren Luftstickstoff und lagern ihn zur Sicherung des eigenen Stickstoffbedarfs in den Wurzelknöllchen ein. Einige Leguminosen betreiben eine N-Fixierung, die deutlich über den eigenen Bedarf hinaus geht. Von diesem Stickstoffüberschuss – auch N-Saldo genannt – können nachfolgende nicht-legume Kulturen zehren.

## Integration von Leguminosen in die Fruchtfolge

Bei der Fruchtfolgeplanung müssen verschiedene Aspekte beachtet werden:

- Unterschiedliche Leguminosenarten stellen unterschiedlich viel Stickstoff für die Folgekultur bereit. So sind beispielsweise die N-Fixierung und der Vorfruchteffekt bei Feinleguminosen höher als bei Körnerleguminosen. Je nach Bedarf der Folgekultur sollte die Vorkultur gewählt werden.
- Zudem sind die sogenannten „Nebenleistungen“ der Leguminosen zu beachten. So ist der Anbau von Feldfutterleguminosen wie Luzerne oder Klee durch die hohe Wurzel- und Blattleistung sowie durch die Bewirtschaftung (regelmäßiges Mulchen/Mähen) hilfreich für die Regulierung konkurrenzkräftiger Beikräuter. Im Gemenge mit Gras wird dieser Effekt verstärkt. Körnerleguminosen zeigen diesen positiven Effekt nicht.
- Bezüglich der nicht-legumen Kulturen spielt nicht nur deren N-Bedarf eine Rolle, sondern auch beispielsweise auch die Auswirkungen der Kultur auf den Boden. Manche nicht-legume Kulturen hinterlassen eine lockere Bodenstruktur (z.B. Hafer), andere belasten den Boden, z.B. durch Einsatz schwerer Erntemaschinen (z.B. Zuckerrübe).



## Impfung von Leguminosen

Jede Leguminosenart benötigt artspezifische Rhizobienstämme, um Luftstickstoff fixieren und in den Wurzelknöllchen einlagern zu können. Für Kleearten, Ackerbohnen, Erbsen und Wicken sind diese Bakterien im Boden vorhanden. Andere müssen über eine Saatgut-Impfung ausgebracht werden. Diese ist:

- obligatorisch bei Soja und Lupinen,
- empfehlenswert bei Luzerne und
- nicht erforderlich bei Kleearten, Ackerbohnen, Erbsen und Wicken.

Der Markt bietet unterschiedliche Impfpräparate an. Diese sollten gemäß den Anwendungsbestimmungen verwendet werden. Zu beachten ist die häufige UV-Empfindlichkeit. Die Impfung sollte daher unmittelbar

### Fruchtfolge betriebsindividuell gestalten

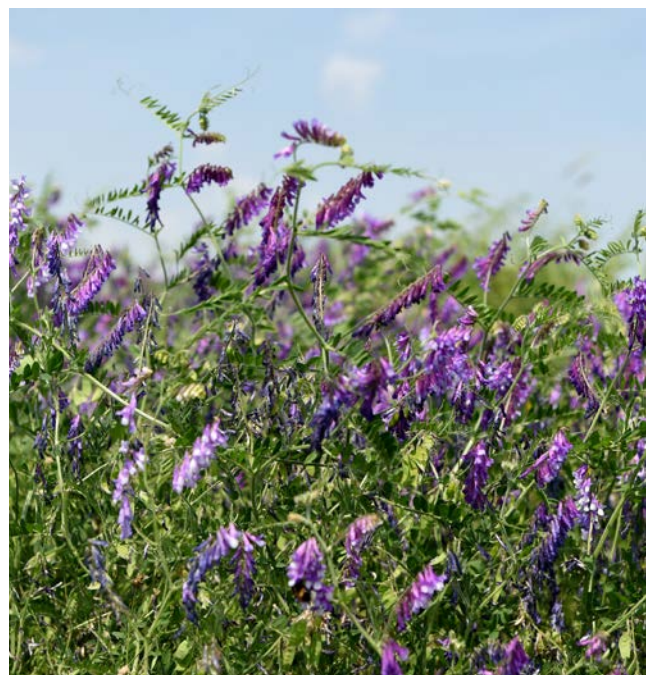
In Bezug auf die Stickstoffversorgung ist ein ausgewogenes Verhältnis von stickstoffmehrenden und stickstoffzehrenden Kulturen anzustreben. Dies gilt sowohl für die Haupt- als auch für Zwischenfrüchte und Untersaaten. Bei der Fruchtfolgeplanung sollte auch der Einsatz von N-Düngern (Wirtschaftsdünger, organischer Handelsdünger) berücksichtigt werden; gerade langsam wirkende N-Dünger haben Einfluss auf mehrere Fruchtfolgeglieder.

vor der Saat im Schatten erfolgen. Die Fließfähigkeit des Saatgutes kann durch das Impfmittel verändert werden.

## Anbau von Feinleguminosen

Feinleguminosen sind ein wichtiger Bestandteil der Öko-Fruchtfolge. In der Praxis sind vor allem Luzerne, Rotklee und Weißklee im Anbau. Doch es gibt weitere stickstoffsammelnde Arten wie Inkarnatklee oder Alexandrinerklee, die gut für den Anbau geeignet sind. Häufig werden Feinleguminosen im Gemenge mit Gras angebaut, wobei die Auswahl und Zusammensetzung der Arten sich nach der Nutzung richten. Typische prozentuale Mischungsverhältnisse von Leguminosen zu Gras sind 30/70, 50/50 und 70/30. Soll der Bestand siliert werden, ist ein ausreichend hoher Grasanteil notwendig (> 50 %), um die Silierbarkeit zu gewährleisten. Bei Grünverfütterung kann der Grasanteil auch niedriger sein und auch reine Leguminosenbestände sind möglich. Die Standdauer ist ein weiterer entscheidender Faktor bei der Artenwahl: Soll die Leguminose bzw. das Gemenge mehrjährig etabliert werden, bietet sich ein hoher Anteil an Luzerne an. Rotklee ist aufgrund seiner nicht allzu langen Nutzungsdauer, aber hohen Ertragsleistung im ersten Nutzungsjahr häufiger in überjährigen Mischungen vorzufinden. Weißklee als Lückenfüller und Narbenschließer eignet sich in allen Nutzungsrichtungen als gute Zusatzkomponente.

Weitere Informationen zu Artenwahl, Aussaat, Bestandsmanagement, Düngung und Bestimmung der Fixierleistung von Feinleguminosen finden Sie auf der **Nutri-Net-Website** sowie auf der Website von **KleeLuzPlus**.





## Anbau von Körnerleguminosen

Im Vergleich zu Feinleguminosen spielen Körnerleguminosen für die Stickstoffversorgung in der Fruchtfolge eine geringere Rolle. Das liegt daran, dass ein großer Teil des fixierten Stickstoffs den Betriebskreislauf in Form von Ernteprodukten wieder verlässt. Körnerleguminosen können die Öko-Fruchtfolge aber dennoch bereichern – mit ihrem hohen Vorfruchtwert und vor allem ihrer wirtschaftlichen Vorzüglichkeit als Marktf Frucht. Körnerleguminosen sind gesuchte Eiweißkomponenten und lassen sich daher in der Regel gut als Druschfrucht vermarkten.

Im Vergleich zu Feinleguminosen ist die Durchwurzelung sowie die beikrautregulierende Wirkung bei Körnerleguminosen schwächer ausgeprägt. Große Schwachstelle der Körnerleguminosen ist ihre Selbstunverträglichkeit, die zu der sogenannten Leguminosenmüdigkeit führen kann. Diese Selbstunverträglichkeit ist bei Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen besonders ausgeprägt. Daher gilt es, ausreichende Anbauabstände einzuplanen – sowohl innerhalb der Art als auch zu allen anderen Leguminosenarten. Weitere Informationen zu Bestandsmanagement und Bestimmung der Fixierleistung von Körnerleguminosen finden Sie auf der [NutriNet-Website](#) sowie auf der Website des [LeguNet](#).



---

## Die Rolle von Zwischenfrüchten

Zwischenfrüchte sind Feldfrüchte, die zwischen zwei Hauptfrüchten angebaut werden, in der Regel als Gründüngung oder Tierfutter. Der Anbau von Zwischenfrüchten hat viele Vorteile: Sie dienen dem Erosionsschutz, haben eine beikrautregulierende Wirkung und führen zu einer allgemeinen Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit. Zudem lässt sich über den Anbau von Zwischenfrüchten die Stickstoffversorgung einer Fläche verbessern. Alle diese positiven Wirkungen können

sie jedoch nur entfalten, wenn sich die Bestände gut entwickeln. Hierzu trägt die Auswahl geeigneter Arten und ein gelungenes Zwischenfruchtmanagement bei. Optimalerweise nehmen Zwischenfrüchte den im Herbst frei werdenden Stickstoff und gegebenenfalls Luftstickstoff auf, konservieren ihn über den Winter und geben ihn im Frühjahr passend zum Bedarf der Folgekultur wieder ab. Doch was passiert da genau und über welche Stellschrauben lassen sich diese Prozesse beeinflussen?

## Stickstoffaufnahme und -konservierung

Nach der Ernte der Hauptfrucht und der Stoppelbearbeitung werden Ernte- und Wurzelrückstände zersetzt. Dabei entstehen pflanzenverfügbare Stickstoffverbindungen, die leicht ausgewaschen werden können. Zwischenfrüchte können diese Stickstoffverbindungen aufnehmen und damit deren Auswaschung verhindern. Wie viel Stickstoff die Zwischenfrüchte aus dem Boden aufnehmen hängt unter anderem von der Zwischenfruchtart ab: Nicht-legume Zwischenfrüchte nehmen in der Regel mehr Stickstoff aus dem Boden auf als legume Zwischenfruchtarten, die einen Teil ihres Stickstoffbedarfs decken, indem sie mithilfe der Knöllchenbakterien Stickstoff aufnehmen.

Ist die N-Konservierung das Ziel des Zwischenfruchtanbaus, sollten nicht-legumen Zwischenfrüchte den Vorrang haben. Die Menge des aufgenommenen Stickstoffs hängt neben der Art der Zwischenfrucht insbesondere von ihrer Standzeit und physiologischen Entwicklung ab.

## Stickstofffixierung

Die Stickstofffixierung durch legume Zwischenfrüchte bietet vor allem für viehlose oder vieharme Betriebe die Möglichkeit, zusätzlich Stickstoff ins System zu bringen. In Bezug auf die  $N_2$ -Fixierung aus der Luft gilt dabei dasselbe wie bei Leguminosen, die als Hauptfrucht angebaut werden: Die Stickstofffixierungsleistung ist umso höher, je niedriger der Nmin-Gehalt im Boden ist. Zur Verbesserung der Stickstofffixierungsleistung sollten legume Zwischenfrüchte also möglichst nach Vorfrüchten angebaut werden, die wenig pflanzenverfügbaren Stickstoff im Boden zurücklassen. Auch eine reduzierte Bodenbearbeitung kann für die N-Fixierungsleistung förderlich sein. Gleichzeitig sollten Landwirte und Landwirtinnen sicherstellen, dass die Nachfrucht die durch die Zwischenfrucht bereitgestellten Stickstoffmengen aufnehmen kann.

## Menge an gebundenem Stickstoff

Die Trockenmassebildung und die N-Aufnahme (aus dem Boden und der Luft) sind im Zwischenfruchtanbau bei Leguminosen in der Regel höher als bei

Nicht-Leguminosen und bei Körnerleguminosen höher als bei Feinleguminosen. Ausnahmen bilden Feinleguminosen, die als Untersaaten angebaut werden, da dadurch die Vegetationsdauer im Vergleich zur Stoppelsaat erhöht wird, was eine erhöhte N-Aufnahme zur Folge hat.

## Stickstofffreisetzung für die Folgekulturen

Wesentliche Einflussfaktoren für die Stickstofffreisetzung sind nicht nur die Art der Zwischenfrucht, sondern vor allem auch der Umbruchs- bzw. Einarbeitungszeitpunkt. Welcher Umbruchzeitpunkt geeignet ist, hängt stark von der Bodenart ab. Zwischenfrüchte auf schweren Böden können bereits (möglichst spät) im Herbst umgebrochen werden, wobei insbesondere bei Leguminosen in Reinsaat die Gefahr von Nitratauswaschungen gegeben ist. Auf leichteren Böden sollten die Zwischenfrüchte dagegen erst im Frühjahr eingearbeitet werden. Dabei ist zu beachten, dass es bei abfrierenden Zwischenfrüchten, die auf dem Feld verbleiben, in milden Wintern zu Stickstoffauswaschungen von 30 bis 80 kg N/ha kommen kann.

### Das C/N-Verhältnis beeinflusst die Zersetzung

Wie schnell die Zwischenfrucht-Pflanzenmasse im Frühjahr zersetzt wird und damit Nährstoffe für die Folgekultur freisetzt, hängt unter anderem vom C/N-Verhältnis ab: Je niedriger das C/N-Verhältnis, desto schneller verrottet das Material. Leguminosen haben ein geringeres C/N-Verhältnis als beispielsweise Kreuzblütler. Besonders hoch ist das C/N-Verhältnis bei Gräsern. Enthält der Boden nach Einarbeitung der Zwischenfrüchte viel organisches Material mit niedrigem C/N-Verhältnis, kann die biologische Aktivität der mikrobiellen Biomasse kurzfristig so stark ansteigen, dass sogar die Humusreserven im Boden angegriffen und abgebaut werden. Dies lässt sich vermeiden, indem man dem Boden Pflanzenmaterial mit einem weiterem C/N-Verhältnis zuführt, z.B. Leguminosen-Gras-Gemenge.

# Grundlagen der N-Düngung

Organische Dünger ermöglichen die gezielte Stickstoffgabe innerhalb der Fruchtfolge oder auch einen überbetrieblichen Nährstofftausch durch beispielsweise Futter-Mist-Kooperationen. Im Ökolandbau sind mineralische N-Düngemittel nicht zugelassen. Basis für die Berechnung der Stickstoffdüngung ist die Düngeverordnung. Diese wird um die länderspezifischen Bestimmungen ergänzt. Betriebsbezogen gilt die Grenze von 170 kg N je Hektar und Jahr, die im Durchschnitt der organischen Düngemittel nicht überschritten werden darf. Die Stickstoffmengen aus allen organischen Düngern wie Stallmist, Gülle, Biogasgärresten oder Kompost müssen hier berücksichtigt werden.

## N-, P- und K-Gehalte von Düngemitteln

Die N-Gehalte von organischen Düngemitteln unterliegen Schwankungen, je nach Ausgangsmaterial sowie Art und Dauer der Lagerung. Organische Dünger sind in ihrer Zusammensetzung komplex und wichtige Mehrnährstoffdünger für den Ökolandbau.

### Wirtschaftsdüngemittel

Faktoren wie die Fütterung, das verwendete Einstreumaterial sowie die Haltungsbedingungen beeinflussen die Beschaffenheit von Wirtschaftsdüngern. Es ist empfehlenswert, Wirtschaftsdünger vor der Ausbringung auf ihre Nährstoffgehalte zu untersuchen. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die N-, P- und K-Gehalte verschiedener Wirtschaftsdünger sowie die N-Verfügbarkeit (Ammoniumgehalt am Gesamtstickstoff) im Jahr des Ausbringens.

Für die Stickstoffverfügbarkeit aus den Düngemitteln sind besonders auch deren Kohlenstoffgehalte von Bedeutung. Je mehr Kohlenstoff der Dünger im Verhältnis zu Stickstoff aufweist, desto stärker ist der Stickstoff gebunden – und damit weniger direkt pflanzenverfügbar.

Auch der Anteil des mineralischen Stickstoffs spielt hier eine wichtige Rolle. Stallmist weist geringe Ammonium-N-Anteile auf. Er wirkt vor allem langfristig über die Steigerung der Bodenfruchtbarkeit und eine kontinuierliche Mineralisierung des organischen Stickstoffs. Gülle wiederum wirkt über den höheren Ammonium-N-Anteil und geringere Kohlenstoffanteile auch kurzfristig sehr gut.

**Tabelle 1: Nährstoffgehalte und N-Pflanzenverfügbarkeit von Wirtschaftsdüngern**

Düngemittel	Einheit	N-Gehalt	P-Gehalt (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	K-Gehalt (K <sub>2</sub> O)	N-Pflanzenverfügbarkeit <sup>1</sup> (NH <sub>4</sub> -Gehalt in % an Gesamt-N)
Rindermist	kg/t	3,7	2,5	5,9	25
Schweinemist	kg/t	5,2	2,9	7,0	30
Hühnermist	kg/t	20,3	16,0	18,0	45
Rindergülle	kg/m <sup>3</sup>	3,3	1,4	4,2	60
Schweinegülle	kg/m <sup>3</sup>	5,5	2,6	3,4	70
Biogasgärrest flüssig	kg/m <sup>3</sup>	6,0	3,0	5,0	60

<sup>1</sup> Kurzfristige Pflanzenverfügbarkeit im Jahr des Ausbringens.  
Tabelle nach Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2022).



### Organische Handelsdüngemittel

Handelsdüngemittel unterliegen teilweise verbandsrechtlichen Bestimmungen, die den Einsatz regulieren. Auch sie sind Mehrnährstoffdünger und P- und K-Gehalte sollten ebenfalls im Blick behalten werden.

**Tabelle 2: Nährstoffgehalte und N-Pflanzenverfügbarkeit von organischen Handelsdüngemitteln**

Düngemittel	Einheit	N-Gehalt	P-Gehalt ( $P_2O_5$ )	K-Gehalt ( $K_2O$ )	N-Pflanzenverfügbarkeit <sup>1</sup> ( $NH_4$ -Gehalt in % an Gesamt-N)
Ackerbohenschrot	% TM	4,54	0,65	1,39	-
Gärprodukt Bioabfall	% TM	4,47	0,68	3,24	1,55
Grüngutkompost	% TM	1,15	0,22	0,85	0,01
Haarmehlpellets	% TM	14,1	0,39	0,21	0,51
Horndünger	% TM	14,9	0,31	0,24	0,47
Kartoffelfrucht- wasserkonzentrat	% TM	4,85	0,99	2,98	0,11
Kleegras	% TM	3,0	0,74	2,98	0,06
Vinasse	% TM	5,23	0,21	7,3	0,72

<sup>1</sup> Kurzfristige Pflanzenverfügbarkeit im Jahr des Ausbringens.  
Tabelle nach Möller & Schultzeiß (2014).



## Impressum

Autor\*innen: August Bruckner (HNE Eberswalde), Julia Meier (FiBL Projekte GmbH), Hannes Schulz (Beratung für Naturland), Alexander Watzka (Bioland Beratung GmbH)

Redaktion: Elisa Mutz (FiBL Projekte GmbH), Hella Hansen (FiBL Projekte GmbH)

Gestaltung: N-Komm – Agentur für Nachhaltigkeits-Kommunikation

Bildnachweise: Marzena Seidel: S.1 , S.3; Thomas Alföldi (FiBL): S.4; Maike Krauss (FiBL): S.7

Stand: 11.12.2023

Referenzen: Tabelle 1 nach Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft „Leitfaden für die Düngung von Acker und Grünland (Gelbes Heft)“, 2022.

Tabelle 2 nach Möller, K. und Schultheiß, U. „Organische Handelsdüngemittel im ökologischen Landbau“, 2014.

Dieses Dokument ist entstanden im Rahmen des Projekts „Kompetenz- und Praxisforschungsnetzwerk zur Weiterentwicklung des Nährstoffmanagements im ökologischen Landbau“. Die Förderung erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau. Laufzeit: 2019–2027.

### Projektpartner\*innen



[www.nutrinet.agrarpraxisforschung.de](http://www.nutrinet.agrarpraxisforschung.de)

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

