

# *Endbericht*

## Umsetzungsmöglichkeiten von nachhaltigem Biomethan in NÖ

Dr. Andreas Windsperger  
Dr. Bernhard Windsperger  
Florian M. Možina, BSc

Institut für Industrielle Ökologie, 3100 St. Pölten



ERSTELLT IM AUFTRAG VON

ECOPLUS.NIEDERÖSTERREICHS WIRTSCHAFTSAGENTUR GMBH



Kofinanziert von der  
Europäischen Union



AMT DER NIEDERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG, ABT. RU3



EVN AG

**EVN**

St. Pölten, im Oktober 2023

## Inhalt

<b>1</b>	<b><u>HINTERGRUND UND ZIEL</u></b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b><u>VERFAHRENSTECHNISCHE ASPEKTE DER BIOGAS- UND BIOMETHANTECHNOLOGIE</u></b> .....	<b>7</b>
2.1	BIOGASERZEUGUNG.....	7
2.2	GAS-AUFBEREITUNG UND -EINSPEISUNG.....	9
2.2.1	BIO-METHAN ANREICHERUNGSVERFAHREN.....	9
2.2.2	EINSPEISUNG VON BIO-METHAN.....	11
<b>3</b>	<b><u>AKTUELLE SITUATION DER BIOGASANLAGEN</u></b> .....	<b>12</b>
3.1	BESTANDSANLAGEN.....	12
3.2	NETZINFRASTRUKTUR.....	14
3.3	BEDARFSSEITIGE ANALYSE.....	14
3.4	RECHTLICHER RAHMEN UND ZIELVORGABEN.....	15
<b>4</b>	<b><u>BETRIEBSWIRTSCHAFTLICHE BETRACHTUNG VON BIOMETHANANLAGEN</u></b> .....	<b>17</b>
4.1	INVESTITIONSAUFWAND.....	17
4.2	ANLAGENBETRIEBSKOSTEN.....	18
4.3	SUBSTRATANKAUF.....	19
4.4	ERLÖSE.....	20
4.4.1	BIOMETHANEINSPEISUNG.....	20
4.4.2	GÄRREST.....	20
4.5	RENTABILITÄT.....	21
<b>5</b>	<b><u>POTENZIALERHEBUNG VON LANDWIRTSCHAFTLICHEN RESTSTOFFEN</u></b> .....	<b>22</b>
5.1	THEORETISCHES POTENZIAL.....	22
5.1.1	METHODE.....	23
5.1.2	ERGEBNISSE.....	25
5.2	TECHNISCH-VERFÜGBARES POTENZIAL.....	27
5.2.1	METHODE.....	27
5.2.2	ERGEBNISSE.....	28
5.3	WIRTSCHAFTLICHES POTENZIAL.....	30
5.3.1	METHODE.....	30
5.3.2	ERGEBNISSE.....	31
5.4	ÖKOLOGISCHES POTENZIAL- TREIBHAUSGASBILANZIERUNG.....	34
5.4.1	METHODE.....	34
5.4.2	MODELLIERUNG DER NOTWENDIGEN TRANSPORTWEGE.....	35
5.4.3	ERGEBNISSE.....	36

<b>6</b>	<b><u>POTENZIALERHEBUNG VON BIOGENEN RESTSTOFFEN AUS KOMMUNEN UND GEWERBE .....</u></b>	<b>37</b>
<b>6.1</b>	<b>METHODE .....</b>	<b>37</b>
6.1.1	KOMMUNALER BIOMÜLL UND GRÜNABFÄLLE .....	38
6.1.2	LEBENSMITTELABFÄLLE.....	38
6.1.3	KLÄRSCHLAMM.....	38
<b>6.2</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>39</b>
<b>7</b>	<b><u>IDENTIFIKATION POTENZIELLER ANLAGENSTÄNDE .....</u></b>	<b>41</b>
<b>7.1</b>	<b>METHODE .....</b>	<b>41</b>
7.1.1	LANDWIRTSCHAFTLICHE BIOMETHANANLAGEN .....	41
7.1.2	MISCH-ANLAGEN BIS 100 000 TONNEN PRO JAHR .....	43
7.1.3	ABFALLRECHTLICHE BIOMETHANANLAGEN.....	43
<b>7.2</b>	<b>ERGEBNISSE - ANLAGENANZAHL UND INVESTITIONSKOSTEN .....</b>	<b>44</b>
<b>8</b>	<b><u>ERGEBNISDISKUSSION UND VERGLEICH MIT LITERATUR.....</u></b>	<b>46</b>
<b>8.1</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG DER POTENZIALERHEBUNG.....</b>	<b>46</b>
<b>8.2</b>	<b>VERGLEICH MIT BISHERIGEN POTENZIALSTUDIEN .....</b>	<b>46</b>
<b>8.3</b>	<b>AUSBLICK UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN .....</b>	<b>50</b>
<b>8.4</b>	<b>UNSIKERHEITEN UND AUSSAGEKRAFT .....</b>	<b>51</b>
<b>9</b>	<b><u>ANHANG .....</u></b>	<b>52</b>
<b>9.1</b>	<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>52</b>
<b>9.2</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>53</b>
<b>9.3</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS.....</b>	<b>54</b>
<b>9.4</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>56</b>
<b>9.5</b>	<b>ERGÄNZENDE TABELLEN.....</b>	<b>60</b>

## Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war die detaillierte Untersuchung der Biomethanpotenziale aus anaerober Vergärung in Niederösterreich, um daraus potenzielle Anlagenstandorte zu identifizieren und Handlungsempfehlungen für die Umsetzung abzuleiten. Dafür wurde das Biomethanpotenzial aus landwirtschaftlichen Reststoffen und auch von biogenen Reststoffen aus Kommunen und Gewerbe erfasst. Dabei wurde das theoretische Potenzial auf Basis verschiedener Rohdatensätze und Literaturwerte erfasst und anschließend durch Betrachtung von systemischen und wirtschaftlichen Limitierungen sowie Konkurrenznutzungen auf ein realisierbares Potenzial reduziert.

Nachfolgend ist das realisierbare Biomethanpotenzial, welches im Rahmen dieser Arbeit erhoben wurde und die Bedeutung dieses Potenzials für die niederösterreichische Grün-Gas-Quote bei voller Ausschöpfung der Potenziale dargestellt. Insgesamt liegt das erhobene Biomethanpotenzial zwischen 3,71 und 4,02 GWh. Etwa 73 % des erhobenen Potenzials kommen aus der Landwirtschaft, die weiteren 27 % stammen aus biogenen Reststoffen aus Kommune und Gewerbe.

### *Zusammenfassung des realisierbaren Potenzials nach Substratkategorien*

<b>Substratkategorie</b>	<b>Realis. Potenzial [TWh/Jahr]</b>	<b>Potenz. Beitrag zur Grün-Gas-Quote NÖ</b>	<b>Substratmengen [t/a]</b>
Pflanzl. agrar. Reststoffe	1,38 - 1,51	10,4 - 11,4 %	1 171 000
Wirtschaftsdünger	1,34 - 1,44	10,1 - 10,9 %	1 129 000
Kommunaler Biomüll	0,34 - 0,37	2,6-2,8 %	222 100
Grünschnitt	0,24 - 0,26	1,8 -2,0 %	242 700
Lebensmittelabfälle	0,29 - 0,31	2,2 - 2,3 %	150 000
Klärschlamm	0,12 - 0,13	0,9 - 1,0 %	44 500
<b>Summe</b>	<b>3,71 - 4,02</b>	<b>28,0 - 30,3 %</b>	<b>2 959 300</b>

Die für die Nutzung der Potenziale notwendige Anlagenanzahl und die Investitionskosten sind nachfolgend für eine Durchschnittsgröße einer Anlage von 500 Nm<sup>3</sup> pro Stunde, die gleichzeitig maximal 35.000 t Inputmaterial einsetzen, um unter der UVP-Grenze zu bleiben, und 8 000 Betriebsstunden pro Jahr angegeben. Es wurde ein Investitionsvolumen von 8 Mio. Euro pro Anlage sowie ein Zusatzaufwand von 750 000 Euro für abfallrechtliche Anlagen angenommen.

## Biomethanpotenziale in NÖ

### *Anlagenanzahl und Investitionskosten zur Abdeckung des gesamten Potentials nach Kategorie*

<b>Kategorie</b>	<b>Anlagen</b>	<b>Investition [Mio. €]</b>	<b>Nutzung des Gesamtpotenz.</b>
Landwirtschaftlich	65	520,00	71,4%
Kommunal	17	148,75	18,7%
Gewerblich	9	78,75	9,9%
<b>Gesamt</b>	<b>91</b>	<b>747,50</b>	<b>100%</b>

Durch bevorzugte Errichtung von größeren Anlagen (z.B. mit gewerberechtlicher Genehmigung oder mit großem UVP-Verfahren) bis zu 100 000 t/a könnten sowohl die Anlagenanzahl als auch die Investitionskosten deutlich verringert werden. Die Investitionskosten für diese Berechnung wurden mit 13,5 Mio. € pro Anlage mit einer Outputleistung von 1 000 Nm<sup>3</sup>/h angenommen. Dabei könnten landwirtschaftliche und gewerbliche sowie kommunale Abfälle, die nicht als gefährliche Abfälle deklariert werden (sonst wird ein großes UVP-Verfahren benötigt), in gemischten Anlagen zum Einsatz kommen.

### *Anlagenanzahl und Investitionskosten für Anlagengrößen bis 100 000 t/a*

<b>Kategorie</b>	<b>Anlagen</b>	<b>Investition [Mio. €]</b>	<b>Nutzung des Gesamtpotenz.</b>
Gemischt 1000 Nm <sup>3</sup> /h	39	526,50	85,7%
Kommunal 500 Nm <sup>3</sup> /h	9	78,75	9,9%
Gewerblich 500 Nm <sup>3</sup> /h	4	35,00	4,4%
<b>Gesamt</b>	<b>52</b>	<b>640,25</b>	<b>100%</b>

Obige Annahmen dienen nur zur Bestimmung der ungefähren Gesamtinvestitionskosten, da eine verbindliche Kosteneinschätzung bei momentaner Inflation nur schwer möglich ist. Außerdem könnte eine sprunghaft ansteigende Nachfrage zu Preiserhöhungen führen.

## 1 Hintergrund und Ziel

Die aktuelle Bundesregierung gibt in ihrem Regierungsprogramm 2020 - 2024 das Ziel der Klimaneutralität Österreichs bis 2040 vor. Um dieses Ziel zu erreichen, soll der Ausstieg aus fossilen Energieträgern hin zu Erneuerbaren erfolgen. Ein Teilaspekt dieser Thematik sind grüne Gase, welche ein Substitut für das fossile Erdgas darstellen. Dazu zählen gemäß Regierungsprogramm 2020 - 2024 „Biomethan, grüner Wasserstoff und synthetisches Gas auf Basis erneuerbaren Stroms“. [1] Unter Biomethan versteht man primär aufgereinigtes Biogas aus anaerober Vergärung, oft wird aber auch das Produkt aus Vergasungsprozessen (z.B. Holzgas) gemeint. Die Herstellung von Biomethan durch anaerobe Vergärung hat im Vergleich zu anderen grünen Gasen den Vorteil, dass es sich um eine seit Jahren etablierte Technologie handelt, deren Ausbau bisher lediglich nicht ausreichend forciert wurde. Daher wird Biomethan aus anaerober Vergärung ein nennenswertes Potenzial insbesondere zur kurz- und mittelfristigen Erfüllung von Grün-Gas-Zielsetzungen zugeschrieben. Darüber hinaus rückte Biomethan zuletzt vermehrt in den Fokus, nicht nur aufgrund seines ökologischen Nutzens, sondern auch wegen seiner Rolle bei der Diversifizierung der österreichischen Energieversorgung.

Im Regierungsprogramm 2020 - 2024 wird im Kontext des „Phase-out-Plan für fossile Energieträger in der Raumwärme“ explizit die Notwendigkeit eines „Dialogs mit den Bundesländern, Energieversorgern und Gasnetzbetreibern (...) zur stufenweisen Entflechtung der Wärmenetze“ erwähnt. [1] Um einen entsprechenden Dialog auch zur Grün-Gas-Versorgung im Bundesland Niederösterreich führen zu können, wurde das Institut für Industrielle Ökologie mit dem gegenständlichen Projekt beauftragt.

Ziel dieser Arbeit ist die detaillierte Untersuchung der Biomethanpotenziale aus anaerober Vergärung in Niederösterreich, um daraus potenzielle Anlagenstandorte zu identifizieren und Handlungsempfehlungen für die Umsetzung abzuleiten. Konkret wurden folgende Fragestellungen bearbeitet:

- I. Welche Biomethanpotenziale wurden in bisherigen Studien für das Bundesland Niederösterreich erhoben? Welche Methoden wurden dabei angewandt? Welche methodische Vorgangsweise eignet sich für die Potenzialerhebung im Rahmen dieser Studie?
- II. Wie hoch ist das theoretische, technische und realisierbare Potenzial in Niederösterreich? Wie verteilt sich dieses geographisch? Welche Rohstoffe (Substrate) haben den größten Einfluss? Welche Unterschiede ergeben sich zu bisherigen Potenzialstudien?
- III. Wie und wo können potenzielle Anlagenstandorte auf Basis des realisierbaren Potenzials identifiziert werden?
- IV. Welche Handlungsempfehlungen können für die praktische Umsetzung des realisierbaren Potenzials abgeleitet werden?

Es sei hier angemerkt, dass im Folgenden der Begriff "Biomethan" spezifisch für aufbereitetes Biogas aus anaerober Vergärung verwendet wird.

## 2 Verfahrenstechnische Aspekte der Biogas- und Biomethantechnologie

### 2.1 Biogaserzeugung

Unter Fermentation versteht man den anaeroben Abbau organischer Materie durch mikrobielle Prozesse. Bei der Biogaserzeugung erfolgt eine vierstufige Vergärung der Substrate durch verschiedene Arten von Mikroorganismen mit mehreren Zwischenprodukten. Als Produkte entstehen dabei einerseits das brennbare Rohgas und andererseits der Gärrest. Die typische Zusammensetzung von Rohgas ist in Tabelle 1 dargestellt.

*Tabelle 1: Zusammensetzung von Rohbiogas [5]*

Komponente	Konzentration
Methan, CH <sub>4</sub>	50 - 75 Vol%
Kohlenstoffdioxid, CO <sub>2</sub>	25 - 45 Vol%
Wasser, H <sub>2</sub> O	2 - 7 Vol%
Schwefelwasserstoff, H <sub>2</sub> S	20 – 20000 ppm
Stickstoff, N <sub>2</sub>	<2 Vol%
Sauerstoff, O <sub>2</sub>	<2 Vol%
Wasserstoff, H <sub>2</sub>	<1 Vol%

Die tatsächliche Konzentration der unterschiedlichen Komponenten im Rohgas hängt von den eingesetzten Substraten ab. Der Methangehalt im Rohgas ist vor Allem von der mittleren Oxidationsstufe des im Substrat enthaltenen Kohlenstoffs abhängig. Auch die Gasausbeute (und damit auch die Methanausbeute) ist von Substrat zu Substrat unterschiedlich. In der Literatur werden dazu substratspezifische Richtwerte angeführt, die entweder auf experimentellen Daten (Labor, Großanlagen) oder empirischen Zusammenhängen beruhen. Die exakte Vorhersage von Methanausbeute und Rohgaszusammensetzung ist in der Regel nur sehr schwer möglich und oft auch nicht zielführend, da beide Größen von mehreren Einflussfaktoren nennenswert beeinflusst werden.

Eine exemplarische Auflistung derartiger Einflussfaktoren ist in nachfolgender Tabelle enthalten. Im Rahmen dieser konzeptionellen und systemischen Arbeit wurden daher keine Korrekturen der Methanausbeute und Rohgaszusammensetzung vorgenommen. Die Werte wurden unverändert aus der Literatur übernommen.

## Biomethanpotenziale in NÖ

*Tabelle 2: Auswahl verschiedener Einflussfaktoren auf die Methanausbeute und Gaszusammensetzung [5] [6] [7]*

<b>Einflussfaktoren</b>	<b>Auswirkung</b>
Auslegung	Verfahrenstyp (Nass- oder Trockenfermentation, kontinuierlich oder diskontinuierlich, mesophil oder thermophil) und Fermenterbauweise beeinflussen Methanausbeute und Gaszusammensetzung. Die höchsten Methanausbeuten werden beispielsweise bei thermophilen Trockenfermentationen gefunden.
Substratvorbehandlung	Mechanische, thermische oder chemische Vorbehandlung bei einigen Substraten aufgrund ihrer Zusammensetzung (z.B. hoher Ligninanteil), ihrer mechanischen Eigenschaften (z.B. Fasrigkeit) oder rechtlicher Vorgaben (z.B. Hygienisierung) notwendig. Die dabei stattfindende, partielle Zersetzung des Substrats kann die Methanausbeute in der nachfolgenden Fermentation verringern. Aber auch der gegenteilige Effekt möglich, wenn die Vorbehandlung nicht verarbeitbare Bestandteile für die Mikroorganismen erschließbar macht.
Co-Fermentation	Der verwendete Substrat-Mix hat einen Einfluss auf die mikrobielle Fauna im Fermenter und beeinflusst damit die tatsächliche Methanausbeute und Gaszusammensetzung.
Stufigkeit des Fermentationsverfahrens	Bei mehrstufigen Verfahren kann die unterschiedliche Abbaubarkeit von Substraten besser prozesstechnisch berücksichtigt und damit die Methanausbeute sowie Prozessstabilität erhöht werden.
Faulraumbelastung	Die Faulraumbelastung bezeichnet jene organische Trockenmasse, die pro Zeit- und (Fermenter-)Volumeneinheit dem Fermenter zugeführt wird. Sie beeinflusst die Substratausnutzung und damit auch die Methanausbeute und die Biogaszusammensetzung.
Verweilzeit	Bei zu geringen Verweilzeiten enthält der Gärrest ein erhöhtes Restmethanpotenzial. Außerdem kann die Generationszeit methanogener Bakterien unterschritten werden, was dann zu einem Verlust an Gäraktivität führt.

## 2.2 Gas-Aufbereitung und -einspeisung

### 2.2.1 Bio-Methan Anreicherungsverfahren

Die Anreicherung des im Biogas enthaltenen Methan ist notwendig zur Herstellung von einspeisbarem Biomethan (siehe dazu auch 0). Im Rahmen dieser Arbeit wurden insgesamt fünf Aufbereitungstechnologien und deren Auswirkungen betrachtet: Druckwasserwäsche (DWW), Druckwechseladsorption (PSA), Aminwäsche (AW), Polyethylenglykol-Wäsche (PEG) und Membrantrennverfahren (MTV, im weiteren Verlauf als „Membranverfahren“ bezeichnet). Das Einsatzspektrum dieser Technologien in den 15 registrierten Biomethananlagen in Österreich ist in Abbildung 1 dargestellt. Tabelle 3 stellt die im Rahmen dieser Arbeit relevanten Prozessparameter der verschiedenen Technologien gegenüber. [5]

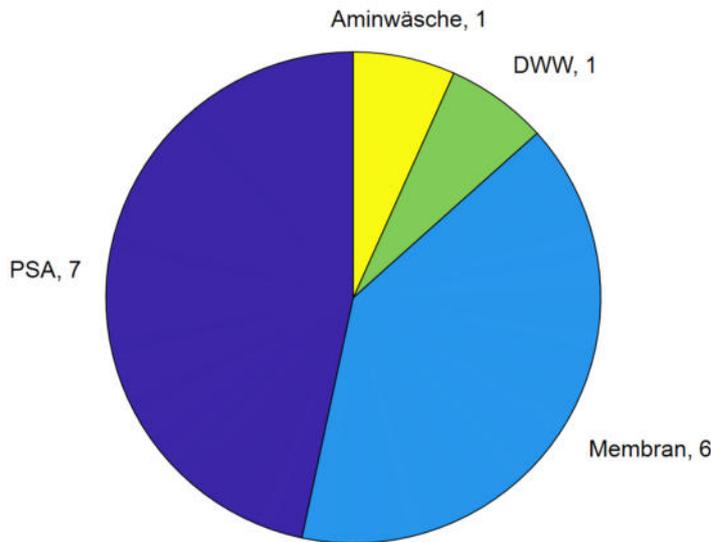


Abbildung 1: Einsatz der verschiedenen Aufbereitungstechnologien in Österreich [8]

Tabelle 3: Verwendete Prozessdaten zur Betrachtung unterschiedlicher Aufbereitungstechnologien (basierend auf [5])

	Druckwäsche	PSA-Adsorption	Aminwäsche	PEG-Wäsche	Membranverfahren
Stromverbrauch [kWh <sub>el</sub> / Nm <sup>3</sup> Rohgas]	0,25	0,26	0,12	0,24	0,27
Wärmebedarf [kWh <sub>th</sub> / Nm <sup>3</sup> Rohgas]	nein	nein	0,6	0,13	nein
Methanschlupf [%]	1,25	1,75	0,1	1,5	2,75

Zu den Werten in Tabelle 3 muss angemerkt werden, dass sich aufgrund technischer Fortschritte seit Erscheinen der Literaturquelle die Werte sowohl beim Methanschlupf als auch beim Energieaufwand verbessert haben. Insbesondere konnte bei den Membranverfahren der Methanschlupf durch mehrstufige Verfahrensführung deutlich verringert werden, was sie für zukünftige Anwendungen interessant macht.

### 2.2.1.1 Druckwasserwäsche

Vorteilhaft bei diesem Verfahren sind die flexible Regelbarkeit des Prozesses und der Entfall der Notwendigkeit einer Entschwefelung vor der Aufbereitung. Nachteilig ist insbesondere der hohe Strombedarf, der auf das notwendige Umpumpen des Waschmittels zurückzuführen lässt. [5] [9]

### 2.2.1.2 Druckwechseladsorption

Vorteilhaft bei dieser Technologie ist ihre trockene Betriebsweise sowie die Eignung auch für kleinere Anlagenkapazitäten. Nachteilig sind der hohe Stromverbrauch, die Notwendigkeit zur regelmäßigen Erneuerung des Adsorbens und der etwas höhere Methanschlupf. Es sei hier angemerkt, dass der Methanschlupf vereinzelt beabsichtigt hochgehalten wird (bei ca. 10 %), um das Abgas noch energetisch nutzen zu können (z.B. in einer Mikrogasturbine). [5] [9] [10]

### 2.2.1.3 Aminwäsche

Für die Regeneration ist ein höherer Energiebedarf notwendig, der bei diesem Verfahren thermisch zugeführt wird. Die Aminwäsche zeichnet sich durch einen besonders niedrigen Methanschlupf und ihre flexible Regelbarkeit aus. Nachteilig sind insbesondere der Bedarf an Chemikalien und der große Prozesswärmebedarf. [5] [9] [10]

### 2.2.1.4 PEG-Wäsche

Im Vergleich wird eine geringere Menge Waschmittel bei gleicher Rohgaskapazität benötigt. Nachteilig ist der hohe Wärmebedarf für die Regenerierung des Waschmittels. [5] [9]

### 2.2.1.5 Membranverfahren

Vorteilhaft bei diesem Verfahren sind die hohe Betriebssicherheit, der einfache und robuste Aufbau und das schnelle An- und Abfahrverhalten. Nachteilig können geringe Standzeiten der Membranmodule und die Notwendigkeit einer vorgeschalteten Feinentschwefelung sein. Der Methanschlupf konnte in den letzten Jahren durch mehrstufige Verfahrensführung deutlich verringert werden. [5] [9]

### 2.2.2 Einspeisung von Bio-Methan

Die Einspeisung von Bio-Methan kann als Austauschgas für Erdgas oder (seltener) als Zusatzgas erfolgen. Unter Austauschgas versteht man „Gase, die sich vom Grundgas (Erdgas, das vom Gasversorgungsunternehmen im Versorgungsgebiet bereitgestellt wird) in Zusammensetzung und verbrennungstechnischen Kennwerten unterscheiden können, aber ein gleiches Brennverhalten aufweisen.“ Zusatzgase weisen hingegen nur ein „gleichartiges Brennverhalten“ auf und werden in der Regel nur zur „Ergänzung der Gasdarbietung oder Verwertung örtlich verfügbarer Gase“ eingesetzt. Die Einspeisung als Austauschgas gestaltet sich bei Einhaltung der geforderten Kennwerte in der Regel unkompliziert. [5] [8] Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Einspeisung als Zusatzgas nicht berücksichtigt.

Zur Einspeisung von Biomethan in das Gasnetz muss der Methangehalt mindestens 98 Vol% betragen. Für die Verwendung als Kraftstoff in Flüssiggasfahrzeugen genügt eine Methankonzentration von 96 Vol%. [8] Auf die Verwendung von Biomethan als Kraftstoff wird im Rahmen dieser Arbeit nicht eingegangen. In beiden Anwendungsfällen darf die H<sub>2</sub>S-Konzentration 5 mg/m<sup>3</sup> nicht überschreiten. [5]

### 3 Aktuelle Situation der Biogasanlagen

Der zunehmenden Bedeutung von Biogas und der stark steigenden Nachfrage angesichts des angepeilten Ausstiegs aus russischem Erdgas [2] [3], steht die negative Entwicklung von Biomethananlagen und -einspeisung in Österreich gegenüber. Nach einer stark steigenden Zahl von Anlagen und auch der eingespeisten Mengen, liegt zuletzt eine stagnierende bzw. zeitweise sogar rückläufige Entwicklung vor. [4] Dies geht auch aus Abbildung 2 hervor.

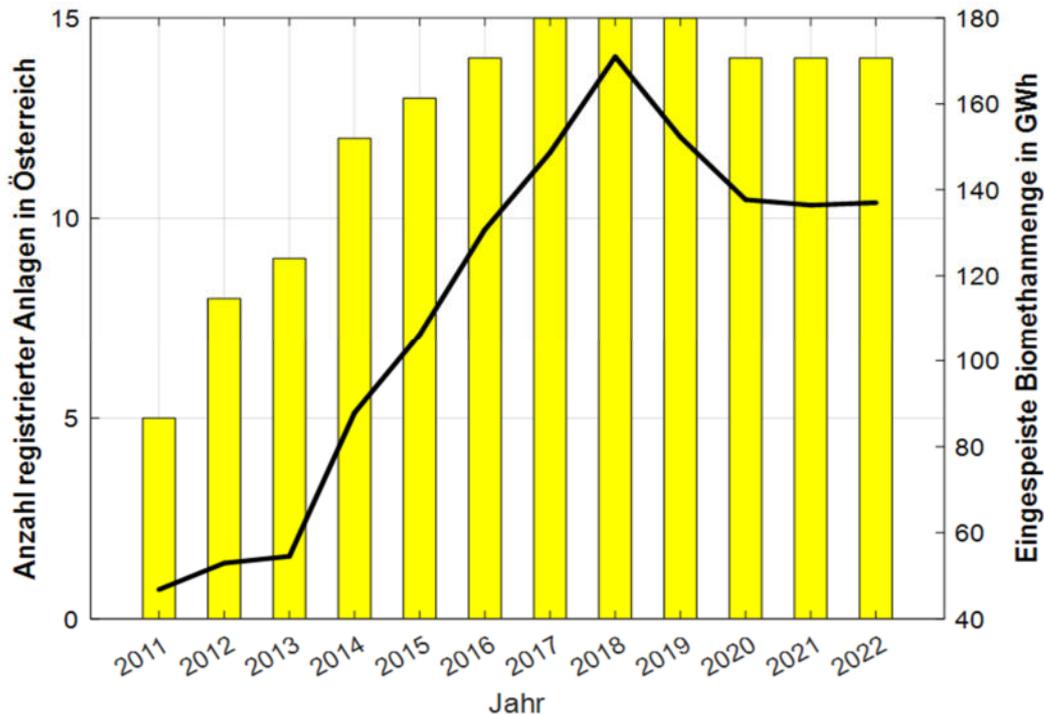


Abbildung 2: Zeitliche Entwicklung der Anzahl registrierter Anlagen (gelb, Säulendiagramm) und der eingespeisten Biomethanmenge (schwarz, durchgezogene Linie) in Österreich (Zeitraum 2011 – 2022) [4]

#### 3.1 Bestandsanlagen

Niederösterreichweit sind aktuell drei Biomethan-Einspeiseanlagen in Betrieb, die im Jahr 2022 etwa 73 GWh Biomethan in das Gasnetz eingespeist haben. [11] Zwei dieser Anlagen befinden sich im Bezirk Bruck a.d. Leitha in den Gemeinden Margarethen am Moos bzw. Bruck an der Leitha und zählen zu größten Anlagen Österreichs hinsichtlich ihrer Kapazität. In beiden Anlagen kommt eine Membrantechnik-basierte Aufbereitungseinheit zum Einsatz. [12] [13] Die dritte Anlage im Bundesland Niederösterreich ist die österreichweit einzige Biomethanlage, die das aus Klärschlamm entstehende Faulgas nutzt und aufbereitet (nach der Stilllegung der Faulgasaufbereitung und -einspeisung in der Kläranlage Linz Asten). Sie ist das Resultat einer Kooperation zwischen EVN AG und dem Abwasserverband Wiener Neustadt Süd. [4]

## Biomethanpotenziale in NÖ

Darüber hinaus sind 102 Bio-, Klär- und Deponiegasanlagen in Niederösterreich bei der e-Control registriert, wovon im Jahr 2022 94 der registrierten Anlagen 218 GWh<sub>el</sub> elektrische Energie in das Stromnetz eingespeist haben. [11] Der durchschnittliche, niederösterreichweite Wirkungsgrad der Biogasverstromung im Jahr 2020 lag bei 29,2 %. [14] Daraus ableitbar ist ein theoretisch verfügbarer Energieinhalt von 747 GWh Methan in nicht aufgereinigtem Biogas, wobei der Anteil der aus Reststoffen produziertem Biomethan nicht bekannt ist.

Verstromende Biogasanlagen weisen aus wirtschaftlichen Gründen im Allgemeinen wesentlich geringere Kapazitäten auf als Biomethan-Einspeiseanlagen. Um die Sinnhaftigkeit einer Umrüstung einer bestehenden Biogasanlage auf Einspeisung ins Gasnetz bzw. einer Erweiterung der Kapazitäten zu diskutieren, wurde dafür eine Mindestkapazität von 1 Million Nm<sup>3</sup> Methan pro Jahr (2,9 GWh<sub>el</sub> pro Jahr) festgelegt. Diese Mindestkapazität wurde von 35 Biogasanlagen überschritten (siehe Tabelle 4). Diese Anlagen produzierten im Jahr 2022 Methan in nicht aufgereinigtem Biogas mit einem Energieinhalt von insgesamt etwa 574 GWh. [11]

*Tabelle 4: Biogasanlagen in Niederösterreich mit einer Mindesteinspeiseleistung von 2.9 GWh<sub>el</sub> im Jahr 2022 [11]*

PLZ	Engpassleistung [kW]	Stromeinspeisung 2022 [GWh <sub>el</sub> ]	PLZ	Engpassleistung [kW]	Stromeinspeisung 2022 [GWh <sub>el</sub> ]
2304	1000	8,6	2070	500	4,4
3822	640	7,0	2095	500	4,4
2201	1320	6,2	2070	500	4,4
2813	500	5,7	3071	500	4,4
3763	625	5,4	2000	500	4,4
3752	625	5,3	3571	500	4,3
3313	625	5,3	2070	500	4,3
2000	625	5,3	2011	500	4,3
3073	750	5,1	3730	985	4,3
3383	600	5,1	3454	500	4,3
2433	625	5,0	3454	500	4,0
3800	500	5,0	3830	500	3,9
3233	550	4,8	2493	499	3,9
2042	500	4,5	3820	500	3,7
3711	500	4,5	2282	350	3,5
3903	499	4,5	3380	499	3,5
3711	500	4,5	3434	400	3,2
3711	500	4,4	-	-	-

### 3.2 Netzinfrastruktur

Aus Dokumentationen, die vom Amt der niederösterreichischen Landesregierung übermittelt wurden, geht hervor, dass etwa 77 % der niederösterreichischen Gemeinden zumindest teilweise über einen Gasnetzzugang verfügen. Die regionale Verteilung dieser Gemeinden ist in Abbildung 3 dargestellt. Das Vorliegen der jeweiligen Netzebenen (Hoch-, Mittel- und Niederdruckebene) war jedoch unbekannt und wurde daher im Rahmen dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Aus bilateralen Gesprächen mit dem Netzbetreiber ging hervor, dass eine Netzeinspeisung auf Mitteldruckebene zu bevorzugen wäre.

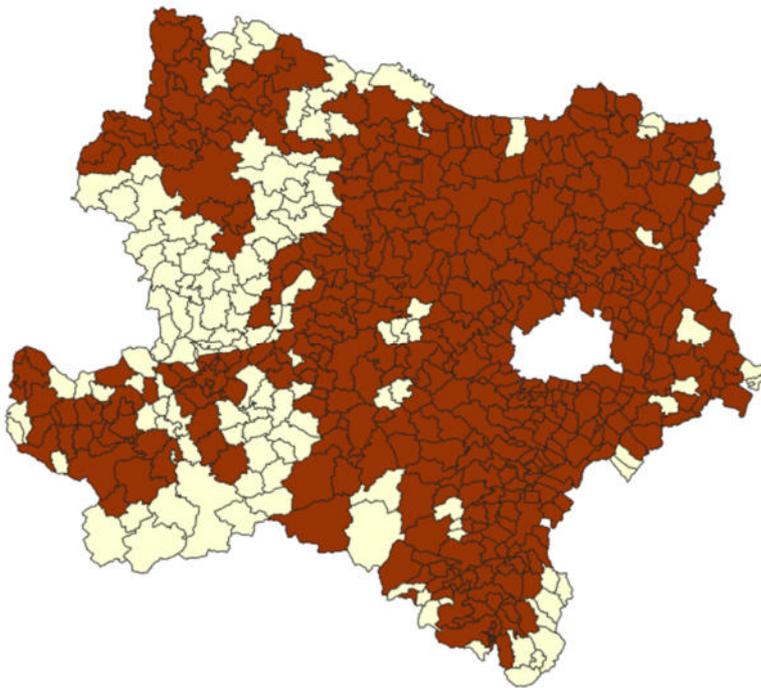


Abbildung 3: Übersicht über niederösterreichische Gemeinden ohne (hell) und mit (dunkel) Gasnetzzugang

### 3.3 Bedarfsseitige Analyse

Die zeitliche Entwicklung des energetischen Endverbrauchs von Erdgas in Niederösterreich in den Jahren 2011 – 2021 ist in Abbildung 4 dargestellt. Davon entfielen im Jahr 2021 etwa 51,1 % auf die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser. Weitere 41,5 % des energetischen Endverbrauchs von Erdgas werden zur Erzeugung von Prozesswärme in der Industrie eingesetzt (Industrieöfen (53,7%) und Dampferzeugung (46,3 %)). [15]

## Biomethanpotenziale in NÖ

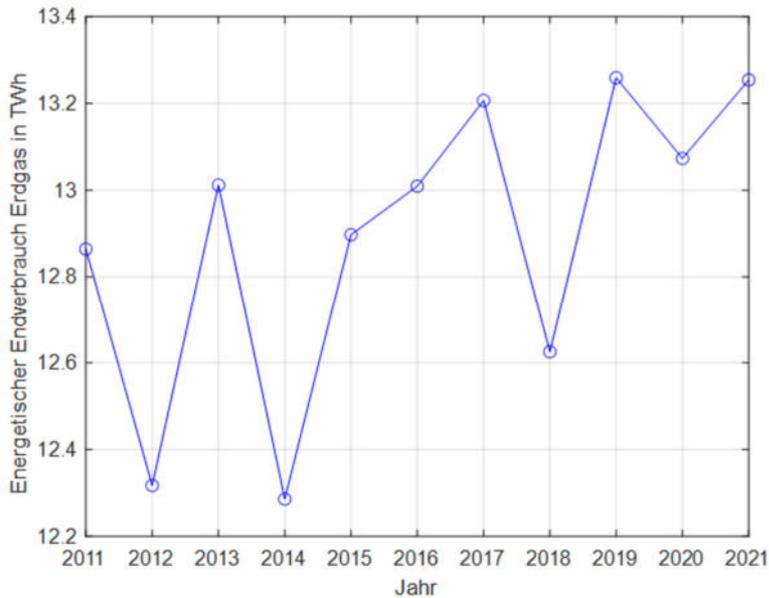


Abbildung 4: Zeitliche Entwicklung des energetischen Endverbrauchs von Erdgas in Niederösterreich (2011 – 2021) [14]

### 3.4 Rechtlicher Rahmen und Zielvorgaben

Ein erster Schritt zu der in Kapitel 1 dargestellt Forcierung von Biomethan als grünes Gas zur Einspeisung wurde mit dem In-Kraft-Setzen des Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz (EAG) gesetzt. Zur Erfüllung der allgemeinen Fördervoraussetzung müssen nun „neu errichtete Anlagen auf Basis von Biogas mit einer Engpassleistung bis 250 kW<sub>el</sub> (...) mehr als 10 km vom nächsten Anschlusspunkt an das Gasnetz entfernt“ sein. [16] Dies betrifft verstromende Anlagen. Darüber hinaus wurde ein Begutachtungsentwurf zur EAG-Investitionszuschüsse-Verordnung-Gas [17] und zum Erneuerbares-Gas-Gesetz (EGG) [18] veröffentlicht. Letzterer sieht eine Verpflichtung der Gasversorgung zur Erfüllung einer Grün-Gas-Quote vor.

Abbildung 5 zeigt die darin vorgesehene Entwicklung der Grün-Gas-Quote und setzt diese in Relation zu einer Abschätzung der aktuellen niederösterreichischen Grüngasquote (basierend auf der Biomethaneinspeisung 2022 [11] und dem energetischen Endverbrauch 2021 [14]). Es ist dabei hinzuweisen, dass jene Menge Biomethan, die in den bereits in Betrieb befindlichen Einspeiseanlagen jährlich produziert wurden, laut EGG-Entwurf nicht für die Berechnung der zu erfüllenden Grün-Gas-Quote ab 2024 berücksichtigt werden dürfen.

Ein weiterer rechtlicher Aspekt, der berücksichtigt werden muss, ist die Unterscheidung zwischen landwirtschaftlichen Anlagen („NAWARO-Anlagen“) und abfallrechtlichen Anlagen. Bei Letzteren gilt neben den üblichen anlagenrechtlichen Vorgaben auch die UVP-Pflicht, sobald eine (inputbezogene) Verarbeitungskapazität von 35 000 Tonnen pro Jahr (oder 100 Tonnen pro Tag) überschritten werden. [19] Daher wird auch im weiteren Verlauf dieser Arbeit zwischen diesen beiden Anlagentypen unterschieden.

## Biomethanpotenziale in NÖ

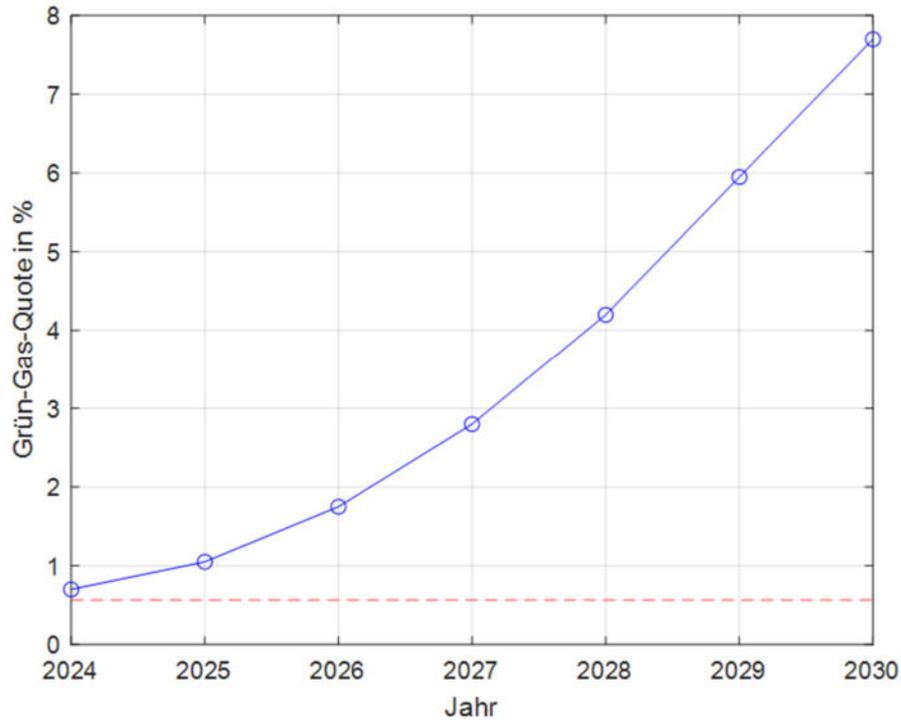


Abbildung 5: Entwicklung der Grün-Gas-Quote gemäß [18] (blau, durchgezogene Linie) und Abschätzung der aktuellen Grün-Gas-Quote in Niederösterreich (rot, strichliert) (basierend auf Daten aus [4] und [14])

## 4 Betriebswirtschaftliche Betrachtung von Biomethananlagen

Für die Berücksichtigung betriebswirtschaftlicher Aspekte im Rahmen dieser Arbeit wurden wirtschaftliche Kenngrößen einer Referenzanlage mit einer Outputleistung von 500 Nm<sup>3</sup> Biomethan pro Stunde ermittelt (zusätzliche Annahme: 8000 Vollast-Betriebsstunden pro Jahr). Im Allgemeinen werden Kostensätze für Biomethananlagen auf die Menge an aufzureinigendem Rohgas bezogen. Der Methangehalt im Rohgas beträgt etwa 50-60 Vol%. Zur Vereinfachung der Berechnung wurde daher ein Methangehalt von 55 Vol% angenommen und die Kostensätze auf die Outputleistung an Biomethan bezogen. Darüber hinaus wurde auch angenommen, dass die Rohgasbereitstellungskosten unabhängig vom eingesetzten Substrat sind, was aufgrund der unterschiedlichen Eigenschaften (z.B. oTS-Gehalt des Substrates beeinflusst Faulraumbelastung) auch eine Vereinfachung darstellt. Für eine grobe Abschätzung der Kosten wurden auch keine Kosten einzelner Apparate und Maschinen (z.B. Rührwerk, Pumpen, Armaturen, Kolonne) verwendet, sondern aggregierte Kostensätze (z.B. gesamte Fermentereinheit oder gesamte Aufbereitungsanlage) aus der Literatur entnommen.

In den Ergebnissen wurden außerdem die Auswirkungen von größeren NawaRo-Anlagen bis zu 100 000 t/a, was ungefähr einer Outputleistung von 1400 Nm<sup>3</sup>/h bei 8000 Betriebsstunden pro Jahr entspricht, auf die Investitionskosten und die Gesamtanlagenanzahl betrachtet. Die Anlagen wurden mit Größen zwischen 40 000 - 100 000 t/a angenommen, wobei die mittlere Anlagengröße zur weiteren Berechnung 70 000 t/a (1 000 Nm<sup>3</sup>/h) betrug, weil für diese Anlagengröße bereits Investitionskosten aus anderen Studien bekannt sind. Dabei wurden nur landwirtschaftliche Reststoffe betrachtet, wobei nicht abfallrechtlich relevante, kommunale beziehungsweise gewerbliche Reststoffe ebenfalls in diesen großen Anlagen verwendet werden könnten.

### 4.1 Investitionsaufwand

Nachfolgende Tabelle zeigt Schätzungen aus der Literatur für den Investitionsbedarf für landwirtschaftliche Biomethan-Einspeiseanlagen mit einer Outputkapazität von 500 Nm<sup>3</sup>/h Biomethan bei unterschiedlichen Aufbereitungstechnologien. Investitionskosten für den Anschluss an das Gasnetz (Kompressor, Rohrleitungen) wurden nicht berücksichtigt, da diese in der Regel vom Netzbetreiber getragen werden. Die Investitionskosten für die Biogasanlage berücksichtigen sämtliche technische und bauliche Anlagen, die nicht für Aufbereitung des Rohgases eingesetzt werden (Substratlagerung, mobile Technik, die Fermenter sowie die Fermenterbeschickung, Gärrestlagerung). Die sonstigen Investitionskosten beinhalten OSBL-Kosten (Grundstückskosten und -erschließung, der Bau von Straßen und Wegen) und Kosten für die Planung, Genehmigung, Montage und Inbetriebnahme von Anlagen.

## Biomethanpotenziale in NÖ

Tabelle 5: Investitionsbedarf für landwirtschaftliche Biomethan-Einspeiseanlagen mit einer Outputkapazität von 500 Nm<sup>3</sup>/h Biomethan bei unterschiedlichen Gasreinigungstechnologien (inflationbereinigt nach [20])<sup>1</sup>

	Investkosten nach Döhler [5]	Investkosten nach Dunkelberg [21]	Mittelwert
Biogasanlage	4,8	3,6	4,2
Gasaufbereitung DWW	2,9	2,6	2,8
Gasaufbereitung PSA	3,1	2,5	2,8
Gasaufbereitung Aminwäsche	2,5	2,6	2,6
Gasaufbereitung Membran-V.	-	1,9	1,9
Sonstige Investitionskosten	1,5	1,3	1,4
Abfallaufbereitung			0,6

Für abfallrechtliche Biomethan-Einspeiseanlagen (ebenfalls mit einer Outputkapazität von 500 Nm<sup>3</sup>/h Biomethan) wurde ein erhöhter Investitionsbedarf von 750.000 € angesetzt, der zusätzlich notwendige Anlagen (z.B. Entpackungsanlage für verpackte Abfälle, Hygienisierung) berücksichtigt. Dieser Investitionsbedarf ist im Rahmen von bilateralen Stakeholdergesprächen ermittelt worden.

Aktuell (Stand Juli 2023) befindet sich die EAG-Investitionszuschussverordnung-Gas in Ausarbeitung, welche Investitionszuschüsse für die Umrüstung bestehender Biogasanlagen und Errichtung neuer Biomethananlagen vorsieht. Da zum Zeitpunkt der Durchführung der Arbeiten nur ein Entwurf [17] und keine Endfassung vorliegt, wurden keine Fördersätze aus der EAG-Investitionszuschussverordnung-Gas berücksichtigt.

### 4.2 Anlagenbetriebskosten

Nachfolgende Tabelle zeigt Schätzungen aus der Literatur für die Anlagenbetriebskosten (exklusive Substratankauf und -transport) für landwirtschaftliche Biomethaneinspeiseanlagen mit einer Outputkapazität von 500 Nm<sup>3</sup>/h Biomethan bei unterschiedlichen Aufreinigungstechnologien. Diese beinhalten u. A. die Betriebsmittel, Wartung und Reparaturen, Laboranalysen und sonstige Aufwendungen (z.B. Folien, Säcke, Gärhilfsmittel). Betriebskosten für den Anschluss an das Gasnetz (Kompressor, Rohrleitungen) wurden nicht berücksichtigt, da diese in der Regel vom Netzbetreiber getragen werden.

---

<sup>1</sup> Sofern in der Literatur Kostenschätzungen für Modellanlagen mit anderen Outputkapazitäten als 500 Nm<sup>3</sup>/h Biomethan behandelt wurden, wurden die Kosten für die Referenzanlage linear interpoliert (nicht-lineare Kostendegression wurde nicht berücksichtigt.)

## Biomethanpotenziale in NÖ

*Tabelle 6: Betriebskosten für landwirtschaftliche Biomethan-Einspeiseanlagen mit einer Outputkapazität von 500 Nm<sup>3</sup>/h Biomethan bei unterschiedlichen Gasreinigungstechnologien (inflationsbereinigt nach [20])<sup>2</sup>*

	Betriebskosten nach Döhler et al. [5]	Betriebskosten nach Dunkelberg et al. [21]	Mittelwert
Aufbereitung DWW	0,85	0,44	0,65
Aufbereitung PSA	0,94	0,40	0,67
Aufbereitung Aminwäsche	0,94	0,37	0,66
Aufbereitung Membran-V.	-	0,43	0,43

### 4.3 Substratankauf

Die spezifischen Kosten für den Substratankauf sind in Tabelle 7 zusammengefasst. Der Preis für Wirtschaftsdünger wurde aus einer Abschätzung der Landwirtschaftskammer Steiermark übernommen [22], welche sich an den Mineraldüngerpreisen orientiert. Als Getreidestrohpreis wurde der durchschnittliche Preis für den frei-Hof-Verkauf (lose) aus Mai 2023 übernommen [23]. Der Preis für alle weiteren pflanzlichen, agrarischen Reststoffe wurde über die jeweilige Methanausbeute (bezogen auf Feuchtmasse) auf den Getreidestrohpreis bezogen. Für alle weiteren Reststoffe wurden Übernahmeerlöse angenommen, da hier der Entsorgungscharakter im Vordergrund steht.

*Tabelle 7: Preise für den Ankauf von Substraten [22] [23]*

Substrat	Preis [€/t]
Rindergülle	20,39
Schweinegülle	24,75
Geflügelmist	89,34
Pferdemist	22,56
Schafmist	38,30
Ziegenmist	38,30
Getreidestroh	97,67
Maisstroh	30,84
Rapsstroh	78,41
Rübenblatt	17,84
Zwischenfrüchte	41,34

<sup>2</sup> Kostenschätzungen für Modellanlagen mit anderen Outputkapazitäten als 500 Nm<sup>3</sup>/h Biomethan wurden analog den Investkosten linear interpoliert (nicht-lineare Kostendegression wurde nicht berücksichtigt.)

## 4.4 Erlöse

### 4.4.1 Biomethaneinspeisung

Der Erdgaspreis unterlag in den letzten Jahren starken Schwankungen und stellte die österreichische Industrie vor große Herausforderungen. Der ÖGPI (österreichischer Gaspreisindex) ist ein Kennwert, der die Entwicklung der Großhandelspreise (ohne Steuern und Netzgebühren) abbildet (siehe Abbildung 6) [24]. Im Jahr 2023 ist eindeutig eine rückläufige Entwicklung des ÖGPI erkennbar. Nach den Daten des Energie-Monitors der Wirtschaftskammer Österreich stieg der Day Ahead-Gaspreis (im Marktgebiet Tirol & Vorarlberg) im Jahr 2023 nicht über 8.2 ct/kWh und erreichte zwischenzeitlich bereits ein Minimum von 2.6 ct/kWh im Juli [25]. Der Biomethanpreis ist traditionell im Vergleich wesentlich höher anzusiedeln. Je nach Substrat und Laufzeit von Abnahmeverträgen wird in Deutschland von Biomethanpreise zwischen 8 - 23 ct/kWh berichtet. [26] Es ist nicht zu erwarten, dass derartige Höchstpreise in der gesamten niederösterreichischen Industrie bezahlt werden, aber eine Aufschlüsselung der Potenzialabhängigkeiten vom Preis im genannten Wertebereich scheint jedenfalls sinnvoll, um auch über quantitative, wirtschaftliche Effekte diskutieren zu können.

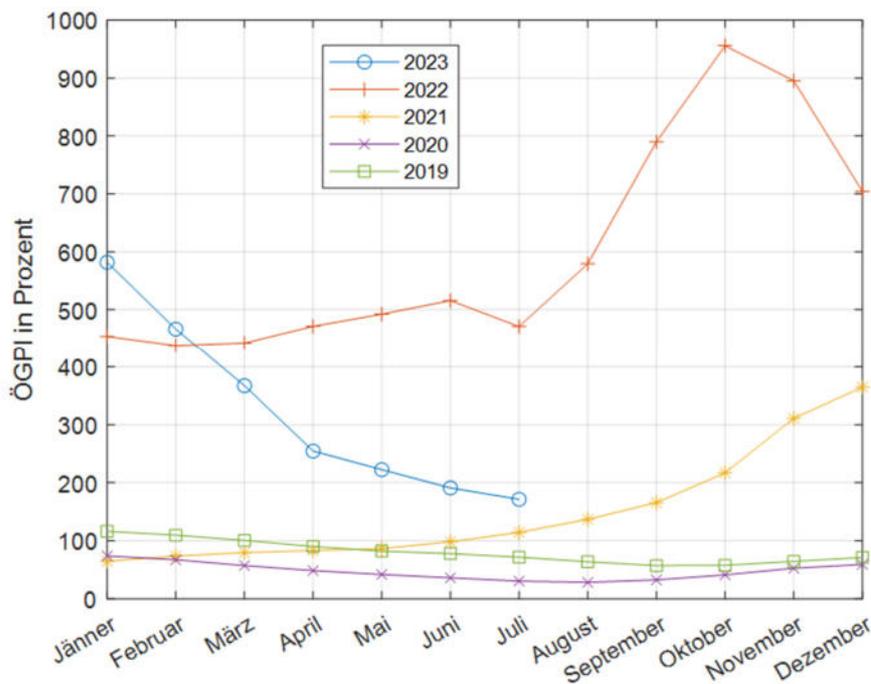


Abbildung 6: Entwicklung des österreichischen Gaspreisindex (Basisjahr: 2015) in den Jahren 2019-2023 (basierend auf [24])

### 4.4.2 Gärrest

Der übliche Verwertungsweg von Wirtschaftsdünger ist die direkte Ausbringung auf landwirtschaftliche Felder oder die Aufbereitung zu höherwertigen Düngemitteln (z.B. als pelletierter Blumen- und Gemüsedünger). Der bei der Biogasproduktion anfallende Gärrest kann als Substitut für den als Substrat eingesetzten Wirtschaftsdünger verwendet werden. Für den anfallenden Gärrest ist jedenfalls eine Lagerungskapazität von sechs Monaten vorzusehen [27], da der Einsatz als Dünger nur zu bestimmten Zeiträumen im Jahr

## Biomethanpotenziale in NÖ

vorgesehen wird. Darüber hinaus kann der Gärrest je nach Inputmaterial weiter aufbereitet werden. Übliche Verfahrensschritte sind beispielsweise Fest-Flüssig-Separation, Trocknung, Kompostierung, (Vakuum-)Eindampfung, Umkehrosmose/Ultrafiltration, Strippung oder Pelletierung [5]. Ein neuer, innovativer Verwertungsweg von ist der Einsatz einer Fasergussanlage, der derzeit in der niederösterreichischen Biomethan-Einspeiseanlage in Margarethen am Moos erprobt wird. [28]

Im Rahmen dieser Arbeit werden für die Gärrestverwertung über die vorgeschriebene Lagerung keine weiteren Aufbereitungsschritte berücksichtigt. Für den nicht aufbereiteten Gärrest (Biogasgülle) wurde ein Nährstofflös von 15 € pro Tonne Feuchtmasse (aufgerundet und inflationsbereinigt [20]) angesetzt.

### 4.4.2.1 Aufkommen von Gärrest

Um das Aufkommen von Gärrest abzuschätzen, wurde der Fugatfaktor der jeweiligen Substrate aus einer Massenbilanz um die Fermentereinheit berechnet. Der Fugatfaktor entspricht dem Anteil der Differenz zwischen Fermenter-Input und dem entstandenen Biogas am Fermenter-Input. Das Biogas wurde dabei nur als Zwei-Komponenten-Gemisch aus Methan und Kohlendioxid approximiert. Tabelle 8 zeigt die berechneten Fugatfaktoren und stellt sie, sofern vorhanden, Literaturwerten aus Döhler et al. [5] gegenüber.

*Tabelle 8: Berechnete Fugatfaktoren und Gegenüberstellung mit Literaturwerten*

<b>Substrat</b>	<b>Fugatfaktor berechnet</b>	<b>Vergleichssubstrat aus Literatur [5]</b>	<b>Fugatfaktor aus Literatur [5]</b>
Rindergülle	0,96	Gülle	0,98
Schweinegülle	0,98		
Geflügelmist	0,74	Trockenkot (Geflügel)	0,75
Pferdemist	0,96	Festmist, frisch	0,93
Schafmist	0,92		
Ziegenmist	0,85		
Getreidestroh	0,50	-	-
Maisstroh	0,84	Maissilage	0,76
Rapsstroh	0,60	-	-
Rübenblatt	0,90	Rübenblattsilage	0,90
Zwischenfrüchte	0,80	Kleegrass	0,90

## 4.5 Rentabilität

Die Rentabilität (ROI, return on investment) gilt als eine der bedeutendsten betriebswirtschaftlichen Kennzahlen und findet insbesondere in verfahrenstechnischen Projekten häufig Anwendung, um Entscheidungen zu treffen. Sie berechnet sich als Verhältnis des Betriebserfolgs (beispielsweise jährliche(r) Gewinn oder Einsparungen) zum eingesetzten Kapital. Typische Rentabilitäten für Biogasprojekte liegen über 5 %. [29]

## 5 Potenzialerhebung von landwirtschaftlichen Reststoffen

Zur Erhebung des realisierbaren Biomethanpotenzials aus landwirtschaftlichen Reststoffen wurde eine Top-Down-Ansatz herangezogen (siehe Abbildung 7). Dabei wird das theoretische Potenzial auf Basis verschiedener Rohdatensätze und Literaturwerte erfasst und anschließend durch Betrachtung von systemischen Limitierungen und Konkurrenznutzungen auf ein realisierbares Potenzial reduziert. Das realisierbare Potenzial wurde schließlich zur Identifikation potenzieller Anlagenstandorte herangezogen (siehe Kapitel 7). Um dabei eine detaillierte Auswertung zu ermöglichen, erfolgte die Erfassung auf Gemeindeebene. Darüber hinaus wurden in ähnlicher (aber nicht identer) Vorgangsweise zu Erler et al. [30] maximal wirtschaftlich- und ökologisch-darstellbare Transportdistanzen abgeschätzt und damit die regionale Verteilung der erhobenen Substratmengen berücksichtigt.

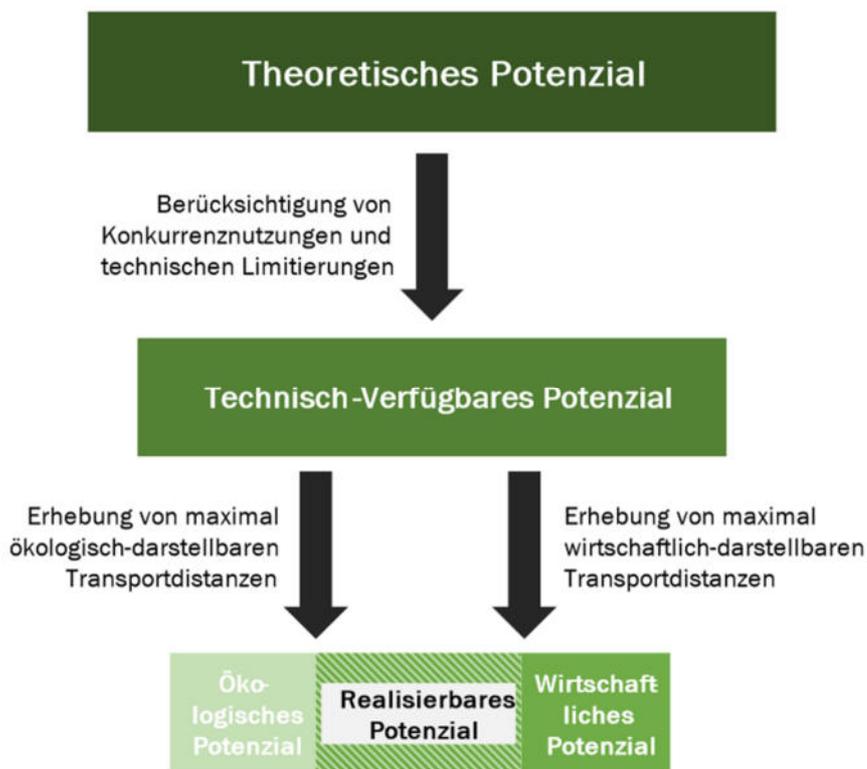


Abbildung 7: Visualisierung der angewendeten Top-Down-Erfassungssystematik zur Erhebung des realisierbaren Potenzials aus agrarischen Reststoffen

### 5.1 Theoretisches Potenzial

Im Kontext dieser Arbeit wird unter dem theoretischen Potenzial jenes Potenzial verstanden, welches die anfallenden Mengen sämtlicher Reststoffe, die als Substrat zur anaeroben Vergärung geeignet sind, berücksichtigt. Dabei wurden keine Limitierungen hinsichtlich technischer, wirtschaftlicher und ökologischer Aspekte sowie Konkurrenznutzungen in Betracht gezogen. Das theoretische Potenzial ist daher als eine in der Realität nicht erreichbare, oberste Grenze zu sehen. Die insgesamt elf betrachteten Substrate wurden in pflanzliche, agrarische Reststoffe und Wirtschaftsdünger eingeteilt.

### 5.1.1 Methode

#### 5.1.1.1 Pflanzliche, agrarische Reststoffe

Als Datengrundlage für die Erhebung pflanzlicher, agrarischer Reststoffe wurde die Auswertung der Bodennutzung im Rahmen der Agrarstrukturerhebung 2020 [31] herangezogen. Die Zuordnung der jeweiligen Flächenarten zu den betrachteten Reststoffgruppen sowie die verwendeten Erträge sind in Tabelle 9 dokumentiert.

Tabelle 9: Betrachtete pflanzliche, agrarische Reststoffe und Darstellung der flächenspezifischen Erträge (übernommen von Stürmer [32])

Substrat	Ertrag [t <sub>TS</sub> / ha]	Flächenarten
Getreidestroh	4,2	Winterweichweizen, Sommerweichweizen, Sommerhartweizen (Durum), Winterhartweizen (Durum), Dinkel, Winter-/Sommer-Roggen, Wintermenggetreide, Wintergerste, Sommergerste, Winter-/Sommer-Hafer, Winter-/Sommer-Triticale, Sommermenggetreide, Sorghum, Rispenhirse, Sonstiges Getreide
Maisstroh	5,0	Körnermais einschl. Corn-Cob-Mix (CCM), Silo- und Grünmais
Rübenblatt	3,6	Zuckerrüben (ohne Saatgut), Futterrüben und sonstige Futterhackfrüchte
Rapsstroh	2,8	Raps und Rübsen
Zwischenfrüchte	2,6	Rotklee und sonstige Kleearten, Luzerne, Klee gras, Futtergräser und sonstiger Futterfeldbau (Mischling u.ä.), Wechselwiesen (Ackerweiden, Egart), Grünschnittroggen und sonstiges, Getreide zur Ganzpflanzenernte, Süßlupinen

Die verfügbaren Flächen, welche den jeweiligen Gemeinden und Feldfrüchten zugeordnet sind, wurden nach der Methodik von Stürmer [32] mit dem flächenspezifischen Ertragsfaktor und der massenspezifischen Methanausbeute multipliziert. Diese relevanten Prozess- und Stoffdaten sind in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10: Prozess- und Stoffdaten zur Berechnung des theoretischen Potenzials aus pflanzlichen, agrarischen Reststoffe [6] [32]

Substrate	Ausbeute [Nm <sup>3</sup> /t <sub>FM</sub> ]	CH <sub>4</sub> im Rohgas [%]	TS-gehalt [%]	Org. TS [% <sub>TS</sub> ]	Anmerkung
Getreidestroh	380	53	90	94	-
Maisstroh	120	53	50	90	Werte für Silage
Rapsstroh	305	53	86	91	oTS-Gehalt von Raps; Methangehalt von Maisstroh
Rübenblatt	603	50	17	74	Werte für Silage; Methangehalt von Rübensaft
Zwischenfrüchte	155	55	30	90	Werte für Klee(gras), Luzernesilage

## Biomethanpotenziale in NÖ

### 5.1.1.2 Wirtschaftsdünger

Als Datengrundlage für die Erhebung der anfallenden Wirtschaftsdüngermengen wurde die Erfassung des Viehbestands im Rahmen der Agrarstrukturerhebung 2020 [33] herangezogen. Als Umrechnungsfaktoren wurden die Wirtschaftsdüngeranfallsmengen je Stallplatz aus der Nitrat-Aktionsprogramm Verordnung [27] verwendet (siehe Tabelle 11). Weitere relevante Stoff- und Prozessdaten sind in Tabelle 12 dargestellt. Für die Rinder- und Schweinehaltung wurde von Gülle-Entmistungssystemen ausgegangen, für Geflügel-, Schafe-, Ziegen- und Pferdehaltung von Festmist-Entmistungssysteme. Außerdem wurde eine ganzjährige Stallhaltung angenommen.

*Tabelle 11: Spezifische Wirtschaftsdüngeranfallsmengen in m<sup>3</sup> pro Stallplatz nach Viehart [27]*

Rinder, männlich < 1 Jahr	2,35	Zuchtschweine: Zuchteber	2,55
Rinder, weiblich < 1 Jahr	2,35	Mutterschafe und gedeckte Lämmer	0,52
Rinder, männlich 1 bis < 2 Jahre	5,8	Andere Schafe	0,52
Rinder, weiblich 1 bis < 2 Jahre	5,8	Ziegen, die bereits gezickelt haben und gedeckte Ziegen	0,38
Rinder, männlich ab 2 Jahre	7,1	Andere Ziegen	0,38
Kalbinnen ab 2 Jahre	7,7	Mastküken und Jungmasthühner	0,006
Milchkühe ab 2 Jahre	12	Küken für Legezwecke und Legehennen unter einem halben Jahr	0,009
Andere Kühe (Mutterkühe)	11,3	Legehennen ab einem halben Jahr	0,016
Pferde und andere Einhufer	4	Hähne	0,016
Ferkel unter 20kg Lebendgewicht	0,3	Truthühner	0,03
Jungschweine von 20 bis unter 50kg Lebendgewicht	0,5	Enten	0,014
Mastschweine, Lebendgewicht von 50 bis unter 80 kg	0,7	Gänse	0,029
Mastschweine, Lebendgewicht von 80 bis unter 110 kg	0,7	Strauße	0
Mastschweine, Lebendgewicht von 110 kg und mehr	0,7	Sonstiges Geflügel	0,003
Zuchtschweine: Jungsauen, noch nie gedeckt	2,55	Hirsche	0
Zuchtschweine: Jungsauen, erstmals gedeckt	2,55	Sonstige Nutztiere	0
Zuchtschweine: ältere Sauen, gedeckt	2,55	Bienenstöcke	0
Zuchtschweine: ältere Sauen, nicht gedeckt	2,55	-	-

## Biomethanpotenziale in NÖ

*Tabelle 12: Prozess- und Stoffdaten zur Berechnung des theoretischen Potenzials aus Wirtschaftsdünger [6] [32]*

	<b>Stall-system</b>	<b>Ausbeute [Nm<sup>3</sup>/t<sub>FM</sub>]</b>	<b>CH<sub>4</sub> im Rohgas [%]</b>	<b>Dichte [t / m<sup>3</sup>]</b>	<b>TS [%]</b>	<b>Org. TS [%<sub>TS</sub>]</b>
Rindergülle	Gülle	30	56	1	9	80
Schweinegülle	Gülle	15	63	1	5	75
Geflügelmist	Mist	200	56	0,5	50	80
Pferdemist	Mist	30	60	0,5	31	82
Schafmist	Mist	66	58	0,5	32	65
Ziegenmist	Mist	120	62	0,5	35	82

### 5.1.2 Ergebnisse

Die folgende Tabelle 13 zeigt die Aufteilung des theoretischen Potenzials nach den untersuchten Substratklassen. Dabei ist erkennbar, dass der Großteil des theoretischen Potenzials sich auf pflanzliche, agrarische Reststoffe zurückführen lässt, wobei Getreidestroh den wesentlichen Anteil ausmacht.

*Tabelle 13: Zusammensetzung des theoretischen Biomethan-Potenzials in TWh pro Jahr*

<b>Substrat</b>	<b>Theor. Biomethan-Potenzial [TWh pro Jahr]</b>
Rindergülle	1,38
Schweinegülle	0,15
Geflügelmist	0,17
Pferdemist	0,05
Schafmist	0,02
Ziegenmist	0,03
Getreidestroh	3,43
Maisstroh	0,77
Rapsstroh	0,11
Rübenblatt	0,16
Zwischenfrüchte	0,55
<b>Summe</b>	<b>6,81</b>

Abbildung 8 zeigt die regionale Verteilung des theoretischen Biomethanpotenzials, wobei zur Darstellung das Potenzial in den jeweiligen Gemeinden in vier Quantile klassifiziert wurde.

## Biomethanpotenziale in NÖ

Das erhobene, theoretische Biomethanpotenzial beläuft sich insgesamt **auf 6,8 TWh** pro Jahr.

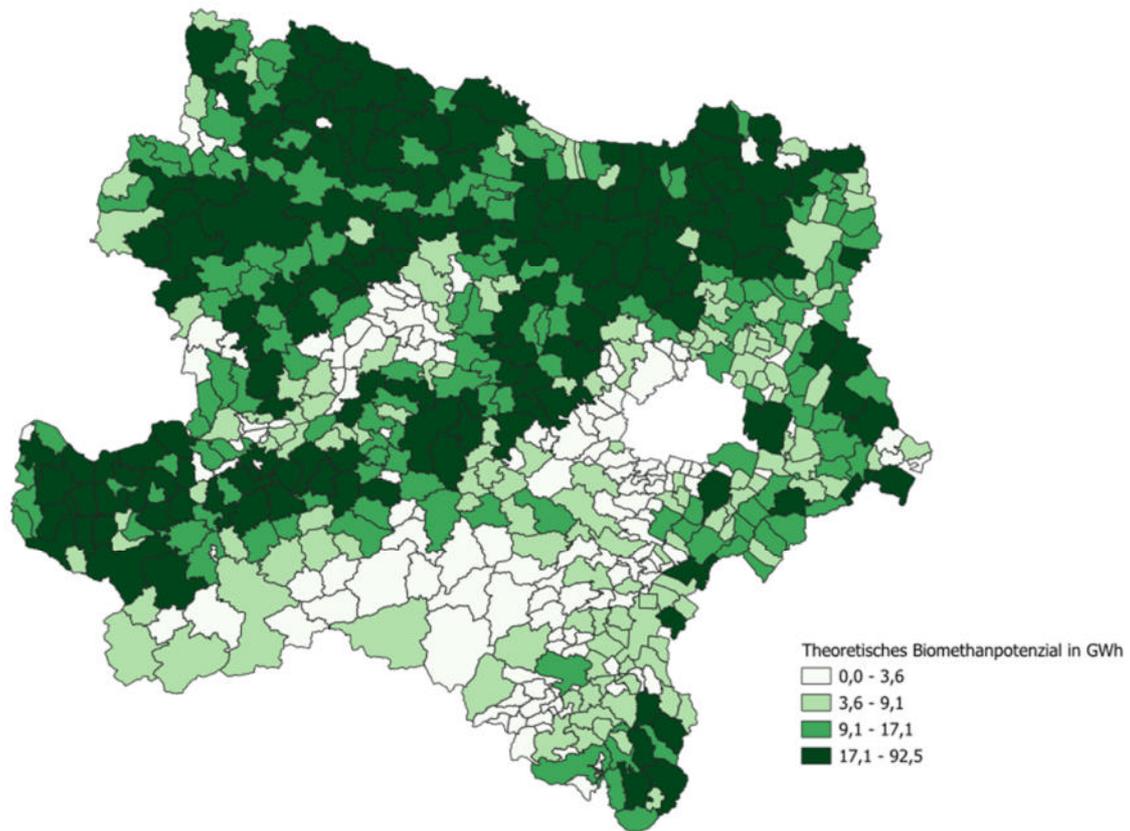


Abbildung 8: Geographische Verteilung des theoretischen Biomethanpotenzials in GWh (Klassifizierung in vier Quantile)

## 5.2 Technisch-Verfügbares Potenzial

Zur Konkretisierung des realistischen Potenzials wurde im nächsten Schritt das technisch-verfügbare Potenzial erhoben. Im Kontext dieser Arbeit ist das technisch-verfügbare Potenzial jenes Potenzial, welches nur jene anfallenden Mengen möglicher Substrate berücksichtigt, die auch tatsächlich für die Nutzung in Biogas- und Biomethananlagen zur Verfügung stehen würde. Außerdem wird nur der technisch-realiserbare Biomethan-Output berücksichtigt.

### 5.2.1 Methode

#### 5.2.1.1 Pflanzliche, agrarische Reststoffe

Aus unterschiedlichen Gründen (Erhaltung der Bodenqualität, fehlendes Equipment, Witterung) erfolgt keine vollständige Entfernung von pflanzlichen, agrarischen Reststoffen von den landwirtschaftlichen Nutzflächen. Innerhalb der EU oder in Österreich existiert dazu keine statistische Erfassung. Scarlat et al. [34] ermitteln in ihrer Abschätzung aus 2010 eine Entnahmekquote von 44 % in der österreichischen Landwirtschaft, welche im Rahmen dieser Arbeit zur Ermittlung der tatsächlich gesammelten pflanzlichen, agrarischen Reststoffe auch herangezogen wurde. Diese Entnahmekquote liegt knapp über dem EU-weiten Durchschnitt von 42 %. Darüber hinaus wurden Lagerungsverluste (Silierverluste) von 12 % berücksichtigt.

Außerdem wurde auch jene Menge an Getreidestroh berücksichtigt, die als Einstreu in der Haltung von Rindern, Schweinen und Pferden verwendet wird. Dazu wurden die Daten zum Viehbestand aus der Agrarstrukturerhebung [33] und Einstreufaktoren aus Horlacher et al. [35] herangezogen (siehe Tabelle 14). Übersteigt der Einstreubedarf die tatsächlich gesammelte Menge an Getreidestroh innerhalb einer Gemeinde, wurde die Menge an Getreidestroh gleich null gesetzt. Das heißt, es wurden keine Anlieferungen aus Nachbargemeinden berücksichtigt.

*Tabelle 14: Einstreubedarf unterschiedlicher Vieharten [35]*

Viehart	Einstreubedarf [kg] Stroh pro Tier und Tag
Rinder und Kälber < 2 Jahre	5,0
Rinder und Kälber > 2 Jahre	7,0
Ferkel < 20 kg Lebendgewicht	1,2
Jung-, Mast und Zuchtschweine > 20 kg	0,5
Pferde und andere Einhufer	1,2

### 5.2.1.2 Wirtschaftsdünger

Für Wirtschaftsdünger wurden keine Einschränkungen hinsichtlich der Verfügbarkeit getroffen. Auch die Weidehaltung wurde nicht berücksichtigt, da diese überwiegend im alpinen Raum in Österreich stattfindet und im geographisch flachen Osten nicht überwiegt. [36] Vereinzelt kann dies jedoch zu Abweichungen führen, da ausgeschiedene Tierexkremamente auf der Weide nicht mehr für die Biogasgewinnung zur Verfügung stehen. Lagerungsverluste wurden aufgrund des kontinuierlichen Aufkommens von Wirtschaftsdünger nicht berücksichtigt.

### 5.2.1.3 Eigenverbrauch der Anlagen und Methanschluß

Wie in Tabelle 3 dargestellt, weisen Wäscher (Aminwäscher, PEG-Wäscher) zur Gasaufbereitung einen nicht zu vernachlässigenden Prozesswärmebedarf auf, welcher in der Regel durch die Verbrennung des produzierten Biogases (Schwachgas) gedeckt wird. Die spezifische Produktionsleistung der Anlage sinkt daher. Zusammen mit dem Methanschluß ergeben sich dazu technologieabhängige Methanverluste welche in Tabelle 15 für die einzelnen Substrate dokumentiert sind. Dabei sind die Entwicklungen der letzten Jahre bei den einzelnen Technologien noch nicht berücksichtigt, wodurch sich ein gewisser Sicherheitsfaktor ergibt.

*Tabelle 15: Methanverluste in % durch Methanschluß und Prozesswärmebedarf nach den Aufbereitungstechnologien*

Substrat	Druckwäsche	PSA-Adsorption	Aminwäsche	PEG-Wäsche	Membranverfahren
Methanverlust %	1,25	1,75	8,74	3,51	2,75

## 5.2.2 Ergebnisse

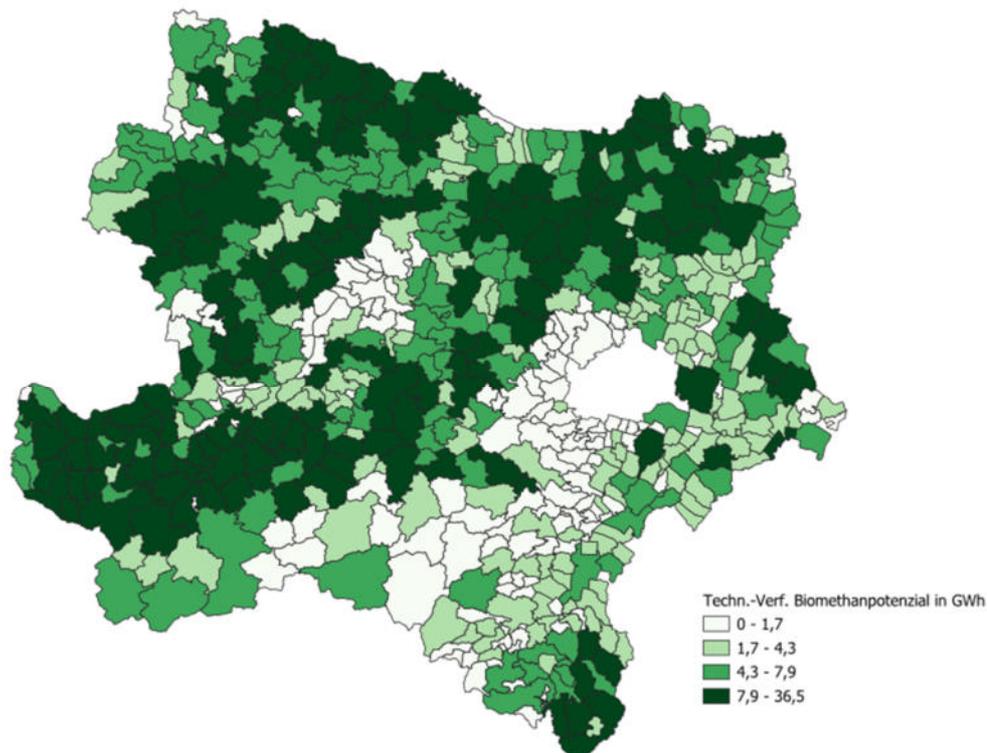
Die oben angegebenen Einschränkungen führen zu einer Verringerung des insgesamt technisch-verfügbaren Biomethanpotenzial von **3,02 – 3,27 TWh**. Die Aufteilung dieses Potenzials auf die einzelnen Substrate ist in Tabelle 18 dokumentiert. Durch die Berücksichtigung der Verwendung von Getreidestroh als Einstreu in der Viehhaltung wurde die tatsächlich gesammelte Getreidestrohmenge um 39 % reduziert. Da nur der Einstreubedarf innerhalb einer Gemeinde abgezogen wurde, wurden insgesamt 52 % des Einstreubedarfs tatsächlich berücksichtigt.

Die geographische Verteilung des technisch-verfügbaren Potenzials ist in Abbildung 9 exemplarisch für die Aufbereitungstechnologie Druckwasserwäsche dargestellt. Auch hier wurde eine Klassifizierung des Potenzials in den Gemeinden in vier Quantile vorgenommen.

## Biomethanpotenziale in NÖ

*Tabelle 16: Technisch-Verfügbares Biomethanpotenzial nach Substraten und Aufbereitungstechnologie in TWh pro Jahr*

Substrat	Druckwäsche	PSA-Adsorption	Aminwäsche	PEG-Wäsche	Membranverfahren
Rindergülle	1,36	1,35	1,26	1,33	1,34
Schweinegülle	0,14	0,14	0,13	0,14	0,14
Geflügelmist	0,16	0,16	0,15	0,16	0,16
Pferdemist	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Schafmist	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Ziegenmist	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Getreidestroh	0,81	0,81	0,75	0,79	0,80
Maisstroh	0,34	0,33	0,31	0,33	0,33
Rapsstroh	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05
Rübenblatt	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07
Zwischenfrüchte	0,24	0,24	0,22	0,23	0,24
Summe	3,27	3,26	3,02	3,20	3,22



*Abbildung 9: Geographische Verteilung des technisch-verfügbaren Biomethanpotenzials in GWh für die Aufbereitungstechnologie Druckwasserwäsche (Klassifizierung in vier Quantile)*

## 5.3 Wirtschaftliches Potenzial

### 5.3.1 Methode

Die Vorgangsweise bei der Ermittlung des wirtschaftlichen Potenzials aus dem technisch verfügbaren Potenzial ist nachfolgend dargestellt.

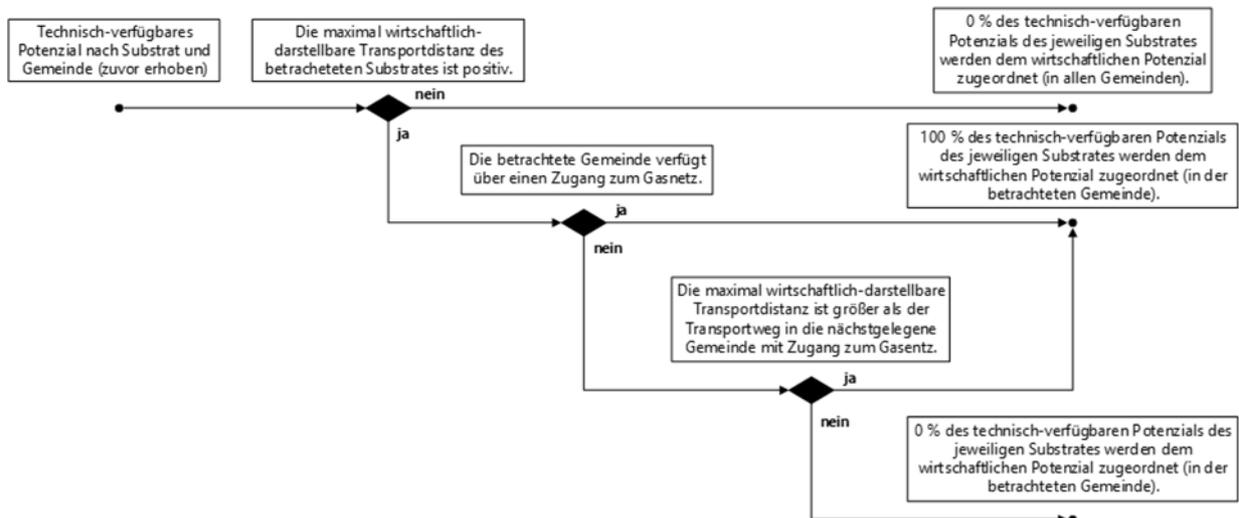


Abbildung 10: Vorgangsweise zur Erhebung des wirtschaftlichen Potenzials aus dem technisch-verfügbaren Potenzial

Die betrachteten Substrate unterscheiden sich in ihren kalkulatorischen Kosten, Biomethan- ausbeute- sowie Fugatfaktoren und weisen daher verschiedene, substratspezifische Gasgestehungskosten auf, was sich wiederum auf Wirtschaftlichkeit auswirkt. Um diese Auswirkungen in einem geeigneten Kennwert und substratspezifisch zu quantifizieren, wurden die maximal wirtschaftlich-darstellbaren Transportdistanzen der jeweiligen Substrate in Abhängigkeit von ihren spezifischen Kosten und Erlösen berechnet.

Die maximal wirtschaftlich-darstellbare Transportdistanz kann als jene Transportdistanz interpretiert werden, bei der aufgrund der entstehenden Transportkosten ein substratspezifischer Break-Even erreicht wird, wobei auch alle sonstigen Gasgestehungskosten sowie sämtliche Erlöse berücksichtigt wurden. Dabei wurden folgenden Annahmen getroffen:

- Die berücksichtigten Erlöse beinhalten den Verkauf von Biomethan und Gärrest.
- Die berücksichtigten Kosten beinhalten die Abschreibung der Investition, die Kosten für den Anlagenbetrieb und die Kosten für den Substratankauf und -transport.
- Verarbeitung in einer Biomethan-Einspeiseanlage mit einer Kapazität von 500 Nm<sup>3</sup>/h Biomethan. Die Kosten für den Anlagenbetrieb und der Investitionsaufwand entsprechen jenen Kosten, die in Kapitel 4.1 und 4.2 für die entsprechende Referenzanlage erhoben wurden.
- Es wurde eine lineare Abschreibung der Investition über 16 Jahre angenommen. [37]
- Für die spezifischen Transportkosten wurden 14,3 ct pro tkm angenommen. Diese Zahl beruht auf einer deutschen Studie aus 2007 [38], wobei hier die betriebswirtschaftlichen Transportkosten für Last- und Sattelzüge mit einer durchschnittlichen Beladung von ca. 12 t und einem Transportweg von 200 km abgeschätzt wurden. Die erwarteten

## Biomethanpotenziale in NÖ

Transportwege für Biogas- und Biomethan-Einspeiseanlagen sind jedoch geringer, etwaige dadurch entstehende Kostenveränderungen wurden nicht berücksichtigt.

- Es wurde eine Mindestrentabilität von  $ROI_{min} \geq 5\%$  vorgegeben.
- Es wurden konstante Substratpreise gemäß Tabelle 7 angenommen.
- Es wurden jährlich 8000 Volllastbetriebsstunden angenommen.

### 5.3.2 Ergebnisse

Die nachfolgende Tabelle zeigt die berechneten, maximal wirtschaftlich-darstellbaren Transportdistanzen der betrachteten Substrate bei unterschiedlichen Erlösen für die Biomethaneinspeisung für die Verwendung von Druckwasserwäsche als Aufbereitungstechnologie. Die Umlegung des technisch-verfügbaren Potenzials in ein wirtschaftliches Potenzial erfolgte unter Verwendung dieser Transportdistanzen nach dem in Abbildung 10 dargestellten Schema. Tabelle 17 zeigt, dass der Biomethanerlös einen großen Einfluss auf die maximal wirtschaftlich-darstellbaren Transportdistanzen hat.

*Tabelle 17: Maximal wirtschaftlich-darstellbare Transportdistanzen bei unterschiedlichen Biomethanerlösen und nach Substrat für die Aufbereitungstechnologie Druckwasserwäsche in km (landwirtschaftliche Reststoffe)*

Substrat	Biomethanerlös			
	2 ct/kWh	5 ct/kWh	10 ct/kWh	15 ct/kWh
Rindergülle	< 0	22,8	85,4	148,0
Schweinegülle	< 0	< 0	3,7	38,9
Geflügelmist	< 0	< 0	313,7	731,0
Pferdemist	< 0	13,0	80,1	147,1
Schafmist	< 0	< 0	119,2	260,6
Ziegenmist	< 0	107,4	384,6	661,8
Getreidestroh	< 0	149,5	899,8	1650,2
Maisstroh	< 0	115,6	352,5	589,5
Rapsstroh	< 0	139,7	742,1	1344,5
Rübenblatt	25,9	108,1	245,2	382,2
Zwischenfrüchte	< 0	122,0	439,7	757,3

Abbildung 11 stellt die Abhängigkeit des wirtschaftlichen Biomethanpotenzials vom Biomethanerlös bei unterschiedlichen Aufbereitungstechnologien dar. Aus Abbildung 12 geht hervor, inwieweit das technisch-verfügbare Potenzial in Abhängigkeit vom Biomethanerlös wirtschaftlich ausgeschöpft werden kann.

Dabei zeigt sich, dass die Aufbereitungstechnologien Druckwasserwäsche und Druckwechseladsorption (PSA-Adsorption) die vielversprechendsten Ergebnisse liefern. Für die Aufbereitungstechnologie Aminwäsche wurde das geringste Potenzial berechnet.

## Biomethanpotenziale in NÖ

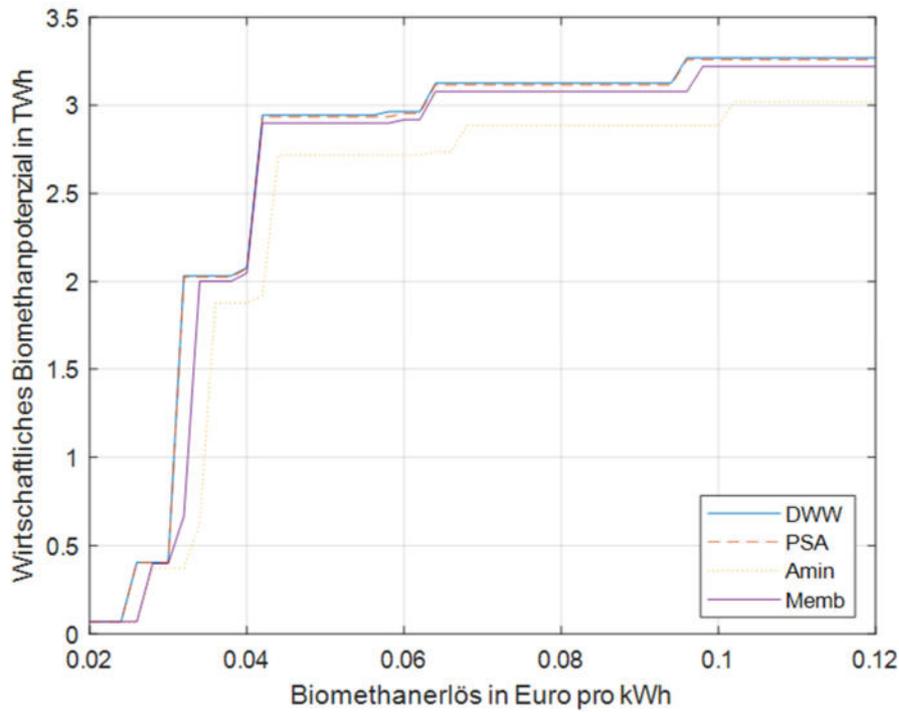


Abbildung 11: Wirtschaftliches Biomethanpotenzial in Abhängigkeit vom Biomethanerlös bei unterschiedlichen Aufbereitungstechnologien

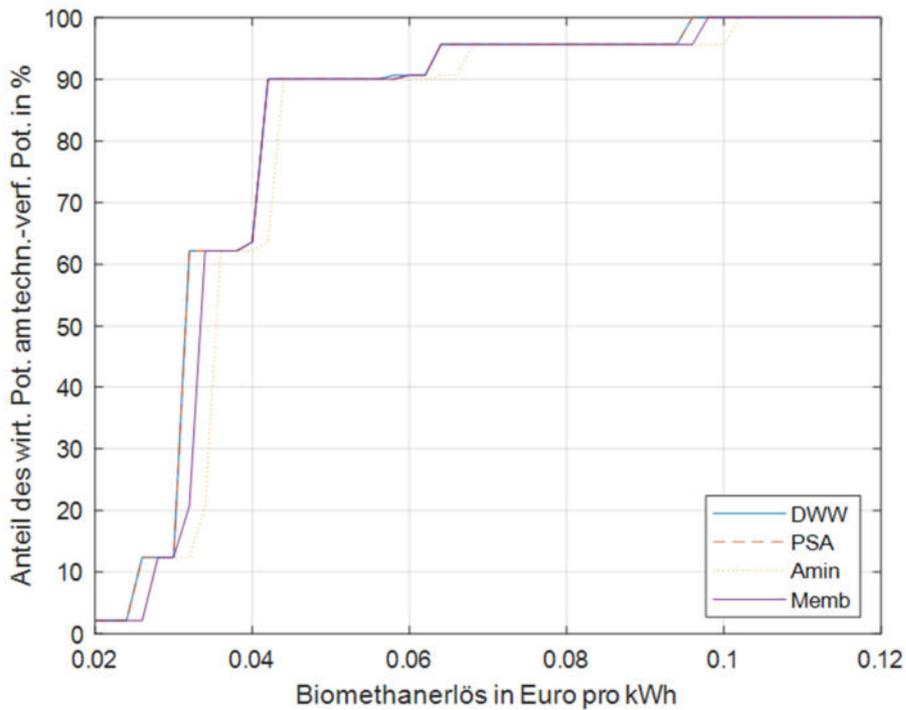


Abbildung 12: Anteil des wirtschaftlichen Biomethanpotenzials am technisch-verfügbaren Potenzial in Abhängigkeit vom Biomethanerlös bei unterschiedlichen Aufbereitungstechnologien

## Biomethanpotenziale in NÖ

Hinsichtlich der Abhängigkeit vom Bio-Methanpreis zeigt sich, dass bereits ab 5 ct/kWh 90 % des technisch-verfügbaren Potenzials wirtschaftlich genutzt werden kann.

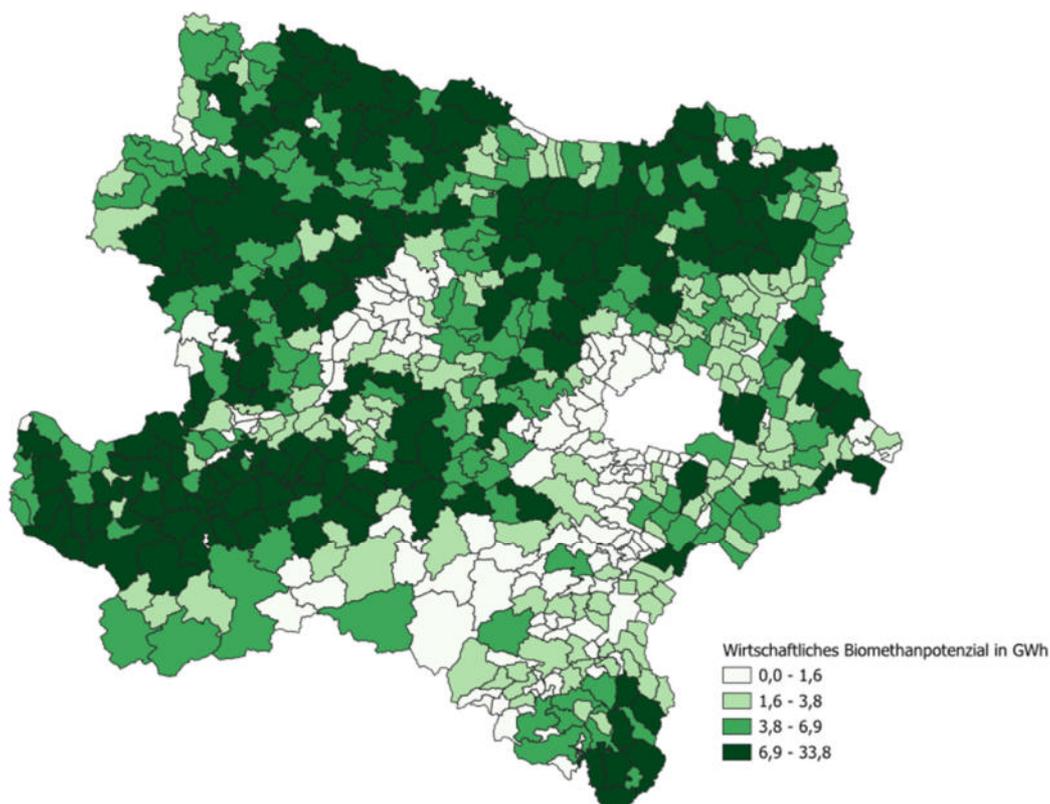
Für die auf dem wirtschaftlichen Potenzial aufbauenden Berechnungen und Schlussfolgerungen wurde das Potenzial bei 5 ct/kWh als repräsentativer Referenzfall verwendet.

**Dieses Potenzial beträgt 2,72 – 2,96 TWh pro Jahr.**

Eine Zusammenstellung des wirtschaftlichen Potenzials bei den unterschiedlichen Aufbereitungstechnologien zeigt Tabelle 18, eine detaillierte Aufteilung nach den Substraten ist im Anhang enthalten.

*Tabelle 18: Wirtschaftliches Biomethanpotenzial bei einem Biomethanerlös von 5 ct/kWh bei verschiedenen Aufbereitungstechnologien und nach Substrat in TWh pro Jahr*

Wirtschaftliches Biomethanpotenzial	Druckwäsche	PSA-Adsorption	Aminwäsche	Membranverfahren
Summe	2.95	2.93	2.72	2.91



*Abbildung 13: Geographische Verteilung des wirtschaftlichen Biomethanpotenzials bei einem Biomethanerlös von 5 ct/kWh in GWh pro Gemeinde und Jahr für die Aufbereitungstechnologie Druckwasserwäsche (Klassifizierung in vier Quantile)*

## 5.4 Ökologisches Potenzial- Treibhausgasbilanzierung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine von der Transportdistanz abhängige, substratspezifische THG-Bilanz erstellt, die zur Quantifizierung der ökologischen Effekte der Biomethan-gewinnung dient. Sie berücksichtigt die THG-Emissionen und THG-Einsparungen aus Scope 1, 2 und 3. Es wurde keine vollständige Lebenszyklusanalyse durchgeführt, da auch in der revidierten Erneuerbare-Energien-Richtlinie II (RED II) der Europäischen Union nur eine Treibhausgasbilanz zur Bewertung und Nachhaltigkeitszertifizierung von Biogas- und Biomethantechnologien vorgesehen ist [39].

### 5.4.1 Methode

In analoger Vorgehensweise zur Erhebung des wirtschaftlichen Potenzials wird zur Erhebung des ökologischen Potenzials eine maximal ökologisch-darstellbare Transportdistanz als Kennwert zur Quantifizierung der THG-Bilanz definiert. Dabei wurden folgende Annahmen getroffen:

- Zur Erfassung der THG-Bilanz wurden Emissionskennwerte in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten herangezogen. Die verwendeten Emissionsfaktoren sind im Anhang zusammengestellt.
- Die Emissionsminderung durch Wirtschaftsdüngernutzung wurde mit 10 % der Methanausbeute angesetzt. [5]
- Die berücksichtigten THG-Einsparungen setzen sich aus der Substitution von fossilem Erdgas und der Emissionsminderung durch Wirtschaftsdüngernutzung zusammen.
- Die berücksichtigten THG-Emissionen beinhalten die Nutzung von elektrischer Energie, den Methanschluß und den Transport von Substrat sowie Gärrest.
- Es wurde gefordert, dass die im Vergleich zur Nutzung von fossilen Erdgas 75 % der Emissionen eingespart werden.
- „Negative“ CO<sub>2</sub>-Emissionen (Senke) aus der vorangegangenen, biogenen Bindung von atmosphärischen CO<sub>2</sub> kürzen sich mit CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Biomethannutzung zur CO<sub>2</sub>-Neutralität der Biomasse.
- Die berücksichtigten Transportwege setzen sich aus folgenden Teilstrecken zusammen:
  - Transport von Substraten vom Feld zur Anlage,
  - unbeladene Leerfahrt gleicher Länge,
  - Abtransport von Gärrest von der Anlage zum Feld
  - sowie einer weiteren unbeladenen Leerfahrt gleicher Länge.
- Es wurden keine THG-Emissionen aus dem Anbau bzw. der Gewinnung der Substrate den betrachteten Substraten zugerechnet, da es sich um Reststoffe aus der landwirtschaftlichen Produktion handelt und deren Entstehung nicht das Ziel der landwirtschaftlichen Aktivität sind.
- Es wurden keine Emissionen aus der Gärrestlagerung berücksichtigt, da von einer gasdichten Lagerung ausgegangen wird. Auch wurden THG-Emissionen, die bei der Ausbringung von Gärresten am Feld entstehen, vernachlässigt.

### 5.4.2 Modellierung der notwendigen Transportwege

Um ein möglichst praxisrelevantes Ergebnis im Rahmen der Potenzialerschaffung agrarischer Reststoffe zu erhalten, wurde eine innovative Vorgangsweise gewählt, die auch die geografische Verortung der Substrate berücksichtigt. Dazu wurden die Potenzialmengen auf Gemeindeebene erhoben und einem geografischen Referenzpunkt der jeweiligen Gemeinde zugeordnet (siehe Abbildung 14), welche durch die Excel-Funktion WEBDIENST automatisiert über eine API-Schnittstelle aus Google Maps ausgelesen wurden. Insgesamt wurden 573 Gemeinden betrachtet.



*Abbildung 14: Darstellung der verwendeten Referenzpunkte zur Verortung der erhobenen Substratmengen*

Für die zur Erhebung des wirtschaftlichen und ökologischen Potenzials notwendige Ermittlung der Transportwege zwischen diesen Referenzpunkten wurde über die euklidische Distanz zwischen zwei Referenzpunkten und einem Gewundenheitsfaktor durchgeführt, der den nicht-geradlinigen Verlauf von Straßen berücksichtigt. Aufgrund der ähnlichen Geografie im gesamten Bundesland Niederösterreich und der vernachlässigbaren Bedeutung natürlicher Barrieren (z.B. Hochgebirge, unüberwindbare Gewässer) wurde der Gewundenheitsfaktor über die gesamte, betrachtete Region als konstant angenommen.

### 5.4.3 Ergebnisse

Mit Ausnahme der Aufbereitungstechnologie Aminwäsche sind sämtliche in Tabelle 19 angegebenen maximal ökologisch-darstellbaren Transportdistanzen größer als der größte, notwendige Transportweg aus einer Gemeinde ohne Netzzugang in die nächstgelegene Gemeinde mit Netzzugang. Die größten maximal ökologisch-darstellbaren Transportdistanzen und damit auch die größte ökologische Effizienz konnte beim Aufbereitungsverfahren Druckwasserwäsche festgestellt werden. Die geringsten ökologisch-darstellbaren Transportdistanzen wurden für die Biogasaufbereitung durch Aminwäsche berechnet. Insbesondere der Einsatz aller pflanzlicher, agrarischer Reststoffe stellte sich bei Anwendung eines Aminwäschers als ökologisch nicht sinnvoll heraus.

Basierend auf den Ergebnissen ist für alle Wirtschaftsdünger anzunehmen, dass 100 % des technisch-verfügbaren Potenzials auch als ökologisches Potenzial gesehen werden können. Dasselbe gilt für alle pflanzlichen, agrarischen Reststoffe, sofern keine Aminwäsche eingesetzt wird. Mit dieser Ausnahme und unter der Annahme, dass unter einem realisierbaren Potenzial der Zusammenschluss von ökologischem und wirtschaftlichem Potenzial verstanden wird, stimmen schlussfolgernd das wirtschaftliche und realisierbare Potenzial überein.

Es kann damit von einem **realisierbaren Potenzial von 2,72 – 2,96 TWh pro Jahr** ausgegangen werden.

*Tabelle 19: Maximal ökologisch darstellbare Transportdistanzen nach Substrat und Aufbereitungstechnologie in km (landwirtschaftliche Reststoffe)*

Substrat	Druck-Wäsche	PSA-Adsorption	Amin-wäsche	PEG-Wäsche	Membranverfahren
Rindergülle	97	94	49	94	88
Schweinegülle	54	53	28	53	50
Geflügelmist	643	625	328	627	589
Pferdemist	103	100	53	101	95
Schafmist	218	212	111	213	199
Ziegenmist	427	415	220	417	391
Getreidestroh	564	531	<0	533	465
Maisstroh	178	168	<0	168	147
Rapsstroh	452	426	<0	428	373
Rübenblatt	103	97	<0	97	85
Zwischenfrüchte	239	225	<0	226	197

## 6 Potenzialerhebung von biogenen Reststoffen aus Kommunen und Gewerbe

### 6.1 Methode

Zur Erhebung des realisierbaren Biomethanpotenzials von biogenen Reststoffen aus Kommune und Gewerbe wurde auch ein ähnlicher Ansatz wie bei der Erhebung der landwirtschaftlichen Reststoffe gewählt, wobei hier aufgrund der schlechteren Datengrundlage etwas weniger detailliert gearbeitet musste. Insgesamt wurden im Rahmen dieser Studie die Substrate kommunaler Biomüll und Grünabfälle, Lebensmittelabfälle sowie Klärschlamm betrachtet. Die Methanausbeutefaktoren, Methankonzentrationen und Annahmen für Übernahmeerlöse der jeweiligen Substrate sind in Tabelle 20 zusammengefasst. Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass in dieser Arbeit vorwiegend Durchschnittswerte aus der Literatur herangezogen wurden. Alle betrachteten Substrate können saisonal große Unterschiede in ihrer Zusammensetzung und damit Schwankungen in ihren Eigenschaften aufweisen.

*Tabelle 20: Methanausbeutefaktoren, Methankonzentrationen und Annahmen für Übernahmeerlöse unterschiedlicher biogener Reststoffe aus Kommune und Gewerbe*

Substrat	Ausbeute [Nm <sup>3</sup> /t]	Methankonz. [Vol%]	Übernahmeerlöse [€/t <sup>3</sup> ]	Quelle
Biomüll	155	63	40	[7]
Grünabfälle	89	60	40	[7]
Küchen- und Speisereste	59,8	61	40	[42]
Lebensmittelabfälle im Restmüll, überlagerte LM	206,5	59	60	[42]
Klärschlamm <sup>4</sup>	312	60	0	[7]

In analoger Vorgehensweise zur Potenzialerhebung in Kapitel 5 wurden die substratspezifischen Methanverluste durch Methanschluß und Prozesswärmebedarf für die einzelnen Aufbereitungstechnologien berechnet (siehe Tabelle 21). Darauf aufbauend wurden die maximal wirtschaftlich- und ökologisch-darstellbaren Transportdistanzen ermittelt. Abweichend zur Vorgehensweise in Kapitel 5 wurde der Investitionsbedarf für abfallrechtliche Biomethananlagen gemäß Kapitel 4.1 erhöht und es wurde der Anfall von Gärrest in der betriebswirtschaftlichen Betrachtung und Treibhausgasbilanzierung nicht berücksichtigt, da keine direkte Substitution wie bei Wirtschaftsdünger vorliegt.

<sup>3</sup> Übernahmeerlöse wurden bilateral mit einer im Betrieb befindlichen, abfallrechtlichen Biomethan-Einspeiseanlage abgestimmt und spiegeln Richtwerte des aktuellen Marktes wider.

<sup>4</sup> Methanausbeute bezogen auf Trockensubstanz. Methankonzentration und Übernahmeerlöse beruhen auf eigenen Annahmen.

## Biomethanpotenziale in NÖ

Tabelle 21: Methanverluste in % durch Methanschluß und Prozesswärmebedarf nach Aufbereitungstechnologie und Substrat (kommunale und gewerbliche Reststoffe)

Substrat	Druckwäsche	PSA-Adsorption	Aminwäsche	PEG-Wäsche	Membranverfahren
Biomüll	1,25	1,75	7,85	3,29	2,75
Grünabfälle	1,25	1,75	8,21	3,38	2,75
Küchen- und Speisereste	1,25	1,75	8,09	3,35	2,75
Lebensmittelabfälle im Restmüll, überlagerte LM	1,25	1,75	8,34	3,41	2,75
Klärschlamm <sup>5</sup>	1,25	1,75	8,21	3,38	2,75

Da die berechneten maximalen Transportdistanzen in Tabelle 21 sehr hoch ausfallen, konnte 100 % des technischen Potenzials als realisierbares Potenzial angenommen werden. Als Datengrundlage für die anfallenden Substratmengen wurden die nachfolgenden substratspezifischen Vorgangsweisen gewählt.

### 6.1.1 Kommunaler Biomüll und Grünabfälle

Als Datengrundlage wurde die Gesamtmengen an kommunalen Biomüll (biogene Abfälle) und Grünabfälle (Grünschnitt) dem niederösterreichischen Abfallwirtschaftsplan 2020 [43] entnommen. Insgesamt fielen niederösterreichweit im Jahr 2020 222.100 t Biomüll und 242.700 t Grünschnitt an. Diese Gesamtmenge wurden nach einem anteilmäßigen Verteilungsschlüssel auf die einzelnen niederösterreichischen Gemeinden aufgeteilt, wobei die Bevölkerungszahl [44] für den Biomüll und die Fläche [45] für den Grünschnitt herangezogen.

### 6.1.2 Lebensmittelabfälle

Das theoretische Mengenpotenzial aus Lebensmittelabfällen wurde nicht im Rahmen dieser Arbeit erhoben, sondern von Lindorfer et al. [42] übernommen. Für Küchen- und Speisereste wurden 20.000 t/a und für Lebensmittelabfällen im Restmüll sowie überlagerte Lebensmittel wurden 130.000 t/a als theoretisches Mengenpotenzial angesetzt. Eine geographische Verortung dieses Substrataufkommens erfolgte nicht.

### 6.1.3 Klärschlamm

Niederösterreichweit fielen im Referenzjahr 2020 44.500 Tonnen Klärschlamm (Trockensubstanz) bei einer Abwasserzulaufkraft von 2.625.229 EW an [46]. Unter der Annahme einer gleichmäßigen Verteilung der Klärschlamm-trockensubstanzmenge nach Abwasserzulaufkraft entspricht dies etwa 17,0 kg Klärschlamm pro EW. Ausgehend von einer Gasausbeute 312 Nm<sup>3</sup> Methan pro t Klärschlamm (trocken) [7] wird ein Umrechnungsfaktor von 5,30 Nm<sup>3</sup> Methan pro EW erhalten. Zur Festlegung einer Mindestkapazität für zu berücksichtigende Kläranlagen wurde gefordert, dass 10 % der

---

<sup>5</sup> Methanausbeute bezogen auf Trockensubstanz. Methankonzentration und Übernahmeerlöse beruhen auf eigenen Annahmen.

## Biomethanpotenziale in NÖ

Outputleistung einer Biomethaneinspeiseanlage mit einer Einspeisekapazität von 500 Nm<sup>3</sup>/h durch Klärschlamm gedeckt werden können. Daraus ergibt sich eine Mindestkapazität von 70.000 EW (aufgerundet), die zur Konkretisierung des Biomethanpotenzials herangezogen wurde. Als technisches Potenzial wurden nur Klärschlammengen berücksichtigt, die in Kläranlagen anfallen, deren Kapazität die geforderte Mindestkapazität übersteigt.

### 6.2 Ergebnisse

Die maximal wirtschaftlich- und ökologisch-darstellbaren Transportdistanzen sind in den beiden folgenden Tabellen zusammengefasst. Die berechneten Transportdistanzen fallen mit Ausnahme der Aufbereitungstechnologie Aminwäsche bei Biomethanerlösen ab 5 ct/kWh besonders hoch aus, wodurch sie in diesen Fällen keine Limitierung darstellen.

*Tabelle 22: Maximal wirtschaftlich-darstellbare Transportdistanzen bei unterschiedlichen Biomethanerlösen nach Substrat für die Aufbereitungstechnologie Druckwasserwäsche in km*

Biogene Reststoffe aus Gewerbe und Kommune	Biomethanerlöse		
	2 ct/kWh	5 ct/kWh	10 ct/kWh
Biomüll	287	317	368
Grünabfälle	278	296	325
Küchen- und Speisereste	274	286	306
Lebensmittelabfälle im Restmüll, überlagerte LM	427	468	535
Klärschlamm	41	103	205

*Tabelle 23: Maximal ökologisch-darstellbare Transportdistanzen nach Substrat und Aufbereitungstechnologie in km (biogene Reststoffe aus Kommune und Gewerbe)*

Substrat	Druckwäsche	PSA-Adsorption	Aminwäsche	PEG-Wäsche	Membranverfahren
Biomüll	434	408	<100	411	358
Grünabfälle	249	234	<100	237	205
Küchen- und Speisereste	167	158	<100	159	138
Lebensmittelabfälle im Restmüll, überlagerte LM	578	544	<100	548	477
Klärschlamm	873	822	<100	828	720

## Biomethanpotenziale in NÖ

Das realisierbare Biomethanpotenzial der jeweiligen Substrate ist in Tabelle 24 dargestellt. Im Bundesland Niederösterreich überschreiten insgesamt zwölf Kläranlagen die zuvor definierte Mindestkapazität, wobei eine der Anlagen die in Kapitel 3 bereits beschriebene Biomethananlage Wiener Neustadt Süd ist.

*Tabelle 24: Realisierbares Potenzial von biogenen Reststoffen aus Gewerbe und Kommune nach Substrat und Aufbereitungsverfahren in TWh pro Jahr*

<b>Substrat</b>	<b>Druckwäsche</b>	<b>PSA-Adsorption</b>	<b>Aminwäsche</b>	<b>PEG-Wäsche</b>	<b>Membranverfahren</b>
Biomüll	0,39	0,38	0,36	0,38	0,38
Grünabfälle	0,24	0,24	0,22	0,24	0,24
Küchen- und Speisereste	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Lebensmittelabfälle im Restmüll, überlagerte LM	0,30	0,30	0,28	0,29	0,30
Klärschlamm	0,13	0,13	0,12	0,12	0,13

Das realisierbare Potenzial von biogenen Reststoffe aus Gewerbe und Kommune liegt damit bei etwa **1 bis 1,1 TWh pro Jahr**.

## 7 Identifikation potenzieller Anlagenstandorte

### 7.1 Methode

#### 7.1.1 Landwirtschaftliche Biomethananlagen

Für die Identifikation von potenziellen Anlagenstandorten zur Biomethaneinspeisung erfolgte eine Aggregation des in Kapitel 5 erhobenen, realisierbaren Biomethanpotenzial von Gemeindeebene auf Bezirksebene. Die wichtigsten, bezirksspezifischen Daten sind nachfolgend zusammengefasst.

*Tabelle 25: Bezirksspezifische Übersicht über das Biomethanpotenzial aus landwirtschaftlichen Reststoffen und die Anzahl möglicher Anlagen in Norm-Größe (500 m<sup>3</sup>/h)*

GP... Gesamtpotenzial,

IL.... Installierte Methan-Leistung in % des GP,

NP... nutzbares Potenzial in % des GP,

Substratpot.... Substratpotenzial in t/a

Bezirk	GP [GWh / a]	Mögl. Anlagen	IL [% des GP]	NP [% des GP]	Substratpot [t/a]
Amstetten (inkl. WY)	353	8	1,50%	9,13%	276 000
Baden	72	2	0,00%	1,86%	56 000
Bruck an der Leitha	113	2	4,40%	2,92%	88 000
Gänserndorf	214	5	5,70%	5,54%	167 000
Gmünd	90	2	0,00%	2,33%	70 000
Hollabrunn	163	4	19,00%	4,22%	127 000
Horn	140	3	17,00%	3,62%	109 000
Korneuburg	106	2	19,10%	2,74%	83 000
Krems (inkl. KS)	85	2	0,00%	2,20%	66 000
Lilienfeld	59	1	0,00%	1,53%	46 000
Melk	206	5	6,50%	5,33%	161 000
Mistelbach	242	5	0,00%	6,26%	189 000
Mödling	22	0	0,00%	0,57%	17 000
Neunkirchen	98	2	0,00%	2,54%	77 000
Sankt Pölten Land (inkl. P)	219	5	4,40%	5,67%	171 000
Scheibbs	186	4	0,00%	4,81%	145 000
Tulln	93	2	12,30%	2,41%	73 000
Waidhofen/Thaya	134	3	10,90%	3,47%	105 000
Wr. Neustadt Bez. (inkl. WN)	135	3	7,10%	3,49%	105 000
Zwettl	217	5	4,30%	5,61%	169 000

## Biomethanpotenziale in NÖ

Das größte Gesamtpotenzial wurde in den Bezirken Amstetten, Mistelbach, Sankt Pölten, Zwettl und Gänserndorf identifiziert. Die höchsten flächenspezifischen Potenzialdichten liegen in den Bezirken Amstetten, Melk, Waidhofen an der Thaya, Mistelbach und Scheibbs vor. Bei voller Ausschöpfung des realisierbaren Potenzials durch landwirtschaftliche Reststoffe könnten insgesamt ca. 65 Biomethan-Einspeiseanlagen mit der Referenz-Einspeiseleistung von 500 Nm<sup>3</sup>/h betrieben werden. Zur Realisierung von Projekten wird aufgrund der Dimension der Anlagen die Zusammenarbeit mehrerer landwirtschaftlicher Betriebe notwendig sein. Sofern dies gegeben ist, kann in Kooperation mit dem Netzbetreiber und unter Auswertung von Grundstücksdaten die konkrete Ausarbeitung von Anlagenstandorten erfolgen.

Die Umrüstung bestehender Anlagen liefert langfristig nur einen geringen Beitrag zur Realisierung dieses Potenzials, da die Bestandsanlagen in ihrer Anzahl und ihrer Kapazität zu gering bzw. zu niedrig sind. Die höchsten Werte zeigen die Bezirke Korneuburg und Hollabrunn, in denen auch nur etwa 19 % des maximalen Biomethanpotenzials abgedeckt werden können. Eine Erweiterung der Kapazität von Bestandsanlagen könnte sich aber in Einzelfällen selbstverständlich als sinnvoll erweisen.

Die Verortung der potenziellen landwirtschaftlichen Anlagen nach Bezirk ist in Abbildung 15 dargestellt. Das Potenzial der Statutarstädte wurde den sie umgebenden Bezirken zugeordnet.

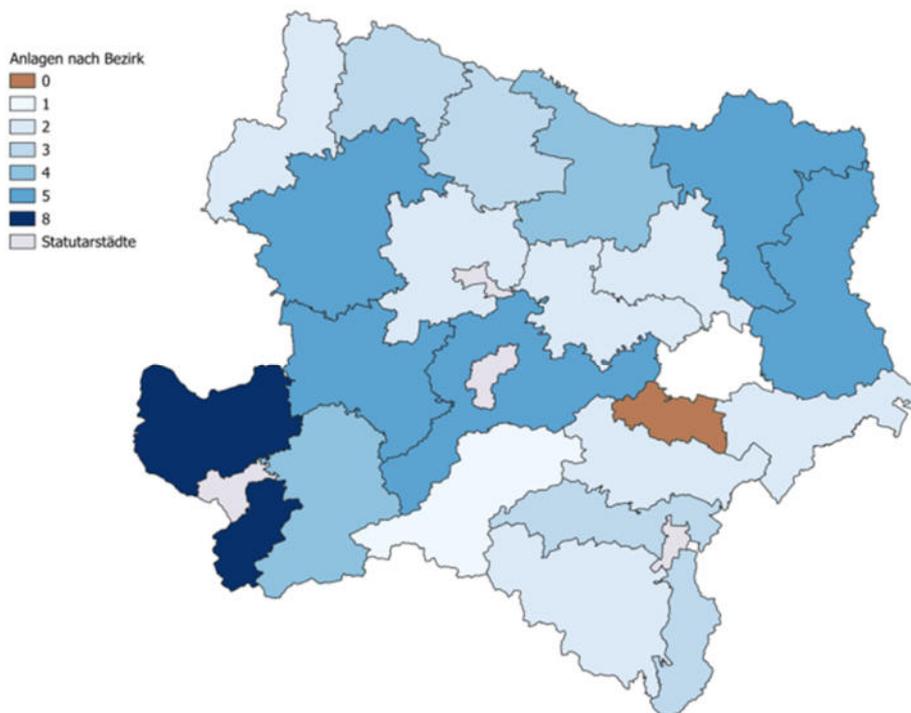


Abbildung 15 Anlagenstandorte nach Bezirk für Anlagen mit einer Outputkapazität von 500 Nm<sup>3</sup>/h bei 8000 Betriebsstunden pro Jahr

### 7.1.2 Misch-Anlagen bis 100 000 Tonnen pro Jahr

Eine weitere Möglichkeit stellt die Errichtung von größeren Anlagen bis zu 100 000 t/a (ungefähr 1400Nm<sup>3</sup>/h) dar, um eine noch höhere Wirtschaftlichkeit zu erzielen. Es muss dabei aber berücksichtigt werden, dass eine derartig gute Substratverfügbarkeit nur an ausgewählten Standorten möglich sein wird. Weiters kommt einschränkend hinzu, dass bei einer Vermeidung von einem großen UVP-Verfahren keine gefährlichen Abfälle eingesetzt werden dürfen und eine Mischung unterschiedlichster Substrate (z.B. gewerbliche und kommunale Reststoffen, NAWAROs, Treber, etc.) zu technologischen Herausforderungen führen kann. Hierbei ist eine Betrachtung über Bezirksgrenzen sinnvoll, um Anlagen mit größeren Kapazitäten errichten zu können, die auch ausgelastet werden könnten. Auch die Zugabe von die nicht als abfallrechtliche Reststoffe behandelt werden (Grünschnitt, Treber), wäre eine Möglichkeit, um die Anlagenzahl und die Investitionskosten zu verringern.

Für derartige Anlagen wurden hier Größen zwischen 40 000 - 100 000 t/a angenommen, wobei als mittlere Anlagengröße zur weiteren Berechnung 70 000 t/a (ca. 1 000 Nm<sup>3</sup>/h) verwendet wurde. Die angenommenen Investitionskosten zur weiteren Berechnung lagen bei 13,5 Mio. € pro Anlage mit einer Outputleistung von 1 000 Nm<sup>3</sup>/h angenommen.

### 7.1.3 Abfallrechtliche Biomethananlagen

Die errechneten maximal wirtschaftlich- und ökologisch-darstellbaren Transportdistanzen liegen weitaus höher, als jene für landwirtschaftliche Biomethananlagen und stellen damit keine regionale Einschränkung dar. Eine Konkretisierung von Rohstoff-Hotspots erfolgte nicht, da die meisten Rohstoffe niederösterreichweit transportiert werden können. Insgesamt könnten mit dem erhobenen Potenzial rund 26 abfallrechtliche Anlagen<sup>6</sup> betrieben werden.

Als potenzielle Anlagenstandorte für Einspeisung von Biomethan aus Klärschlamm können Kläranlagen betrachtet werden. Zur wirtschaftlichen Realisierung von Biomethan-Einspeiseprojekten wird jedenfalls zusätzliches Substrat zur Co-Fermentation mit dem anfallenden Klärschlamm benötigt werden. Vorteilhaft für Biomethan-Einspeiseanlagen auf dem Standort einer Kläranlage ist jedenfalls, dass ein bereits industriell bzw. gewerblich genutztes Grundstück vorliegt und daher Problemstellungen wie z.B. Geruchsbelästigung von Anrainern keine Rolle spielen (sofern der Platzbedarf einer Anlage gedeckt werden kann und ein Anschluss an das Gasnetz möglich ist).

---

<sup>6</sup> Anlagen mit einer Referenz-Einspeiseleistung von 500 Nm<sup>3</sup>/h und bei 8 000 Betriebsstunden im Jahr

## 7.2 Ergebnisse - Anlagenanzahl und Investitionskosten

Die Anlagenanzahl und Investitionskosten bei der Verwendung von 500 Nm<sup>3</sup>/h und 8 000 Betriebsstunden pro Jahr als Referenzanlage sind in Tabelle 26 angeführt. Es wurde ein Investitionsvolumen von 8 Mio. € pro Anlage sowie ein Zusatzaufwand von 750 000 € für abfallrechtliche Anlagen angenommen. Diese Annahme dient nur zur Bestimmung der ungefähren Gesamtinvestitionskosten, da eine verbindliche Kosteneinschätzung bei momentaner Inflation nur schwer möglich ist. Außerdem könnte eine sprunghaft ansteigende Nachfrage zu Preiserhöhungen führen.

*Tabelle 26: Anlagenanzahl und Investitionskosten zur Abdeckung des gesamten Potentials nach Kategorie*

Kategorie	Anlagen	Investition [Mio. €]	Nutzung des Gesamtpotenz.
Landwirtschaftlich	65	520,00	71,4%
Kommunal	17	148,75	18,7%
Gewerblich	9	78,75	9,9%
<b>Gesamt</b>	<b>91</b>	<b>747,50</b>	<b>100%</b>

Durch bevorzugte Errichtung von größeren NAWARO-Anlagen bis zu 100 000 t/a können sowohl die Anlagenanzahl als auch die Investitionskosten deutlich verringert werden. Dabei wurde von der Verarbeitung von 70 000 t/a und Investitionskosten von 13,5 Mio.€ pro Anlage mit einer Outputleistung von 1 000 Nm<sup>3</sup>/h ausgegangen (siehe 7.1.2.) Es wurde angenommen, dass die landwirtschaftlichen Potentiale komplett und die gewerblichen und kommunalen Abfälle, die nicht unter das Abfallrecht fallen, jeweils zur Hälfte in größeren gemischten NAWARO-Anlagen verarbeitet werden. Für die verbleibenden Potentiale wird von abfallrechtlichen Anlagen mit einer Größe von 500 m<sup>3</sup>/h ausgegangen.

*Tabelle 27: Anlagenanzahl und Investitionskosten für gemischte Anlagengrößen bis 100 000 t/a*

Kategorie	Anlagen	Investition [Mio. €]	Nutzung des Gesamtpotenz.
Gemischt 1000 Nm <sup>3</sup> /h	39	526,50	85,7%
Kommunal 500 Nm <sup>3</sup> /h	9	78,75	9,9%
Gewerblich 500 Nm <sup>3</sup> /h	4	35,00	4,4%
<b>Gesamt</b>	<b>52</b>	<b>640,25</b>	<b>100%</b>

## Biomethanpotenziale in NÖ

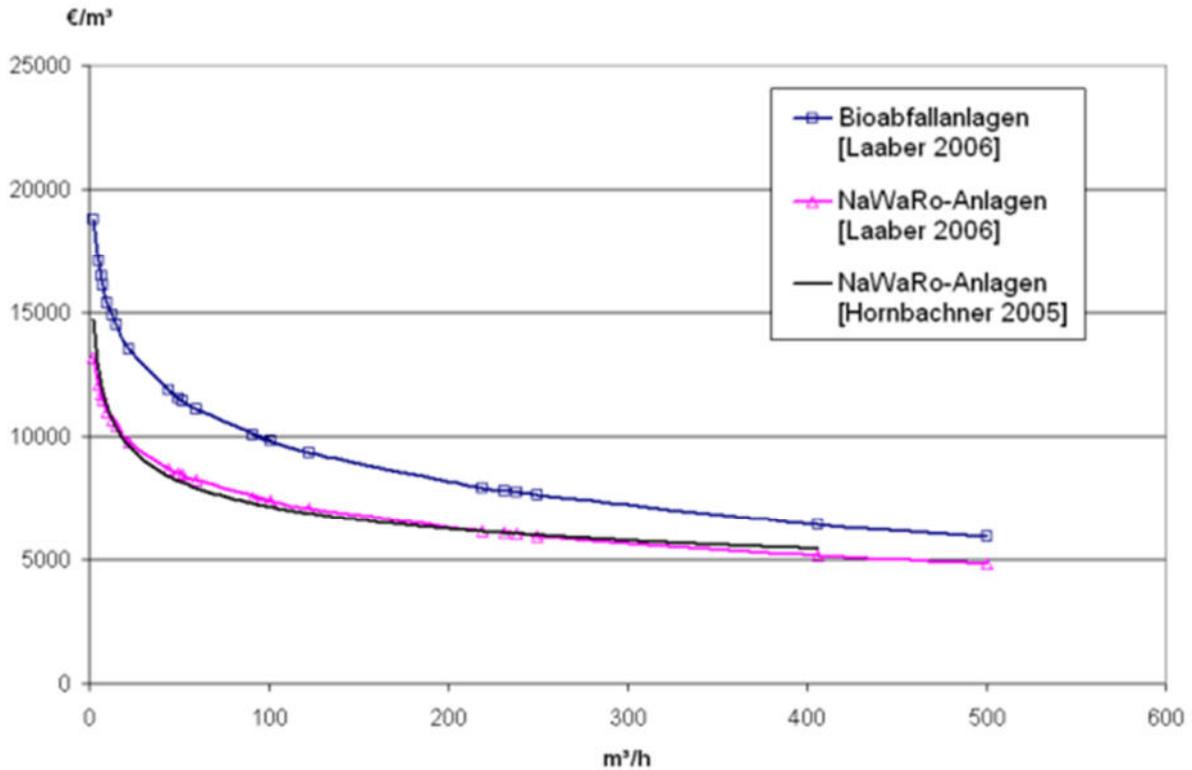


Abbildung 16 Spezifische Investitionskosten der Biogasvergärung ohne BHKW und Gas-Aufbereitung in €/Nm<sup>3</sup> abhängig von der Anlagen-größe (m<sup>3</sup>/h)

Abbildung 16 zeigt anhand der Werte einer Studie aus 2006 [47] prinzipiell die spezifische Investitionskostendegression für Biogasanlagen ohne Gas-Aufbereitung. Auch wenn zwischenzeitlich Preissteigerungen vorliegen, so ist doch mit einem prinzipiell ähnlichen Verlauf auch heute zu rechnen.

## 8 Ergebnisdiskussion und Vergleich mit Literatur

### 8.1 Zusammenfassung der Potenzialerhebung

Tabelle 28 zeigt das realisierbare Biomethanpotenzial, welches im Rahmen dieser Arbeit erhoben wurde und die Bedeutung dieses Potenzials für die niederösterreichische Grün-Gas-Quote bei voller Ausschöpfung der Potenziale. Insgesamt liegt das erhobene Biomethanpotenzial zwischen 3,71 und 4,02 GWh. Etwa 73 % des erhobenen Potenzials stammt aus der Landwirtschaft, die weiteren 27 % stammen aus biogenen Reststoffen aus Kommune und Gewerbe.

Tabelle 28: Zusammenfassung des realisierbaren Potenzials nach Substratkategorien<sup>7</sup>

Substratkategorie	Realis. Potenzial [TWh / a]	Potenz. Beitrag zur Grün-Gas-Quote NÖ	Substratmengen [t/a]
Pflanzl. agrar. Reststoffe	1,38 - 1,51	10,4 - 11,4 %	1 171 000
Wirtschaftsdünger	1,34 - 1,44	10,1 - 10,9 %	1 129 000
Kommunaler Biomüll	0,34 - 0,37	2,6-2,8 %	222 100
Grünschnitt	0,24 - 0,26	1,8 -2,0 %	242 700
Lebensmittelabfälle	0,29 - 0,31	2,2 - 2,3 %	150 000
Klärschlamm	0,12 - 0,13	0,9 - 1,0 %	44 500
<b>Summe</b>	<b>3,71 - 4,02</b>	<b>28,0 - 30,3 %</b>	<b>2 959 300</b>

### 8.2 Vergleich mit bisherigen Potenzialstudien

Österreichweit gibt es eine Vielzahl von aktuellen Potenzial- und Szenarioanalysen zum nationalen Energiesektor und dessen Transformation zu einem nachhaltigen Energiesystem. In den meisten Studien wird jedoch nicht konkret oder nicht detailliert auf die Einspeisung von Biomethan in das Gasnetz eingegangen. Tabelle 29 zeigt eine Übersicht der aktuellen und relevanten Studien zur gegenständlichen Thematik ( [42] [32] [48]) und die vergleichende Einordnung der vorliegenden Arbeit.

---

<sup>7</sup> Das ökologische Potenzial beim Einsatz von Aminwäsche als Aufbereitungstechnologie wurde bei allen Substraten außer Wirtschaftsdünger gleich null berechnet. In dieser Zusammenfassung wurde dies jedoch nicht berücksichtigt, da die Realisierbarkeit von Aminwäscher-Anlagen im Einzelfall möglich sein kann.

## Biomethanpotenziale in NÖ

Eine relevante Studie außerhalb Österreichs stammt von Erler et al. [30] aus 2013, welche in ihrer Arbeit besonders auf die Wirtschaftlichkeit und Realisierbarkeit des Einsatzes bestimmter Substrate in Deutschland eingehen. Dabei werden unter Anderem durchschnittliche, maximale Transportradien definiert und daraus substratspezifische „Abschlagsfaktoren“ zur Konkretisierung des theoretischen Potenzials herangezogen. Die grundsätzliche Vorgehensweise wurde im Rahmen dieses Projektes von Erler et al. übernommen und mit eigenen Arbeiten und Überlegungen überarbeitet bzw. spezifiziert. Eine direkte Abstraktion, der von Erler et al. publizierten Abschlagsfaktoren wurde von Baumann et al. [48] vorgenommen. Dies wurde im Vorfeld der Durchführung dieser Arbeit als eventuell nicht zielführend eingeschätzt, da Erler et al. sehr spezifisch auf den deutschen Markt eingeht (z.B. hinsichtlich Energieerlösen und Substratpreisen).

Erwähnenswert ist darüber hinaus, dass von den Studien mit nationaler Betrachtung nur Stürmer [32] auf die regionale Verteilung des Substrates eingeht, wobei die Transportwege für einige Substrate als besonders kritisch hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit angesehen werden. Auch für die ökologische Nachhaltigkeit können Transportwege von großer Bedeutung sein. Neben der Methode der maximalen Transportdistanzen von Erler et al. [30], wurde auch schon Ansätze basierend auf mathematischer Optimierung zur Berücksichtigung der regionalen Substratverteilung angewandt. [49] [50] Aufgrund der großen Anzahl an Variablen und aufgrund mangelnder Daten (z.B. konkrete Einspeisepunkte) wurde dieser Ansatz in dieser Arbeit jedoch nicht verfolgt.

Tabelle 30 stellt Angaben für das Biomethanpotenzial für Niederösterreich und einzelne Substrate aus den Studien von Lindorfer et al. [42] und Stürmer [32] den jeweiligen Ergebnissen dieser Arbeit gegenüber.

## Biomethanpotenziale in NÖ

*Tabelle 29: Vergleich zwischen relevanten Studien zur Thematik und Einordnung der vorliegenden Arbeit*

<b>Quelle</b>	<b>Lindorfer et al. [42]</b>	<b>Stürmer [32]</b>	<b>Baumann et al. [48]</b>	<b>Vorliegende Arbeit</b>
<b>Jahr</b>	<b>2017</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2023</b>
Umfang	Biomethan Power2Gas	Biogas Biomethan	Biomethan Holzgas Wasserstoff	Biomethan
Betrachtete Substratquellen	Landwirtschaft Industrie Kommune Kläranlagen	Landwirtschaft	Landwirtschaft Industrie Kommune Kläranlagen	Landwirtschaft Industrie Kommune Kläranlagen
Bundeslandspezifische Darstellung	Ja	Ja	Nein	Nur Niederösterreich
Zeitliche Entwicklung des Potenzials	Ja	Nein	Nein	Nein
Berücksichtigung der geographischen Verteilung	Nein	Ja	Nein	Ja
Potenzialklassifizierungen	theoretisch	theoretisch technisch realisierbar	theoretisch technisch realisierbar	theoretisch technisch wirtschaftlich ökologisch realisierbar

## Biomethanpotenziale in NÖ

Beim Vergleich der Ergebnisse aus der vorliegenden Arbeit mit bisherigen Potenzialstudien zeigt sich, dass die jeweiligen Potenziale insgesamt ähnlich, aber nicht übereinstimmend bewertet wurden. Im Vergleich zu Stürmer wurde das realisierbare Potenzial aus landwirtschaftlichen Reststoffen um etwa 25 % niedriger eingestuft. Die größte Abweichung ergab sich im Vergleich zu Lindorfer et al. bei der Erhebung des theoretischen Potenzials aus pflanzlichen agrarischen Reststoffe. Bei der Gegenüberstellung der Ergebnisse mit Eler et al. fällt insbesondere die unterschiedliche Bewertung des Anteils des technischen Potenzials am theoretischen Potenzial bzw. des Anteils des realisierbaren Potenzials am technischen Potenzial für die Substrate Raps- und Getreidestroh, Rübenblatt und Wirtschaftsdünger auf. In der Gesamtbetrachtung, also als Anteil des realisierbaren Potenzials am theoretischen Potenzial, werden wiederum ähnliche Werte erhalten. Einzig bei der Gegenüberstellung des Biomethanpotenzials aus Rübenblatt ergibt sich eine stark abweichende Einschätzung, wobei dieses nur einen geringen Einfluss auf das Gesamtpotenzial hat.

Aus dem Vergleich der Ergebnisse dieser Arbeit mit bisherigen Potenzialstudien lässt sich daher ableiten, dass die vorgestellte Methodik zur Potenzialerhebung gut geeignet erscheint. Gleichzeitig können dabei noch zusätzliche Informationen über die regionale Verteilung des Potenzials und über den Einfluss des Biomethanerlöses auf die Wirtschaftlichkeit gewonnen werden, was zur praktischen Umsetzung des realisierbaren Potenzials als besonders wertvoll betrachtet werden kann.

*Tabelle 30: Gegenüberstellung des Biomethanpotenzials für Niederösterreich und einzelne Substrate mit vorangegangenen Potenzialstudien*

<b>Quelle</b>	<b>Potenzial- typ</b>	<b>Substrate</b>	<b>Potenzial [TWh/a]</b>	<b>Vorl. Arbeit [TWh/a]</b>
Lindorfer et al. [42]	theoretisch	Pflanzliche, agrarische Reststoffe	1,9	5,0
Lindorfer et al. [42]	theoretisch	Wirtschaftsdünger	1,6	1,8
Lindorfer et al. [42]	theoretisch	Klärschlamm	0,2	0,16
Stürmer [32]	realisierbar	Agrarische Reststoffe und Wirtschaftsdünger	3,8	2,72 - 2,95

### 8.3 Ausblick und Handlungsempfehlungen

Zur Umsetzung des erhobenen Biomethanpotenzials ist jedenfalls eine bessere Kenntnis der vorhandenen Infrastruktur notwendig. Eine Analyse des Gasnetzes zur Identifikation von technisch-realizierbaren Einspeisepunkten bzw. von zugänglichen Abschnitten ist unerlässlich. Darauf aufbauend und unter Berücksichtigung der regionalen Verteilung der Substrate können Satellitendaten und Grundstückskataster untersucht werden, um geeignete Anlagenstandorte zu identifizieren. Eine weitere wichtige Information (z.B. für politische Entscheidungsträger oder Netzbetreiber) ist eine Abschätzung des zeitlichen Rahmens, der für die Umsetzung des erhobenen Potenzials notwendig sein wird.

Bei der Realisierung von landwirtschaftlichen Biomethananlagen wird aufgrund der Anlagengröße die Zusammenarbeit mehrerer landwirtschaftlicher Betriebe notwendig sein. Für die Bildung derartiger Kooperationen (z.B. als Genossenschaft) müssen Anreize oder auch gesetzliche Verbindlichkeiten geschaffen werden (z.B. eine Nachweispflicht für Wirtschaftsdünger hinsichtlich anfallender Mengen und Qualität bzw. Stallsystem). Darüber hinaus muss LandwirtInnen kommuniziert werden, dass der Gärrückstand aus der anaeroben Vergärung anstelle des unvergorenen Wirtschaftsdünger von den LandwirtInnen ausgebracht werden kann. Für die LandwirtInnen bedeutet das einen zusätzlichen Aufwand, da diese unter Umständen größere Fahrwege zur Düngung ihrer Felder zurücklegen müssen. Eine Förderung könnte dazu die notwendige Motivation bieten und sich als sinnvoll erweisen, da durch die anaerobe Vergärung und Verwendung des Biogases Methanemissionen am Feld eingespart werden.

Für abfallrechtliche Biomethananlagen erscheint jedenfalls das Anheben der UVP-Grenze (maximale Verarbeitungskapazität der Anlage) als sinnvoll. Dies könnte auch kurzfristig zu einer Ausweitung bestehender Anlagen führen, die teilweise über größere Produktionskapazitäten verfügen würden. Darüber hinaus würde eine zentralisierte und substratspezifische Auswertung von EDM-Daten (oder eine anderweitige Einführung einer Nachweispflicht) die Erhebung von relevanten Bioressourcen und die Ausarbeitung von konkreten Nutzungspfaden erleichtern bzw. überhaupt erst ermöglichen. Auch eine vertiefende Analyse von Konkurrenznutzungen, bei der die Auswirkungen einer verstärkten Nutzung der vorhandenen Bioressourcen zur Biomethanherzeugung auf konkurrierende Branche erfasst wird, scheint sinnvoll. Darauf aufbauend könnten Konzepte und Strategien für effizienter Wertschöpfungsketten erarbeitet werden (z.B. Vergärung von Reststoffen wird der Rottung in der (Abfall-)Hierarchie übergeordnet).

Weiters wird darauf hingewiesen, dass von allen untersuchten Aufbereitungstechnologien die Aminwäsche die schlechteste, betriebswirtschaftliche und ökologische Eignung aufweist und daher bei deren vorgesehener praktischer Umsetzung der aktuelle Stand des vorgesehenen Verfahrens geprüft werden sollte.

### 8.4 Unsicherheiten und Aussagekraft

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine systemische Untersuchung, die keinen Anspruch stellt, im Einzelfall exakte Ergebnisse zu liefern. Viel mehr war eine ganzheitliche Abschätzung der Biomethanpotenziale die Zielsetzung, um für die praktische Umsetzung von Projekten eine Datenbasis zu bieten. Bei der Interpretation der Ergebnisse dieser Arbeit müssen daher stets die getroffenen Annahmen und Vereinfachungen berücksichtigt werden. Nachfolgende Auflistung bietet eine Übersicht über mögliche Unsicherheiten und Fehlerquellen, die Abweichungen des erhobenen Biomethanpotenzial vom realen Substratangebots verursachen könnten.

- Die verwendeten Methanausbeutefaktoren und Methankonzentrationen im Rohgas sind Richtwerte und können vom realen Anlagenbetrieb abweichen (z.B. aufgrund von abweichenden Verweilzeiten im Fermenter). Auch der Einfluss der Co-Fermentation von Substraten wurde nicht berücksichtigt. Auch der Einfluss saisonaler Effekte auf Substrate wurden nicht miteinbezogen.
- Bei der Erhebung von Investitions- und Betriebskosten von Biomethananlagen aus der Literatur wurden mehrere, vereinfachende Annahmen getroffen. Darüber hinaus spiegeln die erhobenen Kostensätze ggf. nicht die aktuelle Lage am Markt dar, da aktuell ein hohes Interesse an der Technologie besteht.
- Die verwendeten Substratpreise und Übernahmeerlöse wurden als konstant angenommen, während sie in der Realität abhängig von der aktuellen Marktsituation Schwankungen unterliegen.
- Die Modellierung von Transportwegen erfolgte nur systematisch und die dabei getroffenen Abschätzungen sind nicht exakt. Außerdem wurde sämtliches Substratpotenzial einer Gemeinde einem automatisch ausgelesenen Referenzpunkt zugeordnet, während in der Realität eine flächige Verteilung des Substrates in der Gemeinde vorliegt.
- Die Datengrundlage zur Erhebung der verfügbaren Substratmengen beruht auf mehreren und teilweise sehr unterschiedlichen Quellen, die mitunter aus unterschiedlichen Referenzjahren stammen und nur Momentaufnahmen der realen Situation darstellen.
- Bei der Berücksichtigung der Nutzung von Getreidestroh als Einstreu in der Viehhaltung wurde etwa die Hälfte des niederösterreichischen Einstreubedarfs erfasst, da nur der Einstreubedarf innerhalb einer Gemeinde berücksichtigt wurde.

Bei der Erhebung von Wirtschaftsdünger wurden Annahmen zum Entmistungssystem nach Vieh-Art getroffen, da es keine Aufzeichnungen über den Einsatz der verschiedenen Entmistungssysteme in Niederösterreich gibt.

## 9 Anhang

### 9.1 Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
API	Application Programming Interfaces (Schnittstelle)
CO <sub>2</sub> -eq	Kohlenstoffdioxidäquivalente
ct	Cent
d	Tag
DWW	Druckwasserwäsche
EAG	Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz
EGG	Erneuerbaren-Gase-Gesetz
el	elektrisch
EU	Europäische Union
FM	Feuchtmasse
h	Stunde
LCA	Life Cycle Assessment
Memb	Membrantrennverfahren
Nm <sup>3</sup>	Normkubikmeter
ÖGPI	Österreichischer Gaspreisindex
OSBL	outside battery limits
oTS	organische Trockensubstanz
PEG	Polyethylenglykol
PLZ	Postleitzahl
ppm	Parts per Million
PSA	Druckwechseladsorption (pressure swing adsorption)
RED	Erneuerbaren-Energie-Richtlinie
ROI	Return on Investment
THG	Treibhausgas
tkm	Tonnenkilometer
TS	Trockensubstanz
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
Vol%	Volumenprozent

## 9.2 Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Einsatz der verschiedenen Aufbereitungstechnologien in Österreich [8] .....</i>	<i>9</i>
<i>Abbildung 2: Zeitliche Entwicklung der Anzahl registrierter Anlagen (gelb, Säulendiagramm) und der eingespeisten Biomethanmenge (schwarz, durchgezogene Linie) in Österreich (Zeitraum 2011 – 2022) [4].....</i>	<i>12</i>
<i>Abbildung 3: Übersicht über niederösterreichische Gemeinden ohne (hell) und mit (dunkel) Gasnetzzugang.....</i>	<i>14</i>
<i>Abbildung 4: Zeitliche Entwicklung des energetischen Endverbrauchs von Erdgas in Niederösterreich (2011 – 2021) [14] .....</i>	<i>15</i>
<i>Abbildung 5: Entwicklung der Grün-Gas-Quote gemäß [18] (blau, durchgezogene Linie) und Abschätzung der aktuellen Grün-Gas-Quote in Niederösterreich (rot, strichliert) (basierend auf Daten aus [4] und [14]).....</i>	<i>16</i>
<i>Abbildung 6: Entwicklung des österreichischen Gaspreisindex (Basisjahr: 2015) in den Jahren 2019-2023 (basierend auf [24]) .....</i>	<i>20</i>
<i>Abbildung 7: Visualisierung der angewendeten Top-Down-Erfassungssystematik zur Erhebung des realisierbaren Potenzials aus agrarischen Reststoffen .....</i>	<i>22</i>
<i>Abbildung 8: Geographische Verteilung des theoretischen Biomethanpotenzials in GWh (Klassifizierung in vier Quantile).....</i>	<i>26</i>
<i>Abbildung 9: Geographische Verteilung des technisch-verfügbaren Biomethanpotenzials in GWh für die Aufbereitungstechnologie Druckwasserwäsche (Klassifizierung in vier Quantile).....</i>	<i>29</i>
<i>Abbildung 10: Vorgangsweise zur Erhebung des wirtschaftlichen Potenzials aus dem technisch-verfügbaren Potenzial.....</i>	<i>30</i>
<i>Abbildung 11: Wirtschaftliches Biomethanpotenzial in Abhängigkeit vom Biomethanerlös bei unterschiedlichen Aufbereitungstechnologien.....</i>	<i>32</i>
<i>Abbildung 12: Anteil des wirtschaftliches Biomethanpotenzial am technisch-verfügbaren Potenzial in Abhängigkeit vom Biomethanerlös bei unterschiedlichen Aufbereitungstechnologien .....</i>	<i>32</i>
<i>Abbildung 13: Geographische Verteilung des wirtschaftlichen Biomethanpotenzials bei einem Biomethanerlös von 5 ct/kWh in GWh pro Gemeinde und Jahr für die Aufbereitungstechnologie Druckwasserwäsche (Klassifizierung in vier Quantile) .....</i>	<i>33</i>
<i>Abbildung 14: Darstellung der verwendeten Referenzpunkte zur Verortung der erhobenen Substratmengen .....</i>	<i>35</i>
<i>Abbildung 15 Anlagenstandorte nach Bezirk für Anlagen mit einer <math>\varnothing</math> utputkapazität von 500Nm<sup>3</sup>/h bei 8000 Betriebsstunden pro Jahr .....</i>	<i>42</i>
<i>Abbildung 16 Spezifische Investitionskosten der Biogasvergärung ohne BHKW und Gas-Aufbereitung in €/Nm<sup>3</sup> abhängig von der Anlagen-größe (m<sup>3</sup>/h) .....</i>	<i>45</i>

### 9.3 Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Zusammensetzung von Rohbiogas [5] .....</i>	<i>7</i>
<i>Tabelle 2: Auswahl verschiedener Einflussfaktoren auf die Methanausbeute und Gaszusammensetzung [5] [6] [7] .....</i>	<i>8</i>
<i>Tabelle 3: Verwendete Prozessdaten zur Betrachtung unterschiedlicher Aufbereitungstechnologien (basierend auf [5]).....</i>	<i>9</i>
<i>Tabelle 4: Biogasanlagen in Niederösterreich mit einer Mindesteinspeiseleistung von 2.9 GWh<sub>el</sub> im Jahr 2022 [11] .....</i>	<i>13</i>
<i>Tabelle 5: Investitionsbedarf für landwirtschaftliche Biomethan-Einspeiseanlagen mit einer <math>\varnothing</math> utputkapazität von 500 Nm<sup>3</sup>/h Biomethan bei unterschiedlichen Gasreinigungstechnologien (inflationsbereinigt nach [20]) .....</i>	<i>18</i>
<i>Tabelle 6: Betriebskosten für landwirtschaftliche Biomethan-Einspeiseanlagen mit einer <math>\varnothing</math> utputkapazität von 500 Nm<sup>3</sup>/h Biomethan bei unterschiedlichen Gasreinigungstechnologien (inflationsbereinigt nach [20]) .....</i>	<i>19</i>
<i>Tabelle 7: Preise für den Ankauf von Substraten [22] [23] .....</i>	<i>19</i>
<i>Tabelle 8: Berechnete Fugatfaktoren und Gegenüberstellung mit Literaturwerten .....</i>	<i>21</i>
<i>Tabelle 9: Betrachtete pflanzliche, agrarische Reststoffe und Darstellung der flächenspezifischen Erträge (übernommen von Stürmer [32]).....</i>	<i>23</i>
<i>Tabelle 10: Prozess- und Stoffdaten zur Berechnung des theoretischen Potenzials aus pflanzlichen, agrarischen Reststoffe [6] [32] .....</i>	<i>23</i>
<i>Tabelle 11: Spezifische Wirtschaftsdüngeranfallsmengen in m<sup>3</sup> pro Stallplatz nach Viehart [27] .....</i>	<i>24</i>
<i>Tabelle 12: Prozess- und Stoffdaten zur Berechnung des theoretischen Potenzials aus Wirtschaftsdünger [6] [32].....</i>	<i>25</i>
<i>Tabelle 13: Zusammensetzung des theoretischen Biomethan-Potenzials in TWh pro Jahr .....</i>	<i>25</i>
<i>Tabelle 14: Einstreubedarf unterschiedlicher Vieharten [35] .....</i>	<i>27</i>
<i>Tabelle 15: Methanverluste in % durch Methanschluß und Prozesswärmebedarf nach den Aufbereitungstechnologien.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabelle 16: Technisch-Verfügbares Biomethanpotenzial nach Substraten und Aufbereitungstechnologie in TWh pro Jahr .....</i>	<i>29</i>
<i>Tabelle 17: Maximal wirtschaftlich-darstellbare Transportdistanzen bei unterschiedlichen Biomethanerlösen und nach Substrat für die Aufbereitungstechnologie Druckwasserwäsche in km (landwirtschaftliche Reststoffe).....</i>	<i>31</i>
<i>Tabelle 16: Wirtschaftliches Biomethanpotenzial bei einem Biomethanerlös von 5 ct/kWh bei verschiedenen Aufbereitungstechnologien und nach Substrat in TWh pro Jahr.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabelle 19: Maximal ökologisch-darstellbare Transportdistanzen nach Substrat und Aufbereitungstechnologie in km (landwirtschaftliche Reststoffe).....</i>	<i>36</i>

## Biomethanpotenziale in NÖ

<i>Tabelle 20: Methanausbeutefaktoren, Methankonzentrationen und Annahmen für Übernahmeerlöse unterschiedlicher biogener Reststoffe aus Kommune und Gewerbe.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabelle 21: Methanverluste in % durch Methanschluß und Prozesswärmebedarf nach Aufbereitungstechnologie und Substrat (kommunale und gewerbliche Reststoffe)</i>	<i>38</i>
<i>Tabelle 22: Maximal wirtschaftlich-darstellbare Transportdistanzen bei unterschiedlichen Biomethanerlösen nach Substrat für die Aufbereitungstechnologie Druckwasserwäsche in km.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabelle 23: Maximal ökologisch-darstellbare Transportdistanzen nach Substrat und Aufbereitungstechnologie in km (biogene Reststoffe aus Kommune und Gewerbe) .....</i>	<i>39</i>
<i>Tabelle 24: Realisierbares Potenzial von biogenen Reststoffen aus Gewerbe und Kommune nach Substrat und Aufbereitungsverfahren in TWh pro Jahr .....</i>	<i>40</i>
<i>Tabelle 25: Bezirksspezifische Übersicht über das Biomethanpotenzial aus landwirtschaftlichen Reststoffen und die Anzahl möglicher Anlagen in Norm-Größe (500 m<sup>3</sup>/h) .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabelle 26: Anlagenanzahl und Investitionskosten zur Abdeckung des gesamten Potentials nach Kategorie .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabelle 27: Anlagenanzahl und Investitionskosten für gemischte Anlagengrößen bis 100 000 t/a .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabelle 28: Zusammenfassung des realisierbaren Potentials nach Substratkategorien.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabelle 29: Vergleich zwischen relevanten Studien zur Thematik und Einordnung der vorliegenden Arbeit.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabelle 30: Gegenüberstellung des Biomethanpotenzials für Niederösterreich und einzelne Substrate mit vorangegangenen Potenzialstudien.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabelle 31: Identifizierte Kläranlagen über der festgelegten Mindestkapazität (basierend auf Daten aus [46]) .....</i>	<i>60</i>
<i>Tabelle 32: Gegenüberstellung der Anteile des technischen Potentials am theoretischen Potenzial mit der Literatur nach Substrat.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabelle 33: Gegenüberstellung der Anteile des realisierbaren Potentials am technischen Potenzial mit der Literatur nach Substrat.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabelle 34: Wirtschaftliches Biomethanpotenzial bei einem Biomethanerlös von 5 ct/kWh bei verschiedenen Aufbereitungstechnologien und nach Substrat in TWh pro Jahr.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabelle 35: Zusammenfassung der verwendeten Emissionsfaktoren zur Berechnung der maximal ökologisch-realisierbaren Transportdistanz.....</i>	<i>62</i>

## 9.4 Literaturverzeichnis

- [1] Republik Österreich, „Aus Verantwortung für Österreich. Regierungsprogramm 2020 - 2024,“ Wien, 2020.
- [2] U. E. M. I. u. T. Bundesministerium für Klimaschutz, Österreich kann Abhängigkeit von russischem Erdgas bis 2027 beenden, 2022.
- [3] Austrian Energy Agency, „Strategische Handlungsoptionen für eine österreichische Gasversorgung ohne Importe aus Russland,“ Wien, 2022.
- [4] Biomethanregister, „AGCS Gas Clearing and Settlement AG,“ [Online]. Available: <https://www.biomethanregister.at/de/>. [Zugriff am 31 Juli 2023].
- [5] H. Döhler, H. Eckel, N. Fröba, S. Grebe, J. Grube, S. Hartmann und A. Hauptmann, Faustzahlen Biogas, 3. Hrsg., Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), 2013.
- [6] V. Dandikas, C. Herrmann, B. Hülsemann, F. Jacobi, N. Krakat, G. Meißauer und U. Merrettig-Bruns, Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), 2021.
- [7] P. Weiland, K. Fricke, C. Heußner, A. Hüttner und T. Turk, „Anlagen zur Erzeugung von Bioenergie,“ in Anaerobtechnik. Abwasser-, Schlamm- und Reststoffbehandlung, Biogasgewinnung., 3. Hrsg., 2015.
- [8] Kompost & Biogas Verband Österreich, [Online]. Available: <https://www.kompost-biogas.info/biogas/biomethan/biomethan-in-oesterreich/>. [Zugriff am 01 August 2023].
- [9] T. Balling, M. Beil, A. Hauptmann, G. Reichhold, H. Seide, W. Urban, F. Valentin und B. Wirth, Biomethaneinspeisung in der Landwirtschaft. Geschäftsmodelle - Technik - Wirtschaftlichkeit., Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), 2012.
- [10] K. Sattler, Thermische Trennverfahren, 3. Hrsg., WILEY-VCH Verlag GmbH, 2001.
- [11] e-Control, Anlagenregister..
- [12] Biogas Bruck/Leitha GmbH, Biogasanlage Bruck/Leitha.
- [13] EVM Biogas Margarethen, Über uns. Technik..
- [14] Statistik Austria, Energiebilanz Niederösterreich 1988-2020, 2021.
- [15] Statistik Austria, „Nutzenergieanalyse Niederösterreich (ab 2005),“ 2022.
- [16] „Bundesrecht konsolidiert: Gesamte Rechtsvorschrift für Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz, Fassung vom 01.08.2023“.
- [17] „Verordnung der Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie zur Gewährung von Investitionszuschüssen für die Errichtung oder Umrüstung von Anlagen zur Erzeugung von erneuerbarem Gas für das Jahr 2023“.
- [18] „Bundesgesetz über die Einführung einer Versorgerverpflichtung für Gas aus erneuerbaren Quellen (Erneuerbares-Gas-Gesetz – EGG) (Ministerialentwurf)“.

## Biomethanpotenziale in NÖ

- [19] „Bundesrecht konsolidiert: Gesamte Rechtsvorschrift für Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000, Fassung vom 01.08.2023“.
- [20] Wirtschaftskammer Österreich, „Wirtschaftslage und Prognose. Inflation (Index 1995),“ [Online]. Available: <https://wko.at/statistik/prognose/inflation.pdf>. [Zugriff am 27 Juli 2023].
- [21] E. Dunkelberg, S. Salecki, J. Weiß, S. Rothe und G. Böning, „Biomethan im Energiesystem. Ökologische und ökonomische Bewertung von Aufbereitungsverfahren und Nutzungsoptionen.,“ Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, 2015.
- [22] H. Holzner, Substitutionswerte Wirtschaftsdünger, Landwirtschaftskammer Steiermark, 2022.
- [23] Deutscher Landwirtschaftsverlag GmbH, „Marktpreise Stroh (Stand: Mai 2023)“ agrarheute.
- [24] Austrian Energy Agency, „ÖGPI Methode 2019 - Monatswerte (Basis 2015),“ [Online]. [Zugriff am 27 Juli 2023].
- [25] Wirtschaftskammer Österreich, „WKÖ Energie-Monitor,“ [Online]. Available: <https://www.wko.at/service/energie-monitor.html#1>. [Zugriff am 27 Juli 2023].
- [26] Agriportance, „Entwicklung der Biomethan-Preise | Unser Biomethan-Preisticker,“ [Online]. Available: <https://agriportance.com/tools/biomethan-entwicklung-preise/>. [Zugriff am 27 Juli 2023].
- [27] Nitrat-Aktionsprogramm-Verordnung (495. Verordnung). Teil II, 2022.
- [28] „EVM Biogas Margarethen. Reststoffverwertung.,“ [Online]. Available: <https://www.evm-bioenergie.at/reststoffverwertung>. [Zugriff am 27 Juli 2023].
- [29] E. Windquist, P. Rikkonen, J. Pyysiäinen und V. Varho, „Is biogas an energy or a sustainability product? - Business opportunities in the Finnish biogas branch,“ Journal of Cleaner Production, Nr. 233, pp. 1344 - 1354, 2019.
- [30] R. Erler, J. Hüttenrauch, F. Graf, W. Köppel, J. Kiefer, T. Ball, T. Fischer, V. Knappertsbusch und B. Dresen, „Potenzialstudie zur nachhaltigen Erzeugung und Einspeisung gasförmiger, regenerativer Energieträger in Deutschland (Biogasatlas),“ 2013.
- [31] Statistik Austria, Agrarstrukturerhebung 2020 - Bodennutzung, 2022.
- [32] B. Stürmer, „Greening the Gas Grid—Evaluation of the Biomethane Injection Potential from Agricultural Residues in Austria,“ Processes, Nr. 8, 2020.
- [33] Statistik Austria, Agrarstrukturerhebung 2020 - Viehbestand, 2022.
- [34] N. Scarlat, M. Martinov und J.-F. Dallemand, „Assessment of the availability of agricultural crop residues in the European Union: Potential and limitations for bioenergy use,“ Waste Management, Nr. 30, pp. 1889 - 1897, 2010.
- [35] D. Horlacher, K. Rutzmoser und U. Schultheiß, Festmist- und Jaucheanfall, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), 2014.
- [36] K. Buchgraber, A. Schaumberger und E. M. Pötsch, „Grassland Farming in Austria - status quo and future prospective,“ in Conference: 16th Symposium of the European

## Biomethanpotenziale in NÖ

- Grassland Federation "Grassland Farming and Land Management Systems in Mountainous Regions", 2011.
- [37] A.-M. Buchmann, „Endlich Klarheit bei Biogas-Steuerfragen zu Transport und Abschreibung,“ agrarheute, 09 Dezember 2022.
- [38] PLANCO Consulting GmbH; Bundesanstalt für Gewässerkunde , „Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Bahn und Wasserstraße. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse.,“ 2007.
- [39] Europäische Kommission, Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Neufassung), 2018.
- [40] Moosmann, D., K. Oehmichen, S. Majer und N. Rensberg, „Leitfaden zur Treibhausgasbilanzierung von Energie aus Biogas und Biomethan für die Nachhaltigkeitszertifizierung unter der RED II,“ 2021.
- [41] „Berechnung von Treibhausgas (THG)-Emissionen verschiedener Energieträger. Datenbasis: 2020, Aktualisierung Nov. 2022.,“ Umweltbundesamt Österreich, [Online]. Available: <https://secure.umweltbundesamt.at/co2mon/co2mon.html>. [Zugriff am 26 Juli 2023].
- [42] J. Lindorfer, K. Fazeni, R. Tichler und H. Steinmüller, Erhöhung des Einsatzes von erneuerbarem Methan im Wärmebereich. Projektbericht., 2017.
- [43] A. Bernhardt, M. Tista, C. Neubauer und C. Brandstätter, „Detail-Auswertungen aus dem EDM für den niederösterreichischen Abfallwirtschaftsplan. Aufkommen und Behandlung der Siedlungsabfälle in Niederösterreich (Referenzjahr 2020).“, Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2023.
- [44] Amt der NÖ Landesregierung. Abteilung Raumordnung und Gesamtverkehrsangelegenheiten - Statistik, Wohnbevölkerung 2022 nach Alter und Gemeinden.
- [45] Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Regionalinformation 31.12.2022.
- [46] Lenz, K., Steidl, C. und I. Zieritz, Kommunales Abwasser. Lagebericht 2022 – Annex., R. u. T. Bundesministerium für Landwirtschaft, Hrsg., 2022.
- [47] „[www.biogas-netzeinspeisung.at](https://www.biogas-netzeinspeisung.at/),“ [Online]. Available: <https://www.biogas-netzeinspeisung.at/technische-planung/biogasgestehung/investitionskosten.html#:~:text=Die%20Investitionskosten%20f%C3%BCr%20NaWaRo%2DAnlagen,bei%2050%20m%C2%B3%2Fh..> [Zugriff am 9 Oktober 2023].
- [48] M. Baumann, K. Fazeni-Fraisl, T. Kienberger, P. Nagovnak, G. Pauritsch, D. Rosenfeld, C. Sejkora und R. Tichler, „Erneuerbares Gas in Österreich 2040. Quantitative Abschätzung von Nachfrage und Angebot.,“ Wien, 2021.
- [49] J. Höhn, E. Lehtonen, S. Rasi und J. Rintala, „A Geographical Information System (GIS) based methodology for determination of potential biomasses and sites for biogas plants in southern Finland,“ Applied Energy, Nr. 113, pp. 1-10, 2014.

## Biomethanpotenziale in NÖ

- [50] R. O'Shea, D. Wall, I. Kilgallon und J. D. Murphy, „Assessment of the impact of incentives and of scale on the build order and location of biomethane facilities and the feedstock they utilise,“ Applied Energy, Nr. 182, pp. 394 - 408, 2016.
- [51] „Grünschnitt für die –Biogasanlage,“ top agrar online, 18 Oktober 2011.

## 9.5 Ergänzende Tabellen

Tabelle 31: Identifizierte Kläranlagen über der festgelegten Mindestkapazität (basierend auf Daten aus [46])

Bezirk bzw. Stataturstadt	Kläranlagen-KZ	Kapazität in EGW
Amstetten	ATTP_3-104	150 000
Baden	ATTP_3-34	105 000
Bruck a.d. Leitha	ATTP_3-643	190 000
Gänserndorf	ATTP_3-142	144 000
Korneuburg	ATTP_3-132	80 000
Krems - Land	ATTP_3-851	70 000
Krems a.d. Donau	ATTP_3-119	255 000
Mödling	ATTP_3-403	130 000
St. Pölten - Land	ATTP_3-47	280 000
Schwechat	ATTP_3-11	370 000
Wiener Neustadt - Land	ATTP_3-447	109 683
Wiener Neustadt - Land	ATTP_3-449	260 000

Tabelle 32: Gegenüberstellung der Anteile des technischen Potenzials am theoretischen Potenzial mit der Literatur nach Substrat

Substrat	Anteil technisches am theoretischen Potenzial in %	
	Quelle	Eigene Erhebung
Wirtschaftsdünger	70 %	100 %
Getreide- und Rapsstroh	30 %	18,8 - 20,5 %
Rübenblatt	20 %	37,5 - 43,75 %
Biogene Abfälle	90 %	100 %
Grünschnitt	60 %	60 %

## Biomethanpotenziale in NÖ

*Tabelle 33: Gegenüberstellung der Anteile des realisierbaren Potenzials am technischen Potenzial mit der Literatur nach Substrat*

Substrat	Anteil realisierbares am technischen Potenzial in %	
	Quelle	
	<i>Erler et al, [30]</i>	<i>Eigene Erhebung</i>
Wirtschaftsdünger	100 %	81,7 %
Klärschlamm	100 %	100 %
Getreide- und Rapsstroh	86 %	100 %
Rübenblatt	100 %	100 %

*Tabelle 34: Wirtschaftliches Biomethanpotenzial bei einem Biomethanerlös von 5 ct/kWh bei verschiedenen Aufbereitungstechnologien und nach Substrat in TWh pro Jahr*

Substrat	Druckwäsche	PSA-Adsorption	Aminwäsche	Membranverfahren
Rindergülle	1.36	1.35	1.26	1.34
Schweinegülle	0.00	0.00	0.00	0.00
Geflügelmist	0.00	0.00	0.00	0.00
Pferdemist	0.05	0.05	0.05	0.05
Schafmist	0.00	0.00	0.00	0.00
Ziegenmist	0.03	0.03	0.03	0.03
Getreidestroh	0.81	0.81	0.75	0.80
Maisstroh	0.34	0.33	0.31	0.33
Rapsstroh	0.05	0.05	0.04	0.05
Rübenblatt	0.07	0.07	0.06	0.07
Zwischenfrüchte	0.24	0.24	0.22	0.24
<b>Summe</b>	<b>2.95</b>	<b>2.93</b>	<b>2.72</b>	<b>2.91</b>

## Biomethanpotenziale in NÖ

*Tabelle 35: Zusammenfassung der verwendeten Emissionsfaktoren zur Berechnung der maximal ökologisch-realisierbaren Transportdistanz*

<b>Beschreibung</b>	<b>Emissionsfaktor</b>	<b>Quelle</b>	<b>Anmerkung</b>
spezifischer Emissionsfaktor für beladenen Transportweg	0,0702 kg CO <sub>2</sub> -eq / tkm	[40]	LKW 24t (Diesel, Deutschland)
spezifischer Emissionsfaktor für den unbeladenen Transportweg	0,0358 kg CO <sub>2</sub> -eq / tkm	[40]	LKW 24t (Diesel, Deutschland)
spezifischer Emissionsfaktor für die Substitution von fossilem Erdgas	2,72 kg CO <sub>2</sub> -eq / Nm <sup>3</sup>	[41]	Erdgasverbrauch in Österreich
spezifischer Emissionsfaktor für elektrische Energie	0,202 kg CO <sub>2</sub> -eq / kWh	[41]	Stromaufbringung Österreich
spezifischer Emissionsfaktor für Methan	0,25 kg CO <sub>2</sub> -eq / kWh		Aktuelle Emissionsfaktoren der UFI