

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Einleitung	20
2 LNG-Herstellung	23
2.1 Einführung	23
2.2 Daten und Fakten zu LNG	25
2.2.1 Kenndaten des Ausgangsstoffes	25
2.2.1.1 Erdgas	25
2.2.1.2 Vergleich von LNG, CNG, Erdgas und Methan	27
2.2.2 Menge und Herkunft von LNG	28
2.2.2.1 LNG-Importländer	29
2.2.2.2 LNG-Exportländer	30
2.3 Aufbereitung und Verfahren der Erdgasförderung	31
2.3.1 Erdgasförderung	31
2.3.2 Erdgasaufbereitung	34
2.4 Anlagen und Verfahren der Erdgas-Verflüssigung	36
2.4.1 Einsatz von LNG-Anlagen	36
2.4.1.1 Peakshaving	36
2.4.1.2 Baseload	37
2.4.1.3 FLNG – Floating LNG	38
2.4.1.4 Allgemeiner Aufbau einer Verflüssigungsanlage	38
2.4.2 LNG-Verflüssigungsverfahren	39
2.4.2.1 Offene und geschlossene Zyklen	39
2.4.2.2 Kaskaden-Prozess	39
2.4.2.3 Mixed-Refrigerant Cycles Prozess	42
2.4.2.4 Stickstoff-Expansionsverfahren	43
2.4.2.5 Linde-Verfahren	45
2.4.2.6 Shell-Verfahren	46
2.4.2.7 Claude-Heylandt-Verfahren	47
2.4.3 Energiebilanz	48
2.4.4 Kostenvergleiche	49
2.5 Umweltauswirkungen	51
2.5.1 Förderung von Erdgas	52
2.5.2 Aufbereitung von Erdgas	52
2.5.3 Herstellung von LNG	53
2.5.4 Transport von LNG	54
2.6 Fazit	54

3	LBM-Herstellung	59
3.1	Einleitung LBM-Herstellung	59
3.2	Biogene Gase	59
3.2.1	Definition und Herkunft	59
3.2.1.1	Biogas	61
3.2.1.2	Klärgas	63
3.2.1.3	Deponiegas	65
3.2.2	Kenndaten der Ausgangsstoffe	66
3.2.2.1	Biogas	66
3.2.2.2	Klärgas	67
3.2.2.3	Deponiegas	67
3.3	Gewinnung	68
3.3.1	Technologien zur Gasreinigung	68
3.3.1.1	Entschwefelung	69
3.3.1.2	Wasserabscheidung	70
3.3.1.3	Abscheidung weiterer Bestandteile	70
3.3.2	Technologien zur Gasaufbereitung	71
3.3.2.1	Adsorptions-Verfahren	72
3.3.2.2	Absorptions-Verfahren	73
3.3.2.3	Membran-Technologie	74
3.3.2.4	Vergleich der Biogasaufbereitungsverfahren	76
3.3.3	Technologien zur Gasverflüssigung	77
3.3.3.1	Standard-Verflüssigungsverfahren	77
3.3.3.2	Kryotechnische Verfahren	79
3.3.4	Energiebilanz/-bedarf	79
3.3.5	Anlagenbeispiele	79
3.4	Umweltauswirkungen	82
3.4.1	Gasbereitstellung	82
3.4.2	Reinigung und Verflüssigung	84
3.5	Fazit	84
4	LNG-Distribution	87
4.1	Einleitung	87
4.2	Speicherung	87
4.2.1	Technische Voraussetzungen für die Speicherung	87
4.2.1.1	Voraussetzungen für die Flüssighaltung von LNG	87
4.2.1.2	Boil-Off-Gas	88
4.2.1.3	Anforderungen an die Tankbauteile und -werkstoffe	89
4.2.2	Tankbauarten und -systeme	92
4.2.2.1	Kugeltanks	93
4.2.2.2	Membrantanks	94
4.2.2.3	Doppelbehälter tanks	97
4.2.2.4	Flachbodentanks	97

4.2.2.5	Satellitenanlagen	98
4.2.3	Mobile Tanksysteme	99
4.2.3.1	Transport-Tanksysteme	99
4.2.3.2	Antriebs-Tanksysteme	101
4.3	Transfer/Handling	101
4.3.1	Speicher-Speicher-Betankung	101
4.3.2	Speicher-Verbraucher-Betankung	103
4.4	Sicherheit	105
4.4.1	Gefahren beim Transport	105
4.4.2	Gefahrenabwehr beim Transport	107
4.4.3	Gefahren beim Tanken	107
4.4.4	Gefahrenabwehr beim Tanken	108
4.4.5	Maßnahmen für Bedienpersonal und Einsatzkräfte	109
4.4.6	Normen	111
4.5	LNG Blue Corridors Project	112
4.6	Fazit	114
5	LNG-Verwertung	119
5.1	Einführung	119
5.2	Einsatz von LNG im mobilen Sektor	119
5.2.1	Schiffsverkehr	120
5.2.2	Straßenverkehr	121
5.2.3	Reduzierung von Emissionen durch LNG-Einsatz	125
5.3	Kostenvergleich mit anderen Energieträgern	127
5.3.1	Vergleich zu Schweröl im Schiffsverkehr	128
5.3.2	Vergleich zu Diesel/Benzin/LPG/CNG im Straßenverkehr	129
5.4	Sicherheitsaspekte bei der LNG-Verwertung und Wiederverflüssigung	131
5.4.1	Betankung von Lkw	132
5.4.2	Sicherheit bei der Motorentechnik und Methanschluß	133
5.4.3	Unterweisungen von Fahrzeugnutzern	134
5.5	Fazit	134
6	Rahmenbedingungen	137
6.1	Hinführung zum Thema	137
6.2	Weltwirtschaftsentwicklung und konjunkturelle Rahmenbedingungen ..	137
6.3	Entwicklung der weltweiten Energienachfrage und -erzeugung	140
6.4	Energiepolitische Entwicklungen in Deutschland	142
6.5	Internationale rechtliche und politische Rahmenbedingungen	144
6.5.1	Drittes EU-Liberalisierungspaket	145
6.5.2	EU-Energiesteuer-Richtlinie	147
6.5.3	EU-Richtlinie über Maßnahmen zur Gewährleistung der sicheren Erdgasversorgung	148
6.5.4	EU-Richtlinie zum Treibhausgasemissionshandel	150

8.5	Lagerung und LNG-Tanksysteme	257
8.5.1	Tanksysteme	257
8.5.1.1	Single-Containment-Tank-System	258
8.5.1.2	Double-Containment-Tank-System	259
8.5.1.3	Full-Containment-Tank-System	259
8.5.1.4	Membran-Tank-System	261
8.5.1.5	In-Ground-Tank und Underground-Tank	262
8.5.2	Speicherkapazitäten	263
8.6	LNG-Transport	264
8.6.1	Transportmittel	264
8.6.1.1	Schiff	264
8.6.1.2	Truck	266
8.6.2	Boil-off-Gas	266
8.7	Regasifizierung und Einspeisung in Gasnetze	267
8.7.1	Onshore-Regasifizierung	267
8.7.2	Offshore-Regasifizierung (FSRU)	269
8.8	Kostenstruktur	270
8.8.1	Komponenten in der LNG-Versorgungskette	271
8.8.2	Vergleich der Transportkosten: Pipelinesysteme vs. LNG-Lieferkette ..	273
8.9	Zusammenfassung	276
9	Perspektiven von LNG im internationalen Gashandelsgeschäft	287
9.1	Einleitung	287
9.2	Einfluss auf die Marktstruktur	287
9.2.1	Neue Marktteilnehmer	287
9.2.2	Integration regionaler Märkte	288
9.2.3	Entwicklung der Marktliquidität	289
9.2.4	Entwicklung der Leitungsgebundenheit	291
9.2.5	Wirkung auf bestehende Handelshemmnisse	292
9.3	Einfluss auf die Gasbeschaffung	292
9.3.1	Wirkung auf langfristige Beschaffungsverträge	293
9.3.2	Diversifizierung der Gaslieferung	294
9.4	Preise für LNG	294
9.4.1	Preiskomponenten	295
9.4.2	Preisentwicklung nach Regionen	296
9.4.3	Entwicklung des Handelsvolumens	297
9.4.4	Entstehung eines globalen Preisniveaus durch LNG	298
9.5	LNG als Treibstoff	299
9.5.1	LNG als Treibstoff für Kraftfahrzeuge	299
9.5.2	LNG als Treibstoff für Schiffe	301
9.5.3	LNG als Treibstoff für Flugzeuge	302
9.6	Neue Geschäftsfelder für Anlagenbauer	303
9.7	Investitionshemmnisse	304
9.8	Fazit	304

10	Der Markt für LNG	307
10.1	Allgemeine Erklärungen	307
10.2	Prämissen der globalen Entwicklung am Beispiel von LNG-Lkw	307
10.2.1	Prämissen für die deutsche Entwicklung	307
10.2.2	Prämissen für die europäische Entwicklung am Beispiel der Niederlande	310
10.2.3	Prämissen für die weltweite Entwicklung	310
10.2.3.1	Prämissen für die Entwicklung in China	310
10.2.3.2	Prämissen für die Entwicklung in den Vereinigten Staaten von Amerika	311
10.2.3.3	Zusammenfassung der Prämissen für die weltweite Entwicklung	311
10.3	Marktentwicklung im LNG-Handel	312
10.3.1	Entwicklung der Verflüssigungs- & Regasifizierungskapazitäten	312
10.3.1.1	Funktionsweise der Verflüssigungs- & Regasifizierungsanlagen	312
10.3.1.2	Volumen der Verflüssigungs- & Regasifizierungskapazitäten	316
10.3.2	Entwicklung des weltweiten Handelsvolumens	321
10.3.3	Entwicklung der Transportkapazitäten	324
10.3.4	Entwicklung der weltweiten Marktstruktur	327
10.3.4.1	Die erste Phase	327
10.3.4.2	Die zweite Phase	331
10.3.4.3	Die dritte Phase	332
10.4	Entwicklung des europäischen LNG-Marktes	334
10.4.1	Entwicklung des europäischen Handelsvolumens	334
10.4.2	Aktueller Stand und Prognose der Verflüssigungs- & Regasifizierungskapazitäten	336
11	Wettbewerbsanalyse national	343
11.1	Die Entwicklung des Wettbewerbs auf dem deutschen Gasmarkt	343
11.2	Wettbewerbsebenen	344
11.2.1	Wettbewerb um Gasnetze	344
11.2.2	Wettbewerb um Kapazitäten	346
11.2.3	Wettbewerb um Gasspeicher	348
11.2.4	Wettbewerb in der Beschaffung	349
11.2.5	Wettbewerb mit anderen Heizenergieträgern	351
11.2.6	Wettbewerb mit anderen Energieträgern zur Stromerzeugung	353
11.3	Marktstruktur im Markt für LNG	355
11.4	Entwicklung des Wettbewerbs im LNG-Handel	358
11.5	Profile ausgewählter Wettbewerber auf dem deutschen Gasmarkt	360
11.5.1	Überregionale Ferngasgesellschaften	360
11.5.1.1	GAZPROM Germania GmbH	360
11.5.1.2	E.ON SE	361
11.5.1.3	Linde AG	362
11.5.1.4	Erdgas Münster GmbH	363

11.5.1.5	ExxonMobil Central Europe Holding GmbH	364
11.5.1.6	RWE Deutschland	365
11.5.1.7	VNG – Verbundnetz Gas Aktiengesellschaft	366
11.5.1.8	WINGAS GmbH	367
11.5.2	Weitere Ferngasgesellschaften	368
11.5.2.1	Bayerngas GmbH	368
11.5.2.2	EWE Aktiengesellschaft	369
11.5.2.3	Gas-Union GmbH	370
11.5.3	Ausgewählte Erdgasversorgungsunternehmen	371
11.5.3.1	EnBW Energie Baden-Württemberg AG	371
11.5.3.2	Stadtwerke Hannover AG	372
11.5.3.3	GASAG Berliner Gaswerke Aktiengesellschaft	373
11.5.3.4	MITGAS Mitteldeutsche Gasversorgung GmbH	374
11.5.3.5	MVV Energie AG	375
11.5.3.6	Mainova AG	376
11.5.3.7	RheinEnergie AG	377
11.5.3.8	Stadtwerke Düsseldorf AG	378
11.5.3.9	Stadtwerke München GmbH	379
11.5.3.10	Swb AG	380
11.6	Zusammenfassung	381
12	Internationale Energiekonzerne und Technologieanbieter	389
12.1	Zusammenfassung	389
12.2	Einleitung	389
12.3	Internationale Energiekonzerne	389
12.3.1	Gazprom	389
12.3.2	Total	391
12.3.3	Sonatrach	392
12.3.4	British Petroleum	393
12.3.5	Qatar Petroleum	395
12.3.6	Chevron Corporation	397
12.3.7	ExxonMobil	399
12.3.8	Engie SA	400
12.3.9	PetroChina	401
12.3.10	Royal Dutch Shell Group	402
12.4	Technologieanbieter	404
12.4.1	Air Products	404
12.4.2	ConocoPhillips	404
12.4.3	Hyundai Heavy Industries Co. Ltd.	406
12.5	Fazit	406
13	Trends, Chancen und Risiken	415
13.1	Überblick	415

13.1.1	Hintergrund der Marktstudie	415
13.1.2	Markttrends	415
13.2	Chancen und Risiken für Anlagenbauer und Technologiehersteller	433
13.2.1	Großprojekt von Gazprom im Rostocker Hafen	433
13.2.2	Hohe Vorabinvestitionen, aber auch hohe Rendite	434
13.3	Chancen und Risiken für Produzenten	434
13.3.1	Steigende Energienachfrage aufgrund weltweit stetigem Wirtschaftswachstum	434
13.3.2	Sinkende Nachfrage an kanadischem Gas in Amerika	435
13.4	Chancen und Risiken für Logistiker	435
13.4.1	Weite Wege zwischen Exporteur und Importeur	435
13.4.2	Ausbau der Infrastruktur	437
13.5	Chancen und Risiken für die Politik	437
13.5.1	Politische Förderung im Rahmen der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie	437
13.5.2	Gesetzliches Regelwerk für den Gefahrguttransport von LNG	438
13.6	Chancen und Risiken für Händler	438
13.6.1	Die Erdgasreserven in Kanada	438
13.6.2	Der Handel wird größtenteils von Privatunternehmen betrieben	439
13.7	Chancen und Risiken für Kraftwerksbetreiber	440
13.7.1	LNG als Brückentreibstoff	440
13.7.2	LNG Hybrid Barge im Hamburger Hafen	440
13.8	Regionalspezifische Chancen und Risiken	441
13.8.1	LNG als Energielieferant der Zukunft spielt in Norwegen eine sehr große Rolle	441
13.8.2	LNG als Energielieferant der Zukunft in Europa	441
13.9	Fazit	442
14	Strategieoptionen	445
14.1	Einleitung und Strategiedefinition	445
14.2	Optionen zur Strategiefindung	446
14.3	Einfluss von Rahmenbedingungen auf die Strategie	447
14.4	Strategien/Erfolgsfaktoren entlang der Wertschöpfungskette	448
14.5	Regionalspezifische Strategien	451
14.6	Strategieoptionen für einzelne Marktakteure	455
14.6.1	Strategieoptionen für Technologiehersteller	456
14.6.2	Strategieoptionen für Anlagenbauer	457
14.6.3	Strategieoptionen für LNG-Produzenten	461
14.6.4	Strategieoptionen für Logistik- und Transportunternehmen	465
14.6.5	Strategieoptionen der Gasversorger	469
14.6.6	Strategieoptionen der Terminalbetreiber	470
14.7	Fazit	471

15	Zukunftsperspektiven von LNG in Deutschland	477
15.1	Einleitung	477
15.2	Zukunftsperspektiven und aktuelle Entwicklungen im LNG-Bereich	477
15.3	Nationale LNG-Projekte und -Maßnahmen	484
15.3.1	Uniper-Tochter LIQVIS	484
15.3.2	Blue Corridors Project	485
15.3.3	Plan für den Aufbau des ersten LNG-Tankstellennetzes in Deutschland	486
15.3.4	LNG Passenger Vessel	490
15.3.5	LNG-Binnen-Importterminal bei Konstanz am Bodensee	490
15.3.6	Maßnahmen zum Aufbau einer LNG-Tankinfrastruktur für Straßenfahrzeuge (Nationaler Strategierahmen über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe)	491
15.3.7	Weitere Maßnahmen zur Steigerung der LNG-Nutzung in der Schifffahrt (Nationaler Strategierahmen über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe)	491
15.4	Energiekonzept von 2010 und Klimaschutzziele der Bundesregierung	492
15.4.1	Aufgabe des Energiekonzepts	493
15.4.2	Strategie des Energiekonzepts	493
15.4.3	Im Energiekonzept definierte Klimaschutzziele	494
15.4.4	Treibhausgasemissionen und Minderungsziele	494
15.5	Ermittlung des sektorspezifischen Anteils an Fahrzeugen mit LNG-Antrieb bis zum Jahr 2050	498
15.5.1	Vergleichsrechnung Diesel und LNG	499
15.5.2	Reduzierte Marktpreise für LNG	500
15.5.3	LNG als wettbewerbsfähige Alternative zu Diesel	501
15.5.4	Anteil der mit Dieselmotoren betriebenen schweren Lkw	501
15.5.5	CO ₂ -Einsparpotenzial und Einsatzbereiche von LNG im Bereich Motoren und als Kraftstoff	502
15.5.6	Eine Lösung für elektrische Antriebe von schweren Lkw, Bussen, Binnenschiffen und Traktoren ist momentan noch nicht in Sicht	504
15.5.7	Ermittlung der prozentualen Werte des sektorspezifischen Anteils an Fahrzeugen mit LNG-Antrieb bis zum Jahr 2050	504
15.6	Emissionsberechnungsmodell TREMOD	505
15.7	Ausgewählte Fahrzeuge	506
15.7.1	Leichte und schwere Nutzfahrzeuge (Lkw / Schwerlastverkehr), sowie Abfallsammelfahrzeuge (Müllwagen / Gelber Sack / Papier etc.)	506
15.7.2	Abfallsammelfahrzeuge oder allgemein Abfallsammelfahrzeuge (Müllwagen / Gelber Sack / Papier etc.)	508
15.7.3	Stadtbusse/Linienbusse im öffentlichen Nahverkehr zur Personenbeförderung (keine Fernbusse)	509
15.7.4	Binnenschifffahrt	509
15.7.5	Landmaschinen (Traktoren) unter Berücksichtigung von LBM	511
15.8	Referenzszenario	511
15.9	Unterteilung und Erläuterung der jeweiligen Szenarien	513

15.10	Szenario 1	514
15.10.1	Basisszenario zu Szenario 1	514
15.10.2	Szenario 1 (25 % Einsparung der CO ₂ -Emissionen)	515
15.10.3	Szenario 1 (93 % Einsparung der CO ₂ -Emissionen)	515
15.11	Szenario 2	516
15.11.1	Basisszenario zu Szenario 2	517
15.11.2	Szenario 2 (25 % Einsparung der CO ₂ -Emissionen)	517
15.11.3	Szenario 2 (93 % Einsparung der CO ₂ -Emissionen)	517
15.12	Szenario 3	519
15.12.1	Basisszenario zu Szenario 3	519
15.12.2	Szenario 3 (25 % Einsparung der CO ₂ -Emissionen)	519
15.12.3	Szenario 3 (93 % Einsparung der CO ₂ -Emissionen)	520
15.13	Szenario 4	521
15.13.1	Basisszenario zu Szenario 4	521
15.13.2	Szenario 4 (25 % Einsparung der CO ₂ -Emissionen)	522
15.13.3	Szenario 4 (93 % Einsparung der CO ₂ -Emissionen)	523
15.14	Gesamte Einsparung der CO ₂ -Emissionen aller Szenarien im Vergleich zum Referenzszenario	523
15.14.1	25 % Einsparung der CO ₂ -Emissionen aller Szenarien im Vergleich zum Referenzszenario	523
15.14.2	93 % Einsparung der CO ₂ -Emissionen aller Szenarien im Vergleich zum Referenzszenario	524
15.15	Prozentuale Einsparung der CO ₂ -Emissionen aller Szenarien im Vergleich zum Referenzszenario	525
15.15.1	Gesamte prozentuale Einsparung auf Basis einer 25 % CO ₂ -Einsparung	525
15.15.2	Gesamte prozentuale Einsparung auf Basis einer 93 % CO ₂ -Einsparung	526
15.16	Kumulierte Einsparung der CO ₂ -Emissionen aller Szenarien im Vergleich zu den gesamten Treibhausgasemissionen in Deutschland ..	527
15.16.1	Summe der 25 % CO ₂ -Einsparung im Jahr 2020 aus Szenario 1 bis 4 ..	527
15.16.2	Summe der 93 % CO ₂ -Einsparung im Jahr 2020 aus Szenario 1 bis 4 ..	527
15.17	Prozentuale Einsparung der CO ₂ -Emissionen aller Szenarien im Vergleich zu den gesamten Treibhausgasemissionen in Deutschland ..	529
15.17.1	Gesamte prozentuale Einsparung auf Basis einer 25 % CO ₂ -Einsparung	529
15.17.2	Gesamte prozentuale Einsparung auf Basis einer 93 % CO ₂ -Einsparung	529
15.18	Zusätzliches Potenzial zur Reduzierung von Lärm und Umweltbelastung	531
15.19	Zusätzliches Potenzial von CNG im Pkw-Bereich	531
15.20	Fazit	533

16	Der Markt für LNG nach 2030	539
16.1	Ausblick	539
16.2	Energiewirtschaft nach 2030	539
16.3	Gasförderung und LNG-Produktion nach 2030	544
16.3.1	Deutschland	544
16.3.2	Europa	548
16.3.3	Welt	553
16.4	Ausblick auf die Nachfrageentwicklung nach Erdgas und LNG	559
16.4.1	Nachfrageentwicklung weltweit	560
16.4.2	Nachfrageentwicklung in Europa	567
16.4.3	Nachfrageentwicklung in Deutschland	568
16.5	Entwicklung der Import- und Exportströme von Erdgas und LNG	571
16.6	Ausblick auf den Gashandelsmarkt nach 2030	581
16.7	Fazit	582
Autorenverzeichnis		587