Allianz für den Gewässerschutz

Optimale Nährstoffausnutzung aus Wirtschaftsdüngern

- Ausbringverfahren für flüssige und feste Wirtschaftsdünger
- Separation von flüssigen Wirtschaftsdüngern
- Bewertung von organischen Düngemitteln
- Empfehlungen für die Nutzung in Schleswig-Holstein

Titelbild: Einsatz eines Schleppschuhverteilers auf Grünland Bild 1 *(Werksbild Zunhammer)*

Zusammenfassung der Ergebnisse der „AG 3 Ausbringtechnik und Digitalisierung“ 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, Natur und Digitalisierung (MELUND)

Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR)

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU)

Ingenieurbüro INGUS

Grundwasserschutzberatung Nord (GWS Nord)

Gülle/Gärrest im Getreide im Frühjahr mit Schleppschlauch ausgebracht *(Werksbild Zunhammer)*

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 4
2. Ausbringsysteme für Festmist, feste Gärreste und Klärschlamm 5
3. Ausbringsysteme für flüssige Wirtschaftsdünger 6
4. Emissionsverluste flüssiger Wirtschaftsdüngerausbringung 11
5. Einführung in die Separationstechnik für flüssige Wirtschaftsdünger 14
6. Bewertung organischer Düngemittel 16
7. Ausbringkosten für flüssige Wirtschaftsdünger im Vergleich 18
8. Transportsysteme, Zwischenlagerung und Transportkosten 20
9. Wirtschaftsdüngeruntersuchung 23
10. Digitalisierung bei der Ausbringung von Wirtschafsdüngern 25
11. Gülleansäuerung- und N-Stabilisierungsverfahren 28
12. Empfehlungen der Arbeitsgruppe „Ausbringverfahren und Digitalisierung“ 29

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 auszudehnen 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 Düngebedarf 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. Gärrestausbringung mit Schleppschläuchen im Frühjahr in einen Winterweizenbestand (P. Lausen)

2. Ausbringsysteme für Festmist, feste Gärrückstände und Klärschlamm

Feste organische Dünger sind deutlich schwieriger zu verteilen als flüssige, da die Verteileigenschaften durch die sehr heterogen 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 vorzufinden. Der Vorteil der zusätzlichen Wurfscheiben liegt in der größeren Arbeitsbreite. Allerdings wird die Gleichmäßigkeit der Verteilung nahezu ausschließlich durch die Eigenschaften (Partikelgröße, Rottegrad 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 18 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. Eine Ausbringung im Herbst zur Aussaat ist bei entsprechendem Bedarf ebenfalls zulässig. Auf Grünland kann Mist je nach Rottegrad ebenso eingesetzt werden.

Streuwerk eines Miststreuers und Festmistausbringung auf Maisstoppeln mit Untersaat
(S. Schmidt links und J. Kasch rechts)

3. Ausbringsysteme für flüssige Wirtschaftsdünger

Für die Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern stehen gemäß der aktuell gültigen Düngeverordnung (2017) verschiedene Systeme zur Verfügung, die sich in den Punkten Emissionsverluste, Verteilgenauigkeit, Gewicht und Kosten unterscheiden. Die Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern auf bestelltem Ackerland darf ab dem 1. Februar 2020 nur noch streifenförmig auf oder direkt in den Boden erfolgen (s. bodennahe Ausbringtechnik und in den Boden einbringende Technik in Tab. 1). Auf Grünland und Ackerland mit mehrschnittigem Feldfutterbau gilt diese Regelung ab dem 1. Februar 2025. Ungeachtet der genannten Fristen darf Breitverteiltechnik auf unbestelltem Ackerland weiterhin angewendet werden, wenn der Dünger innerhalb von vier Stunden eingearbeitet wird (innerhalb der N-Kulisse muss innerhalb von einer Stunde eingearbeitet werden). Es ist zu erwarten, dass mit der erneut erforderlichen Novellierung der Düngeverordnung im Jahr 2020 die genannten Systeme zur Breitverteilung nach ggf. nur kurzen Übergangsfristen endgültig nicht mehr für die Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern eingesetzt werden dürfen! Pflanzenbaulich sind diese Breitverteilungssysteme fragwürdig und für den unbeteiligten Laien ein

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!

Schlitzgerät für die Ausbringung von Gülle oder Gärresten über einen Schlitz in den Boden. *(P. Lausen)*

Schleppschlauchwagen auf Winterraps (links) und Güllewagen mit Schlitzgerät beim Schlitzen.
(S. Jensen links und rechts F. Steinmann)

wesentlicher Grund für die Diskussion um die Notwendigkeit von solchen Maßnahmen. Daher sind die Breitverteilungssysteme nur noch in einer begrenzten Übergangsphase nutzbar, entsprechen aber schon seit Jahren nicht mehr den Ansprüchen der guten fachlichen Praxis und der Gesellschaft.

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 Beladekapazität für Wirtschaftsdünger bei den Ausbringfahrzeugen sinkt.

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

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 absetzigen Verfahren (z. B. mit Feldrandcontainer oder Zubringer) die 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

Ausbringung mit einem Schleppschlauchgestänge auf Raps, dass durch Verschlauchungstechnik versorgt wird. (H.Thomsen)

frühzeitige Ausbringung von organischen Düngemitteln wird sich im Regelfall sehr positiv auf die Nährstoffausnutzung auswirken. Die Zuführschläuche reagieren aber sehr empfindlich auf sogenannte Flintsteine. Deswegen ist die Nutzung der Technik auf Standtorten auf denen Flintsteine vorkommen als eher schwierig einzuschätzen.

In der folgenden Tabelle sind die vorhandenen Ausbringsysteme von den

Tabelle 2: Ausbringsysteme für flüssige Wirtschaftsdünger

System		Stickstoffverluste in % bei Ammonium-Stickstoff			Verteilgenauigkeit	Einsatz auf gefrorenem Boden	sonstige Voraussetzungen	(Anwe	
		Jan. bis Feb.	Frühjahr	Sommer				Mais vor der Saat	Mais in den Bestand
Flüssige Wirtschaftsdünger									
Schleppschlauch	reiner Schlauch	bis 25	bis 35	bis 60	gut	ja		ja	ja
	mit Pralltellern am Schlauchende (Miniprallteller)	bis 25	bis 45	bis 70	gut	ja		ja	ja
Schleppschuh		bis 25	bis 30	bis 40	gut	suboptimal		ja	ja
Verschlauchung						ja	steinfreie Schläge (ansonsten Spezialtechnik)		nein
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
Selbstfahrer							braucht Zubringer		
direkte Einbringung in den Boden	Güllegrubber	–	bis 15	bis 50	gut	nein	15 bis 20 cm tief	ja	nein
	Unterfußdüngung/ Depotdüngung	–	bis 10		gut	nein		ja	nein

(Mitglieder der AG-Ausbringverfahren, Verluste in Anlehnung an LFL Bayern)

* Prallteller, Düsenbalken und Möschaverteiler nur noch mit beschränkter Zulassung auf Ackerland ab 01.02.2020

Arbeitsgruppenmitgliedern in Bezug auf ihre Standorteignung, die technischen Eigenschaften und ihre Einsatzfelder hin bewertet worden.

Beim Einsatz von flüssigen organischen Düngemitteln auf Grünland muss ein Weg gefunden werden, um das heranwachsende Futter nicht durch die aufgebrachten Wirtschaftsdünger zu verschmutzen. Durch den Einsatz von Schleppschlauchsystemen auf Grünland besteht unter Um-

Schlitzgerät in Kombination mit Verschlauchungstechnik auf Grünland. *(H. Thomsen)*

Kulturen endung pflanzenbaulich sinnvoll)				Standortfaktoren					Eignung der Technik bei der Ausbringung	
Raps, Rüben und Getreide		Ackergras und DGL	Narbenverträglichkeit des Systems	Bodenarten			Abschwemmgefahr	Kupiertheit des Geländes	hohe Temperatur	hohe Windgeschwindigkeiten
vor der Saat	in den Bestand			Moor	Sand	Lehm				
ja	ja	nein	+	0	+	+	–	+	+	+
ja	ja	nein	+	0	+	+	–	+	+	+
ja	ja	ja	+++	+	++	++	+	++	+	++
	bei Getreide ja, bei Raps nein	wie Schleppschlauch	++ (Problem Raps), geht aber bei Getreide nur in der ersten Gabe	+++	+++	+++	–	+++		
ja	nein	ja	+ (in Abhängigkeit von der Anzahl der Überfahrten und vom Standort)	–	+	0	+	++	++	++
			++	++	++	++		++		
ja	nein	nein					++		+++	+++
ja	nein	nein					++		+++	+++

ständen die Gefahr einer solchen Futterverschmutzung, weil ausgetrocknete „Güllewürste“ im Bestand mit hochwachsen 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 sogar 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 leider 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 kaum an den Pflanzen bei der Ausbringung. So kann sowohl die Futterverschmutzung als auch die Gefahr von Ätzschäden 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. *(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:

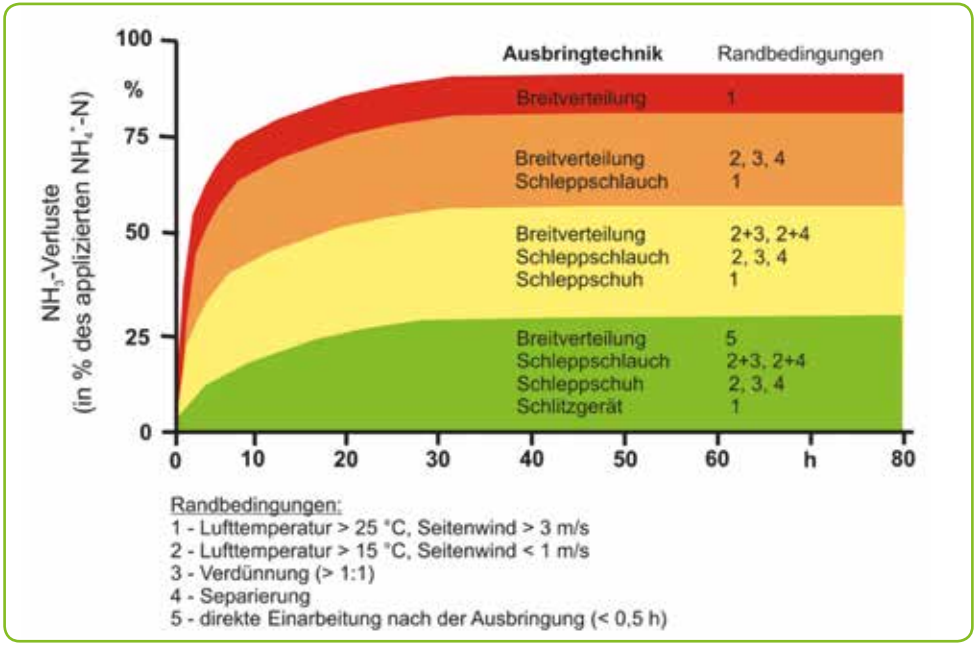
- Außentemperatur
- Windgeschwindigkeit
- Strahlungsintensität der Sonne
- Dauer bis zur Einarbeitung
- die reaktive Oberfläche des ausgebrachten Wirtschaftsdüngers

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

Die Abbildung zeigt eindeutig, dass Emissionsverluste hauptsächlich von der Ausbringtechnik 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:

Abbildung 1: NH_3-Verluste (in % des ausgebrachten NH_4-N) bei der Nutzung verschiedener Ausbringsysteme und unterschiedlichen Witterungsbedingungen. (Demmel 2011)



Direkteinarbeitung von Gülle bzw. Gärresten auf Maisstoppeln im Frühjahr. (S. Jensen) (Dr. Götz Reimer)

- 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 Schleppschlauch, der Schleppschuh und das Schlitzgerät sind nährstoffeffiziente Ausbringsysteme, die den oberirdischen Breitverteilungssystemen für die Ausbringung in Bestände oder auf Grasnarben vorgezogen werden sollten.

Einarbeitung von Gülle bzw. Gärresten mit einer Scheibenegge direkt hinter dem Ausbringfahrzeug. (J. Scherrer)

Die direkte Einarbeitung von Nährstoffen bietet ebenfalls eine gute Möglichkeit Emissionsverluste gering zu halten. Dasselbe gilt natürlich bei der Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdünger über sogenannte Strip-Till-Verfahren. Eine direkte oder zeitnahe Einarbeitung von flüssigen Wirtschaftsdüngern sichert eine hohe Nährstoffausnutzung.
Der große Vorteil der Direkteinarbeitungssysteme gegenüber den absetzigen Verfahren liegt darin, dass sich aus der kombinierten Ausbringung und Einarbeitung keine Probleme bezüglich der Befahrbarkeit ergeben. Bei dem absetzigen 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. Beim Vergleich der Ausbringkosten zwischen diesen Verfahren muss bei Direkteinarbeitung immer beachtet werden, dass dadurch die Kosten für einen flachen Bearbeitungsgang entfallen dem Verfahren zu Gute gerechnet werden müssen.
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 Boden dürfen nach geltender Rechtslage stickstoffhaltige Düngemittel nur ausgebracht werden, wenn die Böden tagsüber aufnahmefähig werden.
Schlussendlich besteht eine Chance, Nährstoffüberhänge gemäß der DüV durch emissionstechnisch effiziente Ausbringsysteme zu reduzieren.

Ausbringung mit einem Schleppschlauchsystem morgens bei Frost direkt vom Lagerbehälter aus auf einen Standort, der tagsüber gemäß Wettervorhersage aufnahmefähig werden soll. (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:

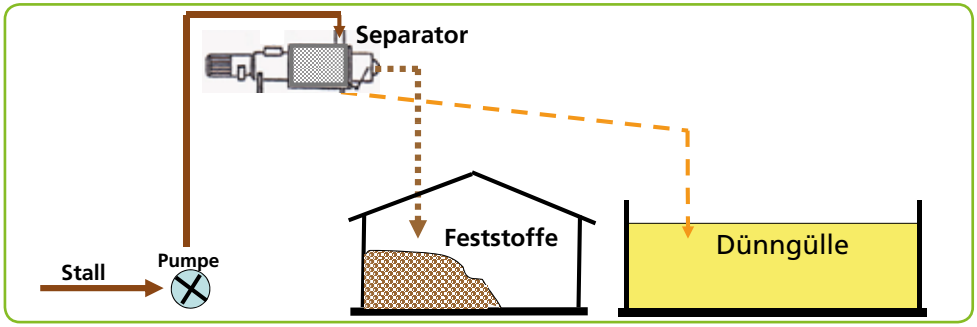
- Pressschneckenseparator (am weitesten verbreitet)
- Dekantierzentrifugen
- Siebtrommelseparatoren
- Bogensiebseparatoren
- Siebbandpressen

Die Separationssysteme müssen möglichst hohe Abscheidungsgrade umsetzten 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 verschieden 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 werden 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, 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 entnehmen, 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 Verstopfungsgefahr der Ausbringsysteme

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



- 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 NH_4-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 (NH_4-N) auf, dass relativ einfach an Bodenteilchen gebunden werden kann. Somit werden die Emissionen bei der Ausbringung

Mobiler Pressschneckenseparator auf einem Autoanhänger (GWS Nord)

Fest installierter Pressschneckenseparator direkt am Lagerbehälter und mobiler Walzenseparator (GWS Nord links und P. Lausen rechts)

reduziert. Kombiniert man die Ausbringung mit Nitrifikationsinhibitoren oder späteren Ausbringterminen in den Bestand können so gezielte Stickstoffdüngungen erfolgen (vgl. Kap. Stabilisatoren und Precision Farming).

6. Bewertung organischer Düngemittel

Die organischen Düngemittel können preisgünstige Düngemittel sein, wenn alle darin enthaltenen Nährstoffe optimal genutzt und benötigt werden. Der Preis für ein organisches Düngemittel wird ermittelt, in dem 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 Düngeplanung einzubeziehen.

Ist beispielsweise der P-Gehalt eines entsprechenden organischen Düngemittels im Verhältnis zum Düngebedarf sehr viel höher als bei einem anderen Nährstoff, wird die Ausbringmenge durch den P-Bedarf begrenzt. Wird die Ausbringmenge 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 10 kg P_2O_5/ha einzuhalten.
Vergleicht man die Kalidüngung über Wirtschaftsdünger im Herbst mit einer Mineraldüngung im Frühjahr, stellt man vor allen Dingen 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 Wirtschaftsdünger gegenüber Mineraldünger abzuziehen.
Ein Berechnungstool zur Ermittlung des Düngerwertes von Wirtschaftsdüngern kann unter lksh.de 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 Humusreproduktion

Tabelle 3 stellt beispielhaft ein Schema zur Berechnung des monetären Düngewertes der Wirtschaftsdünger auf Basis von Nettopreisen für Mineraldünger dar. 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.

Tabelle 3: Beispielschema zur monetären Bewertung organischer Düngemittel basierend auf Nettopreisen für Mineraldünger (S. Schmidt)

Wirtschaftsdünger	TS-Gehalt in %	N-Verfügbarkeit	Nährstoffe in kg/m³						P-Verfügbarkeit	Nährstoffwert in €/t, m³
			N		P_2O_5	K_2O	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_2O_5	0,81 €/kg
	K_2O	0,65 €/kg
	MgO	0,12 €/kg
	CaO	0,04 €/kg
	S	0,31 €/kg

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 Ausbringsystem 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.

In Tabelle 5 sind Kosten für die Ausbringung mit Prallteller, Schleppschlauch und Schleppschuh für verschiedene organische Düngemittel beispielhaft dargestellt. Das Temperaturniveau entspricht in etwa den Ausbringbedingungen im späten Frühjahr und im Sommer. 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-Güllewagens angesetzt. Die Annahmen basieren auf einer Hof-Feld-Entfernung von 3 Kilometer und einer Leistung von 60 m^3 pro Stunde.

Beim reinen Vergleich der Kosten pro Stunde oder Kubikmeter erscheint der Pralltellerwagen vorerst als günstigste Alternative. Unter den genannten Annahmen hat der Prallteller aber die höchsten Stickstoffverluste durch Emissionen. Das Schleppschlauchsystem

Tabelle 4: Inhaltsstoffe von organischen Düngemitteln in kg/m^3 (Richtwerte für die Düngung 2018, LKSH)

organischer Dünger	TS-Gehalt	Stickstoff		Phosphor	Kali	Gesamtkilogramm Nährstoff pro m^3 oder t
		gesamt N	NH_4-N	P_2O_5	K_2O	
Rindergülle	7,0 %	3,5	2	1,4	3,4	8,3
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 %	5	0,4	3	7	15
Schweinemist	23 %	6	0,5	4	3	13
Hühnertrockenkot	45 %	24	10	17	14	55

Tabelle 5: Vergleich der Kosten für verschiedene Ausbringsysteme pro kg anrechenbarem Nährstoff (Eigene Berechnungen BVSH und Lohnunternehmerverband)

Ausbring-technik	Kosten pro Stunde (ohne Diesel und Mwst.) 18m³-Wagen	m³ pro Stunde (3 km Transportent-fernung)	Netto- Aus-bringkosten 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
Schlepp-schlauch	95	60	1,58 €	50%	0,22 €	0,26 €	0,20 €
Schleppschuh	100	60	1,67 €	25%	0,21 €	0,25 €	0,20 €

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. (F. Steinmann links und rechts S. Jensen)

8. Transportsysteme, Zwischenlagerung und Transportkosten

Beim Thema Transportsysteme muss grundsätzlich zwischen festen und flüssigen Wirtschaftsdünger unterschieden werden. Weiterhin gibt es auch unterschiedliche gesetzliche Auflagen für die Zwischenlagerung der verschiedenen Wirtschaftsdünger. Zusätzlich sollte betrachtet 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)

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

Abbildung 3: Gezielte Nutzung von Senkschichten bei Schweinegülle

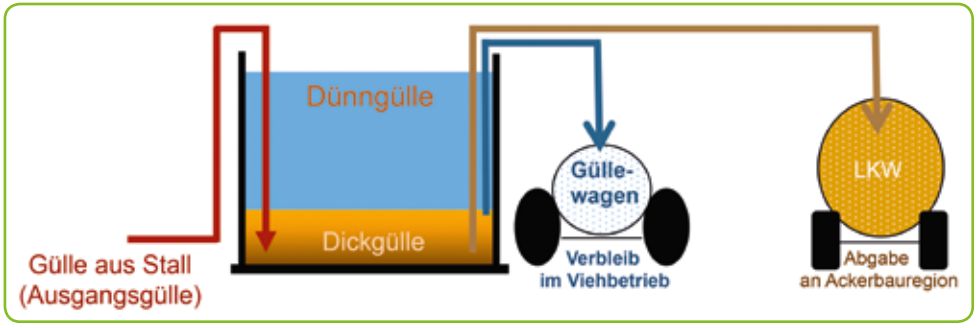


Abbildung 3: Die folgende Abbildung stellt schematisch dar, wie der gezielte Transport von „Dickgülle" aus einem Betrieb oder einem Behälter heraus funktionieren könnte, um möglichst viel Nährstoffe mit wenig Transporten aus einem Betrieb zu exportieren oder innerhalb eines Betriebes auf größere Entfernungen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

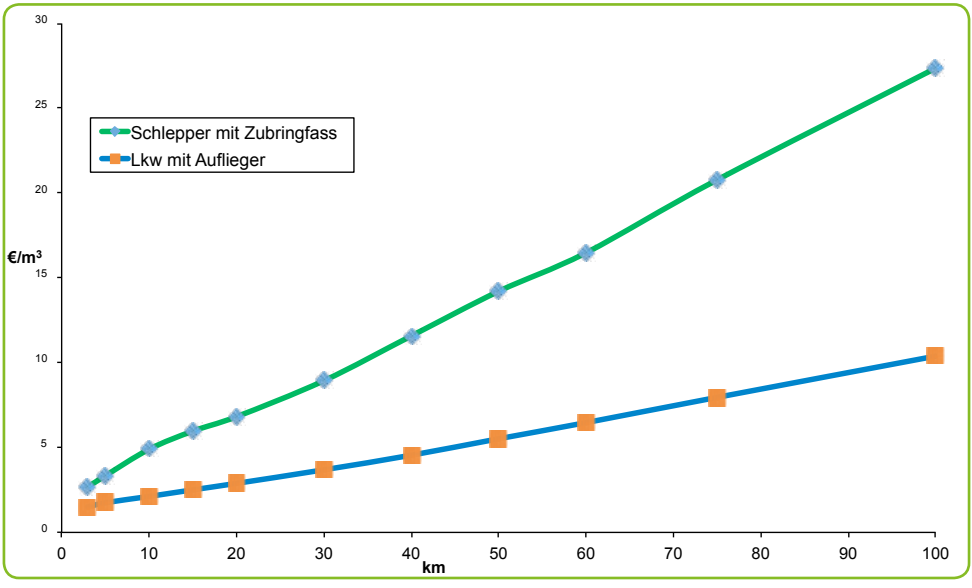
Schlagkraft zu bevorzugen. Dadurch ist die nachfolgende Bodenbearbeitung in der Lage, ohne größere Wartezeiten den Wirtschaftsdünger direkt hinter dem Ausbringfahrzeug einzuarbeiten. Für eine hohe Auslastung der emissionsarmen Ausbringtechnik bieten sich Zubringersysteme an. Dabei entstehen zwar zusätzliche 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 Dieselkosten.

Das LKW-System mit 27 Kubikmeter Zuladung (Abb. 3/4, 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, damit dieser seine Vorteile ausspielen kann.

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

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



(nach Daten des Lohnunternehmerverbandes Schleswig-Holstein)

Ausbringfahrzeug holt Gülle/Gärreste selbst vom Behälter und direkte Übergabe von flüssigem Wirtschaftsdünger vom Zubringer an einen Güllewagen (links Werksbild Zunhammer und rechts S. Jensen)

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 nämlich 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. Aus Tabelle 6 lassen sich einige

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

Informationen zum Thema Nährstoffgehalte von Rindergüllen entnehmen, die durch ein Separationsverfahren gelaufen sind.
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. Um diese Thematik abschließend bewerten zu können müssten natürlich 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. Hierbei wäre vor allem die Wirkung des enthaltenen Stickstoffs interessant.

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_2O_5)	kg/t	1,7	1,6	2,4
Kalium (K_2O)	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

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 sieben 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. In den N- und P- Gebietskulissen ist eine betriebsindividuelle Untersuchung vorgeschrieben. Am folgenden Beispiel einer Düngeplanung wird aufgezeigt, welche Effekte die Unter- oder Überschätzung der Nährstoffgehalte von Wirtschaftsdüngern in Bezug auf Düngung für die Erträge haben kann.

Diese Überdüngung aus der Variante 1 ist jedoch unbedingt zu vermeiden, da die Gewässer dadurch belastet werden und die geforderte Grenze beim N-Überhang von 50 kg/ha kaum noch erreicht werden kann. Gülle oder Substratrest sollten mindestens einmal im Jahr analysiert werden. Hierdurch kann der Einkauf von Mineraldüngern reduziert und N-Überhänge gesenkt werden. Bei der

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

	Einheit	Variante 1	Variante 2	Variante 3
		Unterschätzung des Nährstoffgehaltes	Überschätzung des Nährstoffgehaltes	Nährstoffgehalt richtig eingeschätzt
durchschnittliches Ertragsniveau des Schlages	t FM	45		
	t TM (30% TM)	13,5		
N-Sollwert	kg N/ha	200		
Nmin-Gehalt	kg N/ha	25		
10% d. org. Düngung im Vorjahr (150 kg N/ha)	kg N/ha	15		
Geplante Gesamt-N-Düngung		160		
Unterfussdüngung		20		
geplante Düngung mit Wirtschaftsdünger bei einer Anrechnung des Stickstoffs von 70%		140		
Güllemenge (berechnet auf Basis 3,5 kg N/m³)	m³/ha	40		
gemessener N-Gehalt der Gülle bei 7% TS	Gesamt N/m³	3,5		
tatsächlicher N-Gehalt	Gesamt N/m³	4	3	3,5
organische Düngung bei 70% Anrechnung	kg N/ha	160	120	140
Überdüngung	**kg N/ha**	20		0
Unterdüngung	**%**		– 14	0

Abgabe von Wirtschaftsdünger 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 die Gülle oder Gärreste im Behälter entsprechend aufgerührt (homogenisiert) wurden und die Nährstoffe somit gleichmäßig verteilt sind. Das Aufrühren von flüssigen Wirtschaftsdüngern kann mit folgenden Verfahren erfolgen:

- Pumpe mit Rührstrahl
- Tauchmotorrührwerk
- Gestängerührwerk
- Turmmixer

Standardanalyse

Bei dieser Laboruntersuchung werden folgende Werte gemessen:

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

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)

Quantofix Schnelltesttechnik für die Nährstoffbestimmung flüssiger Wirtschaftsdünger (F. Steinmann)

lassen sich der TS- und der Nges-Gehalt sehr gut bestimmen. Diese Messung kann beim Befüllen jedes Güllewagens oder aber am Güllewagen im Ausbringstrom erfolgen. Durch die Permanentmessung bei der Ausbringung kann eine N-Menge vorgegebenen 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 Ergebnissen 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.

10. Digitalisierung bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern

Die schlagbezogene Dokumentation der Maßnahmen wird in der anstehenden Novellierung der Düngeverordnung eine zentrale Rolle spielen. Daher gewinnen GPS gestützte Dokumentationssysteme – wie sie bei vielen Lohnunternehmen in Schleswig-Holstein schon langjährig eingesetzt werden zukünftig mehr und mehr an Bedeutung.

Der Aspekt der lückenlosen und zweifelsfreien Dokumentation kann durch zahlreiche technische Lösungen – die bereits praxisreif sind – umgesetzt werden:

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

Parallelfahrsysteme können bei der Ausbringung unerwünschte Überlappungen und damit Doppelausbringung minimieren. Auf diese Art und Weise ist eine Verbesserung der Ausbringungsgenauigkeit bei allen vorgenannten Ausbringsystemen möglich. Besonders auf Grünland kann hier die Genauigkeit

Überlappung bei der Ausbringung mit einem Schleppschlauchsystem *(J. Scherrer)*

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

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

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

(oben) Gülle bzw. Gärrestausbringung mit einem Strip Till-Gerät und Depotdüngung im Düngerband (unten)

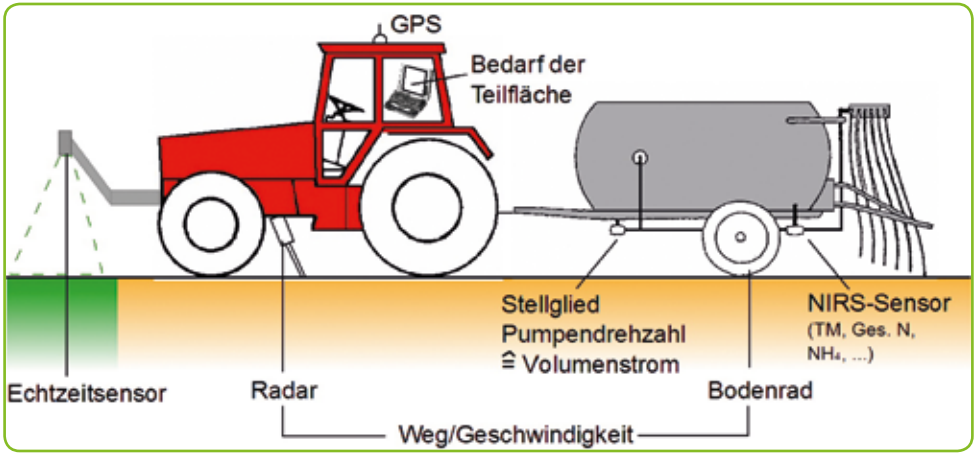
(E. Reese oben und Y. Reckleben unten)

Diese NIRS-Messtechnik und die Genauigkeit wurde im Auftrag des MELUND in einem in 2018 abgeschlossenen Pilotprojekt von der Fa. INGUS gemeinsam mit dem Lohnunternehmen Blunk über zwei Jahre bei Rinder- und Schweinegülle sowie Gärrest eingesetzt und kam zu vergleichbaren Ergebnissen wie die Laboranalysen. Diese neue Analysentechnik ist in Schleswig-Holstein in den mit Nitrat bzw. Phosphat belasteten Gebieten (N- und P-Gebietskulissen) als Dokumentations- und Nachweismethode anerkannt.

NIRS Messgerät zur Bestimmung der Nährstoffgehalte von flüssigen Wirtschaftsdüngern während der Ausbringung (P. Lausen)

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 Gülleausbringtechnik 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 – einem NIRS-Sensor – ausgestattet ist, wird die Ausbringmenge nach kg N und nicht nach Kubikmeter gesteuert.

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



11. Gülleansäuerungs- und N-Stabilisierungsverfahren

Der Stickstoff im Wirtschaftsdünger liegt zum großen Teil als Ammoniumstickstoff vor. Wird der Wirtschaftsdünger auf der Fläche breitverteilt, dann ist die Gefahr groß, dass dieser Ammoniumstickstoff als gasförmiger Verlust in die Atmosphäre entweicht. Daher ist der Wirtschaftsdünger sofort (nach DüV innerhalb von vier Stunden außerhalb und einer Stunde innerhalb der N-Kulisse) einzuarbeiten, um diese Verluste zu vermeiden.

Gülleansäuerung

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 7,0 bei Substratresten zumeist bei pH 8,0.

In Versuchen in Schleswig-Holstein und Dänemark konnte durch die Absenkung des pH-Wertes unter 6,0 der Ammoniakverlust im Mittel von vier Schnitten um bis zu 80 % gegenüber der Ausbringung mit Schleppschläuchen ohne Ansäuerung reduziert werden. 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 Gülleansäuerungssystem beim Lohnunternehmen Blunk (P. Staritz)

12. Empfehlungen der Arbeitsgruppe „Ausbringverfahren und Digitalisierung“

Die Ausführungen in der Broschüre haben gezeigt, 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 bis zum Einsatz der GPS gesteuerten NIRS-Technik.

Bei einem Vergleich der Ausbringsysteme sollten eine hohe Nährstoffausnutzung und die Gegebenheiten vor Ort die bestimmenden Faktoren der Verfahrenswahl sein. In diesem Vergleich schneiden die emissionstechnisch besseren Ausbringsysteme wie der Schleppschuh, die Schlitztechnik, die Direkteinarbeitung 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 Separationsverfahren für viele Betriebe eine interessante Alternative.

Zur Verlagerung 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 folgenden Link zu erreichen:
http://www.naehrstoffboerse-sh.de/

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

Eine Vermittlung von Wirtschaftsdüngern kann natürlich auch über Lohnunternehmen, innerhalb von Beratungsringen oder zwischen Betrieben die sich kennen erfolgen.
Die Digitalisierung bietet interessante Ansätze zur weiteren Optimierung des Einsatzes von Wirtschaftsdüngern. Vor allem der Aspekt der schlagbezogenen Dokumentation wird durch die Nutzung der NIRS-gestützten Nährstoffanalyse während der Ausbringung eine Möglichkeit sein, um lückenlos zu dokumentieren und die ausgebrachte Flüssigmistmenge durch die enthaltenen Nährstoffmenge exakt zu steuern. Dieses Verfahren ist in Schleswig-Holstein zur exakten Dokumentation in den roten Gebieten vom LLUR/MELUND anerkannt.

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

Der Bauernverband Schleswig-Holstein e.V. und das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume haben im Frühjahr 2013 eine Allianz für den Gewässerschutz geschlossen. 2017 wurde eine Fortsetzung und Erweiterung der Allianz für den Gewässerschutz beschlossen. Neben dem Bauernverband Schleswig-Holstein e.V. und dem Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein sind nun auch die Landesgruppe Norddeutschland des Bundesverbandes für Energie- und Wasserwirtschaft e. V. sowie der Landesverband der Wasser- und Bodenverbände Schleswig-Holstein Partner in Sachen Gewässerschutz.

Bauern.SH
BAUERNVERBAND SCHLESWIG-HOLSTEIN E.V.

SH Schleswig-Holstein
Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung

LANDESVERBAND DER WASSER- UND BODENVERBÄNDE SCHLESWIG-HOLSTEIN

bdew

Stand: November 2019