

Version II

Optimale Nährstoffausnutzung aus Wirtschaftsdüngern



Ausbringverfahren für flüssige Wirtschaftsdünger

Separation von flüssigen Wirtschaftsdüngern
Bewertung von organischen Düngemitteln
Empfehlungen für die Nutzung in Schleswig-Holstein

Titelbild:
Einsatz eines Schleppschuhverteilers auf Grünland.
Foto: Zunhammer



Gülle/Gärrest im Getreide im Frühjahr mit Schleppschlauch ausgebracht.

Foto: Zunhammer

Inhaltsübersicht

| | |
|--|-------|
| 1. Einleitung | S.4 |
| 2. Ausbringsysteme für Festmist, feste Gärreste und Klärschlamm..... | S. 5 |
| 3. Ausbringsysteme für flüssige Wirtschaftsdünger | S. 6 |
| 4. Emissionsverluste flüssiger Wirtschaftsdüngerausbringung..... | S. 11 |
| 5. Einführung in die Separationstechnik für flüssige Wirtschaftsdünger | S. 14 |
| 6. Bewertung organischer Düngemittel | S. 16 |
| 7. Ausbringkosten für flüssige Wirtschaftsdünger im Vergleich | S. 18 |
| 8. Transportsysteme, Zwischenlagerung und Transportkosten | S. 20 |
| 9. Wirtschaftsdüngeruntersuchung | S. 23 |
| 10. Precision Farming bei der Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger | S. 26 |
| 11. Gülleensäuerung- und N-Stabilisierungsverfahren..... | S. 29 |
| 12. Empfehlungen aus der Arbeitsgruppe „Ausbringverfahren“ | S. 30 |

1. Einleitung

Wirtschaftsdünger sind pflanzenbaulich sinnvolle und wertvolle Düngemittel. Aus Gründen der besseren Nährstoffausnutzung bei flüssigen Wirtschaftsdüngern sind bodennahe oder in den Boden einbringende Techniken zu bevorzugen. Diese Verfahren sind in Bezug auf Emissionsverluste und Verteilgenauigkeit deutlich vorteilhafter als Prallteller, Düsenbalken oder Möscha-Verteiler.

Der Einsatz von bedarfsgerechten Ausbringmengen, die mit einer emissionsmindernden Ausbringtechnik auf die Flächen erfolgt, kann den zusätzlichen Bedarf an Mineraldüngern erheblich senken. Durch die bessere Ausnutzung des Stickstoffs aus Wirtschaftsdüngern, ergeben sich insgesamt pro kg pflanzenbaulich wirksam werdenden Nährstoff auch keine deutlich erhöhten Ausbringkosten für die Landwirte.

Ein Einsatz von organischen Düngemitteln ist für das Bodenleben, die Bodenfruchtbarkeit und den Humusaufbau sehr positiv zu beurteilen. Die Anwendung von organischen Düngemitteln wirkt sich generell vorteilhaft auf das Ertragspotential und die Ertragsstabilität der Böden aus.

Wirtschaftsdünger bieten den Vorteil, dass sie sich positiv auf die Treibhausgasbilanz der

erzeugten Produkte auswirken. Sie entstehen als Koppelprodukt in der Tierhaltung oder Biogaserzeugung. Somit fallen keine gesonderten Treibhausgasemissionen bei ihrer Herstellung an, wie dies bei Mineraldünger der Fall ist.

Für einige Betriebe könnte auch das sogenannte Separationsverfahren eine interessante Alternative darstellen, um die Transportwürdigkeit der festen Phase zu erhöhen, eventuell dadurch die Lagerkapazität auszuweiten und in der flüssigen Phase einen sehr vorzüglichen Dünger für den Futterbau zu erhalten.

Für eine maximale Ausnutzung (Düngewirkung) und eine geringe Umweltbelastung sind verlustarme Ausbringtechniken und die zeitnahe Ausbringung in Phasen mit nachweislichem Düngbedarf von größter Bedeutung. Ausbringzeitpunkte ohne pflanzenbaulichen Bedarf oder eine zu geringe Anrechnung der Düngewirkung wären nicht nur betriebswirtschaftlich von Nachteil, sondern könnten auch unerwünschte Umweltbelastungen zur Folge haben. Weiterhin belasten die Ausbringverluste die Nährstoffbilanzen der Betriebe, was auf jeden Fall vermieden werden sollte.



Gülle- bzw. Gärrestausrückführung mit Schleppschläuchen im Frühjahr in einen Winterweizenbestand.

Foto: P. Lausen

2. Ausbringssysteme für Festmist, feste Gärreste und Klärschlamm

Feste organische Dünger sind deutlich schwieriger zu verteilen, da die Verteileigenschaften durch die sehr heterogenen Teilchengrößen und den TS-Gehalt beeinflusst werden. Zur Verteilung von Festmist, festen Gärresten und Klärschlamm sind in den letzten Jahren kaum technische Neuerungen zu verzeichnen.

Im Wesentlichen besteht die Verteiltechnik aus einem Behälter mit Kratzbodenantrieb und dem Verteilorgan. Bei den Verteilorganen sind längs oder quer angeordnete Fräswalzen bei den älteren Festmiststreuern als alleinige Verteiltechnik oder zusätzliche Wurfscheiben (2 oder 4) bei den neueren Streuern zu finden. Der Vorteil der zusätzlichen Wurfscheiben liegt in der größeren Arbeitsbreite. Allerdings wird die Gleichmäßigkeit der Verteilung nahezu ausschließlich durch die Eigenschaften (Partikelgröße, Rottgrad etc.) des Substrates und die Fahrgeschwindigkeit beeinflusst. Eine gleichmäßige Beladung des Behälters fördert zusätzlich die besseren Verteileigenschaften.

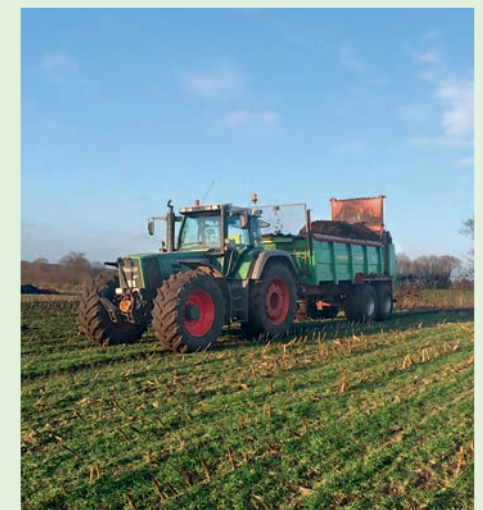
In der Praxis wird häufig von großen Arbeitsbreiten ausgegangen. Allerdings zeigen zahlreiche Messungen, dass nur bei Arbeitsbreiten von 12 bis 14 m eine akzeptable Gleichmäßigkeit in der Mistverteilung (Nährstoffverteilung) erreicht wird. Kommen nur die senkrecht oder quer angeordneten Fräswalzen als Verteilorgane zum Einsatz, so sind Arbeitsbreiten von 2 bis 8 m zu realisieren, wobei die senkrechte Anordnung eher die 8 m realisieren kann.

Pflanzenbaulich spricht einiges dafür, die festen organischen Dünger vor oder zur Aussaat im Frühjahr auszubringen. Zu dieser Zeit sind die Nährstoffverluste geringer und erst durch die ansteigenden Temperaturen nehmen auch die Mineralisationsraten zu. Die Pflanzen sind so in der Lage, sich die Nährstoffe zu erschließen. Der zusätzliche Aspekt der Erhöhung der Regenwurmaktivität und der Strukturstabilisierung nach der Einarbeitung sind weitere positive Gesichtspunkte vor allem für die Festmistausbringung.



Streuwerk eines Miststreuers und Festmistausbringung auf Maisstoppeln mit Untersaat.

Foto: S. Schmidt links und J. Kasch rechts



3. Ausbringsysteme für flüssige Wirtschaftsdünger

Für die Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern stehen gemäß der aktuell gültigen Düngeverordnung verschiedene Systeme zur Verfügung, die sich in den Punkten Emissionsverluste, Verteilgenauigkeit, Gewicht und Kosten unterscheiden.

Wahrscheinlich werden durch eine novellierte Düngeverordnung die Breitverteilungssysteme in Zukunft nach gewissen Übergangsfristen nicht mehr für die Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern genutzt werden dürfen.

Die Wahl der Ausbringtechnik sollte immer im Zusammenhang mit dem Einsatzbereich

(Grünland, Winterkulturen im Frühjahr, wachsende Bestände, Stoppeln, etc.), der Struktur des Betriebes und der einzelnen Flächen sowie der vorhandenen Wegenetze erfolgen.

Bei den Ausbringsystemen ergibt sich jedoch ein Zielkonflikt zwischen der Verwendung emissionsarmer Technik und dem Gesamtgewicht. Die Ausbringsysteme mit den geringeren Emissionsverlusten haben zugleich höhere Grundgewichte, so dass die Zuladekapazität für Wirtschaftsdünger bei den Ausbringfahrzeugen sinkt.

Ein Lösungsansatz für dieses Problem stellt die Trennung von Ausbringung und Transport dar.

Tabelle 1: Auflistung der Systeme zur Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern

| Breitverteilung | Bodennahe Ausbringtechnik | In den Boden einbringende Technik | |
|--------------------|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| ■ Prallteller* | ■ Schleppschlauch | ■ Schlitztechnik mit Scheibe | ■ Güllegrubber |
| ■ Düsenbalken | ■ Schleppschuh | ■ Direkte Einarbeitung in den Boden | ■ Unterfußdüngung |
| ■ Möscha-Verteiler | | | ■ Depotdüngung (Strip Till) |

* Prallteller/-verteiler, mit denen nach oben abgestrahlt wird, sind seit 2010 verboten! Geräte, die bis zum 14.01.2006 in Betrieb genommen wurden, dürfen noch bis zum 31.12. 2015 für das Aufbringen benutzt werden (siehe § 3 Abs. 10 i. V. mit Anlage 4 der Düngeverordnung vom 27.02.2007)



Schlitzgerät für die Ausbringung von Gülle oder Gärresten über einen Schlitz in den Boden.

Foto: P. Lausen



Schleppschlauchwagen auf Winterraps im zeitigen Frühjahr.

Foto: S. Jensen

Die Ausbringfahrzeuge auf den beiden Fotos unterscheiden sich hauptsächlich in Bezug auf ihr Grundgewicht, bedingt durch die Ausbringtechnik. Der Schleppschlauchwagen hat wahrscheinlich ein etwas geringeres Grundgewicht, was sich auf den ersten Blick positiv auf den Bodendruck auswirkt. Bei der Nutzung eines Schlitzgerätes kann aber ein Teil des Fahrzeuggewichtes während des Ausbringprozesses über das Schlitzgerät auf dem Boden abgestützt werden. Deswegen relativiert sich dieses Argument in Teilbereichen.

Einen weiteren Ansatz zur Reduktion von Gewicht bei der Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern bieten neben den absätzigen Verfahren (z.B. mit Feldrandcontainer oder Zubringer) die sogenannten Verschlauchungssysteme. Die Ausbringfahrzeuge selbst tragen dabei nur das Ausbringsystem und bekommen die Gülle/Gärreste über einen Schlauch zugeführt,

den sie hinter sich herziehen. Die Verschlauchungstechnik kann in Kombination mit allen Ausbringsystemen (Schleppschlauch, Schleppschuh und Schlitztechnik) eingesetzt werden.

Durch die Nutzung der Verschlauchungstechnik sind die Flächen unter Umständen deutlich eher befahrbar. Eine sehr frühzeitige Ausbringung von organischen Düngemitteln wird sich im Regelfall sehr positiv auf die Nährstoffausnutzung auswirken. Die Zuführungsschläuche reagieren aber sehr empfindlich auf sogenannte Flintsteine. Deswegen ist die Nutzung der Technik auf Standorten, auf denen Flintsteine vorkommen, eher als schwierig einzuschätzen.

In der folgenden Tabelle sind die vorhandenen Ausbringsysteme von den Arbeitsgruppenmitgliedern in Bezug auf ihre Standorteignung, die technischen Eigenschaften und ihre Einsatzfelder hin bewertet worden.



Güllewagen mit Schlitzgerät beim Schlitzen (links). Schlitzgerät ausgehoben (rechts).

Foto: F. Steinmann

Tabelle 2: Ausbringsysteme für flüssige Wirtschaftsdünger

| System | | | | | | | Kulturen (Anwendung pflanzenbaulich sinnvoll) | | | | | | Standortfaktoren | | | | | Eignung der Technik bei der Ausbringung | | |
|----------------------------------|--|---|----------|--------|--------------------|------------------------------|---|--------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------------|---------------------|--|------------|------|------|-----------------|---|-----------------|----------------------------|
| | | Stickstoffverluste in % bei Ammonium-Stickstoff | | | Verteilgenauigkeit | Einsatz auf gefrorenem Boden | sonstige Voraussetzungen | Mais | | Raps, Rüben und Getreide | | Ackergras und DGL | Narbenverträglichkeit des Systems | Bodenarten | | | Abschwemmgefahr | Kupiertheit des Geländes | hohe Temperatur | hohe Windgeschwindigkeiten |
| | | Jan. bis Feb. | Frühjahr | Sommer | | | | vor der Saat | in den Bestand | vor der Saat | in den Bestand | | | Moor | Sand | Lehm | | | | |
| Flüssige Wirtschaftsdünger | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prallteller | | bis 25 | bis 50 | bis 75 | unbefriedigend | ja | | ja | nein | ja | nein | nein | + | + | + | + | - | - | -- | --- |
| Düsenbalken | | bis 25 | bis 50 | bis 75 | unbefriedigend | ja | | ja | nein | ja | nein | nein | + | + | + | + | - | - | -- | -- |
| Möscha-Verteiler | | bis 25 | bis 45 | bis 70 | ausreichend | ja | | ja | nein | ja | nein | nein | + | + | + | + | - | - | -- | - |
| Schleppschlauch | reiner Schlauch | bis 25 | bis 35 | bis 60 | gut | ja | | ja | ja | ja | ja | nein | + | 0 | + | + | - | + | + | + |
| | mit Pralltellern am Schlauchende (Miniprallteller) | bis 25 | bis 45 | bis 70 | gut | ja | | ja | ja | ja | ja | nein | + | 0 | + | + | - | + | + | + |
| Schleppschuh | | bis 25 | bis 30 | bis 40 | gut | suboptimal | | ja | ja | ja | ja | ja | +++ | + | ++ | ++ | + | ++ | + | ++ |
| Verschlauchung | | | | | | ja | steinfreie Schläge (ansonsten Spezialtechnik) | | nein | | bei Getreide ja, bei Raps nein | wie Schleppschlauch | ++ (Problem Raps), geht aber bei Getreide nur in der ersten Gabe | +++ | +++ | +++ | - | +++ | | |
| Schlitztechnik mit Scheibe | | | bis 20 | bis 30 | gut | nein | geringste Emissionsverluste, aber erhöhte Bodenfeuchtigkeitsverluste im Sommer, große Scheiben eher von Vorteil | ja | technisch schwer umsetzbar | ja | nein | ja | +(in Abhängigkeit von der Anzahl der Überfahrten und vom Standort) | - | + | 0 | + | ++ | ++ | ++ |
| Selbstfahrer | | | | | | | braucht Zubringer | | | | | | ++ | ++ | ++ | ++ | | ++ | | |
| direkte Einbringung in den Boden | Güllegrubber | - | bis 15 | bis 40 | gut | nein | 15 bis 20 cm tief | ja | nein | ja | nein | nein | | | | | | ++ | +++ | +++ |
| | Unterfußdüngung/ Depotdüngung | - | bis 10 | | gut | nein | | ja | nein | ja | nein | nein | | | | | | ++ | +++ | +++ |

* bei vergleichbarer Ausbringtechnik steigen die Stickstoffverluste je nach dem organischen Dünger an (Schweinegülle < Rindergülle < Gärrest) (Mitglieder der AG-Ausbringverfahren, Verluste in Anlehnung an LFL Bayern)



Ausbringung mit einem Schleppschauchgestänge auf Raps, das durch Verschlauchungstechnik versorgt wird (links). Schlitzgerät in Kombination mit Verschlauchungstechnik auf Grünland (rechts). Foto: H. Thomsen

Beim Einsatz von flüssigen organischen Düngemitteln auf Grünland muss ein Weg gefunden werden, um das heranwachsende Futter nicht durch die aufgegebenen Wirtschaftsdünger zu verschmutzen. Durch den Einsatz von Schleppschauchsystemen auf Grünland besteht unter Umständen die Gefahr einer solchen Futtermittelverschmutzung, weil ausgetrocknete „Güllewürste“ im Bestand mit hoch wachsen und durch die Futterbergetechnik dann mit in die Silos eingebracht werden.

Aus diesem Grund sollte man bei der Ausbringung auf Grünland entweder auf ein Schleppschuh- oder besser noch ein Schlitzsystem ausweichen. Diese Verfahren legen die flüssigen Wirtschaftsdünger unter den Bestand oder im Falle des Schlitzens sogar im Boden ab.

Der Einsatz von Schlitztechnik kann je nach Standort und Narbenqualität aber das Problem der Verunkrautung der Futterbestände nach sich ziehen. Innerbetrieblich sollte auch darauf

geachtet werden, ob die Verfahren auf reinen Dauergrünlandschlägen (DGL) oder auf Ackergrasflächen eingesetzt werden. Bei Ackergrasflächen ist im Regelfall spätestens alle sechs Jahre mit einem Fruchtwechsel zu rechnen. Für gewisse DGL-Flächen bestehen unter Umständen besondere Auflagen für eine komplette Narbenerneuerung. Um diesem Problem zu begegnen, sind auf alle Fälle Nachsaaten zu empfehlen. Gegebenenfalls sollte auf den Einsatz von Schlitzsystemen verzichtet werden.

Eine weitere Möglichkeit, um eine Verschmutzung des Futters durch Wirtschaftsdünger zu minimieren, wäre die Nutzung der flüssigen Phase aus separierten Wirtschaftsdüngern. Die flüssige Phase hat einen deutlich geringeren TS-Gehalt und haftet deshalb bei der Ausbringung kaum an den Pflanzen. So kann sowohl die Futtermittelverschmutzung als auch die Gefahr von Ättschäden auf den Blättern minimiert werden.



Um die Fahrgassen bei der Ausbringung möglichst trocken zu erhalten, könnten die Ausbringorgane in der Fahrspur für die Ausbringung in Bestände mit Pflegespuren entsprechend abgesperrt werden. Dadurch wird die Verschmutzung der Straßen minimiert.

Foto: S. Hauschild

4. Emissionsverluste flüssiger Wirtschaftsdüngerausbringung

Die Emissionsverluste beschreiben den Anteil an Stickstoff, der während der Ausbringung gasförmig als Ammoniak in die Luft entweicht. Folgende Faktoren beeinflussen die Höhe der Emissionsverluste bei der Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern:

- Außentemperatur
- Bodenfeuchte
- Windgeschwindigkeit
- Strahlungsintensität der Sonne
- Dauer bis zur Einarbeitung
- die reaktive Oberfläche des ausgebrachten Wirtschaftsdüngers

Die folgende Abbildung stellt Emissionsverluste in Bezug auf Stickstoffanteile anhand von verschiedenen Beispiel-Szenarien dar:

Die Abbildung zeigt eindeutig, dass Emissionsverluste hauptsächlich von der Ausbringungstechnik und der Lufttemperatur beeinflusst werden. Um Emissionsverluste im Zusammenhang mit hohen Außentemperaturen zu verhindern,

ist es daher auch pflanzenbaulich sinnvoll, eine möglichst große Menge an Wirtschaftsdünger im zeitigen Frühjahr zu platzieren.

Besonders durch die auf Pflanzen und Ernterückständen haftenden Gärreste und Gülle ohne Bodenkontakt geht ein Großteil des ausgebrachten Stickstoffs verloren.

Um diese Verluste möglichst zu minimieren, sollte man folgende Empfehlungen beachten:

- Gülle bodennah ausbringen, die streifenförmige Ausbringung erzeugt eine geringere reaktive Oberfläche als eine reine Breitverteilung
- Gülle/Gärreste bei Bewölkung, Tau oder leichtem Regen ausbringen

Der Schleppschauch, der Schleppschuh und das Schlitzgerät sind nährstoffeffiziente Ausbringungssysteme, die den oberirdischen Breitverteilungssystemen für die Ausbringung in Bestände oder auf Grasnarben vorgezogen werden sollten.

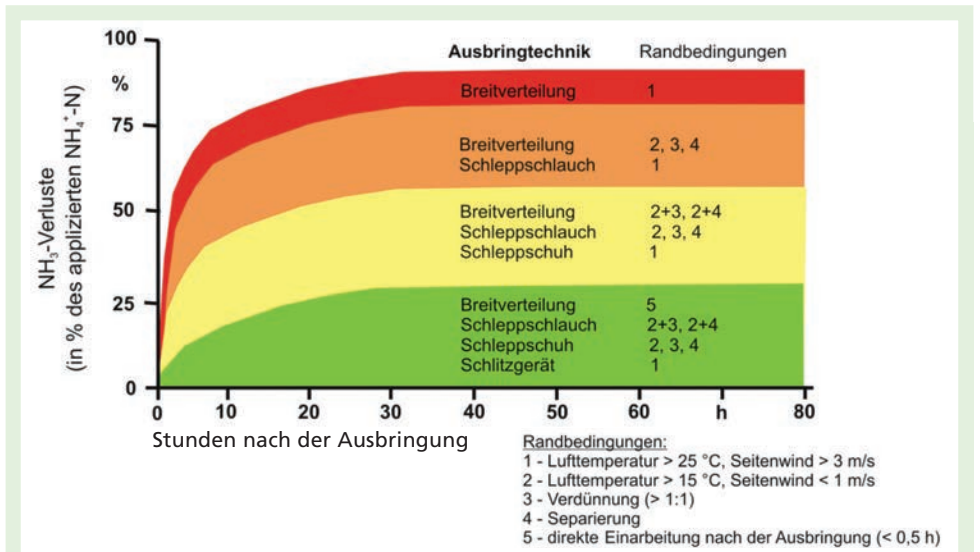


Abbildung 1: NH₃-Verluste (in % des ausgebrachten NH₃-N) bei der Nutzung verschiedener Ausbringungssysteme und unterschiedlichen Witterungsbedingungen.

Demmel 2011



Direkte Einarbeitung von Gülle bzw. Gärresten mit dem Ausbringfahrzeug auf Maisstoppeln im Frühjahr.
Foto: S. Jensen

Die direkte Einarbeitung von Nährstoffen bietet ebenfalls eine gute Möglichkeit, Emissionsverluste gering zu halten. Dasselbe gilt natürlich bei der Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern über sogenannte Strip-Till-Verfahren.

Eine direkte oder zeitnahe Einarbeitung von flüssigen Wirtschaftsdüngern sichert eine hohe Nährstoffausnutzung.

Der große Vorteil der Direkteinarbeitungs-systeme gegenüber den absätzigen Verfahren liegt darin, dass sich aus der kombinierten Ausbringung und Einarbeitung keine Probleme bezüglich der Befahrbarkeit ergeben. Bei dem absätzigen Verfahren kann in Abhängigkeit der Bodenart und Bodenfeuchte das Problem entstehen, dass der Schlepper mit dem Einarbeitungsgerät nicht zeitnah auf der feuchten Oberfläche fahren kann.



Einarbeitung von Gülle bzw. Gärresten mit einer Scheibenegge direkt hinter dem Ausbringfahrzeug.
Foto: J. Scherrer



Ausbringung mit einem Möscha-Verteiler auf eine Grünlandnarbe. Dieses Ausbringverfahren ist bei hohen Außentemperaturen mit ähnlich hohen Ausbringverlusten verbunden, wie die anderen Breitverteilungssysteme und deswegen nicht empfehlenswert.
Foto: F. Steinmann

Beim Vergleich der Ausbringkosten zwischen diesen Verfahren muss bei Direkteinarbeitung immer beachtet werden, dass dadurch die Kosten für einen flachen Bearbeitungsgang entfallen, die dem Verfahren zu Gute gerechnet werden müssen. Durch die geringere Arbeitsbreite kann die Direkteinarbeitungstechnik längere Strecken zurücklegen. So ist etwas einfacher zu managen, dass der Zubringer am Vorgewende stehen bleiben kann und nicht mitten auf den Schlag fahren muss.

Die Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern bei kühler Witterung oder Frost in

den Morgenstunden führt zu deutlich geringeren Emissionsverlusten als bei höheren Temperaturen wie z.B. während des Sommers bei der Ausbringung auf Stoppeln. Weiterhin ist die Ausbringung bei Frost auch sehr bodenschonend. Auf gefrorenen Böden dürfen nach geltender Rechtslage stickstoffhaltige Düngemittel nur ausgebracht werden, wenn die Böden tagsüber aufnahmefähig werden.

Schlussendlich besteht eine Chance, Nährstoffüberhänge gemäß der Düngverordnung durch emissionstechnisch effiziente Ausbringsysteme zu reduzieren.



Ausbringung mit einem Schlepplauschsystem morgens bei Frost direkt vom Lagerbehälter. Allerdings dürfen nach geltender Rechtslage der Düngverordnung auf gefrorenen Böden stickstoffhaltige Düngemittel nur ausgebracht werden, wenn die Standorte tagsüber gemäß Wettervorhersage aufnahmefähig werden sollen.
Foto: J. Kasch

5. Einführung in die Separationstechnik für flüssige Wirtschaftsdünger

Durch den Einsatz von Separationstechnik können die flüssigen Wirtschaftsdünger in eine feste und eine flüssige Phase getrennt werden. Das einzelbetriebliche Ziel dieser Maßnahme ist es, entweder die Eigenschaften der Gülle in Bezug auf die pflanzenbauliche Wirksamkeit zu verbessern oder eine möglichst hohe Nährstoffkonzentration in den Feststoffen zu erlangen, um einen kosteneffizienten Transport in aufnehmende Regionen zu ermöglichen.

Die Separationstechnik wird in verschiedenen technischen Varianten angeboten:

- Pressschneckenseparator (am weitesten verbreitet)
- Dekantierzentrifugen (sehr energieintensiv)
- Siebtrommelseparatoren
- Bogensiebseparatoren
- Siebbandpressen

Die Separationssysteme müssen möglichst hohe Abscheidungsgrade umsetzen können, um relativ viele Nährstoffe in der festen Phase zu erhalten. Dabei sollte man die Leistung/Stunde der verschiedenen Systeme in Kombination mit dem Energieverbrauch bewerten. Die Leistung der Systeme kann sich zwischen den verschiedenen Arten von flüssigen Wirtschaftsdüngern erheblich unterscheiden. Auch innerhalb einer Gruppe von flüssigen

Wirtschaftsdüngern, wie z.B. der Rindergülle, kann es erhebliche Unterschiede geben.

Je nach Einstellung der Geräte und der Eigenschaften der Eingangsprodukte können verschiedene hohe Abtrennungsgrade der einzelnen Nährstoffe in die feste und die flüssige Phase umgesetzt werden.

Separationssysteme können auf den Betrieben entweder fest in den Ställen oder Biogasanlagen verbaut oder auch als mobile Systeme auf mehreren Betrieben eingesetzt werden.

Grundsätzlich bleibt beim Einsatz von Separationstechnik aber immer zu bedenken, dass die Betriebe ihre Lagerkonzepte auf den Einsatz dieser Technik abstimmen müssen. Die abgepresste feste Phase muss auf einer wasserundurchlässigen Platte gelagert werden. Eine Abdeckung der festen Phase ist zu empfehlen und erforderlich, um eine erneute Anreicherung mit Wasser und eine Nährstoffauswaschung zu vermeiden. Die Feststoffe sind problemlos auf Betonplatten mit entsprechenden Auffangbehältern für Schmutzwasser lagerbar und können entweder als Dünger auf die Flächen ausgestreut werden oder als Einstreu in Ställen Verwendung finden.

Im Idealfall haben die Betriebe zwei verschiedene Lagerräume für den flüssigen Wirtschaftsdünger. Somit kann man aus dem einen Behälter die frisch aufgerührte Ware entneh-

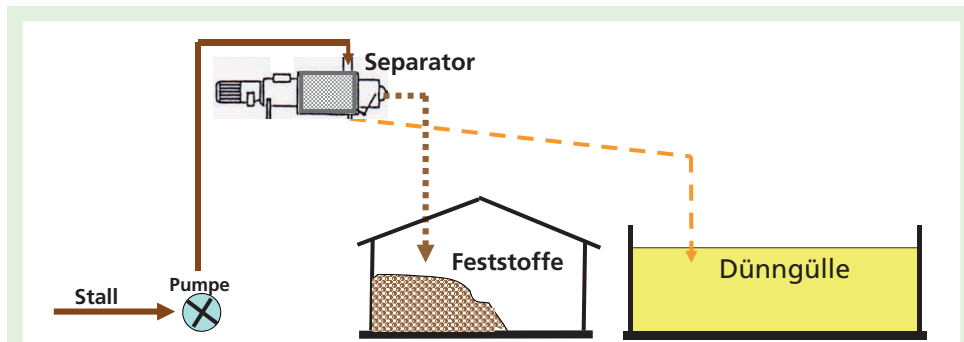


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Separationsverfahrens aus einem Stall heraus. H. Kowalewsky



Fest installierter Pressschneckenseparator direkt am Lagerbehälter und mobiler Walzenseparator.



Foto: GWS Nord links und P. Lausen rechts

men, um sie zu separieren. Die durch die Separation entstandene flüssige Phase kann in dem zweiten Behälter gelagert werden und wird nicht wieder mit der Rohgülle vermischt.

Die Vorteile der flüssigen Phase aus der Separation stellen sich wie folgt dar:

- Keine Bildung von Schwimmdecken oder Sinkschichten
- Geringere Verstopfungsfahrer der Ausbringsysteme
- Geringere Verschmutzung der Pflanzen
- Schnelleres Eindringen in den Boden

Zu bedenken ist, dass die flüssige Phase aufgrund geringerer Nährstoffgehalte eine geringere Transportwürdigkeit aufweist.

In den Feststoffen befinden sich meistens mehr Phosphor und organischer Stickstoff als in der Rohgülle, dafür sind aber die Anteile an Kalium und $\text{NH}_4\text{-N}$ am Gesamt-N geringer als im Ausgangsstoff.

Durch den Einsatz von Separationstechnik kann die Lagerkapazität für die flüssige Phase je nach Ausgangsstoff um bis zu 20 % erhöht werden, weil die Feststoffanteile nicht mehr mit im Behälter gelagert werden müssen.

Die flüssige Phase weist einen hohen Anteil an Ammonium N ($\text{NH}_4\text{-N}$) auf, das relativ einfach an Bodenteilchen gebunden werden kann. Somit werden die Emissionen bei der Ausbringung reduziert. Kombiniert man die Ausbringung mit Nitrifikationsinhibitoren oder späteren Ausbringterminen in den Bestand, können so gezielte Stickstoffdüngungen erfolgen (vgl. Kap. Stabilisatoren und Precision Farming).



Mobiler Pressschneckenseparator auf einem Autoanhänger.

Foto: GWS Nord

6. Bewertung organischer Düngemittel

Die organischen Düngemittel können preisgünstige Düngemittel sein, wenn alle darin enthaltenen Nährstoffe optimal genutzt und verwertet werden. Der Preis für ein organisches Düngemittel wird ermittelt, indem die enthaltenen Nährstoffe mit dem jeweiligen Preis für mineralische Düngemittel bewertet werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Nährstoffe organischer Düngemittel gegenüber Mineraldüngern nicht immer voll angerechnet werden können. So kann der enthaltene Stickstoff unter guten Bedingungen nur zu 70 % angerechnet werden.

Über Wirtschaftsdünger werden nicht nur Stickstoff, sondern auch Grundnährstoffe ausgebracht. Je besser die Nährstoffzusammensetzung des Wirtschaftsdüngers dem Nährstoffbedarf der Kultur entspricht, desto einfacher ist der jeweilige Wirtschaftsdünger in die Düngplanung einzubeziehen.

Ist beispielsweise der P-Gehalt eines entsprechenden organischen Düngemittels im Verhältnis zum Düngbedarf sehr viel höher als bei einem anderen Nährstoff, wird die Ausbringungsmenge durch den P-Bedarf begrenzt. Wird die Ausbringungsmenge über den P-Bedarf hinaus erhöht, können die Bodengehalte über ein erforderliches Mindestmaß angehoben werden. Da Phosphor im Boden weitestgehend erhalten bleibt und späteren Kulturen zur Verfügung steht, ist das zunächst unproblematisch. Die P-Düngung ist dann jedoch an anderer Stelle der Fruchtfolge zu reduzieren, um den zulässigen P-Überhang im Nährstoffvergleich nach DÜV von derzeit 20 kg P₂O₅/ha einzuhalten.

Vergleicht man die Kalidüngung über Wirtschaftsdünger im Herbst mit einer Mineraldüngung im Frühjahr, stellt man vor allem auf leichten Böden fest, dass Kali durch die Winterniederschläge in erheblichem Maße ausgewaschen werden kann.

Von dem Düngerwert der Wirtschaftsdünger sind noch die Mehrkosten der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern gegenüber Mineraldüngern abzuziehen.

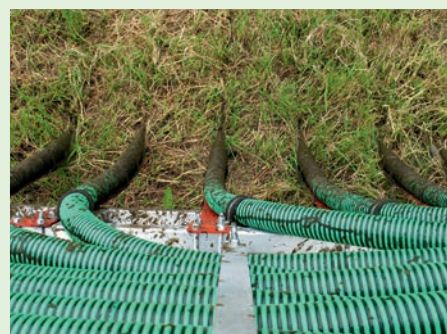
Ein Berechnungstool zur Ermittlung des Düngerwertes von Wirtschaftsdüngern kann auf der Internetseite der Landwirtschaftskammer heruntergeladen werden.

<http://www.lksh.de/landwirtschaft/pflanze/duengung-allgemein/edv-anwendungen/>

Nur bei Vorliegen einer genauen Analyse des Düngemittels kann der Wert des Wirtschaftsdüngers richtig bestimmt werden. Die errechneten Werte sind insbesondere geeignet, die Preiswürdigkeit verschiedener Wirtschaftsdünger zu vergleichen. Der ermittelte Wert stellt keinen Handelspreis dar, da sich dieser am Markt bildet.

Der Wert des Wirtschaftsdüngers hängt von folgenden Faktoren ab:

- Enthaltene Nährstoffe wie Stickstoff, Phosphor, Kali, Magnesium und Schwefel
- N-Ausnutzung in Abhängigkeit von Ausbringzeitpunkt und Kulturart
- Dem jeweiligen Preis für Mineraldünger
- Dem Gehalt an Mikronährstoffen und Calcium
- Dem Beitrag zur Humusproduktion



Gülle in eine Grünlandnarbe verlustarm eingebracht. Foto: Zunhammer

Die folgende Tabelle stellt beispielhaft ein Schema zur Berechnung des monetären Düngerwertes der Wirtschaftsdünger auf Basis von Nettopreisen für Mineraldünger dar.

Tabelle 3: Beispielschema zur monetären Bewertung organischer Düngemittel basierend auf Nettopreisen für Mineraldünger

| Wirtschaftsdünger | TS-Gehalt in % | N-Verfügbarkeit | Nährstoffe je m ³ | | | | | | P-Verfügbarkeit | Nährstoffwert in €/t, m ³ |
|-------------------|----------------|-----------------|------------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------|-----|-----|-----------------|--------------------------------------|
| | | | N | | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO | CaO | | |
| | | | gesamt | NH ₄ -N | | | | | | |
| Gärrest flüssig | 5 % | 50 % | 4 | 2,3 | 1,4 | 3,7 | 0,6 | | 100 % | 5,0 |
| Schweinemastgülle | 3 % | 60 % | 3,6 | 2,9 | 1,6 | 2,3 | 0,7 | 1,5 | 100 % | 4,4 |
| Rindergülle | 7 % | 50 % | 3,5 | 2 | 1,4 | 3,4 | 0,9 | 1,6 | 100 % | 4,7 |

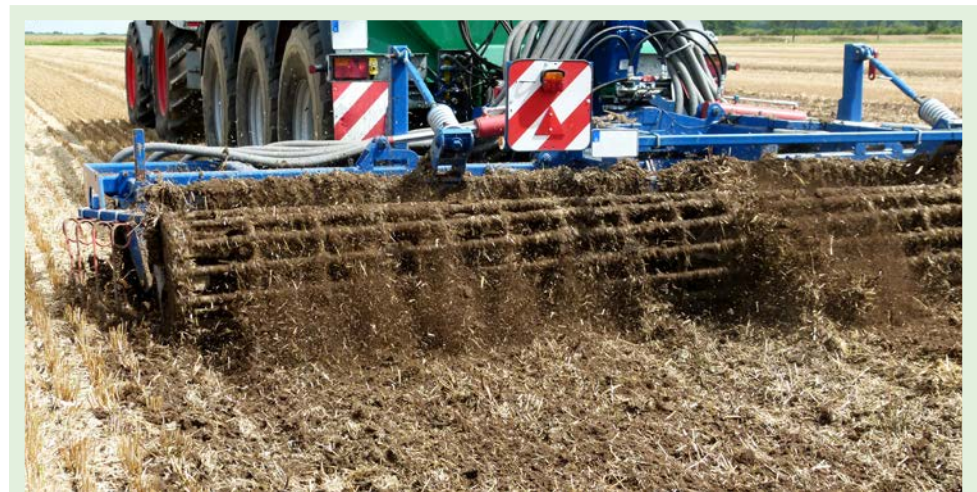
| Mineraldüngerkosten | Harnstoff | 32,0 €/dt |
|---------------------|--------------------|-----------|
| | DAP | 50,0 €/dt |
| | 40 er Kali | 26,5 €/dt |
| | SSA | 22,0 €/dt |
| | Fastlime | 3,1 €/dt |
| | Rügener Kreidekalk | 3,0 €/dt |

| Nährstoffkosten in €/kg | N | 0,70 €/kg |
|-------------------------|-------------------------------|-----------|
| | P ₂ O ₅ | 0,81 €/kg |
| | K ₂ O | 0,65 €/kg |
| | MgO | 0,12 €/kg |
| | CaO | 0,04 €/kg |
| | S | 0,31 €/kg |

Quelle: S. Schmidt

Die Stickstoffverfügbarkeit ist in der Tabelle beispielhaft angerechnet worden. Je nach Ausbringtermin und genutzter Ausbringtechnik könnte die Anrechnung des Stickstoffs

aus den Wirtschaftsdüngern auch höher angesetzt werden, was sich auf den anrechenbaren monetären Wert der Wirtschaftsdünger positiv auswirken würde.



Güledirekteinbringung ist ein sehr guter Weg, um die Emissionsverluste in Bezug auf den Stickstoff bei der Ausbringung auf die Stoppeln oder zu Silomais zu minimieren. Dadurch werden auch mehr Inhaltsstoffe der Gülle/Gärreste pflanzenbaulich genutzt, was sich auf die monetäre Bewertung des Verfahrens positiv auswirkt. Außerdem ergeben sich so keine Probleme mit der Befahrbarkeit bei der Einarbeitung! Es bleibt allerdings zu beachten, dass bei diesem Verfahren der Aspekt des Bodendrucks in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte eventuell stärker beachtet werden muss, weil aufgrund der geringeren Arbeitsbreite deutlich mehr Fahrspuren auf der Fläche anfallen. Foto: P. Lausen

7. Ausbringkosten für flüssige Wirtschaftsdünger im Vergleich

Emissionsarme Ausbringtechnik verursacht bei oberflächlicher Betrachtung höhere Kosten für die Verteilung der organischen Düngemittel. Zur genauen Bewertung der Kosten müssen verschiedene Faktoren herangezogen werden.

In der folgenden Tabelle sind für Rindergülle, Schweinegülle und Biogasgärreste sowie für weitere Wirtschaftsdünger die durchschnittlichen Anteile der Hauptnährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kali gemäß LUFA ITL-Untersuchung abgebildet. Diese Werte können einzelbetrieblich enormen Schwankungen unterliegen.

Deswegen ist den Betrieben generell anzuraten, ihre eigenen Wirtschaftsdünger untersuchen zu lassen.

Die Gehalte der einzelnen Nährstoffarten und auch der Gesamtnährstoffgehalt pro Kubikmeter sind je nach Wirtschaftsdüngerart unterschiedlich. Je nach Ausbringssystem ergeben sich in Bezug auf Stickstoffverluste verschiedene Niveaus, wie unter Kapitel 4 dargestellt. Deswegen sollten die Ausbringkosten immer auf die insgesamt anrechenbaren Nährstoffe umgelegt werden.

Tabelle 4: Inhaltsstoffe von organischen Düngemitteln (in kg/m³)

| organischer Dünger | TS-Gehalt | Stickstoff | | Phosphor | Kali | Gesamtkilogramm Nährstoff pro m³ oder t |
|--------------------|-----------|------------|--------------------|-------------------------------|------------------|---|
| | | gesamt N | NH ₄ -N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | |
| Rindergülle | 7,0 % | 3,5 | 2 | 1,4 | 3,4 | 8,3 |
| Rinderjauche | 2 % | 3 | 2,7 | 0 | 8 | 11 |
| Schweinegülle | 3,0 % | 3,6 | 2,9 | 1,6 | 2,3 | 7,5 |
| Biogasgärrest | 5,1 % | 4 | 2,3 | 1,4 | 3,7 | 9,1 |
| Rindermist | 25,0 % | 5 | 0,4 | 3 | 7 | 15 |
| Schweinemist | 23,0 % | 6 | 0,5 | 4 | 3 | 13 |
| Pferdemist | 25,0 % | 6,5 | 0,5 | 3 | 6 | 16 |
| Hühner trockenkot | 45,0 % | 24 | 10 | 17 | 14 | 55 |

(Richtwerte für die Düngung LWK-SH 2013)

In der folgenden Tabelle sind Kosten für die Ausbringung mit Düsenbalken, Schleppschlauch und Schleppschuh für verschiedene organische

Düngemittel beispielhaft dargestellt. Das Temperaturniveau entspricht in etwa den Ausbringbedingungen im späten Frühjahr und im Sommer.

Tabelle 5: Vergleich der Kosten für verschiedene Ausbringssysteme pro kg anrechenbarem Nährstoff

| Ausbringtechnik | Kosten pro Stunde (ohne Diesel und MwSt.) 18m³-Wagen | m³ pro Stunde (3 km Transportentfernung) | Netto-Ausbringkosten pro m³ | NH ₃ -verluste in % bei Ausbringung von NH ₄ -N zwischen 15° und 25° Celsius Lufttemperatur | Ausbringkosten pro anrechenbarem kg Nährstoff | | |
|-----------------|--|--|-----------------------------|---|---|---------------|---------|
| | | | | | Rindergülle | Schweinegülle | Gärrest |
| Düsenbalken | 85 | 60 | 1,42 € | 75% | 0,21 € | 0,27 € | 0,19 € |
| Schleppschlauch | 95 | 60 | 1,58 € | 50% | 0,22 € | 0,26 € | 0,20 € |
| Schleppschuh | 100 | 60 | 1,67 € | 25% | 0,21 € | 0,25 € | 0,20 € |

(Eigene Berechnungen BVSH und Lohnunternehmerverband)

Die Nährstoffgehalte basieren auf den Annahmen aus Tabelle 4. Dabei ist immer nur der Teil des Stickstoffs mit angerechnet worden, der auch pflanzenbaulich wirksam wird. Phosphor und Kali wurden bei den Berechnungen bei allen Verfahren in der vollen Menge berücksichtigt. Bei der Kostenkalkulation der Ausbringfahrzeuge wurden Nettostundenpreise eines 18-Kubikmeter-Gülewagens angesetzt. Die Annahmen basieren auf einer Hof-Feld-Entfernung von 3 Kilometer und einer Leistung von 60 m³ pro Stunde.

Beim reinen Vergleich der Kosten pro Stunde oder Kubikmeter erscheint der Düsenbalkenwagen vorerst als günstigste Variante. Unter den genannten Annahmen hat der Prallteller aber die höchsten Stickstoffverluste durch Emissionen. Das Schleppschlauchsystem und auch der Schleppschuh schneiden hier deutlich vorteilhafter ab.

Dieser Effekt spiegelt sich in den Kosten für die Ausbringung pro kg Nährstoff wider. Je geringer die Emissionsverluste beim Stickstoff, desto geringer die Ausbringkosten pro kg Nährstoff. Dadurch rentiert sich die emissionstechnisch bessere Ausbringtechnik langfristig auch betriebswirtschaftlich. Der Vorteil dieser Systeme in Bezug auf die Nährstoffbilanzen und die Stickstoffüberhänge ist einzelbetrieblich äußerst positiv zu bewerten.

Je nach Gehalt an Phosphor und Kali, die immer in voller Menge angerechnet wurden, verändern sich die Ausbringungskosten der verschiedenen organischen Düngemittel. Der Gärrest im Beispiel hat im Vergleich zur Rinder- oder Schweinegülle die höchsten Gehalte an Kali und Phosphor. Deswegen ist der Effekt auf die Ausbringkosten im Verhältnis geringer anzusetzen, als bei den anderen Wirtschaftsdüngern.



Gülle in Getreidestoppeln mit Untersaat geschlitzt und in eine Grünlandnarbe per Schleppschuh eingebracht. Foto: F. Steinmann links und rechts S. Jensen

8. Transportsysteme, Zwischenlagerung und Transportkosten

Beim Thema Transportsysteme muss grundsätzlich zwischen festen und flüssigen Wirtschaftsdüngern unterschieden werden. Weiterhin gibt es auch unterschiedliche gesetzliche Auflagen für die Zwischenlagerung der verschiedenen Wirtschaftsdünger. Zusätzlich sollte darüber nachgedacht werden, ob der Transport der Wirtschaftsdünger innerhalb eines Betriebes auf relativ kurzen Wegstrecken erfolgen soll, oder ob Nährstoffe aus einer Region ausgelagert werden sollen.

Bei flüssigen Wirtschaftsdüngern stellt sich in diesem Zusammenhang dann die Frage, wie die Nährstoffe möglichst preiswert exportiert werden können. Dabei kommen rein in Bezug auf die stofflichen Eigenschaften der flüssigen Wirtschaftsdünger grundsätzlich folgende Möglichkeiten für die überregionale Auslagerung in Frage:

- Rohgülle/Rohgärrest
- Sinkschichten aus den Behältern
- Separierte Ware (feste Fraktion)

Gezielte Nutzung von Senkschichten bei Schweinegülle

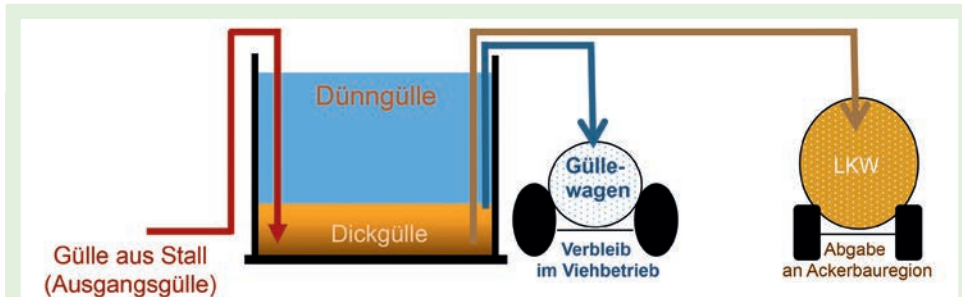


Abbildung 3: Die folgende Abbildung stellt schematisch dar, wie der gezielte Transport von „Dickgülle“ aus einem Betrieb oder einem Behälter heraus funktionieren könnte, um möglichst viel Nährstoffe mit wenig Transporten aus einem Betrieb zu exportieren oder innerhalb eines Betriebes auf größere Entfernungen gezielt zu nutzen.
Quelle: H. Kowalewsky

Für den Transport flüssiger Wirtschaftsdünger (Rohgülle/Rohgärreste und flüssige Separationsware) stehen verschiedene Systeme zur Verfügung:

- Transport direkt während der Ausbringung mit dem Güllewagen
- Transport per Zubringer zum Feld
- Transport per Zubringer zu einem dezentralen Lagerbehälter

In Abhängigkeit von der Schlaggröße und dem Grad der Arrondierung muss im Einzelfall abgewogen werden, welches System betriebswirtschaftlich am sinnvollsten ist.

Grundsätzlich sind emissionsarme Ausbringverfahren mit einer hohen Nährstoffeffizienz in

Kombination mit hoher Schlagkraft zu bevorzugen. Dadurch ist man in der Lage, bei der nachfolgenden Bodenbearbeitung den Wirtschaftsdünger ohne größere Wartezeiten direkt hinter dem Ausbringfahrzeug einzuarbeiten. Für eine hohe Auslastung der emissionsarmen Ausbringtechnik bieten sich Zubringersysteme an. Dabei entstehen zwar zusätzliche Kosten, aber die Ausbringtechnik wird effizienter genutzt.

Aus der folgenden Abbildung wird beispielhaft ersichtlich, wie sich die Kosten von LKW- und Schlepperzubringern im Verhältnis zur Transportentfernung zueinander verhalten. Die Datenbasis stammt vom Lohnunternehmerverband Schleswig-Holstein und beruht auf Nettopreisen inklusive Dieselpreisen.

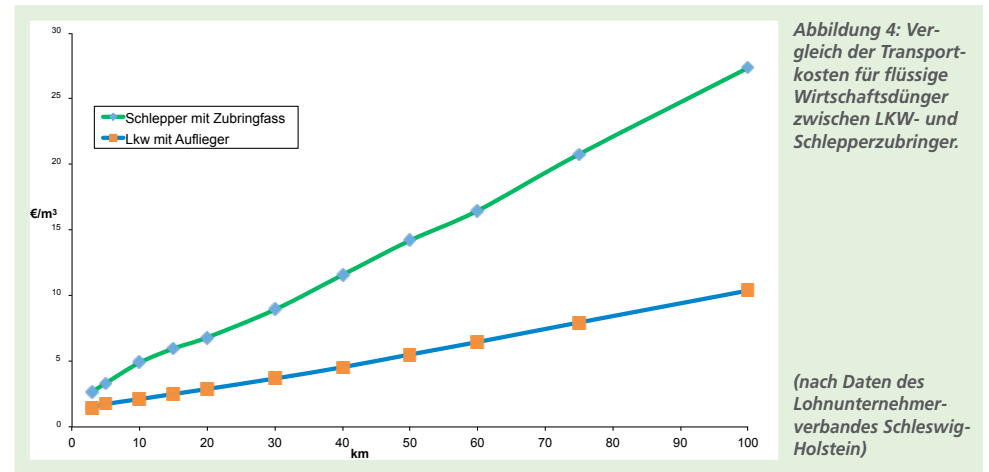


Abbildung 4: Vergleich der Transportkosten für flüssige Wirtschaftsdünger zwischen LKW- und Schlepperzubringern.

(nach Daten des Lohnunternehmerverbandes Schleswig-Holstein)

Das LKW-System mit 27 Kubikmeter Zuladung (blaue Linie) ist von den Kosten her günstiger als das Schleppergespann mit 21 Kubikmeter Zuladung (grüne Linie). Mit steigender Transportentfernung steigt die Vorzüglichkeit des LKW. Der Übergabepunkt zum Ausbringfahrzeug sowie das Wegenetz müssen den LKW-Einsatz natürlich gestatten.

Zubringersysteme können die Wirtschaftsdünger entweder direkt übergeben oder in einen Feldrandcontainer überladen.

Der Vorteil des Feldrandcontainers liegt bei entsprechender Flächengröße darin, dass weder das Zubring- noch das Ausbringfahrzeug Wartezeiten für die Übergabe in Kauf nehmen müssen.

Beim Vergleich der Transportkosten für feste und flüssige Wirtschaftsdünger sollte immer abgewogen werden, wieviel kg Nährstoff im Verhältnis transportiert werden. Die Transportkosten sollten grundsätzlich auf das transportierte kg Nährstoff umgelegt werden.

Beim reinen Nährstoffexport aus einem Betrieb stellt sich die Frage, ob der Betrieb Rohgülle bzw. Rohgärreste oder weiter aufkonzentrierte Ware auslagern will. Dahinter steckt die Überlegung, wie hoch die Kosten pro ausgelagertem kg Nährstoff sind und ob das Konzept rein lagertechnisch auf dem Betrieb umsetzbar ist.



Direkte Übergabe von flüssigem Wirtschaftsdünger vom Zubringer an einen Güllewagen. Foto: S. Jensen



Ausbringfahrzeug holt Gülle/Gärreste selbst vom Behälter. Foto: Zunhammer



Übergabe vom Zubringer-LKW an einen Feldrandcontainer und Abholung durch ein Ausbringfahrzeug.
Foto: P. Hartmann

Aus der folgenden Tabelle lassen sich einige Informationen zum Thema Nährstoffgehalte von Rindergüllen entnehmen, die durch ein Separati-

onsverfahren gelaufen sind. Die Daten sind aber keinesfalls als repräsentativ zu betrachten, weil sie aus einer beispielhaften Untersuchung stammen.

Tabelle 6: Vergleich der Nährstoffgehalte von normaler Rohgülle und den beiden Phasen aus der Separation

| | Einheit | Rohgülle | Dünngülle | Feststoffe |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Trockenrückstand | % | 9 | 5,7 | 22,1 |
| Gesamtstickstoff (N) | kg/t | 4,7 | 4,4 | 5,1 |
| Ammonium (NH ₄ -N) | kg/t | 2,8 | 2,7 | 2,5 |
| Phosphat (P ₂ O ₅) | kg/t | 1,7 | 1,6 | 2,4 |
| Kalium (K ₂ O) | kg/t | 4,3 | 4 | 4 |
| Magnesium (MgO) | kg/t | 1,6 | 1,3 | 2,7 |
| Gesamtnährstoffe pro Tonne: | kg/t | 12,3 | 11,3 | 14,2 |

Quelle: GWS Nord

Die aufgeführten Daten zeigen, dass die Nährstoffgehalte pro Tonne in der festen Phase höher liegen und diese deswegen rein in Bezug auf den Nährstoffgehalt transportwürdiger wäre. Beim Einsatz von Separationsverfahren ist es sehr sinnvoll, die entstandenen Substrate (feste und flüssige Phase) auf ihre Nährstoffgehalte hin zu untersuchen. Gerade bei der Separation können die Inhaltsstoffe in Abhängigkeit des Abscheidungsgrades und der Ausgangssubstrate erheblich von den Richtwerten abweichen.

Um diese Thematik abschließend bewerten zu können, müssen einzelbetrieblich noch die Kosten für die Separation und die Lagerkonzepte auf den Betrieben mit kalkuliert werden. Weiterhin müsste auch der tatsächliche pflanzenbauliche Wert der separierten Ware für die aufnehmenden Betriebe bewertet werden. Deswegen ist eine Untersuchung der entstandenen Substrate anzuraten. Hierbei wäre vor allem die Wirkung des enthaltenen Stickstoffs interessant.

9. Wirtschaftsdüngeruntersuchung

Ein Blick auf die in Schleswig-Holstein untersuchten Wirtschaftsdünger macht sehr schnell deutlich, dass sehr große Unterschiede zwischen den Herkünften bestehen. Aber auch nach der Korrektur auf einen gleichen TS-Gehalt zeigen sich noch große Abweichungen. Die Tabelle 4 in Kapitel 7 zeigt die durchschnittlichen Nährstoffgehalte von Wirtschaftsdüngern aus Schleswig-Holstein.

Die Abweichungen der Analyseergebnisse der eigenen Wirtschaftsdünger von den

Durchschnittswerten machen deutlich, dass eine betriebsindividuelle Untersuchung von organischen Nährstoffträgern als wesentlicher Beitrag zur bedarfsgerechten Düngung unumgänglich ist.

Am folgenden Beispiel einer Düngplanung wird aufgezeigt, welche Effekte die Unter- oder Überschätzung der Nährstoffgehalte von Wirtschaftsdüngern in Bezug auf Düngung für die Erträge haben kann.

Tabelle 7: Effekte einer fehlerhaften Nährstoffbewertung bei organischen Düngemitteln in einer Düngplanung zu Silomais

| | Einheit | Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 |
|---|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| | | Unterschätzung des Nährstoffgehaltes | Überschätzung des Nährstoffgehaltes | Nährstoffgehalt richtig eingeschätzt |
| durchschnittliches Ertragsniveau des Schlages | t FM | 40 | | |
| | t TM | 13 | | |
| N-Sollwert | kg N/ha | 150 | | |
| Nmin-Gehalt | kg N/ha | 25 | | |
| Geplante Gesamt-N-Düngung | kg N/ha | 125 | | |
| Unterfussdüngung | | 20 | | |
| geplante Düngung mit Wirtschaftsdünger bei einer Anrechnung des Stickstoffs von 70% | | 105 | | |
| Gülmengende (berechnet auf Basis 3,5 kg N/m ³) | m ³ /ha | 43 | | |
| gemessener N-Gehalt der Gülle bei 7% TS | Gesamt N/m ³ | 3,5 | | |
| vermuteter N-Gehalt | Gesamt N/m ³ | 4 | 3 | 3,5 |
| organische Düngung bei 70% Anrechnung | kg N/ha | 120,4 | 90,3 | 105 |
| Überdüngung | kg N/ha | 15,4 | | 0 |
| Unterdüngung | kg N/ha | | 14,7 | 0 |

Quelle: Eigene Darstellung

Die Überdüngung aus der Variante 1 ist jedoch unbedingt zu vermeiden, da die Gewässer dadurch belastet werden und die geforderte Grenze beim N-Überhang von 60 kg/ha kaum noch erreicht werden kann.

Gülle oder Substratrest sollten mindestens einmal im Jahr analysiert werden. Hierdurch können der Einkauf von Mineraldüngern reduziert und N-Überhänge gesenkt werden.

Bei der Abgabe von Wirtschaftsdüngern ist eine aktuelle Analyse erforderlich, um zu wissen, welche Menge abgegeben werden muss, um die Grenze von 170 kg N/ha zu unterschreiten. Aber auch der aufnehmende Betrieb muss wissen, wieviel Nährstoffe, insb. Stickstoff, er bekommt.

Eine sachgerechte Analyse von flüssigen Wirtschaftsdüngern kann nur erfolgen, wenn



Aufrühren eines Behälters mit Abdeckung bei dem die Streben der zurückgeklappten Abdeckplane sichtbar sind. Foto: S. Jensen



Aufrühren eines Gülle- oder Gärrestlagers ohne extra Abdeckung mit reiner Schwimmschicht. Foto: S. Jensen

die Gülle oder Gärreste im Behälter entsprechend aufgerührt (homogenisiert) wurden und die Nährstoffe somit gleichmäßig verteilt sind. Falls man gezielt Dünngülle und Sinkschichten z. B. bei Schweinegülle nutzen möchte, müsste das Rühren unterbleiben. Das Aufrühren von flüssigen Wirtschaftsdüngern kann mit folgenden Verfahren erfolgen:

- Pumpe mit Rührstrahl
- Tauchmotorrührwerk
- Gestängerrührwerk
- Turmmixer

Je nach Ausgangsstoff sollte das Aufrühren während des gesamten Entnahmeprozesses erfolgen (z. B. bei Schweinegülle) oder kann bereits vorher abgebrochen werden.

Standardanalyse

Bei der Laboruntersuchung werden folgende Werte gemessen:

- Gesamtstickstoff
- Ammoniumstickstoff
- Phosphat
- Kalium
- Magnesium
- Natrium
- TS-Gehalt



Güllerührer im Einsatz. Foto: S. Jensen

Schnellanalyse

Neben der Vollanalyse kann durch eine Schnellanalyse ein wertvoller Hinweis gegeben werden, um die Düngemenge zum Zeitpunkt der Ausbringung nachzusteuern. Diese Verfahren können die Vollanalyse nicht ersetzen, wohl aber eine schnelle Information vorort geben.

Durch ein Nahinfrarot-System (NIRS) lassen sich der TS- und der N-ges-Gehalt sehr gut bestimmen. Diese Messung kann beim Befüllen jedes Güllewagens oder aber am Güllewagen im Ausbringstrom erfolgen. Durch die Permantmessung bei der Ausbringung kann eine N-Menge vorgegeben und erreicht werden.

Bei der Messung durch das Quantofixverfahren wird der Ammonium-N-Gehalt einer Probe innerhalb weniger Minuten indirekt bestimmt. Bei Kenntnis des Anteils vom Ammonium-N-Gehalt am Gesamt-N-Gehalt kann dieser errechnet werden.

Die größte Abweichung zwischen den Gülleproben eines Betriebes ist in der TS begründet. Daher kann durch eine Schnellbestimmung des TS-Gehalts und den vorliegenden Ergeb-

nissen der Vollanalyse die Zusammensetzung einer Gülle gut eingegrenzt werden. Dies ist jedoch nicht anzuraten, wenn die Fütterung nach der Vollanalyse umgestellt wurde.

Deklaration (gemäß Düngemittelverordnung)

Bei überbetrieblichem Handel eines Wirtschaftsdüngers von mehr als 200 t/Jahr kann die Nährstoffzusammensetzung auch der dafür erforderlichen Deklaration entnommen werden. Die Deklaration für Inverkehr gebrachte Wirtschaftsdünger muss nach den Vorgaben der Düngemittelverordnung erfolgen. Als Inverkehrbringen ist die Lieferung von mehr Wirtschaftsdünger als 200 t FM zu einem anderen Betrieb zu verstehen. Ein anderer Betrieb ist in diesem Fall auch ein zweiter rechtlich getrennter Betrieb derselben Person. Um diese Vorgaben einzuhalten, ist es am einfachsten, die dafür vorgesehenen Formulare der Untersuchungslabore zu verwenden. Diese liefern bei Angaben zu Herkunft und Zusammensetzung (Anteil N tierischer Herkunft) eine entsprechende Deklaration gegen geringen Aufpreis.



Quantofix Schnelltesttechnik für die Nährstoffbestimmung flüssiger Wirtschaftsdünger. Foto: F. Steinmann

10. Precision Farming bei der Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger

Precision Farming, also die gezielte Nutzung des globalen Positionssystems (GPS) und weiterer Sensoren zur exakten und bedarfsgerechten Ausbringung der Wirtschaftsdünger, kann helfen, die gezielte Nährstoffausnutzung bei Wirtschaftsdüngern zu erhöhen.

ders auf Grünland kann hier die Genauigkeit weiter verbessert werden. Zusätzlich werden die Ausbringkosten durch den Einsatz dieser Technik optimiert.

Durch die Verwendung von Lenksystemen eröffnet sich eine weitere Einsatzmöglichkeit für die Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern:

Die Precision Farming Methoden sind vielfältig:

- Lenksysteme
- Strip Tillage und Depotdüngung
- Teilbreitenschaltung und Vorgewendemanagement
- NIRS-Sensoren zur Nährstoffbestimmung
- Stickstoffsensoren zur Messung des aktuellen Versorgungszustandes der Pflanzen

- Die Streifenlockerung und organische Düngerbandablage zu Reihenkulturen – ob als Depot in 20 bis 30 cm unter oder neben der Saatreihe
- Unterfußdüngung zur Saat.

Bei beiden Möglichkeiten wird die Gülle direkt eingearbeitet und damit verlustarm ausgebracht. Bei der Depotdüngung im Silomais wird die Gülle bzw. der Gärrest in einem Band im Boden auf fest definierten Spuren abgelegt. Das Maissaatgut wird danach absetzig mittels GPS unterstützter Aussaat oberhalb von diesem Nährstoffband abgelegt.

Parallelfahrssysteme können bei der Ausbringung unerwünschte Überlappungen und damit Doppelausbringung minimieren. Auf diese Art und Weise ist eine Verbesserung der Ausbringungsgenauigkeit bei allen vorgenannten Ausbringssystemen möglich. Beson-



Überlappung bei der Ausbringung mit einem Schleppschauchsystem.

Foto: J. Scherrer



Gülle bzw. Gärrestausbringung mit einem Strip-Till-Gerät.

Foto: E. Reese

So applizierter flüssiger Wirtschaftsdünger kann mineralischen Unterfußdünger wirkungsvoll ersetzen!

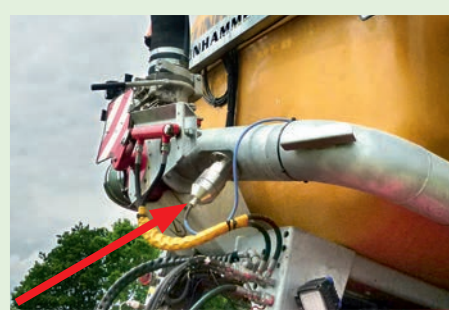


Depotdüngung im Düngerband.

Foto: Y. Reckleben

Die GPS gestützte Teilbreitenschaltung bietet die Möglichkeit bei keilförmigen Flächen Grenzen die Überlappung auf ein Minimum zu reduzieren und das exakte Aus- und Einschalten sicherzustellen.

Die NIRS-Sensortechnik ist derzeit bei Zuhammer, Kotte und Fliegel bereits als Komponente verfügbar. Hier wird in einem Bypassverfahren die aktuelle Gesamtstickstoff- und Ammoniumstickstoffmenge sowie der TS-Gehalt bestimmt. So müssen keine Kubikmeter als Dosiermenge festgelegt werden, sondern die angestrebte Nährstoffmenge je Hektar.



NIRS Messgerät zur Bestimmung der Nährstoffgehalte von flüssigen Wirtschaftsdüngern während der Ausbringung. Foto: P. Lausen

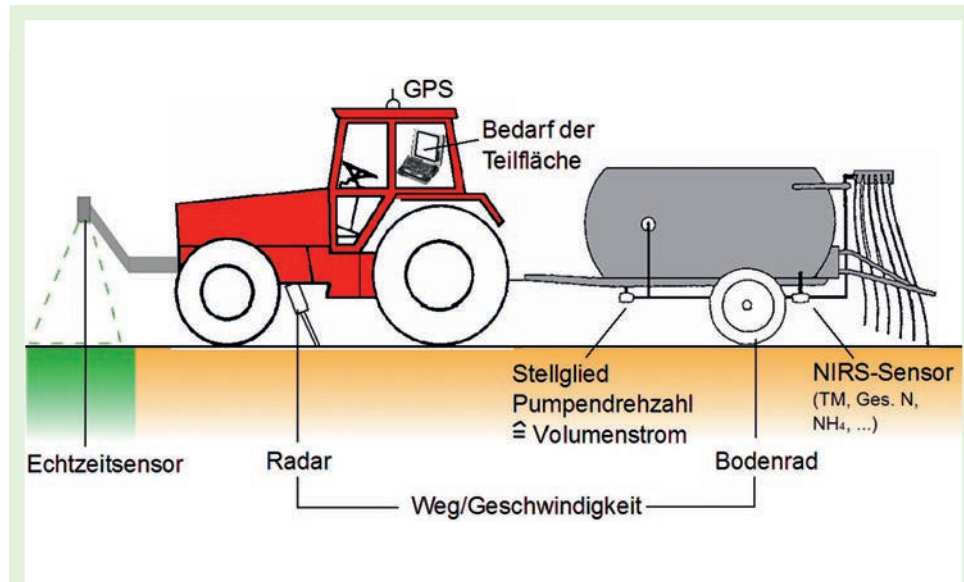


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Anwendung verschiedener Precision Farming Systeme zur optimal am Nährstoffbedarf orientierten Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern. Y. Reckleben

Eine weitere Möglichkeit bietet die Nutzung von Sensoren zur Bestimmung der Grünfärbung und Stickstoffaufnahme.

Diese Sensoren messen die N-Aufnahme im Bestand und können direkt die Gülleausbringungstechnik steuern. Gerade die separierte

flüssige Phase bietet sich für die Ausbringung im 6 bis 8-Blattstadium im Silomais an. Besonders wenn die Ausbringtechnik mit der aktiven Nährstoffbestimmung der Gülle oder Gärreste mit einem NIRS-Sensor ausgestattet ist, wird die Ausbringmenge nach kg N und nicht nach Kubikmeter gesteuert.

11. Gülleensäuerungs- und N-Stabilisierungsverfahren

Der Stickstoff im Wirtschaftsdünger liegt zum großen Teil als Ammoniumstickstoff vor. Wird der Wirtschaftsdünger auf der Fläche breit verteilt, dann ist die Gefahr groß, dass dieser Ammoniumstickstoff als gasförmiger Verlust in die Atmosphäre entweicht. Daher ist der Wirtschaftsdünger sofort (nach DüngeVO innerhalb von 4 Stunden) einzuarbeiten, um diese Verluste zu vermeiden.

Gülleensäuerung

Bei der Ausbringung in den Pflanzenbestand ist die Einarbeitung nicht möglich. Daher besteht bei der Gülle- und Substratrestdüngung der Wintersaaten im Frühjahr und auf Grünland die Möglichkeit durch die Ansäuerung mit Schwefelsäure den pH-Wert der Gülle oder des Substratrestes so weit abzusenken, dass Ammoniakverluste weitgehend vermieden werden. In der Gülle liegt der pH-Wert um pH 8,0 bei Substratresten zumeist bei pH 8,5.

In Versuchen in Schleswig-Holstein und Dänemark konnte durch die Absenkung des pH-Wertes unter 6,0 der Ammoniakverlust im

Mittel von vier Schritten um bis zu 80 % reduziert werden gegenüber der Ausbringung mit Schleppschläuchen ohne Ansäuerung. Dieser Effekt ist umso bedeutender, je mehr Menge bei höheren Temperaturen ausgebracht wird.

N-Stabilisierung

Ein anderer Weg zur Verbesserung der N-Effizienz kann durch die Stabilisierung über Zusätze zur Gülle oder zum Substratrest erfolgen. Auf dem Markt sind mehrere Produkte verfügbar, die dasselbe Ziel verfolgen.

Die Wirkung besteht darin, dass der Übergang von dem in Ammoniumform zu in Nitratform gebundenem Stickstoff verzögert wird. Dadurch hat die Pflanze die Möglichkeit, den Stickstoff als Ammonium aufzunehmen. Solange dieser Stickstoff jedoch nicht in Nitrat umgewandelt wurde, ist er vor Auswaschung geschützt. Der Zusatz von N-Stabilisatoren hat in Versuchen, insbesondere bei der Strip-Till-Ausbringung in Mais, einen deutlich positiven Effekt gezeigt.



Gülleausbringung mit einem Gülleensäuerungssystem.

Foto: M. Toft

12. Empfehlungen der Arbeitsgruppe „Ausbringverfahren“

Die Ausführungen in der Broschüre zeigen, wie komplex das Thema Ausbringverfahren sein kann. Es beginnt schon bei der Analyse der Inhaltsstoffe der Wirtschaftsdünger, dem konsequenten Aufrühren und geht bis zum nährstoffeffizientesten Ausbringverfahren, passend zum jeweiligen Standort, und Zeitpunkt und perspektivisch zum Einsatz von GPS-Technik.

Bei einem Vergleich der Ausbringssysteme sollten eine hohe Nährstoffausnutzung und die Gegebenheiten vor Ort die bestimmenden Faktoren der Verfahrenswahl sein. In diesem Vergleich schneiden die emissions-technisch besseren Ausbringssysteme wie der Schleppschuh, die Schlitztechnik, die Direkt-einarbeitung usw. in vielen Fällen besser ab, als die scheinbar kostengünstigere Variante der Breitverteilungssysteme. Emissionsarme Ausbringtechniken reduzieren Nährstoffbilanzüberschüsse, sparen Mineraldünger und steigern so die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von organischen Düngemitteln. Entscheidend für die monetäre Bewertung der Ausbringverfahren ist der reine Nährstoffpreis frei Wurzel.

Um die Transportwürdigkeit von flüssigen Wirtschaftsdüngern zu erhöhen und die Auslagerung von Wirtschaftsdüngern auf größere Entfernung betriebswirtschaftlich sinnvoll umsetzen zu können, bieten Separations-

verfahren für viele Betriebe eine interessante Alternative.

Zur Verbringung und Verwertung von Wirtschaftsdüngern aus sogenannten Nährstoffüberschussregionen in sogenannten Nährstoffunterschussregionen bietet die Nährstoffbörse Schleswig-Holstein eine gute Möglichkeit für die Kontaktaufnahme zwischen Betrieben, die Wirtschaftsdünger abgeben oder aufnehmen wollen. Die Nährstoffbörse Schleswig-Holstein ist unter dem folgendem Link zu erreichen:

<http://www.naehrstoffboerse-sh.de/>

Eine Vermittlung von Wirtschaftsdüngern kann natürlich auch über Lohnunternehmen, innerhalb von Beratungsringen oder zwischen Betrieben, die sich kennen, erfolgen.

Die Precision Farming Technik bietet interessante Ansätze zur weiteren Optimierung des Einsatzes von Wirtschaftsdüngern. Durch die Nutzung von Parallelfahrssystemen bei der Ausbringung von organischen Düngemitteln und einer GPS-unterstützten Teilbreitenschaltung können unerwünschte Überlappungen bei der Ausbringung vermieden werden. Perspektivisch wäre auch die Nutzung der NIRS-gestützten Nährstoffanalyse während der Ausbringung ein vielversprechender Ansatz, um in Zukunft die Nährstoffausbringung noch exakter steuern zu können.



Übergabe von Gülle- oder Gärresten von einem LKW über einen Feldrandcontainer in ein Ausbringfahrzeug. Dieses Bild zeigt quasi den Ansatz der Nährstoffbörse.

Foto: P. Lausen



Gülle bzw. Gärreste in den Boden geschlitzt (oben) und Ablage per Schleppschuh (unten). Foto: S. Jensen



Rückseite: Ausbringung von Gülle/Gärresten in einen Winterweizenbestand mit einem Schleppschlauchwagen im Frühjahr bei bedecktem Himmel.

Foto: S. Hauschild



Zusammenfassung der Ergebnisse der „AG 4 Ausbringverfahren“ aus der Allianz für den Gewässerschutz unter Beteiligung von:

Fachhochschule Kiel - Fachbereich Agrarwirtschaft

Bauernverband Schleswig-Holstein (BVSH)

Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (LWK-SH)

Landesverband der Maschinenringe Schleswig-Holstein

Landesverband der Lohnunternehmer in der Land- und Forstwirtschaft

Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (MELUR)

Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR)

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU)

Ingenieurbüro INGUS

Grundwasserschutzberatung Nord (GWS Nord)