



Josephinum Research
Wieselburg

Maschinenring Cluster 2018-2022

P13 – Energie- und Ressourcenmanagement im Agrarbereich

Arbeitspaket 5: Logistikoptimierung bei Agrargemeinschaften

Bericht: Maßnahmen zur Reduktion von Ammoniakverlusten bei der Ausbringung

Autoren: Fabian Butzenlechner, Philipp Kastenhofer, Florian Krippel, Maximilian Fröschl



Maschinenring

Mit Unterstützung von Bund, Ländern und Europäischer Union

 Bundesministerium
Landwirtschaft, Regionen
und Tourismus


LE 14-20
Entwicklung für den Ländlichen Raum

Europäischer
Landwirtschaftsfonds für
die Entwicklung des
ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in
die ländlichen Gebiete.



Wieselburg, 2020

Eine Einrichtung mit eigener Rechtspersönlichkeit
an der HBLFA Francisco Josephinum

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber:
Josephinum Research Wieselburg
Rottenhauser Straße 1, 3250 Wieselburg
josephinum.at

Autoren: Butzenlechner Fabian, Kastenhofer Philipp, Krippel Florian, Fröschl Maximilian

Wieselburg, 15. Oktober 2020

Inhalt

1 Einleitung	4
2 Gülle als Wirtschaftsdünger	5
2.1 Allgemein	5
2.2 Nährstoffzusammensetzung	6
2.3 Wirkung der Gülle auf den Boden	7
2.4 Ausgasungsverluste und Emissionsproduktion	9
2.4.1 Allgemein.....	9
2.4.2 Treibhausgase.....	9
3 Maßnahmen zur Reduktion von Ammoniakausgasung	12
3.1 Aufbereitung der Gülle	12
3.1.1 Mechanische Aufbereitung	12
3.1.2 Chemische und biologische Aufbereitung	15
3.2 Ausbringtechnik	17
3.2.1 Breitverteiler	17
3.2.2 Bandverteiler, Bodennahe Ausbringung	20
3.2.3 Leistungsanforderungen an die Zugmaschine	24
3.2.4 Digitalisierung, Teilflächen.....	25
3.2.5 Herausforderung bei der Ausbringung im Berggebiet.....	27
3.3 Güllelogistik und Verfahrensübersicht	28
3.3.1 Einphasige Systeme – Direktausbringung	28
3.3.2 Mehrphasige Systeme	30
3.3.3 Gülleverschlauchung.....	32
3.4 Gemeinschaftsankäufe von Ausbringtechniken und Separatoren	34
3.4.1 Potential für Maschinenringorganisationen	37
4 Zusammenfassung	38
5 Literaturverzeichnis.....	40
6 Abbildungsverzeichnis	43

1 Einleitung

Die Gülleausbringung hat einen enormen essentiellen Wert für die heimische Viehwirtschaft als auch für das Düngemanagement im Ackerbau und im Grünland. Gleichzeitig ist Gülle ein betriebseigener wie nährstoffreicher Dünger der im Rahmen der Tierhaltung am eigenen Betrieb anfällt. Somit trägt die Gülleausbringung einen unverzichtbaren Wert für die Ertragsfähigkeit der heimischen Äcker und Dauergrünlandflächen im Sinne einer intakten Kreislaufwirtschaft bei.

Die Gülleausbringung unterscheidet sich von Betrieb zu Betrieb. Dabei unterscheiden sich diese Ausbringungsmethoden nicht nur anhand ihrer Anschaffungs- wie Betriebsmittelkosten, sondern auch an der Höhe der Stickstoffverluste durch die Ausbringung, die Verteilgenauigkeit, der Anforderung an die Technik selbst und am Grad der Verschmutzung des erntereifen Grünland- oder Ackerbestandes. Hierbei können einige Ausbringetechniken gewisse Vorteile mit sich bringen, die vom Betriebsführer individuell abgeschätzt werden müssen.

Dabei darf der ökologische Fußabdruck und somit die Emissionen nicht ganz außer Betracht gezogen werden, damit die NEC („National Emission Ceilings“- auf Deutsch: Nationale Emissionshöchstmengen) eingehalten werden kann und dadurch die Landwirtschaft ihren Teil zur Reduktion der Klima- und Feinstaubproblematik leisten kann. Um diese klimarelevanten Ziele zu erreichen, gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten um dieser Thematik gerecht zu werden ohne dabei ertragsmäßiges sowie qualitätsmäßiges Niveau zu verlieren im Sinne einer hohen Futterqualität auf den heimischen Betrieben.

Dabei soll dieser Bericht die verschiedenen Lösungswege zur Reduktion von Ammoniak bei der Gülleausbringung aufzeigen, wie die damit verbundenen energetischen und ausstattungsrelevanten Aufwände die bei den unterschiedlichen Methoden anfallen. Gleichzeitig soll der Mehrwert und der betriebswirtschaftliche Aufwand abgeschätzt werden um auf die Bedürfnisse der kleinstrukturierten österreichischen Landwirtschaft einzugehen.

2 Gülle als Wirtschaftsdünger

2.1 Allgemein

Gülle ist ein Gemenge überwiegend bestehend aus Kot und Harn mit geringen Anteilen aus Futter- und Einstreuresten als auch Wasser sowie deren Umwandlungsprodukten. Durch erleichterte Lagerung sowie die einfachere Ausbringung des Gemenges, sind der Wert der Gülle und deren Bedeutung im Bewirtschaftungskreislauf für die heimische Viehhaltung in den letzten Jahrzehnten immer wichtiger geworden. Dies äußert sich in der Zunahme der einstreulosen Haltungssysteme, Betreuung und Ausbringung der anfallenden Gülle im Vergleich zu Stallmist als auch in den geringen Kosten der Lagerung.

Die gleichmäßige als auch kontinuierliche Ausbringung des Wirtschaftsdüngers ist für den Nährstoffbedarf von einzelnen Kulturen wichtig und kann fast den gesamten Nährstoffbedarf je nach Kultur decken. Gleichzeitig hat der Nährstoffrückfluss über den Wirtschaftsdünger als auch über Einstreu- wie Futterreste positive Auswirkungen auf den Humusgehalt und auf das Bodenleben und führt über die Mineralisation zu einer erhöhten Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen. (AGES, 2018)

Aufgrund des Aktionsprogramm-Nitrat 2012 werden die Richtlinien der EU-Nitratrichtlinie umgesetzt. Diese regulieren auch den gesetzlichen Ausbringzeitraum von Wirtschaftsdüngern auf landwirtschaftlichen Nutzflächen. Diese Verbotszeiträume sind ein Teil der Cross Compliance-Richtlinien und werden im Zuge von Kontrollen am Betrieb schwerpunktmäßig auf ihre Einhaltung kontrolliert. (Agrarmarkt Austria, 2015)

Tabelle 1: Übersicht der Verbotszeiträume (Agrarmarkt Austria, 2015)

Verbotszeitraum	N-Düngerarten	Betroffene Flächen bzw. Kulturen	
Ab 15. Oktober bis 15. Februar	Stickstoffhaltige Handelsdünger, Gülle, Biogasgülle, Gärrückstände, Jauche und nicht entwässerter Klärschlamm	Ackerfläche ohne angebaute Kultur/Folgefrucht/Zwischenfrucht bis 15. Oktober	
Ab 15. November bis 15. Februar		Ackerfläche mit angebaute Kultur/Folgefrucht/Zwischenfrucht bis 15. November	
Ab 30. November bis 28. Februar		Ackerfutter- und Dauergrünlandflächen	
Ab 30. November bis 15. Februar	Stallmist, Kompost, entwässerter Klärschlamm und Klärschlammkompost	Gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche	
Ab 20. September bis 15. Februar	Alle stickstoffhaltigen Düngemittel (ausgenommen Mist und Kompost)	Ackerflächen im Gewässerschutzgebiet in den Bundesländern Bgl., Ktn., Nö., Oö., Wien und Stmk. gemäß Anhang H der Sonderrichtlinie ÖPUL 2015	Durum- und Sommerweizen, Sommergerste, sowie Feldgemüseflächen unter Vlies oder Folie
Ab 15. Oktober bis 15. Februar			Wintergerste, Kümmel und Raps
Ab 20. September bis 21. März			Maisflächen
Ab 20. September bis 1. März			Auf allen anderen Ackerflächen

2.2 Nährstoffzusammensetzung

Gülle ist ein nährstoffreicher Wirtschaftsdünger der am Betrieb zur Verfügung steht. Die am Betrieb gehaltene Tierart gibt den Nährstoffgehalt der Gülle vor. Weiters variieren je nach Haltung und Produktionsabwässern die Trockenmassegehalte von Schweine- und Rindergülle zwischen 2 und 10%. (Nordrhein-Westfalen, 2014)

Tabelle 2: Nährstoffgehalt von Milchvieh- und Rindergülle

Nährstoff	Milchvieh- und Rindergülle
Stickstoff – Gesamt-N -	3-5 kg/m ³
Davon – Ammonium-N (NH ₄)	2-2,5 kg/m ³
Phosphat – P ₂ O ₅ -	1-2 kg/m ³
Kalium – K ₂ O -	4-5 kg/m ³

Besonders die Rindergülle spielt in der österreichischen Bewirtschaftung von Dauergrünlandflächen eine besondere Rolle. Diese zeichnet sich durch einen hohen Gehalt von Kalium aus während Schweinegülle einen tendenziell höheren Phosphorgehalt vorweist. Die oben genannten Werte sind nur Richtwerte, welche sich an Durchschnittswerten orientieren. Es ist empfehlenswert aufgrund schwankender Umwelteinflüsse (Fütterung, Witterung, etc.) jährlich eine Gülleanalyse durchzuführen. Dabei ist zu beachten, dass eine möglichst homogene Probe entnommen wird, sprich während des Aufrührens. Außerdem bildet die Düngungsvariante Wirtschaftsdünger ein zentrales Element der bäuerlichen Kreislaufwirtschaft und ist somit ein wichtiger Faktor für „Low Input Systeme“. (Pötsch, 2013)

2.3 Wirkung der Gülle auf den Boden

Gülle als Wirtschaftsdünger dient neben der Zufuhr von pflanzenverfügbaren Nährelementen auch durch die Ausbringung von organischer Substanz, zu einer Ergänzung der durch die Mineralisation abgebauten organischen Substanz. Dadurch kommt es zu einer gleichbleibenden bis verbesserten Bodenfruchtbarkeit. Im Dauergrünland erfolgt die überwiegende Zufuhr von organischer Substanz über Wirtschaftsdünger. Gülle, Mist als auch Gärreste sind hier die größten Lieferanten, aber auch Ernterückstände machen vor allem im Ackerbau einen großen Anteil der Biomasseergänzungen aus. Durch eine höhere Bodenfruchtbarkeit ist ein höherer Humusgehalt wie –aufbau garantiert und führt so zu einer dauerhaften Ertragssicherung auf den heimischen Flächen. (Messner & Elsässer, 2018)

Durch die Vermischung von Kot und Harn der am Betrieb gehaltenen Tiere ist er als betriebseigener Volldünger unverzichtbar. Je nach Wasserzufuhr aus den umliegenden Gegebenheiten schwanken die Trockenmassegehalte von Betrieb zu Betrieb. Im Frühjahr wie im Herbst in eine Wasserzufuhr zur Verdünnung der Gülle nicht so von Bedeutung wie in den Sommermonaten. Während der gesamten Vegetationszeit sollte es zu einer Verdünnung der

Gülle kommen, um einen höheren Anteil an NH_4 -Stickstoff zu generieren, da dieser länger verfügbar bleibt und die Ausgasungsverluste so geringer sind. (Messner & Elsässer, 2018)

Die Wirksamkeit des Wirtschaftsdüngerstickstoffs muss differenziert gesehen werden. Der Wirkungsverlauf hängt wegen der unterschiedlichen Anteile an leicht löslichen Ammoniumstickstoff und organisch gebundenem Stickstoff stark von den Ammoniakverlusten und den Umsetzungsvorgängen im Boden (Mineralisation) ab. Rindergülle zählt zu Wirtschaftsdüngern mit ausgeglichenem Verhältnis von Ammoniumstickstoff zu organisch gebundenem Stickstoff. Bei entsprechender Anwendung ist sowohl mit einer zufrieden stellenden Direktwirkung als auch mit einer erheblichen Nachwirkung zu rechnen.

Die Funktion des Stickstoffes im Boden kann mit dem Stickstoffkreislauf dargestellt werden. Die Pflanze nimmt Stickstoff hauptsächlich durch die Düngung auf, vorwiegend in Form von NO_3^- und NH_4^+ , wobei aber Verluste durch Ausgasung von Ammoniak und Auswaschung berücksichtigt werden sollten. Diese Verluste können durch bodennahe Ausbringung vermindert werden. Grundsätzlich ist zu sagen, dass der Stickstoff in der Gülle einerseits als organisch gebundener Stickstoff und andererseits als Ammoniumstickstoff zur Verfügung steht. Die Ammoniakausgasung entsteht bei der Ausbringung und danach. Diese wird durch höhere Temperaturen und höhere Windgeschwindigkeiten gefördert, da es die Verdunstungsrate erhöht. Ein gewisser Teil des Ammoniums kann direkt von der Pflanze aufgenommen werden. Der größte Teil wird jedoch von Bakterien zu Nitrat umgewandelt, hierbei spricht man von Nitrifikation. Die Bakteriengattung *Nitrosomonas* bildet aus Ammonium, Nitrit und Nitrobakter bildet aus Nitrit, Nitrat. Der organisch gebundene Stickstoff wird durch zahlreiche Bodenbakterien über Aminostickstoff zu Ammoniumstickstoff umgewandelt. In Böden, die überflutet sind oder von Grunde aus staunasse Eigenschaften mit sich bringen, wird der Luftsauerstoff zum limitierenden Faktor. Unter solchen Bedingungen besitzt die Bakteriengattung *Pseudomonas* die Eigenschaft Nitrat zu NO , Lachgas (N_2O) oder N_2 zu reduzieren. Diese Verluste können 20 bis 30 kg N/ha im Jahr ausmachen. Andererseits verbrauchen Mikroben jedoch auch mineralischen Stickstoff, vorwiegend Ammonium-N aber auch Nitrat-N, indem sie ihn in organische Substanzen einbauen. Diesen Prozess nennt man Immobilisierung und weiterführend auch Humusaufbau. (Trott, 2004)

2.4 Ausgasungsverluste und Emissionsproduktion

2.4.1 Allgemein

Der Klimawandel und dessen Folgen stellt die Menschheit vor eine der größten Herausforderungen der jüngeren Geschichte. Länger anhaltende und gleichbleibende Wetterlagen führen zunehmend zu immer extremeren Witterungsverhältnissen die sich durch enormere Niederschlagsmengen oder -defizite, Verschiebungen von Vegetationszonen und Wetterextreme auszeichnen. Diese sind auf die schlechtere Luftqualität durch die Feinstaub- und Emissionsbelastung zurück zu führen. Diese Auswirkungen haben noch nicht abschätzbare Folgen für die Kleinstrukturierte österreichische Land- und Forstwirtschaft. Daher muss im Sinne der Landwirtinnen und Landwirte sein, eine Reduktion der Feinstaubemissionen zu erzielen um den Temperaturanstieg in der Atmosphäre einzubremsen und so gröbere Auswirkungen auf deren Arbeitsbereich zu mindern. (Lebensministerium, 2012)

Die Land- und Forstwirtschaft spielt bei der Feinstaubproblematik eine große Rolle, da der als Feinstaub eingestufte Ammoniak (NH_3) zu 94% aus der Landwirtschaft stammt und damit für knappe 10% der gesamten Feinstaubemissionen verantwortlich ist. Der überwiegende Anteil NH_3 entsteht bei der Umwandlung von organischem wie mineralischem Dünger sowie bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdüngern. NH_3 ist primär für die Bildung versauernder und eutrophierender Schadstoffe und für die Bildung von Feinstaub verantwortlich. (Umweltbundesamt, 2016)

Die Relevanz von Ammoniak als Treibhausgas ist zu vernachlässigen. Grund dafür ist die hohe Affinität zur Bindung mit sauren Verbindungen in der Luft, sodass die Belastung in der Atmosphäre mit fünf bis neun Tagen gering ist. (Dersch & Böhm, 1997)

2.4.2 Treibhausgase

Die vermehrten Wetterextreme und die Verschiebung der Vegetationszeiten wird von einer relativ großen Mehrheit von Wissenschaftlern auf den Klimawandel zurückgeführt. Diese Ereignisse in Bezug auf den Klimawandel sind durch die anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen, welche in der Atmosphäre Infrarotstrahlen absorbieren, entstanden. In Österreich wurden im Jahr 2010 insgesamt 84,6 Mio. Tonnen Kohlenstoffdioxid Äquivalenten (CO_2e) emittiert. Die heimische Landwirtschaft ist, neben den anderen Wirtschaftssektoren, Mitverursacher des Klimawandels. Im Jahr 2010 wurden in der Landwirtschaft rund 7,45 Mio. Tonnen CO_2e emittiert. Im landwirtschaftlichen Sektor sind hauptsächlich die Treibhausgase Methan und Lachgas aus Viehhaltung und Ackerbau von Bedeutung. Lachgas macht, wie in der

nachfolgenden Abbildung ersichtlich, einen Anteil von 52% aus, während Methan in etwa 48% der landwirtschaftlichen Emissionen verursacht. (Lebensministerium, 2012)

Das im Sektor Landwirtschaft emittierte Methan ist rund 25-mal klimaschädlicher als CO₂. Das Methan entsteht hauptsächlich bei der Pansenfermentation von Futtermitteln in Rindermägen. Anaerob ablaufende organische Gär- und Zersetzungsprozesse bei der Lagerung der tierischen Ausscheidungen (Wirtschaftsdünger) führen ebenfalls zur Freisetzung von Methangas. Lachgas ist rund 300-mal so klimaschädlich wie Kohlenstoffdioxid und entsteht bei der Denitrifikation unter anaeroben Bedingungen. Die Lagerung von Wirtschaftsdünger und generell die Stickstoffdüngung landwirtschaftlicher Böden sind die beiden Hauptquellen der landwirtschaftlichen Lachgas-Emissionen. (Umweltbundesamt, 2016)

Regentage und Tage mit bedecktem Himmel und Temperaturen unter 25 °C zur Ausbringung von organischen Düngern sind günstige Witterungsbedingungen. Das gilt insbesondere für die flüssigen Wirtschaftsdünger. Der Regen bewirkt eine Reduktion der Ammoniakfreisetzung, weil die Gülle von den Pflanzen ab- und in den Boden eingewaschen wird.

Ähnlich positiv wirkt sich die Verdünnung der Gülle mit Wasser aus, da durch die Zugabe von Wasser mehr Ammoniak in der Gülle gelöst bleibt. Dieser flüssige, organische Dünger läuft besser von den Pflanzen ab und kann so tiefer in den Boden eindringen.

Außerdem ist die Ausbringtechnik zu berücksichtigen. In der nachstehenden Tabelle, die von Dr. Hans-Heinrich Kowalewsky von der Landwirtschaftskammer Niedersachsen erstellt wurde, werden die Ausbringtechniken hinsichtlich Emissionen verglichen. (Kowalewsky, 2014)

Tabelle 3: Ausbringetechniken im Vergleich auf Emissionen

Ausbringung	Einsatzgebiet		Emissionen relativ	
	Nutzung	Bewuchs	Geruch & Ammoniak	Lachgas*
Prall- oder Schwenkverteiler	Ackerland	ohne	100	40
	Ackerland	hoch	80	40
	Grünland	niedrig	100	40
	Grünland	hoch	80	40
Schleppschauch	Ackerland	ohne	80	40
	Ackerland	hoch	60	30
Schleppschuh	Ackerland	ohne	60	40
	Ackerland	hoch	40	40
	Grünland	niedrig	50	30
	Grünland	hoch	30	30
Schlitzgerät	Ackerland	ohne	40	60
	Grünland	niedrig	30	50

*) Zur Lachgasemissionen liegen bislang wenig Untersuchungsergebnisse vor

Jedoch ist bei landwirtschaftlichen Emissionen nur der Ausstoß angegeben. Im Sinne einer Kreislaufwirtschaft werden Emissionen aus der Atmosphäre wieder gebunden in Form von pflanzlichen Nährstoffen. Der bäuerliche Produktionszyklus erzeugt und sorbiert Emissionen in unterschiedlichen Ausmaß und je nach Bewirtschaftung.

3 Maßnahmen zur Reduktion von Ammoniakausgasung

3.1 Aufbereitung der Gülle

Gülle ist ein wertvoller Dünger, der möglichst ohne großen Verlust bei den Pflanzen im Boden ankommen soll. Hierfür werden moderne Verteilverfahren eingesetzt um die Verluste durch Ausgasung so gering wie möglich zu halten. Das heute gängigste Verfahren ist die Ausbringung mittels Schleppschlauchverteiler. Die Geruchsbelästigung wird durch den geringeren Kontakt der Gülle mit der Luft reduziert und somit wird gasförmigen Stickstoffverlusten vorgebeugt. Mit modernen Maschinen, die in der Regel auch größer und teurer sind, kann die Gülle exakter verteilt werden. Mit steigender Präzision der Ausbringtechnik steigen die Anforderungen der physikalischen Eigenschaften von Gülle. Um eine exakte und gleichmäßige Verteilung des Substrates zu gewährleisten empfiehlt es sich die Gülle aufzubereiten.

3.1.1 Mechanische Aufbereitung

Um die Gülle kostentechnisch attraktiv aufzubereiten stehen zwei mechanische Varianten zur Verfügung. Die einfachste Möglichkeit besteht darin, die Gülle durch einleiten von Wasser zu verdünnen und somit die Fließeigenschaften zu verbessern. Das größere Ausbringvolumen sind Arbeits- und Maschinentechnisch ein Kritikpunkt, welche den Kosten für eine Separation gegenüberstehen.

Grundgedanke der Separation ist es, den Trockenmassegehalt der Gülle zu reduzieren und eine Phasentrennung in Fest- und Flüssigphase zu erreichen. Durch diese Phasentrennung erfolgt zeitgleich eine Aufteilung von Phosphor und Stickstoff. Der Großteil des vorhandenen Phosphors liegt in der Festphase vor. Der Stickstoffanteil befindet sich größten Teils in Form von Ammoniumstickstoff in der Flüssigphase und es kann somit eine Anpassung der einzelnen Nährstoffmengen erfolgen.

Im Bereich der Gülle-Separation gibt es mehrere Möglichkeiten. Bei Schweinegülle kann eine Separation zwischen Fest- und Flüssig durch Sedimentation erfolgen. Durch eine längere Verweildauer im Lager erfolgt eine Absetzwirkung der Feststoffe. Alternativ bieten Separationsanlagen wie zum Beispiel Schneckenpressen oder Dekanterzentrifugen eine

leistungsfähige Alternative die in mobiler Ausführung in Gemeinschaften oder im überbetrieblichen Einsatz verwendet werden kann (Zenger, 2018).

Abbildung 1: Separator im Einsatz



Bildquelle: Fliegl

3.1.1.1 Trennung der einzelnen Güllekomponenten

Eine neue Technologie kann die Güllekomponenten voneinander trennen. Das System beruht auf der Trennung von fester, flüssiger Phase und gasförmiger Phase und wandelt somit Ammoniakemissionen in wertvollen Dünger um. Dadurch kann man die verschiedenen Düngerformen für präzisere Düngung einsetzen.

Das System trennt drei Mineralstoffströme. Den Harn mit Kalium, den Festmist mit organischem Stickstoff und Phosphat und mineralischen Stickstoff in Düngemittelqualität in der angesäuerten Lösung des Filtersystems.

Die durch diese Technik gebundenen Ammoniakemissionen können somit zu Stickstoffdünger umgewandelt werden und führen dazu, dass sich Mineraldüngerzukauf pro Betrieb verringert. Probetriebe zeigen, dass eine Verringerung der Ammoniakemissionen um 70% im Vergleich zu offiziellen Standards möglich ist. Das bedeutet, dass 10-20 kg Stickstoff pro Kuh zusätzlich zur Düngung zu Verfügung stehen.

Dadurch entstehen jedoch neue Herausforderungen bei der Ausbringungen. Ein Logistischer Mehraufwand entsteht somit, da die Komponenten unabhängig voneinander ausbracht werden müssen.

Abbildung 2: Das System Lely-Sphere im Einsatz



Bildquelle: Lely

3.1.2 Chemische und biologische Aufbereitung

Ziel einer chemischen Aufbereitung ist neben der Reduktion von Ausbringungsverlusten und geringerem Lagerbedarf, die Düngereffizienz durch Beimengung von Zusatzmitteln zu erhöhen. Durch verändern des pH-Wertes kann das Dissoziationsgleichgewicht zwischen flüssigen Ammoniak und Ammonium verändert und in Richtung auf die Seite des gelösten Ammoniums verschoben werden.

Eine Möglichkeit besteht durch Ansäuerung der Gülle mit Schwefelsäure. Alternativ kann auch Salpetersäure oder Aluminiumsulfat verwendet werden. In der Praxis wird aufgrund von den günstigen Anschaffungskosten und der zusätzlichen Düngerwirkung angewendet. Durch Variation des pH-Wertes wird die Viskosität verändert und hat somit Einfluss auf die nachfolgende Separationstechnik. Durch die Zugabe von Schwefelsäure soll der pH-Wert der Gülle auf ca. 5,5 gesenkt werden. Dadurch kann eine Ammoniakverminderung von 50-90% erreicht werden. Aufgrund der mikrobiellen Aktivität der Gülle steigt der pH-Wert der Gülle wieder und fordert somit eine erneute pH-Wert Reduktion bzw. eine zeitnahe Ausbringung. In verschiedenen Versuchen wurde nachgewiesen, dass aufgrund der mikrobiellen Aktivität der pH-Wert der Gülle nach 100 Tagen wieder ansteigt. Abhilfe schafft eine Ansäuerung während der Ausbringung. Hierbei erfolgt die Zugabe mittels eines an der Zugmaschine befestigten säurefesten Fronttanks. Die Dosierung erfolgt am Ende des Güllefasses kurz vor der Ausbringung um die vorgeschaltete Ausbringtechnik nicht zu beschädigen.

Ein weiteres Zusatzmittel wären Ammoniumstabilisatoren, welche in der Praxis während der Ausbringung der Gülle eingemischt werden. Durch diese Stabilisatoren wird die Umwandlung von Ammonium zu leicht löslichen Nitrat verzögert um somit eine effektivere Ausnützung der vorhandenen Stickstoffmenge zu erreichen. Des Weiteren können Ureasehemmer zur Reduktion von Ammoniakausgasung beigemischt werden.

Durch die Zugabe von Braunkohle kann ein Großteil der organischen Verbindungen, Ammonium, Ammoniak sowie geruchsintensive und toxische Stoffe gebunden werden. Dies führt zu einer reduzierten Geruchsbildung sowie einer Verminderung der Ammoniak und Nitratverluste durch Ausgasung und Auswaschung. Der Einsatz von Braunkohle zur pH-Wert Absenkung hat bei Rindergülle im Vergleich zu Schweinegülle einen größeren Effekt. Durch die Kohlezugabe wird eine Reduktion der Gasemissionen durch eine zusätzliche Schwimmdecke im Lager erreicht. Die feinen Braunkohlepartikel bilden eine zusätzliche Schwimmdecke und reduzieren somit die NH_3 -Ausgasung.

Die in der Braunkohle enthaltenen Huminstoffe tragen als Dauerhumus zur Bodenverbesserung bei und die in der Gülle enthaltenen Nährstoffe werden andererseits an die Braunkohle gebunden und damit langfristig und umweltgerecht bereitgestellt werden.

Möglich ist auch eine Gülleaufbereitung mit sogenannten „effektiven Mikroorganismen“. Hierbei handelt es sich um Bakterienkulturen, die meist in zuckerhaltiger Melasse als Trägersubstanz verabreicht werden. Hersteller diverser Präparate versprechen eine Verbesserung der Konsistenz, Geruch und Pflanzenverfügbarkeit von Gülle. Am Beginn der Lagerung von Milchviehflüssigmist können durchaus positive Wirkungen nachgewiesen werden. Ammoniak-, Lachgas- und Geruchsemissionen sinken signifikant ab, während Methanemissionen nur geringfügig beeinflusst werden (Amon B. , Kryvoruchko, Amon, & Moitzi, 2004).

Gemäß (Gruber, Einfluss eines Mikroorganismen- und eines Pflanzenextrakt-Präparates auf Rindergülle, 2015) lässt sich allerdings schlussfolgern, dass bei zwei eingesetzten mikrobiellen Präparaten (effektive Mikroorganismen, Pflanzenextraktmittel) keine signifikanten Unterschiede bei den chemischen Parametern von Gülle festgestellt werden konnte. Hinzuzufügen ist außerdem, dass die Vitalität von eingesetzten Präparaten durch eine Vielzahl von Umweltparametern beeinflusst werden kann (Hobbs & McCrory, 2001).

Zusammenfassend können mikrobielle Güllezusätze einen Beitrag zur Verringerung von Ammoniakemissionen haben. In wissenschaftlichen Untersuchungen blieb jedoch die Wirkung solcher Produkte oftmals hinter den Erwartungen zurück bzw. können Qualitätsverbesserungen oft nicht ausreichend wissenschaftlich belegt werden (IBK Arbeitsgruppe Landwirtschaft und Umweltschutz, 2009).

3.2 Ausbringtechnik

3.2.1 Breitverteiler

Die Breitverteiler sind die gängigsten Ausbringungsvarianten in Österreich. Durch ihre einfache und leichte Bauweise als auch geringen Anschaffungskosten war die Anschaffung eines solchen Breitverteilers eine lukrativere Variante. Jedoch aufgrund der Tatsache, dass diese Ausbringungsvariante mehr Ammoniak-Emissionen verursacht, ist der Druck aufgrund der NEC relativ groß diese Ausbringungsvariante anteilmäßig zu reduzieren. In Deutschland gibt es bereits eine verpflichtende Ausbringung mittels bodennaher Gülleausbringung auf Ackerland ab 2020. Ab 2025 ist diese auch auf Grünland verpflichtenden anzuwenden. Aufgrund dieser Tatsachen wird auch in Österreich über ein Verbot der Breitverteilerausbringung debattiert. Jedoch sind hier noch keine Informationen bekannt, ab wann ein solches Verbot in Kraft treten wird. (Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, 2020)

3.2.1.1 Prallkopfverteiler

Die Gülle wird durch das Aufprallen an der Metallplatte in Richtung Boden abgelenkt und somit auf den Bestand appliziert. Die Verteilgenauigkeit ist außerdem sehr gut. Er gehört zur Gruppe der Breitverteiler und ist somit windanfällig und die Gefahr von Geruchsemissionen, Ätزشäden und Futterschmutzung durch ein feintropfiges Streubild sind vorhanden. Durch reduzierten Druck und dünne homogenisierte Gülle können diese Nachteile auf das Mindestmaß reduziert werden. (Messner & Elsässer, 2018)

Abbildung 3: Schwanenhalsverteiler (Prallkopfverteiler) bei der Ausbringung



Bildquelle: Bauer Group Company

3.2.1.2 Schwenkverteiler

Beim Schwenkverteiler wird die Gülle durch das Hin- und Herschwenken des Güllestrahls verteilt. Dabei entsteht ein großtropfiges Streubild und die Windempfindlichkeit sinkt durch die großen Gülletropfen. Er ist außerdem sehr preisgünstig in der Anschaffung. Trotzdem können auch die bereits genannten Nachteile der Breitverteilung auftreten, insbesondere wenn mit hohem Druck und dicker Gülle gearbeitet wird. (Messner & Elsässer, 2018)

Abbildung 4: Möscha Schwenkverteiler bei der Ausbringung



Bildquelle: Butzenlechner

3.2.1.3 Pralltellerverteiler

Durch eine schräg montierte Metallplatte wird die Gülle in einem Bogen auf den Bestand appliziert. Durch den hohen Druck entsteht ebenfalls ein sehr feintropfiges Streubild das ebenfalls durch den weiten Luftweg besonders Windanfällig ist. Dabei kommt es zu besonders hohen Ammoniakemissionen besonders bei heißer Witterung. (Messner & Elsässer, 2018)

Abbildung 5: Pralltellerverteiler bei der Ausbringung



Bildquelle: Top-Agrar

Tabelle 4: Anschaffungskosten inkl. Mehrwertsteuer von diversen Breitverteilern

Ausbringtechnik	Kosten	
	von	bis
Prallkopfverteiler	580	700
Schwenkverteiler	600	705
Pralltellerverteiler	210	400

3.2.2 Bandverteiler, Bodennahe Ausbringung

Der große Vorteil der bodennahen Ausbringung liegt darin, dass die Ammoniakemissionen in die Luft minimiert werden, die Geruchsbelästigung deutlich abnimmt sowie die Verteilgenauigkeit im Vergleich zur herkömmlichen Technik erhöht wird. Einflussfaktoren wie Windrichtung und Windstärke haben bei der Bodennahen Ausbringung keinen Einfluss auf die Verteilgenauigkeit. Somit kann im Rand-Grenzbereich exakt der Dünger appliziert und eine gleichmäßige Nährstoffversorgung der Pflanzen sichergestellt werden. Jedoch sollte beachtet werden, dass bei der Ausbringung mittels Bandverteiler auf Grünland eine stark verdünnte oder separierte Gülle angewandt wird, da es sonst aufgrund hoher Trockenmassegehalte zum Eintrocknen der Ausbringungsrückstände und so zu einer Verschmutzung des erntereifen Bestandes kommt. (Butzenlechner & Fröschl, 2019)

3.2.2.1 Schleppschlauch

Beim Schleppschlauch-Ausbringungsverfahren wird die Gülle direkt über ein Gestänge und den daran befestigten PVC-Spiralschläuchen auf den Boden abgelegt. Nachteilig ist technisch bedingt das höhere Gewicht im Vergleich zu Breitverteilern. Mit steigendem Einsatzgewicht steigen auch die Anforderungen an das Zugfahrzeug. Im Gegenzug begrenzt dies den Einsatz in hügeligen Gelände und schwer befahrbare Flächen. Um die Futtermverschmutzung bzw. eine Pflanzenschädigung durch die bandförmige Ablage zu verringern wird eine Separation der Gülle empfohlen. Durch das homogenere und dünnflüssigere Substrat kann die Gülle exakter und gleichmäßiger im Bestand verteilt und das Risiko von Verbrennungen durch Krustenbildung an der Pflanzenoberfläche reduziert werden.

Abbildung 6: Schleppschlauchverteiler



Bildquelle: Zunhammer

3.2.2.2 Schleppschuh

Im Vergleich zur Schleppschlauch Ausbringtechnik wird beim Schleppschuhverteiler versucht die Gülle mittels Schuh in die Bodenoberfläche zu applizieren. Die Schleppschuhe dringen in den Bestand ein und sollten somit das Substrat unterhalb der Blätter ablegen. Speziell in trockenen Jahren reicht der Auflagedruck nicht aus um die optimale Ablagetiefe einzuhalten wodurch die Futtermverschmutzung steigt.

Abbildung 7: Schleppschuhverteiler



Bildquelle: Top-Agrar

3.2.2.3 Gülleschlitzgerät

Um eine genaue Tiefenführung zu gewährleisten haben sich Gülleschlitzgeräte speziell im Grünland etabliert. Bei der Ausbringung werden Scheibenschare durch den Boden gezogen, welche die Gülle platzieren. Die Scheiben werden mittels Tasträder in der Tiefe geführt und garantieren somit eine effiziente und pflanzenschonende Gülleausbringung.

Abbildung 8: Gülleschlitzgerät



Bildquelle: Fliegl

3.2.2.4 Güllegrubber und Scheibenegge

Dieses Verfahren soll die Ausbringung und Einarbeitung von Gülle in einem Arbeitsschritt kombinieren. Neben dem hohen Zugkraftbedarf ist der Einsatz auf den Zeitraum nach erfolgter Ernte begrenzt und hat speziell in Ackerbauregionen seine Bedeutung. Ausschlaggebend für die Schlagkraft ist das Fassvolumen, die Güllelogistik und die Leistung des Zugfahrzeuges.

Abbildung 9: Güllegrubber



Bildquelle: Fliegl

Tabelle 5: Anschaffungskosten exklusive Umsatzsteuer verschiedene Bandverteiler

Ausbringtechnik	Kosten	
	von	bis
Schleppschlauch		
9m	10000	13000
12m	12000	15000
15m	16000	20000
18m	20000	25000
Schleppschuh		
9m	16000	20000
10m	17000	21000
12m	17000	22000
15m	20000	25000
18m	24000	31000
Güleschlitzgerät		
4,5m	25000	31000
6m	33000	42000
8,3m	39000	49000
12m	63000	81000
13,5m	70000	89000
Kurzscheibengrubber		
3m	25000	32000
4m	36000	46000
5m	40000	51000
6m	45000	57000
6,5m	47000	60000
Güllegrubber		
2 reihig		
3m	11000	14000
4,5m	20000	26000
6m	25000	32000
4 reihig		
3m	17000	21000
4,3m	21000	27000
4,75m	25000	32000
5,65m	28000	36000
NIR-Sensor	15000	25000

3.2.3 Leistungsanforderungen an die Zugmaschine

Eine häufig gestellte Frage von Landwirten ist die Leistungsanforderung an diverse Größen von Güllefässern sowie deren Ausbringtechnik. Darauf gibt es zum jetzigen Stand noch keine genauen Zahlen zu den verschiedenen Anforderungen an die Zugmaschine, jedoch sind in der Praxis diverse Faustzahlen im Umlauf die auf einen Leistungsbedarf schließen lassen.

Hierzu muss man mehrere Faktoren in Betracht ziehen um eine Entscheidung über die Leistungsanforderungen an den Traktor oder die Zugmaschine zu setzen. Der erste Aspekt der genauer analysiert werden muss, ist die Exposition meiner Flächen und die topographischen Gegebenheiten der am Betrieb vorzufindenden Flächen. Je nachdem ob man in der Ebene des Marchfeldes, im hügeligen Bereich des Alpenvorlandes oder im Bereich der Vor- bzw. Zentralalpen seine Flächen vorfindet sind unterschiedliche Leistungsbedürfnisse vorhanden. Hier gibt es Faustzahlen die in der Praxis angewendet werden, welche jedoch keine wissenschaftlich fundierten Werte sind. Man spricht zwischen 10 bis 20 PS pro Kubikmeter Fassungsvermögen je nach topographischer Ausrichtung, welches die Zugmaschine vorweisen soll. Jedoch muss eine Grundmotorisierung der Zugmaschine vorhanden sein, um die Pumpe des Fasses antreiben zu können. Hier ist auch ein oft nicht mitgedachter Einflussfaktor die zulässige Stützlast der Zugmaschine. Diese darf nicht überschritten werden um mögliche Unfälle zu vermeiden.

Je nach Ausbringtechnik kommen danach zusätzliche Leistungsanforderungen vor allem im Berggebiet hinzu. Während Breitverteiler kaum bis wenig Leistungsmehraufwand vorweisen, sind Bandverteiler aufgrund ihres hohen Eigengewichtes ein deutlicher Mehraufwand. Konkrete Zahlen über PS-Anforderungen liegen zurzeit nicht vor. Ein weiterer Aspekt der höheren Leistungsanforderung bei Bandverteilern ist der Schardruck der bei Schleppschuhverteilern, Güllegrubbern und diversen anderen Bandverteilern, welche direkt in den Boden applizieren, vorhanden ist.

Hinzu kommt im Berggebiet die Leistungsanforderung an die Pumpe und Verteilgenauigkeit der Gülle bei Bandverteilern. Dabei muss beachtet werden, dass in Steillagen bei Bergseiten weniger Gülledurchsatz erzielt wird als bei der Talseite, wodurch es nicht zum gewünschten Effekt einer Emissionsminderung kommt. Darum muss bei Breitverteiler darauf geachtet werden, dass die Bandverteiler bei der Verteilgenauigkeit für Hanglagen geeignet sind.

3.2.4 Digitalisierung, Teilflächen

Die teilflächenspezifische Düngung versucht auf Heterogenität innerhalb eines Schrages einzugehen, wobei Pflanzen, unter besonderer Berücksichtigung der heterogenen Ertragsfähigkeit der Böden, möglichst nach deren tatsächlichen Bedarf versorgt werden sollen. Ziel ist es, durch einen bedarfsgerechten Einsatz von Betriebsmitteln, neben einem betriebswirtschaftlichen Vorteil auch einen ökologischen Nutzen herbeizuführen.

Für die teilflächenspezifische Applikation von Gülle gibt es mehrere Einflussparameter. Die Zum einen muss bekannt sein, welche Nährstoffe und gegebenenfalls auch Schadstoffe in der Gülle enthalten sind. Zum anderen müssen Applikationskarten auf den Flächen gebildet werden, die auf die jeweiligen Bedürfnisse von Boden und Pflanzen bestmöglich eingehen. Auch die Ausbringtechnik spielt in der teilflächenspezifischen Applikation von Gülle eine große Rolle. Hier muss sichergestellt werden, dass die Applikationsmenge laut Karte möglichst genau und automatisiert auf die Fläche ausgebracht wird.

3.2.4.1 Erstellung von Applikationskarten

Für die Erstellung von Applikationskarten gibt es ja nach Bewirtschaftungsziel und Kultur verschiedene Möglichkeiten. Informationen über Bodeneigenschaften, Nährstoffversorgung, Pflanzenentwicklung oder Ertragspotential können über Bodenzonierungsverfahren, Bodenproben, Pflanzensensoren, Satellitendaten oder Ertragshebungen ermittelt werden.

3.2.4.2 Nährstoffbestimmung Gülle

Nährstoffgehalte von organischen Düngemittel können über Standard Tabellen oder über wissenschaftlich anerkannte Methoden bezogen bzw. bestimmt werden. Aufgrund fortschreitender Diversifizierung und Spezialisierung, beispielsweise durch Veränderung von Fütterungskonzepten in der konventionellen und biologischen Tierhaltung, Vergärung in Biogasanlagen oder durch Separation, gibt es eine hohe Varianz an Nährstoffen. Diese kann über Standard-Methoden nicht mehr abgebildet werden. Die Laboranalyse einer Gülle-Mischprobe liefert hier genauere Ergebnisse, ist aber auch mit bedeutsamen Fehlerquellen in der Verarbeitungskette behaftet. Hinzu kommt der Zeitfaktor, denn eine zu lange Dauer bis ein Ergebnis vorliegt macht es arbeitswirtschaftlich sehr schwierig, die Ergebnisse aus der Analyse noch in die Applikation miteinzubeziehen. Ein weiterer Ansatz ist die Analyse mittels Nah-Infrarot Spektrometrie (kurz: NIRS). Das zu analysierende Gut wird mit Nahinfrarotlicht mit bekanntem Spektrum bestrahlt. Das reflektierte Lichtspektrum des Gutes wird detektiert und über eine Auswerteeinheit mit bestimmenden Kenngrößen und Kalibrierkurven in die richtige Einheit umgerechnet. NIRS Sensoreinheiten können Nährstoffkomponenten wie Gesamt-N, Ammonium-N, Phosphat und Kali ermitteln. Ein großer Vorteil dieses Systems

liegt in der sofortigen Verfügbarkeit und der hohen Anzahl an Messdaten. Die Sensoreinheit kann sowohl an der Behälterentnahmestelle, als auch an der Pumpstation oder am Güllefass angebracht werden. Somit kann auch die oftmals hohe Heterogenität an Nährstoffen im Güllelager berücksichtigt werden und es wird möglich, die Ausbringmenge in Echtzeit an den Nährstoffgehalt der Gülle anzupassen (Rubenschuh & Volz, 2019).

Um die Genauigkeit solcher Systeme mit amtlich anerkannten Methoden zu validieren, gibt es seitens der DLG (deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) ein Prüfverfahren. Dieses Prüfverfahren beschränkt sich auf Rindergülle, Schweinegülle und flüssige Gärreste. Dafür werden mehrere unterschiedliche Proben auf verschiedenen landwirtschaftlichen Betrieben gemessen und mittels NIR-Technologie und anerkannten nasschemischen Analysen in mehreren Laboren beprobt. Die Genauigkeit wird durch die relativen Abweichungen vom Sensorwert im Vergleich zum Referenzwert bewertet (DLG TestService GmbH, 2018). Folgende NIRS Sensorsysteme sind unter anderem von der DLG anerkannt (DLG, 2020):

- John Deere HarvestLab 3000
- KAWECO NIR Sensor Nutriflow 3.0
- Zunhammer VAN-Control 2.0

3.2.4.3 Teilflächenspezifische Ausbringtechnik

Neue Ausbringtechniken sollen es ermöglichen, die gewünschten standortabhängigen Nährstoffmengen möglichst automatisiert in Abhängigkeit des Nährstoffgehaltes der Gülle auszubringen. Bei Systemen mit konstanter Durchflussmenge kann die Ausbringmenge über Variation der Fahrgeschwindigkeit angepasst werden. Es gibt aber auch Systeme, wo die Ausbringmenge bei konstanter Geschwindigkeit, beispielsweise über eine Rückführung von Teilmengen in das Fass, angepasst werden kann. Zusätzlich gibt es bei bodennahen Ausbringtechniken auch Systeme, wo einzelne Teilbreiten aus- bzw. eingeschaltet werden können. In Kombination mit GPS- Systemen können beispielsweise Doppelüberfahrten und Überdüngung von Flächen vermieden werden.

Vollautomatisierte Systeme zur Abarbeitung von Applikationskarten mit integriertem NIRS-Sensor, automatischer, georeferenzierter Ausbringmengenregelung und Spurführungssystem werden bereits angeboten, setzen aber derzeit noch hohe Investitionskosten voraus. Jedoch können auch einfachere, jedoch weniger präzisere Varianten zur teilflächenspezifischen Applikation von Gülle, beispielsweise durch manuelle Steuerung der Fahrgeschwindigkeit in verschiedenen Teilflächen auch mit einfacher Technik umgesetzt werden.

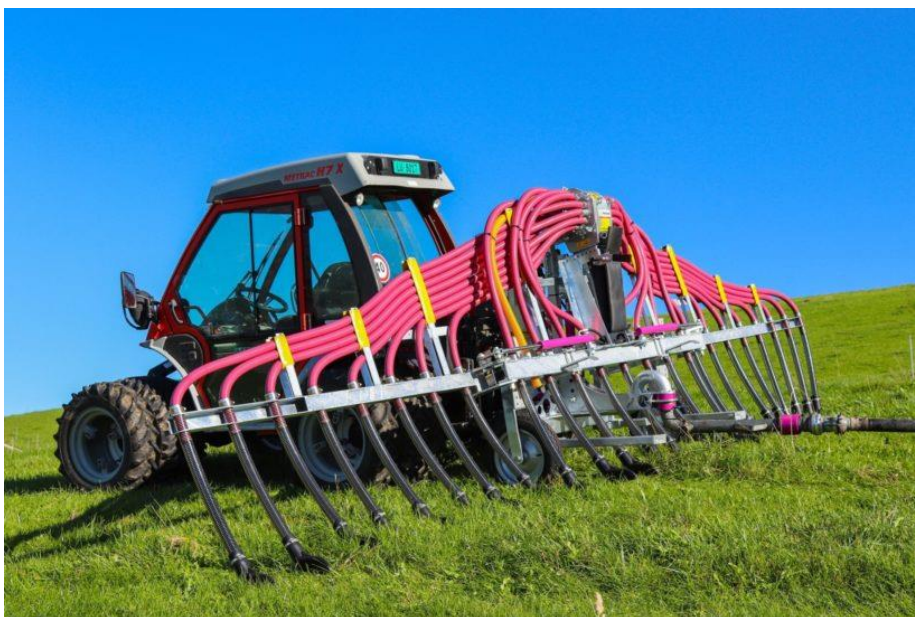
3.2.5 Herausforderung bei der Ausbringung im Berggebiet

Gerade im Berggebiet spielt die Gülleausbringung für die heimische Grünlandwirtschaft eine enorm wichtige Rolle. Die Reduktion von Ammoniakemissionen spielt natürlich auch hier eine Rolle, jedoch muss man die topographischen Gegebenheiten in den jeweiligen Berggebieten beachten. Gerade durch die das enorme Gewicht, das durch bodennahe Gülleausbringungstechniken entsteht, besteht hier eine Gefahr des Abrutschens. Zudem steigt der Leistungsanspruch an die Zugmaschine ebenfalls.

Deshalb sind Gülleverschlauchung eine attraktive Variante, um hier mit einer Reduktion der Emissionen beizutragen. Jedoch ist Voraussetzung für eine solche Technik möglichst arrondierte Flächen rund um die Güllelagerstätte. Güllecontainer oder ähnliches sind aufgrund der oft geringen Schlaggröße und hoher Investitionskosten oft nicht geeignet fürs Berggebiet. Zu ist die Idee der Gülleverschlauchung gerade aus dieser Thematik heraus entstanden, da im Berggebiet oft durch große Fässer gefährliche Situationen entstanden sind. (Zechner)

Bei bodennahen Ausbringungstechniken ist ebenfalls die Verteilgenauigkeit ein wichtiger Faktor in steilen Lagen. Nur durch eine genaue Verteilung der Gülle über die gesamte Breite kann es auch zu einer Reduktions- als auch Auswaschungsreduktion kommen. Oft kommt es bei der falschen Technik aufgrund nicht hangtauglicher Pumpsysteme zu einen Gülleüberschuss auf der Talseite, während auf der Hangseite wenig bis kein Wirtschaftsdünger ankommt. Manche Hersteller versprechen schon durch andere Verteiltechniken, solche Ungleichheiten begleichen zu können. (Weninger, 2020)

Abbildung 10: Schleppschuh für Zweiachsmäher und Bergtraktor



Bildquelle: Kohli AG

3.3 Güllelogistik und Verfahrensübersicht

3.3.1 Einphasige Systeme – Direktausbringung

Die einphasigen Systeme der Gülleausbringung sind derzeit in Österreich die meist verwendete Lösung zur Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern. Hier erfolgt der Transport zum Feld als auch das Ausbringen anhand eines Gespanns. Hier sind Fässer mit bis zu 27m³ und Schleppschlauch-Ausbringungstechniken mit bis zu 27m im Einsatz.

Abbildung 11: Gülle selbstfahrer mit Schleppschlauch-Ausbringung



Bildquelle: Samson (<http://www.samson-agro.dk>)

Hierbei kann die Befüllung anhand von 2 Systemen erfolgen. Eines ist die Eigenbefüllung des Fasses, wobei hier ein entscheidender Faktor für den Volumenstrom die Saughöhe ist. Ansonst unterscheiden sich in Bezug auf den Volumenstrom die Befüllungstechnik anhand der Pumptechnik bzw. Befülltechnik und beeinflusst dadurch die Fördergeschwindigkeit.

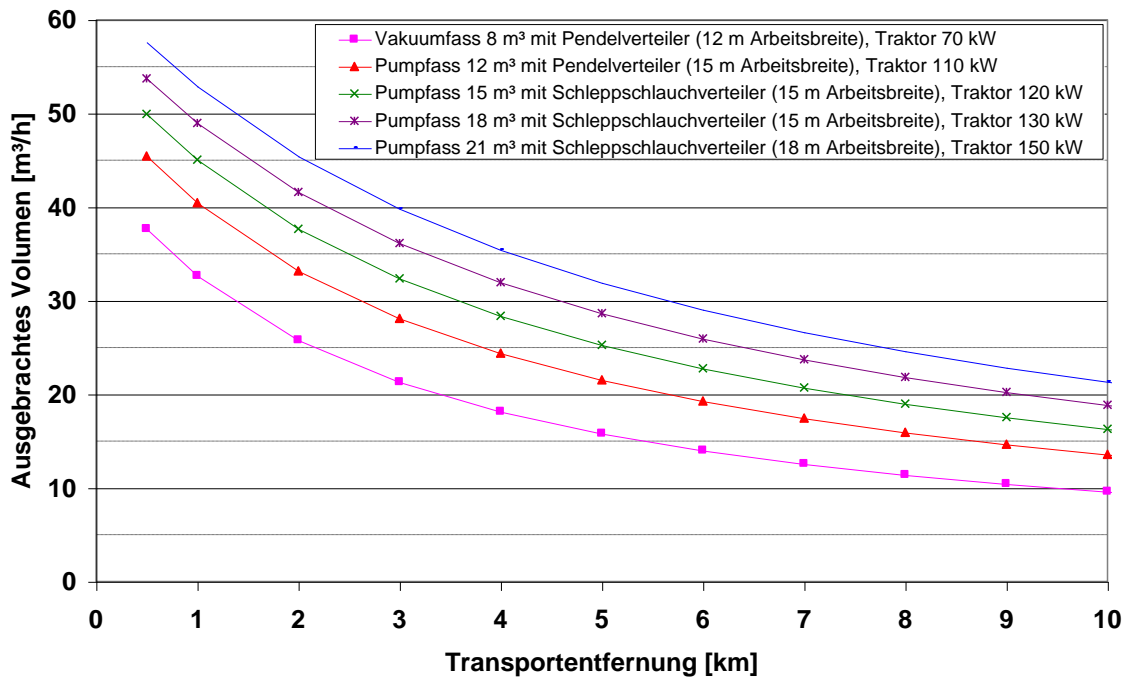
Tabelle 6: Füllgeschwindigkeiten unterschiedlicher Befüllungstechniken (Handler, 2016)

Befülltechnik	Fördermenge
Vakuumfass	2-3 m ³ /min
Vakuumfass mit Kreiselpumpe	3,5-3 m ³ /min
Pumpfass (Doppelpumpen)	2-6 m ³ /min (7-13 m ³ /min)
Hydraulischer Saugturm	10 m ³ /min

Ein weiteres System zur Befüllung von Güllefässern ist die Fremdfüllung. Hier wird die Gülle durch eine Pumpe in das Güllefass befördert. Dabei sind Volumenströme von 3-12 m³/min möglich. Probleme bei der Befüllung können vor allem durch Leitungsquerschnitte entstehen, die wiederum eine Schaumbildung und dadurch eine geringe Füllkapazität hervorbringen. (Handler, 2016)

Bei der Ausbringung mittels einphasiger Systeme sind das Fassvolumen und die Entfernung die beeinflussenden Faktoren für die Schlagkraft. Besonders Betriebe mit arrondierten Flächen bevorzugen daher die einphasigen Systeme, da diese auch rentabler für kleinstrukturierte Schläge sind.

Abbildung 12: Entwicklung der Schlagkraft unterschiedlicher einphasiger Systeme (Handler, 2016)



Die Vorteile Einphasiger Systeme liegen darin, dass das Befüllen, der Transport und die Ausbringung in einer einfachen Kette zusammenhängen und daher bei Gebrechen oder Stillstand geringe Kosten entstehen als beispielweise bei mehrphasigen Systemen. Die Ausbringung erfolgt anhand weniger Personen bzw. kann von einem alleine genauso durchgeführt werden. Weiters entstehen anhand der einfachen Kette geringe Rüstzeiten.

3.3.2 Mehrphasige Systeme

Bei mehrphasigen kommt es zur Auftrennung von Transport auf der Straße und Ausbringung am Feld. Dabei werden große Transportvolumina bis 27 m³ zum Feld transportiert mit hohen Transportgeschwindigkeiten durch beispielsweise LKWs. Durch dementsprechende Verteilfahrzeuge am Feld kommt es zu einer Bodenschonung. Die Verteilfahrzeuge sind oft auch mit schwereren Ausbringungstechniken für die direkte Einarbeitung in den Boden ausgestattet, weil durch die reine Arbeit am Feld es zu keinen unnötigen Gewichtstransport auf der Straße kommt.

Jedoch muss der Wirtschaftsdünger ein weiteres Mal überladen werden. Zuerst vom Güllelager in den Transportbehälter zum Zwischenlager am Feld oder direkt in den Selbstfahrer bzw. Güllefass. Dabei muss es zur idealen Abstimmung der Kette kommen, um Wartezeiten zu reduzieren oder zu vermeiden. So ist auf große Distanzen eine hohe Auslastung möglich. Die Kosten sind jedoch für mehrphasige Systeme um einiges höher als für einphasige.

3.3.2.1 Ohne Feldrandcontainer – direktes Überladen

Eine Methode der mehrphasigen Systeme erfolgt anhand des direkten Überladens in das Ausbringungsgefährt. Besonders für verhältnismäßig „kleiner Schläge bietet sich diese Variante an. Jedoch kommt es hier besonders beim Transportfahrzeug zu Wartezeiten. Daher muss das Tankvolumen des Transportfahrzeugs mit jenen des Verteilfahrzeugs abgestimmt sein und gegebenenfalls das Ausbringfahrzeug um einige Kubikmeter größer sein.

Abbildung 13: Direktes Überladen in Güllefass am Feld



Bildquelle: www.walch.or.at

3.3.2.2 Mit Feldrandcontainer

Dabei kommt es zur Entkopplung der Tankvolumen von Transport- und Verteilfahrzeug. Dazu werden am Feldrand Container (30 – 60 m³) platziert, welche vom Transportfahrzeug befüllt und vom Ausbringergerät abgepumpt werden. So werden Wartezeiten minimiert und es sind große Schläge für eine hohe Schlagkraft möglich. Jedoch muss der Container aufgestellt werden und es kommt zu einem weiteren Überladevorgang in den Container. Aufgrund noch höherer Investitionskosten und zusätzlich Umpumpvorgang als auch zusätzlichen Aufwand für das Aufstellen eignet sich diese mehrphasige Variante nicht für kleine Schläge.

Abbildung 14: Verschiedene Feldrandcontainer



Bildquelle: ORDAS OHG

3.3.2.3 Mobile Zwischenlager

Die Idee solcher Polyestergerewebe RVG-Überzug stammt aus den Niederlanden und Großbritannien. Dadurch können große Füllmengen von 100-350 m³ direkt neben den Feldgelagert werden. Im leeren Zustand werden die Zwischenlager im zusammengefalteten oder gerollten Zustand transportiert um so flexibler zu sein von der Größe der Füllmenge.

Abbildung 15: Mobiles Zwischenlager aus Polyestergerewebe



Bildquelle: Albers Alligator

3.3.3 Gülleverschlauchung

Eine attraktive Variante zur ammoniakreduzierten Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger ist die Gülleverschlauchung. Diese ist ab dem Güllelager oder Feldrandcontainer einsatzfähig und ist gleichzeitig die bodenschonendste Variante, um Gülle auszubringen. Durch die direkte Entnahme aus dem Güllebehälter sind längere Ausbringzeiten möglich. Die Länge des Schlauches und damit die Ausbringdistanz ist begrenzt, da es sonst zum Druckverlust kommt. Am Markt sind Schlauchdurchmesser von 2,5 bis 6'' erhältlich. Je nach Druck (12-20 bar) sind Ausbringmengen von 40-300 m³/h möglich.

Abbildung 16: Schlitz-, Drillgerät mit Gülleverschlauchung



Bildquelle: Schouten

3.3.3.1 Gülleverschlauchung – angehängt

Der Transport und das Mitführen des Schlauches erfolgt anhand eines gezogenen Anhängers mit einer Rolle bzw. im Front- oder Heckanbau. Dabei können Schlauchlängen von bis zu 700 m transportiert werden mit Schlauchdurchmessern von 4, 4,5 oder 5''. Bei der Pumpstation am Güllelager sind oft Kreiselpumpen mit einer Förderleistung 300 m³/h montiert.

Abbildung 17: Angehängte Gülleverschlauchung



Bildquelle: Agrometer

3.3.3.2 Gülleverschlauchung - Selbstfahrer

Mit einer 127 kW Pumpe sind Förderleistung mit bis zu 150 m³/h möglich. Hier sind ebenfalls wieder verschiedene Modelle von Ausbringarten zu bestücken. Jedoch entstehen bei dieser Verschlauchung deutlich höhere Investitionskosten.

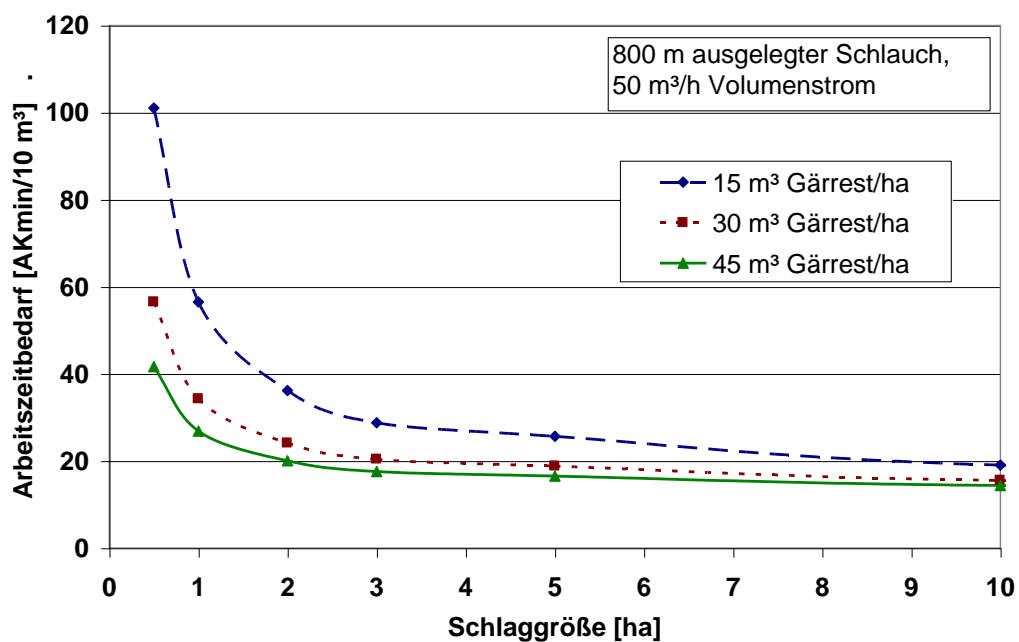
Abbildung 18: Selbstfahrer mit Gülleverschlauchung



Bildquelle: Agrometer

Der Arbeitszeitbedarf ist anhand einer Gärrestverschlauchung hier ersichtlich. Je nach Ausbringintensität und Schlaggröße ist ein unterschiedlicher Zeitbedarf vorhanden. Je größer der Schlag ist, desto geringer ist der Arbeitszeitbedarf von unterschiedlichen Ausbringintensitäten.

Abbildung 19: Arbeitszeitbedarf einer Gärrestverschlauchung (Handler, 2016)



3.4 Gemeinschaftsankäufe von Ausbringtechniken und Separatoren

Hinsichtlich einer gemeinsamen Anschaffung von Güllefässern mit diversen Ausbringtechniken oder Separatoren gibt es unterschiedliche Gesichtspunkte die beachtet werden müssen um einen realen und nachhaltigen Effekt der Emissionsminderung zu erzielen.

Wie bereits erwähnt ist die Ausbringung von Gülle mittels Bandverteiler auf Grünland nur mit separierter Gülle zu empfehlen (Butzenlechner & Fröschl, 2019), da es sonst bei zu hohen Trockenmassegehalten zum Eintrocknen der Ausbringungsrückstände kommt und somit mit einer erheblichen Futtermittelverschmutzung der Silage zu rechnen ist. Hierzu müssen Separatoren angeschafft werden, welche in einer Gemeinschaft durchaus Sinn machen. Aufgrund der hohen Investitionskosten ist es wichtig eine optimale Auslastung des Separators zu erzielen. In einer Gemeinschaft ist die Auslastungsschwelle schneller erreicht und somit schneller rentabler. Beim Ankauf eines gemeinschaftlichen Separators muss jedoch darauf geachtet werden, dass jener auch mobil genug ist, um alle erforderliche Module des Separators einfach und praktikabel transportieren zu können.

Bei Güllefässern ist ebenfalls ein Potential für Gemeinschaftsanschaffung gegeben, jedoch müssen auch hier mehrere Faktoren berücksichtigt werden. Im Ackerbau sind Schleppschlauch-, -schuh als auch Güllegrubber effizient in einer Gemeinschaft, da die Gülle innerhalb kürzester Zeit eingearbeitet wird. Dadurch ist die Belastung mit Ammoniakemissionen deutlich geringer und Terminkosten spielen dadurch hier eine geringe Rolle. Gleichzeitig ist jedoch mit der Einarbeitung von Gülle eine erhöhte Lachgasbelastung festzustellen. (Frickh, Kaupe, Pöllinger, & Spanischberger, 2018) Auf Grünland hingegen kommt es bei einer gemeinschaftlichen Anschaffung einer Ausbringtechnik oft zu verschiedenen Konflikten hinsichtlich der Emission von Ammoniak. Auf Grünland ist der Ausbringzeitpunkt das effektivste Mittel um Emissionen zu reduzieren. Durch Terminkonflikte ist dieser optimale Ausbringzeitpunkt vor allem in den wärmeren Jahreszeiten somit oft nicht mehr gegeben, wodurch der Effekt der Emissionsminderung trotz bodennaher Ausbringung nicht mehr vorhanden ist. Dadurch haben Terminkosten einen großen Effekt auf die Ausgasung von Ammoniak im Grünland.

Tabelle 7: Kostenkalkulation Güllefass Eigenanschaffung (Maschinenring Melk-Pöggstall, 2020)

Kostenkalkulation- Güllefass

Gerät: Güllefass 14.000l, 15m Schleppschuh

Anschaffungswert:	€	94.166,67
Nutzungsdauer in Jahren:		10
Geschä. Restwert nach Jahren	10	
m³		625

<u>Fixkosten / Jahr</u>	Wert %	
Abschreibung:	1,8	€ 9.416,67
Verzinsung:		€ 847,50
Stationswart		€ -
Routengenehmigung - j. Gebühr		€ 100,00
Versicherung:	0,7	€ 659,17
MR - Beitrag		€ -
Summe Fixkosten / Jahr:		€ 11.023,33
Summe Fixkosten /m³:		17,64 €

<u>Variable Kosten / m³</u>	
Reparaturen:	€ 0,30
Summe Variable Kosten/m³	€ 0,30

Gesamtkosten / m³ € 17,94

Tabelle 8: Kostenkalkulation Güllefass Gemeinschaftsanschaffung (Maschinenring Melk-Pöggstall, 2020)

Kostenkalkulation- Güllefass

Gerät: Güllefass 14.000l, 15m Schleppschuh

Anschaffungswert:	€	94.166,67
Nutzungsdauer in Jahren:		10
Geschä. Restwert nach Jahren	10	0
m³		5000

		Wert %
<u>Fixkosten / Jahr</u>		
Abschreibung:		€ 9.416,67
Verzinsung:	1,8	€ 847,50
Stationswart		€ 500,00
Routengenehmigung - j. Gebühr		€ 100,00
Versicherung:	0,7	€ 659,17
MR - Beitrag		€ 250,00
Summe Fixkosten / Jahr:		€ 11.773,33
Summe Fixkosten /m³:		2,35 €
<u>Variable Kosten / m³</u>		
Reparaturen:		€ 0,30
Summe Variable Kosten/m³		€ 0,30

Gesamtkosten / m³ € 2,65

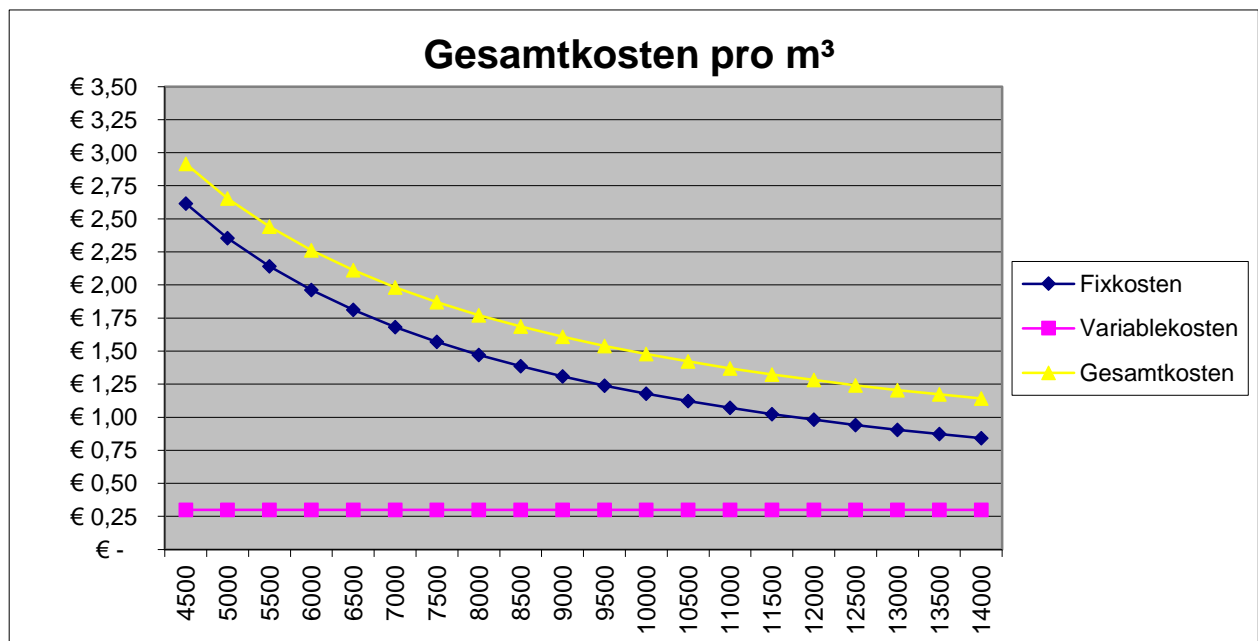
Hier zeigt sich das aus betriebswirtschaftlicher Sicht eine gemeinschaftliche Anschaffung eines Güllefasses bei den Gesamtkosten pro Kubikmeter Gülle deutliche Unterschiede vorhanden sind. Auch die gemeinsame Anschaffung eines Separators bringt betriebswirtschaftliche Vorteile mit sich.

3.4.1 Potential für Maschinenringorganisationen

Die Herausforderungen der Emissionsreduktion werden dem landwirtschaftlichen Betriebszweig noch einiges abverlangen. Vor allem viehhaltende Betriebe geraten durch die NEC zunehmend unter Druck. Aufgrund der betrieblichen Struktur in der österreichischen Landwirtschaft machen gemeinschaftliche Anschaffung Sinn.

Dadurch dass Ausbringtechniken sowie Separatoren hohe Investitionskosten mit sich bringen und es teilweise auf Betrieben zu keiner Auslastung der Maschinen kommt, werden durch eine gemeinsame Inbetriebnahme der jeweiligen Maschine höhere Durchsätze erzielt. Die Fixkosten pro Kubikmeter nähern sich exponentiell einen niedrigeren Wert an, wodurch ein höherer Durchsatz zu niedrigeren Fixkosten führt.

Abbildung 20: Entwicklung Fixkosten/ m³ anhand eines Beispiels (Maschinenring Melk-Pöggstall, 2020)



Das Potential für Gemeinschaften im Wirtschaftsdüngerbereich, hier vor allem im ackerbaulichen Sektor, ist enorm groß. Weiters ist durch das zukünftige Modell zur Trennung der einzelnen Phasen in der Gülle ein logistischer Mehraufwand zu bewerkstelligen. Dadurch steigen auch die Investitionskosten für die benötigte Technik am Betrieb. Durch die Fokussierung auf diesen Bereich würde der Maschinenring durch die Organisation solcher Gemeinschaften helfen die Emissionsreduktion von Ammoniak im landwirtschaftlichen Sektor weiterhin vorantreiben.

4 Zusammenfassung

Die verschiedenen Gülleausbringungsvarianten wie prophylaktischen Maßnahmen vor der Wirtschaftsdüngerausbringung unterscheiden sich nicht nur stark in den Anschaffungskosten sondern auch an den Ammoniakemissionen die bei der Ausbringung entstehen bzw. dementsprechend durch gezielte Maßnahmen reduziert werden. Die Reduktion der Emissionen laut NEC muss ein Ziel sein und wird Österreich nationale Regelungen zur Minderung des Ausstoßes nicht ersparen. Gesetzliche Richtlinien aufgrund einer Verordnung sind eine Sache, doch muss unserer aller Ziel sein die Klimaveränderung in den Griff zu bekommen. Gerade der land- und forstwirtschaftliche Sektor spürt die Auswirkungen dieser Wetterextreme in den letzten Jahren durch Dürre, Spätfrost oder Unwetter enorm. Im Jahr 2019 sind nach Angaben der Österreichischen Hagelversicherung mehr als 150 Millionen Euro Schaden durch Wetterextreme entstanden. Daher muss es ein Anliegen sein, diese Emissionen zu reduzieren und einen Beitrag zu leisten.

Dieser Beitrag kann nur über eine Reduktion der Ammoniak Emissionen führen. Jedoch sollte hier auf die kleinstrukturierte österreichische Landwirtschaft eingegangen werden und die topographischen Verhältnisse der zu bewirtschaftenden Flächen berücksichtigt werden. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die betriebswirtschaftliche Aufwendung die ein durchschnittlicher landwirtschaftlicher Betrieb bei der Anschaffung einer gewissen Technik leisten muss. Hier muss es ein gesamtgesellschaftliches Anliegen sein, gleichzeitig einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten und die familiäre betriebliche Struktur in der heimischen Land- und Forstwirtschaft aufrecht zu erhalten.

Einen der einfachsten und wichtigsten Maßnahmen bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern ist und bleibt die Witterung nach der Applikation. Der Ausbringungszeitpunkt trägt mit Abstand den größten Teil zur Reduktion von Emissionen bei. Besonders in den Sommermonaten ist darauf zu achten, wenn nötig keine Gülle auszubringen, wenn die Witterung es nicht zulässt. Bei besonders heißer Witterung kommt es nicht nur zu einem enormen Eintrag von Ammoniak in die Atmosphäre, sondern führt auch zu einem wirtschaftlichen Schaden, da wertvolle Pflanzennährstoffe so verloren gehen. Weiters sind die Homogenität und Konsistenz des Wirtschaftsdüngers während der Ausbringung ein weiterer wichtiger Faktor. Besonders die Verdünnung von Gülle mit Wasser führt bei wechselnden Wetterverhältnissen zu einer Verringerung der Emissionen. Die Verdünnung oder Separation von Gülle ist bei der bodennahen Gülleausbringung auf Grünland unverzichtbar. Durch die streifenförmige Ablage vom Wirtschaftsdünger kommt es bei dickflüssiger Gülle mit hohem Trockenmassegehalt zum Eintrocknen dieser. Diese

Ausbringungsrückstände führen dann bei der Ernte zu einer erheblichen Futtermittelverschmutzung im Futter. Das begünstigt unter anderem das Wachstum von sulfitreduzierenden Clostridien, welche pflanzliches Eiweiß abbauen und zu Fruchtbarkeitsstörungen in der Tierhaltung führen können. (Butzenlechner & Fröschl, 2019)

Die Reduktion von Ammoniakemissionen wird eine der größten Herausforderungen von tierhaltenden Betrieben in Zukunft werden. Hier muss es auch klare Impulse und Zeichen seitens des Gesetzgebers und Fördergebers geben um auf die Struktur der österreichischen Landwirtschaft einzugehen. Dabei muss darauf geachtet werden, Emissionsausstoß zu verringern und gleichzeitig die Futterqualität hoch zu halten. Nur unter Beachtung der wissenschaftlichen Ergebnisse die vorliegen und noch getestet werden müssen, kann dieses Ziel im Sinne der bäuerlichen Familienbetriebe erreicht werden.

5 Literaturverzeichnis

AGES. (20. 11 2018). *AGES*. Von

<http://www.ages.at/themen/landwirtschaft/duengemittel/wirtschaftsduenger-guelle-und-jauche/> abgerufen

Agrarmarkt Austria. (17. September 2015). *Agrarmarkt Austria*. Von

<https://www.ama.at/Fachliche-Informationen/Oepul/Aktuelle-Informationen/2015/Verbot> abgerufen

Agrocenter. (kein Datum). *Agrocenter*. Von [https://press.lectura.de/media-storage/press_releases/agrocenter_gu_lleseparator_1\(b85\).jpg](https://press.lectura.de/media-storage/press_releases/agrocenter_gu_lleseparator_1(b85).jpg) abgerufen

Amon, B., Kryvoruchko, V., Amon, T., & Moitzi, G. (2004). *Wirkung des Zusatzstoffes*

„Effektive Mikroorganismen (EM)“ auf. BOKU, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Wien. Von

https://www.multikraft.com/fileadmin/user_upload/Geruchsreduktion_Schweine_Rinder_G_lle_Boku_DE.pdf abgerufen

Amon, B., Kryvoruchko, V., Amon, T., & Moitzi, G. (kein Datum). *Multikraft*. Von

https://www.multikraft.com/fileadmin/user_upload/Geruchsreduktion_Schweine_Rinder_G_lle_Boku_DE.pdf abgerufen

Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, L. u. (1. 5 2020). *Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten*. Von

<https://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/032173/index.php> abgerufen

Butzenlechner, F., & Fröschl, M. (2019). *Vergleich unterschiedlicher*

Gülleausbringungstechniken auf Grünland im südlichen Alpenvorland. Wieselburg.

Dersch, G., & Böhm, K. (1997). *Anteil der Landwirtschaft an der Emission klimarelevanter*

Spurengase in Österreich. BOKU.

DLG. (17. 09 2020). *DLG*. Von www.dlg.org abgerufen

DLG TestService GmbH. (2018). *DLG Prüfbericht Kaweco NIR Sensor*. Groß-Umstadt. Von

<https://pruefberichte.dlg.org/filestorage/6867.pdf> abgerufen

- Frickh, J., Kaupe, L., Pöllinger, A., & Spanischberger, A. (2018). *Ratgeber für die gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft zur Begrenzung von Ammoniakemissionen*. Wien: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus.
- Gruber, A.-S. (2015). *Einfluss eines Mikroorganismen- und eines Pflanzenextrakt-Präparates auf Rindergülle*. Raumberg-Gumpenstein.
- Gruber, A.-S. (kein Datum). *Scholar-Googleusercontent*. Von http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:Zw9NKOmOSHYJ:scholar.google.com/+mikroorganismen+g%C3%BCllezus%C3%A4tze&hl=de&as_sdt=0,5 abgerufen
- Handler, F. (2016). Prozessketten zur Gülleausbringung - Verfahrensübersicht. 85. Sitzung des Ausschusses für Arbeitswirtschaft und Prozesstechnik. Traunreut.
- Hobbs, P., & McCrory, D. (2001). *Additives to reduce Ammonia an Odor Emissions from Livestock wastes*.
- IBK Arbeitsgruppe Landwirtschaft und Umweltschutz. (2009). *Reduktion von Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft*. Kempten.
- Kowalewsky. (2014). *Verminderung von Emissionen bei der Ausbringung organischer Dünger*. LWK Niedersachsen.
- Lebensministerium. (2012). *Klimawandel - vom Acker bis zum Teller*. Lebensministerium.
- Maschinenring Melk-Pöggstall. (2020). *Berechnung Gemeinschaftsfass*. Melk.
- Messner, J., & Elsässer, M. (2018). *Gülledüngung im Grünland*. LAZBW Aulendorf: LAZBW Aulendorf.
- Nordrhein-Westfalen, L. (20. 8 2014). *Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen*. Von <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/duengung/guelle/duenger/guelleinhaltsstoffe.htm> abgerufen
- Paar, J. (2018). 6 Gülleverteiler im Vergleich.
- Pötsch, E. (2013). *Nährstoffgehalt und Wirksamkeit von Gülle im Grünland und Feldfutter*. LAZBW Aulendorf-Deutschland: Grünlandfachtagung 2013.

Rubenschuh, U., & Volz, F. (2019). *Nährstoffgehalte in Gülle*. Groß-Umstadt: DLG.

Trott, H. (2004). *Stickstoff*. Frankfurt/Main: Bundesarbeitskreis Düngung.

Umweltbundesamt. (2016). *Umweltbundesamt*. Von

<http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/luft/luftschadstoffe/ammoniak/>
abgerufen

Weninger, L. (2. April 2020). *landwirt-media.com*. Von Schleppschuh fürs Berggebiet:

<https://www.landwirt-media.com/schleppschuh-fuers-berggebiet/> abgerufen

Zechner, J. (kein Datum). Gülleverschlauchung in allen Lagen. *ÖKL Kolloquium 2019*. Wels.

Zenger, P. (2018). Verwertungsmöglichkeiten von Schweinegülle - . Raumberg Gumpenstein.

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Separator im Einsatz	13
Abbildung 2: Das System Lely-Sphere im Einsatz	14
Abbildung 3: Schwanenhalsverteiler (Prallkopfverteiler) bei der Ausbringung	17
Abbildung 4: Möscha Schwenkverteiler bei der Ausbringung	18
Abbildung 5: Pralltellerverteiler bei der Ausbringung	19
Abbildung 6: Schleppschlauchverteiler	20
Abbildung 7: Schleppschuhverteiler	21
Abbildung 8: Gülleschlitzgerät	21
Abbildung 9: Güllegrubber	22
Abbildung 10: Schleppschuh für Zweiachsmäher und Bergtraktor	27
Abbildung 11: Gülle selbstfahrer mit Schleppschlauch-Ausbringung	28
Abbildung 12: Entwicklung der Schlagkraft unterschiedlicher einphasiger Systeme (Handler, 2016)	29
Abbildung 13: Direktes Überladen in Güllefass am Feld	30
Abbildung 14: Verschiedene Feldrandcontainer	31
Abbildung 15: Mobiles Zwischenlager aus Polyestergewebe	31
Abbildung 16: Schlitz-, Drillgerät mit Gülleverschlauchung	32
Abbildung 17: Angehängte Gülleverschlauchung	32
Abbildung 18: Selbstfahrer mit Gülleverschlauchung	33
Abbildung 19: Arbeitszeitbedarf einer Gärrestverschlauchung (Handler, 2016)	33
Abbildung 20: Entwicklung Fixkosten/ m ³ anhand eines Beispiels (Maschinenring Melk-Pöggstall, 2020)	37

Josephinum Research Wieselburg
Rottenhauser Straße 1, 3250 Wieselburg