

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	.....	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Flüssiggas – ein fast vergessener Energieträger der Zukunft</b> .....	<b>19</b>
1.1	Der zu Unrecht vergessene Energieträger.....	19
1.2	Gas ist nicht gleich Gas.....	21
1.3	Gute Verfügbarkeit und eine vorhandene Infrastrukturlinie.....	22
1.4	Technologie der Energiewende.....	23
1.4.1	Umweltfreundliche Heiz- und Kochenergie im Wärmemarkt.....	23
1.4.2	Autogas in der Mobilität.....	24
1.4.3	Vielfältige Anwendungsmöglichkeiten.....	25
1.5	Treiber der Energiewende im ländlichen Raum.....	25
1.6	BioLPG und synthetisches Propan: die Zukunft.....	26
<b>2</b>	<b>Vom Blau- zum Flüssiggas: Eine lange und erfolgreiche Geschichte</b> ....	<b>27</b>
2.1	Anfänge mit Blaugas.....	27
2.2	Zwischenkriegszeit: Kohlehydrierung.....	29
2.3	Zweiter Weltkrieg und Nachkriegszeit.....	33
2.4	Wirtschaftswunderzeit.....	33
2.5	Die 1970er Jahre: Ölpreiskrise und eine neue Branchenstruktur in Westdeutschland.....	35
2.6	Die 1980er Jahre: Chance für Autogas.....	37
2.7	Flüssiggas in der DDR.....	37
2.8	Die 1990er Jahre: Zweite Chance für Autogas.....	38
2.9	Jahrtausendwende: Autogas wird zur Alternative Nr. 1 im Verkehr.....	39
2.10	Nach der Wiedervereinigung: Auch im Wärmemarkt fest etabliert.....	40
2.11	Fazit.....	41
<b>3</b>	<b>Der Energieträger Flüssiggas – ein Überblick</b> .....	<b>43</b>
3.1	Übersicht über relevante Brenn- und Treibgase.....	43
3.2	Die Eigenschaften.....	48
3.2.1	Einfache chemische Struktur mit vielen Vorteilen.....	49
3.2.2	Physikalische Eigenschaften für eine gute Handhabung.....	50
3.2.2.1	Volumeneigenschaften.....	50
3.2.2.2	Dampfdruck.....	51
3.2.2.3	Abkühlung und ausbleibende Gasbildung.....	51
3.2.2.4	Zusätzliches Verdampfen.....	52
3.2.2.5	Ausdehnung im flüssigen Zustand.....	52
3.2.2.6	Dichte.....	52
3.2.2.7	Brennwert.....	53
3.2.2.8	Zündverhalten.....	54

3.3	Herkunftsquellen .....	55
3.3.1	Flüssiggas aus dem Raffinerieprozess .....	56
3.3.2	Flüssiggas aus der Exploration .....	58
3.3.3	Flüssiggas aus biogener und synthetischer Herstellung .....	60
3.4	Logistik und Vertrieb .....	60
3.5	Preisbildung für Flüssiggas .....	61
3.6	Der rechtliche Rahmen .....	62
3.6.1	Relevante Gesetzestexte für die allgemeine Anwendung .....	62
3.6.1.1	Die EU-Klimaschutzverordnung und das deutsche Klimapaket 2019 .....	62
3.6.1.2	Das Energiesteuergesetz (EnergieStG) .....	63
3.6.1.3	Weitere allgemeine Rechtsvorschriften .....	64
3.6.2	Relevante Rechtsgrundlagen für die Anwendung im Wärmebereich .....	65
3.6.2.1	Auf unionsrechtlicher Ebene .....	65
3.6.2.1.1	Die EU-Gebäuderichtlinien von 2010 und 2018 .....	65
3.6.2.1.2	Die EU-Energieeffizienz-Richtlinien von 2012 und 2018 .....	66
3.6.2.1.3	Die EU-Strategie für die Wärme- und Kälteerzeugung vom 16.02.2016 .....	66
3.6.2.1.4	Die Erneuerbare-Energien-Richtlinien von 2009 und 2018 .....	66
3.6.2.2	Auf nationaler Ebene .....	67
3.6.2.2.1	Energieeinsparungsgesetz (EnEG), Energieeinsparverordnung (EnEV) und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) .....	67
3.6.2.2.2	Das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) .....	69
3.6.2.2.3	Die Energieeffizienzstrategie Gebäude des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) von 2015 .....	69
3.6.2.2.4	Das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) .....	70
3.6.3	Relevante Rechtsgrundlagen für die Anwendung im Mobilitätsbereich .....	70
3.6.3.1	Auf unionsrechtlicher Ebene .....	70
3.6.3.1.1	Die Euro 5/Euro 6-Verordnung über die Typgenehmigung von Kraftfahr- zeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Pkw und Nutzfahrzeugen vom 20.06.2007 in Verbindung mit RL 2007/46/EG sowie VO (EG) Nr. 692/2008 .....	70
3.6.3.1.2	Die EU-Luftqualitätsrichtlinie vom 21.05.2008 .....	71
3.6.3.1.3	Die Erneuerbare-Energien-Richtlinien vom 23.04.2009 und vom 11.12.2018 .....	71
3.6.3.1.4	Die EU-Kraftstoffqualitätsrichtlinie vom 23.04.2009 .....	72
3.6.3.1.5	Die Euro VI-Verordnung über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen schwerer Nutzfahrzeuge vom 18.06.2009 .....	72
3.6.3.1.6	Die Mitteilung der EU-Kommission vom 24.01.2013: Saubere Energie für den Verkehr: Eine europäische Strategie für alternative Kraftstoffe sowie EU-Richtlinie über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe vom 22.10.2014 .....	73
3.6.3.1.7	Die EU-Richtlinie über die Qualität von Otto- und Dieselmotoren vom 20.04.2015 .....	73
3.6.3.1.8	Die VO (EU) 2016/427 vom 10.03.2016, die VO (EU) 2016/646 vom 20.04.2016 und die VO (EU) 2017/1154 vom 07.06.2017 zur Einführung des RDE-Prüfverfahrens .....	73
3.6.3.1.9	Die VO (EU) 2017/1151 vom 01.06.2017 .....	74

3.6.3.1.10	Die VO (EU) 2019/631 zur Festsetzung von CO <sub>2</sub> -Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen und für neue leichte Nutzfahrzeuge vom 17.04.2019 ..	74
3.6.3.1.11	Die VO (EU) 2019/1242 zur Festlegung von CO <sub>2</sub> -Emissionsnormen für neue schwere Nutzfahrzeuge vom 20.06.2019.....	75
3.6.3.1.12	Die Rahmenstrategie der EU-Kommission für eine krisenfeste Energieunion mit einer zukunftsorientierten Klimaschutzstrategie vom 25.02.2015 .....	75
3.6.3.2	Auf nationaler Ebene .....	76
3.6.3.2.1	Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung von 2013 .....	76
3.6.3.2.2	Das Bundes-Immissionsschutzgesetz und die Verordnung zur Festlegung weiterer Bestimmungen zur Treibhausgasminde rung bei Kraftstoffen – 38. BImSchV .....	76
3.6.3.2.3	Die Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung .....	77
3.7	Geltende Regeln, Normen und Übereinkommen .....	77
3.7.1	DIN 51622: Standard für die Qualität von Flüssiggasen .....	78
3.7.2	DIN EN 589: Kraftstoffe – Flüssiggas – Anforderungen und Prüfverfahren ....	78
3.7.3	Die Technischen Regeln Flüssiggas (TRF) .....	79
3.7.4	Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)/Gefahrstoffe (TRGS) .....	79
3.7.5	Die Technische Regel G 260 .....	80
3.7.6	Übereinkommen und Verordnungen für Gefahrguttransporte .....	80
3.7.7	Internationale Standards .....	81
3.7.8	Genormte Parameter und Eigenschaften .....	82
3.8	Fazit .....	83
<b>4</b>	<b>Der Beitrag von Flüssiggas zur Energiewende: Bestandsaufnahme und Potenziale .....</b>	<b>85</b>
4.1	Die deutsche Energiewende .....	86
4.1.1	Hintergründe .....	86
4.1.2	Ziele der Energiewende .....	87
4.1.3	Aktueller Umsetzungsstand .....	90
4.2	Flüssiggas als alternativer Energieträger und Kraftstoff im Rahmen der Energiewende .....	91
4.2.1	Die Klima- und Ozonrelevanz .....	91
4.2.2	Der Beitrag zur Energiewende in seinen verschiedenen Einsatzbereichen ...	93
4.2.2.1	Bedeutung für die Wärmewende .....	93
4.2.2.1.1	Der deutsche Wärmemarkt zwischen Anspruch und Realität .....	93
4.2.2.1.2	Flüssiggasheizungen: Wärmetechnologie mit Zukunft .....	94
4.2.2.1.3	Bereitstellung umweltfreundlicher Prozesswärme .....	96
4.2.2.2	Autogas als wichtigster alternativer Kraftstoff in Deutschland .....	97
4.2.2.2.1	Stagnierende Verkehrswende .....	97
4.2.2.2.2	CO <sub>2</sub> - und Schadstoffreduktion durch Substitution von Diesel- und Benzin-Pkw .....	100
4.2.2.2.3	Reduzierung der CO <sub>2</sub> - und Schadstoffemissionen von Taxis und Fahrzeugflotten .....	102
4.2.2.2.4	Schwere Nutzfahrzeuge .....	103
4.2.2.2.5	Leichte Nutzfahrzeuge .....	104
4.2.2.2.6	Schadstoffreduktion mobiler Maschinen und Geräte .....	104

4.2.2.2.7	Umweltfreundliche Gestaltung des Boots- und Schiffsverkehrs .....	106
4.2.2.3	Andere Anwendungsbereiche .....	108
4.2.2.3.1	Klimafreundliche Kältemittel .....	108
4.2.2.3.2	Schadstoffarme Treibgase .....	108
4.3	Energieträger der Zukunft: BioLPG und synthetisches Flüssiggas.....	109
4.3.1	Bio-Flüssiggas .....	110
4.3.1.1	BioLPG als grüner Brenn- und Kraftstoff.....	110
4.3.1.2	Verfahren zur Produktion von Bio-Flüssiggas.....	112
4.3.1.2.1	Hydrierung von Biomasse .....	112
4.3.1.2.2	Co-Processing .....	113
4.3.1.2.3	Biomass-to-Liquid (BtL).....	114
4.3.1.2.4	Dehydrierung .....	115
4.3.1.2.5	Fermentierung .....	115
4.3.2	LPG aus erneuerbarem Strom: Synthetisches Flüssiggas.....	115
4.3.2.1	Synthetisches LPG: Potenziale im Rahmen der Energiewende.....	117
4.3.2.2	Power-to-Liquid (PtL): Der Weg zu synthetischem Flüssiggas.....	118
4.3.2.2.1	Elektrolyse mittels Wasserstoff, Kohlenstoff und Ökostrom .....	118
4.3.2.2.2	Hydrocracken von Kunststoffabfällen .....	119
4.3.3	Barrieren beim Einsatz von biogenen und synthetischen Flüssiggasen.....	119
4.3.3.1	Fehlen eines rechtlichen und politischen Rahmens für den Einsatz erneuerbarer Flüssiggase.....	120
4.3.3.1.1	Anpassung des Primärenergiefaktoren für Flüssiggas sowie Integration von synthetischem LPG in das Gebäudeenergiegesetz (GEG) .....	120
4.3.3.1.2	Aufnahme von erneuerbarem Flüssiggas als Erfüllungsoption in das Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWärmeG) von Baden-Württemberg.....	122
4.3.3.1.3	Aufnahme von synthetischem Flüssiggas als Erfüllungsoption in die 37. BImSchV .....	122
4.3.3.2	Kosten für die Gewinnung erneuerbarer Energieträger.....	122
4.4	Fazit .....	123
<b>5</b>	<b>Flüssiggas für die Energiewende im ländlichen Raum: Dezentral, umweltfreundlich und bezahlbar.....</b>	<b>127</b>
5.1	Der ländliche Raum und die Energiewende.....	128
5.1.1	Ländliche Räume in Deutschland .....	128
5.1.2	Herausforderungen für die Energiewende im ländlichen Raum .....	130
5.1.2.1	Rückbau von Infrastruktur- und Versorgungseinrichtungen durch zu geringe Auslastung .....	130
5.1.2.2	Sinkende kommunale Einnahmen .....	131
5.1.2.3	Alternde Bevölkerungsstrukturen .....	132
5.2	Flüssiggas als alternativer Energieträger für eine bezahlbare Energiewende und Energieversorgung .....	133
5.2.1	Günstiger Kraftstoff mit geringem CO <sub>2</sub> - und Schadstoffausstoß.....	134
5.2.2	Leitungsungebundene, bezahlbare Energie für die Wärmeversorgung .....	137
5.2.3	Flexible Energie für die umweltfreundliche Gestaltung der Land- und Forstwirtschaft .....	141
5.2.3.1	Getreide-, Heu-, Grünfutter- und Gewürztrocknung .....	141

5.2.3.2	Beheizung von Gebäuden, Ställen und Gewächshäusern .....	142
5.2.3.3	Frostschutz für Obstblüten und Weinstöcke .....	143
5.2.3.4	Autogas als alternativer Antrieb in mobilen Maschinen und Geräten.....	143
5.3	Fazit .....	144
<b>6</b>	<b>Flüssiggas als dezentrale Energie für die deutsche Wärmewende .....</b>	<b>145</b>
6.1	Flexible, umweltfreundliche und sichere Wärmequelle mit etablierter Infrastruktur .....	146
6.1.1	Die Flüssiggaswirtschaft im deutschen Wärmemarkt .....	146
6.1.2	Leitungsungebundene Wärmeenergie.....	147
6.1.3	Umweltfreundliches und energieeffizientes Heizsystem.....	148
6.1.4	Alternative zu Ölheizungen in Hochwasser- und Wasserschutzgebieten.....	149
6.1.5	Die soziale Komponente von Flüssiggas: Günstige Anschaffungs- und Betriebskosten.....	150
6.1.6	Zur Sicherheit von Flüssiggasheizungen: Normen und Prüffristen.....	153
6.2	Heizungstechnologien mit Flüssiggas im Überblick .....	155
6.2.1	Brennwertkessel.....	155
6.2.2	Brennwertkessel und Solarthermie.....	157
6.2.3	Blockheizkraftwerk (BHKW) .....	159
6.2.4	Wärmepumpe.....	160
6.2.5	Mikrogasturbine.....	162
6.2.6	Brennstoffzelle.....	163
6.2.7	Kaminofen.....	164
6.3	Eine Frage des Tanks.....	164
6.3.1	Aufstellmöglichkeiten .....	165
6.3.2	Tankgröße nach Bedarf.....	167
6.3.3	Unterschiede zwischen einem Miet- und Kauftank .....	168
6.4	Flüssiggasheizungen in der Praxis.....	170
6.4.1	Flüssiggas im Ein- und Mehrfamilienhaus .....	170
6.4.2	Ortslösung mit Flüssiggasnetz .....	171
6.4.3	Quartierslösung: Flüssiggas löst Fernwärme ab .....	171
6.4.4	Flexible und verlässliche Wärme in der Gastronomie .....	172
6.4.5	Flüchtlingsunterkünfte: Schnell und unbürokratisch versorgt .....	173
6.4.6	Schienenbeheizung mit Flüssiggas .....	173
6.4.7	Sammelversorgung und Flüssiggas als Erdgasersatz (SNG) .....	173
6.4.8	Gewerbebetrieb: Mehr Energieeffizienz durch Mikrogasturbine.....	174
6.4.9	Produktionsgebäude: Flüssiggas zur Schokoladenherstellung.....	176
6.5	Fördermöglichkeiten für Flüssiggasheizungen.....	176
6.5.1	Förderprogramme der KfW.....	177
6.5.1.1	Programm Nr. 271/281, 272/282 Erneuerbare Energien – Premium .....	177
6.5.1.2	Programm Nr. 433 Energieeffizient Bauen und Sanieren – Zuschuss Brennstoffzelle .....	177
6.5.2	Fördermittel des BAFA.....	178
6.5.2.1	Flüssiggas-Brennwertheizung im Gebäudebestand .....	178
6.5.2.2	Gaswärmepumpe .....	178

6.5.2.3	KWK-Anlage auf Flüssiggasbasis .....	179
6.6	Fazit .....	180
<b>7</b>	<b>Flüssiggas in der Mobilität: Autogas als wichtigster alternativer Kraftstoff .....</b>	<b>183</b>
7.1	Die Vorteile von Flüssiggas in der Mobilität .....	185
7.1.1	Umwelt- und Klimavorteile .....	185
7.1.1.1	Vorteile gegenüber Benzin .....	185
7.1.1.2	Vorteile gegenüber Diesel .....	185
7.1.1.3	Grünes Autogas .....	186
7.1.2	Motorenverträglichkeit .....	186
7.1.3	Wirtschaftlichkeit .....	187
7.1.4	Reichweite und vorhandene Infrastruktur .....	189
7.2	Sicherheit von Autogasfahrzeugen .....	190
7.3	Wichtigster alternativer Antrieb im Pkw-Bereich .....	191
7.3.1	Autogas zur Vermeidung von Fahrverboten .....	191
7.3.2	Die Technik hinter dem Autogas-Pkw .....	194
7.3.2.1	Funktionsweise der Autogastechnik .....	194
7.3.2.2	Die nachträgliche Umrüstung von Ottomotoren auf den Autogasbetrieb ...	195
7.3.2.2.1	Vollsequentielle Anlagen .....	196
7.3.2.2.2	Flüssige Einspritzung mittels LPI-System .....	197
7.3.2.3	Autogas-Pkw ab Werk .....	199
7.3.3	Neuwagen versus umgerüstetes Autogasfahrzeug .....	199
7.3.4	Autogas-Pkw in Deutschland .....	200
7.3.4.1	Übersicht über die Hersteller und Importeure von LPG-Anlagen in Deutschland .....	200
7.3.4.2	Autogasmodelle ab Werk .....	203
7.3.5	Tanken mit Autogas .....	204
7.3.5.1	Tanksysteme im Überblick .....	204
7.3.5.2	Das LPG-Tankstellennetz in Deutschland .....	206
7.3.5.3	Autogastanken in Europa .....	208
7.4	Alternativer Kraftstoff im Schwerlastbereich .....	208
7.4.1	Verfahren zur Umrüstung schwerer Lkw .....	210
7.4.1.1	Gasförmige Einspritzung .....	211
7.4.1.2	Flüssige Einspritzung .....	213
7.4.2	Förderung der Umrüstung im Rahmen der De-minimis-Richtlinie .....	214
7.4.3	Hindernisse beim Einsatz im Schwerlastbereich .....	215
7.4.3.1	Aufwendiges und teures Zulassungsverfahren für Lkw im Dual-Fuel-Betrieb mit Autogas .....	215
7.4.3.2	Autogas fehlt in relevanten öffentlichen Förderprogrammen .....	216
7.4.3.3	Keine Befreiung von der Lkw-Maut .....	217
7.5	Alternativer Kraftstoff für leichte Transporter und Lkw .....	217
7.5.1	Antrieb für Fahrzeugflotten in Innenstädten .....	217
7.5.2	Autogas im ländlichen Raum: Bezahlbarer Kraftstoff mit vorhandener Infrastruktur für den ÖPNV .....	218
7.5.3	Zentrales Hemmnis: Fehlendes Zulassungsverfahren .....	218

7.6	Alternativer Antrieb in mobilen Geräten und Maschinen, Booten und Heißluftballons .....	219
7.6.1	Mobile Maschinen und Geräte .....	219
7.6.2	Mobiler Antrieb in der Land-, Forst- und Bauwirtschaft .....	221
7.6.3	LPG-betriebene Boots- und Schiffsmotoren .....	222
7.6.4	Heißluftballons .....	224
7.7	Exkurs: Umweltschutz mit Autogas in der Praxis – Das Clean City-Projekt der EKO-GAS GmbH .....	225
7.7.1	Säule 1: Die Umrüstung von Pkw und Taxis .....	226
7.7.2	Säule 2: Fahrzeugvermietung und Carsharing .....	226
7.7.3	Säule 3: Die Umrüstung von Kleintransportern .....	227
7.7.4	Säule 4: Autogas im Schwerlastverkehr .....	228
7.8	Fazit .....	228
<b>8</b>	<b>Flüssiggas in seiner flexibelsten Form: Flaschen und Kartuschen .....</b>	<b>231</b>
8.1	Propanflaschen .....	231
8.1.1	Flaschengrößen und -material .....	232
8.1.2	Modelle für den Erwerb und Umtausch von Propanflaschen .....	235
8.2	Flüssiggaskartuschen .....	237
8.2.1	Größe, Inhalt und Verschlussarten .....	237
8.2.2	Funktionsweise .....	239
8.3	Sicherer Umgang mit LPG-Flaschen und -Kartuschen .....	239
8.3.1	Propanflaschen .....	239
8.3.2	Flüssiggaskartuschen .....	241
8.4	Ein Blick in die Praxis: Anwendungen mit Flaschen und Kartuschen .....	242
8.4.1	Mobile Energiequelle im Campingbereich .....	242
8.4.2	Flexible Energiequelle in der Gastronomie .....	243
8.4.3	Leitungsungebundene Lichtquelle .....	245
8.4.4	Natürliche Unkraut- und Schädlingsbekämpfung .....	246
8.4.5	Mobile Energie im Baugewerbe .....	246
8.5	Fazit .....	247
<b>9</b>	<b>Prozesswärme aus Flüssiggas: Sicher, praxiserprobt und umweltfreundlich .....</b>	<b>249</b>
9.1	Überblick über Prozesswärme in Deutschland .....	249
9.1.1	Bedeutung und Formen der Prozesswärme .....	250
9.1.2	Die Vorteile von Flüssiggas im Bereich der Prozesswärme .....	253
9.2	Anwendungsbereiche für Prozesswärme aus Flüssiggas .....	254
9.2.1	Autogene Verfahren .....	254
9.2.1.1	Brennschneiden .....	254
9.2.1.2	Blockflämmen und Fugenhobeln .....	255
9.2.1.3	Flammstrahlen zum Säubern, Entrosten und Entzundern .....	255
9.2.1.4	Flammwärmern und -richten .....	255
9.2.1.5	Schweißen von Nichteisenmetallen und Flammlöten .....	256
9.2.2	Flüssiggasbetriebene Heizstrahler .....	257
9.2.2.1	Hellstrahler .....	257

9.2.2.2	Dunkelstrahler .....	257
9.2.3	Prozesswärme für die Landwirtschaft .....	258
9.2.4	Baugewerbe und Straßenbau .....	258
9.2.5	Industriewäscherei für Krankenhäuser und Altersheime .....	258
9.2.6	Sonstige Prozesswärme aus Flüssiggas .....	259
9.3	Prozesswärme aus Flüssiggas in der Praxis .....	259
9.3.1	Energiequelle für das Glasblasen .....	259
9.3.2	Prozesswärme für Recycling-Prozesse .....	260
9.3.3	Komplettversorgung eines Gewerbegebietes .....	260
9.3.4	Asphaltkochen mit fest integrierten Flüssiggas-Tanks .....	260
9.3.5	Phosphorgewinnung aus Klärschlamm .....	261
9.4	Fazit .....	262
<b>10</b>	<b>Flüssiggas als alternativer Ausgangsstoff in der chemischen Industrie .</b>	<b>265</b>
10.1	Flüssiggase als Feedstock im Chemiesektor .....	265
10.1.1	Die chemische Industrie in Deutschland .....	265
10.1.2	Flüssiggase als Alternative zu Naphtha .....	267
10.1.3	Die Perspektiven von LPG im Chemiesektor .....	273
10.2	Flüssiggas als Ausgangsstoff im Chemiesektor: Ein Blick auf die wichtigsten Produkte .....	274
10.2.1	Kunststoffe .....	274
10.2.2	Textilien und Bekleidung .....	276
10.2.3	Isoliermaterialien .....	276
10.2.4	Lösungsmittel .....	277
10.2.5	Lacke .....	277
10.2.6	Pharmaka .....	277
10.3	Fazit .....	278
<b>11</b>	<b>Flüssiggase als natürliche Kältemittel .....</b>	<b>279</b>
11.1	Flüssiggase als alternative Kältemittel mit geringem Treibhauspotenzial .....	280
11.1.1	Alternative zu konventionellen Kältemitteln .....	280
11.1.2	Die Vorteile von Flüssiggasen im Kälte- und Klimabereich .....	282
11.2	Rechtliche und politische Rahmenbedingungen .....	284
11.2.1	Normen für den sicheren Betrieb von Kälteanlagen mit natürlichen Kältemitteln .....	285
11.2.2	Regelungen zur Entsorgung von Flüssiggas-Kältemitteln .....	289
11.2.3	Die F-Gas-Verordnung der EU (VO (EU) Nr. 517/2014) .....	289
11.3	Alte und neue Anwendungsbereiche .....	291
11.3.1	Isobutan als Standardkältemittel für Haushaltskühlgeräte .....	291
11.3.2	Propan und Isobutan für gewerbliche Kälteanlagen .....	294
11.3.2.1	Steckerfertige Geräte .....	295
11.3.2.2	Zentrale Kälteanlagen .....	295
11.3.3	Klimaanlagen .....	296
11.3.3.1	Gebäudeklimatisierung .....	296
11.3.3.1.1	Mobile Raumklimageräte .....	297
11.3.3.1.2	Split-Raumklimageräte .....	297

11.3.3.1.3	Flüssigkeitskühlsätze .....	298
11.3.3.2	Klimaanlagen in Kraftfahrzeugen.....	299
11.3.4	Wärmepumpen .....	301
11.3.5	Transportkälte-Lkw.....	304
11.4	Fördermöglichkeiten für Anlagen mit Flüssiggas-Kältemitteln.....	304
11.4.1	Kälte- und Klimaanlagen .....	305
11.4.2	Wärmepumpen .....	305
11.5	Hemmnisse beim Einsatz von Flüssiggasen als Kältemittel .....	306
11.5.1	Geltende Normen und Sicherheitsstandards.....	306
11.5.2	Vorurteile und Sicherheitsbedenken .....	308
11.6	Fazit .....	309
<b>12</b>	<b>Flüssiggase im Alltag: Propan und Butan als Treibgase .....</b>	<b>311</b>
12.1	Flüssiggase als klimafreundliche und flexible Treibgase.....	311
12.1.1	Funktion und Bedeutung von Flüssiggas-Treibgasen .....	311
12.1.2	Zur Sicherheit von Flüssiggas-Treibgasen .....	313
12.2	Einsatzgebiete von Flüssiggas-Treibgasen .....	314
12.2.1	Spraydosen.....	314
12.2.1.1	Haushalts- und Kosmetiksprays .....	315
12.2.1.2	Technische Sprays.....	315
12.2.1.3	Medizinische Sprays.....	315
12.2.1.4	Spraydosen für Feuerzeuge .....	316
12.2.1.5	Dekorations sprays .....	316
12.2.1.6	Treibgase in der Lebensmittelindustrie .....	317
12.2.2	Treibmittel zur Produktion von Schaumstoffen .....	318
12.2.3	Flüssiggas als Treibgas im Freizeitbereich .....	319
12.3	Fazit .....	319
<b>13</b>	<b>Europa als eine der bedeutendsten Flüssiggasregionen der Welt: Der europäische LPG-Markt .....</b>	<b>321</b>
13.1	Flüssiggas als alternativer Energieträger in Europa .....	322
13.1.1	Der europäische Flüssiggasmarkt .....	322
13.1.2	Flüssiggas in Europa: Eine Erfolgsgeschichte .....	325
13.1.3	Flüssiggas im europäischen Wärmemarkt.....	327
13.1.4	Autogas als wichtigster alternativer Kraftstoff .....	328
13.1.5	Die wachsende Bedeutung von Flüssiggas als Ausgangsstoff der chemischen Industrie .....	329
13.1.6	Aktuelle Entwicklungen: Hin zu grünem Flüssiggas.....	330
13.1.6.1	Biogenes Flüssiggas aus Finnland, Italien und Frankreich.....	330
13.1.6.2	Biomass-to-Liquid (BtL): BioTfuel aus Frankreich .....	331
13.1.6.3	EU-Konsortialprojekt BioMates .....	332
13.2	Die wichtigsten Flüssiggasländer und ihre Märkte .....	332
13.2.1	Die baltischen Staaten: LPG als Alternative zu Erdgas .....	333
13.2.2	Belgien: Wichtiger Flüssiggasimporteur im ARA-Raum .....	334
13.2.3	Bulgarien: Autogasnation am Schwarzen Meer .....	334
13.2.4	Finnland: Flüssiggas als Feedstock für die chemische Industrie.....	335

13.2.5	Frankreich: Zentrales europäisches Flüssiggasland.....	335
13.2.6	Griechenland: Starker Wachstumsmarkt in Südosteuropa .....	337
13.2.7	Italien: Vorreiter für Flüssiggas in Europa .....	337
13.2.8	Die Niederlande: Wichtigster Importstandort Europas.....	338
13.2.9	Norwegen: LPG-Spitzenproduzent.....	339
13.2.10	Polen: Große europäische Autogasnation.....	340
13.2.11	Portugal: Flüssiggas als Wärmequelle und Feedstock .....	340
13.2.12	Rumänien: Stabiler Flüssiggasmarkt in Südosteuropa.....	341
13.2.13	Russland: Export-Europameister.....	341
13.2.14	Schweden: Wichtiger Wachstumsmarkt in Nordeuropa.....	342
13.2.15	Slowakei: Wachsender Autogasmarkt .....	343
13.2.16	Spanien: Mit Autogas gegen die Luftverschmutzung.....	343
13.2.17	Tschechien: LPG für die Chemieindustrie und die Mobilität .....	344
13.2.18	Türkei: Autogas-Spitzenreiter.....	344
13.2.19	UK: Autogas für britische Taxis .....	345
13.2.20	Die Ukraine: Starker Wachstumsmarkt für Autogas.....	347
13.2.21	Ungarn: Flüssiggas für die chemische Industrie.....	348
13.3	Fazit .....	348
<b>14</b>	<b>Flüssiggas in der Welt: Energieträger von globaler Bedeutung.....</b>	<b>351</b>
14.1	Der globale Flüssiggasmarkt .....	352
14.1.1	Überblick und aktuelle Entwicklungen .....	352
14.1.2	Zentrale Verbrauchssektoren .....	353
14.1.2.1	Private Haushalte .....	353
14.1.2.2	Die chemische Industrie.....	354
14.1.2.3	Alternativkraftstoff Nr. 1 im Verkehr .....	354
14.1.2.4	Industrie und Gewerbe.....	357
14.1.2.5	Land- und Forstwirtschaft .....	358
14.1.2.6	Stromerzeugung aus Flüssiggas als Alternative zu Kohle und Diesel .....	358
14.1.3	Flüssiggasländer mit globaler Relevanz .....	362
14.1.3.1	USA .....	362
14.1.3.2	China .....	364
14.1.3.3	Indien .....	366
14.1.3.4	Japan und Südkorea .....	366
14.1.3.5	Mexiko.....	368
14.1.3.6	Brasilien .....	369
14.1.3.7	Ägypten und Marokko .....	369
14.2	Die gesellschafts- und umweltpolitische Dimension von Flüssiggas .....	371
14.2.1	Saubere Energie zum Kochen und Heizen .....	371
14.2.2	Flexible Versorgung von Flüchtlingscamps .....	376
14.2.3	Beitrag zum globalen Waldschutz .....	379
14.2.4	Verlässliche, schnell einsetzbare Energie in Katastrophen- und Krisenfällen ..	380
14.2.5	Hindernisse bei der Etablierung von Flüssiggas.....	381
14.3	Fazit .....	382

<b>15</b>	<b>Berufsbilder der Flüssiggaswirtschaft .....</b>	<b>385</b>
15.1	Die deutsche Flüssiggaswirtschaft und der Arbeitsmarkt .....	386
15.2	Typische Berufe der Flüssiggaswirtschaft .....	387
15.2.1	Ausbildungsberufe .....	388
15.2.1.1	Kaufmännische Berufe .....	388
15.2.1.1.1	Kaufmann im Groß- und Außenhandel .....	388
15.2.1.1.2	Verkäufer .....	388
15.2.1.2	Technische Berufe .....	390
15.2.1.2.1	Fachinformatiker .....	390
15.2.1.2.2	Anlagenmechaniker Sanitär, Heizung, Klimatechnik (SHK) .....	390
15.2.1.2.3	Industriemechaniker Instandhaltung .....	391
15.2.1.2.4	Kraftfahrzeugmechatroniker mit dem Schwerpunkt Nutzfahrzeugtechnik ...	391
15.2.1.2.5	Werkfeuerwehrmann .....	391
15.2.1.2.6	Chemikant .....	392
15.2.1.2.7	Chemielaborant .....	392
15.2.1.3	Berufe im Bereich Transport und Logistik .....	392
15.2.1.3.1	Berufskraftfahrer Güterverkehr .....	392
15.2.1.3.2	Fachkraft für Lagerlogistik .....	393
15.2.2	Duales Studium .....	394
15.2.2.1	Betriebswirtschaftler/Bachelor of Arts .....	394
15.2.2.2	Wirtschaftsinformatiker/Bachelor of Science .....	395
15.2.2.3	Wirtschaftsingenieur/Bachelor of Engineering .....	395
15.2.3	Universitäts- und Fachhochschulstudium .....	395
15.2.3.1	Ingenieur (Bachelor/Master of Engineering) .....	396
15.2.3.2	Sicherheitsbeauftragter .....	396
15.2.3.3	Jurist .....	397
15.2.3.4	Geograf und Geologe .....	397
15.2.3.5	Chemiker .....	397
15.3	Weiterbildungen .....	399
15.3.1	Angebote der Deutschen Flüssiggas Akademie .....	399
15.3.1.1	Basiswissen Flüssiggas .....	399
15.3.1.2	Flüssiggas-Anlagen im Baugewerbe .....	399
15.3.1.3	Grundlehrgang Ortsveränderliche Flüssiggas-Anlagen .....	399
15.3.1.4	AufbauSeminar Ortsfeste Flüssiggas-Anlagen – TRF 2012 .....	400
15.3.1.5	Flüssiggas-Anlagen in Fahrzeugen .....	400
15.3.1.6	Flüssiggas-Anlagen in Booten .....	400
15.3.1.7	Flüssiggas-Anlagen in Gastronomie/Schaustellergewerbe .....	400
15.3.1.8	Zusatzausbildung Gewerbliche Fahrzeuge .....	400
15.3.1.9	DVFG-Energieeffizienzberater .....	401
15.3.2	Angebote von UNITI .....	401
15.3.2.1	Basis-Workshop Tankstellen-Vorschriften und -Technik .....	401
15.3.2.2	Fahrsicherheitstraining für Mineralöl-Fahrer .....	401
15.3.2.3	Technischer Mineralölkaufmann/Technische Mineralölkauffrau .....	401
15.4	Fazit .....	402

<b>16</b>	<b>Die Zukunft von Flüssiggas .....</b>	<b>403</b>
16.1	Zur Bedeutung von Flüssiggas für die Energiewende .....	403
16.2	Erforderliche Maßnahmen zur Ausschöpfung aller Potenziale .....	408
	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>413</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>419</b>
	Publikationen .....	419
	Internetquellen .....	431
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>465</b>