

Jetzt  
kaufen auf  
shop.wvgw.de

Als Print oder  
PDF-Download

Deutscher Verein des  
Gas- und Wasserfaches e.V.



🔗 [www.dvgw-forschung.de](http://www.dvgw-forschung.de)

# Erweiterte Nutzung Erneuerbarer Gase

## Abschlussbericht

**Dr. rer. nat. Johannes Schaffert, Lukas Heidbreder, Dr.-Ing. Marc Fiebrandt,  
Nils Brede, Janina Senner, Eren Tali, Dr.-Ing. Frank Burmeister,  
Dr.-Ing. Rolf Albus**

Gas- und Wärme-Institut Essen e.V. (GWI, Essen)

**Elisabeth Grube, Philipp Pietsch, Patrick Enzmann**

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, Leipzig

**Christiane Staudt, Friedemann Mörs, Dr.-Ing. Frank Graf**

DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut, des Karlsruher Instituts für  
Technologie, Karlsruhe

**Herausgeber**

DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.

Technisch-wissenschaftlicher Verein

Josef-Wirmer-Straße 1–3

53123 Bonn

T +49 228 91885

F +49 228 9188990

[info@dvwg.de](mailto:info@dvwg.de)

[www.dvgw.de](http://www.dvgw.de)

# **Erweiterte Nutzung Erneuerbarer Gase**

## **Abschlussbericht**

September 2023

DVGW-Förderkennzeichen G 202114

# Zusammenfassung

Im vorliegenden Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben ENEVEG werden alternative Nutzungsoptionen von teilaufbereitetem Biogas sowie Biomethan vorgestellt und im Hinblick auf die größtmögliche Potenzialausschöpfung der erneuerbaren Gaserzeugung diskutiert.

Die über die heute in Deutschland dominierende Biogasverstromung (ca. 9.900 Anlagen) sowie die Biomethaneinspeisung (ca. 250 Anlagen) hinausgehenden Technologieoptionen sind in Abbildung 1 grün hinterlegt. Sie nutzen das vollaufbereitete Biomethan zum Beispiel im Mobilitätssektor oder verwenden das im teilaufbereiteten Biogas vorhandene CO<sub>2</sub> gemeinsam mit Wasserstoff für eine Methanisierung. Darüber hinaus existieren unterschiedliche Konzepte zur Sammlung, Verteilung und Direktnutzung von teilaufbereiteten Biogasen, die auf einen Großteil der Gasaufbereitung verzichten können oder auf effiziente, zentrale Aufbereitungsanlagen setzen. Auch eine Wasserstoffproduktion aus Biogasen wird untersucht. Diese könnte zukünftig zum Beispiel Biogaseinspeiseprojekte in Netzgebieten ersetzen, die auf Wasserstoffversorgung umgestellt wurden.

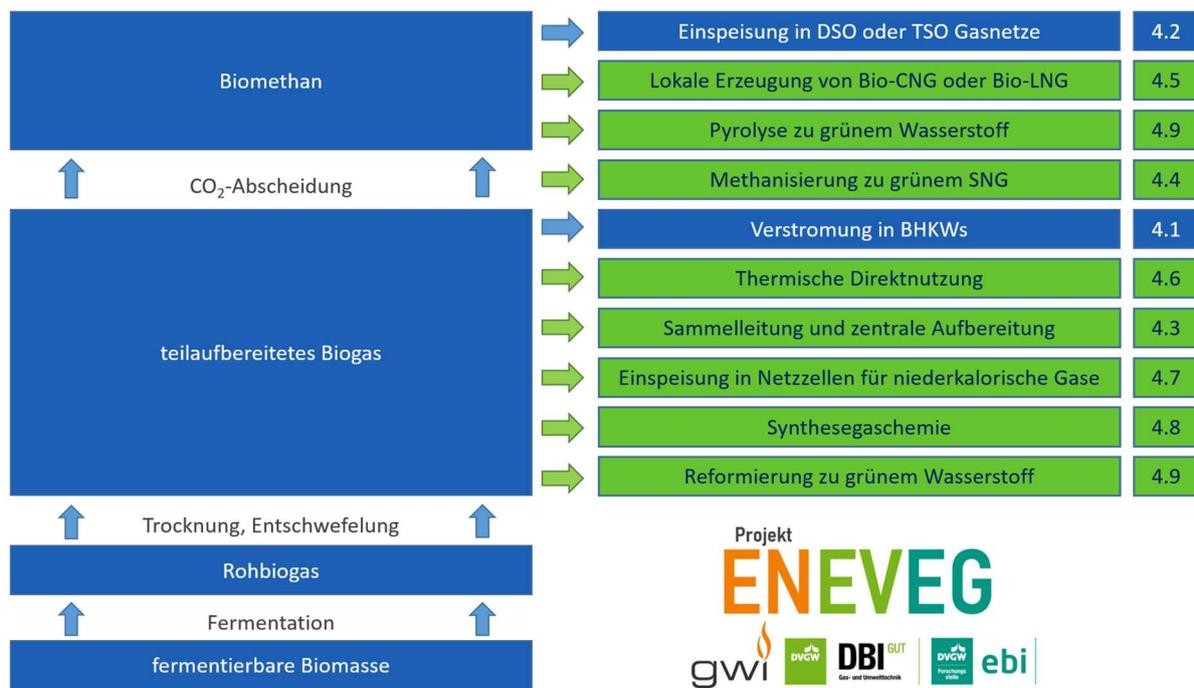


Abbildung 1: Übersicht der im Projekt ENEVEG untersuchten Technologiefelder zur erweiterten Nutzung von Biogasen inklusive Angabe der Kapitelnummern rechts im Diagramm als Lesehilfe zum vorliegenden Bericht.

Im ENEVEG-Projekt wurden unterschiedlichste auf Biogas basierende Nutzungsoptionen zum Gegenstand der Untersuchungen gemacht. Dabei wurden sowohl die heute im Feld dominierenden Technologieketten der Biogasverstromung (Kapitel 4.1) sowie der Biomethaneinspeisung (Kapitel 4.2), als auch eine Vielzahl innovativer Optionen berücksichtigt. Letztere umfassen das Konzept der Biogassammelleitungen (Kapitel 4.3), die Kopplung mit Power-to-Gas (Kapitel 4.4), die Nutzung im Mobilitätssektor (Kapitel 4.5), die thermische Direktnutzung von teilaufbereiteten Biogasen (Kapitel 4.6), die Verteilung von teilaufbereiteten Gasen in speziellen Netzzellen (Kapitel 4.7), Synthesegaschemie aus Biogas (Kapitel 4.8), bis hin zur Wasserstoffgewinnung aus Biogas (Kapitel 4.9).

Zur Überprüfung der Nutzbarkeit teilaufbereiteter Biogase mit hohem CO<sub>2</sub>-Anteil in Netzzellen unter Verwendung heutiger Gasendgeräte wurden Laborexperimente durchgeführt (Kapitel 4.7.4). Diese führen zu der Erkenntnis, dass selbst moderate CO<sub>2</sub>-Anteile im Brenngas, das heißt Anteile, die noch weit unter dem CO<sub>2</sub>-Gehalt von teilaufbereiteten Biogasen liegen, für eine Nutzung mit den im Feld vorhandenen Gastechnologien insbesondere aufgrund extrem hoher CO-Emissionen auszuschließen sind.

Ferner wurde die Verfügbarkeit von Biogas-Substraten Stand heute (Kapitel 5.3) sowie in Zukunft unter Einfluss des Klimawandels (Kapitel 5.6) untersucht, um eine Potenzialeinschätzung vornehmen zu können.

Die Ergebnisse des ENEVEG-Projektes münden schließlich in gemeinsamen Handlungsempfehlungen (Kapitel 6). Hier werden die Kernergebnisse in kompakter Form zusammengefasst und zielgruppengenaue Empfehlungen ausgesprochen.

Das Forschungsvorhaben ENEVEG zeigt, dass sehr vielfältige Optionen bestehen, Biogase weit über den heutigen Umfang hinaus zu nutzen. Somit können grüne Gase aus heimischer Erzeugung einen wertvollen Beitrag zum Gelingen der Energiewende leisten.

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Ausgangspunkt: Heutige Situation der Biogasanlagen in Deutschland .....	2
2.1	Status Quo der Biogasanlagen in Deutschland.....	2
2.2	EEG-Förderung von Biogasanlagen zur Stromerzeugung .....	3
2.3	Rezeption des EEG 2021/2023 durch die Biogasbranche .....	5
3	Technologien der Biogasaufbereitung.....	8
3.1	Aufbereitung des Biogases vor Einspeisung in die Rohbiogassammelleitung.....	8
3.2	(Zentrale) CO <sub>2</sub> -Abscheidung.....	9
3.3	Kosten der Biogasaufbereitung .....	11
3.4	Aufbereitung für die Einspeisung in das Erdgasnetz.....	13
3.5	Mengenmessung.....	14
3.5.1	Abrechnung von Biomethan gemäß DVGW G 685 .....	14
3.5.2	Auswirkungen von CO <sub>2</sub> (oder H <sub>2</sub> ) in Brenngasen auf die Mengenmessung ...	15
4	Optionen der Erweiterten Nutzung von Biogasen.....	18
4.1	Vor-Ort-Verstromung von Biogas.....	19
4.1.1	Ausgangspunkt.....	19
4.1.2	Untersuchung der Wirtschaftlichkeit einer Flexibilisierung heutiger Biogasanlagen.....	19
4.2	Ausbau der Einspeisung in Erdgasnetze .....	25
4.2.1	Von der Biogasverstromungsanlage zur Biomethaneinspeiseanlage.....	25
4.2.2	Untersuchung der Wirtschaftlichkeit der Biomethan-Einspeisung bei einer Aufbereitung vor Ort .....	26
4.2.3	Referenzprojekte .....	30
4.3	Sammelleitung und zentrale Aufbereitung .....	31
4.3.1	Verfahrenstechnische Aspekte .....	31
4.3.2	Untersuchung der Wirtschaftlichkeit der Biomethan-Einspeisung bei einer zentralen Aufbereitung.....	32
4.3.3	Netzmodellierung potenzieller Biogassammelleitungen .....	35
4.3.3.1	Aktueller Biogasanlagenbestand .....	35
4.3.3.2	Methodik für modellierte Biogasnetze Status Quo .....	35
4.3.3.3	Biogasnetze für Szenario 1 .....	38
4.3.3.4	Biogasnetze für Szenario 2 .....	40
4.3.3.5	Biogasnetze für Szenario 3 .....	42
4.3.3.6	Zusammenfassung der Netzmodellierungs-Ergebnisse.....	44
4.3.4	Referenzprojekte / Best Practice Beispiele .....	45
4.4	Kopplung von Biogasanlagen mit Power-to-Gas.....	47
4.4.1	Verfahrenstechnische Aspekte der Power-to-Gas-Erweiterung .....	48
4.4.2	Referenzprojekte .....	50
4.5	Biomethannutzung im Mobilitätssektor (Bio-CNG und Bio-LNG) .....	52
4.5.1	Verfahrenstechnische Aspekte der Bio-CNG Produktion .....	52
4.5.2	Referenzprojekte – Bio-CNG .....	53
4.5.3	Verfahrenstechnische Aspekte der Bio-LNG Produktion.....	54
4.5.4	Referenzprojekte – Bio-LNG.....	55
4.6	Teilaufbereitetes Biogas: Thermische Direktnutzung.....	57

4.6.1	Verbrennungstheoretische Aspekte .....	57
4.6.2	Referenzprojekte .....	58
4.7	Teilaufbereitetes Biogas: Verteilung in Netzzellen für niederkalorische Gase .....	61
4.7.1	Netzzellen mit Einspeisung erneuerbarer Gase im Regelwerk des DVGW ....	61
4.7.2	Theoretische Grundlagen zur Auswirkung erhöhter CO <sub>2</sub> -Anteile in Methan auf die Gasbeschaffenheit .....	63
4.7.3	Verfügbare Endanwendungstechnik der häuslichen Gasversorgung .....	64
4.7.4	Laboruntersuchungen von Gasgeräten mit hohen CO <sub>2</sub> -Anteilen im Grundgas.....	70
4.7.5	Zwischenfazit: Wissensstand zur Verbrennung von CO <sub>2</sub> /CH <sub>4</sub> -Gemischen in häuslichen Gasgeräten .....	86
4.7.6	Referenzprojekte .....	88
4.8	Synthesegaschemie mit Kohlenwasserstoffen aus Biogas .....	88
4.8.1	Verfahrenstechnische Aspekte .....	89
4.8.1.1	Herstellung von Synthesegas.....	89
4.8.1.2	Verwendung von Synthesegasen – die Fischer-Tropsch-Synthese .....	89
4.8.2	Referenzprojekte .....	91
4.8.3	Geplante Projekte.....	92
4.9	Wasserstoff aus Biogas.....	93
4.9.1	Verfahrenstechnische Aspekte der H <sub>2</sub> -Produktion aus Biomasse .....	94
4.9.1.1	Reformierung von Biomethan.....	94
4.9.1.2	Pyrolyse von Biomethan.....	95
4.9.1.3	Dunkle Fermentation.....	96
4.9.2	Referenzprojekte .....	96
5	Analyse der Substrate zur Biogaserzeugung in Deutschland heute und in Zukunft.....	98
5.1	Begrifflichkeiten .....	98
5.2	Berechnungsgrundlagen sowie wirtschaftliche Rahmenbedingungen.....	98
5.2.1	Berechnungsgrundlagen.....	98
5.2.2	Wirtschaftliche Rahmenbedingungen .....	99
5.3	Analyse der einzelnen Potenziale Status Quo .....	103
5.3.1	Biomethanerzeugung mittels Reststoffen aus kommunalen und gewerblichen Einheiten.....	103
5.3.1.1	Biotonne.....	104
5.3.1.2	Grünschnitt (holzfrei).....	105
5.3.1.3	Speisereste .....	106
5.3.1.4	Autobahn- und Straßenbegleitgrün .....	109
5.3.1.5	Supermarktreste.....	112
5.3.1.6	Gesamtpotenzial aus kommunalen und gewerblichen Reststoffen.....	114
5.3.2	Biomethanerzeugung mittels industrieller Reststoffe.....	116
5.3.2.1	Bioethanolproduktion .....	116
5.3.2.2	Biodieselproduktion .....	118
5.3.2.3	Brauereien .....	119
5.3.2.4	Molkereien .....	121
5.3.2.5	Kartoffelverarbeitung.....	123
5.3.2.6	Schlachtreste .....	124
5.3.2.7	Zuckerproduktion .....	126
5.3.2.8	Rapsölproduktion .....	127
5.3.2.9	Weintrester.....	129

5.3.2.10	Gesamtpotenzial industrielle Reststoffe .....	130
5.3.3	Biomethanerzeugung mittels Biomasse aus landwirtschaftlicher Produktion	131
5.3.3.1	Energiemais .....	131
5.3.3.2	Erntereste .....	133
5.3.3.3	Gülle .....	134
5.3.3.4	Dauergrünland .....	138
5.3.3.5	Gesamtpotenzial landwirtschaftlicher Substrate .....	141
5.3.4	Gesamtsumme Methangaspotenzial.....	142
5.4	Potenzielle neu Standorte für Biogasanlagen .....	143
5.5	Räumliche Analyse der Potenziale in Bezug auf deutsches Erdgasnetz.....	145
5.6	Auswirkungen des Klimawandels auf den Substratmix und Prognose der Biomethanpotenziale .....	146
5.6.1	Prognose der Biomethanpotenziale .....	149
5.6.1.1	Biomethanerzeugung aus Biomasse kommunaler sowie gewerblicher Einrichtungen.....	149
5.6.1.2	Biomethanerzeugung aus industriellen Reststoffen.....	153
5.6.1.3	Biomethanerzeugung aus landwirtschaftlichen Substraten.....	160
5.6.2	Prognose Gesamtpotenzial 2045 im Vergleich zum Status Quo .....	167
6	Handlungsempfehlung zur erweiterten Nutzung der Biogaspotenziale in Deutschland ..	171
7	Literaturverzeichnis.....	176
8	Glossar .....	195
9	Formelverzeichnis.....	196
10	Symbolverzeichnis .....	197
11	Abkürzungsverzeichnis .....	199
12	Abbildungsverzeichnis .....	201
13	Tabellenverzeichnis .....	207
Anhang.....		209
Vergleich des EEG 2021 mit dem EEG 2023 .....		209
Flexibilitätszuschlag vs -prämie .....		209
Gasbeschaffenheit.....		211
Bestimmungen, Vorschriften und Anforderungen an Energieanlagen gemäß Energiewirtschaftsgesetz .....		212
Gasbeschaffenheit gemäß DVGW G 260:2021.....		213
Brenntechnische Kenndaten und Grenzwerte 2. Gasfamilie .....		215
Annahmen zur Wirtschaftlichkeitsberechnung .....		218
Allgemeine Berechnungsannahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung .....		218
Annahmen der Preissteigerungsfaktoren zur Berechnung der Investitionskosten .....		221
Annahmen für die Berechnung der Leitungskosten.....		221
Annahmen für Installation und Betrieb einer Netzanschlussstation .....		222
Annahmen für die Berechnung der Generalüberholung .....		223
Annahmen für die Berechnung der Investitionskosten der BHKW zur Flexibilisierung nach [276].....		223
Annahmen für die Betriebsstunden zum Betrieb einer BGA.....		223
Annahmen für die Berechnung der Investitionskosten der Biogasaufbereitungsanlage.....		224
Annahmen für die Berechnung der Investitionskosten der Biogaseinspeiseanlage .....		225

Vergleich der Kapitalwerte ausgewählter Anlagen bei unterschiedlichen Methanerlösen .....	226
Gasgemisch-Kennwerte für Methan / CO <sub>2</sub> -Gemische .....	227
Messergebnisse der Kaltstart / Gaswechselformung der getesteten Endgeräte .....	227
Auswertung Studie „EE-Methanisierung“ in Bezug auf Biogasanlagebestand .....	230
Substratpotenziale basierend auf dem DVGW-Projekt "Gesamtpotenzial EE-Gase" .....	231
Biomethanherzeugung mittels industrieller Reststoffe .....	231
Biomethanherzeugung mittels Biomasse aus kommunalen/ gewerblichen Einrichtungen .....	234
Biomethanherzeugung mittels Biomasse aus landwirtschaftlicher Produktion .....	237
Gesamtpotenzial fermentativ erzeugtes Biomethan .....	240
Karten ausgewählte theoretische Potenziale .....	242
Weitere Auswertung der Herstellbefragungen aus Abschnitt 4.8.4 .....	245