

Projektabschlussbericht:

„Nachhaltige Produktion von Biogas
durch Mehreinsatz von Wirtschaftsdünger
unter besonderer Berücksichtigung neuartiger
Verfahrensschritte und Produktgewinnung mit
regionalem Schwerpunkt im
Landkreis Rotenburg (Wümme)“



Kompetenzzentrum
Niedersachsen • Netzwerk
Nachwachsende Rohstoffe
und Bioökonomie e. V. **3N⁹**

 **Landkreis
Rotenburg**
(Wümme)

gefördert durch



**Niedersächsisches Ministerium
für Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz**

Vorwort des Landrates

Biogas ist ein multifunktionaler Systemdienstleister für den Energie- und Landwirtschaftssektor: Mit Biogas kann Kraft und Wärme grundlastfähig erzeugt werden. Für die Landwirtschaft bietet die klimaschonende Verwendung organischer Reststoffe und Wirtschaftsdünger ein wesentliches Potential zur umweltschonenderen Nutzung von organischen Düngern und Nährstoffen. Der Landkreis Rotenburg (Wümme) erzeugt bereits heute einen Großteil seiner Erneuerbaren Energie mit den 148 Biogasanlagen vor Ort. Dabei leistet der erhöhte Einsatz von Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen einen wichtigen Beitrag zur Treibhausgasvermeidung und Verbesserung der Klimagasbilanz landwirtschaftlicher Betriebe.



Das Projekt „Nachhaltige Produktion von Biogas durch Mehreinsatz von Wirtschaftsdünger unter besonderer Berücksichtigung neuartiger Verfahrensschritte und Produktgewinnung mit regionalem Schwerpunkt im Landkreis Rotenburg (Wümme)“ startete im August 2022 mit einer Auftaktveranstaltung, bei der die damalige Landwirtschaftsministerin Barbara Otte-Kinast den Zuwendungsbescheid für die Förderung über eine Million Euro übergab. Ziel des Projektes war es, mit ausgewählten Biogasanlagenbetreibern Antworten auf die Fragen zu finden: Wie sieht meine Biogasanlage zukünftig aus? Welche Verfahren kann ich nutzen, um weniger Mais einzusetzen, dafür mehr Abfallstoffe wie zum Beispiel Gülle, Mist oder Maisstroh? Welche anderen Produkte neben Strom, Wärme und Gas kann ich vermarkten?

In unserem Landkreis gibt es viele Anlagenbetreiber die bereit waren, Antworten zu erarbeiten und auszuprobieren. Der Landkreis wollte sie als Projektträger dabei unterstützen, sich auch für die Zeit nach dem EEG zukunftsfähig aufzustellen und damit als Beispiel für die vielen anderen Anlagen im Land voranzugehen.

Die Projektarbeit war geprägt vom guten Miteinander zwischen den Anlagenbetreibern, beteiligten Firmen, der Landwirtschaftskammer, dem Projektteam und dem Fördermittelgeber, dem niedersächsischen Ministerium für Landwirtschaft.

Die Ergebnisse der im Projekt durchgeführten Untersuchungen sind überwiegend vielversprechend, auch wenn die Biogasbranche im Laufe des Projektzeitraums teilweise mit schwierigen Rahmenbedingungen zu kämpfen hatte, wie zum Beispiel dem günstigen Erdgaspreis, den sinkenden Treibhausgasquoten oder den geänderten politischen Rahmenbedingungen.

Dieses konkrete Projekt ist beendet, das Thema Biogas und Wirtschaftsdünger wird uns als Landkreis weiter begleiten. Die Beteiligten konnten sich untereinander vernetzen und neue, innovative Ideen entwickeln. Auch nicht am Projekt beteiligte Anlagenbetreiber können von den Ergebnissen profitieren, um ihre Biogasanlagen zukunftsfähig aufzustellen.

Herzliche Grüße
Ihr Landrat
Marco Prietz

Vorwort 3N Kompetenzzentrum

Der Klimawandel stellt uns vor eine der größten globalen Herausforderungen. Mit der Novellierung des Klimaschutzgesetzes und den daraus resultierenden verschärften Klimazielen der Bundesregierung wird die Notwendigkeit einer grundlegenden Transformation in allen Sektoren, von der Energiewirtschaft über die Industrie bis hin zur Landwirtschaft, deutlich. Besonders in der Landwirtschaft und der Bioenergieproduktion liegt ein enormes Potenzial, um zur Reduktion von Treibhausgasen beizutragen und nachhaltige Entwicklung zu fördern.



Der Landkreis Rotenburg (Wümme) steht hier als Beispiel einer zukunftsfähigen Region, die durch ihre hohe Zahl an Biogasanlagen bereits eine Vorreiterrolle in der Nutzung erneuerbarer Energien und der nachhaltigen Kreislaufwirtschaft einnimmt. Das durchgeführte Projekt „Modellregion NaProBio zur nachhaltigen Produktion von Biogas durch Mehreinsatz von Wirtschaftsdüngern“ verfolgt das Ziel, die Potenziale von Biogasanlagen weiter zu erschließen und deren Beitrag zur Klimaneutralität und Ressourcenschonung zu erhöhen. Insbesondere wird die verstärkte Nutzung von Wirtschaftsdüngern als Biogassubstrat und die Optimierung der damit verbundenen Prozesse untersucht, um sowohl ökologische als auch ökonomische Mehrwerte zu generieren.

Dieses Projekt geht jedoch über die reine Verbesserung der Biogastechnologie hinaus. Es zielt darauf ab, innovative Wertschöpfungskonzepte zu entwickeln, die neue Einnahmequellen für Biogasanlagen eröffnen und gleichzeitig zur CO₂-Minderung und nachhaltigen Landwirtschaft beitragen. Dabei stehen die Entwicklung neuer Verwertungsmöglichkeiten wie die Produktion von „grünem“ CO₂, Wasserstoff und nachhaltigen Biogasprodukten z.B. auch Torfersatzstoffe im Fokus.

Die Ergebnisse dieses Projekts sind nicht nur für den Landkreis Rotenburg (Wümme) von Bedeutung, sondern bieten wichtige Impulse für eine bundesweite Umsetzung von nachhaltigen Biogaskonzepten. Durch den zukunftsorientierten Ansatz der Verknüpfung von Klimaschutz, Kreislaufwirtschaft und innovativen Energietechnologien kann die Region als Modell für eine klimafreundliche Biogasproduktion dienen. Dies stellt einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele auf Landes- und Bundesebene dar.

Viele Biogasanlagenbetreiber stehen derzeit durch das Auslaufen der EEG-Förderung vor enormen ökonomischen Herausforderungen und politischen Unsicherheiten bzgl. der Zukunft des Biogases in der künftigen Energieversorgung.

Zukünftige Biogasanlagen werden mit deutlich geringeren nachwachsende Rohstoffe Anteilen arbeiten müssen, es bleibt daher eine spannende Aufgabe, die Hindernisse auf dem Weg zu einer breiten Anwendung von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen zu überwinden und die vorhandenen Potenziale weiter auszuschöpfen. Das vorliegende Projekt liefert dafür einen wertvollen Beitrag und zeigt auf, wie durch intelligente Vernetzung und innovative Lösungen eine nachhaltige und klimagerechte Zukunft gestaltet werden kann.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. Jan Köbbing

Inhaltsübersicht

Vorwort des Landrates	3
Vorwort 3N Kompetenzzentrum	4
1 Einleitung	6
2 Ausgangssituation in der Modellregion	7
2.1 Räumliche Anordnung der Biogasanlagen	7
2.2 Fütterungssubstrate und -mengen der teilnehmenden BGA im Jahr 2022.....	7
3 Überbetriebliche Betrachtung	8
3.1 Mengenmäßige Änderung der Fütterungssubstrate der teilnehmenden BGA 2022-2024	8
3.2 Durchgeführte NPK-Analysen.....	9
3.3 Nährstoffbetrachtung der Fütterungssubstrate	10
3.4 Ergebnisse Gärrestanalysen.....	10
3.5 Biogas Batch-Tests	11
3.6 Oberflächenwasser	12
4 Einzelbetriebliche Betrachtung - BGA 8.....	13
4.1 Substratzusammensetzung über den Projektzeitraum	13
4.2 Auswirkung der Substratänderung auf den Gärrest.....	14
4.3 Lagerungsversuche von Rindermist	15
5 Nährstoffkreisläufe und Aufbereitung.....	16
5.1 Nährstoffgehalte und -abscheideraten von Gärresten	16
5.2 Feinseparation von Mastschweinegülle	18
6 Nutzung von separierten Gärresten zur Torfersatzstoff-Herstellung	20
6.1 Chemische Untersuchungen.....	20
6.2 Biologische Eigenschaften	20
6.3 Physikalische Eigenschaften	20
6.4 Kulturversuche	20
7 Wirtschaftliche Bewertung von verschiedenen Pfaden der Biogasnutzung.....	22
7.1 Biogasbereitstellungskosten und Einflussgrößen der Nutzungspfade	22
7.2 Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Nutzungspfade	25
7.3 Rechtliche Bewertung der Nutzungspfade.....	26
8 Konzeption der Biogasanlagenverbunde	27
8.1 Verbund Zeven.....	27
8.2 Verbund Freren	27
9 Bewertung und Handlungsbedarf	28
Abkürzungsverzeichnis	29
Tabellenverzeichnis	29
Abbildungsverzeichnis	30
Impressum	31

1 Einleitung

Im Landkreis Rotenburg (Wümme) werden 148 Biogasanlagen betrieben (Stand 2021, Biogasinventur). Bisher setzen diese zum großen Teil Mais als wirtschaftlich interessantes Substrat ein. Im gesamten Landkreis werden ca. 27.028 ha der landwirtschaftlichen Nutzfläche mit Mais (Biogasinventur 2021; Nährstoffbericht Landwirtschaftskammer) zur Substratgewinnung für Biogasanlagen bebaut. Bei einer gesamten Maisanbaufläche von 47.878 ha, werden somit ca. 53 % dieser Maisanbauflächen und ca. 32 % der gesamten Ackerfläche für die Produktion von Biogas genutzt.

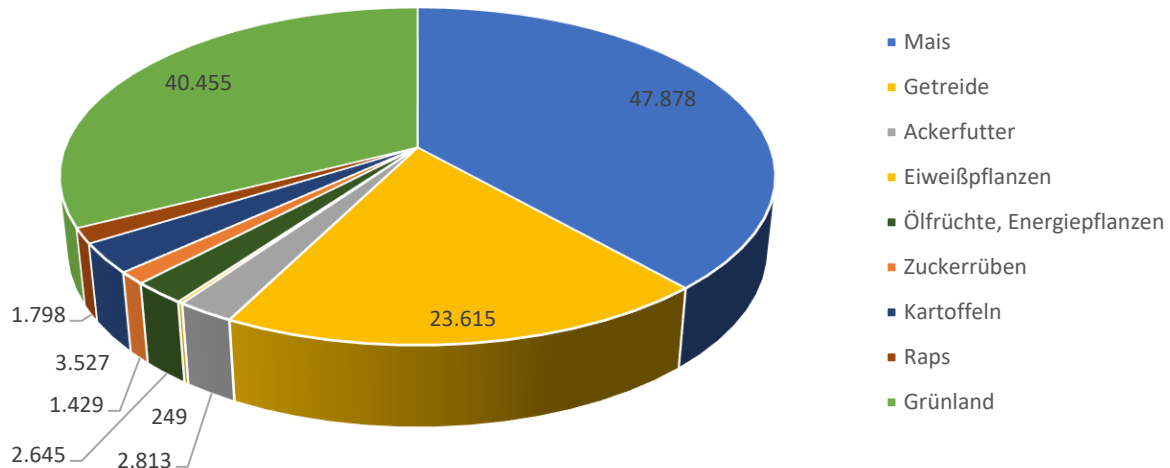


Abbildung 1: Anbauflächen in Hektar der landwirtschaftlichen Kulturen im Landkreis Rotenburg (Wümme)

Gemäß dem Nährstoffbericht 2022/2023 der Landwirtschaftskammer verzeichnet der Kreis inzwischen keinen Nährstoffüberschuss mehr und weist stattdessen ein negatives Düngesaldo von -6 kg N/ha und -10 kg P/ha aus mineralischen Düngern und organischen Wirtschaftsdüngern auf. Diese WD umfassen Festmiste, verschiedene Gülle aus der Viehhaltung und den Gärrest aus Biogasanlagen. Der frühere Überschuss an Stickstoff und Phosphor wurde mittels Transporten von Wirtschaftsdüngern in Bedarfsregionen, einer Verringerung der mineralischen Düngung bei gleichzeitiger Effizienzsteigerung beim Einsatz der organischen Dünger, sowie einem wachsenden Einsatz von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen mit anschließender Aufbereitung und Verbringung bzw. gezielter Verwertung der Gärreste erreicht. Dazu haben sich die Tierplatzzahlen verringert.

Nicht nur die festgelegte Höchstgrenze des Stickstoffanfalls, sondern ebenfalls der Grenzwert für Phosphat wurde im Landkreis Rotenburg (Wümme) in der Vergangenheit deutlich überschritten. Daher ist es von besonderer Bedeutung die positiven Werte beizubehalten und weiter zu verbessern.

Um diese Erfolge im Abbau von Nährstoffüberschüssen nachhaltig sichern zu können und den im Landkreis befindlichen Biogasanlagen nach Ende des EEG eine Zukunftsperspektive zu geben wurde das Projekt „Modellregion Nachhaltige Produktion von Biogas durch Mehreinsatz von Wirtschaftsdünger unter besonderer Berücksichtigung neuartiger Verfahrensschritte und Produktgewinnung mit regionalem Schwerpunkt im Landkreis Rotenburg (Wümme) - NaProBio“ durchgeführt.

Ziel des Verbundprojektes „NaProBio“ war es, die Hindernisse im Einsatz von Wirtschaftsdünger weiter zu verringern und über neuartige Prozesse und Techniken die Vorzüglichkeit dieses Biogassubstrates herauszuarbeiten.

Neue Wege der Wertschöpfung aus der Nutzung des Gases bspw. über die Produktion von Treibstoff oder „grünem“ CO₂ wurden betrachtet. Ebenso wurde geprüft, ob durch die spezielle Konditionierung der Festphase des Gärrestes zur Verwendung als Torfersatzstoff ein weiterer Wirtschaftszweig für Biogasanlagenbetreiber entstehen kann.

Diese und weitere nachfolgend beschriebene Lösungskonzepte und Verwertungsmöglichkeiten wurden in diesem Projekt vom 3N Biokompetenzzentrum und dem Landkreis Rotenburg (Wümme) zusammen mit 10 ausgewählten Biogasanlagen in der Praxis erprobt und mit ökonomischen und ökologischen Erhebungen begleitet. Diese Maßnahmen sollten einerseits zu mehr Nachhaltigkeit und Klimaschutz

führen und andererseits auch den Weiterbetrieb der regionalen Biogasanlagen nach Auslaufen der bisherigen EEG -Förderung durch neue Wirtschaftskonzepte sichern und ermöglichen. Die folgende Aufnahme zeigt die Übergabe des Zuwendungsbescheids im Rahmen der Kick-off-Veranstaltung am 17.08.2022 im Landkreis Rotenburg (Wümme).



2 Ausgangssituation in der Modellregion

2.1 Räumliche Anordnung der Biogasanlagen

Ein Großteil der teilnehmenden Anlagen befindet sich im Landkreis Rotenburg (Wümme). Die übrigen BGA sind in den Landkreisen Verden, Cloppenburg und Grafschaft Bentheim angesiedelt. Das daraus resultierende Konsortium aus BGA-Betreibern hat sich zu Projektbeginn dazu bereit erklärt betriebs-spezifische Angaben und Stoffströme für die Datenverarbeitung zur Verfügung zu stellen. Durch die große Diversität der Einsatzstoffe der verschiedenen Anlagen, lassen sich die Ergebnisse der Untersuchungen aus dem Projekt auf viele andere BGA in Niedersachsen übertragen.

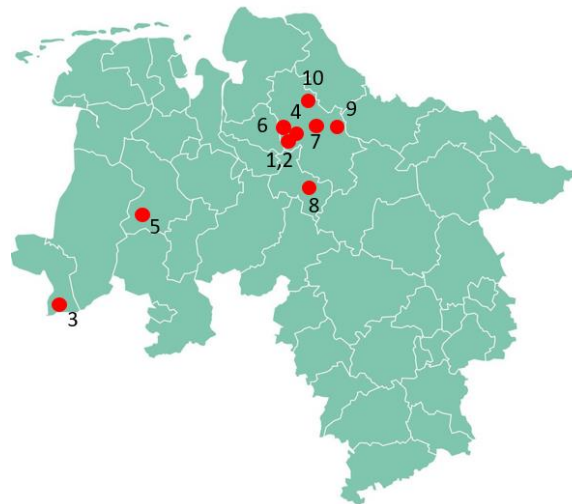


Abbildung 2: Räumliche Verteilung der Projekt-Biogasanlagen

2.2 Fütterungssubstrate und -mengen der teilnehmenden BGA im Jahr 2022

Durch die Auswertung der Substrateinsätze zu Projektbeginn wird deutlich, dass bei den teilnehmenden BGA eine weite Streuung der eingesetzten Inputstoffe gegeben ist. Zudem ist bei einem Großteil der Betriebe das technische Potential zur Ausweitung des WD-Einsatzes (Aufbereitung) gegeben.

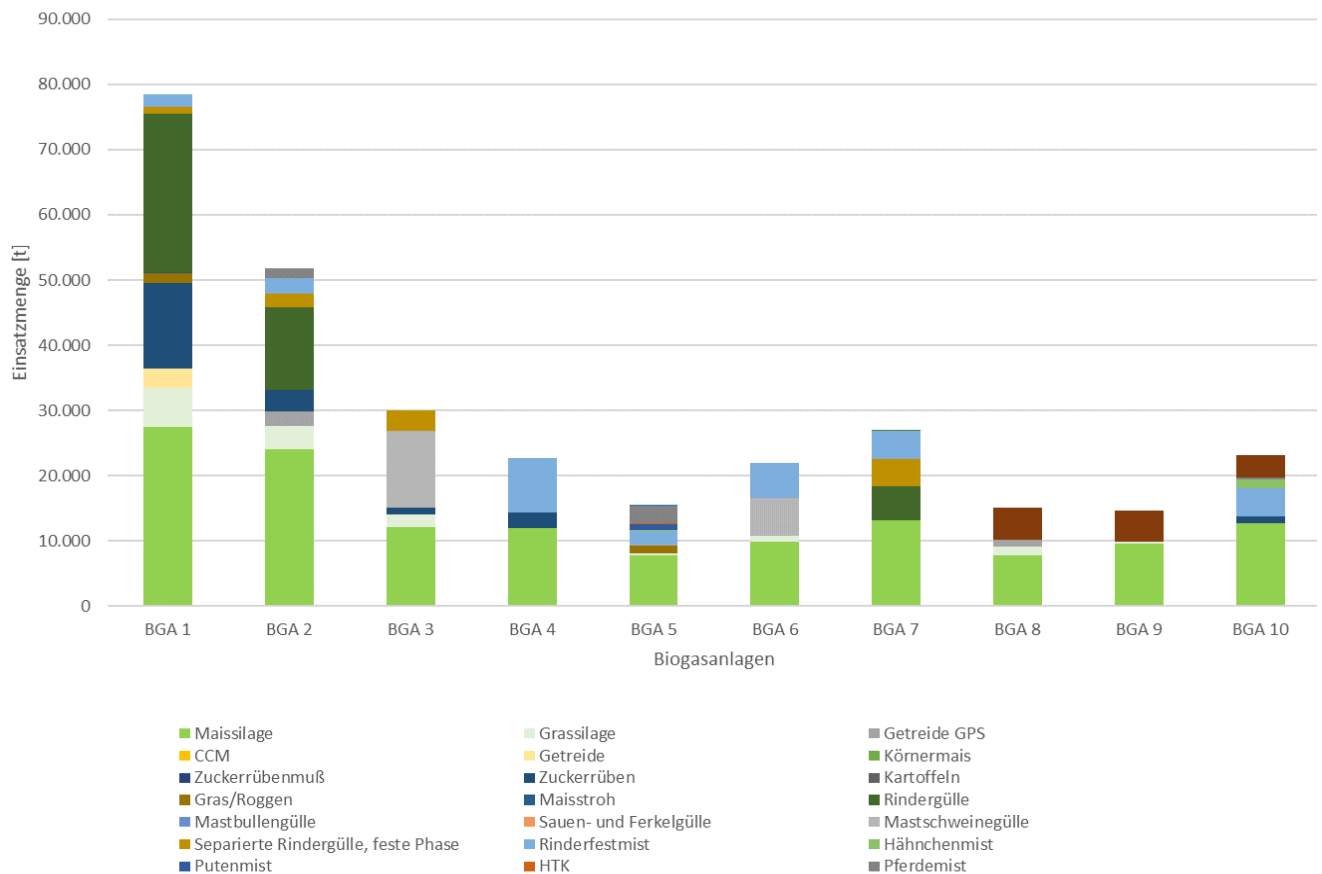


Abbildung 3: Fütterungssubstrate und -mengen der teilnehmenden BGA im Jahr 2022

3 Überbetriebliche Betrachtung

3.1 Mengenmäßige Änderung der Fütterungssubstrate der teilnehmenden BGA 2022-2024

Anhand der gemeldeten Einsatzstoffe der BGA für die Jahre 2022 bis 2024 kann die Entwicklung der Fütterung verfolgt werden. Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung lagen nur die Daten von acht Anlagen vollständig vor. Eine Reduktion des Maissilageeinsatzes in den Projektanlagen kann deutlich erkannt werden. Im Gegenzug ist die Menge der eingesetzten Wirtschaftsdünger stark angestiegen. Allerdings kann aufgrund des jeweiligen Gaspotentials die Maissilage nicht 1:1 mit WD substituiert werden. Aufgrund dessen ist davon auszugehen, dass die teilnehmenden Anlagen im Jahresvergleich 2024 weniger Gas produziert haben (siehe Beispielanlage Betriebsebene in Kapitel 4.1 (Abbildung 8)).

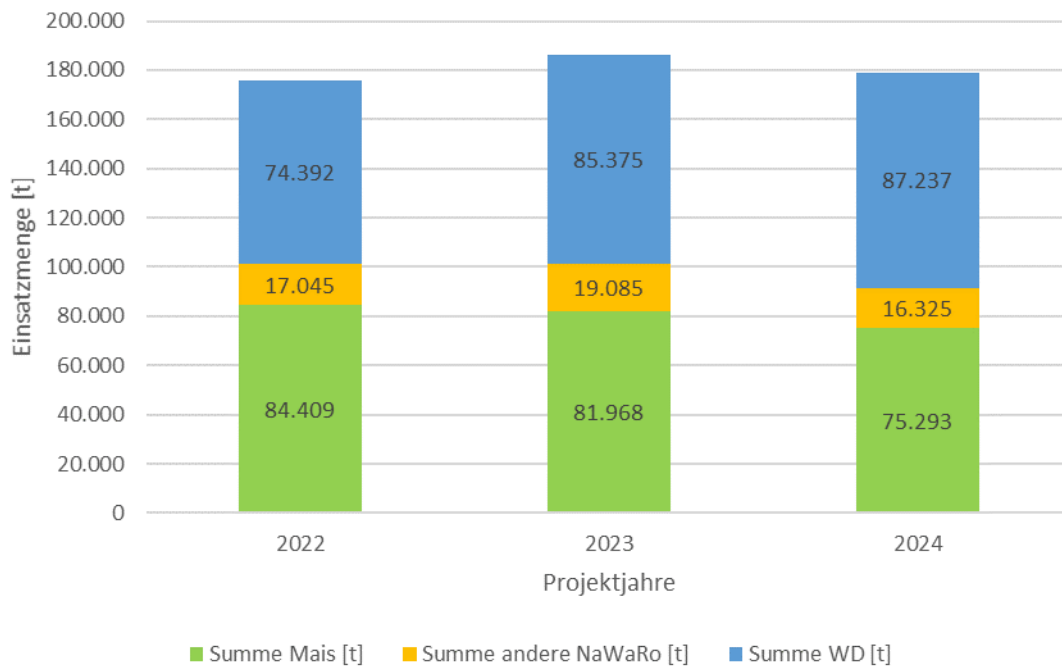


Abbildung 4: Einsatzmengen der Biogassubstrate in den Jahren 2022-2024

3.2 Durchgeführte NPK-Analysen

Bei den zehn BGA wurden 428 Substratanalysen durchgeführt. 136 Proben der eingesetzten nachwachsenden Rohstoffe wurden untersucht, davon waren 68 Maissilagen. Zudem wurde der Gärrest umfassend mit 82 Beprobungen analysiert. Zusätzlich sind verschiedenste Wirtschaftsdünger (WD) in Form von Rohgülle, aufbereiteten Gülle und Misten analysiert worden. Abbildung 4 zeigt auf welchen Wirtschaftsdüngern im Projekt der Fokus lag. Die Beprobungen des Oberflächenwassers bei allen BGA wurde durchgeführt, um einen Eindruck hinsichtlich der Qualität zu erhalten.

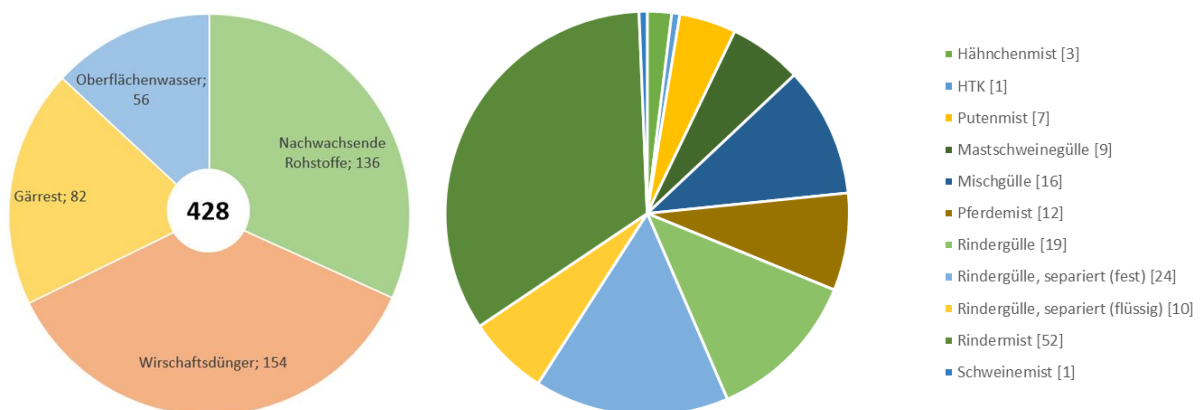


Abbildung 5: Anzahl NPK-Analysen und Aufteilung der einzelnen WD-Untersuchungen

3.3 Nährstoffbetrachtung der Fütterungssubstrate

In Tabelle 1 wurde von den im Projekt durchgeführten Analysen je Substrat der Mittelwert von TS-Gehalt [%], Stickstofffracht [kg/t] bzw. [kg/m³] und der Phosphorgehalt [kg/t] bzw. [kg/m³] bestimmt. Dem gegenüber steht der Richtwert der jeweiligen Parameter, der durch die Landwirtschaftskammer Niedersachsen ausgewiesen wurde. Die Abweichung der gemessenen Nährstoffgehalte von den Richtwerten liegt im Bereich von 2 - 63%. Die höchsten Abweichungen sind bei der Mastschweinegülle aufgetreten. Dies ist mit den vergleichsweise niedrigen TS-Gehalten der untersuchten Gülle zu erklären.

Tabelle 1: Auflistung der Mittelwerte von durchgeführten Analysen und Richtwerten der Düngebehörde der LWK

Bezeichnung	Trockensubstanz [%]		N-ges [kg/t]		P ₂ O ₅ [kg/t]	
Substrat	Richtwert (LWK Niedersachsen)	Mittelwert Analysen	Richtwert (LWK Niedersachsen)	Mittelwert Analysen	Richtwert (LWK Niedersachsen)	Mittelwert Analysen
Maissilage	33-37	34,9	4,3	4,2	1,8	1,7
Mastschweinegülle	6	2,4	5,5	2,4	2,7	1,0
Pferdemist	30	40,5	4,0	6,3	3,3	3,0
Putenmist	60	52,1	21,4	24,1	20,6	14,5
Rindergülle	8	7,3	3,7	3,4	1,5	1,6
Rindergülle, feste Phase	28	20,3	6,4	4,4	4,0	2,1
Rindermist	23	27,6	5,0	6,0	3,2	2,8

Niedersachsen

3.4 Ergebnisse Gärrestanalysen

In Tabelle 2 werden die gemittelten Nährstofffrachten der rohen Gärreste in einzelbetrieblicher Auswertung dargestellt. Zudem ist die Anzahl der Gärrestanalysen pro Projektanlage angegeben. Es wird deutlich, dass sich die N- und P₂O₅-Gehalte auf Betriebsebene aufgrund der unterschiedlichen Fütterungssubstrate teils stark unterscheiden. Dies wird besonders bei den Betrieben mit erhöhtem Geflügelmisteinsatz deutlich (BGA 3 und 6).

Tabelle 2: Gemittelte Nährstoffmengen der rohen Gärreste je BGA

Biogasanlage	Anzahl Gärrest-Analysen	N-Mittelwert [kg/m ³]	P ₂ O ₅ -Mittelwert [kg/m ³]
1	8	3,9	1,7
2	8	4,8	2,0
3	6	6,4	2,1
4	6	4,6	1,9
5	5	4,3	2,0
6	8	7,5	2,2
7	8	4,6	1,9
8	8	4,9	2,2
9	8	3,7	1,8
10	6	4,6	1,8

3.5 Biogas Batch-Tests

Neben den Nährstofffrachten der Substrate wurde ebenfalls das Biogaspotential der Inputstoffe untersucht, um mithilfe eines Austauschfaktors (ATF) bestimmen zu können, mit welchen Einsatzmengen verschiedener Wirtschaftsdünger Maissilage substituiert werden könnte.

Durch die Bestimmung des ATF wird deutlich, dass die feste Phase der separierten Rindergülle eine deutlich erhöhte Energiedichte im Vergleich zur Rohgülle aufweist. Des Weiteren eignen sich die unterschiedlichen Mistarten hervorragend als potentieller Maisersatz. Die Geflügelmiste schnitten im Vergleich zum Rinder- bzw. Pferdemist nochmal deutlich besser ab. Zu beachten ist, dass vom Hähnchenmist lediglich eine Untersuchung vorliegt, da dieser nur kurzzeitig von einer Anlage eingesetzt wurde. Hinsichtlich des guten Ergebnisses sollte dem Gaspotential aber mit weiteren Untersuchungen nachgegangen werden. Die im Projekt untersuchten Mastschweinegülle weisen im Vergleich zu den Richtwerten (Mastschweinegülle-Durchschnitt TS-Gehalt: 6%, Quelle: Landwirtschaftskammer Niedersachsen) erheblich geringere TS-Gehalte (TS-Gehalte: 1,5-3,7%) auf. Aus diesem Grund ist der hier berechnete ATF bezogen auf Mastschweinegülle mit einem geringen TS-Gehalt.

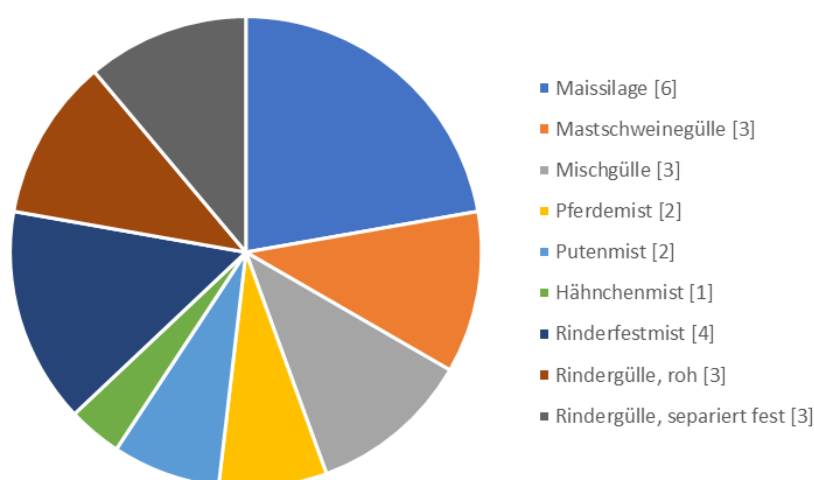


Abbildung 6: Untersuchte Substrate und Ausgasungsuntersuchungen

Neben dem reinen Gasertrag wurde auch der Methangehalt des entstandenen Gärgases untersucht, da dieser eine Aussage über die Güte der Einsatzstoffe ermöglicht. Die mittleren Methanerträge der untersuchten Wirtschaftsdünger (Tabelle 3) liegen durchweg über dem ermittelten durchschnittlichen Methangehalte der untersuchten Maissilagen (Abbildung 7).

Tabelle 3: Gaserträge und Austauschfaktor (Mais zum ausgewählten Substrat)

Substrat	Gasertrag [NL/kg FM]	ATF
Maissilage	225	1
Rindergülle, roh	18	12,7
Rindergülle, sep. fest	62	3,6
Mischgülle	18	12,3
Mastschweinegülle	5	47,6
Rindermist	83	2,7
Hähnchenmist	213	1,1
Putenmist	163	1,4
Pferdemist	80	2,8

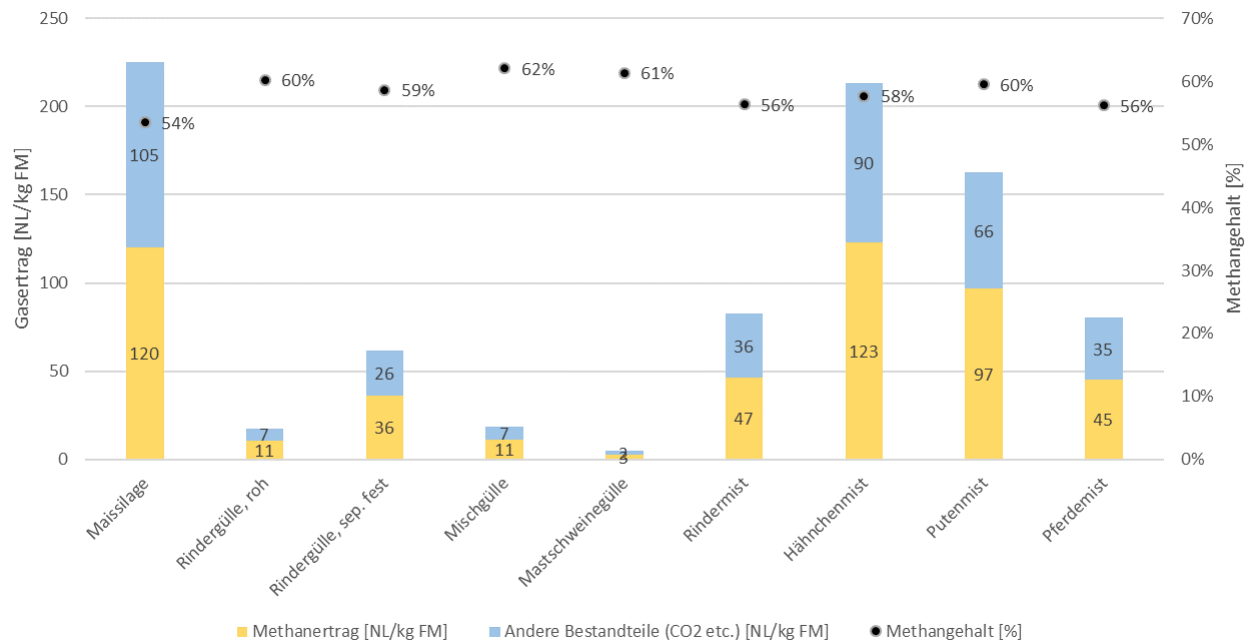


Abbildung 7: Gaserträge und Methangehalte der untersuchten Substrate

3.6 Oberflächenwasser

Biogasanlagenbetreibende stehen beim Anfall und anschließender Verwertung des Oberflächenwassers vor großen Herausforderungen. Das OW muss gesondert aufgefangen werden und wird bei vielen Anlagen ins Gärrestlager geleitet. Um dies zu verhindern, wäre eine Verwertung des anfallenden Wassers bspw. in Form einer Verregnung auf angrenzenden Flächen sinnvoll. Hier besteht allerdings noch rechtlicher Klärungsbedarf. Der durch die Verwertung des Wassers resultierende Platzgewinn im Gärrestlager, würde einen Mehreinsatz von WD erheblich vereinfachen.

Anhand der nachfolgenden Tabelle 4 werden die gemittelten N- und P₂O₅-Werte der anfallenden Oberflächenwasser auf den Anlagen dargestellt.

Hier wird deutlich, dass sich die Nährstoffgehalte der Oberflächenwasser betriebsübergreifend teils deutlich unterscheiden. Maßgebend ist dabei unter anderem der Zeitpunkt der Probenahme. Z.B. sind die Nährstoffgehalte nach hohen Niederschlägen geringer.

Tabelle 4: Gemittelte N- und P-Werte der Oberflächenwasser auf den Anlagen

Biogasanlage	Anzahl OW-Analysen	Mittelwert N [mg/l]	Mittelwert P ₂ O ₅ [mg/l]
1	5	658	506
2	4	10	2
3	4	199	56
4	4	1160	57
5	5	545	351
6	5	191	119
7	5	685	440
8	4	230	131
9	5	301	218
10	5	43	36

4 Einzelbetriebliche Betrachtung - BGA 8

4.1 Substratzusammensetzung über den Projektzeitraum

Anhand der nachfolgenden Grafik wird die Substratzusammensetzung der Projektanlage kumuliert über den Projektzeitraum dargestellt.

Dieses Beispiel zeigt, dass der Maissilageeinsatz deutlich reduziert wurde. Auffällig ist zudem der starke WD-Anstieg im Jahresvergleich. Zu Beginn (2022) war der Einsatz von separierter Rindergülle (feste Phase) und Rindermist mit jeweils ca. 4.000 t verhältnismäßig gering. Im Verlauf des Projektes stiegen die Anteile am Substratmix allerdings bedeutend an, wodurch sich die eingesetzten Mengen bei der separierten Rindergülle verdoppelten. Die erzeugten Rohgasmengen sanken parallel zur Steigerung der festen Gülle-Mist-Mengen ab, da die Gärstrecke diese Mengen immer schlechter verarbeiten konnte. Mit Inbetriebnahme eines neuen Fermenters mit einer neuen Einbringtechnik im Sommer 2024 konnten die täglichen Futtermengen und damit auch die erzeugte Gasmenge nach und nach wieder gesteigert werden.

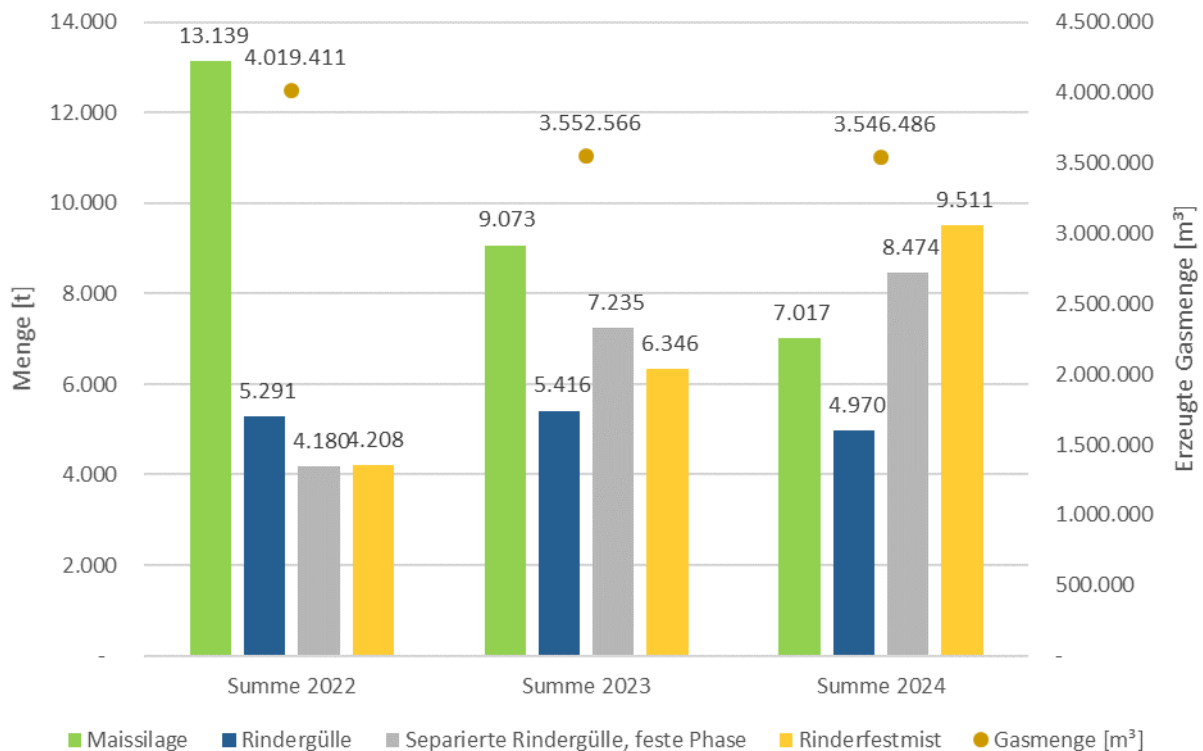


Abbildung 8: Substratzusammensetzung der BGA 8 kumuliert für die Jahre 2022, 2023 und 2024

Die nachfolgende Abbildung 9 stellt die Entwicklung von Maissilage und Wirtschaftsdünger der Projektanlage über die Projektjahre anhand der prozentualen Fütterungsverhältnisse dar. Hier wurde das Fütterungssystem innerhalb der drei Projektjahre hin zum Mehreinsatz von Wirtschaftsdünger verändert. Im Projektjahr 2024 lag der Maiseinsatz bei lediglich 24%, wohingegen der WD-Einsatz auf 76% erhöht wurde.

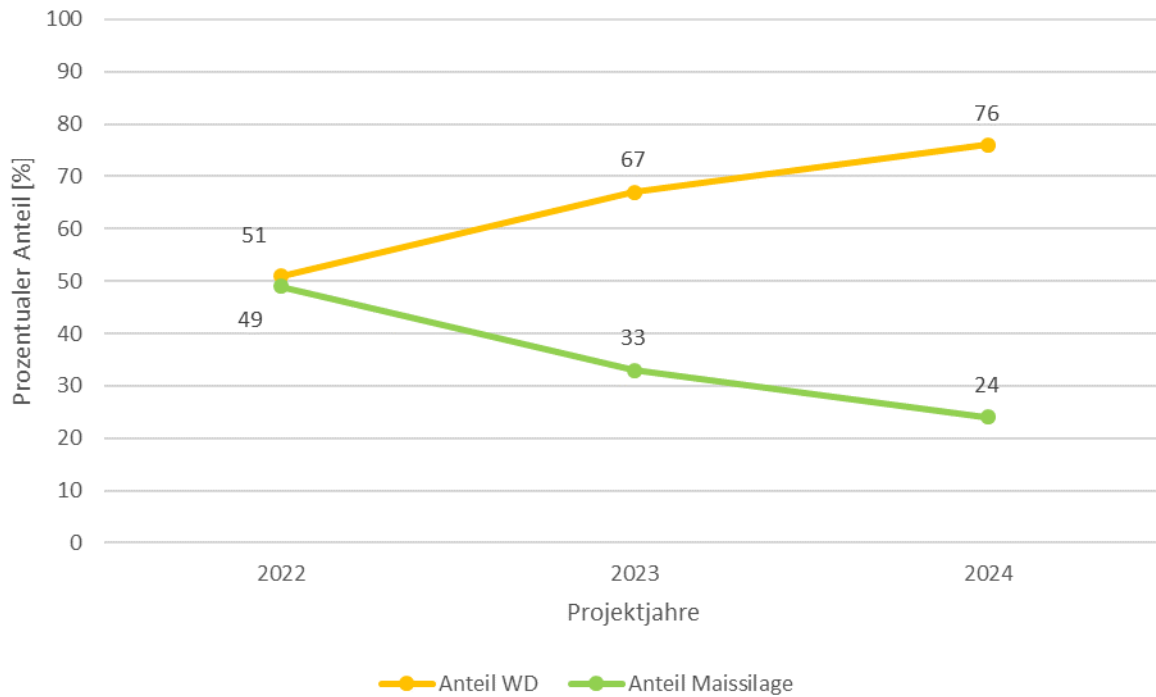


Abbildung 9: Entwicklung der Anteile von Maissilage und Wirtschaftsdünger am Substrat-Mix

4.2 Auswirkung der Substratänderung auf den Gärrest

Mit der Kompensation der Maissilage nimmt der Gesamteinsatz der eingesetzten Tonnagen erheblich zu. Dies liegt an den geringeren Energiedichten und des daraus resultierenden erhöhten Volumeneinsatzes der Wirtschaftsdünger im Vergleich zur Maissilage (siehe Ausgasungsuntersuchungen).

Tabelle 5: Summe des Inputs und Summe des Gärrestes in den Jahren 2022-2024

Bezeichnung	2022	2023	2024
Summe Input [t]	26.948	28.299	30.147
Summe Gärrest [t]	22.980	24.871	26.994

Neben der anfallenden Mengenänderung des Gärrestes werden durch die Inputsubstratänderung auch die Nährstoffe des resultierenden Gärrestes beeinflusst. Anhand der nachfolgenden Grafik kann ein eindeutiger Trend erkannt werden. Im Jahr 2022 fielen die Nährstoffströme von N und P_2O_5 verhältnismäßig höher aus, als in den Folgejahren. Mit der Reduzierung von Maissilage und Erhöhung des Einsatzes von separierter Rindergülle im Jahr 2023 wurde der Nährstoffgehalt des Gärrestes gesenkt. In letzten Projektjahr (2024) stiegen die Nährstoffgehalte (N & P_2O_5) im Vergleich zum Vorjahr wieder leicht an. Dies liegt an der mengenmäßigen Verschiebung innerhalb der Wirtschaftsdüngerfraktion hin zum Rindermist.

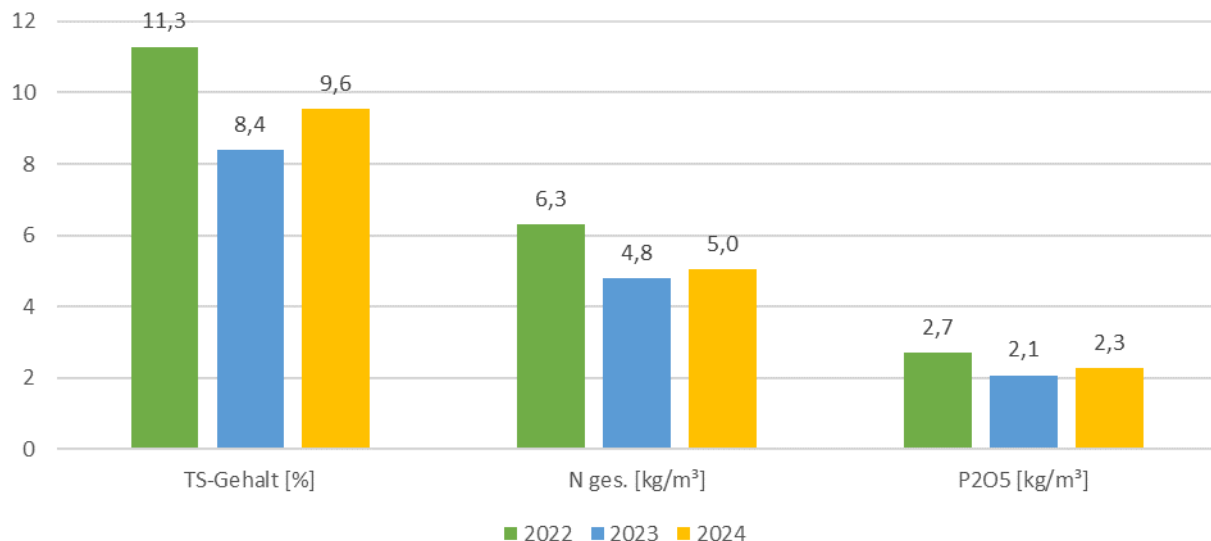


Abbildung 10: TS-Gehalt, N-Gehalt und P2O5-Gehalt des Gärrestes in den Jahren 2022-2024

4.3 Lagerungsversuche von Rindermist

Bei der Projektanlage wurden zudem Mistlagerungsversuche durchgeführt, um mögliche Verluste von Biogaspotentialen festzustellen und die Energiedichte von den gelagerten Materialien zu untersuchen. Dabei wurde zunächst eine Biogasertragsanalyse vom frischen Mist durchgeführt. Nach 8 Wochen wurde jeweils eine Probe vom offen gelagerten Mist (Variante 1), abgedeckten Mist (Variante 2) und festgefahrenen und abgedeckten Mist (Variante 3) auf den Biogasertrag analysiert. In der folgenden Abbildung sind die Biogaserträge [IN/kg FM] der vier getesteten Varianten grafisch dargestellt.



Hier wird deutlich, dass sich die erzeugte Biogasmenge des Ausgangsmaterials (89,3 IN/kg FM) bei einer offenen Lagerung um ein Drittel reduziert. Die Varianten „Rindermist abgedeckt (nicht festgefahren)“ und „Rindermist abgedeckt (festgefahren)“ sollten zeigen, ob durch das Abdecken eine Verringerung des Gärpotentials des Mistes verhindert werden kann. Die nicht festgefahrene Variante zeigt lediglich einen etwas geringeren Gasertrag, wohingegen die festgefahrene Variante einen identischen Biogasertrag aufweist.

Da das Festfahren einen zusätzlichen Energie- und Personenaufwand mit sich bringt, muss betriebsindividuell entschieden werden, ob sich diese Aufwendung lohnt.

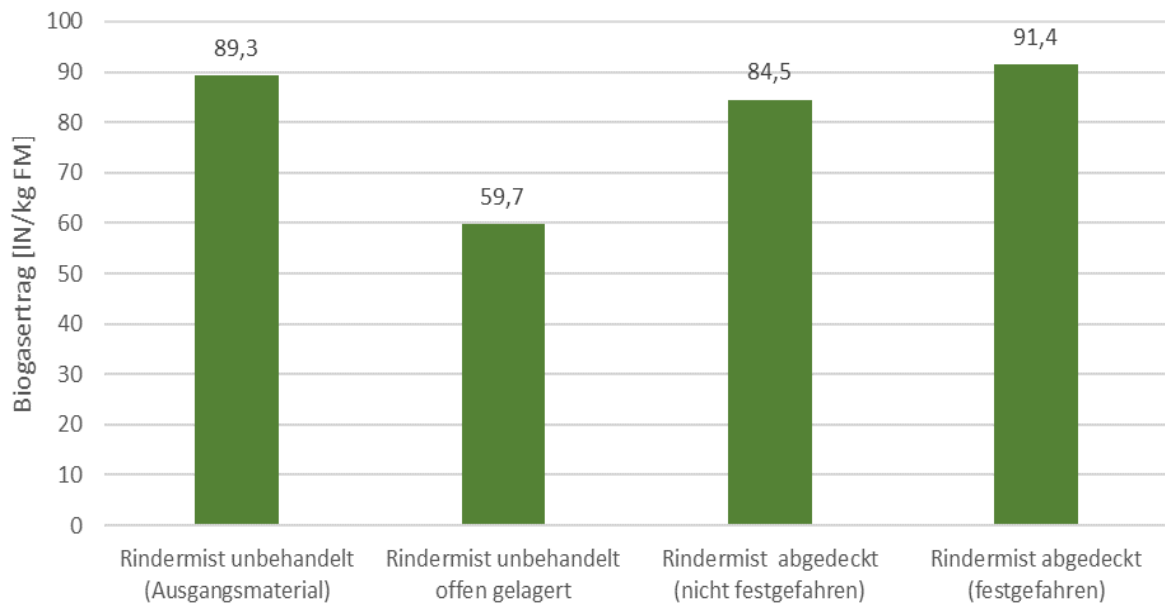


Abbildung 11: Biogasertrag der verschiedenen Rindermistvarianten

5 Nährstoffkreisläufe und Aufbereitung

5.1 Nährstoffgehalte und -abscheideraten von Gärresten mit unterschiedlichem Trockensubstanzgehalt nach der Separation mit einem Pressschneckenseparator

Um eine breite Datengrundlage zur Nährstoffzusammensetzung der beiden Fraktionen (fest/flüssig) von unterschiedlichen separierten Gärresten zu erhalten, wurden im Rahmen des Projektes „NaProBio“ in Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Landtechnik, Energie, Bauen, Immissionsschutz der Landwirtschaftskammer Niedersachsen, auf vier Projekt-Biogasanlagen Separationsversuche durchgeführt. Die Versuche fanden im Juli 2023 und März 2024 statt. Untersucht wurden dabei zwei Gärreste mit sehr hohen TS-Gehalten (BGA 4 & 8), ein Gärrest mit einem hohen Anteil Geflügelmist am Input (BGA 6) und ein Gärrest mit einem hohen Anteil Rindermist am Input (BGA 7).



Neben der Beprobung der Fraktionen zur Analyse der Nährstoffgehalte wurden auch die Gewichtsmengen der abseparierten Feststoffe und der Dünnphease ermittelt. Die Menge des separierten Rohgärrestes wurde über die Addition der Feststoff- und Dünnpheasengewichte ermittelt. Die Versuche wurden von Seiten der LWK durch Hans-Jürgen Technow ausgewertet.

Separationsergebnisse

Im Folgenden sind die Nährstoffgehalte und die entsprechenden Mengenanteile, der aus dem Rohgärrest abseparierten, festen und flüssigen Phase dargestellt. In der rechten Spalte „Differenz zu 100 %“ ist das Maß für die Aussagefähigkeit bzw. der Genauigkeit der durchgeführten Versuche zu erkennen. Je mehr dieser Wert von 100 % (alle Daten sind richtig) abweicht, desto größer ist die Fehlerquote bei der Datenerhebung bzw. der Laboranalyse. Aufgrund der sehr geringen Abweichung sind die erhobenen Werte plausibel und nachvollziehbar.

Tabelle 6: Nährstoffgehalte und entsprechende Mengenanteile der separierten Gärreste BGA 4

BGA 4 - Nährstoffgehalte im separierten Gärrest				Nährstoffmengenanteile		
Separation Probe	Rohgärrest Ø 2 Analysen	Dünngärrest Ø 2 Analysen	Feststoffe Ø 2 Analysen	Dünngärrest (%)	Feststoffe (%)	Differenz zu 100%
Menge (kg)	16.440	12.380	4.060	75	25	100
TS (%)	13,10	9,64	22,90	55	43	99
Gesamt-N (kg/m³)	6,20	6,15	6,20	75	25	99
Ammonium -N (kg/m³)	2,95	3,05	2,70	78	23	100
Phosphor (kg/m³)	2,75	2,50	3,35	68	30	99
Kalium (kg/m³)	7,95	8,30	7,65	79	24	102

Tabelle 7: Nährstoffgehalte und entsprechende Mengenanteile der separierten Gärreste BGA 6

BGA 6 - Nährstoffgehalte im separierten Gärrest				Nährstoffmengenanteile		
Separation Probe	Rohgärrest Ø 2 Analysen	Dünngärrest Ø 2 Analysen	Feststoffe Ø 2 Analysen	Dünngärrest (%)	Feststoffe (%)	Differenz zu 100%
Menge (kg)	19.760	19.180	580	97	3	100
TS (%)	8,53	7,72	34,60	88	12	100
Gesamt-N (kg/m³)	7,55	7,75	8,60	100	3	103
Ammonium -N (kg/m³)	4,00	3,95	3,70	96	3	99
Phosphor (kg/m³)	2,10	1,95	6,05	90	8	99
Kalium (kg/m³)	9,40	9,40	7,80	97	2	100

Tabelle 8: Nährstoffgehalte und entsprechende Mengenanteile der separierten Gärreste BGA 7

BGA 7 - Nährstoffgehalte im separierten Gärrest				Nährstoffmengenanteile		
Separation Probe	Rohgärrest Ø 2 Analysen	Dünngärrest Ø 2 Analysen	Feststoffe Ø 2 Analysen	Dünngärrest (%)	Feststoffe (%)	Differenz zu 100%
Menge (kg)	17.870	16.410	1.460	92	8	100
TS (%)	6,10	4,97	18,20	75	24	99
Gesamt-N (kg/m³)	4,20	4,15	6,05	91	12	103
Ammonium- N (kg/m³)	2,15	2,10	2,50	90	10	99
Phosphor (kg/m³)	1,45	1,20	4,80	76	27	103
Kalium (kg/m³)	4,80	4,85	4,70	93	8	101

Tabelle 9: Nährstoffgehalte und entsprechende Mengenanteile der separierten Gärreste BGA 8

BGA 8 - Nährstoffgehalte im separierten Gärrest				Nährstoffmengenanteile		
Separation Probe	Rohgärrest Ø 2 Analysen	Dünngärrest Ø 2 Analysen	Feststoffe Ø 2 Analysen	Dünngärrest (%)	Feststoffe (%)	Differenz zu 100%
Menge (kg)	18.360	14.160	4.200	77	23	100
TS (%)	12,10	9,57	21,50	61	41	102
Gesamt-N (kg/m³)	6,10	6,00	6,55	76	25	100
Ammonium-N (kg/m³)	2,80	2,65	2,55	73	21	94
Phosphor (kg/m³)	2,55	2,40	3,35	73	30	103
Kalium (kg/m³)	7,15	7,35	7,10	79	23	102

Bei genauerer Betrachtung fallen die teilweise sehr geringen Aufkonzentrationsraten der Stickstoff- und Phosphorgehalte in die separierte Festphase auf. Analog dazu, sind die relativ hohen Gehalte in der flüssigen Dünnphease des separierten Gärrestes aus der Biogasanlage 4 und 8. Hier könnte die höhere Viskosität des trockensubstanzreichen Gärrestes die Nährstoffabscheiderate negativ beeinflusst haben. Weiterhin dürfte die Zusammensetzung der eingesetzten Biogassubstrate, insbesondere der Anteil und die Art der eingesetzten Wirtschaftsdünger, von Bedeutung sein. Auch der mechanische Aufschluss der zugeführten Substrate und die Rückführung der separierten flüssigen Phase in den Fermenter, könnten einen Einfluss auf das Separationsergebnis haben. Diesbezüglich standen die hohen Trockensubstanzgehalte der separierten Feststoffe der Biogasanlage 6 nicht im Einklang mit den vorgenommenen Einstellungen des Separators und dem optischen Eindruck der „händischen Pressprobe“. Hier könnten durch Substrataufschluss oder Rezyklatrückführung die flüssigkeitsbindenden, porösen Strukturen der organischen Substanz vermehrt abgebaut worden sein. Das zurückbleibende ligninhaltige Material bindet weniger Flüssigkeit und könnte ursächlich für die hohen Trockensubstanzgehalte der festen Phase sein.

Fazit

- Entscheidend für den Erfolg einer Gärrestseparation sind die in die feste Phase abgeschiedenen Nährstoffmengen
- Gärreste mit hohen Trockensubstanzgehalten erhöhen zwar den abgepressten Feststoffmengenanteil, reduzieren aber durch die höhere Viskosität die darin enthaltenen Nährstoffgehalte
- Die Beschaffenheit der eingesetzten Biogassubstrate und ein weitergehender Substrataufschluss bzw. Rezyklatrückführung haben höchstwahrscheinlich ebenfalls einen Einfluss auf die abgeschiedenen Nährstoffmengen
- Um hierrüber genauere Aussagen treffen zu können, wäre ein weitergehendes Screening mehrerer Biogasanlagen erforderlich

5.2 Feinseparation von Mastschweinegülle

Im Rahmen des NaProBio-Projektes wurden des Weiteren Separationsversuche mit Mastschweinegülle (MSG) durchgeführt. Das Ziel dieser Untersuchung war es einen stabilen Separationsverlauf durch zwei hintereinander geschaltete Feinfilter zu bewerkstelligen. Zudem soll die Aufteilung der Nährstoffströme N und P_2O_5 in der resultierenden Fest- und Flüssigphase untersucht werden.

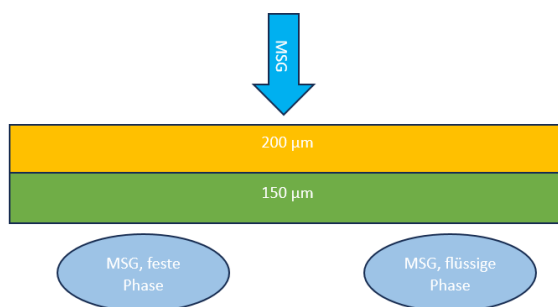


Abbildung 12: Schema Feinseparation Mastschweinegülle



Bei dem Versuch kamen zwei MSG mit unterschiedlichen TS-Gehalten zum Einsatz, um die Eignung der Feinseparation für unterschiedlichen Qualitäten des Fütterungssubstrates zu testen.

In der nachfolgenden Abbildung wurde die Separation mit einer MSG mit einem TS-Gehalt von 4,8% durchgeführt. Hier kann deutlich erkannt werden, dass durch die Feinfilter eine gute Abscheidung und somit Verschiebung von N ges. und P_2O_5 in die Festphase (TS-Gehalt: 21,2%) stattfindet.

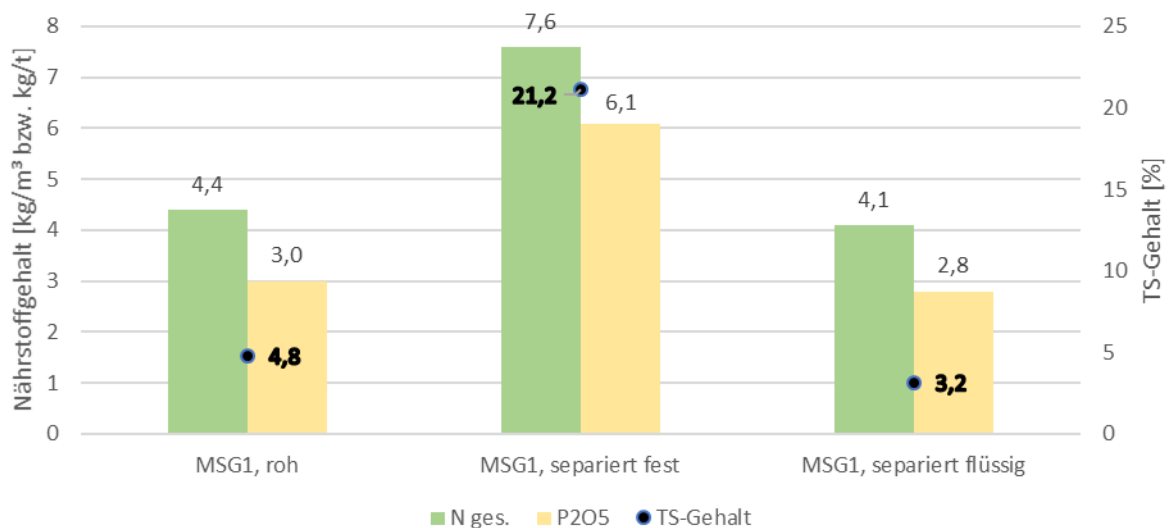


Abbildung 13: Nährstoff- und TS-Gehalte der einzelnen Fraktionen

Bei der anderen MSG handelt es sich um die abgesetzte Phase der ersten Gülle aus dem Güllekeller. Aufgrund dessen resultiert hier ein TS-Gehalt von 11,5%. Auffällig ist bei diesem Substrat der hohe P₂O₅-Gehalt. Daraus resultiert im Vergleich zur MSG mit geringem TS-Gehalt eine doppelt so hohe P₂O₅-Abscheiderate in die Festphase (TS: 25,4%). Zudem verbleibt in der Flüssigphase der MSG2 im Vergleich zu MSG 1 deutlich mehr P₂O₅.

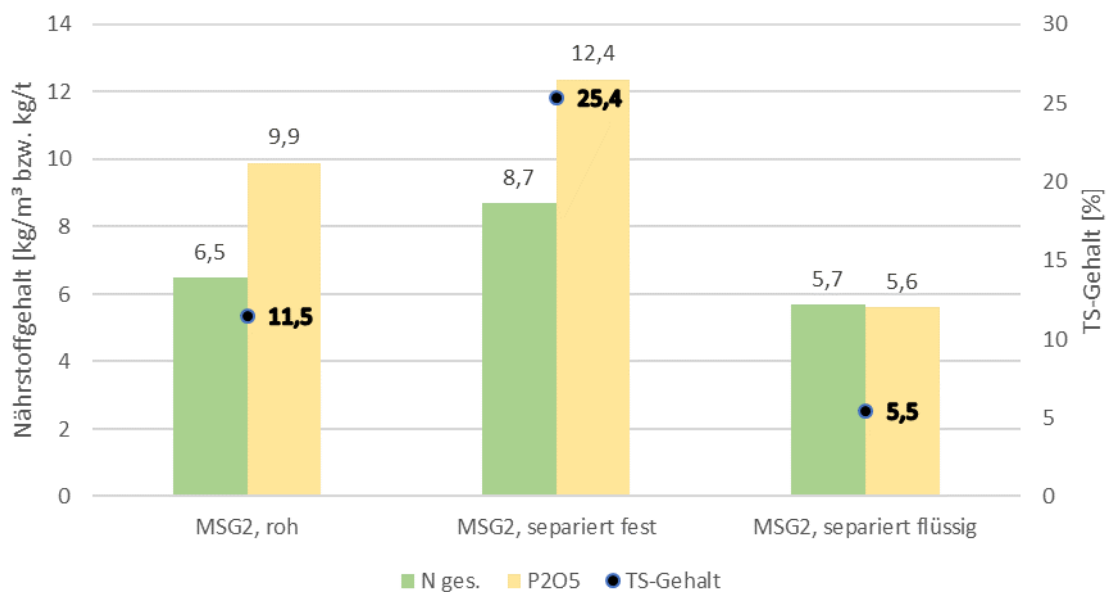


Abbildung 14: Nährstoff- und TS-Gehalte der einzelnen Fraktionen

Zusammenfassend ist die Erkenntnis, dass die hier behandelten Schweinegülle mit unterschiedlichen Qualitäten gute Nährstoffabscheideraten (besonders bei P₂O₅) aufweisen. Dennoch verbleibt in den resultierenden Flüssigphasen nach der Separation immer noch eine hohe P₂O₅-Konzentration. In anschließenden Versuchen wurde die Flüssigphase mittels Verdampfungstechnik weiter behandelt. Die Ergebnisse hierzu sind auf Anfrage erhältlich.

6 Nutzung von separierten Gärresten zur Torfersatzstoff-Herstellung

In diesem Projektteil sollte herausgefunden werden, inwieweit sich Gärreste aus verschiedenen Zusammensetzungen für den Einsatz in Gartenbau-Substraten eignen und welche Zusammensetzung die pflanzenbaulich günstigsten Eigenschaften mitbringt. Acht der zehn Projekt-Anlagen haben die Festphase ihres Gärrestes für diese Untersuchung zur Verfügung gestellt. Die acht verschiedenen Gärreste wurden von der Firma Geltz mithilfe der firmeneigenen NuTriSep-Anlage aufbereitet. Dabei sollten die Gärreste so aufbereitet werden, dass diese im Nachgang für pflanzenbauliche Versuche geeignet sind. Die anschließenden Kulturversuche wurden bei dem Erdenwerk Gramoflor GmbH&Co. KG durchgeführt. Bevor die Kulturversuche aufgestellt wurden, sind die verschiedenen Gärreste auf verschiedene chemische, biologische und physikalische Eigenschaften untersucht worden. Bei den folgenden Ausführungen handelt es sich um einen Auszug des Berichtes von Ulrike Fockenberger, Mitarbeiterin von Gramoflor GmbH&Co. KG.

6.1 Chemische Untersuchungen

Bei den chemischen Eigenschaften stellte sich heraus, dass die aufbereiteten Gärreste bzgl. ihrer pflanzenverfügbaren Nährstoffe untereinander vergleichbar waren und auf einem für Pflanzen niedrigem Niveau lagen.

6.2 Biologische Eigenschaften

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Bewertung neuer Torfersatzstoffe sind die biologischen Eigenschaften. Hier wurden die Materialien auf unterschiedliche Bakterien und Keime untersucht und ein Keimpflanzentest beauftragt. Zudem wurden alle Varianten auf eine mögliche Stickstoffimmobilisierung analysiert.

In keinem der aufbereiteten Gärreste befanden sich E. coli, Enterokokken oder Salmonellen. Die Produkte wurden durch den Aufbereitungsprozess der Geltz-Anlage hygienisiert. Die Ergebnisse zur N-Immobilisierung waren bei den 8 Testvarianten sehr unterschiedlich. Dies lag vermutlich an den unterschiedlichen Zusammensetzungen der Gärreste. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Inputmaterial und N-Immobilisierung konnte nicht ermittelt werden. Für einen perspektivischen Einsatz vom Gärrest-Rohstoff wäre eine möglichst niedrige N-Fixierung von Vorteil. Dadurch müssten in Abhängigkeit der Anteile nur geringe Stickstoffmengen zu Beginn oder während der Kultur ausgeglichen werden.

6.3 Physikalische Eigenschaften

Die Körnung ist ein wichtiger Aspekt, der entscheidet, wie der Rohstoff eingesetzt werden kann. Vor dem Hintergrund der bei Gramoflor etablierten Eingruppierung der Rohstoffe nach einer definierten Korngröße, sind alle Testvarianten in die Strukturstoffe fein (0-7mm) einzuordnen.

6.4 Kulturversuche

Die Kulturversuche mussten aus logistischen Gründen zeitversetzt aufgestellt werden. Die Varianten I.6 - I.8 wurden ca. 5 Wochen später aufgestellt. Durch die zeitlich versetzte Aufstellung können die 8 Gärrest-Rohstoffvarianten nur bedingt miteinander verglichen werden. Dennoch lassen sich aus den Ergebnissen einige interessante Erkenntnisse ableiten.

Die in den angesetztten Versuchen verwendeten Kulturpflanzen reagierten unterschiedlich auf die verschiedenen Beimischungsraten des Gärrest-Rohstoffs. Bei der empfindlichen Kultur Calibrachoa zeigten sich bereits mit Anteilen von 25% erste Unterschiede zur Kontrollvariante mit 100% Torf. Diese Unterschiede wurden mit zunehmenden Anteilen vom Gärrest-Rohstoff deutlicher.



Abbildung 15: Übersichtsfoto von Calibrachoa mit 25% Gärrest-Rohstoff

Für das geringere Wachstum können verschiedene Faktoren ursächlich sein. Der pH-Wert beispielsweise, stieg mit zunehmenden Gärrest-Rohstoffgehalten während der Kulturzeit merklich an. Dabei lagen die pH-Werte insbesondere bei den Versuchen mit 75% und 100% deutlich über dem zu Beginn eingestellten pH-Wert von 5,8. Am besten wächst Calibrachoa bei einem pH-Wert zwischen 4,5 und 5,8. Daher lassen sich die schlechteren Wachstumsergebnisse durch eine nicht passende pH-Entwicklung erklären. Zudem wird vermutlich eine starke Nährstofffixierung stattgefunden haben. Eine Nachdüngung konnte die fehlenden Nährstoffe nicht mehr ausgleichen.

Die Chinakohlpflanzen haben insgesamt deutlich bessere Ergebnisse erzielt. Hier waren die ersten deutlichen Unterschiede erst bei einem Anteil von 75% Gärrest-Rohstoff sichtbar.



Abbildung 16: Übersichtsfoto vom Chinakohl mit 75% Gärrest-Rohstoff

Bei dieser Kultur waren die zur Verfügung stehenden Nährstoffe vermutlich ebenfalls zu gering. Die Nachdüngung konnte die Unterschiede im Wachstum nicht mehr ausgleichen.

Bei der dritten Kultur Osteospermum waren ebenfalls bei 25% Gärrest-Rohstoff erste Unterschiede zur Kontrollvariante erkennbar.

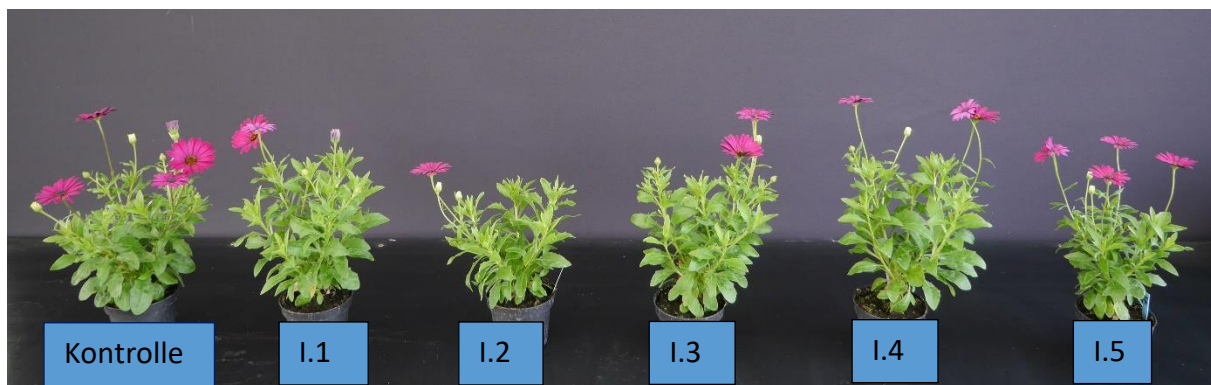


Abbildung 17: Übersichtsfoto Osteospermum mit 25% Gärrest-Rohstoff

Insgesamt waren bei einigen erhobenen Daten Unterschiede erkennbar, allerdings konnten diese bei einer anderen Kultur nicht reproduziert werden. Demnach sind die 8 Gärrest-Rohstoffvarianten untereinander vergleichbar. Eine deutlich bessere bzw. deutlich schlechtere Variante konnte bezüglich der chemischen, biologischen, physikalischen Untersuchungen und den Kulturversuchen nicht ausgemacht werden.

- Keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gärresten
- Unterschiedliche Pflanzen reagieren unterschiedlich auf Gärrest-Beimischung
- Weitere Tests mit besserer Nährstoffeinstellung notwendig

7 Wirtschaftliche Bewertung von verschiedenen Pfaden der Biogasnutzung

Das in den Biogasanlagen der Projektregion erzeugte Gas wird in Blockheizkraftwerken verstromt, die wegen des begrenzten Absatzes und des jahreszeitlich schwankenden Wärmebedarfs nicht die gesamte Gasmenge in Kraft-Wärme-Kopplung nutzen können. Zur besseren Ausnutzung des Gases kommt eine Zusammenführung dieser Mengen und eine gemeinsame Aufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz in Frage. Diese Handlungsoption bietet eine Alternative zur Fortsetzung der Verstromung im Rahmen der Anschlussvergütung des EEG, die aufgrund des Zulassungsverfahrens im Rahmen von Ausschreibungen eine unsichere Zukunftsoption darstellt. Das Biomethan könnte als Kraftstoff, als Energieträger für BHKW oder als Energieträger für Heizanlagen verwendet werden.



7.1 Biogasbereitstellungskosten und Einflussgrößen der Nutzungspfade

Biogas kann als Rohgas oder als Biomethan für drei verschiedene Zwecke verwendet werden und unterliegt dabei rechtlichen Rahmenbedingungen, die sich deutlich voneinander unterscheiden:

- Verstromung in Kraft-Wärme-Kopplung Einspeisung des Stroms ins öffentliche Netz gemäß EEG oder KWKG
- Nutzung als Kraftstoff Bewertung der Klimaschutzwirkung gemäß den Bestimmungen der RED II
- Nutzung als Brennstoff für Endverbraucher Bewertung der Klimaschutzwirkung gemäß der Bestimmungen des BEHG

7.1.1 Nutzungspfad Verstromung

Die Gasbereitstellungskosten der Biogasanlagen orientieren sich bisher an den Erlösen gemäß EEG, die bei Verstromung in den bestehenden BHKW mit den jeweils geltenden Boni erzielt werden. Sie sind also von der Leistung und dem Jahr der Inbetriebnahme der BHKW ebenso geprägt wie von den Einsatzstoffen und dem Grad der Wärmenutzung. Insbesondere bei Inanspruchnahme des Güllebonus führen geringe BHKW-Leistungen zu hohen Stromerlösen und somit zu einem hohen Wert der dort verstromten Gasmengen. Sie liegen typischerweise im Bereich von 8 Ct/kWh (Hi).

Für die Bewertung der Biomethanproduktion ist jedoch die Situation nach Ende der Vergütungsperiode entscheidend. Gemäß EEG 2023 können Bestandsanlagen an den Ausschreibungen der Bundesnetzagentur für eine Stromvergütung über einen Zeitraum von 10 Jahren teilnehmen. Der zulässige Höchstwert beträgt aktuell 19,8 Ct/kWh_{el}. Die Ausschreibungen im Frühjahr und Herbst 2024 zeigten, dass bei einer hohen Bieterzahl mit geringeren Erlösen gerechnet werden muss, im Folgenden werden 85 % dieses Erlöses angesetzt (16,9 Ct/kWh_{el}). Im Gegensatz zur Verstromung müssen jedoch die Kosten für das BHKW nicht erwirtschaftet werden. Der angesetzte Erlös reduziert sich daher um mindestens 2,0 Ct/kWh_{el} für Kapital- und Betriebskosten. Unter Berücksichtigung des BHKW-Wirkungsgrads ergibt sich ein Rohgaswert von 5,9 Ct/kWh (Hi) bzw. 5,4 Ct/kWh (Hs). Dies stellt für Gasmengen, die aufgrund der örtlichen Situation nicht in KWK verstromt werden können (wie im vorliegenden Fall abgefragt), die Vergleichsgröße dar. Dies bedeutet keine Aussage über die Gesamtwirtschaftlichkeit der Anlagen. Die mit Wärmenutzung verstromte Gasmenge hat einen höheren Wert. Wenn z.B. für 60 % der Erzeugung mit 4 Ct/kWh Erlös erzielt werden, erhöht sich der Wert des Gases auf 7,0 Ct/kWh (Hi) (s. Abbildung 18).

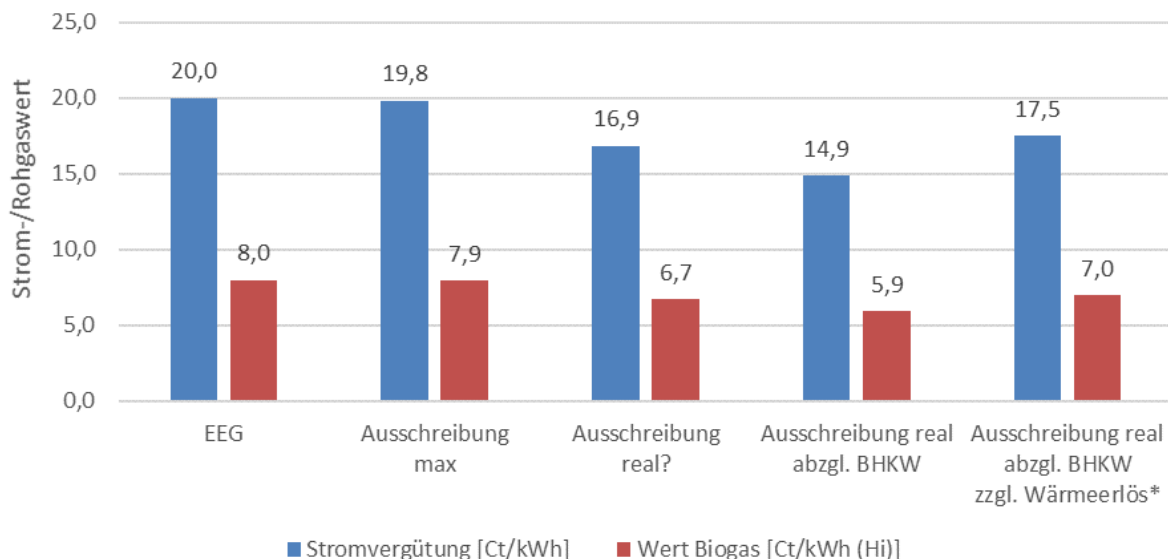


Abbildung 18: Biogaswert auf Basis der Stromvergütungen (*Wärmeerlös 4 Ct/kWh für 60 % der Wärmeerzeugung)

7.1.2 Nutzungspfad Kraftstoff

Die Verwendung von Biomethan als Kraftstoff ist von den Regelungen der Renewable Energy Directive II der EU bestimmt, die hauptsächlich in drei Regelwerken in nationales Recht umgesetzt sind.

§ 37a BImSchG sieht eine Minderung der Treibhausgasemissionen von Kraftstoffen gegenüber fossilem Referenzkraftstoff vor, die von 6 % 2021 auf 25 % bis 2030 ansteigt. Dies bezeichnet die Differenz aus den Emissionen fossiler Kraftstoffe (94,1 g CO_{2äq}/MJ) und den Emissionen der Biokraftstoffe. Diese werden anhand einer Berechnung über die gesamte Bereitstellungskette ermittelt - entweder anhand der Standardwerte der RED II oder anhand von individuellen Ermittlungen. Sie sind durch zugelassene Zertifizierer zu testieren. Die Quotenvorgaben müssen von den Inverkehrbringern von Kraftstoffen erfüllt werden und sind handelbar. Der Handel erfolgt parallel zum physischen Handel der Energieträger. Die RED II nennt Standardwerte für die Treibhausgasemissionen der am häufigsten eingesetzten Bioenergieträger, z.B. für Biomethan aus Gülle, Mais und Bioabfällen. Im Zuge einer Zertifizierung können sie durch individuell ermittelte Werte ersetzt werden, hierfür ist die Erfassung aller Produktionsstufen nach einem anerkannten Verfahren erforderlich. In Deutschland wird der Nachweis der Nachhaltigkeit bei flüssiger und gasförmiger Biomasse nach der EU-Richtlinie 2009/28/EG über die Datenbank Nachhaltige-Biomasse-Systeme der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung erbracht. Zur Erstellung von Nachhaltigkeitsnachweisen können nur die Biomassearten gewählt werden, die als aktiv gekennzeichnet sind. Die Aufnahme anderer Biomassearten kann bei der BLE beantragt werden. Energiepflanzen mit anderen Umweltvorteilen wie z.B. Blühpflanzen sind in der RED II nicht enthalten, können aber in Nabisy aufgenommen werden. Dort werden jedoch ausschließlich klimawirksame Einflüsse bewertet, andere umweltentlastende Eigenschaften wie z.B. bei der Vergärung von Blühpflanzen bleiben unberücksichtigt.

Abbildung 19 zeigt Quotenwerte für Biogas bei unterschiedlichen Substraten und Variation der CO₂-Handelswerte (bei Einfachanrechnung). Für einen Substratmix mit einem Wirtschaftsdüngeranteil von 30 % können Quotenwerte von 3 - 10 Ct/kWh erreicht werden (Emissionswert 25 g CO_{2äq}/MJ). Bei einem Anteil von 40 % im vorliegenden Fall ist ein Wert von 3 - 11 Ct/kWh zu verzeichnen (20 g CO_{2äq}/MJ). Bei einem Gülleanteil von 60 % steigen sie auf max. 12 Ct/kWh (10 g CO_{2äq}/MJ). Diese Variante entspricht etwa dem Maisanteil von max. 30 - 40 % im EEG 2023 bei der Teilnahme an der Ausschreibung der Bundesnetzagentur. Eine etwaige Doppelanrechnung auf die Quotenerfüllung würde das Ergebnis in den jeweiligen Jahren wesentlich verbessern. Diese Berechnung basiert auf Standardwerten und kann bei Abbildung der individuellen Verarbeitungsschritte abweichen und Optimierungspotenziale einbeziehen.

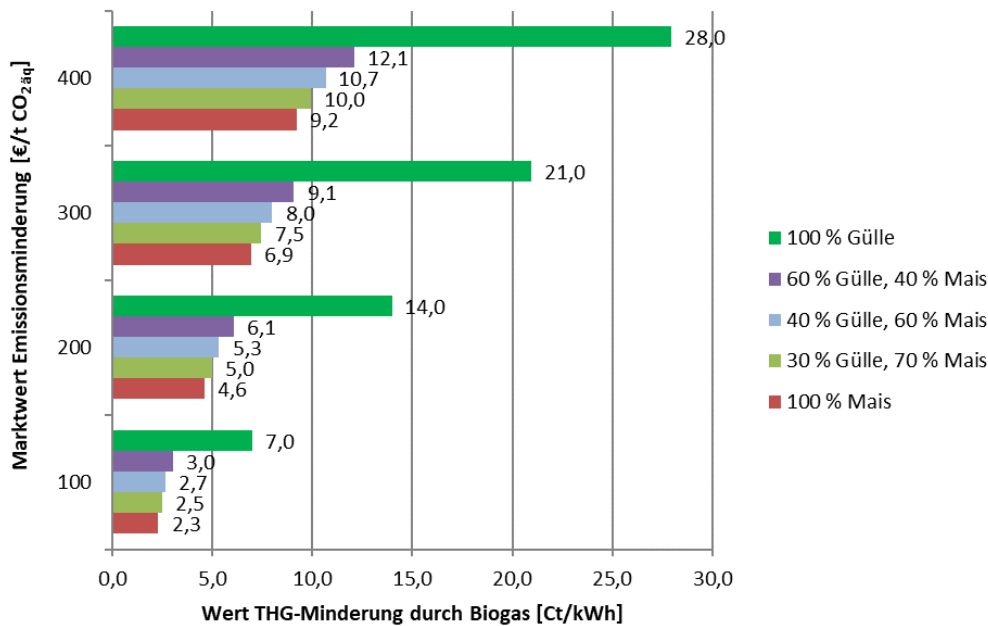


Abbildung 19: Marktwerte der Nachweise zur Treibhausgasemissionsminderung durch Biogas

Die Ausschleusung und Nutzung des abgeschiedenen CO₂ verringert den Emissionswert um 25 - 40 g CO₂äq/MJ, was einem Quotenerlös von 1,2 - 5,0 Ct/kWh (HS) entspricht. Der Wert des abgeschiedenen CO₂ ist stark von seiner Qualität und seiner Nutzung bestimmt und kann nur bei vertiefter Planung bewertet werden.

In das Erdgasnetz eingespeistes Biomethan kann gemäß § 44 b EEG anhand der Energieerträge der eingesetzten Substrate bilanziell in einsatzstoffbezogene Teilmengen unterschieden werden. Auf diese Weise können z.B. für die Teilmengen aus Wirtschaftsdünger hohe Erlöse erzielt werden, während die verbleibenden Teilmengen geringer wertigen Anwendungen zufließen (Wirtschaftsdüngeranteile zur Kraftstoffnutzung, Energiepflanzenanteile zur Brennstoffnutzung). Bei einer bilanziellen Teilung müssen für die verstromten Mengenanteile die Anforderungen des EEG eingehalten werden.

7.1.3 Nutzungspfad Brennstoff für Haushalte

Die Nutzung von Biomethan zu Heizzwecken hat z.Z. nur eine sehr geringe Bedeutung. Außerhalb einer kleinen, umweltschutzinteressierten Kundengruppe wird dieses Produkt nur aufgrund gesetzlicher Regelungen nachgefragt. Dies könnte mit den Bestimmungen des Gebäudeenergiegesetzes deutlich an Bedeutung gewinnen. Die Verwendung erneuerbarer Gase zählt zu den Erfüllungsoptionen, um einen Anteil von 65 % erneuerbaren Energiequellen zu erreichen. Die Pflicht entsteht bei der Erneuerung von Heizungsanlagen nach dem Inkrafttreten der kommunalen Wärmeplanung. In Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohnern ist dies ab Juli 2026 der Fall, bei kleineren Kommunen ab Juli 2028. In der kommunalen Wärmeplanung können auch Gebiete mit Netzen erneuerbarer Gase ausgewiesen werden. Sie müssen für ab 2024 eingebaute Heizungsanlagen einen Anteil von 15 % erneuerbare Gase (2029) aufweisen, der bis 2040 auf 60 % ansteigt.

Fossile Brennstoffe unterliegen den Bestimmungen des Brennstoffemissionshandelsgesetz. Emissionen von Erdgas, Heizöl, Diesel und Benzin werden darin mit einem Preisaufschlag anhand ihres CO₂-Ausstoßes belegt, der von 25 €/t im Jahr 2021 auf 45 €/t 2025 ansteigt und in den Folgejahren innerhalb eines Korridors von 55 - 65 €/t einem freien Handel unterliegt. Die höheren Kostenbelastungen von Heizöl sind von den spezifisch höheren Emissionen verursacht. 2030 soll er mit dem europäischen Emissionshandel zusammengeführt werden, der bisher für Anlagen mit mehr als 20 MW Feuerungsleistung besteht.

7.2 Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Nutzungspfade

Zur mittelfristigen Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Nutzungspfade sind die folgenden Einflussgrößen ausschlaggebend:

- Biogaserzeugungsmengen und -kosten insbesondere bei einem erhöhten Anteil von Wirtschaftsdünger und landwirtschaftlichen Reststoffen
- Erlöse für Strom und Wärme bei Weiterführung der Verstromung in KWK
- Marktniveau der Biomethanpreise aufgrund der Entwicklung der Erdgaspreise, der Erdgas- und Dieselmethanpreise sowie der CO₂-Bepreisung nach dem Brennstoffemissionshandelsgesetz
- Marktniveau der Treibhausgasminderungsquote gemäß RED II
- Aufwand zur Einbeziehung weiterer Biogasanlagen in geringer Entfernung, deren EEG-Vergütungszeitraum zu einem ähnlichen Zeitpunkt endet

In Abbildung 19 zeigt einen Vergleich der Summenwerte der Kostenermittlungen. Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Biogasnutzung vergleicht im vorliegenden Fall die Erzeugungskosten mit den Erlösen der Nutzungspfade. Um die jeweiligen Einflussfaktoren abzubilden, werden Minimal- und Maximalvarianten betrachtet.

Die Erlöse der Kraft-Wärme-Kopplung sind tendenziell höher als die Rohgaserzeugungskosten - insbesondere, wenn bei Nutzung an der Biogasanlage oder einem Satellitenstandort kein Anlagenverbund erforderlich ist. Dies spiegelt die Realität günstiger Standorte wider.

Die Erlöse aus der Kraftstoffherzeugung weisen die größte Bandbreite auf und übersteigen die Biomethanerzeugungskosten nur bei hohen Quotenerlösen. Die Brennstoffnutzung stellt nur bei einem hohen Erdgaspreinsniveau einen attraktiven Markt dar, hier ist also der Anteil des fossilen Energieträgers preisbestimmend, nicht die umweltindizierte Kostenkomponente wie bei der Kraftstoffnutzung.

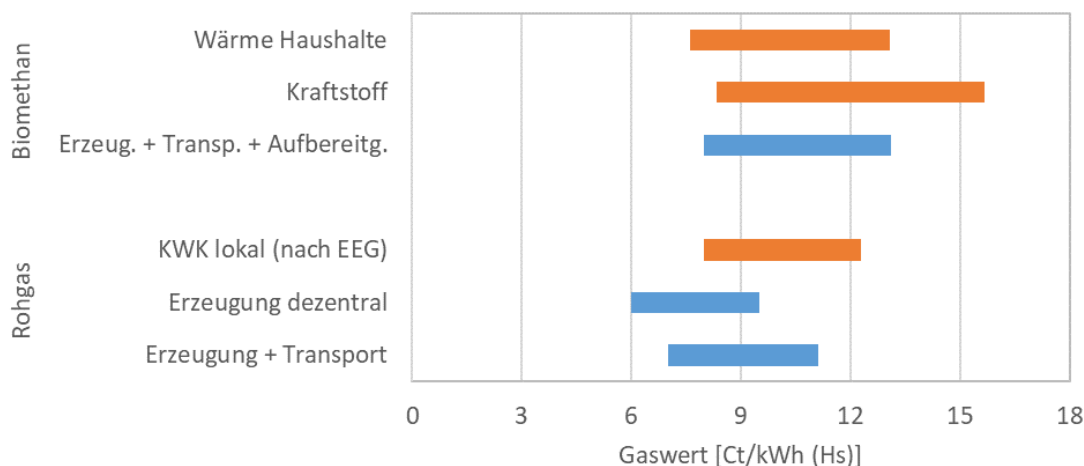


Abbildung 20: Bandbreiten der Bereitstellungskosten/Erlöse für Rohbiogas/Biomethan und Erdgas

Die Berechnung basiert auf dem aktuellen Kostenstand. Den Einfluss der allgemeinen Kostenentwicklung veranschaulicht Abbildung 20. Es zeigt das Ergebnis im Jahr 2030 bei einer Kostensteigerung von 4 % p.a. Sondereffekte wie die Energiekrise in den Jahren 2022/2023 lassen sich nicht abbilden. Die allgemeine Kostenentwicklung wirkt auf die Substrat- und Betriebskosten der Biogasanlagen und den Erdgasanteil der Kraftstoff- und Brennstoffkosten. Die Kraftstoffkosten sind daher vergleichsweise wenig betroffen, bei den Brennstoffkosten und der Biomethanerzeugung zeigt sich ein deutlich höherer Effekt. Die dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung erhält ihren Vorteil, die Bereitstellung von Brennstoff für Haushaltskunden bekommt größere wirtschaftliche Chancen.

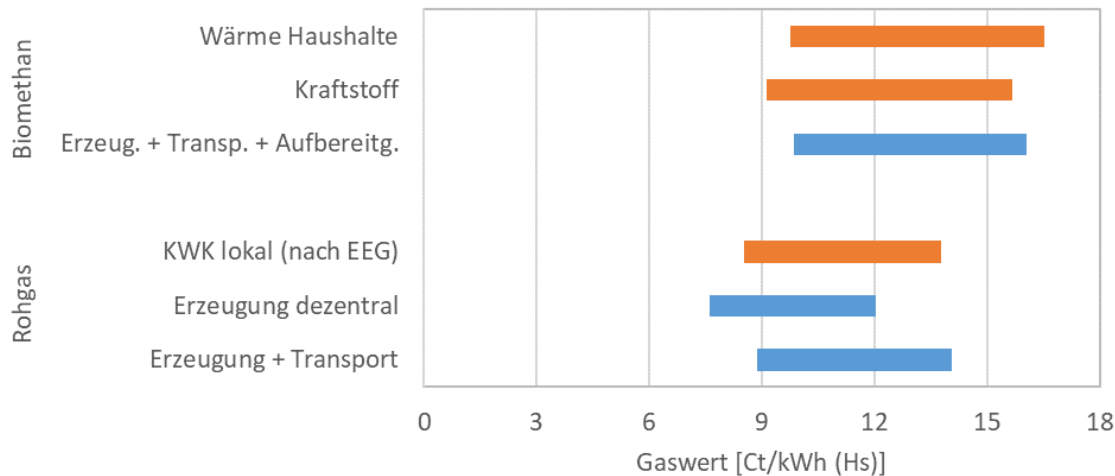


Abbildung 21: Bandbreiten der Bereitstellungskosten/Erlöse für Rohbiogas/Biomethan und Erdgas im Jahr 2030 bei einer Kostensteigerung von 4 % p.a.

7.3 Rechtliche Bewertung der Nutzungspfade

Bei der Verwertung des Biogases den beschriebenen Nutzungspfaden stellen sich einige rechtliche Fragen, die direkten Einfluss auf die wirtschaftlichen Chancen haben. Zur Bewertung dieser Fragestellungen hat 3N eine Stellungnahme bei einem Fachanwalt beauftragt.

Die Aufteilung der erzeugten Biogasmengen in der Weise, dass ein Teil des Biogases am Erzeugungsort verstromt und ein anderer Teil zu Biomethan aufbereitet wird, ist rechtlich zulässig. Das EEG schließt nicht aus, dass weitere Gasmengen in der Biogaserzeugungsanlage erzeugt werden und diese anderen Nutzungszwecken zugeführt werden.

Eine bilanzielle Teilung von Biogasströmen hinsichtlich der eingesetzten Stoffe ist gesetzlich seit dem EEG 2014 für Anlagen, die ab dem 01.01.2012 in Betrieb genommen worden sind, ausdrücklich zugelassen. Danach besteht für Strom aus Biomethan der Förderanspruch auch, wenn das Biomethan vor seiner Entnahme aus dem Erdgasnetz anhand der Energieerträge der zur Biomethanherzeugung eingesetzten Einsatzstoffe bilanziell in einsatzstoffbezogene Teilmengen geteilt wird. Die bilanzielle Teilung in einsatzstoffbezogene Teilmengen einschließlich der Zuordnung der eingesetzten Einsatzstoffe zu der jeweiligen Teilmenge ist im Rahmen der Massenbilanzierung dokumentieren.

Wenn beispielsweise aus einer Biogaserzeugungsanlage Biogas ausschließlich aus Gülle, aus einer weiteren ausschließlich Biogas aus Mais und aus einer dritten Biogas ausschließlich aus sonstigen Bioabfällen an eine Biogasaufbereitungsanlage geliefert und dort zu Biomethan aufbereitet wird, kann das erzeugte Biomethans nach den Regeln der bilanziellen Teilbarkeit verstromt, im Kraftstoffsektor oder an Industriekunden vermarktet werden. Die Gaserzeugung muss dabei alle rechtlichen Anforderungen erfüllen, die von den Regelwerken gestellt werden, die für die unterschiedlichen Nutzungspfade gelten. Dies gilt in gleicher Weise z.B. auch für Biogaserzeugungsanlagen, die einerseits ein Satelliten-BHKW versorgen, das im EEG 2009 in Betrieb ging, und andererseits für ein anderes BHKW einen Zuschlag gemäß EEG 2023 erhalten haben.

Die bilanzielle Aufteilung von Rohbiogas mit dem Ziel, das bilanziell aus nachwachsenden Rohstoffen stammende Biogas im BHKW am Erzeugungsort zu verstromen und dass aus Gülle und Mist stammende Gas zu Biomethan aufzubereiten und dieses im Kraftstoffmarkt zu vermarkten, ist dagegen im EEG nicht geregelt.

8 Konzeption der Biogasanlagenverbunde

Im Projekt NaProBio wurden zwei Verbunde von Biogasanlagen untersucht und in einer Vorplanung konzipiert.

8.1 Verbund Zeven

Die Untersuchung umfasst 21 Biogasanlagen westlich von Zeven, die Energiepflanzen und Wirtschaftsdünger einsetzen. Das darin erzeugte Gas wird in Blockheizkraftwerken an 27 Standorten verstromt, die wegen des begrenzten Absatzes und des jahreszeitlich schwankenden Wärmebedarfs nicht die gesamte Gasmenge in Kraft-Wärme-Kopplung nutzen können. Einer Bemessungsleistung von 21 MW_{el} steht eine installierte Leistung von 27 MW_{el} gegenüber - die meisten Anlagen praktizieren also einen flexiblen Betrieb, der sowohl die Belange des Strommarkts als auch den örtlichen Wärmebedarf berücksichtigt.

Die Wärmenutzung ist stark standortabhängig und liegt zwischen 10 und 100 % der Jahreserzeugung, der Mittelwert beträgt 49 %. Nach Ende der Vergütungsdauer des EEG wird er auf 40 % sinken, wenn die Wärmenutzungen entfallen, die nur mit Unterstützung des KWK-Bonus wirtschaftlich tragfähig sind. Auch der Wirtschaftsdüngeranteil ist von den individuellen Verhältnissen geprägt und liegt zwischen 0 und 63 %. Der Mittelwert beträgt 34 % und entspricht nahezu dem Landesdurchschnitt. Nach Ende der Vergütungsdauer des EEG kann er auf 42 % gesteigert werden.

Zur besseren Ausnutzung des nicht in KWK genutzten Gases kommt eine Zusammenführung dieser Mengen und eine gemeinsame Aufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz in Frage. Das entworfene Rohgasnetz orientiert sich an einer Aufbereitungsleistung von 3.943 Nm³/h. Sie wird während der verbleibenden Vergütungsdauer des EEG erreicht und sinkt danach auf 3.543 Nm³/h ab. Der Grund hierfür liegt im höheren Wirtschaftsdüngeranteil, der mit einer verringerten Gasproduktion einhergeht.

Die Planung entwirft drei Varianten:

1. zentrale Aufbereitungsanlage im Gewerbegebiet bei Zeven, Netzlänge 73 km
Dieser Einspeisestandort ist gut zur Versorgung der Industriebetriebe geeignet, hat aber eine dezentrale Lage im Verbund, was aufgrund der aufwendigsten Trassenführung und einer zusätzlichen Druckerhöhung zur höchsten Investition und zu den höchsten Transportkosten führt.
2. zentrale Aufbereitungsanlage in Balkenwede bei Rhade, Netzlänge 72 km
Dieser Standort ist deutlich zentraler, so dass die Trasse mit kleineren Durchmessern dimensioniert werden kann, was zu einer geringeren Investition führt. Er hat außerdem bessere räumliche Entwicklungschancen z.B. für die Einbindung einer Freiflächen-Photovoltaikanlagen oder die Installation eines Aggregats zur CO₂-Nutzung.
3. Aufteilung der Biogasanlagen auf zwei Rohbiogasnetze mit je einer Aufbereitungsanlage im Gewerbegebiet bei Zeven und in Balkenwede, Netzlänge 65 km
Biogasaufbereitungsanlagen an zwei Standorten führen aufgrund der kürzeren Trasse und geringerer Durchmessern zur geringsten Investition.

Die Investition für das Gasnetz und die Biogasaufbereitungsanlage liegt je nach Variante zwischen 22 und 28 Mio. €. Ihr liegt eine detaillierte Kostenermittlung und Berechnung der laufenden Kosten zugrunde. Trotz der hohen Investition ergeben sich vglw. geringe Transport- und Aufbereitungskosten von 1,8 - 2,0 Ct/kWh (Hs), was durch die großen Gasmengen begründet ist.

8.2 Verbund Freren

Das Biogasnetz der Anlagen bei Freren ist nach der gleichen Systematik erarbeitet. Es umfasst 9 Biogasanlagen mit 11 BHKW-Standorten. Das Verhältnis zwischen installierter und Bemessungsleistung ist mit 6,9 zu 7,4 MW_{el} etwas geringer als im Zevener Verbund. Die Wärmenutzung liegt dagegen mit 60 - 100 % etwas höher. Der aktuelle Mittelwert beträgt 74 %, nach Wegfall des KWK-Bonus sinkt er auf 51 %. Aufgrund des regional höheren Wirtschaftsdüngeraufkommens werden durchschnittlich 41 % Gülle und Mist eingesetzt (Bandbreite 25 - 65 %). Bei veränderten Bedingungen kann der Anteil auf 48 % gesteigert werden.

Das Rohgasnetz wird auf eine Aufbereitungsleistung von 2.053 Nm³/h ausgelegt. Die Trassenführung umfasst drei Varianten, die Netzlängen zwischen 27 und 30 km aufweisen. Wenn das Projekt weiterverfolgt wird, spielen die folgenden Kriterien eine Rolle:

- Besteht am Anlagenstandort ein Flächenpotenzial zur Weiterentwicklung?
- Befindet sich in unmittelbarer Nähe ein Windpark, eine größere Photovoltaikanlage oder eine Biogasanlage, so dass eine direkte Versorgung mit Strom aus erneuerbaren Energiequellen möglich ist?
- Besteht eine gute Anbindung zum Erdgasnetz, so dass das Kostenrisiko gering ist?

9 Bewertung und Handlungsbedarf

Der landwirtschaftliche Schwerpunkt der Biogasproduktion hat sich in den vergangenen Jahren stark etabliert. Der Anteil der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien fällt mit 13,5 % (Biogasinventur 2021) auf die BGA in Niedersachsen zurück. Um im Biogassektor weiterhin zukunftsfähig zu bleiben, sind die Anlagenbetreibenden weiterhin dazu bereit ihre BGA weiterzuentwickeln. Dennoch steht ein Großteil der BGA mit Blick auf die Restlaufzeiten im EEG vor großen Herausforderungen.

Im Projekt zeigten die teilnehmenden BGA mit verschiedenen Betriebskonzepten hohes Interesse und Engagement in Themen wie optimiertes Nährstoffmanagement, Substitution von Maissilage, Umgang mit anfallendem Oberflächenwasser und Erschließung neuer Wirtschaftszweige, wie die Torfersatzstoffproduktion aus Gärresten. Insgesamt resultierten daraus annähernd 500 NPK-Beprobungen, die zeigen, wie wichtig die Erfassung von realen Nährstoffströmen für den Betrieb und der BGA bzw. des landwirtschaftlichen Betriebes sind. Eine genaue Deklaration der gewonnenen Nährstoffe ist für eine nachgelagerte Vermarktung von großer Bedeutung und bietet den BGA die Möglichkeit, als Drehscheibe in der Nährstoffproduktion zu fungieren.

Eine weitere entscheidende Erkenntnis ist, dass der Mehreinsatz von WD in Biogasanlagen durchführbar ist. Durch Aufbereitung verschiedener Substrate ist es möglich Energiedichten zu erhöhen und weniger Wasser durch die Anlage zu fahren. Dies führt zu einem weniger stark steigendem Lager- bzw. Flächenbedarf. Erste Versuche im Projekt zeigten auch, dass mit neuartigen Aufbereitungsmethoden bisher unattraktive Substrate wie Schweinegülle zu interessanten Substraten aufgewertet werden können. Hier sind noch weitere Untersuchungen und Optimierungen an den Verfahren notwendig.

Im Bereich der Nutzung von aufbereiteten Gärresten als Torfersatzstoff in der Erdenindustrie konnte festgestellt werden, dass die Herkunft und Zusammensetzung der Gärreste, nach der Bearbeitung mit dem NuTriSep-Verfahren, keinen wesentlichen Einfluss auf die Eignung als Substrat für die Herstellung von Erden hatte. In den durchgeführten Pflanzversuchen reagierten unterschiedliche Pflanzen je nach Empfindlichkeit früher bzw. später auf eine steigende Beimischung des Gärrestes. Wichtige Faktoren die noch besser steuerbar werden müssen sind der Salzgehalt und die N-Immobilisierung der einzelnen Substrate. Weitere Tests, in die die in diesem Projekt gesammelten Erfahrungen einfließen, sind notwendig um die Nutzbarkeit von Gärresten als Torfersatzstoff zu optimieren.

Bei der wirtschaftlichen Betrachtung der unterschiedlichen Nutzungspfade von Biogas wurden die drei Pfade Verstromung, Kraftstoff und Brennstoff für Haushalte bewertet. Die Bewertung der Pfade hängt von zahlreichen Faktoren ab, die nicht alle im Einflussbereich der BGA-Betreiber liegen. Großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben die Biogaserzeugungsmengen und -kosten, mögliche Erlöse für Strom und Wärme bei einer Weiterführung der Verstromung, die Entwicklung der Marktpreise für Biomethan, Erdgas und Dieselkraftstoff, sowie das Marktniveau der Treibhausgasminderungsquote gemäß RED II. Kostensenkungen durch Verbunde von Biogasanlagen, die in geringer Entfernung zueinander liegen können die Kosten pro produzierter Einheit senken.

Abkürzungsverzeichnis

ATF - Austauschfaktor
BEHG - Brennstoff-emissionshandelsgesetzes
BGA - Biogasanlage
BHKW - Blockheizkraftwerk
BImSchG - Bundesimmissionsschutzgesetz
BLE - Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
CO₂ - Kohlenstoffdioxid
CO₂äq - Kohlenstoffdioxidäquivalente
Ct - Cent
EEG - Erneuerbare Energien Gesetz
FM - Frischmasse
GEG - Gebäudeenergiegesetz
h - Stunde
ha - Hektar
Hi - Heizwert
Hs - Brennwert
kg - Kilogramm
km - Kilometer
kWhel - Kilowattstunde elektrische Leistung
KWK - Kraft-Wärme-Kopplung
KWKG - Kraft-Wärme-Kopplung-Gesetz
LWK - Landwirtschaftskammer
m³ - Kubikmeter
Mg - Milligramm
MJ - Megajoule
mN³ - Norm-Kubikmeter
MSG - Mastschweinegülle
MWel - Megawatt elektrisch
Nabisy - Datenbank Nachhaltige-Biomasse-Systeme
NL - Netto Liter
NPK - Stickstoff, Phosphor, Kalium
Ø - Durchschnitt
RED II - Renewable Energy Directive II
Sep. - separiert
t - Tonne
TS - Trockensubstanz
WD - Wirtschaftsdünger

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auflistung von durchgeführten Analysen und LWK-Richtwerten	10
Tabelle 2: Gemittelte Nährstoffmengen der rohen Gärreste je BGA	10
Tabelle 3: Gaserträge und Austauschfaktor (Mais zum ausgewählten Substrat)	11
Tabelle 4: Gemittelte N- und P-Werte der Oberflächenwasser auf den Anlagen	12
Tabelle 5: Summe des Inputs und Summe des Gärrestes in den Jahren 2022-2024	14
Tabelle 6: Nährstoffgehalte und entsprechende Mengenanteile der separierten Gärreste BGA 4	17
Tabelle 7: Nährstoffgehalte und entsprechende Mengenanteile der separierten Gärreste BGA 6	17
Tabelle 8: Nährstoffgehalte und entsprechende Mengenanteile der separierten Gärreste BGA 7	17
Tabelle 9: Nährstoffgehalte und entsprechende Mengenanteile der separierten Gärreste BGA 8	17

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anbauflächen der landwirtschaftlichen Kulturen im Landkreis Rotenburg (Wümme)	6
Abbildung 2: Räumliche Verteilung der Projekt-Biogasanlagen	7
Abbildung 3: Fütterungssubstrate und -mengen der teilnehmenden BGA im Jahr 2022	8
Abbildung 4: Einsatzmengen der Biogassubstrate in den Jahren 2022-2024	9
Abbildung 5: Anzahl NPK-Analysen und Aufteilung der einzelnen WD-Untersuchungen	9
Abbildung 6: Untersuchte Substrate	11
Abbildung 7: Gaserträge und Methangehalte der untersuchten Substrate.....	12
Abbildung 8: Substratzusammensetzung der BGA 8 kumuliert für die Jahre 2022, 2023 und 2024	13
Abbildung 9: Entwicklung der Anteile von Maissilage und Wirtschaftsdünger am Substrat-Mix	14
Abbildung 10: TS-Gehalt, N-Gehalt und P ₂ O ₅ -Gehalt des Gärrestes in den Jahren 2022-2024	15
Abbildung 11: Biogasertrag der verschiedenen Rindermistvarianten.....	16
Abbildung 12: Schema Feinseparation Schweinegülle.....	18
Abbildung 13: Nährstoff- und TS-Gehalte der einzelnen Fraktionen	19
Abbildung 14: Nährstoff- und TS-Gehalte der einzelnen Fraktionen	19
Abbildung 15: Übersichtsfoto von Calibrachoa mit 25% Gärrest-Rohstoff	21
Abbildung 16: Übersichtsfoto vom Chinakohl mit 75% Gärrest-Rohstoff	21
Abbildung 17: Übersichtsfoto Osteospermum mit 25% Gärrest-Rohstoff.....	21
Abbildung 18: Biogaswert auf Basis der Stromvergütungen.....	23
Abbildung 19: Marktwerte der Nachweise zur Treibhausgasminderung durch Biogas	24
Abbildung 20: Bandbreiten der Bereitstellungskosten/Erlöse für Rohbiogas/Biomethan und Erdgas	25
Abbildung 21: Bandbreiten der Bereitstellungskosten/Erlöse für Rohbiogas/Biomethan und Erdgas.	26

Impressum

Abschlussbericht für das Projekt „Nachhaltige Produktion von Biogas durch Mehreinsatz von Wirtschaftsdünger unter besonderer Berücksichtigung neuartiger Verfahrensschritte und Produktgewinnung mit regionalem Schwerpunkt im Landkreis Rotenburg (Wümme)“ erstellt durch den Landkreis Rotenburg (Wümme) und das 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe und Bioökonomie e.V.

Landkreis-Team: Dr. Meike Düspohl und Nils Kreykenbohm.

3N-Team: Dr. Frank Köster, Alex Siedentopp, Michael Kralemann, Sascha Hermus und Dr. Jan Köbbing

25. April 2025



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

Kompaniestraße 1
49757 Werlte



Landkreis Rotenburg (Wümme)
Hopfengarten 2
27356 Rotenburg (Wümme)

Hinweis zu den Fotos im vorliegenden Bericht: Es handelt sich, wenn nicht anders gekennzeichnet, um eigene Aufnahmen bzw. wurden die Nutzungsrechte erworben.

Das Projekt NaProBio wurde durch das Niedersächsische Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz gefördert, wodurch die umfangreichen Untersuchungen und Studien erst ermöglicht wurden. Dafür danken der Landkreis Rotenburg (Wümme) und 3N sowie die Partner sehr herzlich.

Ein besonderer Dank gilt den beteiligten zehn Biogasanlagenbetreibern für die Bereitstellung der Daten sowie die Diskussionsbereitschaft und tatkräftige Mitarbeit. Des Weiteren bedanken wir uns bei den beteiligten Behördenvertretern, der Landwirtschaftskammer Niedersachsen sowie den Unternehmensvertretern der Gramoflor GmbH & Co. KG, der DMK Deutsches Milchkontor GmbH und der Stadtwerke Zeven GmbH.



**Niedersächsisches Ministerium
für Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz**
