



LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Leitfaden zur emissionsarmen Gülleausbringung im Grünland

Hinweise zum optimalen Einsatz von
Schleppschuh und Injektion



LfL-Information

Impressum

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: www.LfL.bayern.de

Redaktion: Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz
Lange Point 12, 85354 Freising-Weihenstephan
E-Mail: Agrarökologie@LfL.bayern.de
Telefon: 08161 8640-3640

1. Auflage: Februar 2021

Druck: Diese LfL-Information erscheint als Online-Version zum PDF-Download

Schutzgebühr: 5,00 Euro

© LfL, alle Rechte beim Herausgeber

Inhaltsverzeichnis

1	Ziele und Inhalte des Leitfadens	7
2	Fachlicher und fachrechtlicher Hintergrund	8
2.1	Ammoniak – ein unerwünschtes Gas in der Atmosphäre	8
2.2	Vorgaben der aktuellen Düngeverordnung – Regelungen in Bayern	10
3	Bodennahe streifenförmige Ausbringtechnik	12
3.1	Schleppschlauch	14
3.2	Schleppschuh.....	15
3.3	Injektion (Schlitzverfahren)	21
3.4	Verschlauchung	24
3.5	Fazit - Welche Technik passt zu meinem Betrieb?	24
4	Futterhygiene beim Einsatz von Gülle und Gärresten auf Grünland und mehrschnittigen Feldfutterbau	28
4.1	Einflüsse auf die Futterhygiene – Bedeutung von Narbenpflege und optimaler Erntetechnik	28
4.2	Ist die bandförmige Ablage von Gülle und Gärresten (k)ein Problem für die Futterhygiene?	33
4.3	Fließfähigkeit erhöhen – welche Möglichkeiten gibt es?.....	35
5	Ergänzung zu fachlichen Hintergründen: Ammoniakemissionen – Welche Faktoren spielen eine Rolle?.....	37
6	Quellen.....	44
7	Merkblatt: Sauberes Futter ernten – auf was muss ich achten?	47

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Bodennahe streifenförmige Ausbringverfahren (hier Schleppschuh) von flüssigen Wirtschaftsdüngern sind für die notwendige Minderung der Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft unverzichtbar!9
- Abb. 2: Wesentlich verantwortlich für die Höhe der Ammoniakemissionen nach der Ausbringung ist die Kontaktfläche zwischen Wirtschaftsdünger und Luft. Sie ist bei Breitverteilung (Bild links) um ein Mehrfaches höher als bei bodennaher streifenförmiger Ausbringtechnik (Bild Mitte) oder gar Injektion (Bild rechts). Daher sind bei sonst gleichen Bedingungen (z.B. Witterung, TS-Gehalt, Boden, Pflanzenbestand) die NH₃-Verluste bei Breitverteilung nachgewiesener Weise deutlich höher.12
- Abb. 3: Unterschied zwischen Schleppschlauchtechnik (links) und Schleppschuhtechnik (rechts, hier dargestellt für die Gülleausbringung im Versuchswesen. Schleppschuhe wurden insbesondere für die Ausbringung auf Grünland entwickelt.15
- Abb. 4: Schleppschuhtechnik ist im Detail unterschiedlich. Hier sind als Beispiel verschiedene Systeme dargestellt, die sich z.B. in der Ausprägung der Kufen deutlich unterscheiden und damit teilweise auch deutlich im Verteilbild.16
- Abb. 5: Ziel beim Schleppschuh: Scheitern des Pflanzenbestands und Ablage des flüssigen Wirtschaftsdüngers auf den Boden bzw. in den durch die Kufen leicht angeritzten Boden.16
- Abb. 6: So sollte Schleppschuheinsatz aussehen – schmale Streifen (Bild links) und Ablage unter den wiederangewachsenen Pflanzenbestand (Detailbild rechts) – mit der entsprechenden Technik und Erfahrung ist dies auch in Hanglagen möglich.....17
- Abb. 7: Die Abstimmung von erzielbarem Auflagedruck der Kufen sowie die Ausformung der Kufen selbst spielen für die Vermeidung von Futtermittelschmutzungen eine wichtige Rolle.18
- Abb. 8: Ist das Gras schon länger und der Boden nass, ist auch bei Schleppschuhtechnik Vorsicht geboten. Nicht zwangsläufig treten Probleme in Fahrspuren auf (Bild links), kommt es jedoch zu einem Niederwalzen des Bestands in der Fahrspur, durchdringt der Schuh nicht die Grasnarbe (Bild rechts) und ist zudem die Güllemenge auch noch zu hoch, so sind Probleme vorprogrammiert.....19
- Abb. 9: Bei der Gülleinjektion werden mit einer Schneidscheibe Grasnarbe und Boden aufgeschnitten und nachfolgend die Gülle in den entstandenen Schlitz abgelegt. Das linke Bild zeigt das Prinzip der Technik, das rechte Bild das Ergebnis im Bestand.....21
- Abb. 10: Bei der Injektionstechnik ist die Gefahr von Futtermittelschmutzungen am geringsten, da der flüssige Wirtschaftsdünger direkt in den Boden eingebracht wird.22
- Abb. 11: Die Injektionstechnik (links gezogenes Fass, rechts Selbstfahrer) hat die niedrigsten Ammoniakverluste unter den bodennahen streifenförmigen Techniken.24

- Abb. 12: Gerade in Hanglagen werden erhöhte Anforderungen an die Technik gestellt, um die Gülle sauber an den Boden zu bekommen.26
- Abb. 13: Welche Technik für welchen Betrieb am besten passt, hängt von vielen Details ab. Dabei bedeutet emissionsarme Gülleausbringung keineswegs automatisch sehr große und schwere Technik!27
- Abb. 14: Wichtige Maßnahmen zur Gewinnung von hochwertigem Futter aus Gras – die Grünlandpflege und eine optimale Ernte sind dabei entscheidende Ausgangspunkte.29
- Abb. 15: Im Prinzip ist hier die Gülle sauber mit dem Schleppschuh unter den Bestand abgelegt (Bild links). Was aber ein Problem bei der Ernte und Konservierung sein kann, sind offene Bodenstellen (Bild rechts). Werden die Mäh- und Erntegeräte nicht genau darauf eingestellt und gelangt Boden in das Futter, kommen damit auch Clostridien ins Futter und die Gefahr einer nicht optimalen Silage ist gegeben.30
- Abb. 16: Bei Breitverteilung wird die gesamte Oberfläche benetzt. Ist der Bestand schon angeschoben, weil z.B. nicht kurz nach der Ernte begüllt werden kann, gelangt Gülle auch auf die Pflanzen. Bleibt kräftiger Regen in den nächsten Stunden aus, so geht nicht nur viel Stickstoff in die Luft, sondern es besteht auch die starke Gefahr, dass Güllereste in das Futter gelangen.33
- Abb. 17: Auch bei streifenförmiger Ausbringung mit dem Schleppschuh gilt es, die Gefahr von Verschmutzungen zu vermeiden. Zu breite und eng beieinander liegende Streifen (Bild links) oder viel Gülle, noch dazu auf einen zu hohen Bestand (Bild rechts) ausgebracht, lassen die Vorteile bodennaher streifenförmiger Technik schwinden. Dies muss unbedingt vermieden werden. Die beiden Bilder zeigen keine gute fachliche Praxis.34
- Abb. 18: Durch eine Ausbringung bei bedecktem Himmel, kühlem, feuchten und windstillem Wetter lassen sich Ammoniakverluste stark senken – aber auch bei idealem „Gülewetter“ sind die Emissionen bei bodennaher streifenförmiger Technik (Bild rechts) niedriger als bei Breitverteilung (Bild links).40

1 Ziele und Inhalte des Leitfadens

Ab 1. Februar 2025 gelten für die meisten bayerischen Betriebe neue technische Vorgaben zur emissionsarmen Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern auf Flächen mit Grünland und mehrschnittigen Feldfutterbau. Hierfür gibt es zwingende fachliche Gründe. Diese zu nennen sowie die daraus abgeleiteten fachrechtlichen Regelungen inklusive möglicher Ausnahmen in Bayern aufzuzeigen, ist ein erstes Ziel dieses Leitfadens.

Im Zentrum des Leitfadens stehen jedoch die emissionsarmen bodennahen und streifenförmigen Techniken selbst. Dies sind Schleppschlauch, Schleppschuh und Injektion. Daher wird ihre Eignung für den Einsatz auf Grünland bzw. Acker- und Klee gras in Hinblick auf verschiedene Aspekte vorgestellt und bewertet. Eingegangen wird dabei insbesondere auch auf die in der Grünlandwirtschaft große Herausforderung, sauberes und hygienisch einwandfreies Futter von Flächen zu ernten, die im Sinne möglichst geschlossener Nährstoffkreisläufe laufend mit tierischen Ausscheidungen gedüngt werden. In den Leitfaden gehen dabei Ergebnisse aus wissenschaftlichen Untersuchungen, sowie Rückmeldungen und Tipps von Praktikern ein, welche die Technik bereits erfolgreich einsetzen.

Der Leitfaden soll dazu beitragen, häufig gestellte Fragen von Grünlandlandwirten*innen und der übrigen Bevölkerung zum optimalen Einsatz der Technik zu beantworten. Dadurch können mitunter auch bestehende Unsicherheiten bzw. Vorbehalte gegenüber der bodennahen Technik abgebaut werden, welche für ganz Deutschland ab 2025 im Grünland und mehrschnittigen Feldfutterbau Pflicht sein wird.

Vermutlich wird nicht jeder Leser den gesamten Leitfaden komplett durcharbeiten. Um eine individuelle Auswahl zu erleichtern, gibt **Tabelle 1** einen kurzen Überblick. Zudem sind im Leitfaden an mehreren Stellen die wichtigsten Inhalte einzelner Kapitel zusammengefasst.

Tab. 1: Für den schnellen Leser – Wo finde ich was?

	Kapitel	Seite
Fachlicher und fachrechtlicher Hintergrund	2	8-12
Hinweise zur Technik und ihrem optimalen Einsatz	3	12-27
• Schleppschlauch	3.1	14-15
• Schleppschuh	3.2	15-20
• Injektion („Schlitzen“)	3.3	21-24
• Verschlauchung	3.4	24
• Fazit - Welche Technik passt zu meinem Betrieb?	3.5	24-27
Sicherung der Futterhygiene beim Einsatz von Gülle und Gärresten	4	28-37
Ergänzung zu fachlichen Hintergründen: Ammoniakemissionen – Welche Faktoren spielen eine Rolle?	5	37-44
Quellen	6	44-46
Merkzettel „Sauberes Futter ernten – auf was muss ich achten?“	7	47

Infobox – Das Wichtigste aus dem Leitfaden in aller Kürze

- Ammoniak ist ein unerwünschtes Gas in der Atmosphäre, da es negative Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit hat.
- Rund 95 % der Ammoniakemissionen in Deutschland stammen aus der Landwirtschaft, daher sind in diesem Sektor umfangreiche Maßnahmen zur Minderung notwendig. Ein wesentlicher Schritt hierbei ist die Minderung der Emissionen bei der Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern.
- Daher werden in der Düngeverordnung (DüV) spezielle Vorgaben zur Ausbringtechnik gemacht; für Grünland und mehrschnittigen Feldfutterbau gelten diese ab dem 01. Februar 2025.
- Im Vergleich zur Breitverteilung lassen sich die Ammoniakverluste durch bodennahe streifenförmige Ausbringtechnik, insbesondere durch Schleppschuh und Injektion, stark senken. Damit bleibt mehr wertvoller Stickstoff für die Pflanzen im Boden.
- Jede Technik hat dabei ihre speziellen Vorzüge, aber auch spezielle Anforderungen an ihren optimalen Einsatz. Diese werden im Leitfaden in Kapitel 3 genannt. Pauschale Aussagen, welche Technik die beste für den Einzelbetrieb ist, gibt es nicht.
- Bis dato gibt es keinen Hinweis darauf, dass emissionsarme, streifenförmige Ausbringtechnik das Futter stärker verschmutzt, als wenn Gülle oder Gärreste breitverteilt auf Grünland ausgebracht wird. Fehler bei der Narbenpflege, dem Güllema- nagement und der Erntetechnik können dagegen die Futterhygiene sehr nachteilig beeinflussen. Dies gilt es zu vermeiden!
- Gerade weil in der Praxis noch viele Unsicherheiten bestehen, ist der Austausch mit Berufskollegen wichtig, die bereits Erfahrung mit bodennaher streifenförmiger Ausbringtechnik gesammelt haben.
- Das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten fördert Forschungsprojekte der LfL zu den Themen Emissionsarme Gülleausbringung auf Grünland, Güllezusätze und Futterhygiene.

2 Fachlicher und fachrechtlicher Hintergrund

2.1 Ammoniak – ein unerwünschtes Gas in der Atmosphäre

Ammoniak (NH_3) als eine chemische Verbindung von Stickstoff (N) und Wasserstoff (H) ist ein farbloses, wasserlösliches, stark stechend riechendes Gas mit möglichen negativen Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt. Ammoniak entsteht in erster Linie im Zuge von chemischen Umwandlungsprozessen tierischer Ausscheidungen. Insbesondere Harnstoff aus dem Harn und der Harnsäure beim Geflügel werden leicht zu Ammoniak abgebaut. In der Atmosphäre sind Ammoniak sowie dessen Reaktionsprodukte unerwünscht, da Ammoniak

- negative Auswirkungen auf die Gesundheit hat, u.a. durch seinen Beitrag zur Feinstaubbelastung,
- als Stickstoffverbindung zur Nährstoffanreicherung in sensiblen Ökosystemen wie Wäldern, Mooren, Magerstandorten führt und somit auch mitverantwortlich für den Rückgang der Biodiversität auf extensiven Standorten sowie in Gewässern ist,
- zur Bodenversauerung beiträgt,
- als indirektes Treibhausgas klimarelevant ist, da 1 Prozent des Ammoniaks zu Lachgas (N_2O), einem sehr starken Treibhausgas, umgewandelt wird.

Im Rahmen des 2005 beschlossenen Göteborg-Protokolls, welches der Verringerung der negativen Effekte von Luftschadstoffemissionen (u.a. Ammoniak, Feinstaub, Sickoxide) auf die menschliche Gesundheit und auf die Ökosysteme dient, wurde von der Europäischen Union (EU) die Richtlinie über Nationale Emissionshöchstmengen (NEC: National Emission Ceilings) erlassen. Darin werden Höchstmengen für Luftschadstoffe festgelegt. Deutschland hat diese Höchstmengen in jedem Jahr deutlich überschritten. Die neue NEC-Richtlinie von 2016 sieht für die NH_3 -Emissionen in Deutschland vor, dass diese ab dem Jahr 2020 um 5 % und ab dem 2030 um 29 % gegenüber dem Referenzjahr 2005 gesenkt werden müssen.

Da in Deutschland derzeit rund 95 % der Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft stammen, steht dieser Sektor unter besonderem Anpassungsdruck. Dabei sind die anfallenden Wirtschaftsdünger (Gülle, Mist, Jauche, aber auch Gärreste aus Biogasanlagen) die größte Emissionsquelle. Verluste treten im Stall, während der Lagerung sowie beim Ausbringen von Wirtschaftsdüngern auf und müssen soweit wie möglich reduziert werden. Für die Zielerreichung der NEC-Richtlinie sind somit umfangreiche Maßnahmen notwendig.



Abb. 1: Bodennahe streifenförmige Ausbringverfahren (hier Schleppschuh) von flüssigen Wirtschaftsdüngern sind für die notwendige Minderung der Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft unverzichtbar!

Die effektivste Maßnahme in Bezug auf Kosten und Wirkung stellt die Minderung der Emissionen bei der Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern durch bodennahe streifenförmige Verfahren dar (**Abb. 1**). Insgesamt sind die Reduktionsziele nur bei konsequenter Umsetzung aller Maßnahmen zu erreichen. Dies macht verständlich, warum Ausnahmen von den Vorgaben der Düngeverordnung zur Ausbringtechnik nur in begrenztem und fachlich begründetem Maße möglich sind.

Für den Leser, der mehr Details über Ammoniak und Ammoniakemissionen bzw. deren Reduzierung erfahren möchte, sei auf **Kapitel 6** verwiesen.

2.2 Vorgaben der aktuellen Düngeverordnung – Regelungen in Bayern

Um bei allen Wirtschaftsdüngereigenschaften und Ausbringungsbedingungen eine sichere Minderung der Ammoniakemission zu erreichen, muss der Kontakt der Gülle mit der Atmosphäre reduziert werden, was konkret bedeutet: Weniger emittierende Oberfläche durch streifenförmige oberflächliche Ausbringung bzw. schneller die Gülle in den Boden bringen durch Injektion.

Die aktuelle Düngeverordnung gibt daher in § 6 Absatz 3 vor:

„Flüssige organische und flüssige organisch-mineralische Düngemittel, einschließlich flüssiger Wirtschaftsdünger mit wesentlichem Gehalt an verfügbarem Stickstoff oder Ammoniumstickstoff dürfen im Falle von bestelltem Ackerland ab dem 1. Februar 2020 nur noch streifenförmig auf den Boden aufgebracht oder direkt in den Boden eingebracht werden.

Im Falle von Grünland, Dauergrünland oder mehrschnittigen Feldfutterbau gelten die Vorgaben nach Satz 1 ab dem 1. Februar 2025.“

Gleichzeitig kann nach Satz 3 in § 6 Absatz 3 die nach Landesrecht zuständige Stelle (in Bayern sind dies die Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten mit besonderen Aufgaben im Bereich der Agrarökologie)

- davon abweichend genehmigen, dass die o.g. Stoffe mittels anderer Verfahren aufgebracht werden dürfen, soweit diese zu vergleichbar geringeren Ammoniakemissionen wie die genannten Verfahren führen und
- Ausnahmen von den Vorgaben genehmigen, soweit deren Einhaltung und eine Aufbringung mittels streifenförmiger bodennaher Technik auf Grund von naturräumlichen oder agrarstrukturellen Besonderheiten unmöglich oder unzumutbar sind.

Bayern macht von der Länderermächtigung aufgrund naturräumlicher oder agrarstruktureller Besonderheiten Gebrauch.

So wurde aus **agrarstrukturellen Gründen** bereits festgelegt, **kleine Betriebe mit weniger als 15 ha landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF)** von den Vorgaben zur Ausbringtechnik zu befreien. Bei der Grenze von 15 ha LF bleiben dabei folgende Flächen unberücksichtigt:

- Flächen, auf denen nur Zierpflanzen oder Weihnachtsbaumkulturen angebaut werden, Baumschul-, Rebschul-, Strauchbeeren- und Baumobstflächen, nicht im Ertrag stehende Dauerkulturflächen des Wein- oder Obstbaus sowie Flächen, die der Erzeugung schnellwüchsiger Forstgehölze zur energetischen Nutzung dienen (entsprechend DüV § 8 Abs. 6 Nr. 1),
- Flächen mit ausschließlicher Weidehaltung bei einem jährlichen Stickstoffanfall (Stickstoffausscheidung) an Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft von bis zu 100 Kilogramm Stickstoff je Hektar, wenn keine zusätzliche Stickstoffdüngung erfolgt (entsprechend DüV § 8 Abs. 6 Nr. 2),
- Grünlandflächen mit einer Hangneigung > 20 % auf mehr als 30 % der Fläche
- Streuobstwiesen

Für **naturräumliche Besonderheiten** wurde aufgrund der Übergangsfrist für Grünland bis 2025 noch keine abschließende Regelung getroffen. Nach bisherigen Erkenntnissen werden aber Hangneigungen über 20 % als Grenze für den Einsatz bodennaher Ausbringtechniken gesehen.

Deshalb wurden folgende Ausnahmen vorläufig festgelegt:

- Grünlandflächen (nicht Ackerflächen), wenn mehr als 30 % eines Feldstücks eine Hangneigung über 20 % aufweisen,
- Grünlandflächen mit mehr als 35 % Hangneigung und Hochdruckseitenverteiler unter folgenden Bedingungen bzw. mit folgenden Auflagen: Maximal zwei Gaben pro Jahr (bei Schnittnutzung), bei ausschließlicher Beweidung nur eine Gabe; zudem maximal 5 % TS der Gülle und Wahrung einer Abstandsaufgabe von 10 m zur Böschungsoberkante von Gewässern.

Darüber hinaus werden **in Bayern** bislang folgende **alternative Verfahren** anerkannt:

- **Jauche und andere flüssige organische Düngemittel, einschließlich Wirtschaftsdünger, mit bis maximal 2 % TS.** Dabei muss die Einhaltung des TS-Gehaltes der Düngemittel jederzeit nachgewiesen werden können. Hierfür ist die erforderliche Lagerkapazität für die flüssigen organischen Düngemittel einschließlich des ggf. zugegebenen Wassers über das Programm zur Lagerauberechnung der LfL nachzuweisen. Zusätzlich ist das Düngemittel im Labor zu untersuchen. Das Untersuchungsergebnis darf nicht älter als 2 Jahre sein. Für Jauche ist keine Untersuchung erforderlich.
- **Die Ansäuerung:** Unter bestimmten Auflagen und Dokumentationspflichten sind prinzipiell im Einzelfall Ausnahmen von der bodennahen streifenförmigen Technik möglich, wenn eine Ansäuerung von flüssigem Wirtschaftsdünger (Absenkung des pH-Wertes auf höchstens 6,4 bzw. darunter bei der Ausbringung) nachgewiesen werden kann.

Über **Verdünnung** (TS-Gehalt max. 2%) und **Ansäuerung** (Absenkung des pH-Wertes auf höchstens 6,4) hinaus sind derzeit keine weiteren alternativen Verfahren, insbesondere Güllezusatzmittel bekannt, die sicher unter allen Ausbringungsbedingungen zu vergleichbar geringen Ammoniakemissionen in der Größenordnung der bodennahen Ausbringungsverfahren führen.

Sollte die Zulassung solcher Verfahren angestrebt werden, müssen diese durch wissenschaftliche Fachbehörden bundesweit anerkannt sein und mit wiederholbaren Versuchsergebnissen belegt sein.

Weitere Hinweise: Verfahren dienen der Standardisierung, Überwachung und Kontrolle von Prozessen. Sie müssen unabhängig von äußeren Rahmenbedingungen (z.B. Wetter) funktionieren. Nicht als alternatives, d.h. „anderes“ Verfahren im Sinne des § 6 Absatz 3 zählt daher die Ausbringung bei „Güllewetter“. Denn bei „Güllewetter“ treten niedrige Emissionen bei allen Verfahren auf, wobei auch unter solchen Bedingungen die streifenförmigen Verfahren weniger als die Breitverteilung emittieren. Auch daher ist der Schwenkverteiler (Pendelverteiler) selbst bei Güllewetter kein alternatives Verfahren, zumal er vom Verteilbild eindeutig eine Breitverteilungstechnik ist.

Auch die **Ausbringung bei ausschließlich niedriger Temperatur** ist kein alternatives Verfahren. Solche Temperaturverhältnisse (ca. 5° C), bei denen sich nennenswerte Minderungspotenziale gegenüber den Emissionszielen Deutschlands ergeben würden, treten außerhalb der Sperrfrist nur selten auf. Außerdem wurde bei der Erstellung der Emissionshöhen verschiedener Verfahren im nationalen Emissionsinventar Deutschlands bereits unterstellt, dass der größere Teil flüssiger Wirtschaftsdünger bei kühler Witterung ausgebracht wird und ein geringerer Teil in der wärmeren Jahreszeit.

Prinzipiell sind bei der Beurteilung von Ammoniakemissionen bzw. der Umsetzung von Optimierungsprozessen in der Tierhaltung alle Minderungsstrategien in der **„Kette Futter-Stall-**

Lagerung-Ausbringung“ wichtig. Die DüV regelt in § 6 Absatz 3 nur die Ausbringung. Das heißt, sie bezieht sich nicht auf ggf. mögliche zusätzliche Emissionsreduzierungen durch Fütterungsverfahren, einschließlich Fütterungszusätzen oder Maßnahmen im Stall.

Fütterungszusätze oder andere Verfahren müssen daher auch bei der Ausbringung selbst beweisen, dass sie die Ammoniakemission mit Breitverteilung verlässlich mindestens genauso reduzieren, wie die streifenförmige bodennahe Technik. Nur dann wäre z. B. ein in der Fütterung bzw. im Stall eingesetztes Mittel ein „alternatives Verfahren“ nach DüV und damit verbunden eine Breitverteilung nach wissenschaftlicher Prüfung künftig möglich.

Besonders bei Ammoniakminderungen im Stall und Lager spricht fachlich alles für die **emissionsarme Technik**, denn: Wenn die Emissionen bereits vor der Ausbringung gesenkt werden können, bleibt mehr Ammonium im Wirtschaftsdünger, was sehr positiv ist. Damit ist aber eine emissionsarme Ausbringung und Ausbringungstechnik umso wichtiger, da sonst ein großer Teil der vorigen Emissionsminderung umsonst ist, weil Ammoniak dann statt im Stall oder Lager nun bei der Ausbringung in die Luft entweicht und verloren geht.

3 Bodennahe streifenförmige Ausbringtechnik

Als emissionsmindernde Ausbringverfahren nach DüV § 6 (3) gelten derzeit Techniken mit Schleppschläuchen, Schleppschuhen sowie die flache oder tiefe Gülleinjektion. Bei den bodennahen Verfahrenstechniken wird der Güllestrom aus dem Fass durch Loch- oder Schneckenverteiler zu den einzelnen Schläuchen geführt und damit exakt in der Breite verteilt.

Mit emissionsmindernden Ausbringverfahren wird, im Vergleich zu Breitverteilern (z.B. Schwanenhalsverteiler, Schwenkverteiler) die mit Gülle bedeckte Fläche verkleinert (**Abb. 2**). Dadurch wird weniger Ammoniak (NH_3) in die Luft emittiert und im flüssigen Wirtschaftsdünger (Gülle, Jauche, Biogasgärrest) bleibt mehr wertvoller pflanzenverfügbare Ammonium-Stickstoff für das Pflanzenwachstum.



Abb. 2: Wesentlich verantwortlich für die Höhe der Ammoniakemissionen nach der Ausbringung ist die Kontaktfläche zwischen Wirtschaftsdünger und Luft. Sie ist bei Breitverteilung (Bild links) um ein Mehrfaches höher als bei bodennaher streifenförmiger Ausbringtechnik (Bild Mitte) oder gar Injektion (Bild rechts). Daher sind bei sonst gleichen Bedingungen (z.B. Witterung, TS-Gehalt, Boden, Pflanzenbestand) die NH_3 -Verluste bei Breitverteilung nachgewiesener Weise deutlich höher.

Die gegenüber der Breitverteilung erreichbare Emissionsminderung nimmt dabei in der Reihenfolge Schleppschlauch, Schleppschuh, Injektion zu (siehe auch Kapitel 6).

Höhere Effizienz wichtiger denn je

Die aktuelle Düngeverordnung schreibt für die Düngebedarfsermittlung bei Grünland und mehrschnittigen Feldfutterbau ab 2025 eine Erhöhung der anzusetzenden **Mindestwirksamkeit** für Gülle und Gärrückstände um 10 Prozentpunkte des Gesamtstickstoffgehaltes vor; bereits jetzt wurde die Anrechnung von Ausbringverlusten gestrichen. Bei Rindergülle und Biogasanlagengärrückständen erhöht sich die Mindestwirksamkeit somit von 50 % auf 60 %. Da in der Praxis diese Werte mit dem Breitverteiler nicht erreicht werden und sich durch die neuen Vorschriften auch der mögliche Mineraldüngereinsatz im Betrieb erheblich reduziert, sollten alle technischen und sonstigen Möglichkeiten genutzt werden, um eine möglichst hohe N-Effizienz zu erzielen. Die Ausbringtechnik spielt hier eine sehr wichtige Rolle.

So erreicht bei einer Grünlanddüngung mit Rindergülle in Höhe von 170 kg Gesamt-N pro Hektar beim Schleppschlauchverfahren durchschnittlich in etwa 10-15 kg pflanzenwirksamer Ammonium-N mehr als bei der Breitverteilung den Boden. Beim Schleppschuh bzw. der Injektion erhöhen sich diese Mengen auf rund 20-25 bzw. 30-35 kg pflanzenverfügbaren Stickstoff. Dies berichten auch Praktiker.

Dass bodennahe streifenförmige Technik auch zu relevanten **Mehrerträgen** führen kann, konnte bereits in der Vergangenheit in Versuchen nachgewiesen werden. Im Mittel wurden beim Schleppschlauchverfahren nur geringe Mehrerträge (plus 2,4 %) beobachtet. Deutlich höher fielen diese beim Schleppschuh (plus 5,8 %) und bei der Injektion (plus 7,5 %) aus.

Weitere Vorteile emissionsarmer Technik

Vorteilhaft beim Einsatz emissionsarmer Technik sind, neben den deutlich verminderten Ammoniakemissionen, die verminderten **Geruchsemissionen**. Praktiker berichten, dass beim Einsatz bodennaher Technik Gülle auf Wiesen ausgebracht werden kann, wo bisher mit Breitverteilungstechnik keine Ausbringung möglich bzw. mit starkem Konfliktpotenzial verbunden war, z.B. in Dorf- oder Stadtnähe. Diese Erfahrungen werden auch sehr positiv von der nichtlandwirtschaftlichen Bevölkerung rückgemeldet.

Da die Gülle bodennah abgelegt oder sogar in den Boden injiziert wird, ist eine genaue und **windunabhängige Ausbringung** möglich. Dadurch sind gegenüber der windanfälligen Breitverteilung geringere Abstände zu Feldgrenzen bzw. Gewässern möglich.

Einen weiteren Vorteil, in diesem Fall für den **Gewässerschutz** bei drainiertem Grünland, zeigen bayerische und österreichische Versuchsergebnisse. Danach sinkt bei Starkregenereignissen kurz nach Gülleausbringung der Phosphataustrag deutlich, wenn Gülle streifenförmig bodennah ausgebracht bzw. injiziert und nicht breitverteilt wird.

Nachfolgend werden die Techniken Schleppschlauch, Schleppschuh und Injektion vorgestellt sowie Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren angesprochen und Tipps zum optimalen Einsatz gegeben, um qualitativ hochwertiges Futter zu erhalten. Weitere wichtige Maßnahmen zur Sicherung der Hygiene in der gesamten Futterkette werden dagegen in **Kapitel 4** genannt.

Das Wichtigste zur Schleppschlauch, Schleppschuh und Injektion in Kürze

- Die gegenüber Breitverteilung erreichbare Minderung der Ammoniakemissionen bei streifenförmiger bodennaher Technik steigt in folgender Reihenfolge an: Schleppschlauch > Schleppschuh > Injektion.
- Der Schleppschuh ist eine Weiterentwicklung der Schleppschlauchtechnik mit Vorzügen in der Grünlandwirtschaft.
- Schleppschuh und Injektion ermöglichen gegenüber Breitverteilung einen flexibleren Ausbringzeitpunkt von Gülle und Gärresten.
- Beim Einsatz des Schleppschuhs sind sowohl die Abstimmung von Fahrgeschwindigkeit und Bodenführung als auch die Witterung, die Fließfähigkeit des Wirtschaftsdüngers und die richtige Schnitthöhe wichtige Stellschrauben für die Futterhygiene. Güllebänder in Fahrspuren sind zu vermeiden.
- Von allen drei emissionsarmen streifenförmigen Techniken hat die Injektion mit Abstand die größte emissionsmindernde bzw. geruchsreduzierende Wirkung und die Gefahr einer Verschmutzung des Pflanzenbestands durch Güllereste bei normaler Aufwandmenge ist äußerst gering. Praktiker schätzen die Injektion in trockeneren Lagen bzw. bei trockener Witterung teilweise mehr als den Schleppschuh.
- Ideal wäre eine flexible Kombination von Schleppschuh und Injektion.
- Für kleinere Betriebe und Hanglagen gibt es jetzt schon Lösungen – bodennahe emissionsarme Technik muss nicht groß und schwer sein!

3.1 Schleppschlauch

Mit dem Schleppschlauchsystem wird Gülle mittels einzelner, frei hängender Schleppschläuche über die gesamte Arbeitsbreite in Bändern mit 20-40 cm Reihenabstand bodennah streifenförmig abgelegt. So wird die Verteilgenauigkeit, im Gegensatz zur Breitverteilung, nicht durch Wind beeinflusst. Das Minderungspotenzial der Schleppschlauchtechnik zur Ammoniakreduktion gegenüber Breitverteilungstechnik liegt bei mindestens 30 %.

Entwickelt wurde das Schleppschlauchsystem vor allem für die Begüllung von Getreidebeständen. Die vergleichsweise leichte emissionsarme Technik erlaubt große Arbeitsbreiten (6-36 m) bzw. Flächenleistungen und wird daher vor allem im Ackerbau eingesetzt. Der Einsatz im Grünland bzw. im mehrschnittigen Feldfutterbau ist zwar auch möglich, hat sich allerdings hier nur wenig durchgesetzt bzw. erfordert eine gewisse Vorsicht. Dies hat folgende Gründe:

- Im Gegensatz zu Getreidebeständen ist im Grünland, Acker- und Klee gras der Anteil unbewachsener Bodenoberfläche wesentlich geringer. Nachteilig ist daher die streifenförmige Ablage vorwiegend auf den Bestand (Stoppeln) und nicht direkt auf den Boden, zumal die Schläuche ohne nennenswerten Auflagedruck über die Stoppeln hinweggleiten.
- Zudem dringt Rindergülle bei Trockensubstanz-Gehalten von über 6 Prozent nur sehr langsam in den Boden ein. Verantwortlich dafür ist die Zähigkeit dickerer Rindergülle, verursacht durch hohe Schleimgehalte.
- Ähnliches gilt für faserreiche Gärreste oder strohreiche Gülle. Eintrocknete Güllestränge können mit dem anwachsenden Grünlandbestand mit nach oben wachsen oder zu einem Ersticken der darunter liegenden Grasnarbe führen. Die Gefahr der Futterverschmutzung nimmt, wie beim Breitverteiler, mit höherem Anwachsen der Bestände zu.

- Daher ist die Flexibilität beim Einsatzzeitpunkt (im Gegensatz zum Schleppschuh oder der Injektion) eher gering.
- Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, dass die Schleppschlauchtechnik nur beim Einsatz von stark verdünnter Gülle, separierter Gülle und/oder niederschlagsreicher Witterung zu empfehlen ist, um ein Hochwachsen des Güllestreifens weitgehend ausschließen zu können.
- Trockenheit nach der Ausbringung mit dem Schleppschlauch kann zu einem Hochwachsen des Güllestreifens führen.
- In Milchviehbetrieben mit hohem Grünlandanteil ist die Schleppschlauchtechnik gegenüber der Schleppschuhtechnik daher nur wenig verbreitet.



Abb. 3: Unterschied zwischen Schleppschlauchtechnik (links) und Schleppschuhtechnik (rechts, hier dargestellt für die Gülleausbringung im Versuchswesen. Schleppschuhe wurden insbesondere für die Ausbringung auf Grünland entwickelt.

3.2 Schleppschuh

Schleppschuhverteiler wurden für die Ausbringung insbesondere auf wachsende Bestände entwickelt und laufend weiter verbessert, um Abhilfe für die Nachteile des Schleppschlauchverteilers zu schaffen. Das Schleppschuh- oder auch Schleppfußsystem ähnelt dem des Schleppschlauches. Im Gegensatz zu diesem sind jedoch an jedem Schlauchauslauf federbelastete, schuh- bzw. kufenähnliche Werkzeuge angebracht (**Abb. 3**). Hier gibt es verschiedenste Entwicklungen, einige Beispiele zeigt (**Abb. 4**).

Die am Schlauchauslauf angebrachten Werkzeuge bewirken ein Scheiteln bzw. Öffnen der Grasnarbe, so dass die Gülle direkt auf den Boden bzw. in den leicht angeritzten obersten Bodenbereich abgelegt wird. Anschließend schließt sich der Bestand wieder, wodurch der Luftkontakt und die Einstrahlung – und damit auch die Ammoniakemissionen - verringert werden (**Abb. 5**).

Insbesondere ist dies bei schon etwas angewachsenen Beständen der Fall. Dadurch können gegenüber der Schleppschlauchtechnik, jedoch insbesondere gegenüber der Breitverteilung die Ammoniakverluste in die Atmosphäre stark reduziert werden.



Abb. 4: Schleppschuhtechnik ist im Detail unterschiedlich. Hier sind als Beispiel verschiedene Systeme dargestellt, die sich z.B. in der Ausprägung der Kufen deutlich unterscheiden und damit teilweise auch deutlich im Verteilbild.



Abb. 5: Ziel beim Schleppschuh: Scheitern des Pflanzenbestands und Ablage des flüssigen Wirtschaftsdüngers auf den Boden bzw. in den durch die Kufen leicht angeritzten Boden.

Insgesamt kann von einem Minderungspotenzial bei der Ammoniakemission der Schleppschuhtechnik von mindestens 50 % gegenüber der Breitverteilung ausgegangen werden, Werte von ca. 55-65 % sind dabei auch möglich (siehe Kapitel 6).

Die Reihenabstände sind mit 20-30 cm (variabel, frei wählbar) meist etwas enger als beim Schleppschlauchsystem, die Arbeitsbreiten liegen zwischen 3 m und 30 m. Schleppschuhverteiler zeichnen sich durch eine Seitenwindunempfindlichkeit sowie eine gute Verteilgenauigkeit aus.

Tipps zum Einsatz des Schleppschuhs

Beim Schleppschuhverfahren empfehlen Praktiker die Ausbringung in einen Pflanzenbestand von ca. 8-10 bis maximal 15 cm Höhe, der durch die Kufen des Geräts geteilt wird, so dass die Gülle am Boden abgelegt wird (**Abb. 6**). Je nach vorheriger Mahdhöhe und Witterung ergibt sich damit ein Zeitfenster sehr kurz nach der Ernte bis etwa 14 Tage nach der Ernte.

Damit besteht Flexibilität, um hinsichtlich der Witterung einen möglichst optimalen Ausbringzeitpunkt zu treffen. Dies ist ein entscheidender Vorteil gegenüber der Breitverteilungstechnik, aber auch der Schleppschlauchtechnik. Die Beschattung des Güllebandes durch die Pflanzen reduziert die Ammoniakverluste zusätzlich.



Abb. 6: So sollte Schleppschuheinsatz aussehen – schmale Streifen (Bild links) und Ablage unter den wiederangewachsenen Pflanzenbestand (Detailbild rechts) – mit der entsprechenden Technik und Erfahrung ist dies auch in Hanglagen möglich

Die genaue Führung der Kufen/Schuhe am Boden ist für den Erfolg der Schleppschuhtechnik wichtig. Bei großen Arbeitsbreiten und welligem Gelände sowie hohen Fahrgeschwindigkeiten und/oder geringen Scharldrücken kann die Schleppschuhtechnik an ihre Grenzen geraten, so dass dann der Vorteil gegenüber dem Schleppschlauch schwinden kann.

Empfehlenswert sind daher spezielle schmale Grünlandkufen in Kombination mit einem optimalen Scharldruck (**Abb. 7**), um den Pflanzenbestand zu teilen und die Güllebänder sauber am Boden abzulegen und diesen evtl. sogar etwas anschlitzten.

Breitere Schleppschuhkufen hingegen erhöhen die Möglichkeit, dass die Pflanzen anteilig mehr niedergedrückt werden und sich daraus ein höheres Potenzial für Verschmutzungen durch Güllerreste ergibt. Diese Einflussfaktoren sollten bei einer Anschaffung der Technik berücksichtigt werden.

Augenmerk gilt neben der Ausbringmenge auch der Abstimmung von Fahrgeschwindigkeit und Bodenführung. Höhere Fahrgeschwindigkeiten und ein größerer Volumenstrom der Pumpe führen zu ungleichmäßiger Bodenführung und erhöhen die Gefahr einer Futtermittelverschmutzung durch unsaubere Applikation. Damit sich der Verteiler dem Untergrund gut anpassen und die Gülle auf den Boden ablegen kann, sind ggf. eine Anpassung der

Fahrgeschwindigkeit und Fördermenge der Pumpe erforderlich, z. B. durch eine kleinere Zapfwellenvorwahl.



Abb. 7: Die Abstimmung von erzielbarem Auflagedruck der Kufen sowie die Ausformung der Kufen selbst spielen für die Vermeidung von Futtermittelschmutzungen eine wichtige Rolle.

Nach Erfahrung von Praktikern kann durch diese Maßnahmen (optimale Schnitthöhe und Bestandshöhe bei der Ausbringung, optimale Kufen und deren Belastung, Fahrgeschwindigkeit und Volumenstrom) auch Gülle mit ca. 7-7,5 % TS („Standardgülle“) in den Bestand sauber abgelegt werden und die Gefahr einer Verschmutzung des folgenden Schnittes zumindest deutlich reduziert bzw. ganz vermieden werden.

Jedoch sollte, wie bei der Breitverteilung und dem Schleppschlauch, auch bei der Applikation mit Schleppschuh auf eine Ausbringung bei starker Hitze und Sonneneinstrahlung verzichtet werden und nach Möglichkeit die Ausbringung an bewölkten, regnerischen Tagen vorgenommen werden.

Dies reduziert die Anfälligkeit für Futtermittelschmutzung durch Güllewürste enorm. Trocknen die abgelegten Güllerbänder dagegen zu schnell ab, können diese im Bestand mit nach oben wachsen und auch von nachfolgenden Niederschlägen oder den Bodenlebewesen nur schwer zersetzt werden.

Nach Rückmeldung von Betrieben in trockeneren Regionen (Franken) ist eine ganzjährige Ausbringung mit dem Schleppschuhverfahren ohne Gefahr der Futtermittelschmutzung zwar prinzipiell möglich, dies jedoch im Sommer häufig nur bei stark verdünnter oder separierter Gülle. Daher halten Betriebe in trockeneren Regionen hinsichtlich der Jahreszeit eine Ausbringung mit dem Schleppschuh vor dem ersten Schnitt im Frühjahr und im Herbst nach dem letzten Schnitt für weniger problematisch, weil hier die Witterung in der Regel feuchter ist und eine größere Zeitspanne bis zur nächsten Schnittnutzung besteht. So können entstandene Güllestreifen auf Boden und ggf. Pflanzenbestand bis zur nächsten Ernte besser abgebaut werden.

Problematisch ist dagegen nach Ansicht vieler Betriebe eine Ausbringung von „normaler“ Gülle (6-8 % TM) in Sommermonaten mit wenig Niederschlägen. Hier kann die Injektion, für den Fall, dass eine Güllendüngung nötig ist, die bessere Technik sein.

Erhöhte Futtermittelschmutzungsgefahr besteht bei höher angewachsenen Beständen in den durch Schlepper und Fass verursachten Fahrspuren (**Abb. 8**), sofern keine Abschaltung der entsprechenden Schläuche erfolgt.



Abb. 8: Ist das Gras schon länger und der Boden nass, ist auch bei Schleppschuhtechnik Vorsicht geboten. Nicht zwangsläufig treten Probleme in Fahrspuren auf (Bild links), kommt es jedoch zu einem Niederwalzen des Bestands in der Fahrspur, durchdringt der Schuh nicht die Grasnarbe (Bild rechts) und ist zudem die Güllemenge auch noch zu hoch, so sind Probleme vorprogrammiert

Bis dato ist für viele Betriebe die Schleppschuhtechnik unter Abwägung von NH_3 -Minderungspotenzial, Anschaffungs- und Verfahrenskosten, Gewicht bzw. Zugkraftbedarf und Flächenleistung die geeignetste emissionsarme Technik für das Grünland. Zugkraftbedarf, Gewicht und Anschaffungskosten sind jedoch etwas höher als bei vergleichbaren Schleppschlauchverteilern. Im Vergleich zur Injektion scheint die Gefahr von Narbenverletzung geringer.

Auch bei der Schleppschuhtechnik sind Narbenschäden oder Futtermittelschmutzungen nicht völlig ausgeschlossen. Ein optimaler Einsatz ist daher wichtig! Wichtige Empfehlungen von Praktikern zu Minimierung des Eintrags von Güllepartikeln ins Futter sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die Fließfähigkeit des Wirtschaftsdüngers, die Witterung und die Bodenverhältnisse, der Zeitpunkt, die Ausbringmenge sowie insbesondere die richtige Schnitthöhe bei der Ernte spielen dabei eine zentrale Rolle (siehe auch Kapitel 4).

Bei flüssigem Wirtschaftsdünger mit über 8 % TM kommt die Schleppschuhtechnik technisch häufig an ihre Grenzen. Hier ist eine vorgeschaltete Separierung oder die Schlitztechnik zu empfehlen. Letztere kann gerade bei trockenen Witterungsbedingungen und Regionen mit wenig Niederschlägen in der Hauptvegetationszeit ihre Vorteile ausspielen.

Tab. 2: Empfehlungen von Praktikern zur Minimierung des Eintrags von GÜlleresten ins Futter aus der streifenförmigen Ausbringung vor allem bei Schleppschuhtechnik

Aspekte	Darauf ist zu achten
<p>Fließfähige Gülle bzw. Gärreste</p> <p>[siehe auch Kapitel 4]</p>	<ul style="list-style-type: none"> • vor dem Ausbringen homogenisieren • Verdünnung mit Wasser (Regenwasser) v.a. im Sommer, je dünner, desto besser. Ziel wären TS-Gehalte unter 4-5 % • bei hohem Grobfaseranteil (z.B. Einstreu mit langfaserigem Stroh aus Tiefboxen; Biogasanlagen mit hohem NaWaRo-Anteil): Auswahl der Einstreu überdenken, Faserverdauung bei den Kühen in der Fütterung optimieren, Separieren • Vergärung verringert den TS-Gehalt und den Schleimstoffgehalt
<p>Witterung und Bodenverhältnisse</p>	<ul style="list-style-type: none"> • keine Ausbringung bei trockenem und warmem Wetter, da harte und vertrocknete Streifen sich schlecht auflösen. Getrocknete GÜllereste im Bestand können nach oben wachsen. • bei stark ausgetrockneter Bodenoberfläche oder zu nassen Böden zieht die Gülle schlechter in den Boden ein, insbesondere wenn sie nicht sehr dünnflüssig ist. • je dicker die Gülle, desto wichtiger ist ausreichend Niederschlag (80-100 mm) zwischen Ausbringung und Schnitt. • kühle Lufttemperatur, bedeckter Himmel und möglichst trockener Boden, leichter Regen bei und nach Ausbringung. • Vorsicht bei feuchten bzw. nassen Böden und hohen Gewichten: Pflanzen, die in den feuchten Boden eingedrückt werden, lassen kaum GÜlleablage zwischen den Pflanzen zu, zudem steht das Gras in der Fahrspur auch lange nicht mehr auf.
<p>Zeitpunkt</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Schleppschuh: Die Gülle sollte zwischen die Pflanzen direkt auf den Boden abgelegt werden; genügend Schardruck ist hierbei wichtig. • eine Ablage auf der kurzen Stoppel (< 7cm) sowie eine Ablage in einen zu hohen Bestand (> 15 cm) sollten vermieden werden, um die Gefahr von Verunreinigungen zu reduzieren. • nicht zu spät ausbringen, damit noch ausreichend Zeit (mind. 3 bis 4 Wochen) zwischen Ausbringung und Schnitt verbleibt.
<p>Güblemenge</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gülemenge begrenzen, d.h. maximal 15 (-20) m³/ha pro Gabe; nur bei sehr dünner Gülle auch mehr • Gerade bei höherem Grobfaseranteil die Ausbringmenge im Jahr auf kleinere Gaben verteilen (besser 4x10 als 2x20 m³/ha).
<p>Ernte</p>	<ul style="list-style-type: none"> • richtige Schnitthöhe, 6-7 cm, in Trockenlagen ggf. höher. Sollte es nach dem GÜllefahren die nächsten Tage nicht regnen, unbedingt bei der nächsten Mahd auf noch vorhandene GÜllereste achten. Sollten noch GÜllereste (GÜllestreifen) am Boden vorhanden sein. Das Mähwerk auf mindestens 7 cm einstellen. Kreiselheuer und Schwader so einstellen, dass die Zinken keinesfalls den Boden berühren.

3.3 Injektion (Schlitzverfahren)

Mittels Schlitzverteilern wird flüssiger Wirtschaftsdünger direkt in den Boden injiziert. Dazu wird mit einer Schneidscheibe die Grasnarbe bzw. der Boden ca. 1-4 cm (je nach Modell, ausgeübtem Druck, Bodenzustand und Güllemenge) aufgeschnitten und die Gülle nachfolgend in diese Schlitzte abgelegt (**Abb. 9**).



Abb. 9: Bei der Gülleinjektion werden mit einer Schneidscheibe Grasnarbe und Boden aufgeschnitten und nachfolgend die Gülle in den entstandenen Schlitz abgelegt. Das linke Bild zeigt das Prinzip der Technik, das rechte Bild das Ergebnis im Bestand.

Durch die Ablage direkt in die oberste Bodenschicht und nicht auf die Bodenoberfläche sinkert (infiltriert) die flüssige Phase schnell in die Bodenmatrix ein, sofern vor der Ausbringung der Boden gut abgetrocknet, idealerweise leicht feucht, jedoch nicht völlig ausgetrocknet ist. Die Arbeitsbreite der Technik liegt derzeit meist zwischen 6 m und 13,5 m, der Reihenabstand zwischen 20 und 30 cm (frei wählbar).

Von allen drei emissionsarmen streifenförmigen Techniken hat die Injektion mit Abstand die größte emissionsmindernde bzw. geruchsreduzierende Wirkung. Gegenüber der Breitverteilung liegt das Minderungspotenzial von Ammoniakemissionen bei rund 70-80 %.

Die Gefahr einer Verschmutzung des Pflanzenbestands durch Güllereste bei normaler Aufwandmenge ist äußerst gering (**Abb. 10**).

Die Ausbringung nach einer Schnittnutzung ist in einem großen Zeitfenster (bis ca. 15 cm Wuchshöhe) möglich und auch bei sonniger warmer Witterung halten sich die Ammoniakemissionen bei der Gülleinjektion in Grenzen. Dies schafft für eine saubere und emissionsarme Gülleausbringung große Flexibilität.

Hinsichtlich der Futtermittelverschmutzung gibt es beim Einsatz der Schlitztechnik mit Ausnahme des Einsatzes bei extremer Trockenheit, nassen Böden, bei sehr hohen Ausbringmengen und sehr dickflüssiger Gülle vom Prinzip her keine Probleme.



Abb. 10: Bei der Injektionstechnik ist die Gefahr von Futtermittelschmutzungen am geringsten, da der flüssige Wirtschaftsdünger direkt in den Boden eingebracht wird.

Eine Ausbringung in der Hauptvegetationszeit (spätes Frühjahr, Sommer) halten Praktiker in niederschlagsarmen Regionen für deutlich weniger risikoreich in Bezug auf die Futtermittelschmutzung als bei der Schleppschuhtechnik. Zudem werden Faserstoffe direkt in den Boden eingebracht und verbleiben nicht als potenzielle Verschmutzungsquelle auf der Bodenoberfläche.

Tipps zum Einsatz der Injektionstechnik

Allerdings sind auch bei der Schlitztechnik einige Dinge zu beachten, um vor allem Bodenschäden und, in deren Folge, die Gefahr der Futtermittelschmutzung zu vermeiden.

Prinzipiell sind die optimalen Ausbringbedingungen beim Einsatz der Injektion (Schlitztechnik) denen der Schleppschuhtechnik ähnlich. Der Beschaffenheit der Bodenoberfläche und der Bodenfeuchte kommt bei der (meist schwereren) Schlitztechnik jedoch eine größere Bedeutung zu. Idealerweise besitzt der Boden eine gute Tragfähigkeit und weist eine gewisse Grundfeuchte auf, damit die Schlitzscheiben gut in den Boden eindringen können, um dort die Gülle abzulegen.

Die exakte Tiefenführung der Scheiben spielt eine wichtige Rolle für den erfolgreichen Einsatz dieser Technik. Generell sollte daher vor allem beim Einsatz von älteren, gebrauchten Geräten auf eine gleichmäßige Abnutzung der Schlitzscheiben geachtet werden, damit die Schlitztiefe über die gesamte Arbeitsbreite gleichmäßig eingehalten wird. Auch ein guter Zustand der Ausläufe, welche meist aus Gummi sind (siehe **Abb. 9**) trägt dazu bei, dass die Gülle oder Gärreste sauber in den Boden injiziert werden und nicht seitlich herausquellen.

Probleme können durch die hohen Lasten der Technik entstehen, welche sowohl durch den erhöhten Kraftbedarf des Trägerfahrzeugs/der Zugmaschine, als auch die schwere Gülletechnik bedingt sind. Dies erfordert einen sehr feinfühligem Einsatz gerade bei nicht ganz optimalen Bodenbedingungen. Zudem wird mit der Formung des Schlitzes zur Ablage des Güllebandes die Grasnarbe geöffnet und damit zunächst verletzt. Bleiben hier Niederschläge aus, können sich die Schlitzlöcher nicht zeitnah schließen. Dadurch können u.U. unerwünschte Pflanzen (Gemeine Rispel, Unkräuter) Fuß fassen. Allerdings sind negative, der Schlitztechnik

zuordenbare, Bestandveränderungen nach Berichten von Praktikern eher selten. Zudem lässt sich die Injektion gut mit einer Nachsaat in kombinieren.

Wenngleich es Rückmeldungen gibt, wonach Grünland auch häufiges Schlitzten bei optimalem Einsatz und geschulten Fahrern durchaus ohne Schäden gut verträgt, sollte nach bisheriger Empfehlung insbesondere bei mittleren und schweren Böden oder Moorböden die Gülleausbringung nur zwei- bis maximal dreimal jährlich mit dem Schlitzgerät erfolgen.

Narbenschäden in Form von Rissen treten erfahrungsgemäß vor allem auf schweren (tonigen) Böden auf, wenn die Gülle bei feuchtem Bodenzustand injiziert wurde und dann eine Trockenphase folgt. Dann können sich von den Schlitzten ausgehend, weitere Risse bilden, die den Boden zusätzlich austrocknen. Dies kann nach Erfahrungen von Praktikern vermindert werden, wenn die Schlitztiefe nicht zu tief gewählt wird (< 3 cm).

Für die entsprechend applizierte Güllemenge muss eine bestimmte Schlitztiefe erreicht werden, um das Band vollständig in den Schlitz abzulegen. Bei sehr trockenen Bedingungen kann es durchaus passieren, dass diese Tiefe nicht erreicht wird. Dann wird der Boden nur angeritzt und im Endeffekt gelingt nur eine „Schleppschuhablage“, was bei hoher Ausbringmenge, dicker Gülle und nicht optimaler Erntetechnik und fehlenden Niederschlägen die Gefahr der Futtermittelverschmutzung wie beim Schleppschuh erhöht.

Beim anderen Extrem, also bei zu nassen Böden bei der Ausbringung, kann das Schlitzgerät einsinken, was tiefe Narbenschäden zur Folge hat. Es besteht zudem die Gefahr, dass anhaftende Erdklumpen und Grassoden mit nach oben gerissen werden. Damit entsteht ein großes Potenzial für Futtermittelverschmutzungen bei der Ernte durch Eintrag von bodenbürtigen Schadkeimen (z.B. Clostridien) in das Futter. Zudem schmieren bei schweren Böden die Poren im Schlitz zu, d.h. die Gülle kann nicht seitlich in den Boden infiltrieren. Eine Ausbringung im zeitigen Frühjahr oder Herbst auf vernässungsgefährdeten Standorten (z.B. Auenlagen, Flusstäler) kann daher ein Risiko sein.

Entscheidend für einen optimalen Einsatz ist eine entsprechende Maschinenkonfiguration. Hierzu zählt die Arbeitsbreite, das Gewicht des Gerätes als auch die Möglichkeit durch das Trägerfahrzeug, das Schlitzgerät wiederholbar je nach Bedingungen und Bodenarten zu be- und entlasten, um die gewünschte Schlitztiefe zusammen mit der gewünschten Ausbringmenge einhalten zu können.

Bei Trockenheit des Bodens ist eine erfolgreiche Ausbringung mit Schlitzgeräten durchaus möglich, wenn der Druck auf die einzelnen Scheiben erhöht wird. Bei der Aufhängung der Schare gibt es dabei Unterschiede der jeweiligen Hersteller bzw. Modelle. Vorteilhaft erscheint die technische Möglichkeit (firmen-, bzw. modellabhängig) eines hydraulischen Druckausgleichsystems. Dieses hilft zu vermeiden, dass einzelne Scheiben stark belastet werden, bzw. dass zu hohe Drücke an einem Schar Beschädigungen am Gerät hervorrufen. Letzteres kann z.B. der Fall sein, wenn ein Schar auf ein Hindernis, wie einen Stein, trifft.

Bei extremer Trockenheit ist jedoch ein Eindringen der Scheiben unabhängig vom Hersteller/Modell vor allem auf schweren Böden erfahrungsgemäß meist nicht mehr möglich. Unter diesen Umständen ist aber jegliche Gülledüngung auf Grünland fachlich ein Unding.

Bei der Anschaffung sollte auch der Scheibendurchmesser anhand der Applikationsmengen bemessen werden. Ebenso muss, dem Gewicht geschuldet, auch eine entsprechende großvolumige Bereifung vorhanden sein, im Idealfall mit Reifendruckregelanlage.

Auch bei ungünstigen Bedingungen auf Moorböden bzw. auf Marschböden in Norddeutschland wird die Narbe über Gebühr strapaziert. Dadurch kann es zu Narbenschäden im Grünland kommen. Manche Praktiker versuchen einer möglichen Narbenverletzung durch offene

Schlitze vorzubeugen, indem sie mit dem Schlitzgerät in die Gülle eingerührten Grassamen (standortangepasste Nachsaatmischungen) ausbringen.

Nachteilig bei der Gülleinjektion sind der Mehrbedarf an Zugkraft. Aufgrund der im Vergleich zur Breitverteilung, der Schleppschauch und Schleppschuhtechnik stark begrenzten Arbeitsbreite der Injektionstechnik ist nicht nur die Flächenleistung niedriger, sondern es muss auch mehr Bodenfläche und zudem bei hohem Gewicht (**Abb. 11**) der Schlitztechnik überfahren werden.



Abb. 11: Die Injektionstechnik (links gezogenes Fass, rechts Selbstfahrer) hat die niedrigsten Ammoniakverluste unter den bodennahen streifenförmigen Techniken.

Dadurch steigt die Gefahr der Bodenbelastung. Bodenschonende technische Maßnahmen wie die richtige Reifenwahl, Reifendruckregelanlagen und/oder Hundegang bei Selbstfahrern sind daher genauso wichtig wie die Feinfühligkeit und Erfahrung des Fahrers in Hinblick auf Standort und Einsatzzeitpunkt. Bei optimaler Maschinenkonfiguration ist ein Einsatz auch in Hanglagen möglich.

Aufgrund der hohen Investitionskosten und der notwendigen Auslastung kommt das Verfahren vorwiegend überbetrieblich (Lohnunternehmer, Maschinenring) als absätziges Verfahren zum Einsatz. Bei diesem bleibt die Ausbringtechnik (Selbstfahrer oder gezogen) auf der Fläche und wird über Zubringerfahrzeuge beliefert.

3.4 Verschlauchung

Für arrondierte Flächen und große Schläge kann die Kombination von bodennaher Ausbringtechnik (Schleppschuh, Injektion) und Verschlauchung einen arbeits- und betriebswirtschaftlich interessante Alternative sein.

Durch die Verschlauchung lassen sich die Schlagkraft erhöhen, das Gewicht der Ausbringtechnik senken und dadurch der Bodendruck reduzieren. Gerade wo der Einsatz von schweren Transportfässern öfters nicht möglich ist, z.B. bei feuchten und rutschigen Grasnarben in Hanglagen, werden die Vorteile der Verschlauchung deutlich. Nachteilig sind die hohen Rüstzeiten für Auf- und Abbau inklusive Reinigung der Schlauchleitungen.

3.5 Fazit - Welche Technik passt zu meinem Betrieb?

Die NEC-Ziele erfordern eine drastische Senkung der Ammoniakemissionen bis 2030. Nach den düngerechtlichen Vorgaben muss deshalb in der Graslandwirtschaft spätestens ab 2025 der Wechsel zu emissionsarmen bodennahen streifenförmigen Applikationstechniken

erfolgen. Bestimmte, auf agrarstrukturelle oder naturräumliche Gegebenheiten bezogene Ausnahmen (siehe Abschnitt 2.2) sind dabei gerechtfertigt und werden in begrenztem Maße auch weiterhin möglich sein.

Für die Mehrzahl der bayerischen bzw. süddeutschen Betriebe ergibt sich aus den Vorgaben der Düngeverordnung Anpassungsbedarf in der technischen sowie logistischen Umsetzung des Managements von Gülle und flüssigen Gärresten. Der damit unbestritten verbundene erhebliche finanzielle Mehraufwand kann zumindest teilweise durch eine höhere Stickstoffeffizienz sowie insbesondere durch staatliche Unterstützungen im Rahmen der ab 2021 möglichen Investitionsförderung durch die Förderung des Bundes über die landwirtschaftliche Rentenbank bzw. der Förderung emissionsarmer Ausbringung im Rahmen des bayerischen Kulturlandschaftsprogrammes (KuLaP) aufgefangen werden.

Durch fachrechtliche Vorgaben müssen sich die meisten Betriebe jetzt aktiv damit auseinandersetzen, welche Technik für ihren Betrieb mittelfristig am geeignetsten ist. Diese Frage kann verständlicher Weise nicht allgemein beantwortet, sondern muss betriebsindividuell entschieden werden. Jede Technik (Schleppschlauch, Schleppschuh und Injektion) hat ihre speziellen Vor- und Nachteile bzw. ihre eigenen Anforderungen für eine futterhygienisch optimale Ausbringung von Gülle und Gärresten. Diese werden in dem Leitfaden aufgezeigt. Für Grünlandbetriebe wird dabei die engere Wahl aus Gründen der N-Effizienz und Futterhygiene auf die Schleppschuhtechnik und/oder die Injektionstechnik (Schlitztechnik) fallen, während der Schleppschlauch für rinderhaltende Betriebe seit vielen Jahren nur in wenigen Fällen eine geeignete Option ist.

Grundsätzlich lässt sich nach bisheriger Erfahrung sowohl mit der Schleppschuh- als auch mit der Injektionstechnik bei optimalem Management flüssiger Wirtschaftsdünger (TS-Gehalt, Fließfähigkeit, schnelle Verfügbarkeit der Technik, etc.) sowie sorgsamer Erntetechnik qualitativ hochwertiges Futter bei zudem deutlicher Minderung der Ammoniakemissionen und stark erhöhter Stickstoffeffizienz gegenüber der Breitverteilung erzielen. Dies ist seit langem bekannt und wird auch von Landwirten und Maschinenringern bestätigt.

Vorteilhaft ist darüber hinaus, bei Schleppschuh und Injektion gegenüber Breitverteilung und Schleppschlauch, die Möglichkeit eines deutlich flexibleren Applikationszeitpunktes von Gülle und flüssigen Gärresten nach der Grasernte. Dadurch verlängert sich das Zeitfenster zur Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger bei günstigen Witterungs- und Bodenverhältnissen. Die verminderten Geruchsemissionen sind ein weiterer von Landwirten und insbesondere der übrigen Bevölkerung geschätzter Vorteil.

Die meisten der eher klein- bis mittelstrukturierten Betriebe Süddeutschlands entscheiden sich in Anbetracht von Kosten, Schlagkraft und hoher Nutzungsintensität im Falle einer Eigenmechanisierung für die Schleppschuhtechnik. Schon seit geraumer Zeit haben dabei Firmen die speziellen Anforderungen für agrarstrukturell ungünstige Lagen oder kleinere Betriebe erkannt. So werden in (kuppigen) Hanglagen erhöhte Anforderungen an die Technik gestellt, um den flüssigen Wirtschaftsdünger effizient und futterhygienisch sauber an den Boden zu bekommen (**Abb. 12**).

Technische Ergänzungen, wie automatischer Hanglagenausgleich, oder kleine Fässer bzw. niedriger Schwerpunkt sind daher sinnvolle Optionen, die bei der Anschaffung bedacht werden sollten. Die Erfahrung aus Vorführungen und von Landwirten zeigt, dass auch in hängigem Gelände bis max. ca. 20 % Neigung bei entsprechender technischer Ausstattung und optimalem Einsatz durch Schleppschuhtechnik eine erfolgreiche Ausbringung möglich ist.



Abb. 12: Gerade in Hanglagen werden erhöhte Anforderungen an die Technik gestellt, um die Gülle sauber an den Boden zu bekommen.

Schon heute bieten Firmen für erschwerte Bedingungen (Hanglagen, enge Hofstellen) kleine leichte Fässer oder vergleichsweise günstige Umbaulösungen an. Auch erfolgreiche Eigenkonstruktionen und pfiffige Umbaulösungen sind bereits im Einsatz. Emissionsarme Technik ist daher keineswegs (**Abb. 13**) stets in Zusammenhang mit großen, schweren Fässern bzw. entsprechenden Zugmaschinen zu sehen.

Somit bietet gerade die Schleppschuhtechnik eine Vielzahl von Lösungen für eine Eigenmechanisierung unterschiedlicher Betriebsgrößen und Strukturen.

Auch bei der Injektionstechnik gibt es unterschiedlichste Lösungen für die jeweiligen betrieblichen Situationen. So sind neben großen und sehr teuren Selbstfahrern auch kleinere Geräte (**Abb. 13**, rechts unten) erfolgreich im Einsatz. Gleichfalls ist ein Einsatz im hängigen Gelände auch bei Injektionstechnik erfolgreich möglich.

Bei gleicher Größe des Fasses ist die Technik jedoch schwerer und damit der Zugkraftbedarf höher, wodurch sich in der Regel die Ausbringkosten insgesamt erhöhen. Diese Technik können sich meist nur größere Betriebe in Eigenmechanisierung kostendeckend leisten. Für kleinere Betriebe sind hier Kooperationen und überbetriebliche Nutzung erforderlich. In Bezug auf die Stickstoffeffizienz ist die Injektion jedoch unschlagbar und ihr Einsatz wird gerade in den Sommermonaten in niederschlagsarmen Regionen von Landwirten sehr geschätzt, zumal auch die Gefahr von Güllerrückständen am Boden und damit später im Futter sehr gering ist.

Derzeit ist noch nicht abschließend geklärt, ob und inwieweit bei ausschließlicher Anwendung dieser Technik, insbesondere auf Dauergrünlandbeständen mit sehr hoher Schnitt- und Düngungsintensität sich ggf. negative Auswirkungen auf die Grasnarben ergeben, welche u.U. Nachsaaten erfordern. Bisherige Erfahrungen widerlegen allerdings eine befürchtete Zunahme von unerwünschten Pflanzen im Grünland (Gemeine Rispe, Ampfer, sonstige futterbaulich minderwertige Pflanzen) zumindest bei moderatem Einsatz (2-3 Injektionen pro Jahr). Die LfL untersucht auf mehreren Standorten u.a. pflanzenbauliche Fragestellungen zu Gülleausbringung auf Grünland mit unterschiedlicher Technik; mehr Information dazu finden sich unter <https://www.lfl.bayern.de/iab/gruenland/206637/index.php>.



Abb. 13: Welche Technik für welchen Betrieb am besten passt, hängt von vielen Details ab. Dabei bedeutet emissionsarme Gülleausbringung keineswegs automatisch sehr große und schwere Technik!

Die ideale Lösung für die Zukunft wäre, dass einem Betrieb je nach Boden- und Witterungssituation abrufbereit beide Techniken (Schleppschuh bzw. Injektion) zur Verfügung stünden. Dies erfordert die Kombination von Eigenmechanisierung unter flexibler Einbeziehung von Maschinengemeinschaften oder Lohnunternehmern. Die Entwicklung betriebsoptimaler Konzepte im Wirtschaftsdüngermanagement schließt, neben agrarstrukturellen Gegebenheiten und finanziellem Spielraum, auch lokale Witterungsverhältnisse, welche nochmals spezielle Anforderungen an den optimalen Technikeinsatz stellen, sowie die Berücksichtigung betriebsspezifischer Substrateigenschaften des Wirtschaftsdüngers (TS-Gehalt, Fließfähigkeit, Faseranteile) mit ein.

Klar ist: Für viele Betriebe bedeutet die Umstellung von der günstigen Breitverteilungstechnik auf die teurere, jedoch effizientere emissionsarme streifenförmige Ausbringtechnik eine große Herausforderung. Pauschale Aussagen, welche Technik dabei die beste für den jeweiligen Einzelbetrieb ist, sind nicht möglich. Meist steigen aber die logistischen Ansprüche an das Gülle-Management, dies vor allem bei absätzigen Verfahren.

Was ist also zu tun? Der Austausch mit Berufskollegen, die bereits Erfahrungen mit bodennaher streifenförmiger Wirtschaftsdünger-Ausbringung gesammelt haben, ist wichtig. Dies zum Beispiel über gemeinsame Veranstaltungen von Maschinenringen, Firmen und Fachbehörden. Dabei lassen sich mögliche Vorbehalte klären und das notwendige Know-How für die Umsetzung im eigenen Betrieb sammeln. Lösungen gibt es viele, die geeignete für den Betrieb zu erkennen und zu auswählen, ist die Herausforderung bis 2025.

4 Futterhygiene beim Einsatz von Gülle und Gärresten auf Grünland und mehrschnittigen Feldfutterbau

Ziel ist es, bei hoher N-Effizienz im Grünland und mehrschnittigen Feldfutterbau (Ackergras, Klee, Luzerne, Gras-Leguminosengemische) unter Einhaltung rechtlicher Vorgaben wie der Düngeverordnung mit hoher Sicherheit eine ausreichende Menge hygienisch unbedenkliches Futter mit hohem Futterwert zu erzeugen. Der Begriff Futtermittelhygiene bezeichnet dabei die Maßnahmen und Vorkehrungen, welche notwendig sind, um Verfahren zu beherrschen und zu gewährleisten, dass ein Futtermittel (z.B. Grünfutter, Silage, Heu) unter Berücksichtigung seines Verwendungszwecks für die Verfütterung an Tiere tauglich und qualitativ hochwertig ist.

Die Herstellung von qualitativ hochwertigen und hygienisch einwandfreien (Grob)-Futtermitteln ist nicht nur aus Sicht der Tiergesundheit, Leistungsfähigkeit und Lebensmittelsicherheit relevant. Eine hohe Grobfutterleistung aus sauber erzeugtem Futter ist letztlich auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht erstrebenswert. Die gleiche Leistung bei weniger Zukauf an Kraftfutter rechnet sich immer.

4.1 Einflüsse auf die Futterhygiene – Bedeutung von Narbenpflege und optimaler Erntetechnik

Gründe für hygienisch nicht einwandfreie (Grob-)Futtermittel können die Ernte von verschmutztem oder verunreinigtem Futter oder auch die unsachgemäße Weiterverarbeitung, Lagerung und Vorlage des Futters sein. Die Folge ist eine Kontamination oder gar der Verderb des Futters. Unter „Verschmutzung“ fallen insbesondere Erdanteile, welche dem Erntegut anhaften oder auch Kadaver kleiner Säugetiere, welche ein besonderes Risiko hinsichtlich der Gefahr einer Kontamination mit Clostridien bergen.

Unter ungünstigen Bedingungen (z. B. zu späte Düngung, zu hohe TM-Gehalte der Gülle, fehlender Niederschlag) können aber auch Güllerückstände zu einem Eintrag von Bakterien führen. Wirtschaftsdünger enthalten eine sehr variable Menge an Bakterien. Dies ist unter anderem abhängig von der Tierart, der Fütterung und etwaigem Krankheitsgeschehen, kann aber auch durch verschiedene technologische Maßnahmen wie Lagerung, Vergärung, Kompostierung und Separierung beeinflusst werden.

Aufgrund der genannten unterschiedlichen Eintragungsmöglichkeiten von unerwünschten Stoffen und Mikroorganismen ins Futter ist die Beachtung entsprechender Maßnahmen vor, während und nach der Ernte bis zum Verzehr für die Futterhygiene essenziell. Dies betrifft den Bereich vor der Ernte, wie die Narbenpflege (Vermeidung von Lücken), die organische Düngung, die Erntekette selbst, sowie den Bereich nach der Ernte bis hin zur Verfütterung. Letzterer ist für die Futterhygiene sehr wichtig, jedoch nicht Thema dieses Leitfadens.

Pflanzliche Futtermittel sind zum Zeitpunkt der Ernte praktisch immer mit Bakterien, Schimmelpilzen oder Hefen behaftet. Man spricht hier von der sogenannten Feldflora. Diese Keime müssen jedoch nicht zwangsläufig schädlich auf das Futter und die Verfütterung wirken. So sind zum Beispiel Milchsäure bildende Bakterien im Erntegut essenziell für die Herstellung von Gärfutter. Manche Umweltkeime, wie zum Beispiel Clostridien (u.a. Buttersäurebildner), welche über Erde oder ggf. Gülle ins Futter gelangen, können dagegen problematisch sein.

Das Wichtigste zur Thematik Futterhygiene in Kürze

- Die Sicherung der Futterhygiene umfasst alle Maßnahmen vor der Düngung, bei der Düngung, die gesamte Erntekette und den Bereich nach der Ernte bis zur Verfütterung.
- Futterhygiene beginnt mit der Narbenpflege – offene Bodenstellen und Narbenschäden gerade in Kombination mit zu tiefem Schnitt und nicht optimal eingestellten Folgegeräten sind ein Problem, das es zu vermeiden gilt. Ein zu tiefer Schnitt ist die Grundlage für Futterschmutzungen!
- Bisher gibt es keine Hinweise dafür, dass die Futterschmutzung bzw. die Clostridienbelastung bei bodennaher, streifenförmiger Gülleausbringung höher ist als bei Breitverteilung. Sauberes Futter durch streifenförmige Technik ist möglich!
- Fließfähige Gülle mindert die Gefahr von Futterschmutzungen. Die Fließfähigkeit kann entweder durch Verdünnung mit Wasser, durch Vergärung oder durch Separation verbessert werden. Welches Verfahren das geeignete ist, hängt von den betrieblichen Verhältnissen ab.
- Maßnahmen zum Controlling auf dem Feld, dem Silo und im Stall nutzen!

Grünlandpflege.

Futterhygiene beginnt mit der Narbenpflege! Dies bedeutet: Eine saubere Futterernte setzt bestimmte Maßnahmen der Grünlandpflege im Frühjahr (**Abb. 14**) voraus. Diese hat zum Ziel, Maulwurfs- und Wühlmaushügel einzuebnen, ggf. verbliebene organische Reste in die Narbe einzuarbeiten und die Bestockung anzuregen. Über- und Nachsaaten halten zudem die Narbe dicht. Weiterhin begünstigt eine laufende Bekämpfung von gegebenenfalls vorhandenen Schädigern die Ernte von sauberem Futter.



Abb. 14: Wichtige Maßnahmen zur Gewinnung von hochwertigem Futter aus Gras – die Grünlandpflege und eine optimale Ernte sind dabei entscheidende Ausgangspunkte.

In Böden kommen eine Vielzahl von Schadkeimen vor. Gelangt daher bei der Ernte Boden in das Futter, kann der Gärverlauf negativ beeinflusst werden. Vor allem die Buttersäurebildner (Clostridien) erhöhen das Risiko von Fehlgärungen und gefährden die Rohmilchqualität. Clostridien kommen dabei nicht nur in der Gülle, sondern auch im Boden vor. Untersuchungen der LfL weisen darauf hin, dass selbst bei ausschließlich mineralischer Düngung jedoch lückigen Grasnarben ein höherer Clostridienbesatz möglich ist als bei Gülledüngung.

Daher sind Erdhaufen und offene Bodenstellen (**Abb. 15**) ein nicht zu unterschätzendes und zu vermeidendes Kontaminationspotenzial. Lücken in der Grasnarbe bzw. offene Bodenstellen im Bereich der Zufahrtsbereiche oder Vorgewende in Hinblick auf die Clostridienbelastung können zum Teil problematischer als die Gülledüngung sein. Dies vor allem, wenn das Gras zu tief geschnitten wird. Daher sollte gerade bei lückigeren Grünlandbeständen die Schnitthöhe stets mehr als 7 cm betragen. Weitere Vorteile eines höheren Schnitts sind ein schnellerer Wiederaufwuchs.



Abb. 15: Im Prinzip ist hier die Gülle sauber mit dem Schleppschuh unter den Bestand abgelegt (Bild links). Was aber ein Problem bei der Ernte und Konservierung sein kann, sind offene Bodenstellen (Bild rechts). Werden die Mäh- und Erntegeräte nicht genau darauf eingestellt und gelangt Boden in das Futter, kommen damit auch Clostridien ins Futter und die Gefahr einer nicht optimalen Silage ist gegeben.

Beim Schnitt ist darauf zu achten, dass die Bedingungen z. B. hinsichtlich der Bodenfeuchte günstig sind. Bei einer optimalen Ernte liegt das Erntematerial auf hohen Stoppeln, was wiederum den richtigen Einsatz der Folgegeräte begünstigt und den zügigen Wiederaustrieb als wichtige Voraussetzung für einen guten Ertrag des Folgeschnittes sichert.

Anforderungen an die Erntetechnik

Die Einstellung der Schnitthöhe beim Mähen des Bestandes ist essenziell, da hier bereits die Arbeitstiefe der nachfolgenden Ernteschnitte festgelegt wird. Somit ist ein zu tiefer Schnitt bereits die Grundlage für hohe Futterschmutzungen.

Nicht nur bei der Mahd, sondern auch bei den Folgegeräten vom Kreiselzettwender über den Schwader bis hin zur Pickup für die Bergung ist darauf zu achten, dass die Maschinen so eingestellt werden, dass die Zinken keinen Bodenkontakt haben sondern nur so weit wie nötig in die Stoppeln eingreifen (**Tab. 3**).

Tab. 3: Anforderungen an die Erntetechnik zur Sicherung der Futterhygiene

Gerät	Ziele und Anforderungen
Wild	<ul style="list-style-type: none"> • Wildschäden vermeiden (auch wegen Giftstoffen von Tierkadavern im Futter); Präventionsmaßnahmen in Absprache mit den örtlichen Jagdbeauftragten; Mähknigge einhalten • Siehe hierzu: https://www.lfl.bayern.de/ilt/pflanzenbau/gruenland/224467/index.php
Mähwerk	<ul style="list-style-type: none"> • Schnitthöhe mindestens 7 cm; ein zu tiefes Mähen erhöht das Futterschmutzungsrisiko während der Erntekette erheblich • Scharfe Klingen für sauberen Schnitt • Luftdruck der Schlepperreifen anpassen • Auflagedruck der Mähwerke in Abhängigkeit der Bodenverhältnisse einstellen, ca. 70 kg pro Meter Arbeitsbreite
Mähwerksaufbereiter	<ul style="list-style-type: none"> • Förderung der Trocknung des Ernteguts auf einen optimalen TM-Gehalt von 30-40 % bei Silage, Verkürzung der Feldliegezeiten • Einstellmöglichkeiten (Drehzahl des Aufbereiters, Intensität, Zapfwellendrehzahl) nutzen, um Aufbereiter an die Schlagkraft der Erntekette anzupassen • Mögliche Folgen für die Biodiversität beachten!
Zetter	<ul style="list-style-type: none"> • homogenes Aufbereiten und schnelleres Abtrocknen durch gleichmäßiges Verteilen • Einstellung der Arbeitstiefe in Abhängigkeit von der Mähtiefe • Zapfwellendrehzahl an das Mähgut anpassen; • Geschwindigkeit 6-8 km/h • Kreiseldurchmesser: je kleiner umso bessere Bodenanpassung und Aufnahme auch bei kurzem Futter, bessere Streuqualität • Zustand und Stellung der Zinken kontrollieren, tiefster Punkt soll 2 cm unter Stoppelhöhe sein • Luftdruck kontrollieren (Gerät soll nicht hüpfen) • Streuwinkel (13°-19°) einstellen: Je flacher umso schonender; für erstes Zetten bei feuchtem Futter intensiv mit steilem Winkel und hoher Drehzahl; für trockenere Erntegüter flacherer Streuwinkel und weniger Drehzahl
Schwader (plus Ladewagen bzw. Ladewagen oder Presse)	<ul style="list-style-type: none"> • Ein in Höhe und Breite gut geformter, an die nachfolgende Erntetechnik angepasster, gleichmäßiger Schwad mit steilen Flanken gewährleistet einen kontinuierlichen Fluss des Ernteguts über die gesamte Pickup der Erntemaschine, mindert Rechverluste, erhöht die Schlagkraft und dadurch die Futterqualität. • Kontrolle von Zinken, Zinkenstellung und Sturz, Reifendruck und Bodenpassung; tiefster Punkt soll 2 cm unter der Stoppelhöhe sein; je tiefer die Einstellung desto mehr Futterschmutzung, Zinken dürfen keinesfalls in den Boden eingreifen.

Weiterhin ist darauf zu achten, dass bei allen Verfahrensschritten keine Narbenschäden verursacht werden, da aufgelockerte Narben oder tiefe Fahrspuren bei den Folgeschnitten zu höherer Futterschmutzung führen.

Zur Herstellung einer guten Silage sind somit im Vorfeld entsprechende Maßnahmen für eine saubere Mahd und Ernte des Futters zu treffen (**Tab. 3**). Es empfiehlt sich, den Bestand vor dem Mähen abtrocknen zu lassen, um Erdanhaftungen zu verringern und einen hohen Gehalt an Zucker zu gewährleisten.

Besonders im Frühjahr besteht die Gefahr des Mähbods von Wildtieren. Dies muss unbedingt vermieden werden sowie ggf. nach dem Tierschutzgesetz die entsprechenden Maßnahmen zum Schutz vor dem „Vermähen“ von Wild ergriffen werden (Tierschutz und Futterhygiene, siehe Link in Tabelle 3 oben).

Bei der anschließenden Futteraufbereitung und Futterbergung ist die richtige Einstellung von Zetter, Schwader und Häcksler bzw. Ladewagen oder Presse zu beachten. Auch hier gilt der **Grundsatz: So hoch wie möglich, so tief wie nötig!** Das heißt, das Futter muss mitgenommen werden, die Zinken dürfen jedoch nicht auf dem Boden kratzen.

Nach dem Schnitt fördert ein schnelles Anwelken des Silierguts bis zu einem optimalen TM-Gehalt von 30-40 % den späteren Silierprozess. Mähauflbereiter, die das rasche Anwelken des Siliergutes fördern, können jedoch bei falscher Einstellung Futterschmutzungen begünstigen, wobei der vermehrte Zellsaftaustritt ein höheres Risiko für Erdanhaftungen birgt. Beim Zetten sollte eine moderate Arbeitsgeschwindigkeit gewählt werden, um eine homogene Breitverteilung des Ernteguts zu gewährleisten. Der Schwader sollte nicht zu tief eingestellt werden, um den Kontakt mit dem Boden zu vermeiden, die Fahrgeschwindigkeit sollte maximal 10-12 km/h betragen. Eine schonende angepasste Futterbergung vermindert nicht nur Verschmutzungen, sondern reduziert auch die Bröckelverluste und verbessert den Futterwert.

Wichtig für die Futterhygiene im weiteren Verlauf ist die Silagebereitung selbst (siehe auch **Abb. 14**) und dabei auch ein strategischer Siliermitteleinsatz, eine fachgerechte Silierung, ein ausreichender Vorschub und ein laufendes Silocontrolling (Sinnenprüfung, TM-Bestimmung, pH- und Temperaturmessung, Protokollierung).

Eine Futtermittelanalyse im Labor gibt Auskunft über die Rohnährstoffe, den Protein- und Energiegehalt des Futters sowie die Gärqualität. Besonderes Augenmerk sollte auf den Rohaschegehalt gelegt werden, da dieser Hinweise auf den Verschmutzungsgrad des Futters gibt. Für gute Grassilagen ist ein Wert von unter 100 g/kg TM anzustreben. Allerdings schlägt sich der Grad der Verschmutzung nicht voll in höheren Rohaschegehalten nieder, wenn es sich vorwiegend um organische Verschmutzungen (Gülle-/Gärreste) handelt!

Die Analyse der Gärsäuren gibt Auskunft über den Siliererfolg. Buttersäuregehalte von über 3 g/kg TM weisen auf Fehlgärungen aufgrund einer erhöhten Clostridienaktivität hin. Bei Auffälligkeiten des Futters, sei es optisch, im Geruch oder im Befühlen, kann über eine entsprechende Untersuchung auch die mikrobiologische Beschaffenheit beurteilt werden. Im Verdachtsfall sollte zusätzlich eine Untersuchung auf Clostridien durchgeführt werden.

Zum Thema Siliermitteleinsatz, Silocontrolling, Silagequalität und Futteruntersuchung sei auch auf das Internetangebot des LfL-Instituts für Tierernährung und Futterwirtschaft in Grub hingewiesen (www.lfl.bayern.de/ite/futterwirtschaft/).

4.2 Ist die bandförmige Ablage von Gülle und Gärresten (k)ein Problem für die Futterhygiene?

Nicht nur der Boden, sondern auch Gülle bzw. Biogasgärreste enthalten Keime, welche unter ungünstigen Bedingungen, wie zum Beispiel bei zu dicker Gülle, zu hohen Ausbringmengen und nur wenig oder gar gänzlich fehlendem Niederschlag bis zur Ernte, zu Problemen führen können. Im Extremfall ist dies der Verderb des Futters, in milderer Fällen eine verringerte Qualität (Inhaltsstoffe, Geruch) und eine dementsprechend verringerte Futteraufnahme, folglich niedrigere Energie- und Proteinaufnahme bzw. eine Verschlechterung der Rohmilchqualität.

Momentan ist u.a. im süddeutschen Raum noch häufig eine große Skepsis gegenüber der bodennahen Technik vorhanden. Dies hat nicht nur betriebswirtschaftliche Gründe, wobei die Anschaffungskosten vor allem bei Schleppschuhverteiltern und viel mehr noch bei der Injektionstechnik unbestritten deutlich höher sind als bei der Breitverteilungstechnik. Vorbehalte bzw. Verunsicherung bestehen aber auch in Hinblick auf die erzielbare Futterqualität. Die bandförmige Ablage von Gülle/Gärresten bewirkt, dass die hier enthaltenen Feststoffe, konzentrierter (ca. 4-5fach) auf der Futterfläche zurückbleiben und verkrusten können. In besonders ungünstigen Fällen können diese bandförmigen Reste („Güllewürste“) bei der Ernte in das Futter gelangen, gerade wenn die Erntetechnik nicht optimal ist.

Fehler im Gülle-Management (z.B. zu dicke Gülle, zu große Menge, falscher Ausbringzeitpunkt) v.a. in Kombination mit ungünstigen Witterungsverhältnissen (wenig Niederschlag, Trocken- und Hitzeperioden) können sowohl bei der Breitverteilung (**Abb. 16**) als auch bei der Schleppschlauch bzw. Schleppschuhtechnik (**Abb. 17**) schnell sichtbar werden.



Abb. 16: Bei Breitverteilung wird die gesamte Oberfläche benetzt. Ist der Bestand schon angesprochen, weil z.B. nicht kurz nach der Ernte begüllt werden kann, gelangt Gülle auch auf die Pflanzen. Bleibt kräftiger Regen in den nächsten Stunden aus, so geht nicht nur viel Stickstoff in die Luft, sondern es besteht auch die starke Gefahr, dass Güllereste in das Futter gelangen.

Gülleband bedeutet nicht grundsätzlich Futtermittelverschmutzung

Unterstellt wird häufig, dass bei der Breitverteilung die Verschmutzungsgefahr wesentlich niedriger ist als mit bodennaher Ausbringtechnik. Unbestritten kann die „Optik“ nach der Gülleausbringung mit dem Schleppschuh, insbesondere mit dem Schleppschlauch aber

gelegentlich auch bei der Injektion bis hin zur Ernte teilweise „auffälliger“ aussehen als bei der Breitverteilung. Dies vor allem, wenn Güllen bzw. Gärreste nicht optimal ausgebracht werden (**Abb. 17**). Insbesondere Substrate mit höheren Faseranteilen (Stroh, NaWaRo-Reste) lassen Streifen teilweise bis zur Ernte sichtbar erscheinen.



Abb. 17: Auch bei streifenförmiger Ausbringung mit dem Schleppschuh gilt es, die Gefahr von Verschmutzungen zu vermeiden. Zu breite und eng beieinander liegende Streifen (Bild links) oder viel Gülle, noch dazu auf einen zu hohen Bestand (Bild rechts) ausgebracht, lassen die Vorteile bodennaher streifenförmiger Technik schwinden. Dies muss unbedingt vermieden werden. Die beiden Bilder zeigen keine gute fachliche Praxis.

Allerdings erlaubt der optische Eindruck keinen Rückschluss auf eine tatsächlich gegebene mangelnde Futterhygiene. Es gilt: Wenn man was sieht, muss nicht zwingend ein Problem da sein und wenn man nichts sieht, heißt dies nicht automatisch, dass es mit der Futterhygiene keine Probleme gibt. Das bedeutet z. B., dass bloße Faserreste auf dem Boden oder an den Stoppeln nicht zwingend eine Qualitätsminderung des Futters bewirken.

Entscheidend für die Futterhygiene ist, dass selbst in Fällen, wo Streifen am Boden bei der Ernte sichtbar sind, diese nicht mit der Futterwerbung aufgenommen werden. Diese Gefahr lässt sich durch eine sorgsame Erntetechnik (**Tab. 3, S. 31**) auf ein Mindestmaß reduzieren.

Möglichkeiten für eine Verschmutzung des Futters gibt es viele. Aufgrund der derzeit vorliegenden wissenschaftlichen Ergebnisse und praktischen Erfahrungen liegen allerdings **keine** Anhaltspunkte vor, dass die Futtermittelverschmutzung bzw. Clostridienbelastung bei Breitverteilung (auch mit dem Schwenk/Pendelverteiler) niedriger ist als bei emissionsmindernden Gülleausbringetechniken. Tendenziell zeigen manche Versuchsergebnisse sogar eher eine höhere Gefahr bei der Breitverteilung.

Auch bei der Breitverteilung kann die Verschmutzungsgefahr und damit die Gefahr der Sporenbelastung sehr hoch sein. Allerdings erkennt man Verschmutzungen häufig erst bei genauem Hinsehen (**Abb. 16**), da die Verteilung auf der gesamten Fläche und nicht im Band erfolgt. Da bei der Breitverteilung sowie beim Schleppschlauchverfahren (siehe Abschnitt 3.1) das Ausbringenfenster sehr eng ist (kurze Stoppeln), lässt sich Gülle häufig nicht bei optimalen Bedingungen ausbringen. Die Hoffnung auf eine regelmäßige Nutzung des „Güllewetters“ wird in Anbetracht gesteigerter Witterungsunsicherheiten, vielfach hohen Nutzungsdichten (4-6 Schnitte pro Jahr) und entsprechender organischer Düngungshäufigkeit bei mitunter knappem Lagerraum nicht immer erfüllt.

Bereits vor über 25 Jahren deuteten versuchsgestützte Praxisempfehlungen der Landwirtschaftskammer in Niedersachsen zu Techniken der Gülleausbringung auf Grünland eher auf futterbauliche Nachteile der Breitverteilungstechnik gegenüber der streifenförmigen Applikation hin (**Tab. 4**). Zur Interpretation ist aus heutiger Sicht hinzuzufügen, dass sich gerade beim Schleppschuh aber auch bei der Injektion die technischen Detaillösungen seitdem nochmals deutlich weiterentwickelt haben. Dies betrifft z. B. beim Schleppschuhverfahren u.a. die Ausgestaltung der Kufen und den Auflagedruck.

Tab. 4: Vergleich futterbaulich relevanter Eigenschaften der Gülleverteilterniken auf Grünland (LWK Niedersachsen, 1994), siehe auch Text oben

Art der Düngung	Futtermverschmutzung	Beeinträchtigung der Beweidung	Gärqualität
Mineraldünger	gering	kaum	sehr gut
Gülle – breitflächig verteilt	sehr stark	sehr groß	schlecht
Gülle – Schleppschlauch	stark	groß	mäßig
Gülle – Schleppschuh	mittel	mittel	mäßig
Gülle – Schlitzgerät	gering	gering	gut

In anderen europäischen Ländern wie den Niederlanden oder Dänemark ist die streifenförmige Ausbringung mit Schleppschlauch, Schleppschuh oder Injektion von Gülle bzw. Gärresten im Grünland bereits üblich und teilweise auch schon seit langem verbindlich vorschrieben. Auch in Deutschland bestehen langjährige positive Erfahrungen zum Einsatz emissionsarmer Technik auf Grünland. Beunruhigende Meldungen, dass gegenüber der Breitverteilung nun ein zusätzliches technikbedingtes Hygieneproblem besteht, finden sich bislang weder in der Wissenschaft noch in praxisorientierten Fachzeitschriften. Auch Praktiker bestätigen, dass beim Einsatz emissionsarmer Technik im Grünland kein erhöhtes Verschmutzungsrisiko besteht, wenn grundlegende Aspekte des Güllemanagements beachtet werden.

Aktuell wird an der LfL zum Einfluss unterschiedlicher Gülleapplikationstechniken auf die Futterhygiene (siehe <https://www.lfl.bayern.de/ite/futterwirtschaft/243085/index.php>.) weiter geforscht.

Prinzipiell geht es darum, dass flüssige Wirtschaftsdünger so rasch wie möglich von den Pflanzen abfließen und in den Boden eindringen können. Dadurch werden nicht nur die Ammoniakemissionen reduziert, sondern auch die Gefahr der Futtermverschmutzung (**Tab. 3, S. 31**). Dies hängt neben der Witterung maßgeblich sowohl von der Ausbringtechnik als auch von der Höhe und Dichte des Pflanzenbestandes ab. Eine wesentliche Rolle spielt dabei auch die Fließfähigkeit des flüssigen Wirtschaftsdüngers bei der Ausbringung.

4.3 Fließfähigkeit erhöhen – welche Möglichkeiten gibt es?

Gülle sollte vor dem Ausbringen komplett **homogenisiert** werden. Ein wiederholtes Rühren vor der geplanten Ausbringung verursacht Kosten und führt durch Zerstörung der Schwimmschicht zu unnötigen Ammoniakverlusten und Geruchsbelästigungen.

Die Fließfähigkeit der Gülle kann entweder durch Verdünnung mit Wasser, durch Separierung oder durch aerobe oder anaerobe Fermentation (Vergärung) verbessert werden. Ob und welches Verfahren geeignet ist, hängt von den betrieblichen Verhältnissen ab

Viele Betriebe verdünnen ihre **Gülle durch Zugabe von Wasser**. Dies aus mehreren Gründen: Verdünnte Gülle ist gut homogenisierbar, verteilbar, fließfähig und weist daher ein günstiges Ablaufverhalten von den Pflanzen bzw. Infiltrationsvermögen in den Boden auf. Zudem löst und bindet Wasser Ammoniak und vermindert die Geruchsbelästigung. Daher ist Wasser seit jeher als idealer, in der Praxis bestätigter Güllezusatz bekannt, der oft von Haus aus als Oberflächenabfluss in das Lager eingetragen wird.

Grenzen erfährt die Verdünnung mit Wasser jedoch dadurch, dass sich dadurch die Ausbringkosten proportional erhöhen. Dies macht sich gerade bei hoffernten Flächen deutlich bemerkbar. Auch nimmt die Bodenbelastung durch die erhöhte Frachtmenge zu. Die gezielte Verdünnung von Gülle mit Wasser empfiehlt sich daher vor allem für die Ausbringung in den Sommermonaten und bei Betrieben mit Flächen in Hofnähe. Ideal ist die Kombination mit einer Verschlauchung.

Bei sehr faserreichen Güllen (z.B. bei Ställen mit hohem Stroheinsatz in Tiefboxen) sowie bei Gärresten mit hohen NaWaRo-Anteilen als Kofermentat kann ausschließliche Verdünnung jedoch zu wenig sein. Hier können hohe und lange Faserreste zurückbleiben, da die in den Substraten enthaltenen Strukturbestandteile nur zum Teil oder kaum abgebaut werden. Diese Faserreste können bei streifenförmiger Ausbringung mit Schleppschlauch und Schleppschuh bei Grünlandbeständen Beeinträchtigungen der Narben und der Futterqualität bewirken. Auch Verstopfungen im Verteiler sind möglich. Daher sollten solche Wirtschaftsdünger vorzugsweise auf Acker ausgebracht werden, sofern eine mechanische Zerkleinerung durch technische Optimierungen beim Ansaugen in das Fass oder bei der Verteilung als notwendige Vorbereitung nicht möglich sind. Müssen sie auf Grünland ausgebracht werden, bleibt hier meist nur die **Separierung**.

Auch die Separation ist relativ teuer und aufwändig. Je nach technischem Verfahren entstehen Kosten von ca. 1,50 bis über 3 Euro pro Kubikmeter. Trotzdem wird dieses Verfahren zunehmend von Betrieben eingesetzt. Vorteil des Separierens ist, dass im Gegensatz zur Gülleverdünnung Faserstoffe abgeschieden werden und somit die Gefahr des Verbleibs an der Bodenoberfläche oder sogar an den Pflanzen gebannt ist. Somit bringt die Separation eine Gülle mit verbesserten Fließ- und technologischen Eigenschaften hervor, wobei neben dem dünnflüssigen Fugat rund 10-20 % der Ausgangsmenge als Feststoff anfallen. Vorteilhaft ist zudem, dass sich im Gegensatz zur Verdünnung mit Wasser, die insgesamt an Wirtschaftsdüngern auszubringende Frachtmenge nicht erhöht. Damit kann gerade bei Betrieben mit größeren Hof-Feld-Entfernungen die Separierung kostengünstiger sein als eine Verdünnung mit Wasser.

Nachteilig ist neben den Kosten für die Separation selbst, dass für die entstandene Festphase eine verlustarme Lagerung bzw. eine gesicherte effiziente Verwertungsmöglichkeit (Substrat für die Biogasanlage, Abgabe an Ackerbaubetriebe, zeitnaher Einsatz auf eigenen Ackerflächen) vorhanden sein sollte. Beim Einsatz im eigenen Betrieb wird zudem eine zusätzliche Ausbringtechnik (Festmisttechnik) benötigt. Ebenfalls ist zu beachten, dass die feste Phase hinsichtlich der Düngeverordnung weiterhin flüssiger Wirtschaftsdünger bleibt und nicht dem Festmist von Huf- und Klautentieren gleichgestellt wird. Dementsprechend gelten die Anforderungen für die Lagerkapazität und die Sperrfristen wie bei Gülle.

Der Einsatz der Festphase als Einstreu und wird teilweise (u.a. im Ausland) praktiziert, ist jedoch in Deutschland nach der tierischen Nebenprodukteverordnung nicht zugelassen. Daher

müssen in Deutschland noch emissionstechnische, hygienische und damit auch rechtlich-verbindliche Aspekte geprüft und berücksichtigt werden.

Durch die **Vergärung in Biogasanlagen** wird Gülle insgesamt dünner und flüssiger, da durch die Methangärung ein Teil der organischen Trockensubstanz abgebaut und als Biogas genutzt wird. Ebenfalls werden auch die für die Zähigkeit, insbesondere bei Rindergülle, verantwortlichen Schleimstoffe abgebaut, welche ein Anhaften der Gülle an den Pflanzen oder im Boden begünstigen. Probleme können bei Anlagen mit hohem NaWaRo-Anteil oder hohem Festmistanteil auftreten (siehe oben). Im Gegensatz zu „normaler“ Gülle können die Stickstoffverluste bei der Ausbringung von Gärsubstraten auf Grünland insbesondere bei Breitverteilung wesentlich höher sein, da der mikrobielle Aufschluss zu höheren Ammoniumgehalten und pH-Werten führt. Eine effiziente und emissionsarme Düngung erfordert daher den Einsatz bodennaher streifenförmiger Technik.

Der Einsatz von **Güllezusatzmitteln**, wie z. B. Gesteinsmehle, Pflanzenkohlen, Algenkalk, Mikrobenkulturen (EM) oder Substanzen mit „feinstofflichen“ Informationen hat in der Praxis eine gewisse Verbreitung. Teilweise werden positive Erfahrungen von Betrieben hinsichtlich Fließfähigkeit, Geruch und Verminderung der Ammoniakemission berichtet. Jedoch können, unabhängig von den teils erheblichen Zusatzkosten, bis dato der Praxis keine Güllezusatzmittel empfohlen werden, bei denen sich signifikante, wiederholbare positive Einflüsse auf gülleverbessernde Eigenschaften verlässlich nachweisen lassen. Dies vermutlich auch deswegen, weil die Substrateigenschaften von Gülle und Gärresten sehr komplex sind und sich von Betrieb zu Betrieb sowie innerhalb eines Jahres im Einzelfall stark unterscheiden können.

5 Ergänzung zu fachlichen Hintergründen: Ammoniakemissionen – Welche Faktoren spielen eine Rolle?

Wirtschaftsdünger enthalten Stickstoff sowohl in einer organischen, langsam pflanzenverfügbaren Form als auch in einer mineralischen, schnell pflanzenverfügbaren Fraktion, welche im Wesentlichen aus Ammonium (NH_4^+) besteht. Der Anteil an Ammonium am Gesamtstickstoffgehalt hängt u.a. von der Art des Wirtschaftsdüngers und der Tierart ab. Beispielsweise enthält Rindergülle ca. 50 %, Schweinegülle ca. 60 % und dagegen Rinder- bzw. Schweinejauche ca. 90 % Ammoniumanteil am Gesamtstickstoff, sowie Festmiste nur ca. 25-30 %.

Ammonium (NH_4^+) entsteht erst nach der Ausscheidung durch das Tier als Folge bakterieller und enzymatischer Abbauprozesse stickstoffhaltiger Verbindungen. Dies sind vor allem Harnstoff und Eiweiß. Ammonium steht nach der Ausbringung den Pflanzen direkt bzw. nach seiner schnellen Umwandlung im Boden in Nitrat zur Verfügung. Der flüchtige, gasförmige Ammoniak (NH_3) geht in die Atmosphäre.

Vom Harnstoff zu Ammonium und Ammoniak

Über den Urin (Harn) scheiden Säugetiere Harnstoff (Urea) aus, welcher unter Beteiligung von Wassermolekülen durch das Enzym Urease sehr schnell gespalten wird. Urease wird durch Bakterien gebildet, die u.a. im Kot, damit auf den Stallflächen sowie im Boden selbst vorkommen. Mit der Vermischung von Kot und Harn beginnt somit der Prozess der Urease-spaltung bereits im Stall. Als Reaktionsprodukte dieser hydrolytischen Spaltung (Hydrolyse:

Spaltung durch Wasser) von Harnstoff entstehen neben Ammonium auch Karbonat, Hydrogencarbonat, Kohlendioxid und Ammoniak.

Das Wichtigste zu Ammoniakemissionen in Kürze

- Bei der Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern erfolgt der größte Teil der Ammoniakverluste in die Atmosphäre unmittelbar bei und in den ersten Stunden nach der Ausbringung.
- Die tatsächliche Höhe der Ammoniakemission ist eine Folge des komplexen Zusammenwirkens der Rahmenbedingungen aus Gülleeigenschaften, Standort, Witterung und emissionsmindernden Maßnahmen.
- Bewiesen ist: Unter sonst gleichen Rahmenbedingungen (Gülle, Standort, Witterung) wird bei bodennaher streifenförmiger Ausbringung deutlich weniger Ammoniak freigesetzt als bei Breitverteilung.
- Die relative Emissionsminderung gegenüber der Breitverteilung ist beim Schleppschuh höher als beim Schleppschlauch. Die höchsten Minderungspotenziale werden bei der Injektion erreicht.
- Die Düngeverordnung regelt (nachvollziehbare) Verfahren der Ausbringung. In bestimmten Fällen sind Ausnahmen möglich (siehe auch Kapitel 2, Abschnitt 2.2).
- Verweis zu Abschnitt 2.2: Die Beachtung der „Gülleregeln“ sollte selbstverständlich sein, denn sie tragen dazu bei, Ammoniakverluste zu senken! Sie sind jedoch kein alternatives Verfahren im Sinne der Düngeverordnung. Gleiches gilt für die Ausbringung bei sehr niedrigen Temperaturen bzw. mit dem Schwenkverteiler.

Infobox: Ammonium (NH_4^+) und Ammoniak (NH_3)

Ammoniak ist – temperaturabhängig - sehr gut wasserlöslich. Es reagiert mit Wasser zu Ammonium. Bei den Laboranalysen wird der Gesamt-Ammoniumanteil (TAN), also die Summe von Ammonium und Ammoniak bestimmt.

Das Verhältnis von Ammonium zu Ammoniak wird durch das sogenannte **Säure-Basen-Gleichgewicht** bestimmt. Der Anteil des Ammoniaks steigt dabei mit zunehmendem pH-Wert und steigender Temperatur. Bei pH 6 liegen nur 0,03% des Gesamtammoniums als Ammoniak vor. Bei 15°C und pH 7 sind es 0,3%, bei pH 8,5 bereits 7,5%.

Nach der Ausbringung kommt es zu Änderungen im Karbonat-Puffersystem der Gülle, entweichendes Kohlendioxid ist ein Motor für die anfänglich hohen Ammoniakverluste nach der Ausbringung, auch weil dadurch der pH-Wert in der Gülle ansteigt (nicht dargestellt).

Entweicht Ammoniak, wird er in der Lösung sofort aus dem Ammonium nachgebildet.

Reaktionen von Ammoniak und Ammonium (vereinfacht dargestellt):



Basisches Milieu: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (das Ausgasen von Ammoniak führt zu einer ständigen Nachlieferung aus dem Ammoniumpool)

Saures Milieu: $\text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$ (z.B. bei Gülleansäuerung)

Puffersystem Gülle: $2 \text{NH}_4^+ + \text{CO}_3^{2-} \leftrightarrow 2 \text{NH}_3\uparrow + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (wirkt basisch)

Das Verhältnis von gebildetem Ammoniak im Vergleich zu Ammonium unterliegt dabei bereits im Stall und Lager einem dynamischen Gleichgewicht (siehe Infobox). Dieses ist maßgeblich von der Temperatur und dem pH-Wert abhängig.

Die Ammoniakemission ist jedoch auch von der Ammoniumkonzentration (abhängig von Tierart und TM-Gehalt) und der benetzten bzw. der verdunstungsgefährdeten Oberfläche (Stall, Lager, Feld) abhängig.

Insbesondere nach der Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern kann es zu sehr hohen Ammoniakverlusten kommen. Im Extremfall können diese Breitverteilung bei über 90 % des mit flüssigen Wirtschaftsdüngern ausgebrachten Ammoniumstickstoffs liegen. Die Höhe der Ammoniakemissionen wird generell von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst, die sich wiederum teilweise wechselseitig beeinflussen können (**Tab. 5**).

Bei der Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern erfolgt der größte Teil der Ammoniakverluste unmittelbar bei sowie in den ersten Stunden nach der Ausbringung.

Tab. 5: Einflüsse auf die Höhe der Ammoniakemissionen nach der Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern auf Grünland (Farbe Rot: Mit Erhöhung des Faktors steigende, Farbe Grün: mit Erhöhung des Faktors sinkende Emissionen)

Einflussgröße	Wird beeinflusst durch folgende Faktoren
Konzentration von NH_3 an der Oberfläche des Wirtschaftsdüngers	<ul style="list-style-type: none"> • NH_4^+-Konzentration • Lufttemperatur • pH-Wert • Verdunstungsgeschwindigkeit
Übergang des gebildeten NH_3 von der Oberfläche zur Atmosphäre	<ul style="list-style-type: none"> • Bedeckungsgrad (durch Bewuchs) • Windgeschwindigkeit • Sonneneinstrahlung • Krustenbildung (Kruste auf Gülleoberfläche)
Größe der benetzten Oberfläche	<ul style="list-style-type: none"> • Gesamtfläche der Ausbringung • Verschmutzung von Pflanzenoberflächen • Einbringung in den Boden
Zeitdauer, in der flüssiger Wirtschaftsdünger auf der Oberfläche liegt	<ul style="list-style-type: none"> • (Schnelle Einarbeitung; auf Grünland nicht relevant) • Infiltrationsrate in den Boden

Verhalten der Gülle bei der Ausbringung

Dabei sind die chemischen Eigenschaften von Gülle selbst ein wesentlicher Faktor für die Ammoniakverluste. In der Gülle sind bestimmte natürliche Puffersysteme (z.B. Karbonatpuffer, Ammoniumpuffer, flüchtige organische Säuren) enthalten. Der pH-Wert von normaler, d.h. nicht angesauerter, Gülle im Lager oder Güllefass liegt um den Neutralpunkt.

Ab dem Moment der Ausbringung werden diese Puffersysteme in sehr kurzer Zeit verändert. Dabei werden Kohlendioxid und flüchtige organische Säuren freigesetzt. Die Folge davon ist auch ein Anstieg des pH-Wertes, welcher sich innerhalb einer halben Stunde etwa auf pH 8,5 erhöhen kann. Aufgrund chemischer Gesetzmäßigkeiten der Gleichgewichtsbeziehungen

zwischen Ammonium und Ammoniak wird dadurch kurzfristig das Gleichgewicht stark in Richtung Ammoniak verschoben.

Die Ausgasung wird auch durch den starken Konzentrationsunterschied zwischen Ammoniak im Wirtschaftsdünger und der Atmosphäre begünstigt, wobei hohe Temperaturen und Wind diesen Prozess noch weiter verstärken. Diese natürlichen Prozesse sind ein Motor für die mitunter sehr hohen Ammoniakverluste direkt nach der Ausbringung.

Einflüsse der Witterung

Eine große Bedeutung für die Emissionen nach der Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern hat die Witterung (**Abb. 18**).

Dabei geht es physikalisch um Folgendes: Zwischen dem im flüssigen Wirtschaftsdünger (Beispiel Gülle) vorhandenem Ammoniak und der oberflächennahen Grenzschicht zur bzw. der Atmosphäre (Luft) selbst besteht ein Konzentrationsgefälle. Je höher dieses ist und je länger diese Gefälle besteht, desto höher sind die Ammoniakemissionen. Es entspricht dem physikalischen Prinzip bei Gasen und Lösungen, dass sich Konzentrationsunterschiede ausgleichen. Einzelne Wirkungszusammenhänge von Witterungsparametern gibt **Tabelle 6** wieder.



Abb. 18: Durch eine Ausbringung bei bedecktem Himmel, kühlem, feuchten und windstillem Wetter lassen sich Ammoniakverluste stark senken – aber auch bei idealem „Gülewetter“ sind die Emissionen bei bodennaher streifenförmiger Technik (Bild rechts) niedriger als bei Breitverteilung (Bild links)

Weitere Faktoren

Je schneller flüssiger Wirtschaftsdünger in den Boden eindringt, desto geringer ist das Freisetzungspotenzial an Ammoniak, weil der Kontakt zur Atmosphäre nur kurz ist. Dies ist z. B. bei Jauche und stark verdünnter Gülle der Fall.

Hohe Trockensubstanzgehalte sind meist nachteilig. Aber auch weitere Eigenschaften, die das Fließverhalten beeinträchtigen, wie z.B. die Zähflüssigkeit dickerer Rindergüllen als Folge von höheren Gehalten an organischer Substanz und Schleimstoffen zählen dazu. Verschlammte, verdichtete sowie wassergesättigte Böden hemmen die Infiltration ebenfalls.

Durch die Wahl des Ausbringzeitpunkts mit günstigen Boden- und Witterungsbedingungen lassen sich die Emissionen auf Grünland senken (**Tab. 6**).

Wenn Gülle bzw. Gärreste ausgebracht werden, muss eine rasche Infiltration in den Boden erfolgen. Dies setzt Folgendes voraus

- Düninflüssigkeit des Wirtschaftsdüngers
- Aufnahmefähige Böden
- Wenig Pflanzenbewuchs (im Grünland: auf kurze Stoppeln bei Breitverteilung)
- Kühles, feuchtes Wetter, bedeckter Himmel, ggf. länger anhaltender Schwachregen
- keine Ausbringung bei warm-heißen, trockenem Wetter; dann allenfalls in den kühlen Abendstunden und nicht am Morgen

Diese Bedingungen der bekannten „**Gülleregeln**“ treffen aber in der Praxis häufig nicht mit möglichen Ausbringzeitpunkten im Futterjahr überein.

Tab. 6: Einflüsse von Witterung auf die Höhe der Ammoniakemissionen nach der Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern auf Grünland

Einfluss	Effekte
Niederschlag	Regen nach der Ausbringung verdünnt die ausgebrachte Gülle und beschleunigt dadurch die Versickerung. Dies senkt das Verlustpotenzial und mindert die Emissionen. Da die Infiltration neben dem Niederschlag aber auch vom Boden abhängt, kann man hier keine einfachen allgemeingültigen Zusammenhänge zur Ammoniakemission finden.
Temperatur (Boden, Luft)	Das Gleichgewicht zwischen Ammonium und Ammoniak in der Gülle verschiebt sich bei höheren Temperaturen in Richtung Ammoniak. Die Löslichkeit von Gasen in Flüssigkeiten nimmt mit ansteigender Temperatur ab. Der Druck des Ammoniaks in der Gülle nimmt daher zu, diese in Richtung des Konzentrationsgefälles Gülle - güllennahe Grenzschicht - Atmosphäre zu verlassen. Bei Temperaturen unter 5°C emittiert nur halb so viel Ammoniak wie bei 15°C.
Wind	Wind vermindert laufend die Konzentration des Ammoniaks über der Gülle. Dadurch bleibt der Konzentrationsunterschied zwischen dem emittierenden Wirtschaftsdünger und der Luft erhalten. Ein Gleichgewicht stellt sich erst ein, wenn nur noch sehr wenig Ammoniak im Wirtschaftsdünger vorhanden ist.
Relative Luftfeuchtigkeit	Eine tiefe relative Luftfeuchtigkeit begünstigt die Verdunstung von Wasser, insbesondere bei hohen Temperaturen. Dadurch steigt das Wassersättigungsdefizit der Luft und die Verdunstungsrate erhöht sich. Dadurch wiederum steigt die Konzentration des Ammoniumstickstoffs im Wirtschaftsdünger und damit auch das Bestreben des neu gebildeten Ammoniaks, aus dem Wirtschaftsdünger zu entweichen.
Einstrahlung	Hohe Einstrahlung (Sonne, unbedeckter Himmel) wirkt indirekt auf die Temperatur, die Verdunstung von Wasser und nach oben steigenden Luftströmungen.

Gülleverdünnung und Ammoniakemission

Ein möglichst niedriger Trockenmassegehalt (TM-Gehalt) des flüssigen Wirtschaftsdüngers hilft, Ammoniakverluste in die Atmosphäre bei und nach der Ausbringung zu senken. Starke Verdünnung von „normaler“ Gülle kann nachgewiesener Weise ein sehr effektives Verfahren zur Reduzierung von Ammoniakverlusten sein. So lassen sich z. B. im Vergleich zu einer Gülle mit 7,1 % TS bei einer Verdünnung mit Wasser in Verhältnis 1:1 (3,6 % TM) bzw. 1:2 (2,4 % TM) Reduktionen der NH_3 -Verluste in Höhe ca. 40 bzw. 55 % nachweisen. Dies entspricht etwa einem Minderungspotenzial von rund 10-12 % pro Prozent Trockenmasse-Reduktion. Jedoch kann allein vom TM-Gehalt von flüssigen Wirtschaftsdüngern konkret nur sehr grob auf die Höhe der Minderung der Ammoniakverluste geschlossen werden. Dies liegt auch daran, dass sich Gülle bzw. Biogasgärreste in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften selbst bei gleichem TM-Gehalt stark unterscheiden können.

Allerdings ist es fachlich vertretbar, bei einem Trockenmassegehalt von unter bzw. maximal 2 % die Ammoniakverluste auch im Grünland künftig eine Breitverteilung zuzulassen (siehe Kapitel 2, Abschnitt 2.2), da die Ammoniakverluste im notwendigen Maße reduziert werden.

In der Praxis sind jedoch einer starken Verdünnung schnell Grenzen gesetzt. Zu nennen sind hierbei die erforderliche Lagerkapazität und das steigende Transportvolumen sowie die proportional ansteigenden Verfahrenskosten, eine erhöhte Maschinenbelastung sowie die vermehrte Bodenbelastung durch zusätzliche Überfahrten. Daneben muss Wasser auch kostengünstig zur Verfügung stehen. Dies ist wohl nur in regenreichen Gebieten Bayerns der Fall und somit nur dort eine echte Alternative.

Ebenfalls lassen sich durch Separation Gülle und Gärreste verdünnen und damit Ammoniakverluste bei der ausgebrachten flüssigen Phase verringern. Allerdings sind hierbei nach wie vor gute Ideen und Innovationen bei der Festphase gefragt (siehe auch Abschnitt 4.3). Hier besteht noch Forschungsbedarf.

pH-Wert (Ansäuerung) und Ammoniakemission

Ein Weg der Emissionsminderung besteht darin, den pH-Wert der Gülle durch Ansäuerung im Stall oder Lager auf pH 6,4 oder saurer zu senken. Damit wird chemisch eine Umwandlung von Ammonium in Ammoniak stark gebremst.

Eine Ansäuerung ist technisch mit mineralischen, organischen Säuren oder mit Melasse möglich. Auch hier besteht noch gewisser Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

Auch kann der pH-Wert durch Säurezugabe direkt bei der Ausbringung gesenkt werden. Das Verfahren wird z. B. in Dänemark schon als zertifiziertes Verfahren praktiziert – allerdings nicht in Zusammenhang mit Breitverteilung, sondern mit streifenförmiger bodennaher Ausbringung, meist Schleppschlauch.

Die Ansäuerung gilt als ein wissenschaftlich anerkanntes Verfahren (siehe Kapitel 2), so dass unter bestimmten Voraussetzungen Ausnahmen von der Verpflichtung zur bodennahen streifenförmigen Ausbringung genehmigt werden können.

Weitere Güllezusätze (siehe auch Hinweise Kapitel 2)

Über künftige Möglichkeiten zur Minderung von Ammoniakemissionen durch mikrobielle Güllebehandlung und Gülleadditive wird an der LfL am Projekt EmiAdditiv geforscht (siehe: <https://www.lfl.bayern.de/ilt/umwelttechnik/biogas/243477/index.php>).

Emissionsarme Technik

Die tatsächliche Höhe der Ammoniakemission ist eine Folge des komplexen Zusammenwirkens der Rahmenbedingungen aus Gülleeigenschaften, Standort, Witterung und emissionsmindernden Maßnahmen. Dies erklärt, dass in Einzelversuchen sowohl bei der Breitverteilung als auch bei streifenförmiger Ausbringung auf den Boden bzw. der Injektion unterschiedliche Ammoniakfreisetzungen gemessen werden und auch die relativen Unterschiede zwischen den Techniken voneinander mehr oder weniger abweichen können (siehe **Tab 7**, **Tab. 8**). Falsch wäre es daher, aus bewusst gewählten Einzelversuchen Rückschlüsse auf ein ganzes Verfahren zu setzen.

Die Einstufung emissionsmindernder Maßnahmen beziehen sich daher in der Regel auf die relative Emissionsminderung bei sonst gleichen Rahmenbedingungen

Dabei gilt es bei der Vielzahl der Einzelexperimente und international veröffentlichten Auswertungen schon seit langem als wissenschaftlich ausreichend belegt, dass streifenförmige Ausbringtechniken, hier insbesondere bei Grünland der Schleppschuh und die Injektion, technische Verfahren sind, bei denen nach der Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern weniger Ammoniak in die Atmosphäre entweicht als bei der Breitverteilung. Dies zeigen auch z. B. die in **Tabelle 7** aufgeführten einer internationalen Literatursynthese.

Tab. 7: Reduktion der Ammoniakemission durch emissionsmindernde Ausbringtechniken (relativ zur Referenzmethode Breitverteiler) im Grasland - Messresultate einer internationalen Literatursynthese (Webb et al, 2010) Quelle: Huguenin-Elie, 2018

Ausbringtechnik	Anzahl (n) der Einzelexperimente	Reduktion	
		Mittelwert	Streubereich der Mittelwerte einzelner Publikationen
Schleppschlauch	45	35 %	0-74 %
Schleppschuh	37	64 %	57-70 %
Schlitzinjektion	56	80 %	60-99 %

Tab. 8: Reduktion der Ammoniakemission durch emissionsmindernde Ausbringtechniken (relativ zur Referenzmethode Breitverteiler) im Grasland - Messresultate einer Untersuchung in der Schweiz (Häni et al., 2016) Quelle: Huguenin-Elie, 2018

Ausbringtechnik	Anzahl (n) der Einzelexperimente	Reduktion	
		Mittelwert	Streubereich der einzelnen Experimente
Schleppschlauch	7	51 %	22-68 %
Schleppschuh	5	53 %	36-71 %
Schlitzinjektion	1	76 %	-

Gerade bei Auswertungen, bei denen unterschiedliche Ausbringtechniken bei gleichen Wetter-, Dünger- und Feldbedingungen auf Grünland miteinander verglichen wurden, zeigte sich: Zwar können sich im Einzelfall die absoluten Emissionsminderungen von streifenförmiger oberflächlicher bodennaher Ausbringung bzw. Injektion im Vergleich zur Breitverteilung mehr oder weniger unterscheiden. Jedoch sind im paarweisen Vergleich die Ammoniakverluste bei Breitverteilung stets (bedeutend) höher als bei emissionsarmen Techniken. Auch bei diesen Auswertungen bestätigte sich, dass bei direkter Einbringung von flüssigen Wirtschaftsdünger in den Boden (Injektion) weniger Ammonium in die Atmosphäre entweicht als bei einer oberflächlichen streifenförmigen Ausbringung.

Fazit: Die in der Düngeverordnung künftig für Grünland und mehrschnittigen Feldfutterbau verankerte streifenförmige Ausbringung auf die Bodenoberfläche bzw. die streifenförmige Ausbringung in den Boden (Injektion) hat einen fachlich gerechtfertigten Hintergrund.

Durch die technischen Maßnahmen bei der Gülleausbringung kommt man dem Ziel der ambitionierten bundesweiten Verpflichtung zur Minderung der Ammoniakemissionen durch die Landwirtschaft in Hinblick auf die Zielerreichung der NEC-Richtlinie (siehe Kapitel 2) ein großes Stück näher. Emissionsarme Techniken sind daher erforderlich!

6 Quellen

Bildquellen:

**Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) und
Bayerische Staatsbetriebe (BaySG)**

Literatur und Vorträge:

- Beck, R. (2011): Clostridienbesatz in Abhängigkeit von Ausbringtechnik und Schnitthöhe. Tagungsband Gülle 11, Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland, 330–332.
- Berendonk, C. (2011): Einfluss der Gülleapplikationstechnik auf die Stickstoffwirkung von Rindergülle an vier verschiedenen Standorten in Nordrhein-Westfalen. Gülle 11: Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland, internationale Tagung im Kloster Reuthe (D), 86-90.
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2017): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV).
- Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) (2001): Prüfbericht 4956 MÖSCHA-Schwenkverteiler SPEZIAL für Flüssigmist.
- Diepolder, M., Freibauer, A. (2020): Ergebniszusammenstellung früherer Gülleversuche am Spitalhof mit emissionsarmer Ausbringtechnik. https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/ergebnisse_frueherer_guelleversuche_am_spitalhof_mit_emissionsarmer_ausbringtechnik.pdf.
- DLG (2011): Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung. 8. Auflage. DLG-Verlag Frankfurt am Main.

- Döhler, H., Horlacher, D. (2010): Ammoniakemissionen organischer Düngemittel. In: KTBL-Schrift 483 Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden. KTBL-Tagung 8.-10. Dezember 2010 im Bildungszentrum Kloster Banz, Bad Staffelstein, 51-71, KTBL, Darmstadt.
- Elsäßer, M., Mokry, M., Kleuter, H., Wüst, D., Messner, J., Ruser, R. (2018): Umweltfreundliche biologische Ansäuerung der Gülle zur Reduktion der Ammoniakabgasung und Steigerung der Nährstoffeffizienz. Landinfo 5/2018, 13-18.
- Frick, R., Menzi, H. (1997) Hofdüngeranwendung: Wie Ammoniakverluste vermindern? Auch einfache Maßnahmen wirken. FAT-Bericht Nr. 496, 1-12.
- Goedhart, P.W., Huijsmans, J. F. M. (2017): Accounting for uncertainties in ammonia emission from manure applied to grassland. Soil Use and Management, 1-8.
- Häni, C., Sintermann, J., Kupper, T., Jocher, M., Neftel, A. (2016): Ammonia emission after slurry application to grassland in Switzerland. Atmos. Environ. 125, 92-99.
- Huguenin-Elie, O., Nyfelder, D., Amman, C., Latsch, A., Richter, W. (2018): Einfluss der Gülleapplikationstechnik auf Ertrag und Stickstoffflüsse im Grasland. Agrarforschung Schweiz 9 (7-8), 236-247.
- Kiefer, J., Zeller, A., Kunz, H.-G., Elsäßer, M. (2004): Auswirkungen der Gülleausbringtechnik auf den Grünlandertrag. 48. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Futterbau (AGGF), Ettelbrück (L), 31-34.
- Kunz, H.-G. (2011): Vergleich von Injektor und Prallkopfverteiler bei der Ausbringung von Rindergülle auf Ertrag und botanische Zusammensetzung von Grünland. Gülle 11: Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland, Internationale Tagung im Kloster Reuthe (D), 106-110.
- Landwirtschaftskammer Weser-Ems und LWK Hannover (1994): Gülle verwerten – Neue Techniken der Gülleausbringung, Erfahrungen aus einem Pilotprojekt. Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Hannover, 1-27.
- Lorenz, F., Steffens, G. (1996): Gülleinsatz auf Grünland mit unterschiedlichen Verteiltechniken. Sonderveröffentlichung, KTBL Darmstadt.
- Matern, J. (2019): Geruchs- und Ammoniak-Emissionen aus Gülle nach Zusatz von Biokohle, Gesteinsmehl, effektiven Mikroorganismen und Schwefelsäure. Masterarbeit TH Bingen.
- Messner, J. (2016): Ran an die Wurzel – Gülleschlitztechnik. dlz-agrarmagazin 3/2016, 26-31
- Messner, J., Elsäßer, M. (2018): Gülledüngung im Grünland. Merkblätter für die umweltgerechte Landwirtschaft, Nr. 37 (3. Auflage). Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW), Aulendorf, 1-15.
- Müller, J. (1993): Pflanzen- und futterbauliche Auswirkungen unterschiedlicher Verfahren der Gülleausbringung. Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau in der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, 37. Jahrestagung vom 26.– 28. August 1993, Husum, 207–210.
- Neff, R. (2011): Narbenbelastung durch bodennahe Gülleausbringung. Gülle 11: Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland, Internationale Tagung im Kloster Reuthe (D), 172-173.
- Paaß, F. (1993): Ammoniakemissionen nach Gülledüngung auf Grünland. Diss. Universität Bonn.

- Pöllinger, A., Zentner, A., Huber, G., Paar, J. (2018): 6 Gülleverteiler im Vergleich – Weniger N-Verluste und saubereres Futter. *Landwirt* 1/2018, 62-69.
- Webb, J., Pain, B.F., Bittmann, S., Morgan, J. (2010): The impacts of manure application methods on emissions of ammonia, nitrous oxide and crop response – a review. *Agric. Ecosyst. Environm.* 135 (1-2), 39-46.
- Wyss, U. (2020): Welche Rolle spielt Gülle für Silage? *Allgäuer Bauernblatt* 3/2020, 26-29.
- Wyss, U., Latsch, A., Nyfeler, D. (2017): Einfluss der Gülle-Applikationstechnik auf die Silagequalität. *Agrarforschung Schweiz* 8 (4), 134–141.

7 Merkblatt: Sauberes Futter ernten – auf was muss ich achten?

Grünlandpflege

Maßnahmen der Grünlandpflege (Abschleppen, Einebnen von Maulwurfs- und Wühlmaushügeln, Mäusebekämpfung, ggf. Walzen im Frühjahr sowie Über- bzw. Durchsaaten bei lückigen Beständen) mindern das Risiko, dass Bodenteilchen und/oder verbleibende organische Reste bei der Ernte mit aufgenommen werden.

Grundsätze bei der organischen Düngung mit Gülle oder Gärresten

Ziel ist eine rasche Infiltration in den Boden. Dies setzt aufnahmefähige Böden, fließfähige Wirtschaftsdünger (ggf. Verdünnung oder Separation), kühles, feuchtes, windarmes Wetter, bedeckten Himmel und ggf. länger anhaltenden Schwachregen voraus; möglichst keine Ausbringung bei warm-heißen, trockenem Wetter.

Hinweise zur Schleppschlauchtechnik

- Einsatz nur bei möglichst dünnflüssiger Gülle und/oder niederschlagsreicher Witterung empfehlenswert. Nachteilig kann die Ablage auf den Bestand (Stoppeln) und nicht direkt auf den Boden sein, da die Schläuche ohne nennenswerten Auflagedruck über die Stoppeln hinweggleiten.

Hinweise zur Schleppschuhtechnik

- Empfehlenswert sind spezielle schmale Grünlandkufen in Kombination mit einem optimalen Schar- druck, um den Pflanzenbestand zu teilen und die Güllebänder sauber am Boden abzulegen.
- Ausbringung in einen Pflanzenbestand von ca. 8 cm bis max. 15 cm Höhe. Je nach vorheriger Mahdhöhe und Witterung ergibt sich damit ein Zeitfenster sehr kurz nach der Ernte bis etwa 14 Tage nach der Ernte.
- Keine Ablage auf der (zu) kurzen Stoppel (< 7cm) sowie bei zu hohem Bestand (> 15 cm), um die Gefahr von Verunreinigungen zu reduzieren.
- Vorsicht vor Futtermittelverschmutzung bei höher angewachsenen Beständen in den durch Schlepper und Fass verursachten Fahrspuren, sofern keine Abschaltung der entsprechenden Schläuche erfolgt.

Hinweise zur Injektion (Schlitztechnik)

- Die Ausbringung nach einer Schnittnutzung ist in einem großen Zeitfenster (bis ca. 15 cm Wuchshöhe) möglich. Auch bei sonniger warmer Witterung halten sich die Ammoniak- und Geruchsemis- sionen bei der Gülleinjektion in Grenzen.
- Auf Bodenzustand, exakte Tiefenführung der Scheiben und einen guten Zustand der Ausläufe achten; die Gülle soll in den Boden!
- Narbenschäden vermeiden (Achtung bei nassen bzw. extrem trockenen schweren Böden oder Moor- böden), stets auf Bodenschonung achten (Reifenwahl, Reifendruckregelanlagen, Hundegang).
- Schlitzverträglichkeit des Standortes beobachten, bei mittleren bis schweren Böden oder Moorböden nur zwei- bis maximal dreimal pro Jahr schlitzten.

Ernte

- Mahd: Scharfe Klingen, eine Schnitthöhe von mindestens 7 cm sowie an die Erntebedingungen (Aufwuchs, Bodenfeuchte) angepasste Maschinen (Geschwindigkeit, Auflagedruck, Drehzahl) für einen sauberen Schnitt.
- Zetten, Schwaden, Einfahren: Einstellung der Arbeitstiefe in Abhängigkeit von der Mähtiefe (tiefs- ter Punkt soll 2 cm unter Stoppelhöhe sein, Zinken dürfen jedoch keinesfalls in den Boden eingrei- fen), damit möglichst wenig Güllereste bzw. Boden in das Futter gelangt.