

Verlustarme Ausbringung von Wirtschaftsdüngern

Maßnahmen und Kosten im Vergleich

Bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern können bedeutende Mengen an Stickstoff in Form von Ammoniak (NH_3) oder Lachgas (N_2O) verloren gehen. Emissionen bei der Ausbringung von organischen Wirtschaftsdüngern sind in der Regel nicht vermeidbar, jedoch gibt es je nach Art des Düngemittels verschiedene Möglichkeiten, gasförmige Verluste zu reduzieren. Diese Verfahren, wie beispielsweise die bodennahe Ausbringung, unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Effektivität und Kosten.



Nährstoffverluste bei der Ausbringung

Um Verluste bei der Ausbringung von organischen Düngern zu reduzieren, ist es wichtig, folgende Einflussfaktoren zu beachten:

- Ammoniumanteil am Gesamtstickstoff des Düngemittels ($\text{NH}_4\text{-N}$)
- Witterung bei der Ausbringung (Temperatur, Niederschlag und Wassersättigung des Bodens)
- Art der Ausbringung und Art des Düngemittels
- Zeitlicher Verlauf des Stickstoffbedarfs der gedüngten Kultur

Je größer der Ammoniumanteil im Stickstoff des Düngemittels ist, desto größer sind auch die Verlustpotenziale bei der Ausbringung. Für die Bewertung des betriebseigenen Düngemittels sollte dieser auf NH_4 untersucht werden. Folgende Tabelle zeigt Mittelwerte für den Ammoniumanteil des Gesamtstickstoffs in verschiedenen Düngemitteln.

Tabelle 1: Ammoniumanteile geben Aufschluss über N-Verlustpotentiale

Art des Düngemittels	NH_4 in % des N-Gesamt
Rind, Mist*	20
Rind, Gülle	50
Rind, Jauche	90
Schwein, Mist*	20
Schwein, Gülle	66
Schwein, Jauche	90
Geflügel, Mist	70
Hühnertrockenkot	70
Schaf, Mist	50
Ziege, Mist	50
Pferd, Mist	60
Gärrest, güllebasiert	60
Gärrest, Schwein	80
Gärrest, Geflügel	80
Gärrest, Nachwachsende Rohstoffe	60
Champost	4

* Mist aus Tiefstreu (Haltungsverfahren); Tabelle nach Möller und Schultheiß (2014), Amon et al. (2019) und Döhler et al. (2022).

Auch die zum Zeitpunkt der Ausbringung vorherrschende Witterung spielt eine entscheidende Rolle bei der Emissionsbildung aus organischem Stickstoff. Höhere Temperaturen führen häufig zu höheren Stickstoffverlusten. Eine Ausbringung bei Temperaturen von über 25°C ist daher zu vermeiden. Es bietet sich an, Wirtschaftsdünger abends auszubringen.

Bei flüssigen Düngemitteln kann Niederschlag vor oder nach der Ausbringung zu einer Reduktion von Ammoniakemissionen führen, da die Düngemittel in den Boden eingewaschen werden. Hier muss insbesondere auf die Befahrbarkeit der Flächen geachtet werden.

Das Verdünnen von flüssigen Düngemitteln mit Wasser führt durch eine Erhöhung der Fließfähigkeit zu einer schnelleren Einsickerung in den Boden, wodurch ebenfalls Verluste reduziert werden können.

Ist der Boden wassergesättigt und dadurch nicht ausreichend durchlüftet, kann in stickstoffreichen Böden bzw. nach der Düngung Lachgas entstehen. Dieses ist besonders klimaschädlich. Bei mittelschweren bis schweren Böden ist das besonders relevant. Werden die Dünger zu tief eingebracht, hat dies höhere Lachgasverluste zur Folge. Eine Ausbringtiefe von 12 bis 15 cm ist optimal.

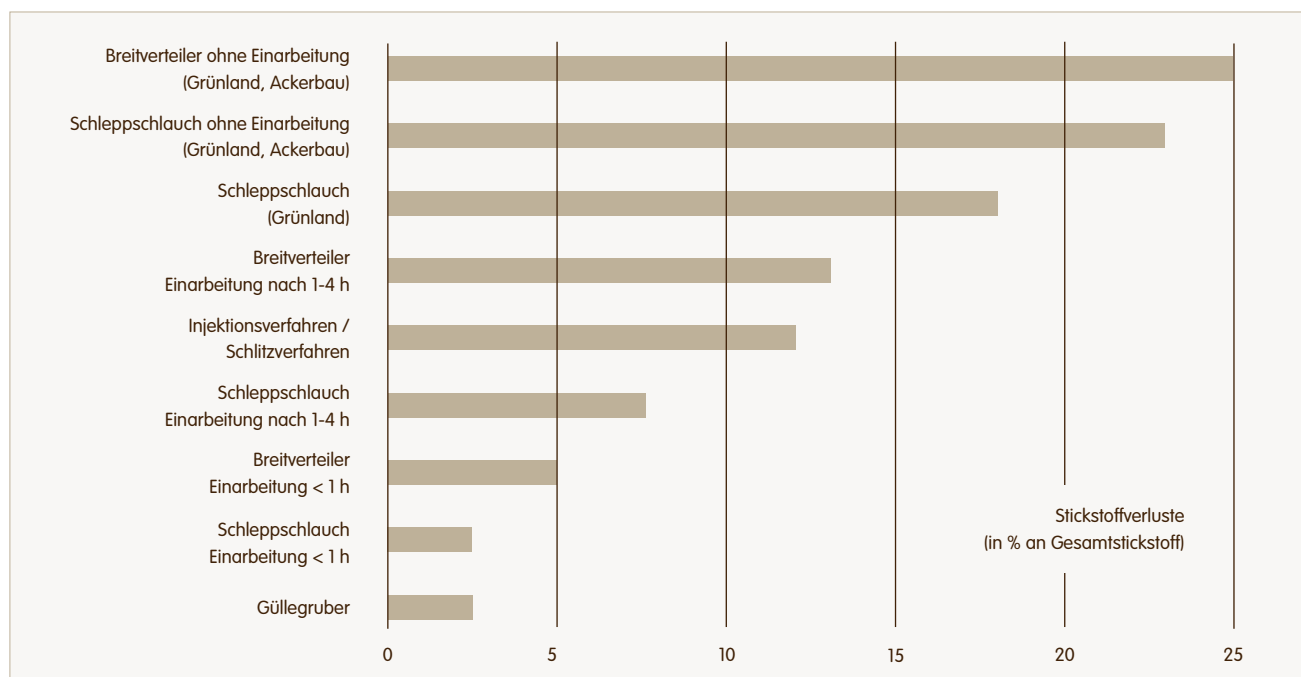
Möglichkeiten der verlustarmen Ausbringung

Flüssige Düngemittel verlustarm ausbringen

Für die Ausbringung von flüssigen Düngemitteln kamen in den letzten Jahrzehnten einige neue technische Verfahren auf den Markt, die Emissionen vermindern können. Dabei lautet die Prämisse, möglichst bodennah oder in den Boden zu applizieren. Gerade wenn im Frühjahr in den Bestand gedüngt wird, sorgt das Injektions- oder auch Schlitzverfahren für deutlich

geringere Emissionen. Wichtig ist, auf die Gefahr von Bodenverdichtungen und damit verbundene Lachgasemissionen zu achten. Wird das Düngemittel nach der Ausbringung und vor der Saatbettbereitung zeitnah eingearbeitet, verringert das die Emissionen erheblich. Beispielsweise liegen die Verluste bei der Verwendung eines Schleppschlauchs und bei der Einarbeitung nach 1-4 h nach Applikation bei 7,5 %, bei der Einarbeitung innerhalb einer Stunde nach Applikation mit dem Schleppschlauch hingegen im Schnitt bei 2 %.

Abbildung 1: Prozentuale Stickstoffverluste bei der Ausbringung von Gülle



Eigene Darstellung nach Döhler et al. (2002) und Rösemann et al. (2019).

Beispiel 1: Düngen im Bestand

Im Frühjahr düngt ein Betrieb 15 t/ha Rindergülle (Nährstoffgehalt: N-Gesamt=56 kg/ha, $\text{NH}_4\text{-N}$ =27 kg/ha). Für die Ausbringung verwendet er einen Schleppschlauch, um im Weizenbestand die Gülle auszubringen. Dabei entstehen Emissionen von rund 13 kg N/ha. Würde er im Vergleich dazu das Injektionsverfahren anwenden, würden die Verluste je Hektar im Schnitt nur 6,8 kg N betragen.

Beispiel 2: Düngen zur Saatbettbereitung

Ein Betrieb plant im Frühjahr die Saatbettbereitung für einen Sommerweizen. Dazu bricht er sein Klee gras um und möchte zeitgleich 15 t/ha Rindergülle ausbringen (Nährstoffgehalt: N-Gesamt=56 kg/ha, $\text{NH}_4\text{-N}$ =27 kg/ha). Er wählt das Verfahren Schleppschlauch mit anschließender Einarbeitung. Würde er nun zwischen Applikation und Einarbeitung mehr als 1 Stunde verstreichen lassen, könnte er bis zu 4,5 kg N pro Hektar verlieren. Dagegen reduzieren sich die Verluste bei einer sofortigen Einarbeitung auf 1,1 kg N/ha.

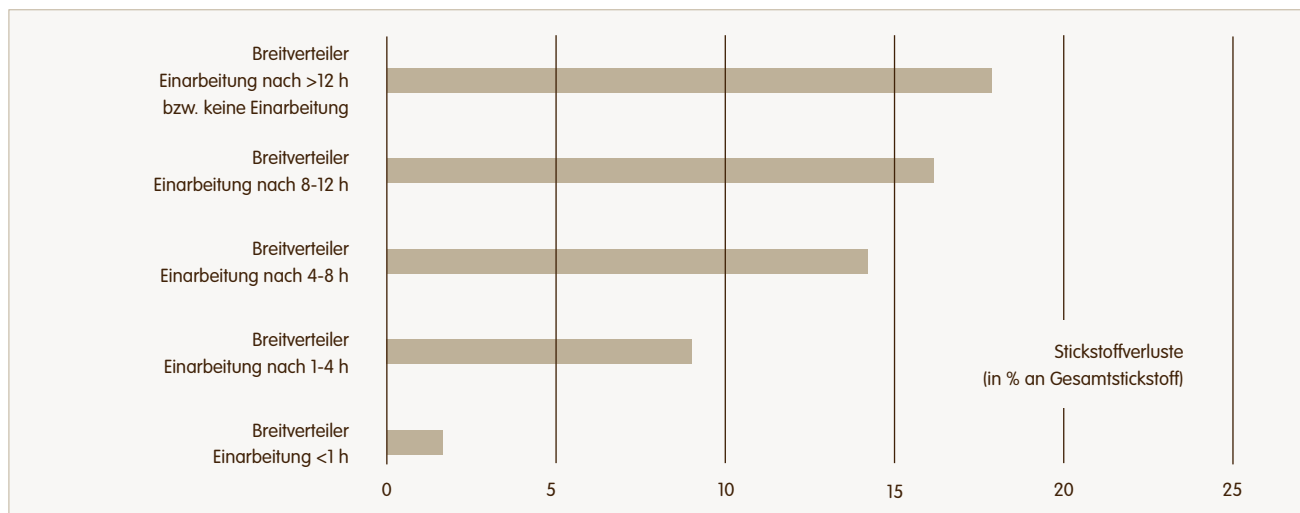
Feste Düngemittel verlustarm ausbringen

Auch bei festen Düngemitteln treten bei der Ausbringung gasförmige Verluste auf. Da diese Dünger gestreut werden, ist die Reduktion von Ausbringungsverlusten nur über eine möglichst zeitnahe Einarbeitung möglich. Demzufolge ist es bei festen Düngemitteln ratsam, diese auch nur zur Saatbettbereitung zu applizieren und von einer Bestandsdüngung im Frühjahr abzusehen.

Wird beispielsweise Rindermist nicht eingearbeitet, können die gasförmigen Verluste um ein Zehnfaches höher sein als bei der Einarbeitung innerhalb einer Stunde nach der Applikation.

Düngemittel mit hohem NH_4 -Anteil benötigen besonderes Augenmerk, da sehr hohe Stickstoffverluste erfolgen können, wenn sie nicht eingearbeitet werden. So liegt bei Hühner trockenkot das Emissionspotenzial ohne Einarbeitung bei etwa 63 %. Wird der Dünger jedoch innerhalb von zwölf Stunden eingearbeitet, halbieren sich die Verluste auf etwa 32 %. Bei einer Einarbeitung innerhalb von 1 bis 4 Stunden sinken sie auf etwa 13 %.

Abbildung 2: Prozentuale Stickstoffverluste bei der Ausbringung von Festmist



Eigene Darstellung nach Döhler et al. (2002) und Rösemann et al. (2019).

Beispiel 3: Düngen zur Saatbettbereitung:

Ein Betrieb plant die Düngung von 15t/ha Rindermist zur Saatbettbereitung im Frühjahr für den Anbau von Sommerweizen (Nährstoffgehalt: N-Gesamt 92 kg/ha, $\text{NH}_4=14$ kg/ha). Bringt er den Rindermist nun aus und

schafft die anschließende Bodenbearbeitung erst am nächsten Tag (nach zwölf Stunden) oder arbeitet überhaupt nicht ein, verliert er ca. zwischen 15 kg N/ha und 17 kg N/ha. Dagegen könnte er seine Verluste durch eine direkte Einarbeitung auf ca. 2 kg N/ha reduzieren.



N-Verluste bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern selbst abschätzen

Um Stickstoffverluste bei der Ausbringung abzuschätzen, kann die ausgebrachte Stickstoffmenge mit einem Emissionsfaktor multipliziert werden. Ausgewählte Emissionsfaktoren sind in Tabelle 2 für verschiedene Düngemittel und Ausbringungs- bzw. Einarbeitungsverfahren dargestellt. Diese Faktoren können in folgende Formel eingesetzt werden und daraus die Verlustgrößen abgeleitet werden.

Berechnungsweg:

$$\begin{aligned} & (\text{Emissionsfaktor}/100) \times \text{N-Gesamt (kg/ha)} \\ & = \\ & \text{N-Verluste (kg/ha)} \end{aligned}$$

Tabelle 2: Emissionsfaktoren zur Berechnung der Stickstoffverluste verschiedener Dünger und Ausbringungsverfahren

	Breitverteiler, ohne Einarbeitung	Breitverteiler, Einarbeitung nach 1 - 4 h	Breitverteiler, Einarbeitung nach 4 - 8 h	Breitverteiler, Einarbeitung nach 8 - 12 h	Breitverteiler, Einarbeitung nach 12 - 24 h	Breitverteiler, Einarbeitung nach 24 - 48 h	Güllegrubber	Injektions- / Schlitzverfahren	Schleppschuh (Grünland)	Schleppschlauch, ohne Einarbeitung	Schleppschlauch, Einarbeitung nach < 1h	Schleppschlauch, Einarbeitung nach 1 - 4 h
Rottemist, Rind	18	2	9	14	16	18	18	-	-	-	-	-
Rindergülle	25	5	13	> 13 bis 25	> 13 bis 25	> 13 bis 25	> 13 bis 25	2	12	18	23	-
Rinderjauche	18	-	-	-	-	-	-	1	4	7	16	6
Gärprodukt, flüssig, Rind	30	6	16	> 16 bis 30	> 16 bis 30	> 16 bis 30	> 16 bis 30	2	14	22	28	9
Rottemist, Schwein	18	2	9	14	16	18	18	-	-	-	-	-
Schweinegülle	17	3	6	12	> 12 bis 17	> 12 bis 17	> 12 bis 17	1	4	8	12	4
Schweinejauche	18	2	6	> 6 bis 18	> 6 bis 18	> 6 bis 18	> 6 bis 18	1	4	7	16	5
Gärprodukt, flüssig, Schwein	40	8	21	> 21 bis 40	> 21 bis 40	> 21 bis 40	> 21 bis 40	3	19	29	37	12
Rottemist, Geflügel	63	0	13	28	28	32	> 32 bis 64	-	-	-	-	-
HTK, Huhn	63	0	13	> 13 bis 28	28	32	> 32 bis 64	-	-	-	-	-
Gärprodukt, flüssig, Geflügel	40	8	21	> 21 bis 40	> 21 bis 40	> 21 bis 40	> 21 bis 40	3	19	29	37	12
Rottemist, Schaf	45	5	23	36	41	45	45	-	-	-	-	-
Rottemist, Ziege	45	5	23	36	41	45	45	-	-	-	-	-
Rottemist, Pferd	54	5	27	43	49	54	54	-	-	-	-	-
Champost	4	0	2	3	3	4	4	-	-	-	-	-
Gärprodukt, flüssig, NawaRo	30	6	16	> 16 bis 30	> 16 bis 30	> 16 bis 30	> 16 bis 30	2	14	22	28	9

Tabelle nach Daten von Döhler et al. (2002), Möller und Schultheiß (2014), Amon et al. (2019) und Rösemann et al. (2019)

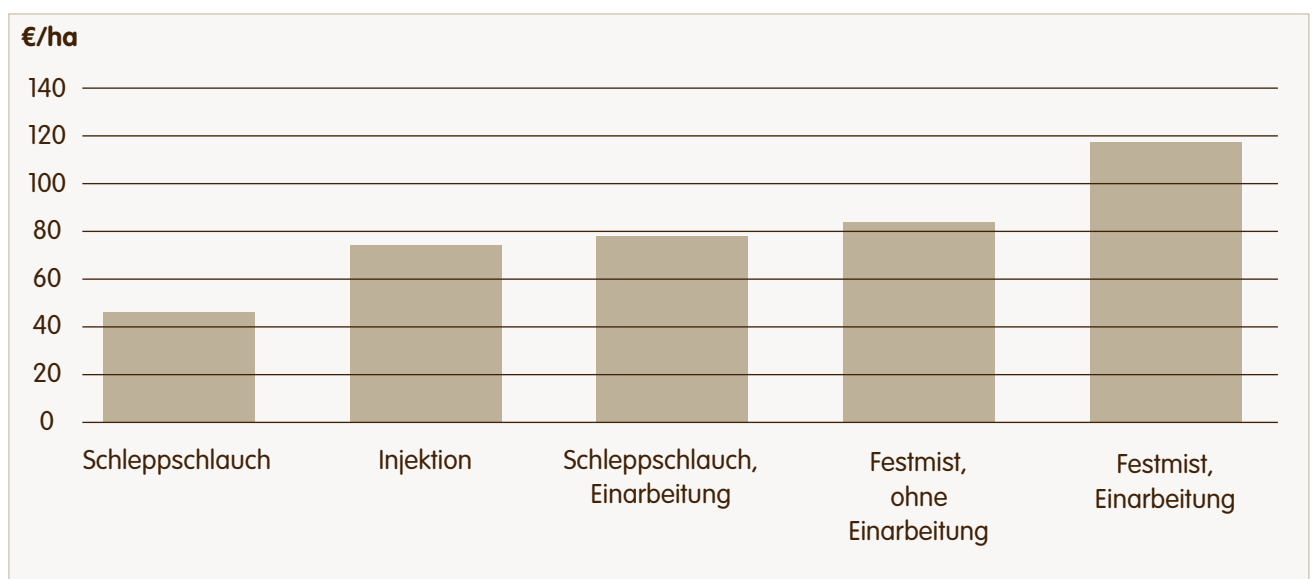
Kosten verschiedener Verfahren der Wirtschaftsdüngerausbringung

Arbeitserledigungskosten je Hektar

Verschiedene Verfahren der Ausbringung von Wirtschaftsdünger haben unterschiedliche Arbeitserledigungskosten (variable und fixe Maschinenkosten,

Kosten der Arbeit) zur Folge. Die Einarbeitung verursacht darüber hinaus weitere Kosten. Die Kosten je Hektar sind in folgender Abbildung dargestellt.

Abbildung 3: Arbeitserledigungskosten verschiedener Verfahren der Wirtschaftsdüngerausbringung



Was kostet der eingesparte Stickstoff?

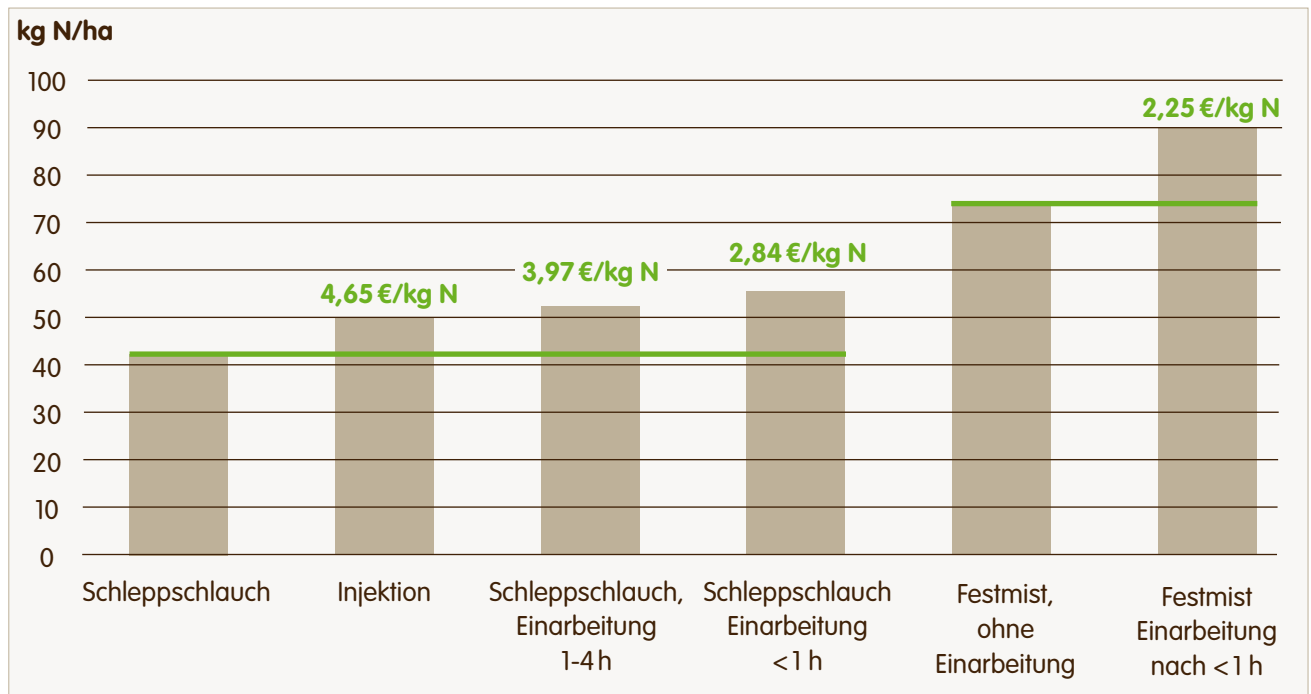
Auch die Stickstoffverluste treten je nach Verfahren in unterschiedlicher Höhe auf und daraus ergeben sich unterschiedliche tatsächliche Ausbringmengen in Kilogramm je Hektar.

Diese Mengen können in Bezug zu den Arbeitserledigungskosten gesetzt werden, woraus sich unterschiedliche Kostenansätze für den eingesparten Stickstoff ergeben.

Diese Stickstoffkosten zeigen, ob der eingesparte Stickstoff je nach angewandtem Verfahren vergleichsweise günstig oder teuer ist und lassen außerdem einen Vergleich etwa zu Preisen für Zukaufstickstoff oder Stickstoff aus Kooperationsvereinbarungen zu.

Als Vergleichsmaßstab wurde für flüssige Dünger die Ausbringung mit dem Schleppschlauch (ohne Einarbeitung) und für feste Dünger die Breitverteilung (ohne Einarbeitung) gewählt.

Abbildung 4: Ausgebrachter Stickstoff mit Kostenansätzen für zusätzlich verfügbare Stickstoffmengen bei verschiedenen Verfahren



Grüne Werte = Mehrkosten der Maßnahme gegenüber den Referenzverfahren „Schleppschlauch“ bzw. „Festmist ohne Einarbeitung“ geteilt durch die zusätzlich verfügbaren N-Düngemengen.

Die durchgeführten Kostenkalkulationen orientieren sich an den Stickstoff-Verlustgrößen der Beispiele 1 bis 3. In Abbildung 3 sind die Kosten für eine Schleppschlauchausbringung ohne Einarbeitung den Kosten der Gülleinjektion gegenübergestellt (Beispiel 1). Die Zusatzkosten können dem zusätzlich verfügbaren Stickstoff (Abbildung 4) dieser beiden Verfahren zugeordnet werden. Hieraus ergibt sich ein N-Preis von 4,65 €/kg N.

Es gibt keine Kostenunterschiede beim Verfahren Schleppschlauch mit anschließender Einarbeitung, wenn lediglich der Zeitpunkt der Einarbeitung unterschiedlich ausfällt (Beispiel 2). Da sich die N-Verluste allerdings unterscheiden, steht umso mehr N zur Verfügung, der den Mehrkosten gegenübergestellt werden kann, je schneller eingearbeitet wird. Insofern kostet das Kilogramm N bei einer Einarbeitung zwischen 1-4 h nach Ausbringung mit dem Schleppschlauch im Vergleich zum Referenzverfahren ohne Einarbeitung weniger (3,97 €/kg N) und bei sofortiger Einarbeitung (<1h) sogar nur noch 2,84 €/kg N.

Die Einarbeitung von Festmist (Beispiel 3) verursacht Mehrkosten von rund 34 €/ha gegenüber der Ausbringung ohne Einarbeitung. Aufgrund der hohen N-Einsparungen (knapp 15 kg N) liegen die Zusatzkosten pro Kilogramm zusätzlich verfügbarem N allerdings bei nur etwa 2,25 €/kg und befinden sich in der Regel damit weit unter N-Kosten, mit denen z.B. über einen externen Bezug von N-Handelsdüngemitteln (derzeit rund 5,70 €/kg N) gerechnet werden muss.

Damit kann der Einsatz von verlustarmen Ausbringungstechniken nicht nur aus Sicht von Nährstoffeffizienz und Emissionsschutz, sondern auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht durchaus sinnvoll sein.

Impressum

Autoren: August Bruckner (HNE Eberswalde), Dr. Benjamin Blumenstein (Universität Kassel)

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

Gestaltung: N-Komm – Agentur für Nachhaltigkeits-Kommunikation

Bildnachweise: Hans-Jürgen Technow (LWK Niedersachsen) : S.1 ; Thomas Alföldi (FiBL): S.4

Stand: 18.01.2024

Referenzen: Rösemann, C.; Haenel, H.; Dämmgen, U.; Döring, U.; Wulf, S.; Eurich-Menden, B. et al. „Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture“, 2019.

Amon, B.; Hutchings, N.; Dämmgen, U.; Sommer, S.; Webb, J. : „Manure Management“ In: „EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. Technical guidance to prepare national emission inventories“, 2019.

Döhler, H.; Eurich-Menden, B.; Dämmgen, U.; Osterburg, B.; Lüttich, M.; Bergschmidt, A. et al. „BMVEL/UBA-Ammoniak-Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungsszenarien bis zum Jahre 2010“, 2002.

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

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

