

Mest op Maat

Nachhaltiger Dünger nach Maß

- Deutsche Broschüre -

Impressum

Herausgeber:
Labor für Umwelttechnik
Forschungsteam Prof. Wetter und Dr. Brüggling
Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Dr.-Ing. Elmar Brüggling

Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt

Tel. +49 (0) 2551/9-62725
Fax. +49 (0) 2551/9-62717

www.fh-muenster.de
bruegging@fh-muenster.de

Redaktion und Layout:
Tina Kaiser, B.Eng.
Dr. Daniel Baumkötter



Auflage: 1.000 Stück

Weitere Informationen über das Projekt
Mest op Maat finden Sie unter
www.mestopmaat.eu

Bildnachweise:

- S. 4 - 27: FH Münster, EuroGeographics bezüglich der Verwaltungsgrenzen
S. 29 - 31: 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachhaltige Rohstoffe und Bioökonomie e.V.
S. 32 - 35: FH Münster
S. 36 - 38: Saxion Hogeschool
S. 41: 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachhaltige Rohstoffe und Bioökonomie e.V.
S. 49 - 51: Stichting Biomassa
S. 53 - 55: Landwirtschaftskammer Niedersachsen, FH Münster
S. 57: FH Münster
S. 59: Saxion Hogeschool
S. 60 - 61: Raiffeisen-Waren-genossenschaft Emsland-Süd eG
S. 62 - 67: Groot Zevent Vergisting, Stichting Biomassa
S. 68 - 69: REW Regenerative Energie Wirtschaftssysteme GmbH

Fördermittelgeber

Das Projekt Mest op Maat wird im Rahmen des INTERREG-Programms von der Europäischen Union und den INTERREG-Partnern finanziell unterstützt.

Unterstützt wird die Förderung von:

Ministerium für Wirtschaft, Innovation,
Digitalisierung und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen



Niedersächsisches Ministerium
für Bundes- und Europaangelegenheiten
und Regionale Entwicklung



Projektpartner

Projektleitung FH Münster

Prof. Dr. Christof Wetter
Dr. Elmar Brüggling
Dr. Daniel Baumkötter
Stephanie Koch
Tina Kaiser

Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt



3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachhaltige Rohstoffe und Bioökonomie e.V.

Dr. Marie-Luise Rottmann-Meyer
Sascha Hermus
Carolin Könning
Tobias Röther
Kompaniestraße 1
49757 Werlte



Bioenergiecluster Oost-Nederland

Frans Feil
Postbus 835
7500 AV Enschede



DNL-contact GmbH & Co. KG

Frederik Wanink
Bahnhofstraße 35
48565 Steinfurt



Groot Zevent Vergisting

Arjan Prinsen
Ringweg 28
7156 SH Beltrum



Landwirtschaftskammer NRW

Dr. Joachim Matthias
Dr. Horst Cielejewski
Bastian Lenert
Nevinghoff 40
48147 Münster



Landwirtschaftskammer Niedersachsen

Jan Wulkotte
Hans-Jürgen Technow
Robert Borchers
Jan-Herm Albers
Mars-la-Tour-Straße 1-13
26121 Oldenburg



Moormann-Schmitz GmbH

Hendrik Moormann-Schmitz
Carl Joachim Jürgens
Kiefernweg 5
26892 Kluse



Raiffeisen-Waren-genossenschaft Emsland-Süd eG

Bernhard Temmen
Petra Wöhle
Lingener Straße 20
48480 Lünne



REW Regenerative Energie Wirtschaftssysteme GmbH

Dr. Dieter Schillingmann
Finkenweg 3
49610 Quakenbrück



Saxion Hogeschool

Dr. Richard van Leeuwen
Jonathan Montanes
Dr. Simon Hageman
Willem Brus
Roy Bulthuis
Michel Linnenbank
Ingrid van Nugteren-Osinga
Ivo Gebhardt
Albert Rosendahl
Bauke de Vries
Gerco Pijffers
M.H. Tromplaan 28
7513AB Enschede



Stichting Biomassa

Hayo Canter Cremers
Postbus 8
7240 A Lochem



R. Wessendorf-Agrar-Sverice u. Handel GmbH & Co. KG

Benedikt Wessendorf
Weiner 108
48607 Ochtrup





Inhalt

02	Impressum	24	Übersicht der Aufbereitungstechniken
04	Inhalt	26	Versuchsreihe Separation
06	Projektbeschreibung	28	Klimagasbilanz der Separation
08	Wahl der Verwertung/ Aufbereitung	32	Weitergehende Aufbereitung und energetische Nutzung
10	Die Projektregion in Zahlen	36	Eindampfen, Gefrierkristallisation und Strippen
14	Übersicht der Rechtsvorschriften	40	Expertenworkshop: Anforderungen an organische Düngemittel
16	Akteurskataster und Nährstoffmarkt		
18	Expertenworkshop Nitrat im Grundwasser		
20	Nährstoffreduzierte Fütterung		



44	Übersicht Düngbedarf und -produkte	62	Gülleaufbereitung mit der Zentrifuge
50	Produktion und Anwendung von Groene Weide Meststof (Grün-Wiesendünger)	64	Biogasanlage Groot Zevert Vergisting
54	Excel-Tool für betriebsindividuelle Betrachtung	66	Gärrestauffbereitungsanlage Groot Zevert Vergisting
58	NIRS-Analytik	70	Neuentwicklung einer zweistufigen Separation
60	Nährstoffanalytik mittels Elektrochemischer Sensoren und Röntgenfluoreszenz (RFA)	72	Fazit und Ausblick

Das Projekt „Mest op Maat – Dünger nach Maß“ arbeitet entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Rohgülle, über die direkte Nutzung als Dünger oder Energiesubstrat, bis hin zu deren Aufbereitung zu Düngemitteln und Input-Substraten für Biogasanlagen in den viehveredlungsstarken Regionen in Deutschland und den Niederlanden. Dabei steht die transparente und bedarfsgerechte Verwertung der Gülle und Gärreste unter Zuhilfenahme effizienter Technologien im Mittelpunkt der Arbeiten.

Alle Projektpartner arbeiten bereits seit vielen Jahren an dieser Thematik. Das dadurch angesammelte Know-how wird so in diesem Projekt zusammengeführt und bietet die Chance, einen

großen Schritt bei der Entwicklung von Lösungen für die Herausforderungen bei der Verwertung von Gülle und Gärresten zu machen.

Das Projekt soll nicht nur gelungene Beispiele in der Projektregion betrachten, sondern insbesondere auch neue Konzepte und Technologien zur Gülle- und Gärrestverwertung umsetzen. Um die Ideenvielfalt zu fördern und einen Anreiz zu besonders zielorientierten Entwicklungen zu geben, werden wegweisende Vorhaben im Projektverlauf fachlich unterstützt.

Das Projektgebiet für Mest op Maat umfasst in NRW die Landkreise des Münsterlandes (Steinfurt, Borken, Coesfeld, Warendorf und die Stadt Münster), in Niedersachsen die Landkreise Ems-

Dünger nach Maß

land und Grafschaft Bentheim sowie auf niederländischer Seite die Regionen Overijssel (Noord-Overijssel, Zuid-Overijssel, Twente) und Regionen Gelderlands (Zuidwest-Gelderland, Achterhoek, Arnhem/Nijmegen). In dieser viehveredelungsstarken Projektregion gibt es alleine über 10 Mio. Schweine, die jährlich insgesamt 15.000.000 m³ tierische Ausscheidungen erzeugen. Das Potenzial des Düngewerts beträgt rund 230 Mio. Euro alleine für Schweinegülle. Die zum Teil hohen regionalen Überschüsse an Nährstoffen müssen umweltverträglich verwertet werden und erzeugen dabei steigende Kosten.

Gleichzeitig besteht in Ackerbauregionen ein Bedarf an Nährstoffen, wodurch sich in den letzten Jahren eine stetig wachsende Logistik für tierische Ausscheidungen entwickelt hat, die gerade auch grenzüberschreitend stattfindet. Diese ist jedoch oft nur wenig effizient und wirtschaftlich

häufig nicht sehr sinnvoll. Der „Nährstoffbericht Niedersachsen“ der Landwirtschaftskammer Niedersachsen gibt eine Importmenge an Gülle von 91.117 t/a aus den Niederlanden in das Land Niedersachsen im Jahr 2013 an. Ebenso ist im „Nährstoffbericht NRW“ der Landwirtschaftskammer NRW für den Import von Gülle aus den Niederlanden in NRW eine Gülleimportmenge von 1.423.231 t/a in 2013 ausgewiesen.

Durch eine Optimierung der Verwertung von Gülle und Gärresten können z.B. CO₂-Emissionen durch die Substitution von Mineraldünger (energieintensive Herstellung), eine bessere energetische Ausnutzung vorhandener Reststoffe und eine höhere Transportwürdigkeit der Nährstoffe reduziert werden. Zudem unterstützt eine vermehrte energetische Nutzung dieser Reststoffe die regenerative Energieversorgung in der EUREGIO gemäß den Klimaschutzzielen der EU

bzw. der Niederlande (-20 % CO₂ bis 2020) und Nordrhein-Westfalens (-25 % CO₂ bis 2020). Am Ende der Wertschöpfungskette steht immer die Nutzung als Dünger, die bei bedarfsgerechter Ausführung einen Beitrag zur Lösung der mit den Nährstoffüberschüssen einhergehenden Umweltprobleme leisten kann.

Zu Beginn des Projektes wurden Anfall, Überschuss und Transport tierischer Ausscheidungen und Nährstofffrachten transparent dargestellt. Mit Hilfe gemeinsamer grenzüberschreitender Exkursionen und Expertenworkshops sollten in dem Projekt innovative Aufbereitungstechnologien und Verwertungskonzepte untersucht und bewertet werden. Dabei stand vor allem

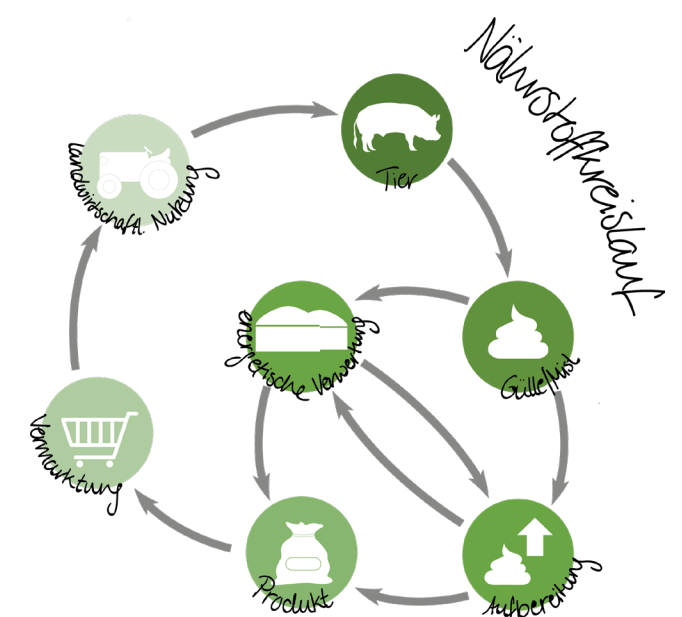
die Ermittlung der Interessen und Bedarfe der Abnehmerseite im Mittelpunkt, um bedarfsoptimierte Produkte anbieten zu können.

Schwerpunkt der Arbeiten im Projekt war die Untersuchung bestehender und neuer Technologien und Konzepte zur Gülle- und Gärrestverwertung. Dazu wurden diese im Labor- und Praxismaßstab für die Aufbereitung von Rinder- und Schweinegülle sowie Gärreste getestet. Durch die Versuche sollten Optimierungspotenziale bei bestehenden Techniken gehoben werden, neue Technologien weiterentwickelt und in technisch ausgereifte Konzepte überführt werden. Am Ende stand die Realisierung in Pilotanlagen im Praxismaßstab. Neben den Anlagen zur Auf-

MoM stellt sich vor

bereitung wurden im Projekt auch die Logistik sowie die Ausbringungstechnologien betrachtet. Durch eine gesteuerte und bedarfsgerechte Düngung können umweltschädliche Nährstoffüberschüsse reduziert werden.

Das Projekt hatte das Ziel, durch technische Innovationen die Gülle dort zu behandeln und zu verarbeiten wo sie anfällt und somit den Transport von Gülle über die Grenze deutlich zu reduzieren. Dazu wird die Realisierung von erfolgreichen Aufbereitungskonzepten und die Umsetzung von Optimierungspotenzialen an bereits bestehenden Technologien ermöglicht. Es wird angestrebt, marktfähige Produkte herzustellen, die als Mineraldüngerersatz gleichwertig in z. B. Ackerbauregionen eingesetzt werden können. Mit der Weiterentwicklung der NIRS-gesteuerten und genau bedarfsgerechten Düngung werden effektiv Überschüsse in der Düngung vermieden.



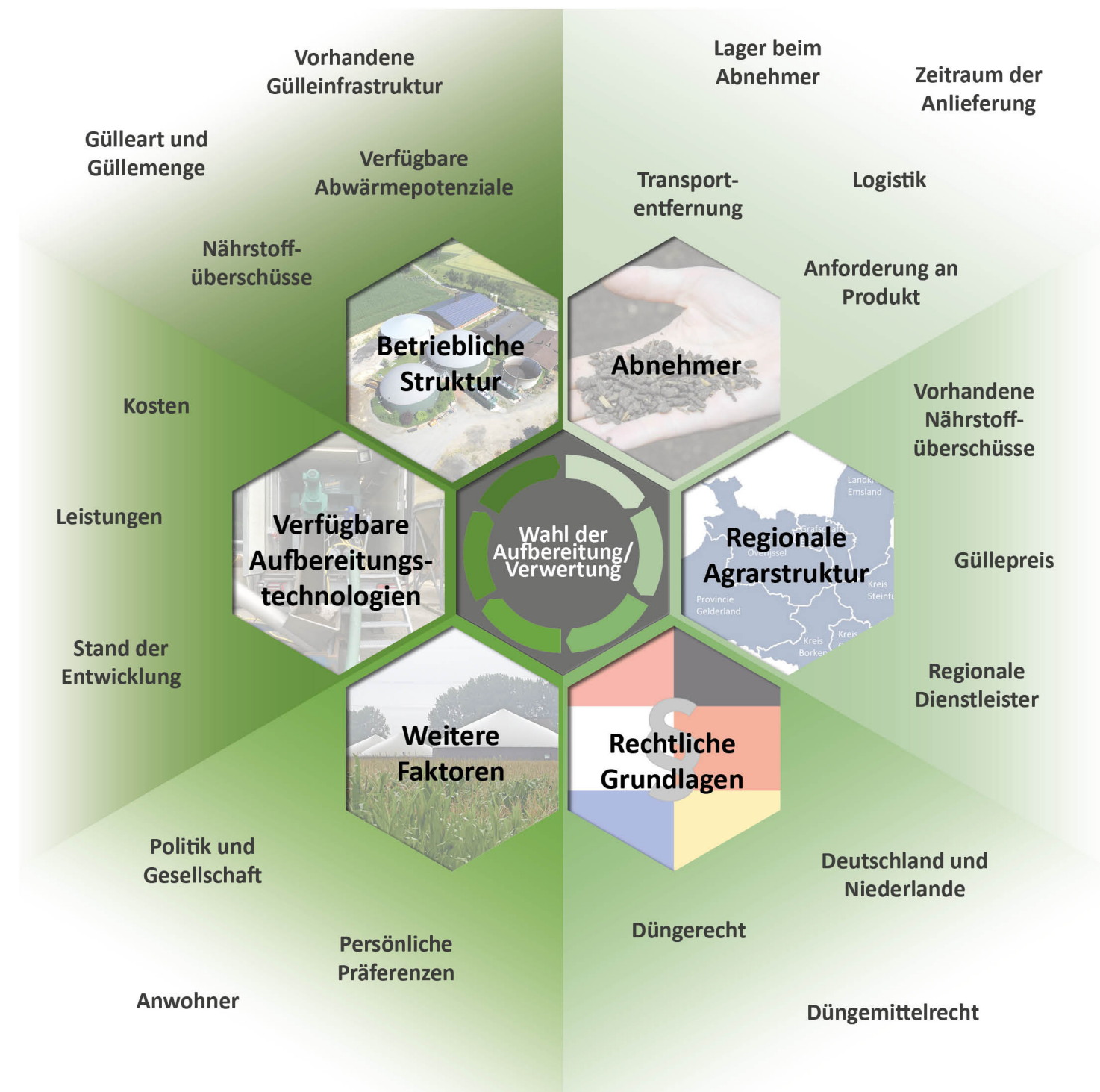
Wahl der Verwertung/Aufbereitung für Gülle und Gärreste

*Was mache ich bzw. wo bleibe ich mit meiner Gülle / Gärresten?
Unter welchen Rahmenbedingungen kommt eine Aufbereitung in Betracht
und wenn ja, welche?*

Die Wahl der Verwertung bzw. einer Aufbereitung von Gülle und Gärresten hängt von vielen Faktoren ab. Dabei sind diese vor allem Standort- und Betriebsabhängig. Aufgrund der hohen Komplexität mit vielen Querverbindungen und Abhängigkeiten der Faktoren, ist für jeden Fall eine betriebsindividuelle Lösung anzustreben.

Die **regionale Agrarstruktur** mit Nährstoffüberschüssen und verfügbaren Dienstleistern ist ebenso zu berücksichtigen wie die **rechtlichen Rahmenbedingungen** und **weitere Faktoren**, die Aspekte wie persönliche Präferenzen des Betriebsleiters, Vorbehalte bei Nachbarn sowie aktuelle Entwicklungen in Politik und Gesellschaft umfassen. Daneben spielen natürlich auch die **verfügbaren Aufbereitungstechnologien** mit unterschiedlichen Entwicklungsständen, Leistungen und Kosten eine Rolle. Genauso wie die konkrete **betriebliche Struktur** mit Nährstoffüber-

schüssen, Güllearten und bereits vorhandener Gülleinfrastruktur. Insbesondere bei Biogasanlagen stellt sich auch die Frage nach ungenutzten Wärmepotenzialen, die für den Betrieb thermischer Aufbereitungstechniken, wie zum Beispiel eine Trocknung, unerlässlich sind. All diese Faktoren haben einen Einfluss auf die Wahl der Verwertung und sind bei der Entscheidungsfindung zu betrachten. Wesentlicher Erfolgsfaktor ist jedoch die **gesicherte Abnahme** der organischen Dünger und Düngeprodukte, mit oder ohne Aufbereitung. Dabei ist neben den Anforderungen des Abnehmers an das Produkt vor allem die Logistik zu beachten. In der nebenstehenden Abbildung sind diese Faktoren in sechs Themenbereiche untergliedert. Im Rahmen des Projektes Mest op Maat wurde jeder dieser sechs Themenbereiche beleuchtet und die Ergebnisse in dieser Broschüre zusammengestellt.



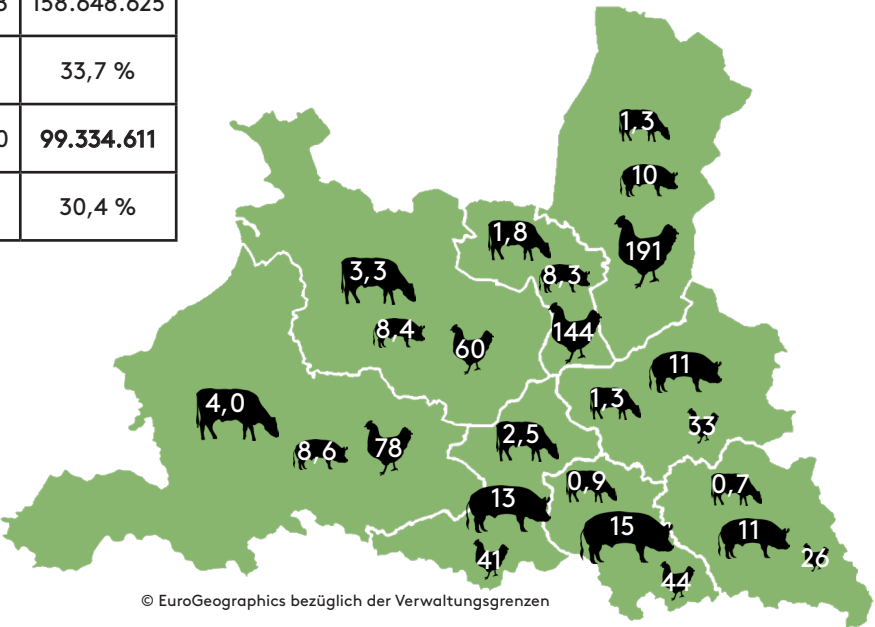
Zahlen • Daten • Fakten

Tierplätze pro Hektar in der Projektregion

	Rinder	Schweine	Geflügel
ges. Tierbestand Deutschland*	12.093.375	27.975.568	158.648.625
Anteil dt. Projektregion	6,8 %	23,6 %	33,7 %
ges. Tierbestand Niederlande**	3.918.000	12.509.000	99.334.611
Anteil nl. Projektregion	40,4 %	29,4 %	30,4 %

*Destatis 2016, 2018;
**CBS 2015, 2018; Eurostat 2014

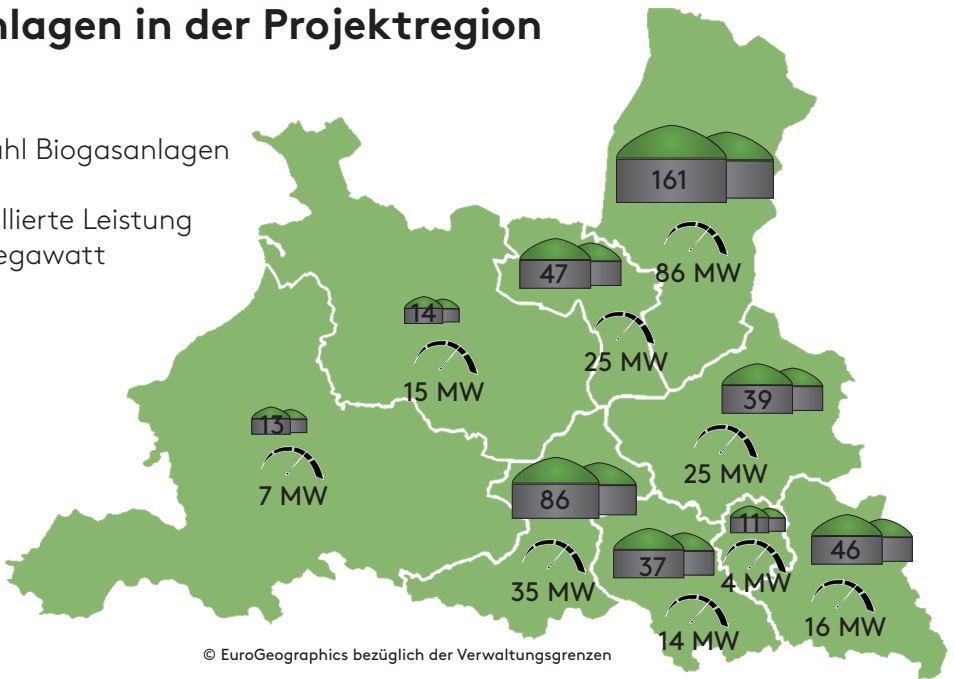
Für jeden Landkreis wurden Tierplätze pro Hektar ermittelt. Je nach Anzahl wird in der Grafik das Tiersymbol größer oder kleiner dargestellt.



Zahlen • Daten • Fakten

Biogasanlagen in der Projektregion

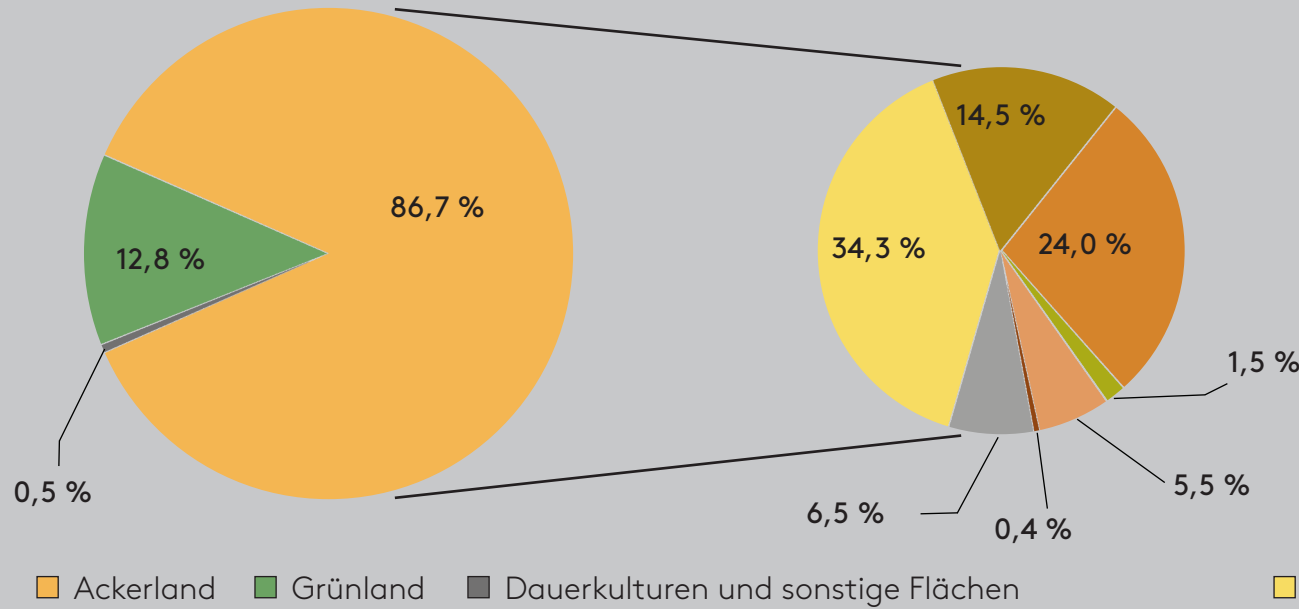
 Anzahl Biogasanlagen
 installierte Leistung in Megawatt
5 MW



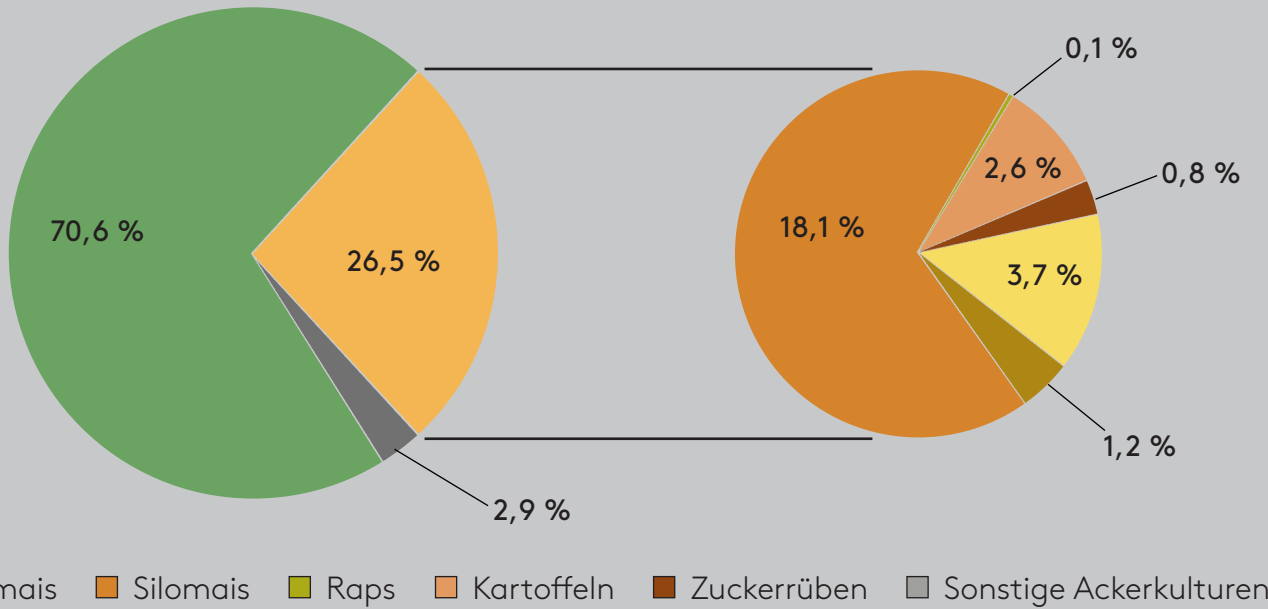
Unter der Annahme, dass ein Haushalt aus vier Personen besteht und jährlich einen 5.200 kWh Strom- und einen 25.000 kWh Wärmebedarf hat, können diese 454 Biogasanlagen 347.749 Haushalte mit Strom und 81.373 Haushalte mit Wärme versorgen. Dabei werden, verglichen mit konventioneller Strom- und Wärmeproduktion, 6.509.840 t CO₂eq/a aus der Wärme- und 1.043.247 t CO₂eq/a aus der Stromproduktion eingespart.
Stand der Erhebung: 2015

Landwirtschaftliche Flächennutzung in der Projektregion

Deutsche Projektregion (585.872 ha/a)



Niederländische Projektregion (432.478 ha/a)



Zahlen • Daten • Fakten

Zahlen • Daten • Fakten

Überbetrieblicher Gülle- und Nährstoffaustausch

Gülle- und Gärrestanfall der gesamten Projektregion in 2016: 11.573.471 t/a

Grafschaft Bentheim			
	Import	Export	Σ Saldo
Masse (Mt/a)	41	-229	-184
N (t/a)	199	-2.682	-2.483
P ₂ O ₅ (t/a)	109	-1.957	-1.848

Provincie Overijssel			
	Import	Export	Σ Saldo
Masse (Mt/a)	1.225	-2.790	-1.565
N (t/a)	5.830	-19.430	-13.600
P ₂ O ₅ (t/a)	2.270	-8.940	-6.670

Provincie Gelderland			
	Import	Export	Σ Saldo
Masse (Mt/a)	1.858	-3.943	-2.085
N (t/a)	9.370	-28.930	-19.560
P ₂ O ₅ (t/a)	4.100	-14.550	-10.450

Landkreis Emsland			
	Import	Export	Σ Saldo
Masse (Mt/a)	509,4	-710,8	-201,5
N (t/a)	6.910	-12.660	-5.750
P ₂ O ₅ (t/a)	5.366	-10.032	-4.666

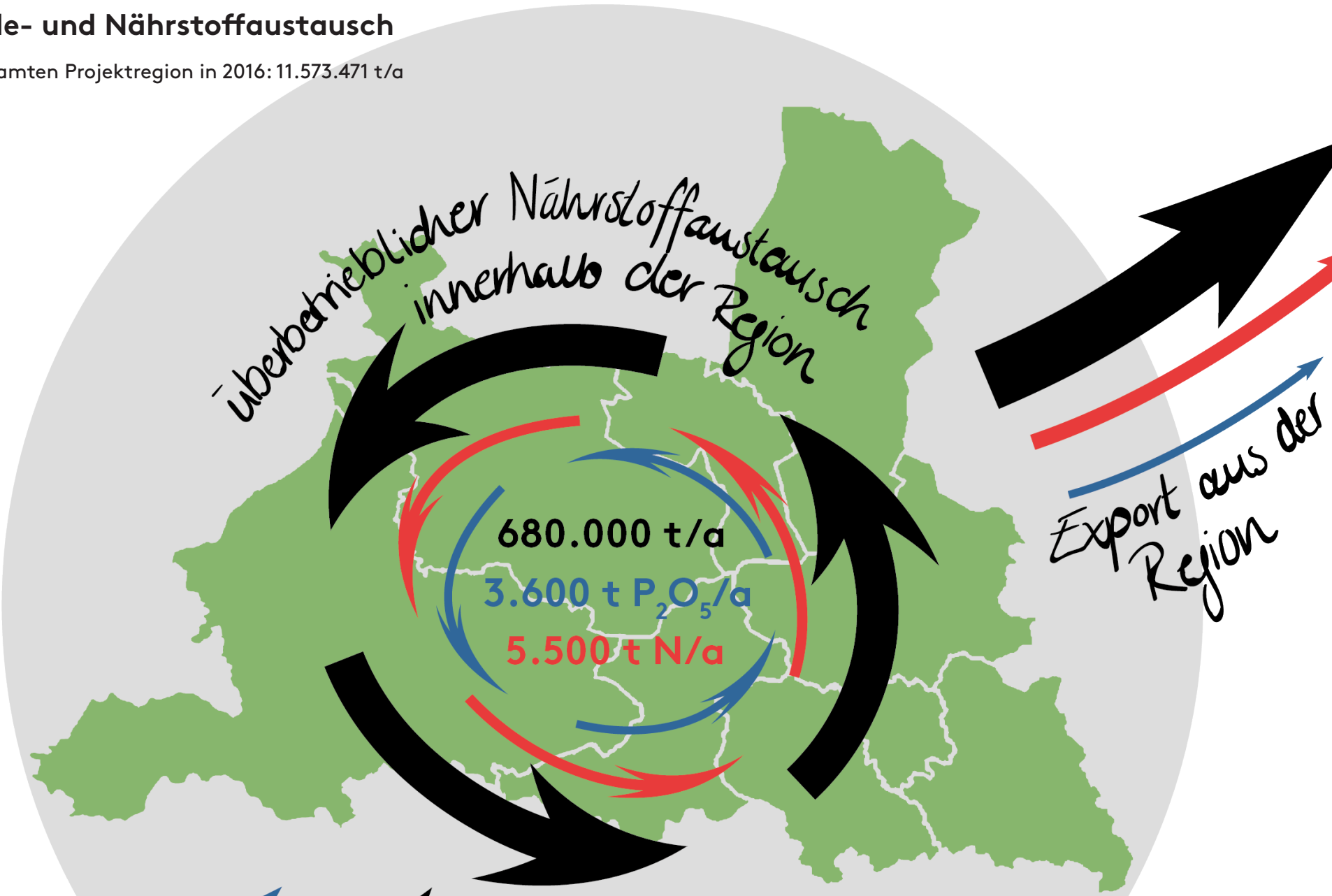
Kreis Steinfurt			
	Import	Export	Σ Saldo
Masse (Mt/a)	122	-225	-103
N (t/a)	927	-2.076	-1.149
P ₂ O ₅ (t/a)	551	-1.269	-718

Stadt Münster			
	Import	Export	Σ Saldo
Masse (Mt/a)	67	-35	32
N (t/a)	385	-216	169
P ₂ O ₅ (t/a)	202	-121	81

Kreis Warendorf			
	Import	Export	Σ Saldo
Masse (Mt/a)	74	-142	-68
N (t/a)	443	-959	-516
P ₂ O ₅ (t/a)	243	-535	-291

Kreis Borken			
	Import	Export	Σ Saldo
Masse (Mt/a)	129	-715	-586
N (t/a)	658	-4.465	-3.808
P ₂ O ₅ (t/a)	359	-2.828	-2.469

Kreis Coesfeld			
	Import	Export	Σ Saldo
Masse (Mt/a)	195	-383	-188
N (t/a)	1.111	-2.723	-1.612
P ₂ O ₅ (t/a)	633	-1.691	-1.058



Übersicht der rechtlichen Vorgaben in Deutschland und den Niederlanden

Wesentliches Ziel des Projektes ist der grenzüberschreitende Austausch. Dabei war ein zentrales Anliegen der Projektpartner, ein tieferes Verständnis für die rechtlichen Regelungen beiderseits der Grenze zu erhalten. Neben dem Interesse für die Bedingungen, mit denen in Deutschland und den Niederlanden gearbeitet wird, waren Fragen und Unsicherheiten vor allem hinsichtlich des grenzüberschreitenden Transports von Gülle und organischen Düngern Anlass für eine eingehendere Auseinandersetzung mit diesem Thema. Dazu wurden im Rahmen des Projektes Übersichten mit den ausschlaggebenden rechtlichen Vorgaben in Deutschland und den Niederlanden in beiden Sprachen erstellt. Mit Hilfe dieser Übersichten ist es nun möglich, sich über die unterschiedlichen rechtlichen Bedingungen auf beiden Seiten der Grenze in der eigenen Sprache zu informieren.

Neben den neuen Regeln der Düngeverordnung (2017) in Deutschland sind bei der überbetrieblichen Verbringung eine Reihe weiterer Rechtsnormen einzuhalten. Diese betreffen u.a. den erzeugten Dünger selbst, den Düngetransport, die Düngelagerung und die Anwendung der Düngemittel. Eine Arbeitsgruppe im Projekt hat sich intensiv mit den unterschiedlichen Rechtsregeln auseinandergesetzt. Als Ergebnis sind Übersichten der Richtlinien, Gesetze, Verordnungen und Erlasse, gegliedert nach den Themenbereichen Düngereanfall, -verwertung, -transport und -anwendung sowohl für Deutschland als auch für die Nie-

derlande zusammengestellt worden.

Der erste Abschnitt zum Düngereanfall umfasst vor allem Regelungen zur Tierhaltung und die daraus resultierenden Mengen an Dünger. Zulassung, Herstellung, Inverkehrbringen, Grenzwerte (für Schadstoffe) und Kennzeichnungswerte (für Nährstoffe), Hygienisierung sowie Lagerung fällt unter den Abschnitt Düngerverarbeitung. Der Abschnitt zum Düngetransport umfasst Regelungen zu Handel, Transport, Deklarationen und Meldepflichten beim Transport organischer Dünger. Im Abschnitt Düngereanwendung werden die rechtlichen Grundlagen über die Grenzwerte an Stickstoff bei der organischen Düngung, den jährlichen Nährstoffvergleich, Sperrfristen bei der Düngung und der Umgang mit Dünger bei Aufbringung auf den Boden aufgeführt.

Die Übersichten der rechtlichen Grundlagen in Deutschland und den Niederlanden können über folgenden Link bzw. QR-Code abgerufen werden:

Übersicht Deutschland



mestopmaat.eu/uebersicht-der-rechtlichen-vorgaben-in-deutschland/

Übersicht Niederlande



mestopmaat.eu/uebersicht-der-rechtlichen-vorgaben-in-den-niederlanden/

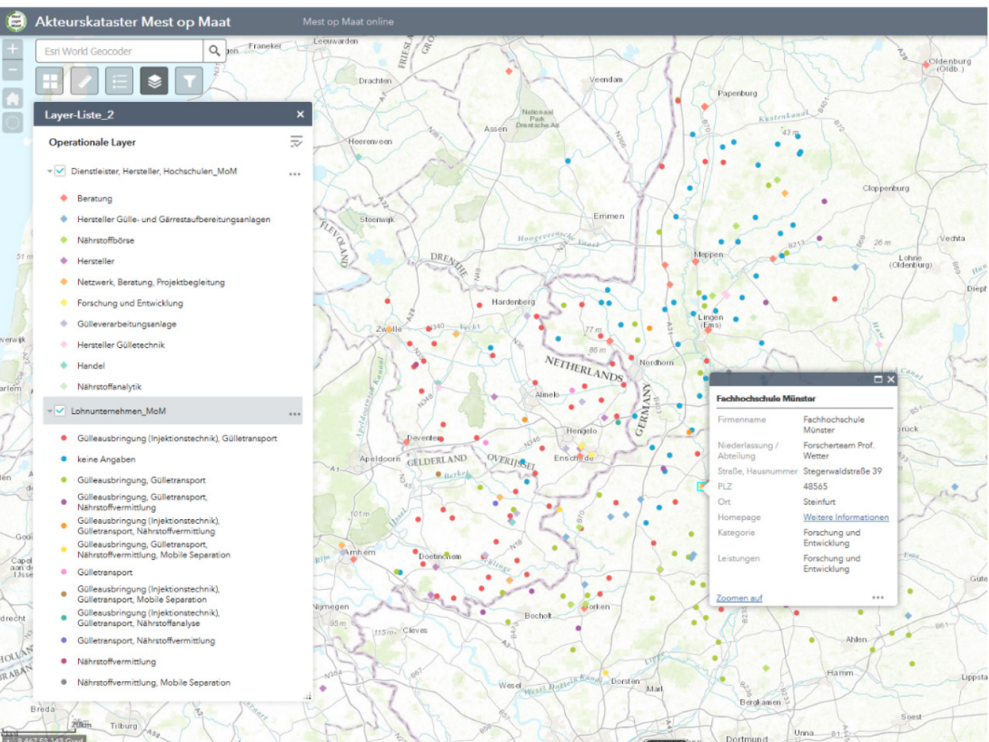
Ansprechpartner:
Jan Wulkotte (Deutschland)
 LWK Niedersachsen
 An der Feuerwache 14
 49716 Meppen
 Dr. ir. Simon Hageman (Niederlande)
 Saxion Hogeschool Enschede
 M.H. Tromplaan 28
 7513AB Enschede
 Tel.: +49 (0) 5931/403-113
 jan.wulkotte@lwk-niedersachsen.de
 Tel.: +31 (0) 88/0191530
 s.p.w.hageman@saxion.nl



Akteurskataster für die Projektregion

Das Projekt hat gelungene Beispiele in der Projektregion betrachtet sowie neue Konzepte und Technologien zur Gülle- und Gärrestauffbereitung sowie -verwertung untersucht. Dazu kommen die grenzüberschreitenden Herausforderungen mit vergleichbarer Ausgangssituation, allerdings fand bisher nur ein unzureichender Informationsaustausch statt. Durch eine Reihe grenzüberschreitender Exkursionen und Expertenworkshops wurde dieser Informationsaustausch angeregt und das Netzwerk rund um die Gülle- und Gärrestauffbereitung sowie -verwertung weiter ausgebaut. So flossen die Erkenntnisse und Informationen in die Weiterentwicklung von Konzepten oder auch direkt in die Beratung ein. Hatten Akteure Ideen, besondere Technologi-

en oder innovative Konzepte, dann wurden diese Vorhaben im Projektverlauf fachlich unterstützt, bewertet und dokumentiert. So konnte jeder Teil von Mest op Maat – der Plattform für die Wirtschaftsdüngerverwertung in der Projektregion – werden. Um einen Überblick über die Unternehmen, Dienstleister und Institutionen mit Bezug zur Gülle- und Gärrestauffbereitung sowie -verwertung im Mest op Maat-Projektgebiet zu erhalten, wurden alle Akteure (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) in einer Karte mit ihren Leistungen und Kontaktdaten erfasst (Abbildung 1). Dieses Akteurskataster ist auf der Homepage von Mest op Maat über folgenden Link bzw. QR-Code zu erreichen und ist frei zugänglich:



<http://mestopmaat.eu/akteure/>

Abbildung 1: Karte der Akteure in der Projektregion

Nährstoffmarkt

Eines der größten Geschäftsfelder der Akteure ist neben der Wirtschaftsdüngerausbringung die Vermittlung und der Transport von Nährstoffüberschüssen innerhalb und aus der Projektregion in Ackerbauregionen mit Nährstoffbedarf. Dieser Nährstofftransport wächst und findet verstärkt auch grenzüberschreitend statt, was ebenfalls Motivation für das Projekt Mest op Maat war. Die Aufgabe der Vermittlung der Nährstoffe in Form von Gülle, Mist oder Gärrest übernehmen Nährstoffbörsen, hinter denen häufig Maschinenringe, Lohnunternehmer, private Vermittler oder auch Futtermittelhändler bzw. Genossenschaften stehen. Dabei können je nach Anforderung des abgebenden und des aufnehmenden Betriebes neben der Vermittlung auch Transport, Lagerung, Ausbringung und Dokumentation inklusive Meldungen übernommen werden. Auch besteht die Möglichkeit der Ausstellung von mehrjährigen Vermittlergarantien durch die Nährstoffbörse, die zum Beispiel gegenüber Behörden als Verwertungsnachweis dienen kann.

In Abhängigkeit vom Umfang der in Anspruch genommenen Dienstleistungen variieren auch die Kosten für die Abnahme der Nährstoffe. Die Kosten sind zudem von Art und Nährstoffgehalt der Wirtschaftsdünger, dem Zeitpunkt der Abgabe und der Logistik abhängig. So sind die Kosten für den Abgeber im Frühjahr zur Hauptausbringzeit

am geringsten und im Winter am höchsten. Für den Transport spielen vor allem Faktoren wie Auslastung der Transportfahrzeuge, Entfernungen und mögliche Rückfrachten eine Rolle. Vor allem das kleinere Düngefenster im Frühjahr führt zu logistischen Herausforderungen. Darüber hinaus ist die geografische Lage der Region entscheidend für den Gülleabgabepreis. Je weiter die Entfernung des abgebenden Betriebes zu viehveredelungsarmen Regionen, desto höher die Abgabekosten. Dies zeigt den hohen Anteil der Transportkosten: ‚das Geld bleibt auf der Straße‘. In den letzten Jahren steigen die Kosten für die abgebenden Betriebe kontinuierlich, wobei neben verschärfter rechtlicher Regelungen auch eine außergewöhnliche Witterung wesentliche Treiber waren. Eine Chance zur Kostensenkung und damit der Erhöhung der Transportwürdigkeit der Nährstoffe kann die Aufbereitung bieten. Allerdings wird die bisherige Abrechnung über die Menge (in m³ bzw. t) gehandhabt. Zielführender, wenngleich bisher noch selten praktiziert, wäre die kombinierte Abrechnung von Menge und Nährstoffgehalten. Dies könnte zugleich auch neue Anreize für eine effizientere Nährstoffverwertung setzen.

Ansprechpartner:
Dr. Daniel Baumkötter
FH Münster
Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt
Tel.: +49 (0) 2551/962420
baumkoetter@fh-muenster.de

Deutsch-Niederländischer Nitratworkshop

Expertenworkshop am 05.04.2017 bei der Saxion Hogeschool in Enschede

Seit Jahren steigt in vielen Regionen Deutschlands die Belastung des Grundwassers mit Nitrat. Als Hauptursache wird in vielen Quellen die Landwirtschaft genannt, die durch Überdüngung mit Gülle und Mist Stickstoff in die Umwelt emittieren. Das ist ein klarer Verstoß gegen die seit 1991 geltende EU-Nitratrichtlinie. Auch die Niederlande haben in der Vergangenheit und auch heute noch mit hohen Nitratwerten im Grundwasser zu kämpfen.

Vor dem Hintergrund der öffentlichen Diskussionen und der Klage der EU gegen Deutschland aufgrund steigender Nitratbelastungen im Grundwasser und zu geringen gesetzlichen Auflagen zum Schutz der Gewässer wurde am 05.04.2017 bei der Saxion Hogeschool in Enschede ein deutsch-niederländischer Nitratworkshop durchgeführt. Um die aktuelle Nitratbelastung in der deutsch-niederländischen Grenzregion fachlich diskutieren zu können, wurden zwei Experten aus der Grenzregion eingeladen den aktuellen Sachstand darzustellen.

Zum einen war dies Bram Zandstra von der Waterschap Rhijn en IJssel der mit seinem Vortrag "Minimierung diffuser Nährstoffeinträge ins Gewässer - Erfahrungen aus dem Pilotprojekt an der Schlinge-Bovenslinge" die Situation und auch die positive Zusammenarbeit mit den deutschen Vertretern hervorgehoben hat und zum anderen Johannes Schnieders der Geschäftsführer des Wasser- und Abwasser-Zweckverbandes Niedergrafschaft ist und mit dem Vortrag „Regionale Nitratbelastung im

Grundwasser – Welche Maßnahmen sind aus Sicht der Wasserwirtschaft notwendig" die aktuelle Situation auf deutscher Seite und die aus wasserwirtschaftlicher Sicht erforderlichen Maßnahmen zum Schutz des Trinkwassers aufzeigte.

Sowohl Herr Bram Zandstra als auch Herr Johannes Schnieders berichteten über die Maßnahmen die aus Wasserwirtschaftlicher Sicht dazu führen die Stickstoffbelastung zu reduzieren. Breitere Uferrandstreifen (auch > 5 m) haben sehr positive Effekte hinsichtlich der Stickstoffreduzierung im Boden und Nitrateintrag in die Gewässer.

Dass die Nitratbelastung ein ernsthaftes Problem darstellt unterstrich Herr Schnieders mit der Aussage, dass im Wassergewinnungsgebiet des Wasser- und Abwasser-Zweckverbandes Niedergrafschaft bereits neue Brunnen gebohrt werden mussten, da in den alten die Nitratbelastung den Grenzwert überstieg und weiter ansteigt. Hinzu kommt eine zusätzliche Wasserbelastung aufgrund von Nickel- und Sulfatfreisetzungen, die auf den Pyritabbau durch Nitrat zurückzuführen sind.

Maßnahmen, die einen positiven Beitrag geleistet haben, waren beispielsweise die Förderung von einem Anbauverzicht der landwirtschaftlichen Betriebe von Mais und Kartoffeln, bzw. die Förderung bei deutlich Stickstoffreduzierter Düngung. In besonders schützenswerten Bereichen wurden z.B. Flächen durch Wasserversorger gekauft und verpachtet mit der Auflage diese nur als Grünland zu bewirtschaften

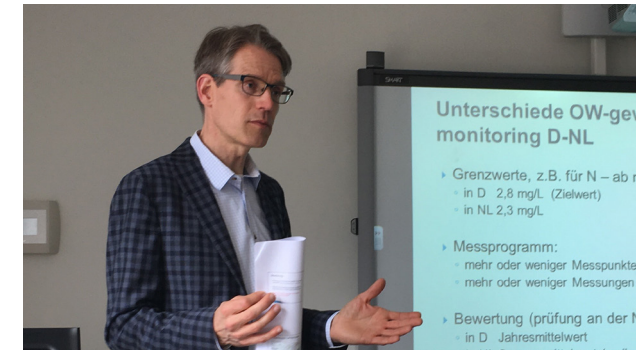


Abbildung 2: Bram Zandstra von der Waterschap Rhijn en IJssel



Abbildung 3: Johannes Schnieders Geschäftsführer des Wasser- und Abwasser-Zweckverbandes Niedergrafschaft



Abbildung 4: Expertenrunde des Nitratworkshops

und maximal 100 kg N/ha zu düngen.

Insgesamt wird als großes Problem angesehen, dass neben der Düngung mit organischen Düngern auch noch Mineraldünger in erheblichem Maße eingesetzt wird. Dies müsse in Zukunft deutlich reduziert werden. Als politische Lösungsmöglichkeit wurde das Beispiel Dänemark herangeführt, wo eine Steuer auf Mineraldünger erhoben wird, um den Verbrauch zu reduzieren.

Die teilnehmenden Experten diskutierten die erfolgversprechenden Möglichkeiten den Stickstoffeintrag zu reduzieren. Der Ansatz der Niederlande ist es zuerst den Mineraldünger zu reduzieren und danach den Gülleanfall.

Weitere Möglichkeiten wären die organische Düngung durch bessere Technik zu optimieren und hochwertige Düngungstechnik regionspezifisch und anbauspezifisch anzupassen. In einem waren sich jedoch auch alle Experten einig, neben den technischen Optimierungsmöglichkeiten, braucht es ebenfalls einen Mentalitätswandel bei den Landwirten.

Ansprechpartner:
Dr. Elmar Brüggling
FH Münster
Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt

Tel.: +49 (0) 2551/962420
bruegging@fh-muenster.de

Nährstoffeffizienter füttern

Fütterungsversuche mit Mastschweinen für ein effizienteres Nährstoffmanagement

Vor dem Hintergrund der Düngeverordnung und der von den Betrieben vorzulegenden Stoffstrombilanz ist es besonders wichtig, die Nährstoffausscheidungen durch die Tiere möglichst gering zu halten. Insbesondere in den Veredlungsregionen müssen Schweinebetriebe ihre Nährstoffüberschüsse abbauen. Ein nährstoffeffizienteres Fütterungskonzept kann einen Beitrag zur Reduzierung leisten. Auch in Anbetracht der düngerechtlich vorgeschriebenen, erweiterten Lagerkapazitäten ist eine exakte Erfassung der anfallenden Güllemengen und der Gülleinhaltsstoffe unter Praxisbedingungen von großem Interesse. Welche Ergebnisse mit unterschiedlich stark N-/P-reduzierten Fütterungen möglich sind, hat die Arbeitsgruppe „Stoffstrombilanz“ auf einem Praxisbetrieb in drei Durchgängen untersucht.

Zielsetzung

Zum bisherigen Standard in der Fütterung von Mastschweinen zählt bereits die N/P-reduzierte Fütterung. Eine Möglichkeit der Kombination von reduzierter P- und stark reduzierter N-Fütterung für die Berechnung der Ausscheidungen ist bislang allerdings nicht vorhanden. Auf einem Praxisbetrieb im Emsland sollte diese spezielle Nährstoffkombination geprüft und die dazu notwendigen Daten erfasst und ausgewertet werden.

Der Versuch umfasste drei Produktionszyklen, in denen die Nährstofffrachten erfasst sowie die Nährstoffbilanzen für die jeweiligen Fütterungsvarianten berechnet wurden. Zum Untersuchungsziel gehörte auch die betriebswirtschaftliche Auswertung (BZA) sowie die Analyse der Auswirkungen der Fütterung auf die Nährstoffabscheidegrade der Zentrifuge der Raiffeisen-Warengensensschaft Emsland-Süd und der Einfluss von Fütterung und Separation auf die Ergebnisse der NIRS-Analytik (siehe auch Bericht zur NIRS-Analytik).

Versuchsdurchführung

Auf dem Praxisbetrieb wurden in den drei Versuchsdurchläufen jeweils 480 Ferkel pro Fütterungsgruppe im Rein-Raus-Verfahren eingestallt. Die Ferkel hatten ein Einstallgewicht von durchschnittlich ca. 27-28 kg. Sie stammten von einem Ferkelerzeugerbetrieb, wodurch sie dieselbe Herkunft aufwiesen. Folgende Fütterungsvarianten wurden untersucht:

- Variante A: stark N-/stark P-reduziert
- Variante B: sehr stark N-/stark P-reduziert

Beide Futtervarianten wurden vierphasig gefüttert. Der Futterwechsel erfolgte bei etwa 40 kg, 65 kg und 90 kg Lebendgewicht. Die Variante A orientierte sich an der stark reduzierten N-/P-Fütterung laut DLG-Merk-

blatt 418. In den ersten beiden Fütterungsphasen wurden hier 165 g Rohprotein/kg Futter gefüttert. Darauf folgte ein Rohproteinanteil von 155 g/kg und in der Endmast ein Wert von 140 g/kg. Die sehr stark N-/stark P-reduzierte Variante B hingegen beginnt in der ersten Fütterungsphase mit 165 g Rohprotein pro kg Futter und wird bereits in der zweiten Phase auf 160 g/kg reduziert. In der Mittelmast beträgt der Wert 145 g/kg und in der Endmast 125 g/kg. Die Phosphorgehalte in beiden Futtermittelvarianten wurden entsprechend der DLG-Vorgaben für eine stark N-/P-reduzierte Mast festgelegt. Dementsprechend weisen Variante A und B zu Beginn einen Phosphoranteil von 4,7 g/kg Futter auf, in der nächsten Stufe 4,5 g/kg und in der Mittel- und Endmast folgen 4,2 g/kg.

Die Analysen im Rahmen der Versuchsdurchführung umfassten die Futtermengen und deren Nährstoffgehalte, die Gülle und deren Nährstoffgehalte sowie Daten zur Tiergesundheit und Schlachtleistungen. Von jeder Futterlieferung wurden Rückstellproben genommen und auf Wassergehalt, Rohasche, Rohprotein, Rohfett, Rohfaser und Stärke analysiert.

Die Gülleanalytik umfasste jeweils mehrere Einzel- und Mischproben. Dabei wurden folgende Parameter untersucht: TS, N_{ges},

NH₄-N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg und S. Beim ersten Durchlauf wurden die Proben an fünf verschiedene Labore gegeben und die Ergebnisse mit zwei NIRS-Analytikgeräten (Zunhammer und John Deere) abgeglichen. Die Gülleanalysen der folgenden beiden Durchläufe wurden ausschließlich bei einem Labor ausgeführt. Die genaue Mengenbilanzierung des Gülle-Outputs erfolgte mit einem Durchflussmengenähler vor der Zentrifuge. Bei dem ersten Durchgang wurde zusätzlich die Volumenmessung der beiden NIRS-Geräte mit aufgenommen und abgeglichen. Zur Absicherung wurden zudem punktuelle Wägungen der Outputströme der Zentrifuge durchgeführt. Kontrolliert wurde außerdem der Wassermengenverbrauch. Abbildung 5 zeigt den Versuchsaufbau.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Folgende Güllemengen wurden pro Tier und Durchgang ermittelt:

	1.Durchgang	2.Durchgang	3.Durchgang
Variante A	0,62 [m³/Tier]	0,60 [m³/Tier]	0,48 [m³/Tier]
Variante B	0,56 [m³/Tier]	0,60 [m³/Tier]	0,46 [m³/Tier]

Damit unterschieden sich die Fütterungsvarianten bei der anfallenden Güllemenge nur sehr geringfügig.

Es wurden folgende Netto-Ausscheidungen für Stickstoff und Phosphat in kg je Mast-



Abbildung 5: Luftbild des Versuchsaufbaus beim ersten Durchgang

platz (80% N laut DüV) nach DLG Merkblatt 418 errechnet:

	1.Durchgang		2.Durchgang		3.Durchgang	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
VarianteA	8,34 kg	3,85 kg	8,28 kg	3,87 kg	7,85 kg	3,68 kg
VarianteB	7,14 kg	3,69 kg	7,40 kg	3,85 kg	7,26 kg	3,68 kg

Laut Berechnung schieden die Tiere der sehr stark N-/ stark P-reduzierten Gruppe somit pro Schwein weniger Stickstoff aus. Die Ergebnisse der durchgeführten Analysen weichen von diesem Wert ab und lagen bei den Stickstoffausscheidungen noch einmal

um etwa 10 Prozent unter den berechneten Werten.

Beim ersten Durchgang erfolgte aus vermarktungstechnischen Gründen eine frühere Ausstallung. Daher wurde keine betriebswirtschaftliche Auswertung dieses Durchganges vorgenommen. In der Mastleistung der beiden näher betrachteten Durchgänge (2 und 3) zeigten sich keine großen Differenzen. Die Tageszunahmen bei beiden Futtervarianten lagen im zweiten Durchgang zwischen 883 g und 885 g und im dritten Durchgang zwischen 886 g und 892 g. Im Hinblick auf die

Indexpunkte waren die Unterschiede ähnlich gering. Auch die Klassifizierung der Schlachtkörper zeigte keine messbaren Unterschiede in der Bewertung. Insgesamt zeigten sich kaum biologische Leistungsunterschiede zwischen den Fütterungsvarianten, die bei monetärer Bewertung unter 0,50 € pro Tier lagen. Die Futterverwertung lag im zweiten Durchgang bei 2,77 und im dritten Durchgang bei 2,73 und war damit in beiden Durchgängen nahezu gleich. Die Futterkosten zeigten einen leichten Unterschied zwischen den beiden Varianten. So war die Variante B im Durchschnitt um 0,70 bis 0,80 € pro Tier teurer als Variante A. Nicht durch Messungen erfasst werden konnten die Nährstoffeinlagerung im Schwein sowie der Nährstoffaustrag über die Abluft.

Fazit

Dieser erste Praxisversuch hat gezeigt, dass eine Umstellung auf eine sehr stark N-/ stark P-reduzierte Fütterung ohne messbare Leistungseinbußen und ohne betriebswirtschaftliches Risiko möglich ist. Die Anpassung des Fütterungskonzeptes macht deutlich, dass sich Nährstoffkreisläufe weiter optimieren lassen. Die Versuche ergaben bei der Berechnung der Nettoausscheidungen eine um ca. 10 Prozent reduzierte Stickstoff-

ausscheidung pro Schwein in der sehr stark N-reduzierten Fütterungsvariante. Die Analyseergebnisse der Gülle lagen bei Stickstoff um weitere 10 Prozent unter den errechneten Werten. Vor dem Hintergrund der durch die neue Düngeverordnung geforderten Reduzierung von Stall- und Lagerverlusten bei Stickstoff von 30 auf 20 Prozent, zeigen diese Ergebnisse das Potential aber auch den weiteren Handlungsbedarf für nährstoffreduzierte praxistaugliche Fütterungskonzepte. Eine „prüftechnische“ Anerkennung der Nährstoffwerte bei Einsatz einer sehr stark N-reduzierten Fütterungsvariante (Versuchsvariante) ist bislang nur mit der umfangreichen Erstellung einer individuellen Stallbilanz möglich. Ein effizienteres Nährstoffmanagement durch angepasste Fütterungskonzepte ist somit möglich, bedarf aber weiterer Untersuchungen. Ein ausführlicher Bericht ist unter folgendem Link zu finden



<http://mestopmaat.eu/startseite/medien/berichte/>

Ansprechpartner:
Bernhard Temmen
Raiffeisen-Warengenossenschaft Emsland-Süd eG
Lingener Straße 20 Tel.: +49 (0) 5906/930027
48480 Lünne temmen@raiffeisen-emsland-sued.de

Übersicht der Aufbereitungsverfahren

Am Markt sind eine Reihe von Verfahren und Technologien zur Aufbereitung von Gülle und Gärresten verfügbar. Diese reichen von der einfachen mechanischen Separation bis hin zu vollaufbereitenden Verfahren mit Aufbereitung der Flüssigkeiten bis zur Einleitfähigkeit. Der erste Verfahrensschritt ist meist die mechanische Separation, bei der die Feststoffe von der Flüssigkeit getrennt werden. Dazu werden von den Herstellern Maschinen in unterschiedlicher Gestaltung und Konstruktion angeboten wie Pressschnecken, Zentrifugen, Siebe, Feinseparatoren, usw. In Abhängigkeit vom Einsatzzweck und der Zielstellung können zudem häufig Einstellungen und Betriebsweise angepasst werden. Alle Hersteller arbeiten weiter daran vor allem die Phosphatabtrennung in den Feststoff zu verbessern und die Kosten zu senken. Phosphor findet sich vor-

nehmlich in der festen Phase wieder, weshalb der Einsatz dieser Separationstechniken in der Praxis in vielen Fällen schon ausreicht, um das betriebliche Überschussproblem zu lösen. Zur Steigerung von Transportwürdigkeit und Lagerstabilität, kann der Feststoff darüber hinaus nach einer Trocknung bei Bedarf auch noch pelletiert werden. Für die weitere Aufbereitung der Filtrate aus der Separation werden am Markt unter anderem Verfahren wie Verdampfung, Ammoniakstrippung, Fällung und Flockung, Membranverfahren und biologische Verfahren ähnlich einer Abwasserreinigungsanlage angeboten. Dabei können diese Verfahren je nach Konzept und Zielstellung einzeln oder auch in Kombination werden. Abbildung 7 zeigt dazu mögliche Verfahrenswege. Abbildung 6 zeigt die Übersicht der Aufberei-

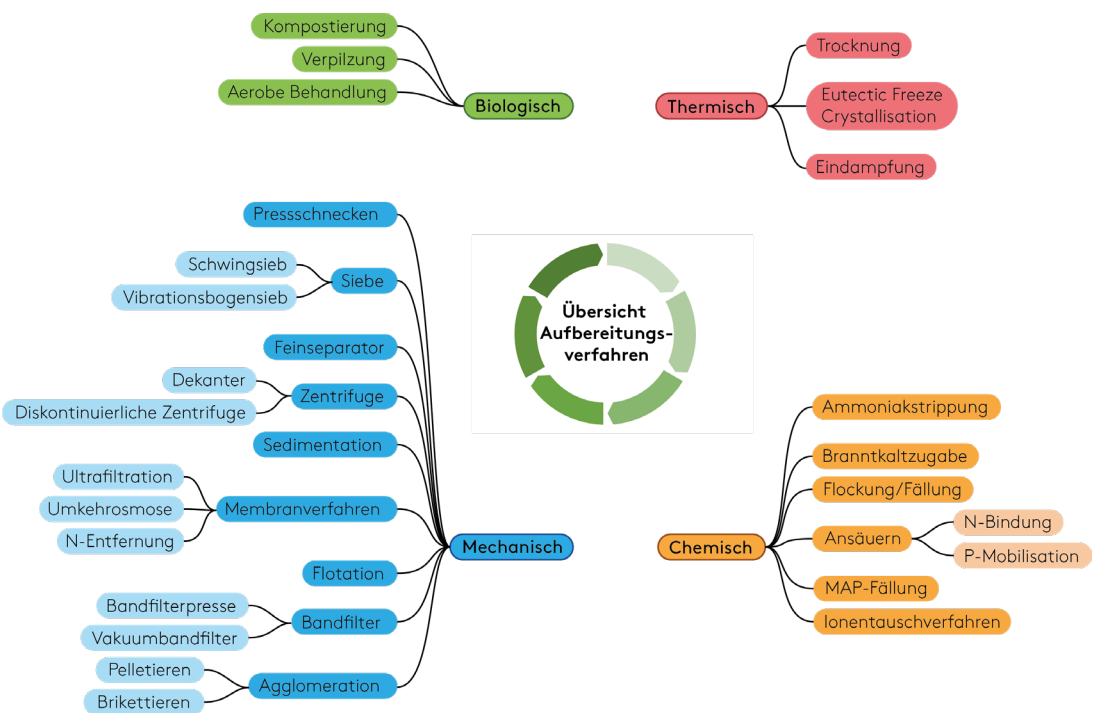


Abbildung 6: Übersicht der Aufbereitungsverfahren

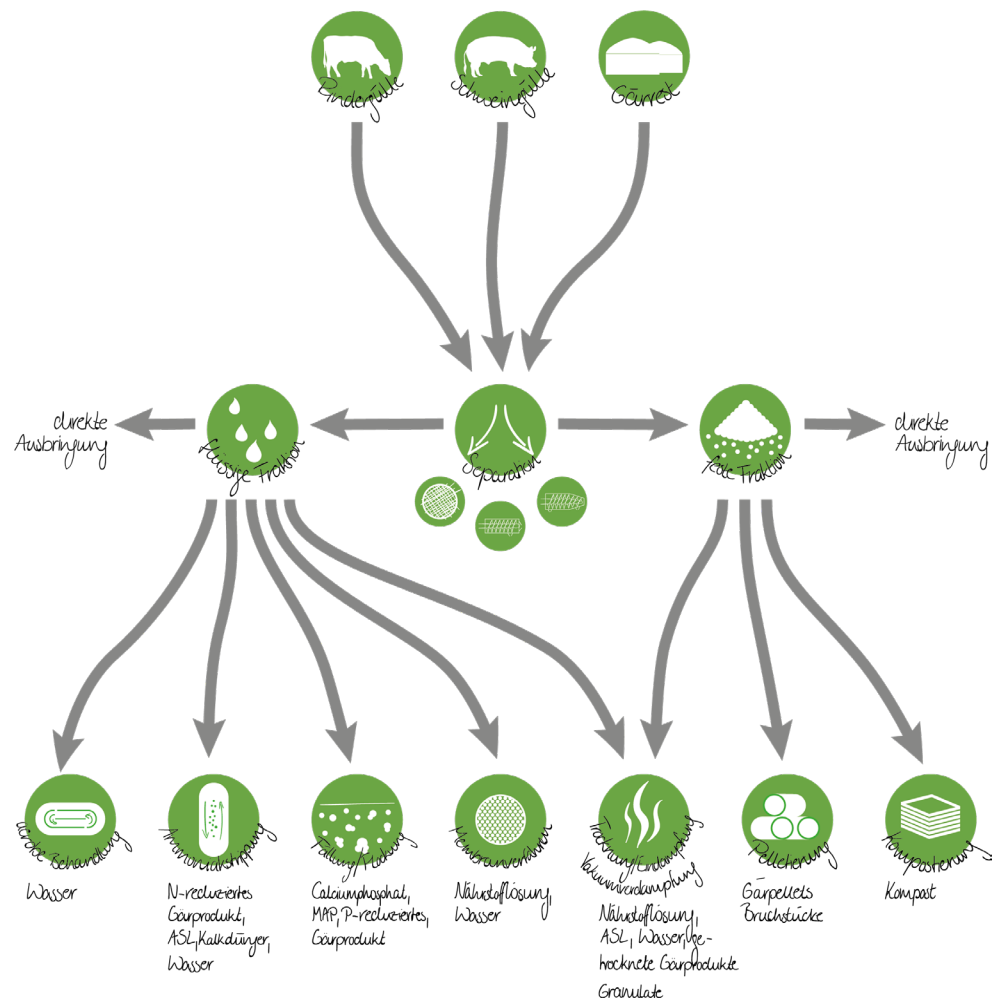


Abbildung 7: Beispiele für Aufbereitungskonzepte

tungsverfahren. Sowohl etablierte wie auch neue Technologien zur Aufbereitung wurden als einzelne Steckbriefe ausgearbeitet und in Form einer MindMap auf der Projekthomepage veröffentlicht. Durch klicken auf die einzelnen Technologien können die Steckbriefe mit den wichtigsten Daten und Informationen zum Verfahren als pdf-Datei aufgerufen werden. Häufig variieren die Ergebnisse und Leistungen der Verfahren in Abhängigkeit von der Art der Wirtschaftsdünger und möglichen vorgelagerten Aufbereitungsverfahren sowie

von der Einstellung der verschiedenen Aufbereitungstechnologien. Daher sind die Daten in den Steckbriefen auch nur als Richtwerte zu sehen.



<http://mestopmaat.eu/uebersicht-aufbereitungsverfahren/>

Ansprechpartner:
Hans-Jürgen Technow
Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Mars-la-Tour-Straße 6
26121 Oldenburg
Tel.: +49 (0) 441/801438
hans-juergen.technow@lwkniedersachsen.de

Separation – Fest-Flüssig-Trennung

Wie trenne ich richtig? Eine Versuchsreihe zur Gülle- und Gärrestseparation

Die Separation hat zumeist das Ziel, einen möglichst nährstoffreichen Feststoff zu erzeugen, um die Transportwürdigkeit der Nährstoffe zu erhöhen. Bei der Separation teilen sich die im Ausgangssubstrat enthaltenen Nährstoffe in Abhängigkeit von Substrat und Separationstechnik unterschiedlich stark auf die erzeugte feste und flüssige Fraktion auf. Die Wahl der richtigen Separationstechnik entscheidet dabei neben dem Substrateinsatz auch das Ziel der Separation bzw. die Weiterverarbeitung der Fraktionen. Zur Aufnahme der Leistungen unterschiedlicher Separationstechnologien für verschiedene Substrate wurde dazu diese Versuchsreihe durchgeführt.

In der Versuchsreihe wurden mit vier unterschiedlichen Separationstechniken vier Substrate (Mastschweinegülle, Gärrest, Sauengülle und Rindergülle) separiert. Die untersuchten Separationstechniken waren

eine Dekanter-Zentrifuge (RWG Emsland Süd), das Vacuum Vibration System V2S von Silcon und zwei Pressschnecken (REW Regenis und eine klassische, weit verbreitete Pressschnecke von Bauer als Referenz). Durch Variation der Einstellungen bei der Zentrifuge und der Pressschnecke von Regenis wurden zudem Erkenntnisse für den optimalen Betrieb dieser Separationstechnologien gewonnen. Abbildung 8 zeigt drei der untersuchten Separationstechniken.

Für die einzelnen Versuche wurden die Daten zum Durchsatz, zum Stromverbrauch und die einzelnen Massenströme aufgenommen sowie die Nährstoff- und Trockensubstanzgehalte vor und nach der Separation analysiert. Auf Basis dieser Daten wurden schließlich die Abscheideraten berechnet. Das Diagramm in Abbildung 9 zeigt dazu beispielhaft die Abscheidegrade der vier Anlagen für Gärrest.



Abbildung 8: Untersuchte Separationstechniken: Separator von Regenis (linkes Bild vorne), Dekanter-Zentrifuge (linkes Bild hinten) und Separator von Silcon (rechtes Bild)

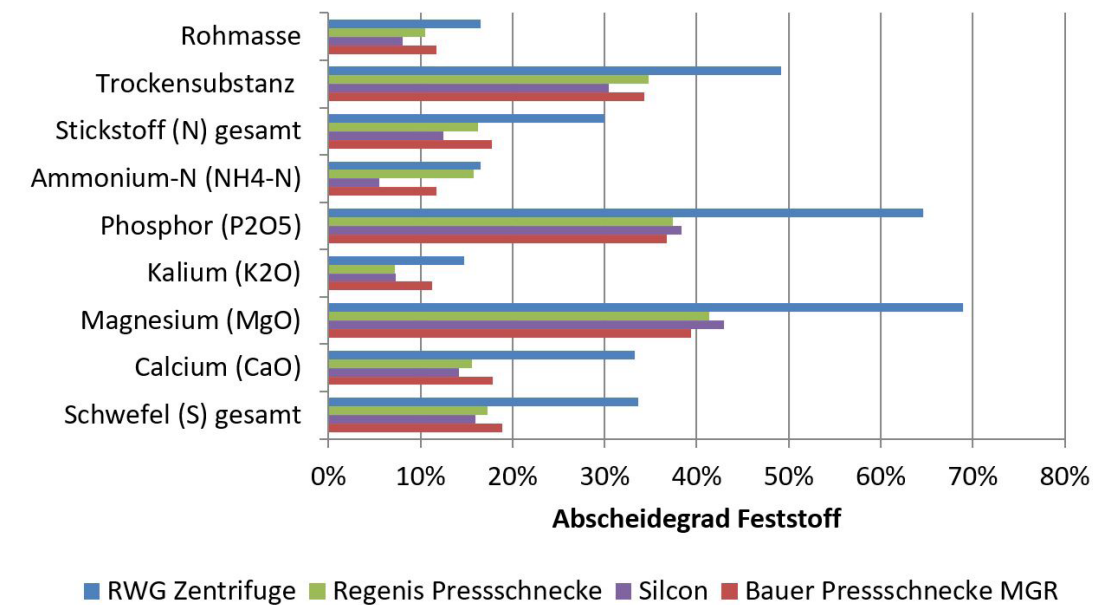


Abbildung 9: Abscheidegrade in den Feststoff für Gärrest

Im Ergebnis spielte jede Maschine ihre Stärken in Abhängigkeit vom Anwendungsfall aus. Die Dekanter-Zentrifuge erzielt insbesondere bei der Separation von Schweinegülle hohe Durchsätze und die höchsten Abscheidegrade. Vor allem bei dem Ziel einer maximalen Phosphor-Abscheidung in den Feststoff kann mit Abscheideraten von bis zu 80 % bei Schweinegülle gerechnet werden. Die Pressschnecke von Regenis eignet sich aufgrund der niedrigen Durchsätze bevorzugt für den stationären Betrieb. Dabei kommen vor allem Biogasanlagen in Frage, bei denen in der Regel größere Mengen Gärrest anfallen als bei viehhaltenden Betrieben Gülle. Zudem wurden mit diesem Separator die höchsten Trockensubstanzgehalte im Feststoff erzeugt.

Mit der zweistufigen Separationsanlage der Fa. Silcon wurden in der Schweinegülle mit bis zu 35 % TS (Sauengülle) hohe Trockensubstanzgehalte im Feststoff erzielt. Nicht zuletzt aufgrund der kurzen Rüstzeiten und den hohen Durchsätzen von bis zu 87 m³/h

bei der Rindergülle eignet sich diese Anlage für den überbetrieblichen Einsatz. Ein Beispiel dafür ist die Separation von Feststoff aus Rindergülle zur Nutzung als Inputs substrat in Biogasanlagen.

Die klassische Pressschnecke der Fa. Bauer von der Maschinengemeinschaft Recke stach mit niedrigen Stromverbräuchen heraus. Bei allen Substraten funktionierte die Maschine ohne Komplikationen und erzielte Durchsätzen zwischen 12 und 18 m³/h. Damit ist sie bei allen Substraten sowohl stationär wie überbetrieblich universell einsetzbar. Die detaillierten Ergebnisse können dem Bericht über folgendem Link bzw. QR-Code entnommen werden:



<http://mestopmaat.eu/startseite/medien/berichte/>

Ansprechpartner:

Dr. Daniel Baumkötter
FH Münster
Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt

Tel.: +49 (0) 2551/962422
baumkoetter@fh-muenster.de

Klimagasbilanz über die Separation von Wirtschaftsdüngern

Aufbauend auf der Versuchsreihe zu den Separationstechniken wurde der Einfluss der Wirtschaftsdüngerseparation auf den Klimawandel untersucht. Bei der angewandten Methode handelt es sich um eine Klimagasbilanz. Diese orientiert sich an der DIN ISO 14040/44 und ist Teilaspekt einer Ökobilanz, bei der der Einfluss von Produkten oder Prozessen auf die Umwelt bewertet wird.

Für die Bewertung von Prozessen hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen werden zunächst die Systemgrenzen abgesteckt und eine Bezugsgröße (funktionelle Einheit) gewählt. Hier ist als funktionelle Einheit die Separation von 1 m³ Rohgülle bzw. Gärrest festgelegt.

Die Emissionen, die durch die beteiligten Prozesse frei werden, werden zunächst quantitativ erfasst und anschließend entsprechend ihres spezifischen Treibhauspotenzials gewichtet. Die wesentlichen Emissionen mit Relevanz für die Kategorie Klimawandel sind Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). Als Wirkungsäquivalent legt die Norm die Klimawirksamkeit von CO₂ fest. Diese wird als kg CO₂-Äquivalente (kg CO_{2,Äq}) ausgedrückt. Die Wirkungspotenziale von Methan und Lachgas betragen mit 28 kg CO_{2,Äq} bzw. 265 kg CO_{2,Äq} ein vielfaches von CO₂, wodurch sich bereits kleinere Emissionsmengen stark auf das Treibhauspotenzial der betrachteten Prozesse auswirken.

Werden analog zu den Versuchsabläufen die Separationsprozesse hinsichtlich ihres Treibhauspotenzials bewertet, sind hierfür folgende Teilprozesse relevant (obere Prozesse in der

Grafik zur Systemgrenze auf S. 30):

- Herstellung und Instandhaltung des Separationsaggregats
- An- und Abfahrt zum/vom Lagerort des zu separierenden Wirtschaftsdüngers (WD)
- Separation des WD

Es wird davon ausgegangen, dass die zu separierenden Wirtschaftsdünger als Abfall- bzw. Sekundärprodukt der Tier- bzw. Biogasproduktion anfallen und die damit zusammenhängenden Emissionen vollständig dem wertschöpfenden Primärprozess zugeschlagen werden. Damit liegt die Bereitstellung des Wirtschaftsdüngers außerhalb der Systemgrenze.

Folgende Aggregate wurden während der Versuchsreihe zu den Separationstechniken eingesetzt:

- Bauer **Pressschnecke**, betrieben durch die Maschinengemeinschaft Recke (**MGR**)
- **Zentrifuge** der Raiffeisenwarengenossenschaft Emsland Süd (**RWG**)
- **Pressschnecke** der Regenis Regenerative Energie Wirtschaftssysteme GmbH (**REW**)
- **SILCON Pressschnecke** | Vakuum Vibrations System Y2S (**SILCON**)

Folgende Substrate wurde von den Aggregaten separiert (weitere Informationen zu der Separationsversuchsreihe finden Sie im vorherigen Kapitel):

- Sauengülle (SG)
- Mastschweingülle (MG) | (kein Strombedarf für die REW-Pressschnecke aufgenommen)
- Rindergülle (RG)
- Gärrest (GR)

Abbildung 10 stellt die Klimawirksamkeit des Separationsprozesses für die vier unterschiedlichen Separationsaggregate und die vier Substrate gegenüber.

Über die vier Substrate hinweg lässt sich der Trend erkennen, dass die MGR- und REW-Pressschnecken ein eher geringes Klimagaspotenzial aufweisen, die RWG-Zentrifuge und SILCON-Pressschnecke ein höheres Potenzial. Dies liegt vor allem an der leichteren Bausweise der beiden Aggregate der beiden erstgenannten Pressschnecken und dem einhergehenden geringen Herstellungsaufwand pro separiertem Kubikmeter Rohgülle, der auch bei der Anfahrt zu niedrigen Emissionen führt. Bei RWG und SILCON kommen das höhere Aggregatgewicht und der höhere Strombedarf pro zu separierendem Kubikmeter WD zum Tragen. Der Einfluss des Strombedarfs auf das gesamte Klimagaspotenzial der jeweiligen Separationsvorgänge rangiert zwischen knapp 50 % (SILCON mit RG) und 86 % (REW mit SG).

Um einen ganzheitlichen Eindruck bzgl. der

Nährstoffbelastung in der Veredelungsregion zu erhalten, wird ein Szenario kreiert, welches den gesamten Lebensweg des Wirtschaftsdüngers berücksichtigt. Abbildung 11 veranschaulicht die festgelegte Systemgrenze für die relevanten Prozesse.

Der eigentliche Separationsprozess wird, wie oben beschrieben, berücksichtigt. Das Szenario beinhaltet jedoch zusätzlich die Verwertung der Feststoffe sowie des Filtrats und berücksichtigt somit außerdem den Transport des Feststoffs in die Ackerbauregion (200 km), die Lagerung sowie die Ausbringung der beiden Phasen. Durch die Ausbringung des Filtrats und des Feststoffs in der Veredelungs- bzw. Ackerbauregion wird Mineraldünger ersetzt und eine Gutschrift für dessen vermiedenen Herstellungsaufwand sowie für die bei der Mineraldüngerausbringung vermiedenen Stickstoffverluste generiert. Zusätzlich wird dargestellt, welche Emissionsminderung erreicht werden kann, wenn der Feststoff bzw. die Rohgülle in einer Biogasanlage (BGA) als Gärsubstrat eingesetzt wird.

Für den Einfluss der WD-Separation auf den Biogasprozess wurde angenommen, dass eine bestehende BGA ihre Bemessungsleistung vor dem Hintergrund der EEG-Vergütung konstant halten muss und somit keinen zusätzlichen Strom aus dem WD-Anteil ins Netz einspeisen wird. Sofern diese bestehende

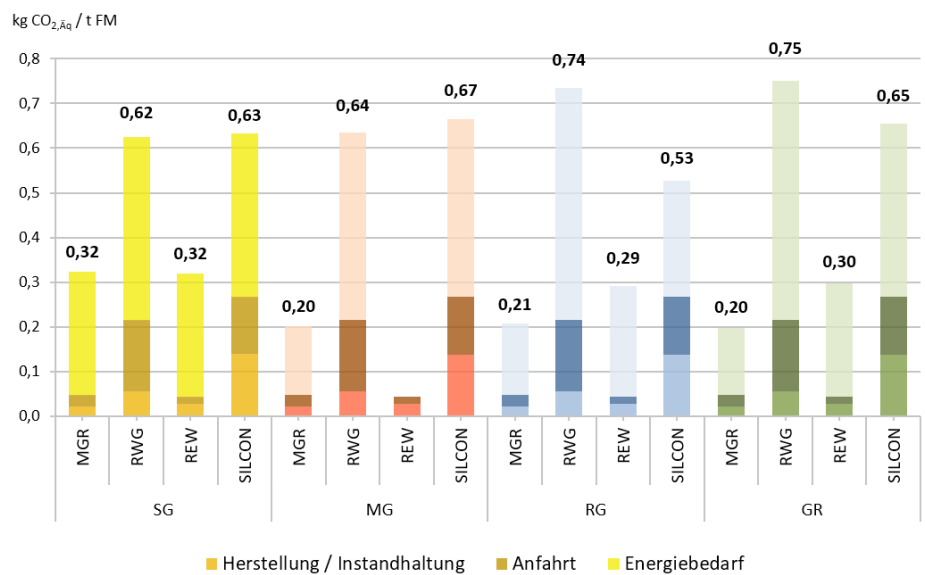


Abbildung 10: Treibhauspotenzial der vier Separationsaggregate mit den verschiedenen Substraten im Vergleich

Anlage noch keinen „Gülle-Bonus“ erhält, wird sie u. U. versuchen, durch eine Reduzierung des Energiepflanzen- und eine Erhöhung des WD-Anteils diese Zusatzvergütung zu realisieren. Daher wirkt sich der Einfluss der Nutzung des Feststoffs als Biogassubstrat nicht in der Stromproduktion und einer Verdrängung von Kohlestrom aus, sondern in der Substitution von bisher eingesetzten Energiepflanzen – hier Silomais. Die ersetzte Silomaismenge beträgt zwischen 13 kg (SILCON-Pressschnecke) und 40 kg (RWG-Zentrifuge) pro separiertem Kubikmeter Rohgülle.

Abbildung 12 beinhaltet die vorläufigen Ergebnisse für die Klimawirksamkeit für die Separation mit den vier unterschiedlichen Separationsaggregaten sowie eine Variante ohne Separation. Dabei ergeben sich aus den Emissionen (breite Säulen im positiv-Bereich) und den Gutschriften (breite Säulen im negativ-Bereich) Netto-Emissionen (schmale, schraffierte Säule) und veranschaulichen durch diese Darstellungsweise den Einfluss der verschiedenen Prozesse auf das Gesamtergebnis.

Die Basisvariante mit direkter Ausbringung der Wirtschaftsdünger ohne Separation ist links dargestellt. Diese Variante ohne Separation weist auf Grund des hohen Transportaufwands der gesamten WD in die Ackerbauregion das höchste Netto-Treibhauspotenzial von 50,5 kg CO_{2,Äq}/m³ FM auf. Die Gutschriften für die Mineraldüngersubstitution schwanken zwischen den Aggregaten leicht. Dies liegt an der geringfügig unterschiedlichen Ausgangskonzentration der Nährstoffe in der Rohgülle. Bei den Separationsaggregaten liegt das Treibhauspotenzial zwischen 26 % und 44 % unterhalb des Treibhauspotenzials der Variante ohne Separation. Betrachtet man die Lageremissionen des Filtrats und des Feststoffs in Summe, fällt auf, dass diese für die separierte Variante geringer ausfallen als für die unseparierte Variante. Dies liegt an der gegenüber der Rohgülle geringeren Konzentration an Feststoffen im Filtrat. Durch den geringeren Anteil an Feststoffen wird die Ausbildung einer Schwimmschicht verhindert, in der während der Denitrifikation von Nitrat zu elementarem

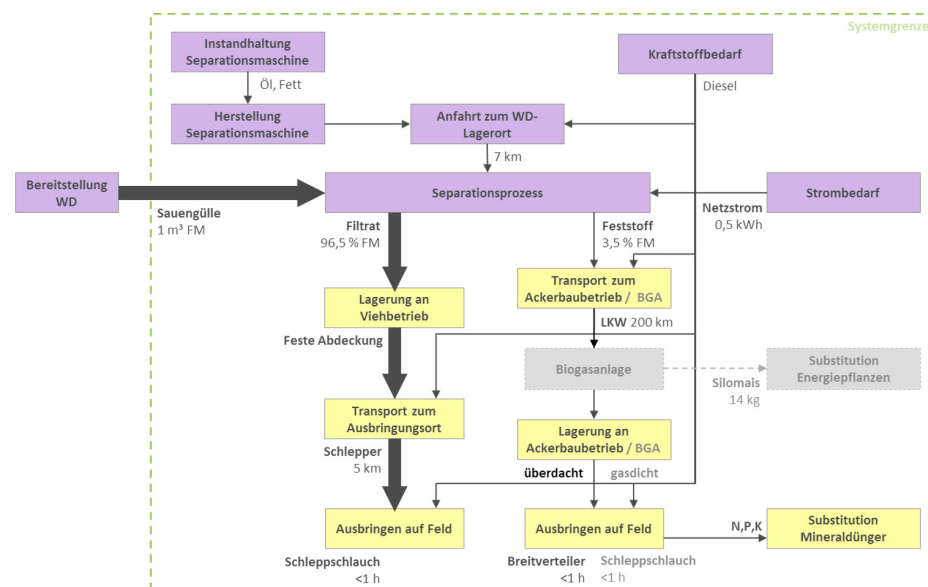


Abbildung 11: Systemgrenze des ganzheitlichen Szenarios

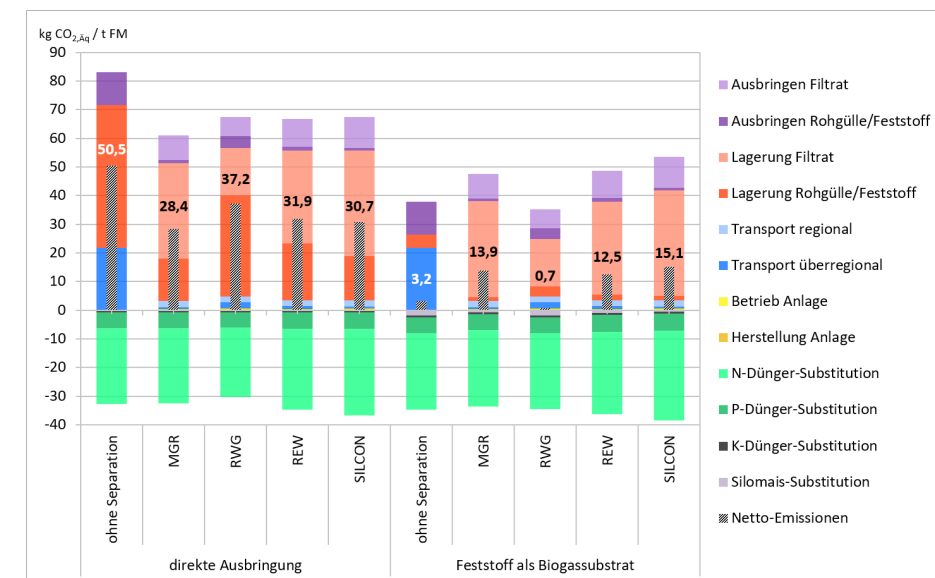


Abbildung 12: Ergebnisse des ganzheitlichen Szenarios – Biogasanlage senkt das Treibhauspotenzial deutlich

Stickstoff Lachgas-Emissionen freigeworden
wären.

Insgesamt wird deutlich, dass das Treibhauspotenzial für den reinen Separationsprozess bei einer ganzheitlichen Betrachtung kaum noch Einfluss auf das Gesamttreibhausgaspotenzial hat.

Auf der rechten Seite des Diagramms ist dargestellt, wie sich das Treibhauspotenzial ändert, wenn die Wirtschaftsdünger, die in die Ackerbauregion exportiert werden, nicht direkt ausgebracht, sondern zunächst als Substrat in einer Biogasanlage eingesetzt werden. Der wesentliche Unterschied besteht in den deutlich reduzierten Lageremissionen an der Biogasanlage in der Ackerbauregion. Diese verringern sich, da das Gärrestlager als gasdicht angenommen wird und Emissionen ausschließlich bei der nur vorübergehenden Vorlagerung entstehen. Die geringeren Lage-



<http://mestopmgaat.eu/startseite/medien/berichte/>

remissionen bedeuten zudem auch geringere Stickstoffverluste, die zu einer höheren Substitution an Mineraldünger nach der Ausbringung führen und dadurch die Gutschriften leicht erhöhen.

Als Resultat halbieren sich die Emissionen für die Variante ohne Separation um etwas mehr als die Hälfte, wodurch das Netto-Treibhauspotenzial auf $3,2 \text{ kg CO}_{2,\text{Äq}}/\text{m}^3 \text{ FM}$ sinkt. Auch bei den Separationsanlagen verringert sich das Treibhauspotenzial; am stärksten bei der RWG-Zentrifuge mit mehr als 60 %. Durch die Nutzung von Wirtschaftsdünger als Bio-gassubstrat lässt sich zudem der Einsatz an Energiepflanzensubstrat verringern, was zu einer weiteren Gutschrift führt. Diese reduziert das Netto-Treibhauspotenzial um ca. $1,9 \text{ kg CO}_{2,\text{Äq}}/\text{m}^3 \text{ FM}$ (RWG-Zentrifuge).

Einen ausführlichen Bericht zu diesem Thema finden Sie unter folgendem Link bzw. QR-Code:

Ansprechpartner:

Tobias Röther
3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk
Nachwachsende Rohstoffe und Bioökonomie e.V.
Rudolf-Diesel-Str. 12 Tel.: +49(0)551/30738-17
37075 Göttingen roether@3-n.info

Weitergehende Aufbereitung und energetische Nutzung

Energetische Nutzung der Feststoffe sowie Strippung, Fällung und Flockung

Bei der Separation von Gülle und Gärresten fallen eine feste und eine flüssige Phase an. Der Feststoff aus der Separation von Schweine- und Rindergülle ist dabei gut als Substrat in Biogasanlagen nutzbar. Mittels Biogaspotenzialbestimmungen wurden daher die Methanerträge der Gülle-Feststoffe aus der Separations-Versuchsreihe bestimmt. Abbildung 13 zeigt dazu die Methanerträge der Gülle-Feststoffe. Im Vergleich zu Silomais mit einem FM-spezifischen Methanertrag von $113 \text{ l}_N/\text{kg}_{\text{FM}}$ (KTBL Faustzahlen Biogas 2013) lassen sich mit drei Tonnen Gülle-Feststoff etwa eine Tonne Silomais ersetzen.

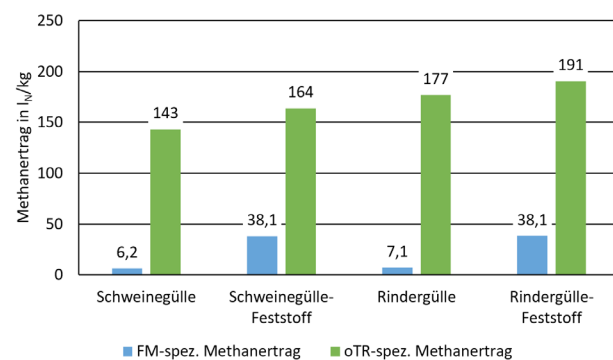


Abbildung 13: FM- und oTR-spezifische Methanerträge der Gülle-Feststoffe

Für die flüssige Phase, auch Filtrat genannt, gibt es eine Reihe weiterer möglicher Aufbereitungsschritte (siehe auch Kapitel mit der Übersicht der Aufbereitungsverfahren). Durch die verfahrenstechnische Aufbereitung könnten weitere Verwendungsmöglich-

keiten geschaffen werden. Im Rahmen der Untersuchungen an der FH Münster wurden vor allem die Ammoniak-Strippung im halbtechnischen sowie die Fällung & Flockung im Labormaßstab intensiver betrachtet.

Ammoniak-Strippung

Aus den Ergebnissen der Separationsversuche mit Mastschweine-, Rindergülle und Gärresten lässt sich ablesen, dass es zu keiner Aufkonzentrierung von Ammonium-Stickstoff in einer der beiden entstehenden Fraktionen kam. Daher wurde zur gezielten Abtrennung des Ammonium-Stickstoffs mit den Filtraten der beschriebenen Güllen und Gärreste aus den Separationsversuchen Versuche mit einer Strippanlage im halbtechnischen Maßstab durchgeführt. Der bei der Strippung in Form von Ammoniak ausgetriebene Ammonium-Stickstoff wird dabei mit Hilfe eines Schwefelsäurewäschers in Form zurückgewonnen. Das entstehende Ammoniumsulfat ist ein handelsfähiger Mineraldünger und kann entsprechend vermarktet werden.

Beim Strippen wird die Zielkomponente, wie in diesem Fall Ammoniak (NH_3) mithilfe eines gasförmigen Trägers wie Luft aus der Flüssigkeit ausgetrieben. Für eine effiziente Strippung werden mit Füllkörpern (Abbildung 14) gefüllte Kolonnen eingesetzt, in die

von unten Luft eingeleitet wird. Von oben rieselt die Flüssigkeit über die Füllkörper herab. Auf dem Weg nach oben nimmt die Luft den Ammoniak aus der Flüssigkeit auf, wodurch der Ammoniak- und damit Stickstoff-Gehalt der Flüssigkeit verringert wird. Die Leistung und Effizienz der Strippung wird maßgeblich von den eingesetzten Kolonneneinbauten und Füllkörper beeinflusst. Zusätzlich kann das Ammonium-Ammoniak-Gleichgewicht durch Temperatur und pH-Wert der Flüssigkeit beeinflusst und somit der Eliminationsgrad gesteigert werden. Der Ammoniak wird im nachgeschalteten Wäscher mit Schwefelsäure als Ammoniumsulfat gebunden und die Luft auf diese Weise gereinigt. Wichtig sind verfügbare Wärmepotenziale am Anlagenstandort für die Temperaturerhöhung. In den Versuchen wurden mit einer halbtechnischen Versuchsanlage (Abbildung 15) separierte Rinder- und Schweinegülle sowie



Abbildung 14: Füllkörper in der Kolonne

separierter Gärrest untersucht. Die Verwendung separierter Substrate hat den Vorteil, dass der Anteil an Feststoffen, insbesondere Fasern, reduziert wurde und diese sich nicht in der Anlage ablagern. In den Versuchen wurden Temperatur und Volumenströme variiert, mit dem Ziel den maximal möglichen Abscheidegrad an Ammonium-Stickstoff zu bestimmen. Zur Bewertung der durchgeführten Versuche wurden vor und nach der Strippung der Ammonium-Gehalt der untersuchten Substrate bestimmt. Mit der halbtechnischen Anlage können Versuche im semi-Batch Verfahren durchgeführt werden. Um einen kontinuierlichen Betrieb der Anlage zu simulieren, wurden mehrere Umläufe hintereinander durch die Kolonne mit der Anlage durchgeführt, damit der maximale Abscheidegrad von Ammonium-Stickstoff erreicht werden kann. In den Versuchen wurde auf eine Anhebung des pH-Wertes der Substrate verzichtet und das Ammonium-Ammoniak-Gleichgewicht ausschließlich durch die Erhöhung der Temperatur zum Ammoniak hin verschoben.

Die Versuchsergebnisse haben gezeigt, dass mit der halbtechnischen Anlage zufriedenstellende Ammoniakentfernungsgrade erzielt werden können. Insbesondere bei separierter Mastschweinegülle und Gärrestfiltrat konnten bei einer Temperatur von 75°C und mehreren Umläufen durch die Anlage hohe Reduktionsraten mit einer Verringerung des Ammonium-Gehaltes bis zu 90 % erreicht werden. Bei Rindergülle konnten im Rahmen der Versuche bis zu 76 % des enthaltenen



Abbildung 15: Halbtechnische Versuchsanlage zum Strippen von Ammoniak der FH Münster

Ammonium-Stickstoffs entfernt werden. Für Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen müssen als Kosten der Energieaufwand für Temperierung und Betrieb der Anlage, die Schwefelsäure für die Rückgewinnung des Ammoniaks sowie bei dem Einsatz von Chemikalien zur Erhöhung des pH-Wertes deren Kosten kalkuliert werden. Dem entgegen stehen die Verwertungskosten, die ohne Aufbereitung anfallen würden und Erlöse für das erzeugte Ammoniumsulfat. Je nach Substrataufkommen und verfügbaren Wärmepotenzialen muss betriebsindividuell betrachtet werden,

ob eine Ammoniak-Strippung zum gezielten Eliminieren von Ammonium-Stickstoff wirtschaftlich sinnvoll ist.

Fällung & Flockung

Neben der Ammoniak-Strippung besteht die Möglichkeit einer Behandlung durch Fällung und Flockung. Diese wird eingesetzt um gezielt Nährstoffe wie Phosphor aus der flüssigen Phase nach der Separation abzutrennen. Durch die Zugabe von dem Flockungsmittel bildet sich ein Flockenschlamm der sich in den meisten Fällen gut vom restlichen Überstand abtrennen lässt (Abbildung 16). Die in dem Substrat enthaltenen Nährstoffe verteilen sich ebenfalls auf Flockenschlamm und Überstand. Der Flockenschlamm enthält dabei hauptsächlich Phosphor, Schwefel, Magnesium, Calcium und Feststoffpartikel. Im Überstand verbleiben Ammonium-Stickstoff und Kalium. Der nahezu partikel-freie Überstand stellt somit auch ein gutes Ausgangssubstrat für eine anschließende Ammoniak-Strippung dar.

Zur Fällung und Flockung können verschiedene Fäll- und Flockungsmittel eingesetzt werden. Hierzu gehören Metallsalze wie Aluminium- oder Eisen (III)-chlorid, synthetische Polymere auf Basis von Polyacrylamid und biologisch abbaubare Flockungsmittel auf Basis von Stärke oder Chitin. In verschiedenen Laborversuchen wurden die vorherig genannten Fällungs- und Flockungsmittel untersucht. Die Versuchsreihen wurden vor allem vor dem Hintergrund der Novelle der Düngemittelverordnung von 2016 betrach-

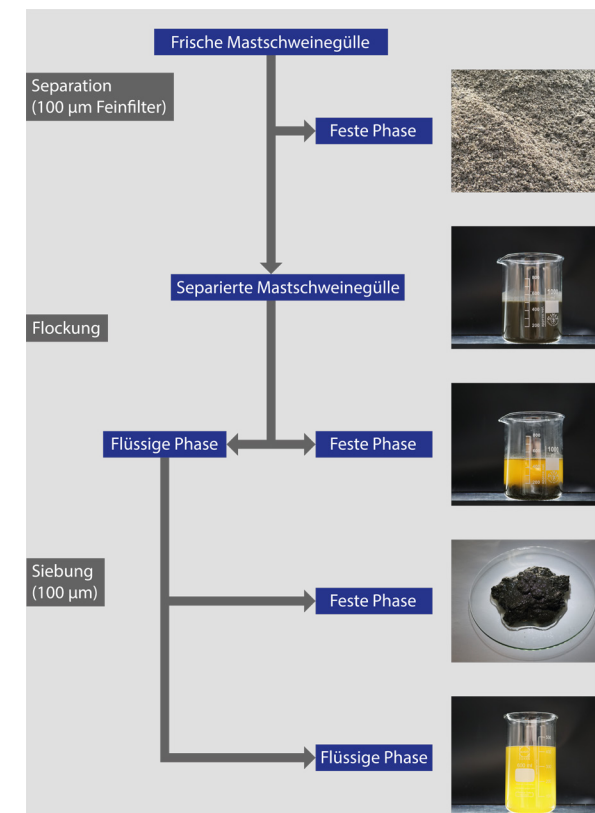


Abbildung 16: Ablaufschema der Fällung & Flockung

tet. Festgelegt ist dort, dass die Abbaubarkeit der eingesetzten Flockungsmittel von 20 % nach 2 Jahren nachgewiesen sein muss. Biologisch abbaubare Flockungsmittel bieten dabei ebenfalls den Vorteil, dass die Nährstoffe nach der Flockung pflanzenverfügbar bleiben und nicht in Komplexen gebunden werden. Die Umsetzung scheitert zurzeit noch an der technischen Machbarkeit sowie der Wirtschaftlichkeit.

Die Ergebnisse der Versuchsreihen (Abbildung 17) zu den biologisch abbaubaren Flockungsmitteln auf Basis von Stärke zeigten eine gute Abtrennung der Nährstoffe bei optimalen Betriebsmitteleinsatz. Durch die Flockung von separierter Schweinegülle mit stärkebasierten Flockungsmitteln bilden ca.

30 % die feste Phase (Flocken) und 70 % die flüssige Phase (Überstand). In den 30 % der festen Phase befinden sich ca. 96 % des gesamten Phosphors und 76 % des gesamten Schwefels. Darüber hinaus befinden sich fast vollständig Magnesium und Calcium in der festen Phase. Im verbleibenden Überstand sind hauptsächlich die Nährstoffe Kalium und Ammonium-Stickstoff vorhanden. Durch die Einstellung der Prozessparameter, wie z.B. Rührdauer und Rührgeschwindigkeit, konnte die eingesetzte Menge der stärkebasierten Flockungsmittel stark reduziert werden.

Durch diese Versuchsreihen konnte gezeigt werden, dass stärkebasierte Flockungsmittel technisch funktionieren und für Schweinegülle genutzt werden können. Dieses Erkenntnis stellt eine neue und innovative Möglichkeit dar, synthetische Polymere und Metallsalze zu ersetzen. Im Labormaßstab wurde eine Phosphorabtrennung durch Flockung mit stärkebasierten Flockungsmitteln von bis zu 96 % erreicht.

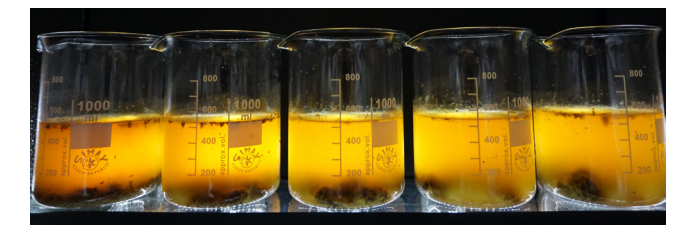


Abbildung 17: Ergebnis einer Laborversuchsreihe mit biologisch abbaubarem Flockungsmittel

Ansprechpartner:

Dr. Daniel Baumkötter
FH Münster
Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt

Tel.: +49 (0) 2551/962422
baumkoetter@fh-muenster.de

Verarbeitung von Gülle durch Entwässerung: Verdampfung, Gefrierkristallisation und Strippung

Im Rahmen des Projekts wurden praktische Untersuchungen zu den Entwässerungstechniken Verdampfung und Gefrierkristallisation durchgeführt. Dünne Güllefraktionen oder Mineralkonzentrate bestehen neben den Nährstoffen überwiegend aus Wasser. Die Verwendung und der Transport von Nährstoffen in diesen wässrigen Gülleprodukten wären wirtschaftlich effizienter, wenn vorab ein großer Teil des Wassers entfernt werden könnte. Für die Entwässerung entstehen jedoch Kosten in Form von Energieverbrauch, Investitionen und Anlagenwartung. Daher ist es notwendig, für eine komplette Güllaufbereitungsanlage die richtige Entwässerungstechnologie einzusetzen, um so die Kosten zu senken. Die gewählte Entwässerungstechnik beeinflusst letztlich die Produktgestaltung, den Energieverbrauch und den Prozessbetrieb in der Güllerverarbeitungsanlage.

Die Techniken der Verdampfung, Gefrierkristallisation und Strippung wurden bezüglich folgender Prozesseigenschaften miteinander verglichen: (1) Basistechnik, (2) Produktgestaltung, (3) Energieverbrauch. Die Studie nimmt keine Wertung vor, da diese je nach Betrieb, Gülle oder gewünschtem Düngersprodukt unterschiedlich sein kann.

Vakuumverdampfung

Durch das Verdampfen von Flüssigkeit kann der Dampf vom Rest der Flüssigkeit getrennt werden. Dieser Prozess wird als Verdampfung bezeichnet. Durch die Entfernung des Wassers aus der Gülle und dem Mineralkonzentrat werden die Flüssigkeiten eingedickt und die Nährstoffe konzentriert. Da Ammoniak flüchtiger ist als Wasser, verdampft Ammoniak früher als Wasser. Eine wichtige Eigenschaft von Ammoniak in einer Lösung ist, dass es bei einem höheren pH-Wert gut verdampft. Wenn die Flüssigkeit einen niedrigen pH-Wert hat, hält diese Flüssigkeit das Ammoniak zurück und kann sogar Ammoni-



Abbildung 18: Aufbau eines Vakuum-Rotationsverdampfers zur Eindickung von Mineralkonzentrat

ak aus der Gasphase aufnehmen.

Bei Saxion wurde der Effekt der Druckreduzierung (Vakuum) auf die Verdampfung von Ammoniak und Wasser (Aufbau Abbildung 18) untersucht. Durch die Absenkung des Drucks müsste das Wasser bei einer niedrigeren Temperatur verdunsten. Aufgrund der niedrigeren Temperatur ist der Energieverbrauch für die Erwärmung der Flüssigkeit geringer.

Die Energieberechnungen und Praxistests zeigen, dass der Druck wenig Einfluss auf den Energieverbrauch der Wasserverdampfung und damit auf die Verdickung eines Konzentrats (1) hat. Um ein Beispiel zu nennen: Eine Druckreduzierung von 1.000 mbar auf 200 mbar für die Verdampfung von Wasser führte zu einer Verdampfungstemperaturreduzierung von ca. 30 °C. (2) Der größte Teil der Energie wird für die Umwandlung von Wasser in Wasserdampf (Verdampfungsenergie) benötigt; (3) die Verdampfungsenergie bleibt bei unterschiedlichen Temperaturen zwischen 20 °C und 100 °C nahezu konstant; und (4) bei eingedickten Produkten benötigt man relativ mehr Energie, um das letzte bisschen Wasser zu verdampfen, und die Wahrscheinlichkeit von Ablagerungen und unerwünschter Kristallbildung steigt.

In den Verdampfungsversuchen wurden Ströme mit einem hohen pH-Wert (alkalisch) verwendet, wodurch Ammoniak relativ leicht aus der Lösung verdunstet (Abbildung 19). Die Verdampfung des Ammoniaks erhöhte jedoch den Druck im Vakuumverdampfer, so dass die Vakuumpumpe beson-

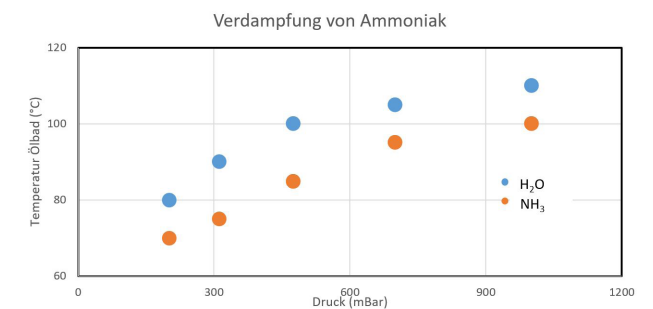


Abbildung 19: Die Verdampfung von Ammoniak aus dem Konzentrat erfolgt bei einer niedrigeren Temperatur als die Verdampfung von Wasser

ders stark pumpen musste, um den Druck im System niedrig zu halten. Das Ergebnis war, dass das Ammoniak den Verdampfer verließ und durch Waschen des austretenden Gasstroms mit Schwefelsäure eine Ammoniumsulfatlösung entstand.

In einem Experiment mit einem Atmosphärendruck von 1.000 mbar ergab sich, dass es keinen Abluftstrom gab, der es ermöglichte, Ammoniumsalze auf den Destillatkolben auszufällen. Diese Fällung bestand aus Kristallen mit hohem Ammonium- und CO₂-Gehalt. Dadurch ist es möglich, ein hochkonzentriertes Ammoniumprodukt (fest) zu erhalten (Abbildung 20).

Darüber hinaus haben wir festgestellt, dass (1) je niedriger die Ammoniumkonzentration in der Lösung ist, desto schwieriger es ist, den letzten Teil aus der Flüssigkeit zu extrahieren; (2) je niedriger der pH-Wert der Lösung, desto schwieriger ist es, das Ammoniak aus der Lösung zu entfernen; (3) die Zugabe von Alkali kann die Entfernung von Ammonium anregen; (4) Kalium verdampft nicht aus der Flüssigkeit und bleibt daher im eingedickten Rückstand.



Abbildung 20: Ammoniumsalz auf der Innenseite des Vakuumverdampfers während der Verdampfung bei 1.000 mbar. Die Kristalle sind einige Millimeter lang

Gefrierkristallisation

Die Gefrierkristallisation arbeitet nach dem Prinzip, dass Flüssigkeiten so weit abkühlen, dass Wasser gefriert und Eiskristalle entstehen. Diese Eiskristalle bestehen aus reinem Wasser und haben eine geringere Dichte als die Flüssigkeit. Die Eiskristalle schwimmen und können so aus der Flüssigkeit entfernt werden, um schließlich Wasser zu entfernen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass durch Abkühlung Salzkristalle entstehen. Diese haben eine höhere Dichte und sinken auf den Boden und können durch Sedimentation getrennt werden. Beide Prozesse, Salzausfällung und Eisbildung, können gleichzeitig stattfinden. Dies wird als eutektische Gefrierkristallisation bezeichnet. Der Vorteil der Eisbildung besteht darin, dass (1) das Gefrieren 7 mal weniger Energie verbraucht als die Wasserverdampfung; (2) bei diesem Prozess ist der Einsatz von Chemikalien minimal; (3) die Wahrscheinlichkeit von Kalkablagerungen an den Maschinen oder Korrosion an den Maschinen ist geringer. Die Gefrierkristallisation bietet im Bereich der

Produktgestaltung mehrere Möglichkeiten: Wasser, Salze und einen konzentrierteren Nährstofffluss. Die Gefrierkristallisationstests für Mineralkonzentrat zeigen, dass es möglich ist, Eis aus diesem Konzentrat zu entfernen (Abbildung 21). Mit dieser Technik ist es auch möglich, das Mineralkonzentrat 4x zu verdicken. Die meisten Nährstoffe blieben in Lösung.

Strippen

Das Strippen von Gülle kann mehrere Zwecke erfüllen: (1) die Entfernung von Ammoniak



Abbildung 21: Eis aus Mineralkonzentrat

und dessen Abscheidung in Schwefelsäure zur Gewinnung von Ammoniumsulfat oder (2) die Entfernung von CO₂, das die Pufferkapazität der Flüssigkeit reduziert. Wenn die Pufferkapazität reduziert wird, wird weniger Base oder Säure benötigt, um den pH-Wert für weitere Verarbeitungsschritte anzupassen. Das Strippen einer Flüssigkeit ist das Pressen einer Gasphase durch diese

Tabelle 1: Übersicht über die verschiedenen Entwässerungsverfahren und die Produktbildung

	Verdampfung 1.000 mbar	Verdampfung 200 mbar	Einfrieren der Kristallisation	Strippen
Aktive Wasser- abscheidung	Nein	Ja	Ja	Nein
Konzentriertes kaliumreiches Produkt	Nein	Ja	Ja, als Salz oder konzentriertes Produkt.	Nein
Ammonium-produkt	Ja (Salz)	Ja, in Kombination mit Säure zu z.B. Ammonium-sulfat	Ammoniumkonzentrate in der Lösung	Ja, in Kombination mit Säure zu z.B. Ammonium-sulfat
NK-Produkt	Nein	Nein	Ja, die meisten Nährstoffe verbleiben in der Lösung.	Nein
Energieprozesse	Ammoniumver- dampfung	Wasser verdunsten lassen (ca. 7 mal mehr Energie als zum Gefrieren)	Einfrieren	Ammonium verdampft und etwas Wasser verdampft gleichzeitig
Wasser	Kein sauberes Wasser	Relativ sauberes Wasser	Relativ sauberes Wasser	Kein sauberes Wasser

Flüssigkeit, die Gase aus dieser Flüssigkeit extrahiert. Ein Teil des Wassers wird jedoch auch entfernt, so dass das Endprodukt weniger rein ist und auch Wasser enthält. Die Wirtschaftlichkeit des Strippens wird durch mehrere Faktoren beeinflusst: - die Art des Konzentrats und der Durchflussmenge, die Pufferkapazität und der Ammoniakgehalt, eine mögliche Ursache für einen Temperaturanstieg.

Produktgestaltung Gülle-nach-Maß Entwässerung

Die Tabelle gibt einen Überblick über die Produktgestaltung und den Energieverbrauch der verschiedenen von uns diskutierten Entwässerungstechniken: Verdampfung, Gefrierkristallisation und Strippen. Einige Ergebnisse: Hochkonzentrierte N-Pro-

dukte werden durch Verdampfung bei 1.000 mbar hergestellt. Auch kann festgestellt werden, dass indem aktiv Wasser entfernt wird, ein reicher Kaliumstrom durch Verdampfung bei 200 mbar und durch Gefrierkristallisation entstehen kann. Diese beiden Techniken sorgen auch für relativ sauberes Wasser. Betrachtet man die Verdampfung bei 200 mbar und das Strippen, so stellt man fest, dass daraus eine Ammoniumsulfatlösung entsteht. Bei diesen Prozessen werden auch Chemikalien eingesetzt (z.B. Schwefelsäure oder andere Säuren). Für die Konzentration von Mineralkonzentrat ist die Gefrierkristallisation eine gute Option, da hier nur Eisbildung stattfindet und das Gefrieren energetisch vorteilhafter als die Verdampfung ist.



<http://mestopmaat.eu/startseite/medien/berichte/>

Ansprechpartner:
Dr. Ir. Simon Hageman
Saxion Hogeschool
M.H. Tromplaan 28
7513AB Enschede
Tel.: +31 (0) 88/019 1530
s.p.w.hageman@saxion.nl

Expertenworkshop – Kundenanforderungen an organische Düngemittel

Für die Entwicklung bedarfsoptimierter Konzepte zur Schließung von Stoffstromkreisläufen ist die Ermittlung der Interessen und Bedürfnisse der Abnehmerseite entscheidend. Diesen Fragestellungen widmete sich der Expertenworkshop „Kundenanforderungen an organische Düngemittel“, der am 14. März 2018 im Klimacenter Werlte stattfand. In einem ausgewählten Teilnehmerkreis wurden über die pflanzenbaulichen, technischen und rechtlichen Anforderungen an organische Düngemittel für verschiedene Einsatzbereiche diskutiert. In interaktiven Workshops erfassten die Teilnehmer Chancen und Hemmnisse und entwickelten entsprechende Lösungsansätze.

Arbeitsgruppe 1 – Pflanzenbauliche Anforderungen an organische Düngemittel

Die Beteiligten waren sich einig, dass Vorteile der organischen Düngung im Humusaufbau und der Aktivierung des Bodenlebens liegen. Die Versorgung mit Mikronährstoffen sowie

die Düngung mit mehreren Nährstoffen wurden sowohl als Vor- als auch als Nachteil betrachtet, da die Zusammensetzung weder beeinflusst werden kann noch in jedem Fall bekannt ist. Auch die Technik der Probenahme sei anzusprechen, da Ungewissheit in Bezug auf die Inhaltsstoffe die größte Marktbarriere sei. Es wurde die Notwendigkeit zur bedarfsorientierteren Düngung geäußert. Die Aufteilung der vorhandenen Wirtschaftsdünger an die Kulturen mit entsprechenden Nährstoffbedarfswerten werde in der Praxis bereits umgesetzt, ebenso der Tausch unter Nachbarn. Hier wurden jedoch bürokratische Hürden als Probleme genannt. Von vielen Akteuren wurde ein Ausgleich der Nährstoffströme genannt. Auch die Vertreter aus den aufnehmenden Regionen betonten, dass für die Nährstoffe, die in Form von Futtergetreide in die Veredlungsregionen fließen, ein Nährstoffrückfluss stattfinden muss. Dieser Kreislaufgedanke eint alle beteiligten Akteure.



Abbildung 22: Gruppenfoto der Teilnehmer

Einigkeit herrschte darin, dass die Homogenität der gelieferten Wirtschaftsdünger von entscheidender Bedeutung ist und die nominellen Nährstoffgehalte tatsächlich enthalten sein müssen. Hier werden große Hoffnungen in die NIRS Technik gesetzt, diese müsse jedoch durch offizielle Stellen anerkannt sein. Bei sehr hohen Nährstoff-

konzentrationen durch Geflügelmist und konzentrierte Gülle/Gärreste befürchten alle Beteiligten Verteilungsfehler. Hier werden teilweise Lösungen von der Agrartechnik erwartet, um diese neuen Produkte ähnlich genau wie mineralische Dünger ausbringen zu können. Der größte Vorteil wurde zumindest für Deutschland in der Umwandlung

von organischem zu mineralischem Stickstoff gesehen. Damit entfällt die Anrechenbarkeit auf die 170 kg Grenze und gleichzeitig besteht eine höhere Wirkungssicherheit.

Arbeitsgruppe 2 – Technische Anforderungen an organische Düngemittel

Die Teilnehmer stellten fest, dass in Ackerbauregionen oft nicht über angemessene Ausbringungstechnik verfügt werden kann. Dementsprechend müsse die benötigte Technik zur Verfügung gestellt werden oder die Wirtschaftsdünger seien so aufzubereiten, dass die vorhandene Technik genutzt werden könne.

Bemängelt wurde, dass vielfach die Zusammensetzungen der organischen Dünger nicht bekannt sei. Auch sind die Mineralisation und das Freisetzen der Nährstoffe im Boden nicht in ausreichendem Maße vorhersehbar. Ein weiteres Problem wurde in der fehlenden Kommunikation zwischen Abnehmer und Anbieter gesehen. Ein maßgeblicher Kostenfaktor ist außerdem der Transportweg. Die Transporte sollten zentral koordiniert wer-

den, um Synergieeffekte zu erzeugen.

Dazu wurden folgende Lösungsansätze erarbeitet:

- Aufbau einer Datenbank, in der von jeder angebotenen Partie die N-, P-, K-, und TS- Gehalte bekannt sind
- Aus den vorhandenen Mengen alle Nährstoffe destillieren und diese nach Kundenwunsch und Maßgabe der bekannten NPK-Mineraldünger zusammenmischen
- Die Einzelkomponenten herstellen und anbieten
- Mengen vor Ort transportieren und dort konfektionieren
- NIRS-Technik voranbringen, um eine sofort verfügbare Qualitätskontrolle zu ermöglichen
- Ein zentrales virtuelles Netzwerk (Marktplatz) kreieren, um Angebot und Nachfrage zueinander zu bringen (z.B. „Ebay“, Marktplatz, Düngerbank)
- Um das Angebot besser auf die Bedürfnisse abstimmen zu können, sollen für die wichtigsten Kulturen die Nährstoffbedürfnisse aufgelistet werden

Arbeitsgruppe 3 – Rechtliche Anforderungen an organische Düngemittel

Die organischen Dünger sind eindeutig benachteiligt und zwar in Deutschland u.a. aufgrund der Begrenzung der Stickstoffdüngung auf maximal 170 kg N/ha im Betriebsdurchschnitt, der hohen Dokumentations-, Melde- und Nachweispflichten sowie der Diskrepanzen bei den N- Anrechenbarkeiten zwischen den Rechtsvorschriften und der Praxis. Aufgrund des Quotensystems für Phosphat, das auf Betriebsebene etwa eine Düngung von maximal 40 kg P/ha zulässt, sind organische Dünger auch in den Niederlanden rechtlich benachteiligt.

Die Teilnehmer der Arbeitsgruppen wünschten sich einen Ausgleich zu Lasten der Mineraldünger. Sie können sich eine Verteuerung der Mineraldünger/ Kunstdünger (z.B. Steuererhebung) oder eine Belohnung qualitativ hochwertiger organischer Produkte (z.B. Befreiung von der 170 kg Grenze oder vom P-Quotensystem) vorstellen. Weitere wünschenswerte Entwicklungen waren für die Teilnehmer die düngerechtliche Anerken-

nung der NIRS-Analytik und die Förderung von Biogasanlagen in Ackerbauregionen, wenn diese Wirtschaftsdünger einsetzen.

Diskutiert wurde außerdem über ein Kontrollsystem der Bodenanalysen (mit amtlichen Probenahmen), die das umfangreiche Nachweis- und Dokumentationssystem bei der organischen Düngung ersetzen soll. Die Sanktionen (OWI-Bußgelder) in Deutschland sollten auf ähnliche Höhen wie in den Niederlanden (betriebliche P-Überschüsse kosten dort etwa 11 €/kg) angehoben werden. Der ausführliche Ergebnisbericht sowie die Vorträge zum Expertenworkshop sind über folgenden Link bzw. QR-Code zu finden:



<http://mestopmaat.eu/expertenworkshop-kundenanforderungen-an-organische-duengemittel/>

Ansprechpartner:

Carolin Könning
3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachhaltige Rohstoffe und Bioökonomie e.V.
Kompaniestraße 1 Tel.: +49 (0) 5951/9893-23
49757 Werlte koenning@3-n.info

Verwertungsmöglichkeiten von Produkten aus der Gülle- und Gärrestaufbereitung in der Landwirtschaft

Die Aufbereitung von Gülle und Gärresten verfolgt mehrere Ziele. Regionen mit hohem Anfall an organischen Düngern sollen entlastet werden, was auch durch einfachen Abtransport der Gülle erfolgen kann, aber relativ hohe Kosten verursacht. Weiterhin soll ein möglichst homogenes Produkt erzeugt werden, um eine bedarfsgerechte Düngung zu ermöglichen. Im Idealfall sollen die Makronährstoffe als Einzelkomponenten zur Verfügung stehen, um damit eine Einzelflächenbezogene Düngung durchführen zu können. Gülle als Begriff beschreibt ein Gemisch von Kot und Harn verschiedener Tierarten, sowie geringen Anteilen an Futterresten und Einstreu sowie Wasser. Damit ist Gülle ein sehr inhomogenes Gemisch aus in Wasser gelösten Nährsalzen (v.a. Ammonium und Kalium) und in der Trockenmasse, in kleineren oder größeren Schwebeteilchen, gebundenen Nährstoffen (v.a. Phosphat, organisch gebundener Stickstoff, Magnesium, Calcium und große Teile des Schwefels). Als Emulsion neigt Gülle grundsätzlich zur Entmischung (Bildung von Sink- und Schwimmschichten mit erhöhtem Nährstoffgehalt). Vor allem dünnflüssige Schweinegülle entmischen sich sehr zügig, während Rindergüllen und Gärreste, aufgrund einer durch Schleimstoffe verursachten höheren Viskosität, weniger stark zur Entmischung neigen. Die daraus

resultierenden Nährstoffschwankungen in der Gülle und bei der Ausbringung sind die größten Hemmnisse für die Aufnahme von organischen Düngemitteln (Umfrage bei MoM-Expertenworkshop 2018, siehe auch vorheriges Kapitel dazu). Weitere wesentliche Hemmnisse sind Unsicherheit, fehlendes Vertrauen, fehlende Zertifizierung und mangelnde Akzeptanz der Bevölkerung für riechende Gülle (ebenda).

Aus pflanzenbaulicher Sicht sind Güllen und Gärreste interessante und gut wirksame Dünger, wenn sie unter optimalen Witterungsbedingungen ausgebracht werden. Bei zu hohen Temperaturen, unzureichender Beschattung und niedriger Luftfeuchtigkeit steigen Ammoniakverluste und Geruchbildung stark an. Bei zu früher Ausbringung besteht ein hohes Risiko der Nitratverlagerung. Ein großes Problem der Rohgüllen und Gärreste in der Praxis ist das relativ konstante Verhältnis der Nährstoffe zueinander, das dem unterschiedlichen Bedarfsmuster der Kulturen nur in Teilen entspricht.

Die einfachsten Formen der Gülleaufbereitung, und in der Praxis am häufigsten genutzt, sind die mechanischen Verfahren der Sedimentation, Pressschneckenseparation und der Einsatz von Dekanter-Zentrifugen sowie verschiedene Siebverfahren (Presssieb, Vakuumsieb, usw.). Alle diese Verfahren kon-

zentrieren einen großen Teil der Trockenmasse und der darin befindlichen Mineralstoffe auf einen Bruchteil des Gesamtvolumens. Bei der Sedimentation bleibt das Konzentrat flüssig, während bei Dekanter und Pressschnecke ein stapelbares Material mit Trockenmassegehalten zwischen 20 und 35 % entsteht. Durch die Abtrennung der organischen Masse erfolgt eine starke Anreicherung an Phosphat und organischem Stickstoff, während die Gehalte an Ammonium und Kalium kaum steigen. Durch den hohen Anteil an Phosphat sind diese Produkte vor allem in Ackerbauregionen einzusetzen, in denen häufig niedrige Bodenphosphatgehalte vorherrschen. Die Düngewirkung von Phosphat aus Gülle ist mit etwa 80 % wasserlöslichem Phosphat sowohl kurz- als auch langfristig als sehr gut einzuschätzen (**Wiesler und Armbruster 2013**).

Nachteil dieser Konzentrate ist die relativ niedrige kurzfristige Wirkung des Stickstoffs im Jahr der Anwendung, da ein relativ hoher Anteil des Stickstoffs organisch gebunden ist. Auch was die Wirkung des Ammonium-Stickstoffs angeht sind die Konzentrate als unterdurchschnittlich zu bewerten. In flüssigen Konzentraten verlangsamt eine höhere Viskosität die Infiltration, wodurch Ammoniakverluste steigen können. In festem Separat können bereits während der Lagerung hohe Ammoniakverluste entstehen, weiterhin bestehen Hinweise auf die Gefahr der Immobilisierung von Ammonium (**v. Tucher et al. 2011**), die Düngewirkung schneidet in Feldversuchen deutlich schlechter ab als die nicht separierter Güllen

und Gärreste (**Lichti et al. 2013**). Die Mineraldüngeräquivalente des Ammoniumstickstoffs eines festen Gärrestes lagen dort bei nur 27 % in Silomais und 39 % in Winterweizen und unterschied sich damit signifikant von nicht separiertem Gärrest mit 91 % und 55 %. Ein weiterer Nachteil des festen Separates ist die geringere Verteilgenauigkeit bei der Ausbringung mit dem Festmiststreuer (vgl. **Kosch et al. 2004**). Vor diesem Hintergrund sollte festes Gülleseparat möglichst nicht lange gelagert und nach Möglichkeit nicht fest aufgebracht, sondern besser zur Methanerzeugung in Biogasanlagen genutzt und anschließend in flüssiger Form verbracht werden. Wird Gärrest in fester Form aufgebracht, steht die Grunddüngung mit Phosphat, Kalium, Schwefel und Magnesium sowie die langfristige Versorgung mit Stickstoff im Vordergrund. Zur Bestandesführung eignet sich dieser kaum.

Um die Abscheidegrade der mechanischen Verfahren zu erhöhen werden teilweise Fäll- und Flockungsmittel als chemische Unterstützer eingesetzt. Flockungsmittel stehen als synthetische Polymere per se in der Kritik und könnten Einfluss auf möglich zukünftige Zertifizierungen der Produkte haben. Fällungsmittel gehen eine chemische Reaktion mit einzelnen Nährstoffen ein. So wird häufig Eisensulfat zur Fällung von Phosphaten und Schwefel eingesetzt. Nebenwirkung ist, dass die gute Löslichkeit und Wirksamkeit des Phosphates aus der Gülle verloren geht, da Eisenphosphate sehr schlecht verfügbare Nährstoffe sind (**Wiesler und Armbruster 2013**).

Das andere Produkt der Separation ist die

Dünnphase, teilweise auch Fugat oder Filtrat genannt. Die Dünnphase ist, je nach Aufbereitungsintensität mäßig bis stark von Phosphat und organischem Stickstoff befreit. Die Dünngülle wirkt tendenziell besser als Rohgülle / Gärrest, wie **Lichti et al. (2013)** für Triticale und Weizen feststellen konnten. In Silomais, wo unmittelbar nach der Ausbringung eingearbeitet wird, waren unbehandelter Gärrest und Dünnphase in etwa gleichwertig. Einen großen Vorteil hat die dünne Fraktion auf Grünland, da sie deutlich weniger Futterverschmutzungen verursacht als Rohgülle und Gärrest. Alternativ zum Einsatz von Dünnphase wird vielfach der Zusatz von Wasser zur Rohgülle empfohlen, wodurch sich jedoch der Aufwand für die Aufbringung deutlich erhöht und gleichzeitig Schäden durch häufigeres Überfahren mit schweren Lasten drohen (**Elsässer und Messner 2018**). Die angesprochenen mechanischen Aufbereitungsverfahren sind die erste Stufe fast aller bisher untersuchten Aufbereitungsverfahren von Gülle und Gärreste. Die weiteren Aufbereitungsschritte behandeln also in der Regel Feststoffe oder die Dünnphase.

Weitere Aufbereitung der Feststoffe

An Biogasanlagen schließt sich an eine Separation häufig eine Trocknung des Feststoffes an. Ziel ist, durch Verdampfung von Wasser den Feststoff noch transportwürdiger zu machen. Durch die Erwärmung wird auch Ammoniak aus dem Eingangsprodukt ausgetrieben, dieser wird in vielen Anlagen in einem Abluftwäscher mit Schwefelsäure

gebunden, so dass eine Ammoniumsulfatlösung (ASL) entsteht. Diese ist jedoch häufig mit Stäuben belastet, so dass sie nicht die Voraussetzungen für ein handelbares Düngemittel nach Düngemittelverordnung einhält. Eine Ausbringung mit Exakttechnik (Pflanzenschutzspritze) ist wegen der Belastung mit Schwebeteilchen auch nicht möglich, so dass die Ausbringung im Regelfall als Tankmischung mit Gülle oder Gärresten erfolgt. Das Ziel aus Gärrest einen marktfähigen Mineraldünger zu erzeugen wird an dieser Stelle verfehlt. Im eigenen Betrieb ist der Zusatz von verunreinigter ASL dem Zusatz einer handelsüblichen ASL zur Gülle gleichzusetzen.

Der getrocknete Feststoff stellt, je nach verwendetem Trocknerverfahren, ein feines Granulat mit Korngrößen zwischen wenigen Millimetern, bzw. Bruchteilen davon, bei gleichzeitig sehr niedrigen Schüttgewichten dar. Damit entsteht ein Produkt, das mit praxisüblicher Technik schlecht streufähig ist, bei der Ausbringung eine hohe (nährstoffreiche) Staubbelastung verursacht und aufgrund der geringen Schüttdichte selbst Großraummulden nicht bis zum zulässigen Maximalgewicht auslasten kann, womit sich die Transportkosten je Tonne erhöhen. Bei anderen Trocknungsverfahren wird daher flüssiger Gärrest in den Trocknungsprozess eingespritzt, um eine Verklumpung herbeizuführen. Einige Praktiker pelletieren das leichte Material, um es kompakt und transportfähig sowie staubarm und gut streufähig zu bekommen. Diese Produkte finden

Einsatzmöglichkeiten zur Grunddüngung im Wein- und Gartenbau, wo flüssige organische Dünger nicht ohne weiteres eingesetzt werden können. Getrocknete Feststoffe entsprechen von der Zusammensetzung und Wirksamkeit in etwa separierten Feststoffen, enthalten jedoch verfahrensbedingt weniger schnell verfügbaren Stickstoff. Dies ist bedingt durch die oben genannte Austreibung von Ammoniumstickstoff.

Weitere Aufbereitung der Dünnphase

In einigen projektierten Aufbereitungsanlagen schließt sich an die Separation eine weitere Entfernung von Trockenmasse aus der dünnen Phase an. Es verbleibt eine wässrige Lösung verschiedener Nährsalze, vor allem Ammonium und Kalium zurück, fast frei von Trübungsstoffen. Die Lösung könnte direkt als Dünger eingesetzt werden oder durch weitere Entfernung von Wasser durch Umkehrosmose aufkonzentriert werden. Das wird im Projekt Kunstmestvrije Achterhook in den Niederlanden bereits erfolgreich umgesetzt. Das Projekt und das dazugehörige Düngemittel werden im folgenden Artikel näher vorgestellt. Diese Nährlösung ist aber nach geltendem Düngerecht immer noch auf die 170 kg N Grenze anzurechnen, so dass außerhalb der Projektregion nicht die Möglichkeit besteht, Mineraldünger durch dieses Produkt zu substituieren. In Streifenversuchen auf Praxisflächen wurde im Jahr 2018 im Mittel der drei Schnitte ein vergleichbares Ertragsniveau wie beim Einsatz von Kalkammonsalpeter erzielt. Aufgrund der

Ausbringmenge von 2.000 bis 4.000 l/ha, ist bisherige Düngetechnik nicht geeignet. Für Gülletechnik wären die Mengen zu niedrig, für Pflanzenschutz- und Cultantechnik zu hoch. Die Firma Slootsmid hat ein spezielles Ausbringungsgerät gefertigt, welches Faß und Schleppschuh aus der Gülletechnik mit Dosiertechnik aus dem Bereich der Pflanzenschutztechnik kombiniert. Ein Einsatz dieses Düngers in anderen Kulturen als Grünland ist ebenfalls denkbar, die Düngewirkung sollte Mineraldüngern auch dort gleichwertig sein. Wird dieser N-K Lösung mittels Ammoniak-Strippung der Stickstoff entzogen, entsteht eine N-freie Kaliumlösung. Diese dürfte unabhängig von Regelungen für tierische Wirtschaftsdünger gedüngt werden, eine Überversorgung mit Kalium sollte aber ebenfalls vermieden werden. Die Düngewirkung sollte mineralischen Kalidüngern gleichwertig sein, der Ausgleich des Kali-Magnesium Verhältnisses (Kalium und Magnesium sind Antagonisten) muss über die Düngung von Magnesium gesichert werden. Der Einsatz zu Chlorid-empfindlichen Kulturen (Kartoffeln, zahlreiche Gemüsearten) ist jedoch nur bedingt möglich.

Die bei der Strippung ebenfalls anfallende ASL lässt sich auf die Nährstoffgehalte von ASL nach Düngemittelverordnung einstellen und stellt damit einen handelbaren N-S-Dünger dar, der nicht auf die 170 kg N Obergrenze für organische Dünger anzurechnen ist. ASL ist in vielen Kulturen gut einsetzbar, als Zusatz zu AHL um die Schwefelversorgung abzusichern oder im Cultan-Verfah-

ren. Die Höhe der Schwefelgabe sollte sich am Bedarf orientieren, um die Verlagerung von Sulfat nicht unnötig zu steigern und den Boden pH-Wert zu stark abzusenken. Aus dem Kläranlagenbereich gibt es einige Ansätze zur Rückgewinnung von Phosphat. Zu den thermischen Verfahren gehören unter anderem die Rückgewinnung aus

Klärschlammaschen und Rückgewinnung aus Klärschlammbricketts im Mephrec-Prozess. Diese Verfahren liefern gering bis mittel wirksame Phosphatdünger (**Wiesler und Armbruster 2013**). Ebenfalls von geringer bis mittlerer Wirksamkeit sind Phosphatdüngemittel, die Phosphat nach lösen durch pH-Wert Senkung mit Eisen (gering), Magnesium

Tabelle 2: Eignung von organischen Düngemittel für verschiedene Anwendungen

Düngeprodukte	Energetische Nutzung	Schwerpunkt: Wirksamkeit des Stickstoffs, Bestandesführung, Nährstoffzusammensetzung							Gehalt und Wirksamkeit Phosphat	
	Biogas	Grünland 1.+ 4. Schnitt	Grünland 2.+3. Schnitt	Winter-Raps, Winter-Gerste, Zwischenfrucht Herbst	Getreide früh	Getreide spät	Mais früh	Mais spät	Phosphat kurzfristig	Phosphat langfristig
Rohgülle	xx	xx	x	xxx	xxx	x	xxx	x	xxx	xxx
Filtrat	x	xxx	xx	xxx	xxx	xx	xx	xx	x ¹	x ¹
Feststoff	xxx	x		xx	xxx		xxx		xxx - (x) ²	xxx
Gärrest		xxx	x	xxx	xxx	x	xxx	x	xxx	xxx
Filtrat		xx	xx	xx	x	xx	xx	xxx	x ¹	x ¹
Feststoff	x	xx		xxx	x		x		xxx - (x) ²	xxx
getrockneter Feststoff				x	x				xxx - (x) ²	xxx
getrockneter Gärrest		x		xx	x		xx		xxx - (x) ²	xxx
pellettierter Gärrest		xx		xx	xx		xx		xxx - (x) ²	xxx
ASL ³ nach DüMV ⁴		xx	xxx	xx	xxx	xxx	xx	xxx		
ASL ³ unrein (Staubbelastung)		x	xx	x	xx	x	xx	xx		
Ammoniumnitratlösung		xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx		
NK-Lösung		xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx		
(N)K-Lösung		xxx	xxx	x	xxx	xx	xxx	x		
Magnesium-Ammonium-Phosphat (Struvit)		xx		x	xx		xxx	x	xxx	xxx
Produkte aus Gärrestverbrennung		x		x	x		(x)		(x)	xx

Erklärung:

- xxx = optimal verwertbar, entspricht üblichen Mineraldüngern, ideales Produkt für diese Anwendung
- xx = gut verwertbar, etwas schlechter in kurzfristiger Wirkung; langsamer umsetzbar; höhere Aufbringungsverluste
- x = mäßig verwertbar; wenig vom Nährstoff enthalten oder nur sehr langsame Verfügbarkeit; hohe Gefahr von Aufbringungsverlusten
- (x) = kaum / sehr langsam verfügbar
- = Einsatz nicht sinnvoll / keine Wirkung

Fußnoten:

¹: Abstufung aufgrund der niedrigen Gehalte an Phosphat. Verfügbarkeit gut.
²: schlechte Verfügbarkeit bei Einsatz von Fällungsmitteln, v.a. bei Einsatz von Eisensulfat.
³: Ammoniumsulfatlösung
⁴: Düngemittelverordnung

Literatur

Elsäßer, M. und Messner, J. (2018): Gülledüngung in Grünland, in Merkblätter für die Umweltgerechte Landbewirtschaftung
Kosch, R., Klose, A. und van der Weghe, H. (2004): Drehmoment-geregelte Kratzbodengeschwindigkeit bei Festmiststreuern, in Agrartechnische Forschung 10 (2004)
Lichti, F., Wendland, M., Schidhalter, U. und Offenberger, K. (2013): Biogasgärreste effizient und nachhaltig einsetzen, in Agrarforschung hat Zukunft Wissenschaftstagung der LfL, LfL Schriftenreihe 4/2013
v. Tucher, S., Fouda, S., Lichti, F., und Schmidhalter, U. (2011): Kurz- und längerfristige Stickstoffwirkung nicht separierter und separierter Biogasgärreste zu Weidelgras nach einmaliger und wiederholter Ausbringung. Gülle 11 Gülle- und Gärrestdüngung auf Grünland,
Wiesler, F. und Armbruster, M. (2013): Auf die Pflanzenverfügbarkeit kommt es an –Die Vorzüglichkeit unterschiedlicher Phosphat-Düngemittel in Landwirtschaft-Heute 39/2013

zu allen Kulturen einsetzbar. Auf Böden die zur Festlegung von wasserlöslichem Phosphat neigen (z.B. Eisenhaltige Böden) nutzt man die Bildung von Struvit durch Zugabe von Kieserit um gedüngtes wasserlösliches Phosphat vor Alterung zu schützen.

Die nebenstehende Tabelle gibt in stark vereinfachter Form Auskunft, welches organische Düngemittel bzw. Produkt aus der Aufbereitung organischer Düngemittel in welcher Kultur gut einsetzbar ist. Dabei werden Kompromisse in der Genauigkeit eingegangen um eine gewisse Übersichtlichkeit zu erreichen. So wird z.B. Rohgülle als einheitliches Gut bewertet, obwohl das Spektrum in der Praxis von dünner Sauengülle bis hin zu dicker Mastbullengülle reicht. Die Tabelle geht bei der Anwendung und Ausbringung von praxisüblicher Technik (Gülletechnik = Schleppschlauchverteiler) und durchschnittlichen Bedingungen zur Ausbringung aus. Die dargestellte Einstufung einzelner Düngemittel kann sich durch bessere oder schlechtere Ausbringungstechnik und durch günstigere oder ungünstigere Bedingungen zum Einsatzzeitpunkt deutlich verändern. Die gewählte Darstellung soll weder abschließend noch vollständig sein, sondern bewusst vereinfachen und einen ersten ungefähren Überblick geben. Die Tabelle basiert auf verschiedenen Feldversuchen und Literaturarbeiten zu Einzelaspekten sowie Einstufungen aufgrund der Erfahrung des Autors.

Ansprechpartner:

Bastian Lenert
Landwirtschaftskammer NRW
Borkener Straße 25 Tel.: +49 (0) 2541/910247
48653 Coesfeld bastian.lenert@lwk.nrw.de

Produktion und Anwendung von Grün-Wiesendünger

Allgemeines

Mitte 2017 führten die Ergebnisse von Sondierungsstudien und Forschungen im Rahmen des Dünger-nach-Maß Projekts zu dem Schluss, dass es Möglichkeiten gibt, einen Dünger auf der Grundlage von Mineralien aus Gülle und anderen Biomasseabfallströmen zu vermarkten. Dieser Dünger wird im Folgenden als Grün-Wiesendünger (Groene Weide Meststof - GWM) bezeichnet. Im Herbst 2017 wurden in diesem Zusammenhang Gespräche mit dem niederländischen Wirtschaftsministerium aufgenommen. Das Ministerium war bereit, für die Umsetzung eines Pilotprojektes mit diesem GWM-Dünger zu plädieren. Unter anderem wegen der Lage von Groot Zevert wurde die Region Achterhoek für dieses Pilotprojekt ausgewählt. Aufgrund der Vorschriften der Europäischen Nitratrictlinie war für das Pilotprojekt eine Ausnahmegenehmigung erforderlich. Diese wurde durch die Einbeziehung des Pilotprojektes in das Sechste Aktionsprogramm im Rahmen der Nitratrictlinie erreicht, das der EU im Dezember 2017 vorgelegt wurde. Die EU hat der Ausnahmegenehmigung zugestimmt und sie gilt für den Zeitraum 2018-2021. Im Rahmen des Pilotprojekts dürfen maximal 7.500 ha landwirtschaftliche Nutzfläche von maximal 150 Betrieben mit einem GWMD-Dünger gedüngt werden.

Praxistest Vergleich von GWM und Mineraldünger

Im Jahr 2018 führten neun Milchbauern im Achterhoek (von Netterden bis Neede) und auf

dem Versuchsbetrieb De Marke einen praktischen Versuch auf Grünland durch. Auf jedem Betrieb wurden Wiesenflächen mit einer maximalen Größe von 5 ha auf ihre Verwendbarkeit im Feldversuch hin untersucht. Die Bodenart, die Homogenität der Fläche, die Qualität der Grasnarbe usw. wurden berücksichtigt. Diese Flächen wurden dann halbiert, mit der Absicht, die eine Hälfte mit GWM und die andere Hälfte mit Mineraldünger zu düngen. Insgesamt betrug die Gesamtfläche dieser Demo-Felder 50 ha. 2018 wurde die Hälfte davon mit einem GWM-Dünger gedüngt, die andere Hälfte mit den gleichen Mengen an Nährstoffen in Form von Mineraldüngemittelgranulat. Für die Studie wurde ebenfalls ein Protokoll erstellt. Dazu gehörte die Messung der Bodenfruchtbarkeit und der Stickstoffmenge im Boden bis zu einer Tiefe von 90 cm (für die Erstdüngung, Zwischen- und Nachsaison (Winterruhe)). Darüber hinaus wurde das Wachstum des Grases der verschiedenen Schnitte durch eine spezifische Schätzung der Erträge beider Hälften der Parzellen mit Hilfe eines Grashöhenmessers verglichen. Zusätzlich wurde eine stichprobenartige Analyse des Futterwertes des Grases an insgesamt vier Flächen (erster und zweiter Schnitt) durchgeführt. Die Nährstoffmenge auf den Flächen wurde sorgfältig überwacht. Aus jeder Düngungsrunde wurden zu diesem Zweck Proben des tierischen Düngers entnommen und analysiert. Auch die Zusammensetzung des Düngers und des GWM wurde mittels Analyse sorgfältig überprüft.

Zusammensetzung GWM

2018 war im Achterhoek keine Anlage in Betrieb, die ein Mineralkonzentrat aus Tierdünger herstellte. In dem Jahr wurde ein Mineralkonzentrat von Kumac, einem Gülleverarbeitungsunternehmen im Süden der Niederlande, gekauft. Dieses wurde im Achterhoek mit Ammoniumsulfat von GMB (Zutphen) und Harnstoff von ForFarmers (Lochem) vermischt, um ein den Pflanzenanforderungen entsprechendes Produkt zu erhalten. Die verschiedenen Produkte wurden gemischt, indem



Abbildung 23: Düngerapplikation

das Ausgangsmaterial mit Hilfe einer externen Pumpe in ein Silo umgepumpt wurde, während die berechnete Menge an Ammoniumsulfat und Harnstoff langsam hinzugefügt wurde. Das Endprodukt wurde immer beprobt. Erst nach der Genehmigung einer Charge auf Basis der Analyseergebnisse wurde es zur Anwendung freigegeben. Der GWM enthielt folgende Nährstoffkonzentrationen pro Tonne: 23 kg N, 10 kg K₂O, 11 kg S.

Der Mineraldünger wurde nach Maß hergestellt und von Triferto geliefert. Die Zusammensetzung dieses Düngers wurde so gewählt, dass genau die gleiche Menge an Stickstoff, Kalium und Schwefel über den Dünger zugeführt wer-

den konnte wie mit GWM.

GWM Düngerapplikation

Eine umfangreiche Marktanalyse ergab, dass auf dem Markt kein geeigneter Düngerverteiler zur Verfügung stand, um GWM in den gewünschten Mengen auszubringen. Hauptengpass war die Menge an GWM, die pro ha emissionsarm in Kombination mit einer Kapazität von ca. 8 bis 10 ha pro Stunde ausgebracht werden musste. Der GWM-Dünger benötigt ca. 2 bis 4 m³/ha. Auf dem Markt erhältliche Systeme wie ein Speicheninjektor können bis zu ca. 1,5 m³/ha oder ab ca. 15 m³/ha verteilen. Mit dem Lieferanten der Landmaschinenschlosserei Slootsmid in Borculo wurden Gespräche aufgenommen. Für diesen Praxistest hat dieser Betrieb einen Prototyp-Injektor mit einer Arbeitsbreite von 6 Metern entwickelt. Diese Maschine wurde Ende März 2018 zur Verfügung gestellt und sofort eingesetzt, wobei großes Interesse der Medien zu verzeichnen war. Basierend auf den Erfahrungen mit dem Prototyp wurde ein Projekt zur Entwicklung eines vollwertigen Gülleinjektors mit einer Arbeitsbreite von 12 bis 15 Metern entwickelt. Diese Maschine wurde im Frühjahr 2019 in Betrieb genommen.

Ergebnisse 2018

Der vergleichende Feldversuch auf zehn über den Achterhoek verteilten Flächen ergab, dass GWM mit Mineraldünger vergleichbar ist. Das Gras wuchs auf beiden Hälften genauso gut, der Futterwert und die Analysen der Bodenproben zeigten keine Unterschiede. Die Wachstumsaison 2018 war jedoch außergewöhnlich. Noch nie zuvor gab es in den Nie-



Abbildung 24: Testfläche

derlanden eine so lange Dürreperiode und gleichzeitig so lange warme und sehr warme Tage. Dies führte dazu, dass nur der erste und zweite Schnitt auf allen Flächen als normal angesehen werden konnte. Danach wuchs nur auf bewässerten Parzellen noch Gras. In diesem Praxistest war dies auf zwei Flächen der Fall. Der Vergleich dieser beiden Flächen ergab auch ein ähnliches Bild bezüglich der Mineraldünger- und GWM-Flächen. Auf Nachfrage gaben alle Teilnehmer selbst auch an, dass sie keinen Unterschied zwischen den Versuchsflächen und ihren anderen Flächen sahen. Zwei Teilnehmer gaben an, dass das Erscheinungsbild der Testfläche (beide Teile) besser aussah als das ihrer anderen Flächen. Alle Teilnehmer waren bereit, ihre Flächen für die Fortsetzung des Feldversuchs 2019-2021 zur Verfügung zu stellen. Das Pilotprojekt 2018 wurde von Experten von WUR-WENR betreut.

Stickstoff im Boden

Teil des Vergleichs der Effekte zwischen GWM und Mineraldünger ist auch die Analyse der Stickstoffmengen im Boden. Kurz vor der Vegetationsperiode 2018, zur Hälfte der Vege-

tationsperiode und am Ende der Vegetationsperiode wurden Bodenproben von 0 bis 30 cm, von 30 cm bis 60 cm und von 60 bis 90 cm entnommen. Am Ende der Vegetationsperiode zeigte die anhaltende Dürre, dass die Stickstoffmenge im Boden deutlich höher war als normal. Es gab keine wesentlichen Unterschiede zwischen der GWM- und der Mineraldüngerflächen der Demofelder. Die Schlussfolgerung ist daher, dass sich GWM und Mineraldünger in dieser Hinsicht ähnlich verhalten.

Demo-Felder Fortsetzung 2019

Im Januar 2019 wurden die zehn teilnehmenden landwirtschaftlichen Betriebe gebeten, ihre Demofelder im Jahr 2019 für eine weitere Anbausaison zur Verfügung zu stellen. Der einzige Teilnehmer mit Grasland und Lehm-boden wurde gefragt, ob er eine zweite Fläche mit neu gesäter Narbe an der praktischen Erprobung teilnehmen lassen möchte. Alle Teilnehmer waren begeistert, so dass im März 2019 weitere zehn Demofelder zur Hälfte mit GWM und zur anderen Hälfte mit Mineraldünger gedüngt wurden. Die Gesamtfläche der Demo-Flächen betrug erneut 50 ha.

Erweiterung der Düngung

Um die Erfahrungen mit der Düngung mit GWM zu erweitern, wurde eine allgemeine Informations-veran-staltung für die Milchviehbetriebe im Achterhoek organisiert. Ziel dieses Treffens war es, bis zu 75 Unternehmen zu gewinnen, bei denen maximal zehn Hektar pro Unternehmen mit GWM als Ersatz für Mineraldünger gedüngt werden konnten. Das Treffen war mit sechzig angemeldeten Unternehmen ein großer Erfolg. Zur Bestimmung

des Wirkungsgrades etc. werden im Jahr 2019 wissenschaftliche Feldversuche von Experten von WUR-WENR und Unifarm durchgeführt. Zu diesem Zweck werden auf dem Versuchsbetrieb De Marke in Hengelo (Gelderland) Flächen genutzt.

GWM im Jahr 2019

Grundlage für die Zusammensetzung von GWM 2019 ist eine Mineralienlösung, die bei der Groot Zevert Vergisting entsteht. Für die Produktion dieses Basis-GWM wurde dort 2018 eine neue Anlage installiert, die in der zweiten Januarwoche 2019 gestartet wurde. Nach mehreren Anlaufschwierigkeiten begann die Anlage Mitte Februar mit der Produktion von GWM. Die Produktion lag Ende Februar bei rund 1 m³/Stunde und wird im Laufe der Zeit auf die berechnete Standardmenge von rund 4 m³/Stunde erhöht. Der Basis-GWM enthielt 11 kg N, 12 kg Kalium (K₂O) und 19 kg Schwefel (SO₃) pro Tonne. Um den Stickstoffgehalt zu erhöhen, wurde der Basis-GWD mit 6% Ammoniumwasser angereichert, so dass der GWD den gewünschten Stickstoffgehalt von 19,6 kg N und weitere 11,3 kg Kalium (K₂O) und 17,9 kg Schwefel (SO₃) pro Tonne Produkt hatte. Das Produkt war leicht alkalisch (pH=9,0-9,5). Die ersten Ergebnisse des Jahres 2019 sehen positiv aus. Im Frühjahr 2019 wurden insgesamt fast 800 ha Grünland mit GWM gedüngt. Die meisten Flächen zeigten gute Erträge. Einige der Flächen zeigten jedoch leichte Verbrennungsschäden an den Grashalmen, insbesondere in den Rads Spuren. Untersuchungen des WUR zeigen, dass dies eine Folge der Beschädigung der Schaufeln durch die Räder des Gülleverteilers in Kombination mit der GWM-

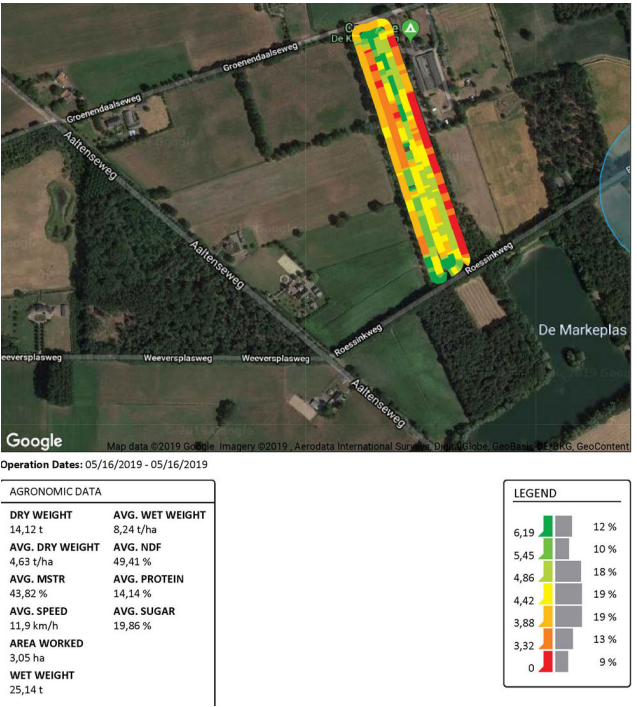


Abbildung 25: Lagekarte einer Testfläche

Mischung mit 6% Ammoniumwasser war. Die Zusammensetzung der GWM-Mischung für den zweiten und die nachfolgenden Schnitte wurde entsprechend angepasst. Im Jahr 2019 erfolgt vorerst eine weitere Düngung mit dem Basis-GWM aus der GZV-Anlage. Im Laufe des Jahres 2019 werden verschiedene Tests mit GWM-Mischungen durchgeführt, um zu einem GWM mit einer guten Konzentration an N-K-Mineralien zu gelangen, ohne dass während der Anwendung Schäden durch Verbrennung entstehen. Die Milchbauern aus dem Achterhoek sind von dieser Entwicklung weiterhin überzeugt. Bisher konnte Groot Zevert den gesamten produzierten GWM problemlos vermarkten.

Ansprechpartner:
Hayo Canter Cremers
Stichting Biomassa
Postbus 8
7240 A Lochem
Tel.: +31 (0)6/23246963
h.cantercremers@chello.nl

Excel-Tool zur betriebsindividuellen Betrachtung verschiedener Anpassungsoptionen bei Nährstoffüberschüssen

Wie reagiere ich auf eine Überschusssituation in meinem Betrieb?

Welche Optionen habe ich?

Welche Kosten entstehen?

Dieses sind nur einige Fragen die im Projekt aufgearbeitet wurden. So wurde viel über die unterschiedlichen Rahmenbedingungen in Deutschland und den Niederlanden aber auch in den einzelnen Regionen gehört, gesehen und festgehalten. Das Problem ist häufig vergleichbar. Viele Betriebe der Projektregion haben sich im Bereich der Tierhaltung spezialisiert und erzeugen mehr Nährstoffe als auf den eigenen Flächen verwertet werden können. Welche technischen Möglichkeiten zur Messung und Aufbereitung der vielfältigen organischen Nährstoffträger verfügbar sind wurde in der Projektzeit ausführlich beschrieben, erprobt und vorgestellt. Immer wieder stand dabei die Frage im Raum, wie der einzelne Betrieb die optimale Technik für seine individuelle Situation findet. Je mehr man sich dieser Frage widmet, umso vielfältiger werden die Antworten und möglichen Reaktionen. Daher wurde das vorhandene Wissen über die Aufbereitungstechniken aus dem Projekt mit einigen wirtschaftlichen Kennzahlen eines Musterbetriebes zusammengeführt, um in einer Excelbasierten Anwendung eine Übertragung der Ergebnisse in den Einzelbetrieb zu erreichen.

Der betriebliche Nährstoffüberschuss wird durch die Erfassung der verfügbaren Flächen mit den individuellen Entzügen in Bezug auf die Makronährstoffe Stickstoff (N) und Phosphat (P_2O_5) bezogen auf einen Hektar (ha) Betriebsfläche eingefügt. Diese Werte liegen den Betriebsleitern z.B. aus der Düngebedarfsermittlung oder Nährstoffbilanz vor. In Bezug auf Stickstoff wurde die politische Grenze in Deutschland von derzeit 170 kg N je ha eingegeben.

Neben der Verwertung (Abbildung 26) wird der Anfall (Abbildung 27) erfasst. Dies erfolgt aufgrund der einfachen Programmierung nach Tierarten getrennt. So ergibt sich aus dem Tierbestand ein betrieblicher Nährstoffanfall, der mit der Nährstoffverwertbarkeit in Bezug gesetzt wird und dann einen Saldo ausweist.

Dieser Saldo liegt in vielen Betrieben der Projektregion für einen oder beide Nährstoffe im Überschuss und daher ist eine überbetriebliche Verwertung erforderlich. Diese wird dann im Tool mit Kosten bzw. entgangenen Erlösen versehen. So kann der Betrieb seinen Anfall an Nährstoffen senken, indem er die Fütterung umstellt oder die Produkti-

Ausbringung/Entzug	Flächenspezifisch	Summe Betrieb
N-Grenze (DüV)	170 kg N/ha	9.350 kg N/a
P ₂ O ₅ -Entzug	70 kg P ₂ O ₅ /ha	3.850 kg P ₂ O ₅ /a
Tierplätze (N-Grenze)	18,2 TP/ha	998,9 TP/a
Tierplätze (P ₂ O ₅ -Grenze)	15,9 TP/ha	875,0 TP/a

Abbildung 26: Ausschnitt Excel-Tool: Daten zum Nährstoffentzug

Betriebsdaten	Mastschweinehaltung	Betriebsindividuelle Betrachtung
Betriebsform		Verkaufte Tiere 2.800 Tiere/a
Fläche	55 ha	Durchgänge 2,8 Durchgänge/a
Tierplätze	1.000 TP	Gülleanfall 1.600 m ³ /a
		Direktkostenfreie Leistung (DKfL) 22 €/Tier
		Kosten Gülleabgabe 12 €/m ³
		Pachtpreis 950 €/ha

Abbildung 27: Ausschnitt Excel-Tool: Betriebsdaten

1. Sehr stark N/P-reduzierte Fütterung

Variante DLG	3-Phasenmast mit Vormast; 2,73 Durchgänge	
Gülle- und Nährstoffanfall	Tierplatzspezifisch	Summe Betrieb
Gülleanfall	1,5 m ³ /TP	1.500 m ³ /a
N-Anfall (brutto)	9,5 kg N/TP	9.528 kg N/a
N-Anfall (nach Abzug Lagerverluste)	7,6 kg N/TP	7.622 kg N/a
P ₂ O ₅ -Anfall	3,6 kg P ₂ O ₅ /TP	3.559 kg P ₂ O ₅ /a

Überhang/Potenzial	Tierplatzspezifisch	Flächenspezifisch	Summe Betrieb
N-Überhang	-1,73 kg N/TP	-31,4 kg N/ha	-1.728 kg N/a
P ₂ O ₅ -Überhang	-0,29 kg P ₂ O ₅ /TP	-5,3 kg P ₂ O ₅ /ha	-291 kg P ₂ O ₅ /a

2. Reduzierung Tierzahlen

Reduzierte Tierplätze	N-begrenzt	P-begrenzt
Reduzierte verkaufte Tiere	1,07 TP/a	125,00 TP/a
DKfL (Direktkostenfreie Leistung)	2,99 Tiere/a	350,00 Tiere/a
Obere 25 % der Betriebe	31,50 €/Tier	94,23 €/a
Mittel 2012/2016	24,94 €/Tier	74,61 €/a
Untere 25 % der Betriebe	16,54 €/Tier	49,48 €/a
Betriebsindividuell	22,00 €/Tier	65,81 €/a

Abbildung 28: Ausschnitt Excel-Tool: Anpassungsoptionen Fütterung und Reduzierung Tierbestand

on, sprich die Tierhaltung, reduziert (Abbildung 28). Diese Reduktion verursacht hohe Anpassungskosten, wenn nicht von anderer Stelle zusätzliche Erlöse generiert werden. Durch Teilnahme an der Initiative Tierwohl beispielsweise konnten viele Schweinebetriebe durch kleinere Gruppen den einzelnen Tieren mehr Platz anbieten und aus den Mitteln der Initiative den entgangenen Erlös

ausgleichen. Damit war eine vergleichbare Wertschöpfung bei geringerem Nährstoffanfall möglich. Die Aufbereitungsverfahren aus den Projektversuchen werden auch im Tool aufgeführt (Abbildung 29). Dabei wird von der Anwendung geprüft, ob das Verfahren den Überschuss ausgleichen kann. Außerdem werden die Mengen bilanziert und Kosten berechnet.

Technik:	Pressschnecke (mobil / stationär)		
	Mindestmenge 1.000 m³/a	Technische Grenze N _{ges} erreicht	Technische Grenze P ₂ O ₅ erreicht
Abscheidegrade	Rohmasse	N _{ges}	P ₂ O ₅
Feststoff	7%	10%	16%
Filtrat	93%	90%	84%
Je m³ verarbeitet	Rohmasse	N _{ges}	P ₂ O ₅
Feststoff (Export)	0,07 t	0,59 kg N	0,44 kg P ₂ O ₅
Filtrat (Verbleib)	0,93 m³	5,27 kg N	2,31 kg P ₂ O ₅
Erforderliche Güllemenge		N-begrenzt	P-begrenzt
Exportierte Menge Feststoff		17,09 m³/a	1.250,00 m³/a
Kosten Separation		1,20 t/a	87,50 t/a
Kosten Export Feststoff		30,77 €/a	2.250,00 €/a
Gesamtkosten		23,93 €/a	1.750,00 €/a
Export N bzw. P ₂ O ₅		54,70 €/a	4.000,00 €/a
Export N bzw. P ₂ O ₅		7,52 kg P ₂ O ₅ /a	731,25 kg N/a
Verbleib N bzw. P ₂ O ₅		79,86 kg P ₂ O ₅ /ha	156,89 kg N/ha

Abbildung 29: Ausschnitt Excel-Tool: Anpassungsoption Aufbereitung mit Pressschnecke

So kann mit der Separation von 1.250 m³ im Beispiel der P₂O₅-Überschuss abgebaut werden. Durch den Export der 87,5 t Feststoff kann der Betrieb die verbleibenden Mengen selbst verwerten. Mit dem Tool kann jeder Betrieb seine Situation abbilden und/oder mit einem Berater die Anpassungen individuell auf die betriebliche Situation anpassen. Es wurden viele Felder nicht gesperrt, so dass eigene Zahlen genutzt werden können und laden ausdrücklich dazu ein.

Häufig bietet sich für die Betriebe eine Kombination aus den verfügbaren Techniken und Maßnahmen an. Das Tool stellt die Anpassungsvarianten und Kosten nebeneinander (Abbildung 30). Noch ist eine Kombination der Techniken nicht in der Anwendung darstellbar. Auch die Aufnahme von Gemischtbetrieben ist noch nicht möglich. Hierzu wäre eine umfangreichere Programmierung erforderlich, die im aktuellen Projektrahmen nicht umsetzbar war. Mit der Anwendung lassen sich auch Planun-

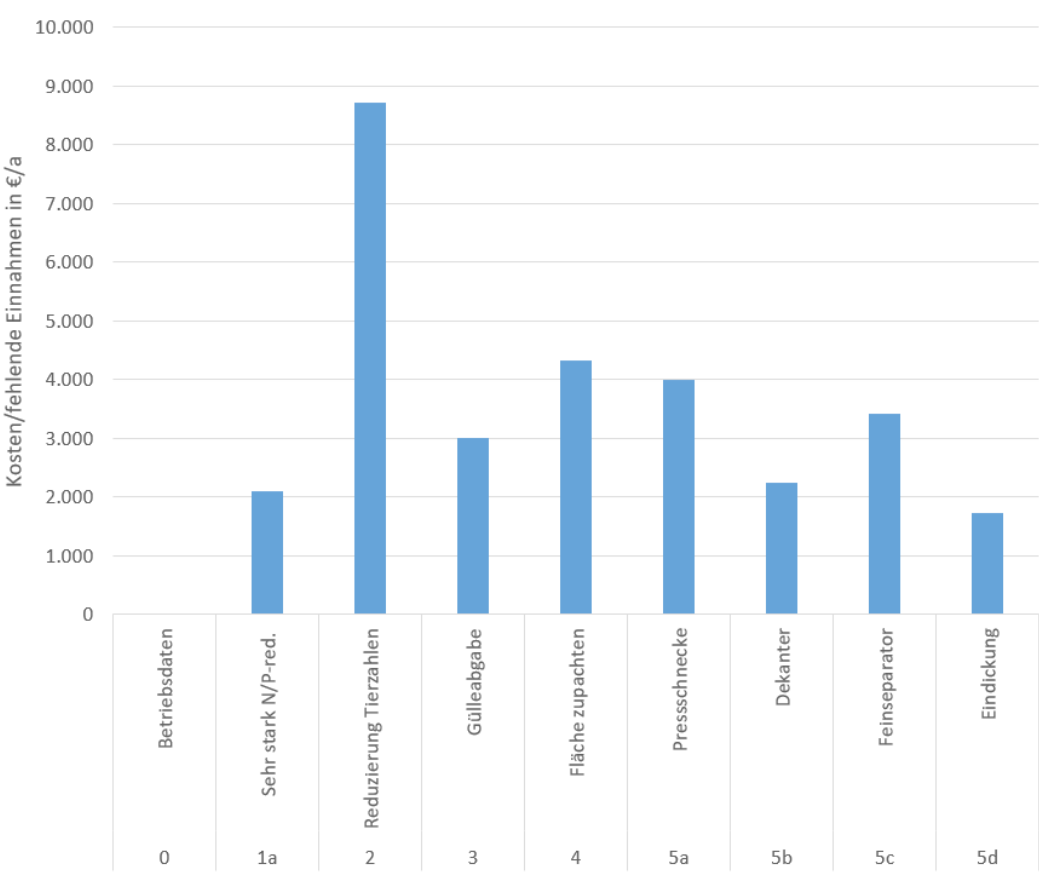


Abbildung 30: Übersicht Kosten der Anpassungsoptionen (Beispiel)

gen abbilden. So kann dargestellt werden, wie sich z.B. eine in Deutschland diskutierte Senkung der 170 kg N Regelung auf die betriebliche Situation auswirkt. Und ob, bzw. wenn ja unter welchen Anpassungskosten, die aufgeführten Maßnahmen Lösungen bieten hierauf zu reagieren. Das Excel-Tool mit einer Kurzbeschreibung steht unter folgendem Link bzw. QR-Code zur Verfügung:



<http://mestopmaat.eu/startseite/medien/berichte/>

Ansprechpartner:
Robert Borchers
Landwirtschaftskammer Niedersachsen
Große Straße 14
26871 Aschendorf
Tel.: +49 (0) 4962/9183-36
robert.borchers@lwkniedersachsen.de

Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) zur Gülleanalytik

Messung der Nährstoffgehalte in Echtzeit – wissen was drin ist

Die Bewertung des „Düngers nach Maß“ setzt voraus, dass man weiß, was drin ist. Wichtig ist die richtige Probenahme und exakte Analytik der Wirtschaftsdünger im Labor. Diese Methode führt in der Prozesskette allerdings häufig erst zu Analyseergebnissen, wenn der Dünger schon ausgebracht ist. Schnellere Methoden, die die Nährstoffgehalte direkt während des Düngens oder kurz davor messen, sind gefragt. Deshalb wurden im Rahmen des Projektes auch mobile Analysengeräte getestet, die die Nährstoffgehalte mittels Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) bestimmen.

Die Nahinfrarotspektroskopie ist eine optische Messtechnik und benötigt als Voraussetzung eine nasschemische Analyse im Labor. Das Analysenergebnis dient der Kalibrierung des NIR-Sensors. Je größer der Probenumfang der Kalibration, desto genauer die Ergebnisse der NIRS-Analytik. Die mit dem Sensor aufgezeichneten NIR-Spektren der jeweiligen Gülle oder Gärreste werden bei der Messung mit den aufgezeichneten Spektren in der hinterlegten Kalibrationsdatenbank abgeglichen und daraus die Gehalte an Trockensubstanz (TS), Gesamt-Stickstoff (N_{ges}), Ammonium-Stickstoff (NH_4-N), Phosphat (P_2O_5) und Kalium (K_2O) ermittelt.

Im Rahmen von insgesamt vier Versuchsreihen sollte die mobile NIRS-Analytik mit der Laboranalytik hinsichtlich der TS- und Nährstoffgehalte für möglichst viele verschiedene Gülle und Gärreste untersucht werden. Ziel war die Generierung unabhängiger Daten, um damit

Aussagen und Erfahrungen zum Einsatz der NIRS-Analytik stützen zu können. Als NIRS-Analytikgeräte wurde der auf einem Güllefass verbaute NIR-Sensor von John Deere (HarvestLab) und die mobile Zunhammer-Station (Van-Control) verwendet. In einer Versuchsreihe kam zusätzlich noch die Mobile NIRS-Station der Fa. Kotte dazu. Für die vergleichende Laboranalytik wurden die fünf Labore LUFA NRW, LUFA Nord-West, Wessling, Eurofins und LKS Sachsen ausgewählt. Abbildung 31 zeigt den Versuchsaufbau bei einer Messreihe.

Je nach Wirtschaftsdüngerart (Schweinegülle, Rindergülle oder Gärrest) und Trockensubstanzgehalt gab es mehr oder weniger große Abweichungen. Insbesondere bei Gesamt-Stickstoff, dem relevantesten Parameter, zeigen die NIR-Sensoren im Vergleich gute Ergebnisse. Bei Phosphor zeigten sich die größten Abweichungen, jedoch differierten hier auch die Laborergebnisse am stärksten. Sehr gute Ergebnisse mit dem NIR-Sensor wurden für alle Parameter bei Rindergülle erzielt. Bei Gärrest zeigten sich dagegen die größten Abweichungen, was vor allem mit der größeren Variabilität der Zusammensetzung bei Gärresten zusammenhängt. Interessant ist, dass die Abweichungen von NIRS zu Labor meistens nicht größer ausfielen, als die Abweichungen von Labor zu Labor. Das bedeutet, dass die NIRS-Messtechnik in vielen Fällen genauso exakt oder ungenau arbeitet, wie die Laboranalytik.

Mittlerweile sind beide Sensoren im Rahmen



Abbildung 31: Versuchsaufbau mit den NIRS-Messgeräten: John Deere-Sensor verbaut am Güllefass und Zunhammer-Station

einer DLG-Prüfung für ausgewählte Parameter anerkannt worden. Dies führte in NRW dazu, dass die mittels NIRS ermittelten Nährstoffgehalte auch für die Dokumentation akzeptiert werden, sofern sie der Zertifizierung entsprechen.

NIRS führt schneller zu Ergebnissen, erfasst immer die gesamte Menge und ermöglicht eine effizientere Düngung, da damit z.B. nach kg N/ha statt m^3/ha gedüngt werden kann. Auch werden Schwankungen in den Nährstoffgehalten mit den NIR-Sensoren erkannt, wodurch das Ergebnis genauer wird als bei einer Einzelprobe. Ein weiterer Vorteil stellt die Transparenz der Nährstoffgehalte bei der überbetrieblichen Verwertung von Gülle und

Gärresten dar. Daher wird sich die mobile NIRS-Analytik nach Meinung der Projektpartner in der Praxis etablieren.

Weitere Informationen zur den detaillierten Untersuchungsergebnissen können dem Bericht über folgendem Link bzw. QR-Code entnommen werden:



<http://mestopmaat.eu/startseite/medien/berichte/>

Ansprechpartner:

Dr. Daniel Baumkötter
FH Münster
Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt

Tel.: +49 (0) 2551/962422
baumkoetter@fh-muenster.de

Online-Analyse von Gülle und Gülleprodukten mit elektrochemischen Sensoren und Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)

Für die Wiederaufbereitung von Gülle zu Dünger-nach-Maß Produkten ist es wichtig, die Nährstoffzusammensetzung in der zu verarbeitenden Gülle und den hergestellten Produkten bestimmen zu können. Eine zerstörungsfreie direkte Bestimmung der Düngemittelzusammensetzung ist für eine einwandfreie Verarbeitung unerlässlich. Verschiedene online membranbasierte Sensoren sind auf dem Markt verfügbar und können eine Komponente (z.B. nur Kalium oder Ammonium) selektiv analysieren. Diese Sensoren sind für Flüssigkeiten geeignet und können für wässrige Güllefraktionen eingesetzt werden.

Ein weiteres geeignetes zerstörungsfreies Direktmessverfahren ist die Röntgenfluoreszenz (RFA). Die RFA-Methode verwendet eine Röntgenquelle, bei der die Reflexion analysiert wird. Die Methode liefert direkte Ergebnisse, vergleichbar mit der Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS). Die RFA verwendet einen anderen Wellenlängenbereich, so dass sich NIRS und RFA bei der Analyse der Gülleverarbeitung gegenseitig verstärken können.

Online-Sensoren elektrochemische Sensoren

Elektrochemische Sensoren bestehen hauptsächlich aus Membransensoren mit der Eigenschaft, dass diese Sensoren eine bestimmte Substanz selektiv passieren lassen. Ein gutes Beispiel ist ein Kaliumsensor. Die Selektivität der Membran stellt sicher, dass nur Kaliumionen diese Membran passieren können. Kalium wird als Ion mit einer positiven Ladung (K^+) gelöst, wobei das Ion durch die Membran geleitet wird

und eine elektrische Ladungsverlagerung verursacht. Dieser elektrische Effekt ist das Signal, das letztlich in eine Kaliumkonzentration in der zu messenden Flüssigkeit umgesetzt werden kann.

Für dieses Projekt wurden die elektrochemischen Sensoren für (1) direkte Gülleanalysen ohne jegliche Vorbehandlung und (2) indirekte Gülleanalysen eingesetzt, bei denen Feststoffpartikel mit einer Zentrifugalbehandlung aus der Gülle entfernt wurden. Die wichtigsten Messungen in diesem Projekt sind Kalium und Ammonium, da es sich um wichtige Nährstoffe in den Düngemitteln handelt. Die Forschung zeigt, dass die Sensoren in bestehenden Gülleverarbeitungsanlagen eingesetzt und auf wässrige Fraktionen angewendet werden können, wobei der Einfluss von Feststoffpartikeln minimal ist. Daher kann ein Vorbehandlungsschritt zur Entfernung der Feststoffpartikel erforderlich sein.

RFA - Röntgenfluoreszenz

Wenn RFA-Messungen durchgeführt werden, bewirken Röntgenstrahlen, dass Atome auf ein höheres Energieniveau anschlagen. Die Atome geben diese Energie wieder ab (auch in Form von Röntgenstrahlen), und das ist die Fluoreszenz. Jedes Element, Kalium, Kalzium, Phosphor usw., hat seine eigenen Strahlungseigenschaften und durch die Messung verschiedener Wellenlängen ist es möglich, die Zusammensetzung der Probe zu bestimmen und zu berechnen. Die RFA kann die Elementzusammensetzung einer Probe direkt und qualitativ bestimmen. Ein weiterer Vorteil der RFA ist, dass sie sich für die

Messung von schwereren Elementen wie Kupfer und Cadmium eignet. Das Hauptziel bestand in der Bestimmung von Phosphor, da es schwierig zu analysieren ist. Da der NIRS-Sensor die Kaliummenge bestimmen kann, kann die

Phosphormenge über das von der RFA analysierte Phosphor-Kalium-Verhältnis bestimmt werden.

Die Entwicklung von Online-RFA-Messungen hinkt in Bezug auf die Nährstoffanalyse NIRS



Abbildung 32: Links: Ein RFA-Becher mit 4 g Gülleprodukt. Der Boden des Bechers besteht aus einer 4 µm dünnen Folie. Feststoffpartikel sinken auf den Boden und beeinflussen die Analyse, die Röntgenstrahlen durchlaufen den dünnen Film. Mitte: Das RFA-Karussell, in dem die Becher platziert werden. Rechts: Eine föhnförmige mobile RFA, die im Rahmen des Mest op Maat-Projektes eingesetzt wird. In der Haube auf der Oberseite der mobilen RFA befinden sich die Becher zur Analyse

hinterher. Für die RFA- und elektrochemische Sensorik bleiben Probenanalysen ein großes Problem: Die Gülle enthält schwimmende und sinkende Teile. Diese sorgen für eine heterogene Mischung und beeinflussen die Online- und Vor-Ort-Analysen. Die RFA-Messungen analysieren die Oberfläche, während die Online-Sensoren genau in der Mitte der Flüssigkeit messen. Dies

führt zu einer Anomalie. Andererseits ermöglichen Vorverarbeitungsschritte wie internen Standard, Trocknen, Mahlen, Pressen (Abbildung 33) eine bessere Analyse, benötigen allerdings sehr viel Analysezeit. Die hier gezeigten Messungen zeigen, dass die RFA und die Online-Sensoren in der Lage sind, Gülleproben online zu quantifizieren.



Abbildung 33: Links: Gallium-Standard. Mittlere Bilder: Mahlkugeln und Brecher zum Feinmahlen größerer fester Gülleteile. Rechts: Tablettenpresse



<http://mestopmaat.eu/startseite/medien/berichte/>

Ansprechpartner:

Dr. Ir. Simon Hageman
Saxion Hogeschool
M.H. Tromplaan 28
7513AB Enschede

Tel.: +31 (0) 88/019 1530
Email: s.p.w.hageman@saxion.nl

Gülleaufbereitung mit der Zentrifuge

Erfahrungen mit der Dekanter-Zentrifuge bei der Separation von Schweinegülle – Ergebnisse aus vier Jahren Betrieb

Aufbauend auf den sehr guten Erfahrungen mit verschiedenen Dekanter-Zentrifugen der Fa. Huning im Testbetrieb, entschied sich die RWG Emsland-Süd mit Projektstart im Januar 2016 zur Investition und den Aufbau einer eigenen mobilen Zentrifuge (siehe Abbildung 34). Insgesamt wurden über 400.000 € investiert, zwei feste Mitarbeiter eingestellt und drei neue LKW-Mulden mit ca. 55 m³ Ladevolumen zum Abtransport der Feststoffe angeschafft. Mit der Zentrifuge können zwischen 25 und 35 m³/h Gülle separiert werden, wobei die Auslastung der Anlage für einen wirtschaft-



Abbildung 34: Zentrifuge der RWG Emsland-Süd

lichen Betrieb mindestens 1.500 h/a bzw. 40.000 m³/a betragen muss.

Die Zentrifuge wird hauptsächlich zur Separation von Schweinegülle eingesetzt und erzielt dort vor allem bei der Abscheidung von Phosphor in den Feststoff mit Abscheidegraden zwischen 70 und 80 % gute Ergebnisse. Abbildung 35 zeigt die Abscheidegrade der Zentrifuge bei Mastschweinegülle.

Für einen reibungslosen Einsatz der mobilen Zentrifuge sind beim Landwirt ein paar Voraussetzungen zu erfüllen. Zunächst wird genügend Platz für zwei LKW-Auflieger (Zentrifuge und Mulde) benötigt. In der Regel wird direkt aus der Vorgrube vom Stall separiert und das Filtrat in ein Güllelager gepumpt. Hier sind kurze Wege oder feste Gülleleitungen hilfreich, eventuell kann auch mit einem Feldrandcontainer gearbeitet werden. Abschließend muss die Möglichkeit zur Reinigung der gesamten Anlage bestehen.

Die Zentrifuge ist vor allem für die Separation von Mastschweinegülle konzipiert, wobei auch abgesetzte Ferkel- und Sauengülle gut zu separieren sind. Dabei sollte die Schweinegülle möglichst hohe Trockensubstanzgehalte von etwa 7 % TS aufweisen und idealerweise homogen sein. Eingedickte Gülle unterstützt den Erfolg der Separation zusätzlich. Gülle mit Trockensubstanzgehalten unter 3-4 % TS lässt sich dagegen nicht mehr separieren. Unterhalb einer Mindestmenge zwischen 700 und 1.000 m³ Gülle lohnt der Aufwand für den Auf-

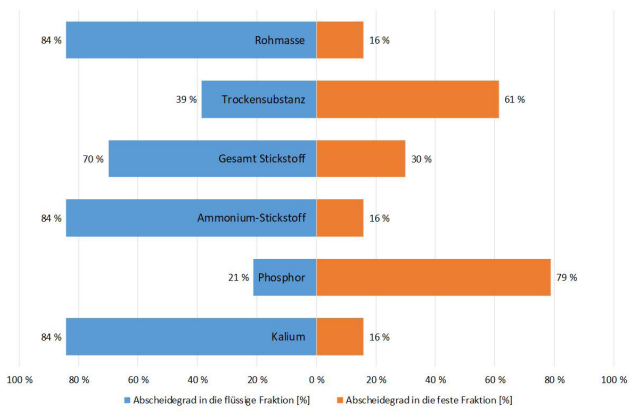


Abbildung 35: Abscheidegrade der Dekanter-Zentrifuge bei Mastschweinegülle

bau der Anlage kaum. Der Feststoff mit einem Trockensubstanzgehalt von ca. 28 % wird über eine Schnecke direkt auf LKW-Mulden verladen und anschließend zu Biogasanlagen in Ackerbauregionen transportiert. Die dafür verwendeten Mulden können jedoch im Gegenzug aus hygienischen Gründen nicht mehr für den Transport von Getreide eingesetzt werden

Tabelle 3: Abscheidegrade der Dekanter-Zentrifuge bei Mastschweinegülle

Kostenart	Menge	Preis	Summe
Phosphorabfuhr	2.500 kg	3,00 €/kg	7.500 €
Pro m³ Gülle	800 m³	1,50 €/m³	1.200 €
Auf- und Abbau	1 x	500,00 €	500 €
Gesamtkosten			9.200 €

satz der Zentrifuge über die separierte Güllemenge und den abgeschiedenen Phosphor abgerechnet. Dazu kommt eine Pauschale für den Auf- und Abbau, die sich durch aktive Mithilfe des Landwirts reduzieren kann. In Tabelle 3 ist beispielhaft die Abrechnung für die Separation von 800 m³ Schweinegülle dargestellt. Die Zentrifuge bietet insbesondere für Schweinehalter mit Phosphor-Überschüssen eine gute Alternative zur direkten Abgabe der Gülle. Die Kosten dafür sind in der Regel höher. Der Großteil des Phosphors und ein Teil des

Mittlerweile kam die Zentrifuge in Kooperation mit dem AGRO-Vermittlungsdienst (AVD) Emsland-Bentheim GmbH auf über 70 Betrieben zum Einsatz, auf einigen Betrieben bereits zum achten Mal. Während 2015 mit einer gemieteten Zentrifuge bereits ca. 20.000 m³ Gülle separiert wurden, verdoppelte sich diese Menge 2016 mit der eigenen Zentrifuge auf 40.000 m³ Gülle und stieg 2017 durch weitere neue Kunden auf 54.000 m³. In 2018 kam die Zentrifuge auf 75 landwirtschaftlichen Betrieben zu 136 Einsätzen mit 3.333 Betriebsstunden. Dabei wurden 62.396 m³ Gülle separiert und 8.664 t Feststoff mit 159.201 kg P₂O₅ abgefahren. Dies entspricht einer Volllastung der Anlage. Insgesamt wurden somit über 200.000 m³ Gülle separiert, was einem Export von etwa 500.000 kg P₂O₅ über den abgeschiedenen Feststoff entspricht. Um den Landwirt für dicke Gülle mit hohen Phosphorgehalten zu belohnen, wird der Ein-

Stickstoffs verlässt als Feststoff den Betrieb und dient zum großen Teil als Substrat für Biogasanlagen in Ackerbauregionen. Dagegen verbleiben Kalium und Ammonium-Stickstoff auf den Betrieben. Durch den Erfolg der Anlage wurde mittlerweile für eine Nachbargenossenschaft eine zweite Anlage gebaut.

Ansprechpartner:
Bernhard Temmen
Raiffeisen-Warengenossenschaft Emsland-Süd eG
Lingener Straße 20
48480 Lünne
Tel.: +49 (0) 5906/930027
temmen@raiffeisen-emsland-sued.de

Biogasanlage Groot Zevert Vergisting

Seit 2004 befindet sich die Biogasanlage Groot Zevert Vergisting auf einer ehemaligen Müllhalde am Rande von Beltrum, ca. 7 km von Borculo entfernt. Nach einer Erweiterung im Jahr 2017 verarbeitet die Anlage nun rund 100.000 t Gülle pro Jahr. Der größte Teil ist Schweinegülle aus Ställen im Umkreis von ca. 15 km um die Vergärungsanlage. Ein kleiner Anteil (ca. 10%) besteht aus Rindergülle und Darminhalt, der aus Schweineschlachthöfen in der näheren Umgebung stammt. Der Prozess basiert auf der Co-Fermentation. Jeweils bis zu ca. 50.000 Tonnen Nebenprodukte, darunter Kaffeesatz, Getreidereste, Gras und Ausschusschargen aus Lebensmittelfabriken, werden zugegeben. Zu diesem Zweck steht vor Ort ein Mischer mit einer Kapazität von ca. 12 t zur Verfügung, der für die automatisierte Zuführung der festen Nebenprodukte in die Faulbehälter mit einer Hammermühle zugänglich gemacht und dann mit Gülle vermischt werden kann.



Abbildung 36: Biogasanlage Groot Zevert Vergisting

Die Anlage besteht aus vier Fermenter mit einer Kapazität von ca. 800 m³ und vier Nachgärern mit je 5.000 m³. Die Gärung läuft bei einer Temperatur von ca. 43 °C ab. Ein Teil des erzeugten Biogases wird als Brennstoff für ein BHKW mit einer Leistung von 500 kW_{el} verwendet. Der erzeugte Strom reicht aus, um den Bedarf des Standortes zu decken. Die dabei entstehende Wärme wird genutzt, um die Temperatur der Fermenter und Arbeitsbereiche zu halten.

Der größte Teil des Biogases, rund 1.000 m³ pro Stunde, wird über eine Pipeline an eine Molkerei von Friesland Campina in Borculo geliefert. Dieses Biogas wird in dem Werk zur Befeuerung eines Dampfkessels eingesetzt. Die GZV verfügt über zwei Entschwefelungsanlagen zur Reinigung des Gases: eine biologische, die als Vorreinigung dient, und eine chemische von Frames. Das Verfahren basiert auf der Bindung von Schwefel aus dem Gas an ein Amin. Durch die Regeneration des Amins entsteht relativ reiner elementarer Schwefel.

Groot Zevert Fermentation setzt auf die gesamte Verarbeitung des produzierten Gärrests. Im Frühjahr 2019 nahm das Unternehmen eine Anlage zur Gewinnung von Nährstoffen in Betrieb. Der erste Schritt im Prozess ist eine Trennung in eine dicke und dünne Fraktion mit einem Dekanter. Die dicke organische Fraktion wird derzeit als Bodenverbesserungsmittel an Kunden in den Niederlanden und Deutschland ohne weitere Verarbeitung geliefert. Nach der aktuel-



Abbildung 37: Biogasanlage Groot Zevert Vergisting

len Planung wird Phosphat ab Frühjahr 2020 aus der dicken Fraktion gewonnen. Es wird nun untersucht, wie die phosphatarmer feste Fraktion am besten vermarktet werden kann. Das freigesetzte Phosphat wird voraussichtlich als Rohstoff an die chemische Düngemittelindustrie geliefert.

Die Dünnfraktion wird durch Ultrafiltration und Umkehrosmose getrennt in sauberes Wasser und ein Mineralkonzentrat. Die Anlage wird ca. 30.000 t Mineralkonzentrat pro Jahr mit bis zu ca. 12 kg N, 12 kg Kalium und 6 kg SO₄ je Tonne produzieren. Das Mineralkonzentrat dient als Grundlage für die Herstellung von **Grün-Wiesendünger (Groene**

Weide Meststof). Dies ist ein neuer Dünger, der den Mineraldünger ersetzen kann.

Die Aufbereitungsanlage wird maximal rund 50.000 Tonnen reines Wasser pro Jahr produzieren. Diese wird über eine Pipeline in die Berkel eingeleitet. Nach der Umkehrosmose wird das freigesetzte Wasser über einen Ionenaustauscher gereinigt, um auf der sicheren Seite zu sein. Unter anderem deshalb ist das Wasser für die Einleitung in das Oberflächenwasser geeignet.

Ansprechpartner:

Arjan Prinsen
Loon- en grondverzetbedrijf Groot Zevert B.V.
Ringweg 28
7156 SH Beltrum
Tel.: +31 (0) 544/461825
arjan@groot-zevert.nl

Aufbereitungsanlage Groot Zevert Vergisting

Einführung

Während des Projekts wurden bei Groot Zevert Vergisting zunächst Methoden zur Gewinnung von Mineralien aus tierischem Dung und Gärresten untersucht. Basierend auf den Forschungsergebnissen und den Erfahrungen anderer wurde schließlich ein Prozess zur Gesamtwertschöpfung von Gülle konzipiert. Dies wurde zunächst in Teilen im kleinen praktischen Maßstab getestet. In enger Zusammenarbeit mit Lieferanten wie Nijhuis wurde anschließend eine Aufbereitungsanlage für ca. 100.000 t Gärreste pro Jahr entwickelt. Dies wurde 2017-2018 neben einer bestehenden Halle von Groot Zevert Vergisting realisiert. Im Folgenden wird zunächst ein Überblick über die Prozessdaten gegeben und dann werden die verschiedenen Teile erläutert.



Abbildung 38: Anlage zur Hygienisierung und Lagerung der dicken Fraktion

Prozess

Die Anlage beginnt mit der Trennung des Gärrestes in einer dicken und dünnen Fraktion mit einem Dekanter. Die dicke und dünne Fraktion werden dann getrennt behandelt. Die dicke Fraktion wird nun desinfiziert und als Bodenverbesserungsmittel verwertet. Dieses wird in Zukunft zu einem phosphatarmen Produkt weiterverarbeitet. Das entfernte Phosphat wird dann an die Düngemittelindustrie verkauft.

Der erste Schritt bei der Verarbeitung der Dünnsfraktion ist die weitere Entfernung von organischem Material mittels einer DAF-Anlage (Dissolved Air Flotation). Danach geht die "gereinigte" Dünnsfraktion an eine Mikrofiltrationseinheit, die unter anderem die (pathogenen) Bakterien aus der Flüssigkeit entfernt. Das Filtrat wird zu einer Hochdruck-Umkehrosmoseanlage (RO) weitergeleitet. Das Permeat der RO-Anlage ist Wasser, das von fast allen Mineralien befreit wurde. Über einen Standard-RO und einen Ionenaustauscher wird der letzte verbleibende Stickstoff entfernt und das Wasser anschließend über eine Rohrleitung in einen Fluss in einer Entfernung von etwa 7 Kilometern vom GZV-Gelände abgeleitet. Das bakterienfreie Konzentrat der RO-Anlage enthält eine erhöhte Konzentration an Stickstoff und Kalium und wird derzeit als Grundlage für die Zusammensetzung von Grün-Wiesendünger (Groene Weide Meststof - GWM) verwendet.

Dekanter

Der erste Schritt des Prozesses besteht darin, das Gärgut in eine dicke und eine dünne Fraktion zu trennen. Zu diesem Zweck wurden zwei GEA-Dekanter (Abbildung 39) mit einer Kapazität von je 15 m³/Stunde installiert. Die abgetrennte dicke Fraktion hat einen TS-Gehalt von 32,5 %. Die dicke Fraktion enthält 13 kg N und 23,64 kg Phosphat pro Tonne. Die Dekanter wurden wegen des höheren Phosphatanteils gewählt, den sie in der dicken Fraktion absondern. In den ursprünglichen Plänen wurde beschlossen, zwei gleichwertige Dekanter zu installieren, um eine kontinuierliche Produktion zu gewährleisten. Einige Feststoffe aus bestimmten Nebenprodukten werden durch einen einzigen Durchgang durch den Dekanter unzureichend getrennt. Im Jahr 2019 werden daher Tests mit der Serienschaltung der Dekanter durchgeführt. Die Dünnsfraktion hat folgende Eigenschaften (pro Tonne): TS 4,6%, OTS 2,9%, Kalium 5,27kg, N 5,8 kg und P₂O₅ 1,48 kg.



Abbildung 39: Dekanter

Hygienisierung und Lagerung von Dickfraktionen

Die dicke Fraktion wird über eine Reihe von Schneckenleitungen aus den Dekantern entfernt. Diese sind oben mit Infrarot-Panels ausgestattet. Die Transportgeschwindigkeit und Verweilzeit werden so gewählt, dass die dicke Fraktion beim Transport über die Bänder hygienisiert wird. Die dicke Fraktion wird in einem Lagerbunker mit einer Kapazität von ca. 100 Tonnen abgelegt. Für die Beladung von LKW ist er auf der einen Seite mit einem automatischen Transportsystem mit Förderbändern ausgestattet. Die Kapazität liegt bei ca. 26 Tonnen pro Stunde.

Druckluftflotation (DAF)

Die Dünnsfraktion wird aus den Dekantern in eine DAF-Anlage gepumpt. Bei Bedarf wird je nach Bedarf ein Flockungsmittel zugegeben. Die DAF arbeitet, indem Luft unter Druck in den dünnen Teil gepumpt wird. In einem großen Tank wird dann ein Druckabfall auf die Atmosphäre ausgeübt. Dadurch wird die Luft in der Flüssigkeit in Form von kleinen Luftblasen freigesetzt. Diese haften während des Transports zur Oberfläche an kleinen schwimmenden Teilen in der Flüssigkeit und nehmen sie mit an die Oberfläche. Der Schaum mit schwimmenden Teilen wird mechanisch entfernt. Ziel ist es, eine möglichst saubere Eingangsflüssigkeit für die Weiterverarbeitung

des Abwassers in den Filtrations- und RO-Einheiten zu erhalten. Nach der Inbetriebnahme im Januar 2019 scheint die DAF-Installation nicht ausreichend zu funktionieren. In der Zwischenzeit wird das Abwasser über ein Vibrationssieb und ein Trommelsieb geleitet, bevor es in einen Lagertank gelangt. Die ersten Ergebnisse sind ermutigend. Nach dieser Behandlung enthält das Abwasser pro Tonne folgende Konzentrationen: TS 3,4%, OTS 2,1%, 4,36 kg N, 3,98 kg Kalium, 1,017 kg P_2O_5 .

Mikrofiltration

Der nächste Verarbeitungsschritt ist eine Filtration über einen Filter mit einer Cutoff-Grenze von 0,43 Mikrometern. Die Anlage wird von RMB geliefert und hat eine Kapazität von ca. 20 m³ pro Stunde. Die Anlage ist insofern einzigartig, als sie alle Bakterien aus der Flüssigkeit entfernt. Dadurch wird sichergestellt, dass das Filtrat der Pflanze und die daraus hergestellten Produkte wie GWM keine pathogenen Bakterien enthalten. Die Retentionsflüssigkeit hat eine Größe von ca. 1,5 m³ pro Stunde. Diese Flüssigkeit enthält eine sehr hohe Konzentration an methanogenen Bakterien. Diese werden vorerst in eines der Gärilos der Biogasanlage zurückgeführt. Diese Flüssigkeit wird in Zukunft unter anderem zur Steigerung der Biogasproduktion eingesetzt. Das Filtrat der Anlage ist so sauber, dass es

mit einer speziellen Hochdruck-RO-Anlage verarbeitet werden kann. Das Filtrat weist folgende Eigenschaften pro Tonne auf: TS 1,3%, OTS 0,3%, 2,98 kg N, 3,06 kg Kalium, 0,0072 kg P_2O_5 .

Umkehrosmose (RO)

Die Hochdruck-RO-Anlage wird ebenfalls von RMB geliefert. Sie verfügt über eine Kapazität von 20 m³ pro Stunde und arbeitet mit einem Druck von bis zu 80 bar. Das System ist zu diesem Zweck mit speziellen Pumpen und Rohrleitungen ausgestattet. Durch den hohen Druck wird auch eine hohe Rückgewinnung von Mineralien erreicht (80%). Diese hohe Ausbeute erfordert eine Dosis Schwefelsäure. Die erhaltene Rückhaltelösung von Mineralien enthält daher auch eine bestimmte Menge



Figuur 40: Dissolved Air Flotation (DAF) en omgekeerde osmose (RO)

an Schwefel. Die bakterienfreie Minerallösung dient als Grundlage für die Herstellung von Grün-Wiesendünger und enthält pro Tonne folgende Mineralienkonzentrationen: TS 4,7%, OTS 1,8%, 7,79 kg N, 8,97 kg Kalium, 0,22 kg P_2O_5 , bei 60% Rückgewinnung.

Das Permeat der Hochdruck-RO-Anlage ist Wasser mit einer sehr geringen Konzentration an Mineralien. Aufgrund der sehr strengen Abflussanforderungen wird das Wasser mit einer Standard-RO-Anlage gereinigt, gefolgt von einem Ionenaustauscher. Über eine Pipeline wird es dann in die Berkel bei Borculo gepumpt und dann abgeleitet.

In naher Zukunft

Die Anwendung von GWM ist immer noch durch die Konzentration von Schwefel in der Retentionsflüssigkeit der RO-Anlage begrenzt. Auch das mögliche Vorhandensein von Aromastoffen, Viren und Arzneimittelrückständen im Retentat ist ein Thema. Gegenwärtig wird an der Integration einer Nanofiltrationseinheit in den Prozess hinter der Mikrofiltrationseinheit und vor der Hochdruck-RO gearbeitet. Nach der Integration dieser Anlage wird die Flüssigkeit so rein sein, dass die Dosierung der Schwefelsäure auf ein absolutes Minimum reduziert werden

kann, bevor sie in die Hochdruck-RO-Anlage gelangt. Die Wirkung des hohen Drucks kann so optimal genutzt werden, so dass die Konzentration der Mineralien im Retentat weiter erhöht werden kann.

Über die Nanofiltration (cut off 500 kD) werden auch eventuell vorhandene Viren aus der Flüssigkeit herausgefiltert. Das damit produzierte GWD ist dann garantiert pathogenfrei. Die Nanofiltrationseinheit entfernt auch einen großen Teil der Medikamentenreste und Duftstoffe, aber nicht alle. Daher gibt es Überlegungen hinter der Nanofiltrationseinheit einen Ozonreinigungsschritt in den Prozess einzubeziehen. So wird sichergestellt, dass auch die letzten vorhandenen Medikamentenreste und Duftstoffe durch forcierte Oxidation in unschädliche Verbindungen zerlegt werden.

Ansprechpartner:

Arjan Prinsen
Loon- en grondverzetbedrijf Groot Zevert B.V.
Ringweg 28
7156 SH Beltrum
Tel.: +31 (0) 544/461825
arjan@groot-zevert.nl

Zweistufige Separation zur Steigerung der Abscheideleistung

Regenis NF Nach-Filtrationsanlage

Die Separation des Gärrestes in Feststoff und Filtrat ist immer der erste Schritt in der Düngerproduktion hinter Biogasanlagen. Im Regenis-Konzept handelt es sich dabei um einen ziehenden Schneckenseparator, der die Wasserabtrennung und den Pressvorgang getrennt durchführt. Über einen Ring-spalt verlässt der Gärrestfeststoff den Pressbereich, wobei die Klappen lediglich den Stopfen führen, um verschleißarm und mit geringen Stromverbräuchen (0,5 - 2,0 kW_{el} Nennleistung) auszukommen. Der Sieb-korbdurchmesser beträgt 200 mm und die Schlitzweite kann zwischen 0,2 und 0,9 mm gewählt werden.

Das neuentwickelte Filtersystem zur weiteren Behandlung des Filtrates ist eine kontinuierliche Anlage, die im Verbund mit dem Regenis GE Separator als Vorstufe, stationär oder auch mobil, läuft. Ziel des neuentwickelten Filtersystems zur weiteren Behandlung ist es, die Nährstoffkonzentrationen und den Trockensubstanzgehalt im Filtrat, auch Dünnwasser genannt, weiter zu senken. Neben einer weiteren Aufkonzentration der Inhaltsstoffe im abgeschiedenen Schlamm (transportwürdiger) ergeben sich zudem weitere Einsatzmöglichkeiten dieser Technik in weitergehenden Aufbereitungskonzepten für das Dünnwasser.

Je nach Einsatzzweck kann die Regenis NF Nachfiltrationsanlage unterschiedlich gestaltet bzw. angepasst werden. Die im Folgenden beschriebene Ausführung der

Maschine hat sich als funktionell erwiesen. Der Feinfilter bewegt sich kontinuierlich und wird mit dem Filtratschlamm kontinuierlich beaufschlagt. Das Dünnwasser wird über ein Drehventil abgegeben und der Düngerschlamm wird als Konzentrat ebenfalls kontinuierlich abgepumpt.

Der Feinfilter (Abbildung 41) besteht aus einem verzinkten Gehäuse, einem Sieb und einer Welle jeweils aus Edelstahl. Montiert wird die gesamte Anlage auf einen verzinkten



Abbildung 41: Regenis Nachfiltrationsanlage

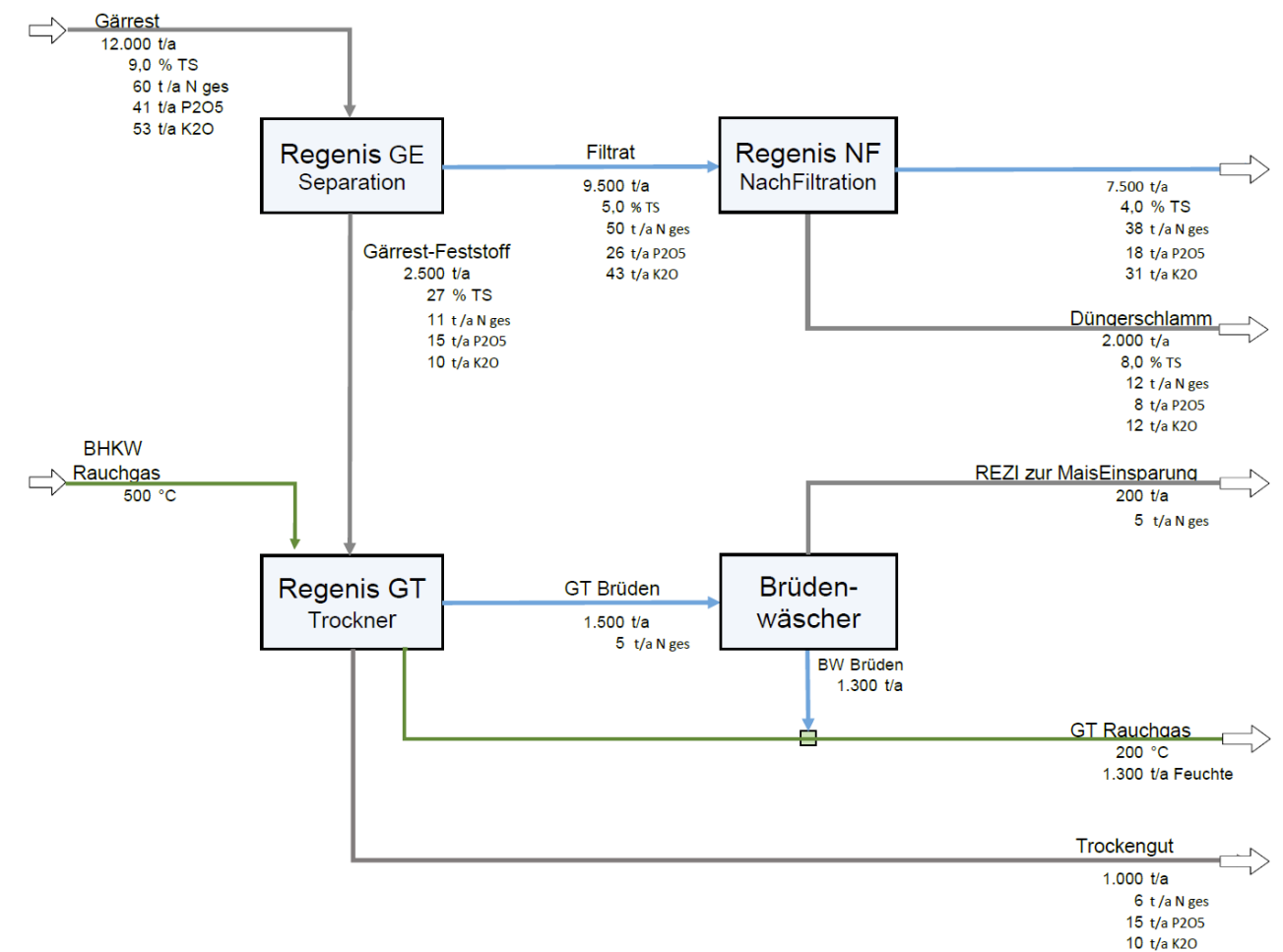


Abbildung 42: Fließbild mit Massen- und Nährstoffbilanz

Trägerrahmen mit allen weiteren Peripheriegeräten, wie Pumpen und Schaltschrank. Die Siebweite kann dabei je nach Zielstellung (Durchsatz, Abtrennrates usw.) und Input-Filtrat von 50 µm bis 200 µm betragen. Der erzeugte Düngerschlamm wird kontinuierlich über einen Frequenzumrichter und/oder per Zeitsteuerung geregelt abgepumpt. Dieser kann entweder in den Nachgärer der Biogasanlage zurückgeführt werden, separat zum Export zwischengelagert werden, oder einer weiteren Aufbereitung, wie

z.B. Trocknung (Regenis GT), Verdampfung (Regenis GTR) zugeführt werden.

In Abbildung 42 ist die verfahrenstechnische Einbindung mit dem Regenis GE Separator und Regenis GT Trockner dargestellt. Durch die zweistufige Separation kann die Gärrestmenge von 12.000 t/a auf 8.000 t/a Filtrat gesenkt werden.

Weitere Informationen zur entwickelten Anlagentechnik können dem Bericht über folgendem Link bzw. QR-Code entnommen werden:



<http://mestopmaat.eu/startseite/medien/berichte/>

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Dieter Schillingmann

REW Regenis

Regenerative Energie Wirtschaftssysteme GmbH

Finkenweg 3

49610 Quakenbrück

Tel.: +49 (0) 5431/907091

info@regenis.de

Nährstoffmanagement – Zeit für den „Dünger nach Maß“

Fazit und Ausblick

Die gesetzlichen Rahmenbedingungen wurden verschärft und geben neue Grenzwerte vor, die die Landwirtschaft in Deutschland und den Niederlanden einzuhalten haben. Über festgelegte Bilanzsalden und Höchstmengen an Stickstoff und Phosphaten hinaus zu düngen, ist sowohl in Deutschland als auch in den Niederlanden unzulässig und wird sanktioniert. Verluste sollten weitestgehend vermieden werden. Die Nährstoffe, die den Pflanzen zugeführt werden, müssen deshalb so effizient wie möglich genutzt werden.

Die regionalen Bilanzen sowohl der niederländischen Provinzen als auch der deutschen Landkreise im Projektgebiet weisen Nährstoffüberschüsse aus. Sie müssen abgebaut oder in Regionen mit Nährstoffbedarf exportiert werden.

Dabei haben die aufnehmenden Kunden Ansprüche an Form und Wirksamkeit der Dünger. Die Qualität des Düngers spielt eine immer wichtigere Rolle. Das gilt auch für die in der Tierhaltung anfallenden Wirtschaftsdünger, die in ihrer Form, Nährstoffzusammensetzung und Nährstoffwirksamkeit meistens nicht dem Dünger entsprechen, der wünschenswert wäre.

Aus diesem Grunde kommt den Aufbereitungsverfahren eine besondere Bedeutung zu. Das deutsch-niederländische Projekt „Mest op Maat – Dünger nach Maß (MoM)“ gibt Antworten und hilft Informationen und Ansprechpartner zu finden

(www.mestopmaat.eu).

Alle Projektpartner arbeiteten bereits vor dem Projekt seit vielen Jahren an dieser Thematik. Das dadurch angesammelte Know-how wurde in dem Projekt zusammengeführt und konnte spannende Ergebnisse sowie mögliche Konzepte aufzeigen.

Im Projekt wurde entlang der gesamten Wertschöpfungskette für Wirtschaftsdünger gearbeitet, über die direkte Nutzung als Dünger oder Energiesubstrat, bis hin zu deren Totalaufbereitung zu neuen Düngemitteln in Deutschland und den Niederlanden. Dabei stand die transparente und bedarfsgerechte Verwertung unter Berücksichtigung der landesspezifischen Rechtsnormen sowie unter Zuhilfenahme effizienter und wirtschaftlicher Technologien im Mittelpunkt der Arbeiten. Dazu wurden gelungene Beispiele in der Projektregion betrachtet und neue Konzepte und Technologien zur Gülle- und Gärrestverwertung untersucht.

Hauptziel war es, geeignete Aufbereitungsverfahren für Wirtschaftsdünger zu finden, die einen „Dünger nach Maß“ herstellen können. Der Erfolg wurde dabei an den Parametern Transportwürdigkeit, bedarfsgerechte Nährstoffzusammensetzung und Wirtschaftlichkeit gemessen. Die Ergebnisse zeigen, dass es nicht nur ein geeignetes Verfahren und einen optimalen Dünger gibt, sondern mehrere. Je nach den Bedürfnissen der jeweiligen Region und des jeweiligen landwirtschaftlichen Betriebes sind ver-

schiedene Verfahren vorteilhaft. Die Vorzüge einer Technik sind stark davon abhängig, was der Betrieb, der Biogasanlagenbetreiber, der Lohnunternehmer oder die Region erreichen möchte. Darüber hinaus müssen auch das Logistikkonzept und der Absatz der Produkte auf den Einsatz der Technik abgestimmt werden.

Zusammengeführt wurden die Ergebnisse unter anderem in einem Berechnungstool, in dem nach Eingabe der Grunddaten eines Betriebes im Ergebnis die Kosten möglicher Anpassungsverfahren nebeneinanderstellt werden (siehe auch Bericht zum Excel-Tool).

Ausblick

Das Projekt Mest op Maat hatte eine Laufzeit vom 01.10.2015 bis zum 30.06.2019. Viele Arbeitsschritte sind in den Projekt-AGs bearbeitet worden. Einige Techniken, wie beispielsweise die Gülleseparation bei der Raiffeisen Emsland-Süd (Deutschland) oder die Vollaufbereitung bei der Fa. Groot-Zevert in Beltrum (Niederlande), werden von den Akteuren bereits in der Praxis eingesetzt. Die Nachfrage nach Aufbereitungstechniken steigt. Neben großen „Düngerfabriken“ sind auch betriebliche Lösungen gefragt.

Was muss politisch geklärt werden:

- Europäische Ebene: wie ist ein Ausgleich zwischen Ernährungssicherung und Nitratbelastung zu schaffen?
- Bundes- und Länderebene: soll der Abbau der regionalen Nährstoffüberschüsse

durch überregionale Verteilung oder einzelbetriebliche Reglementierungen (z.B. Vieh zu Flächen-Verhältnis) gesteuert werden?

- Kommunale Ebene: wie können Akzeptanz und Unterstützung konkreter Maßnahmen (Anerkennung von Nährstoffbörsen, Standorte für und Genehmigung von Aufbereitungsanlagen) zur Verwertung der Nährstoffüberschüsse gesteigert werden?
- Ackerbauregionen: wie lässt sich die Akzeptanz für Wirtschaftsdünger aus Veredelungsregionen für die Düngung steigern?
- Welche Forschungs- und Entwicklungsthemen müssen bearbeitet werden:
- Die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der Aufbereitungstechniken auf die Nährstoffbilanz der Regionen, auf die Betriebsabläufe der beteiligten landwirtschaftlichen Betriebe und Biogasanlagen sowie auf die Logistik bei der Verbringung sind nicht abschließend erforscht
- Es braucht Versuchsanlagen, an denen diverse Kombinationen von Aufbereitungstechniken zur bedarfsgerechten Düngerproduktion getestet und geprüft werden können
- Zur Wirksamkeit der unterschiedlichen Düngerprodukte aus einer Aufbereitung im Acker-, Feldfutter-, Gemüse- und Gartenbau besteht Forschungsbedarf

- Es braucht weitere Untersuchungen zur Marktfähigkeit der verschiedenen Produkte für den Privatanwender und zur Entwicklung entsprechender Vermarktungsstrategien
- Die weitere Erprobung der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) zur Ermittlung der Nährstoffgehalte für eine bedarfsgerechte und zielgerichtete Düngung, insbesondere in Kombination mit „Smart Farming“
- Es bedarf einer Fortführung und Ausweitung der Untersuchungen zur nährstoffoptimierten Fütterung auch auf weitere Fütterungsstrategien, Tierarten und Haltungsformen

Die praktischen Auswirkungen der Aufbereitungstechniken und die Ergebnisse der Feldversuche für die Aufbereitungsprodukte

werden in der Beratung dringend benötigt. Dabei bedarf es auch dem Engagement der Landwirtschaft, bereits vorhanden Technologien einzusetzen und die Weiterentwicklung damit voranzutreiben. Nicht zuletzt ist auf die Umsetzung der guten fachlichen Praxis bei der Düngung zu achten. Die Politik braucht mehr Informationen für ihre gesellschaftspolitische Entscheidungsfindung. **Die Projektpartner plädieren deshalb unbedingt für eine Verlängerung des Projektes.** Das Thema Nährstoffmanagement und Grundwasserschutz ist grenz- und länderübergreifend. Daher ist es von großer Bedeutung das vorhandene Netzwerk zu nutzen und die Aktivitäten zu bündeln und zu koordinieren. Dies verspricht den größten Erfolg das Problem der gesamten Region zu bewältigen.



Abbildung 43: Gruppenfoto der Projektpartner

Notizen