

Lars Pingel

Brennstoffzellennutzung in der Biogastechnik

Eine technische und ökonomische Analyse



Diplomica

Lars Pingel

Brennstoffzellennutzung in der Biogastechnik

Eine technische und ökonomische Analyse

Pingel, Lars: Brennstoffzellennutzung in der Biogastechnik.
Eine technische und ökonomische Analyse, Hamburg, Diplomatica Verlag GmbH

Umschlaggestaltung: Elisabeth Lutz, Hamburg

ISBN: 978-3-8366-5546-0

© Diplomatica Verlag GmbH, Hamburg 2008

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden und die Diplomatica GmbH, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	11
1.1	Problemstellung	11
1.2	Zielsetzung.....	12
2	Darstellung der Biogastechnologie	15
2.1	Grundlagen	15
2.2	Biogasentstehung	16
2.3	Biogasqualität nach Vergärung	18
2.4	Störstoffe im Biogas	20
2.4.1	Schwefelwasserstoff.....	20
2.4.2	Wasserdampf	20
2.4.3	Ammoniak	21
2.4.4	Kohlenmonoxid und -dioxid	21
2.4.5	Carbonyl-Sulfid.....	21
2.4.6	Siloxane.....	22
2.4.7	Chlor und Fluor.....	22
2.4.8	Staubpartikel	23
2.5	Betriebsparameter der Beispielanlage	23
3	Nutzung der Brennstoffzelle in der Biogastechnik	25
3.1	Allgemeine Einführung und Funktion der Brennstoffzelle.....	25
3.2	Darstellung der MCFC-Technologie.....	27
3.2.1	Beschreibung der MCFC	27
3.2.2	Aufbau der Direktbrennstoffzelle	29
3.2.3	Funktionsweise der MCFC	30
3.3	Darstellung der SOFC-Technologie	32

3.3.1	Beschreibung der SOFC	32
3.3.2	Betrachtung verschiedener Zellenkonzepte	33
3.3.3	Funktionsweise der SOFC	35
3.4	Anforderungen der Brennstoffzelle an die Gasqualität	36
3.5	Vergleich der Brennstoffzelle zu konventionellen BHKWs.....	37
3.5.1	Investitionskosten	37
3.5.2	Wirkungsgrad.....	38
3.5.3	Lebensdauer	39
3.5.4	Emissionen	40
4	Methoden der Biogasaufbereitung	43
4.1	Trocknung	43
4.2	Feststoffabscheidung	46
4.3	Entschwefelung	47
4.3.1	Biologische Entschwefelung	47
4.3.2	Laugenwäsche.....	53
4.3.3	Sulfidfällung	55
4.3.4	Entschwefelung mit Eisenchelat	56
4.3.5	Adsorption an eisenhaltigen Massen	58
4.3.6	Schwefelwasserstoffentfernung mit Zinkoxid	62
4.3.7	Adsorption an Aktivkohle	63
4.4	Ammoniakentfernung	65
4.5	Siloxanentfernung.....	66
4.6	AOX-Entfernung	69
4.7	Biogasaufbereitung bei der Vergärungsanlage in Leonberg.....	70
5	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	73
5.1	Bewertung der Aufbereitungstechniken.....	73

5.1.1	Bewertung der Trocknungsverfahren	73
5.1.2	Bewertung der Verfahren zur Feststoffabscheidung.....	74
5.1.3	Bewertung der Entschwefelungsverfahren	74
5.1.4	Bewertung der Verfahren zur Siloxanabscheidung.....	78
5.1.5	Bewertung der Verfahren zur Ammoniak- bzw. AOX-Entfernung	79
5.2	Auswahl eines geeigneten Verfahrens anhand der Beispielanlage	79
6	Diskussion.....	87
7	Zusammenfassung.....	93
8	Quellenverzeichnis.....	95
9	Sonstige Verzeichnisse.....	101
9.1	Abkürzungen.....	101
9.2	Abbildungen	104
9.3	Tabellen	105
9.4	Gleichungen.....	105

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Derzeit befinden wir uns im grundlegenden Wandel unserer Energieversorgung. Da der Bedarf stetig steigt, die fossilen Ressourcen schwinden und der globale Klimaschutz eine deutliche Reduktion der Treibhausgasemissionen erfordert, steht die deutsche Stromwirtschaft vor einer Umstrukturierung der Energieversorgung. Um Versorgungssicherheit, günstige Preise und Klimaschutz auf einen Nenner zu bringen, muss daher der Energiemix der Zukunft mit effizienten Technologien und einem wachsenden Anteil erneuerbarer Energien sichergestellt werden [1].

Einen steigenden Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung leistet hierbei unter anderem die Biogastechnologie, welche immer mehr an Bedeutung gewinnt und noch ein enormes Potential birgt. Im Jahr 2005 konnten durch die Erzeugung von Biogas 3.200 GWh Strom in Deutschland erzeugt werden [2]. Das entsprach einem Anteil von 0,53 % (5,1 %, bezogen auf erneuerbare Energien) an der gesamten Stromerzeugung bundesweit. Das größte Potential für die Gewinnung von Biogas ist in der Landwirtschaft zu finden. Über 200.000 Anlagen, allein mit Abfällen aus der Landwirtschaft, könnten in Deutschland realisiert werden [1]. Vergleicht man dies mit den derzeit ca. 2.700 Biogasanlagen (elektrische Gesamtleistung von ca. 665 MW), so wird das Potential dieser Technologie ersichtlich [2].

Biogas wird derzeit überwiegend in Verbrennungsmotoren verwertet, welche einen Generator zur Stromerzeugung antreiben. Neben diesen konventionellen Technologien gibt es noch weitere Nutzungsmöglichkeiten, sowie innovative Methoden der Biogasverwertung, wie z.B. die Implementierung einer Brennstoffzelle. Hierbei macht man sich zu Nutze, dass im Methanmolekül (CH_4 , zu 50 - 75 Vol.-% im Biogas enthalten) Wasserstoff enthalten ist [3]. Über eine Reformierung wird der Wasserstoff von dem Kohlenstoff abgespalten und der Brennstoffzelle zugeführt, welche diesen als Kraftstoff benötigt. Die Molten-Carbonate-Fuel-Cell (MCFC) ist für die Verwertung von Biogasen aufgrund ihrer hohen Betriebstemperatur und den Reaktanden im Gegensatz zu den Niedertemperatur-Brennstoffzellen besonders gut geeignet. Im Vergleich zu anderen Technologien zeichnet sich diese Alternative insbesondere durch hohe Wirkungsgrade und deutlich niedrigere Emissionen aus.