

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 Regelernergie	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	36
2.2.3	Prozessenergiebedarf	37
2.2.4	Fermentation: Technologieüberblick im Kontext zu den verwendeten Substraten	38
2.3	Betriebserfahrungen mit der Biogasproduktion	41
2.3.1	(Technische) Verfügbarkeit der Anlagentechnik	41
2.3.2	Personalaufwand und Wartung	43
2.3.3	Betriebsstörungen und deren Vermeidung	43
2.3.4	Optimierungspotenziale erschließen	45
2.4	Wertschöpfungsketten zur Biogasproduktion und -nutzung	45
2.4.1	Exkurs Erlöse aus der Kraftstoffbereitstellung	46
2.4.2	Strom- und Wärmeproduktion zur Eigenenergieversorgung in der Kraftstoffbereitstellung	50
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	53
2.5	Einflussfaktoren THG-Minderung bei Biogasproduktion	54
2.6	Wirtschaftlichkeit zur Biogasproduktion und -nutzung	58
2.6.1	Wirtschaftlichkeit der Wertschöpfungsketten im Vergleich	61
	Quellen	66
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-CH₄ und Bio-CO₂	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