



## Praxismonitoring Güllezusatzmittel (Rindergülle)

MESSNER, J., ELSÄßER, M. UND FRANZKE, J. (2019): Landinfo 5/2019

**Schlagworte:** Rindergülle, Güllebehandlung, Güllezusatzmittel, Gülleuntersuchung

### 1. Einleitung

Jährlich werden 200 Mio. t Gülle auf deutschen Agrarflächen ausgebracht (Emmerich, 2018). Durch falsche Lagerung und schlechte Applikation können insgesamt über 50 % des in Wirtschaftsdüngern enthaltenen Stickstoffs verloren gehen (Oenema et al., 2007). Güllezusatzmittel (GZM) sollen nach Meinung vieler Hersteller und Anwender eine geeignete und günstige Lösung darstellen, um eine verlustarme Lagerung und Ausbringung von Gülle zu ermöglichen.

Zu den GZM zählen eine Vielzahl an Wirkstoffen, die Umsetzungsreaktionen fördern oder steuern (Finzi et al., 2019). Die Einsatzmengen liegen von wenigen Gramm (z. B. Enzym- oder Bakterienpräparate) bis zu mehreren Kilogramm pro m<sup>3</sup> Gülle (z. B. Gesteinsmehle, Säuren). Derzeit werden rund 200 Mittel auf dem deutschen Markt angeboten und genutzt. Die Grenzen zwischen Futtermittelzusätzen, Güllezusatzmitteln, Bodenhilfsstoffen und Kompostförderern sind zum Teil fließend, da Landwirte sie an verschiedenen Stellen des Betriebskreislaufs einsetzen, so dass am Ende letztlich alles in der Gülle landet.

GZM sollen lt. Herstellerangaben verschiedenste Wirkungen auf die Gülleeigenschaften haben. Die wichtigsten sind: Minderung der Geruchs- und Schadgasemission im Stall, im Lager und auf dem Feld; Verbesserung der Homogenität sowie Fließ- und Pumpfähigkeit und Auflösung der Schwimmschicht; Verbesserung der Boden- und Pflanzenverträglichkeit. Vereinzelt konnten bei Untersuchungen der Wirksamkeit von GZM positive Wirkungen erzielt werden. Die Vorteile der GZM sind aber häufig eher gering und von oft nicht signifikant nachweisbar (Schröpel & Henkelmann, 2006; Abele, 1978; Buchgraber & Resch, 1997; Kunz, 2000; Reitz, 1998; Elsässer & Kunz, 1988; Gottardi et al., 2009, Pötsch, 2011). Zudem ist die Übertragbarkeit auf die Praxis nicht so einfach möglich. Eine Menge Faktoren beeinflussen die Gülleeigenschaften. Beispielsweise die Art und Weise der Fütterung, die Menge des Niederschlags, das Haltungssystem oder die Dauer und Häufigkeit des Aufrührens.

Die aktuelle Düngeverordnung (DüV) fordert, dass flüssige organische Düngemittel ab 1. Februar 2020 auf Ackerland und ab 1. Februar 2025 auf Grünland nur noch streifenförmig auf den Boden aufgebracht oder direkt in den Boden eingebracht werden. Gemäß DüV § 6 Absatz 3 Satz 3 kann die nach Landesrecht zuständige Stelle auch Verfahren zulassen, die zu vergleichbar geringen Ammoniakemissionen führen. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob nicht auch Verfahren der Güllebehandlung oder der Verwendung bestimmter Zusatzmittel dazu führen können, dass Gülle weiterhin breitflächig ausgebracht werden kann. Damit könnte dann gegebenenfalls mit leichten Fässern ohne aufwändige Verteiltechnik, die Gülle bodenschonend ausgebracht werden. Neben den bekannten Verfahren, die in der Lage sind, eine gewisse Reduktion der Ammoniakemissionen zu erzielen, wie Verdünnen mit Wasser oder Ansäuern wird aus der Praxis derzeit zunehmend wieder das Thema der Güllebehandlung mit Zusatzmitteln in die Diskussion eingebracht. Eine aktuelle Studie zu den Wirkungen von Gesteinsmehlen, EM, Biokohle und Schwefelsäure konnte keine Zu-

satzstoffe finden, die besser oder umfassender geruchs- oder ammoniakmindernd wirken als die bandförmige Ablage von Gülle in oder direkt auf dem Boden (Matern, 2019).

## 2. Material und Methoden

Das hier dargestellte Monitoring-Projekt wurde gefördert vom Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg. Es war das Ziel die vorliegenden Erfahrungen aus der Praxis zum Einsatz von GZM möglichst umfassend zusammenzutragen.

### 2.1 Umfrage

Im ersten Schritt ging es darum, einen aktuellen Überblick über die Anwendung der GZM in der Praxis zu erhalten. Hierzu wurde ein sehr umfangreicher Fragebogen mit 31 Fragen erstellt. Die Umfrage war in zwei Abschnitte geteilt. Der erste Abschnitt war für alle Teilnehmer zu beantworten. Der zweite Abschnitt richtete sich ausschließlich an GZM-Anwender. Die Verbreitung der Umfrage erfolgte über Beratungsorganisationen, Landwirtschaftsbehörden, die landw. Wochenblätter und die Homepage des LAZBW. Die Beantwortung konnte online (<http://maq-online.de/>), per Papierform oder als interaktive PDF-Datei erfolgen. Die Umfrage lief von Anfang November 2018 bis Anfang Februar 2019.

### 2.2 Gülleproben

Ergänzend zu der Umfrage wurden Gülleproben von einigen der teilnehmenden Betriebe entnommen. Ziel war es einen Vergleich zwischen den Inhaltsstoffen unbehandelter und behandelter Gülle zu erstellen. Es wurden 41 Betriebe ein- bis 5-malig beprobt (insgesamt 72 Proben). Der Zeitraum der Beprobung war vom 12.02. – 08.04.2019. Da viele Betriebe die GZM erst zu Beginn des Frühjahrs zugegeben, wenn durch die steigenden Temperaturen auch die mikrobielle Aktivität in der Gülle zunimmt, wurde die Probenahme im Zeitraum der Frühjahrsausbringung der Gülle durchgeführt. Ergänzend zu den Einzelproben wurde eine Messreihe mit 4 Landwirten erstellt. Die Probenahmen erfolgten an 5 Terminen und zwar unmittelbar vor und nach der GZM-Zugabe, sowie 9, 23 und 44 Tage später.

Bei der Probenahme wurden jeweils mehrere Teilproben aus verschiedenen Schichten / Stellen des gut homogenisierten Güllelagers gezogen und zu einer Mischprobe zusammengeführt. Die Gülleproben wurden im Labor des LAZBW Aulendorf auf pH-Wert, Gesamt-N, NH<sub>4</sub>-N-Anteil, Asche-Gehalt, TS-Gehalt, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Gehalt, K<sub>2</sub>O, CaO und MgO untersucht. Die Laboranalysen erfolgten nach den Methoden der VDLUFA-Methodenbücher.

## 3. Ergebnisse und Diskussion

### 3.1 Umfrageergebnisse

In der Umfrage konnten die Antworten von 141 Landwirten mit Rinderhaltung ausgewertet werden. Die Umfrageteilnehmer kamen vorwiegend aus dem süddeutschen Raum (BW, BY). Die Umfrage wurde auch stark durch Händler / Vertreter von GZM an deren Kundschaft verteilt. Das erklärt die hohe Anzahl an Teilnehmern, die GZM einsetzen. Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse auszugsweise dargestellt.

Die Wirtschaftsweise der Befragten war zu 49 % konventionell und zu 51 % ökologisch. Damit liegt der Anteil der ökologischen Betriebe in der Umfrage wesentlich höher als der tatsächliche Anteil von rund 12% in Baden-Württemberg (STALA, 2019). Das deckt sich auch mit der Beobachtung, dass Ökobetriebe ihrem Wirtschaftsdünger oftmals einen größeren Wert zumessen und dementsprechend eine höhere Bereitschaft zeigen, Maßnahmen der Gülleverbesserung umzusetzen. Bei der Bestandesgröße überwiegen die kleineren Betriebe. Rund 60% der Betriebe halten weniger als 100 Rinder. Etwa ein Viertel der Befragten gaben einen Viehbestand von 101 - 150 Tieren an. Nur 6 % hatten 151 – 200 Tiere und 8 % über 200 Rinder auf ihrem Hof. Der kleinste Rinderbestand besteht

aus 14 Tieren und der größte aus 370 Tieren. Durchschnittlich befinden sich 106 Tiere auf den Höfen, was etwa dem durchschnittlichen Milchviehbetrieb in Baden-Württemberg entspricht.

Bei der Verdünnung mit Wasser zeigt sich, dass die meisten Landwirte (59%) nur eine leichte Verdünnung von  $\leq 1:0,5$  vornehmen. Rund ein Viertel der Betriebe verdünnen die Gülle gar nicht, obwohl gerade Verdünnung mit Wasser seit Jahren als ein probates Mittel zur Reduzierung der Verluste ist. Lediglich 12% nehmen eine starke Verdünnung (1:1 oder mehr) vor. 76 % der Teilnehmer setzen aktuell GZM ein. Die am häufigsten eingesetzten GZM sind Gesteinsmehle (52 Nennungen), Mikrobenkulturen (32 Nennungen), Kohleprodukte (25 Nennungen) und feinstofflich informierte GZM (21 Nennungen). Viele GZM sind Kombinationen aus Bestandteilen verschiedener Kategorien, sodass eine eindeutige Zuordnung zu einer Gruppe nicht immer möglich ist. Zudem wird auch häufig eine Kombination verschiedener GZM eingesetzt. Des Weiteren wurden die Teilnehmer, die keine GZM einsetzen, gebeten Gründe dafür anzugeben. Die häufigsten Gründe keine GZM einzusetzen, sind die fehlende Notwendigkeit, die Unsicherheit über die Wirkung und die Kosten.

Der zweite Teil des Fragebogens, der nur noch die Landwirte anspricht, die GZM einsetzen, wurde von 109 Teilnehmern ausgefüllt. Die Landwirte wurden gebeten die wichtigsten Ziele des GZM-Einsatzes anzukreuzen. Die 10 häufigsten Nennungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Das primäre Ziel ist, eine bessere Düngewirkung zu erzielen. An zweiter Stelle steht die Geruchsreduktion und das dritt wichtigste Ziel ist die Verminderung der gasförmigen Stickstoffverluste. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch eine Umfrage in der Schweiz (Gerber, 2003).

Tabelle 1: angestrebten Ziele mit dem Einsatz von GZM

Rang	Ziele	Nennungen
1	<b>bessere Düngewirkung im Grünland</b>	<b>82</b>
2	<b>Reduzierung der Geruchsemissionen</b>	<b>79</b>
3	<b>weniger gasförmige Stickstoffverluste bei der Ausbringung</b>	<b>69</b>
4	<b>kein/ weniger Rühren notwendig, d. h. bessere Fließfähigkeit</b>	<b>49</b>
5	<b>Abbau wurzelschädigender Stoffe – Förderung des Wurzelwachstums</b>	<b>43</b>
6	Verbesserung Stallklima	37
7	witterungsunabhängige Ausbringung der Gülle	35
8	Erhöhung des Ammonium-Stickstoffgehaltes in der Gülle	29
9	weniger Verstopfung der Kanäle	26
10	bessere tierische Leistung	22

Die Teilnehmer sollten verschiedene Wirkungen der GZM beurteilen. Auffallend ist, dass die Wirkung der GZM durchweg positiv wahrgenommen wird und bei allen Kriterien eine Verbesserung eingetreten sei. Diese subjektive Einschätzung zeigt, dass die Landwirte, die GZM einsetzen überwiegend von einer positiven Wirkung überzeugt sind. Die deutlichsten Verbesserungen, die in der Praxis festgestellt wurden sind Verbesserungen bei der Geruchsbelastung, bei der Gülleverträglichkeit und bei der Fließfähigkeit/ Homogenität. Wenn GZM Mikroorganismen zur Zersetzung von organischem Material (z.B. Einstreureste, Schleimstoffe) hinzugefügt werden, dann ist dieser Effekt durchaus plausibel und wurde auch teilweise bei GZM-Prüfungen festgestellt (KUNZ, 2004). Zusätzlich ist eine Zersetzung phytotoxischer Stoffe in der Gülle durch Mikroorganismen denkbar, sodass die Bodenflora geschützt wird und Verbrennungen und Verätzungen vermieden werden. Auf Grund der insgesamt positiven Einschätzung würden 91% der Teilnehmer GZM weiterempfehlen. Die Landwirte, die GZM nicht weiter empfehlen würden, gaben häufig an, dass jeder seine eigenen Erfahrungen machen soll oder das Mittel wirkungslos ist.

Einige Landwirte beschreiben, dass sie durch die Anwendung von GZM nun tageszeit- und witterungsunabhängig ihre Gülle ausbringen können. Dieser Ansatz ist kritisch zu beurteilen, da Tageszeit und Witterung (z.B. Sonneneinstrahlung) einen direkten Einfluss auf die Ammoniakemissionen haben. Selbst wenn es durch die Behandlung bei ungünstiger Witterung zu keinen Pflanzenschäden kommt, so ist doch von hohen gasförmigen N-Verlusten auszugehen.

Zu der Frage, ob in der Vergangenheit negative Erfahrungen mit GZM gemacht wurden antworteten 88 % der Teilnehmer mit nein und 12 % mit ja. Beispiele für negative Erfahrungen sind schadstoff-

haltige Holzkohle, Verschleiß an der Gülletechnik oder Sinkschicht in der Grube durch Gesteinsmehl, hohe Kosten aber keine Wirkung oder zu geringe Dosierungen. Weiterhin wurde darauf verwiesen, dass Reinigungs- und Desinfektionsmittel die Wirkung der GZM inhibieren können.

Viele der befragten Landwirte haben schon langjährige Erfahrung mit GZM. 15% der Betriebe nutzen die Mittel schon seit über 20 Jahren. Im Durchschnitt setzen die Befragten seit 9,6 Jahren GZM ein. Auf die Frage, ob es durch den Einsatz von GZM zu einem zusätzlichen Zeitaufwand kommt, antworteten gaben die Landwirte eine durchschnittliche Zeit von jährlich 17 h an. Die meisten Landwirte haben jährlich unter 10 h zusätzlichen Aufwand durch GZM.

Erfragt wurden auch die jährlichen Kosten, die die Güllezusatzmittel verursachen. Auswertbar waren die Daten von 69 Betrieben. Es ergaben sich durchschnittliche Kosten von 1,51 €/m<sup>3</sup>. Dabei liegt die Bandbreite zwischen 0,15 €/m<sup>3</sup> und 6 €/m<sup>3</sup>. Abschließend wurde gefragt, wie das Kosten-Nutzen-Verhältnis der eingesetzten GZM beurteilt wird (Abbildung 1). Dabei gab es die Auswahlkriterien: 1 - sehr gut, 2 - gut, 3 - genügend, 4 - ungenügend, 5 - gar nicht. 14 Teilnehmer machten keine Angaben. Das durchschnittliche Ergebnis der 94 Antworten ergab 1,7.

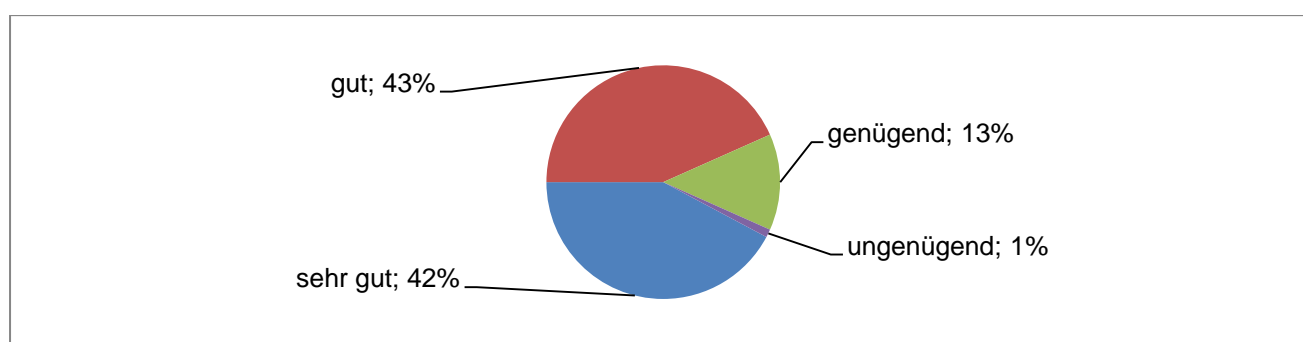


Abbildung 1: Beurteilung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses durch die Anwender von GZM (n=94)

## 3.2 Gülleproben und deren Analyseergebnisse

### 3.2.1 Vergleich behandelter und unbehandelter Gülleproben

Die Betriebe, bei denen Gülleproben gezogen wurden, liegen hauptsächlich in Oberschwaben und im Schwarzwald. Von den 72 Proben sind 46 Gülleproben mit Zugabe von GZM, 21 Proben sind ohne GZM und 5 Proben sind Gärreste aus Biogasanlagen mit hohen Anteilen an Rindergülle. Nachfolgend die durchschnittlichen Ergebnisse der Beprobungen und die jeweils minimalen und maximalen Werte (Tabelle 2). Bei allen untersuchten Parametern zeigen sich sehr starke Schwankungen zwischen den Betrieben.

Tabelle 2: Nährstoffgehalte, pH-Wert, Asche- und TM-Gehalt aller Gülleproben mit (n=46) und ohne (n= 21) GZM

	Ohne GZM			Mit GZM		
	min	Ø	max	min	Ø	max
<b>Gesamt-N</b> [kg/m <sup>3</sup> in FM]	0,73	<b>2,84</b>	4,01	1,03	<b>2,74</b>	4,07
<b>NH<sub>4</sub>-N</b> [kg/m <sup>3</sup> in FM]	0,46	<b>1,46</b>	2,68	0,37	<b>1,31</b>	2,52
<b>NH<sub>4</sub>-N von N<sub>ges</sub></b> [%]	37	<b>51,6</b>	82	20	<b>46,9</b>	65
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> [kg/m <sup>3</sup> in FM]	0,28	<b>1,33</b>	2,23	0,49	<b>1,48</b>	2,16
<b>K<sub>2</sub>O</b> [kg/m <sup>3</sup> in FM]	1,81	<b>3,36</b>	4,90	0,75	<b>3,37</b>	6,60
<b>CaO</b> [kg/m <sup>3</sup> in FM]	0,33	<b>1,32</b>	2,42	0,69	<b>1,84</b>	3,62
<b>MgO</b> [kg/m <sup>3</sup> in FM]	0,20	<b>0,66</b>	1,00	0,32	<b>1,12</b>	2,02
<b>pH Wert</b>	6,48	<b>7,05</b>	8,11	6,68	<b>6,95</b>	7,55
<b>TM-Gehalt</b> [%]	1,29	<b>6,14</b>	9,48	3,08	<b>8,59</b>	12,81
<b>Asche</b> [% in TM]	10,44	<b>23,04</b>	50,77	13,91	<b>33,39</b>	55,55

Die am häufigsten eingesetzten GZM waren Gesteinsmehle, „informierte“ Produkte und Mikrobenkulturen. Häufig wurden Kombinationen aus verschiedenen GZM eingesetzt. Aufgrund der unterschiedlichen Kombinationen und Vielfalt an GZM wurde auf eine weitere Aufteilung der Ergebnisse auf die einzelnen GZM verzichtet. Dass häufig Gesteinsmehle als GZM eingesetzt wurden, zeigt sich insbesondere an den höheren TM- und Aschegehalten der Proben mit GZM. Die höheren Werte an CaO und MgO können ebenfalls darauf zurückgeführt werden. Betriebe mit GZM hatten im Mittel etwas stickstoffärmere Gülle, auch lag der Ammonium-N-Anteil geringer.

### 3.2.2 Messreihe

In den Betrieben der Messreihe wurde am 12.02.2019 das gleiche GZM (Diabas-Vulkangesteinsmehl) eingesetzt (etwa 30 kg/m<sup>3</sup>). Die erste Probenahme erfolgte jeweils vor der Zugabe des GZM, die zweite Beprobung direkt danach. Insgesamt wurden 5 Messungen über einen Zeitraum von etwa 6 Wochen gemacht. Ergänzend zu Gesteinsmehl wurde bei I, III und V noch zu einem späteren Zeitpunkt EM (1-1,4 l/m<sup>3</sup>) und ein Rottezusatz aus physikalisch behandeltem Steinmehl (1 kg/200m<sup>2</sup>) zugegeben. Bei II wurde später noch Pflanzenkohle (6 l/m<sup>3</sup>) und EM (1 l/m<sup>3</sup>) zugegeben. Bei I und V handelt es sich um den gleichen Betrieb, es wurden aber unterschiedliche Güllelager beprobt (I= relativ frische Gülle / V= ältere, abgelagerte Gülle). In Abbildung 2 ist die Entwicklung der pH-Werte dargestellt. Der pH-Wert zum Zeitpunkt des dritten Messtermins ist aber bei allen Proben deutlich gesunken (um ca. 0,2). Danach ist der pH-Wert tendenziell wieder gestiegen, wobei hier die Entwicklung nicht mehr einheitlich verläuft.

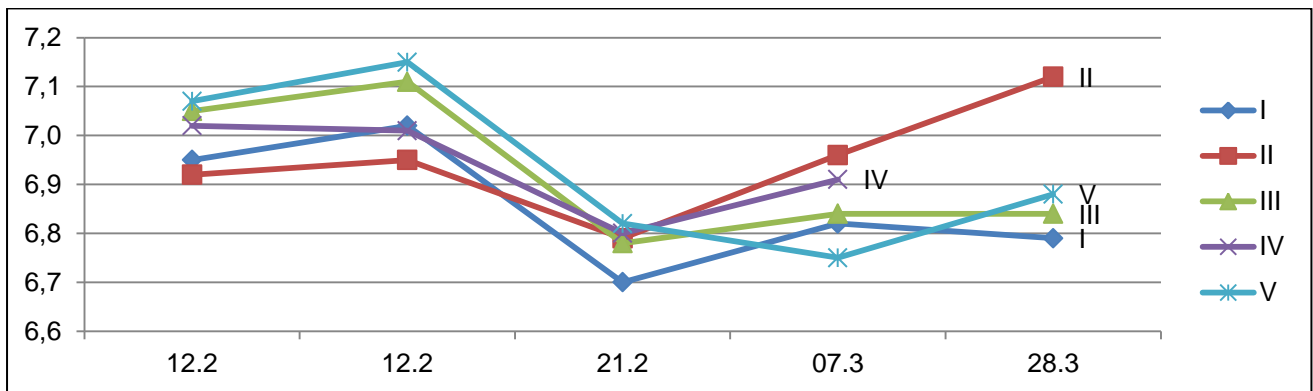


Abbildung 2: pH-Werte der Proben der Messreihe

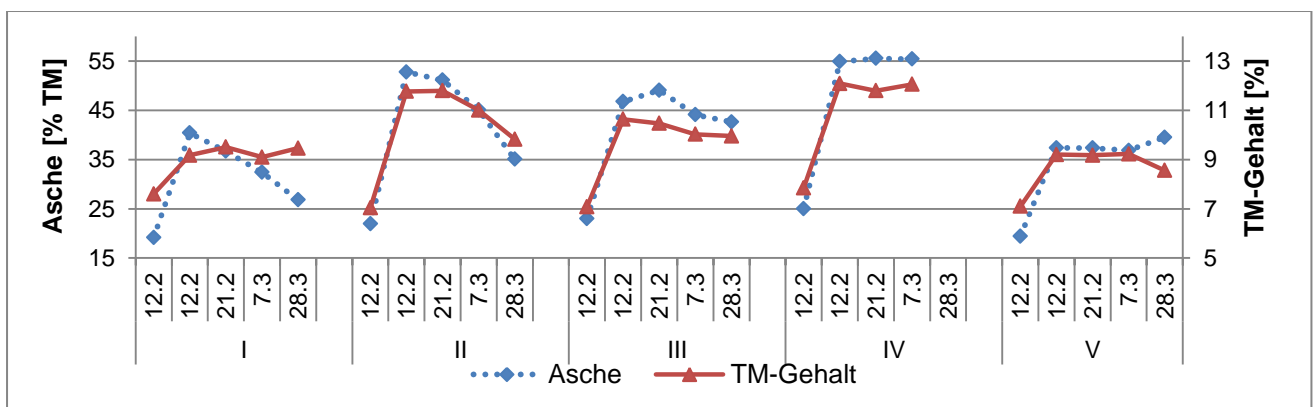


Abbildung 3: Asche-Anteil (% der TM) und TM-Gehalt (%) der Proben der Messreihe

Die prozentualen Verteilungsverhältnisse von NH<sub>4</sub>-N und N<sub>ges</sub> sind über den gesamten Messzeitraum nahezu unverändert. Die CaO- und MgO-Gehalte stiegen durch den Gesteinsmehleinsatz deutlich an. Auch die Veränderungen im TM-Gehalt und beim Asche-Gehalt (Abbildung 3) sind auf die Zugabe des Gesteinsmehles zurückzuführen. Die Menge von 30 kg/m<sup>3</sup> entspricht in etwa einem Anstieg im TM-Gehalt von 3%. Der teilweise vorhandene Rückgang der Werte im Verlauf kann ent-

weder durch Entmischungsvorgänge (Gesteinsmehl kann sich ggf. absetzen) oder dem Zulauf von Frischgülle und / oder Wasser ausgelöst sein. Schwankungen können auch durch den Homogenisierungsgrad und durch die Probennahme begründet sein.

## 4. Fazit

### 4.1 Umfrage

Die Umfrage gibt insgesamt ein positives Feedback zu den GZM. Der Anteil von Landwirten, die GZM einsetzen lag in der Umfrage relativ hoch, ebenso der Anteil an Ökobetrieben. Es gibt eine breite Bandbreite an Zusatzmitteln, sowie an Kombinationen verschiedener Wirkstoffe. Die am häufigsten angegebenen Zusatzmittel sind Gesteinsmehle, EM, informierte Produkte und Kohleprodukte.

Laut Umfrageteilnehmer haben sich die Geruchsbelastung, Gülleverträglichkeit und Fließfähigkeit deutlich verbessert. Diese subjektive Einschätzungen aus der Praxis zeigen, dass die Landwirte, die GZM einsetzen, überwiegend von der positiven Wirkung überzeugt sind und vielfach die Mittel schon über einen langen Zeitraum (im Mittel knapp 10 Jahre) einsetzen. Allerdings ist die Meinung in Bezug auf GZM unter den Praktikern nicht einheitlich. Rund ein Viertel der Teilnehmer setzen keine GZM ein, da sie entweder dies nicht für notwendig erachten, über die Wirkung unsicher sind oder ihnen die Behandlung zu teuer ist. Selbst eine Reihe von Landwirten, die GZM einsetzen geben an, dass sie schon negative Erfahrungen mit GZM gemacht haben. Allerdings wird auch mehrfach darauf verwiesen, dass man erst Erfahrungen mit GZM sammeln muss. Daraus lässt sich ableiten, dass GZM nicht „automatisch“ funktionieren, sondern dass die Fermentationsvorgänge in der Gülle schwierig zu beeinflussen sind, da Gülle von Betrieb zu Betrieb verschieden ist und auch jahreszeitlich starken Schwankungen unterworfen ist. Die Kosten des GZM-Einsatzes liegen im Mittel immerhin bei etwa 1,50 €/m<sup>3</sup> Gülle. Trotzdem wird das Kosten-Nutzen-Verhältnis von den Betrieben, die GZM einsetzen überwiegend positiv bewertet.

### 4.2 Gülleuntersuchungen

Der Vergleich zwischen unbehandelter und behandelter Gülle zeigt im Mittel leichte Unterschiede. Allerdings sind die Schwankungen von Betrieb zu Betrieb sehr groß. Deshalb empfiehlt es sich in jedem Fall, regelmäßig Gülleproben untersuchen zu lassen. Noch wichtiger ist dies für Betriebe, die GZM einsetzen, da sich doch deutliche Verschiebungen bei einzelnen Parametern ergeben können. Wenn eine Gülleuntersuchung erfolgen soll, sind jedoch die Grundsätze der Probennahme zu beachten. Behandelte Gülle beinhaltet im Vergleich zu unbehandelter Gülle etwas mehr CaO und MgO und hat einen höheren Asche- und TM-Gehalt. Diese Unterschiede können auf den Einsatz von Gesteinsmehlen zurückgeführt werden. Die Unterschiede im pH-Wert und bei den N-Fractionen sind im Mittel zwischen behandelter und unbehandelter Gülle nur sehr gering, die Schwankungen zwischen den Betrieben sind wesentlich größer. Rein aus den Analyseergebnissen sind deshalb keine Rückschlüsse über mögliche Veränderungen bei den Ammoniakabgasungen möglich. Emissionsmessungen von Ammoniak und ggf. weiterer Spurengase war im Projekt nicht vorgesehen.

## 5. Literaturverzeichnis

- Abele, U. (1978): Ertragssteigerung durch Flüssigmistbehandlung. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag GmbH.
- Buchgraber K. & Resch R. (1997): Molke als Gülleverdünnungsmittel und Düngermittel für das Dauergrünland. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- Elsässer, M. & Kunz, H.G. (1988): Zur Wirkung von Gülle mit und ohne Zusatzmittel auf Ertrag, Futterqualität und botanische Zusammensetzung einer Wiese im Alpenvorland. Das wirtschaftseigene Futter 34, S. 48-65
- 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
- Emmerich, N. (2018): Gülle: Großes energetisches Nutzungspotential. Aufgerufen am 28.06.2019 <https://www.agrarheute.com/energie/guelle-grosses-energetisches-nutzungspotential-547402>
- Finzi, A.; Riva, E.; Bicoku, A.; Guido, V.; Shallari, S. & Provolo, G. (2019): Comparison of techniques for ammonia emission mitigation during storage of livestock manure and assessment of their effect in the management chain. Journal of Agricultural Engineering 50. S. 12-19.
- Gerber, S. (2003): Gülleaufbereitung – Einsatz von Güllezusätzen in der Praxis. Auswertung und Ergebnisse der Umfrage 2000. Strickhof. 14 S.
- Gottardi, S.; Peratoner, G.; Egger, P. & Grandi, L. (2009): Können Güllebehandlungen Geruch und gasförmige Emissionen reduzieren? 53. Jahrestagung der AGGF, Kleve, S. 61-64
- IBK (2009) Güllebehandlung und Güllezusätze – Empfehlungen für die Landwirte. IBK (Internationale Boden-seekonferenz) - Arbeitsgruppe Landwirtschaft und Umweltschutz Mitglieder: Bouquet, F.; Gabele, H.; Harder, M.; Heine, W.; Honisch, M.; Keck, M.; Kohl, R.; Mark, F.; Nesor, S.; Scherer J.; Trefny, F. & Zürcher, F.
- Kunz, H.G. (2004): Prüfung von Güllezusatzmittel im „Gülle Keller“ der LVVG. Tätigkeitsbericht der LVVG Aulendorf 2003-2004. S. 16-18
- Kunz, H.G. (2000) Zusatzmittel als Güllebehandlungsverfahren. Landinfo 1/2000. S. 8-12
- Kunz H.G. & Federer G. (1999): Güllezusatzmittel. AGFF Information D3 1999, 4 S.
- LAZBW (2018): Güllendüngung im Grünland. Merkblätter für die Umweltgerechte Landwirtschaft Nr. 27 (3. Auflage). 16 S.
- Matern, J. (2019): Geruchs- und Ammoniak- Emissionen aus Gülle nach Zusatz von Biokohle, Gesteinsmehl, effektiven Mikroorganismen und Schwefelsäure. Masterarbeit. 150 S.
- Mokry, M. (2011): Ammoniak-Emissionen bei der Ausbringung unterschiedlich behandelter Rindergülle im Laborexperiment. Tagungsband Gülle 11. S. 266-271
- Oenema, O., Oudendag, D .A.; Witzke, H. P., Monteny, G. J., Velthof, G. L., Pietrzak, S., Pinto, M., Britz, W., Schwaiger, E., Erisman, J. W., de Vries, W., van Grinsven, J. J. M. & Sutton, M. (2007): Integrated measures in agriculture to reduce ammonia emissions; final summary report, Alterra.
- Pötsch, E. M. (2011): Güllezusätze und Güllebelüftung. Lehr und Forschungsanstalt Landwirtschaft Raumberg Gumpenstein. <https://www.raumberg-gumpenstein.at/cm4/de/forschung/publikationen/downloadsveranstaltungen/finish/1693-2311-wirtschaftsduengerversuch/14793-guellezusaetze-und-guellebelueftung.html>
- Reitz, P. (2000): Untersuchungen zur Reduzierung der Ammoniakemissionen nach der Ausbringung von Rinderflüssigmist auf Grünland. Dissertation. Universität Hohenheim.
- Schröpel, R. & Henkelmann, G. (2006): Untersuchungen zur Wirkung verschiedener Präparate auf Rindergülle, 50 Jahrestagung der AGGF, Straubing, S. 77-80
- STALA (2019): <https://www.statistik-bw.de/Landwirtschaft/Agrarstruktur/Betriebe-OekKonv.jsp>