Biogas – ein Taschenbuch für die Erzeugerpraxis

Werner Hermeling · Korbinian Nachtmann · Frank Scholwin

Biogas – ein Taschenbuch für die Erzeugerpraxis

Erzeugerwissen, Aufbereitung und Vermarktung

Springer Vieweg

Werner Hermeling
Neusiedl am See, Burgenland, Österreich

Korbinian Nachtmann
Landshut, Bayern, Deutschland

Frank Scholwin
Weimar, Thüringen, Deutschland

ISBN 978-3-658-39604-6 ISBN 978-3-658-39605-3 (eBook)
https://doi.org/10.1007/978-3-658-39605-3

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2023
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.
Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.
Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Daniel Froehlich
Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Vorwort

Durch multiple Krisen (Klimakrise, Wasserknappheit, Krieg in der Ukraine) erleben wir einen sehr schnellen Umbruch der gesamten Energieversorgung. Energiequellen werden einer neuen Betrachtung unterzogen. Auch Biogas wird neu bewertet, insbesondere die Komponenten Methan und Kohlendioxid.

Für Biomethan sind alle wesentlichen technischen Herausforderungen gelöst und entsprechend beschrieben. Für die Autoren unverständlich ist die zögernde Haltung der Politik, Biogas und Biomethan eine klare und langfristige Rolle zuzuschreiben. Wir beobachten zur Zeit, dass sich Bio-CNG und Bio-LNG gegenüber dem fossilen Erdgas am Markt verstärkt behaupten. Biomethan in der Form von Bio-CNG oder Bio-LNG bietet eine bewährte und heute technisch verfügbare Alternative zu den konventionellen Kraftstoffen insbesondere im Schwerlastverkehr und in der Schifffahrt. Daher ergänzen wir mit dem vorliegenden Band die breite Literatur zur Biogaserzeugung mit einem Fokus auf Bio-CNG und Bio-LNG.

Die Vielschichtigkeit der Thematik Biogas verlangte die Einbeziehung verschiedenster Fachleute, deren Wissen hier weitergegeben wird. Neben den genannten Autoren haben für das Kap. 2 (Aufbau und Betrieb von Biogasanlagen) die folgenden Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Instituts für Biogas, Kreislaufwirtschaft und Energie

- M.Eng. Oliver Viertmann (Abschn. 2.2 bis 2.4),
- Dr.-Ing. Cornelia Rönsch (Abschn. 2.1 und 2.5),
- M.Eng. Georg Siegert (Abschn. 2.6),
- M.Sc. Friedrich Brandes (Abschn. 2.3 und 2.4)

in dankenswerter Weise unter der Regie von Dr.-Ing. Frank Scholwin zum Gelingen des Werkes beigetragen.

Ebenso hat Dr.-Ing. Korbinian Nachtmann auf breiter Basis seine Darstellungen wiedergegeben, unterstützt durch

- M.Eng. Felix Burmester
- M.Eng. & MBA Anna Frank.

Ich darf für das Autorenteam sprechen, wir sind überzeugt, dass Bio-CNG und Bio-LNG eine wesentliche Säule der Energieversorgung sein werden. Damit wird nicht nur der Klimaschutz entscheidend vorangetrieben, sondern auch die Kreislaufwirtschaft in vorbildlicher Weise praktisch umgesetzt.

Neusiedl am See
am 20.11.2022

Werner Hermeling

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1
1.1 Begriffserklärung 1
1.1.1 Biogas 1
1.1.2 Methan und Biomethan 3
1.1.3 Abgrenzung zu anderen Kraftstoffen 5
1.1.4 Kohlendioxid 7
1.1.5 Spurengase 10
1.2 20 Jahre EEG – ein Rückblick 11
1.3 Resümee 16
1.4 20 Jahre feste Förderung – und jetzt? 17
1.4.1 Strom 17
1.4.2 Wärme 18
1.4.3 Kraftstoff 20
1.4.4 Energiespeicher 21
1.5 Etablierte Alternativen zur Vor-Ort-Verstromung als Grundlastkraftwerk 22
1.5.1 Flexibilisierung 22
1.5.2 Bereitstellung von Regelenergie 24
1.5.3 Direktvermarktung 26
1.5.4 Verlängerung der EEG-Vergütung um 10 Jahre 27
Quellen 28

2 Aufbau und Betrieb von Biogasanlagen 31
2.1 Substrateinsatz in Biogasanlagen 31
2.1.1 Substrate aus der Landwirtschaft 31
2.1.2 Substrate aus Kommunen 32
2.1.3 Substrate aus Industrie und Gewerbe 33
2.2 Technologien zur Biogasproduktion 34
2.2.1 Grundlegender Verfahrensablauf 34

2.2.2 Substratbereitstellung, Substratlagerung und Gärrestverwertung ... 35
2.2.3 Prozessenergiebedarf ... 36
2.2.4 Fermentation: Technologieüberblick im Kontext zu den verwendeten Substraten ... 38
2.3 Betriebserfahrungen mit der Biogasproduktion ... 40
2.3.1 (Technische) Verfügbarkeit der Anlagentechnik ... 40
2.3.2 Personalaufwand und Wartung ... 42
2.3.3 Betriebsstörungen und deren Vermeidung ... 43
2.3.4 Optimierungspotenziale erschließen ... 44
2.4 Wertschöpfungsketten zur Biogasproduktion und -nutzung ... 44
2.4.1 Exkurs Erlöse aus der Kraftstoffbereitstellung ... 45
2.4.2 Strom- und Wärmeproduktion zur Eigenenergieversorgung in der Kraftstoffbereitstellung ... 49
2.4.3 Kraftstoffbereitstellung ohne Gasnetznutzung (siehe auch Abschn. 5.3) ... 50
2.4.4 Rohbiogasnetze: Biomethan gemeinsam aufbereiten ... 51
2.4.5 Einspeisung in das Erdgasnetz ... 52
2.5 Einflussfaktoren THG-Minderung bei Biogasproduktion ... 53
2.6 Wirtschaftlichkeit zur Biogasproduktion und -nutzung ... 57
2.6.1 Wirtschaftlichkeit der Wertschöpfungsketten im Vergleich ... 58
Quellen ... 65

3 Biogasaufbereitung und Einspeisung ins Erdgasnetz ... 67
3.1 Entschwefelung ... 68
3.2 Trocknung ... 70
3.3 CO_2-Abtrennung ... 71
3.4 Konditionierung und Einspeisung ins Erdgasnetz ... 76
Quellen ... 77

4 Die Produktion und der Einsatz von flüssigem Biomethan ... 79
4.1 Aufbereitungsverfahren zur Herstellung von flüssigem Biomethan ... 79
4.2 Drucklose Aufbereitung von Biogas zu flüssigem Biomethan und Trockeneis ... 89
4.3 Einsatz von flüssigem Biomethan als alternativer Kraftstoff ... 99
4.4 Der generator-elektrische Antrieb ... 100
Quellen ... 105

5 Einsatz von Biomethan ... 107
5.1 Biomethan, Bio-CNG-Erzeugung und Verwendung ... 107
5.1.1 Einspeisung ins Gasnetz ... 109
5.1.2 Gasspeicherung ... 111
5.1.2.1 Biogasspeicherung außerhalb des Fermenters ... 111

5.1.2.2 Niederdruckgasspeicher ... 113
5.1.2.3 Hochdruckgasspeicher ... 115
5.2 Speicherung der Flüssigphase ... 121
5.2.1 Zusätzliche sicherheitstechnische Tankausrüstung eines vakuumisolierten Tanks für Methan/LNG ... 124
5.2.1.1 Überfüllsicherung ... 125
5.2.1.2 Totraumlose Kupplung ... 127
5.2.1.3 Prozessüberdruckventil ... 130
5.2.1.4 Füllstandsmesser ... 130
5.3 Direktvermarktung der Gasphase des Biomethans am Hof ... 131
5.3.1 Verstromung an der Biogasanlage ... 131
5.3.2 Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-Anlagen) ... 135
5.3.3 Hoftankstelle und Hofzapfstelle ... 138
5.3.3.1 Hinweise zur Hoftank- und Hofzapfstelle ... 140
5.3.3.2 Ausrüstung der Hoftankstelle ... 141
5.3.4 Gasodorierung ... 142
5.3.5 Der Gaskompressor ... 144
5.4 Erzeugung und Verwendung flüssigen Biomethans ... 146
5.4.1 Erzeugung von Bio-LNG ... 148
5.4.2 Sicherheitstechnische Einrichtungen an der Verflüssigungsanlage für Methan ... 152
5.5 Satellitentankstelle ... 153
5.6 Bündelfüllstelle ... 156
5.7 Der Füllprozess der Bündel ... 157
5.7.1 Anlagengestaltung und konstruktive Hinweise ... 162
5.8 Trailerbefüllung ... 165
Quellen ... 166

6 Erzeugung und Handling von Bio-CH_4 und Bio-CO_2 ... 167
6.1 Erzeugung von flüssigem Bio-CH_4 und Bio-CO_2 in kleinstrukturierten Anlagen mittels flüssigem Stickstoff als Kälteträger ... 167
6.2 Kondensation des CO_2 ... 172
6.2.1 Bio-LNG sammeln und zur Basisstation transportieren ... 173
6.2.2 Betankung des Transporttanks ... 175
6.2.3 Basisstation Abgabe als BioLNG und BioCNG ... 178
6.2.4 Bio-LNG-Tankstelle ... 181
6.2.4.1 Technische Konzepte ... 182
6.2.4.2 Basisstation zur Abgabe von Bio-CNG oder Bio-LNG ... 183
6.2.4.3 Bio-CNG-Satellitenstation ... 186
Quellen ... 189

7 Besondere sicherheitstechnische Anforderungen an Bio-CNG/LNG-Anlagen 191
7.1 Die Flüssigphase 192
7.2 Die Gasphase 195
7.3 Absicherung des Anlagendrucks 196
7.4 Weitere sicherheitstechnische Vorrichtungen zusätzlich zum Regelwerk 197
Quellen 199

Weiterführende Literatur 201

Stichwortverzeichnis 203