

Günter Cerbe
Benno Lendt

Grundlagen der Gastechnik

Gasbeschaffung – Gasverteilung – Gasverwendung

8., vollständig überarbeitete Auflage

Mit Beiträgen von

Klaus Brüggemann, Martin Dehli, Frank Gröschl, Klaus Heikrodt, Torsten Kleiber,
Jürgen Kuck, Jens Mischner, Thomas Schmidt, Albert Seemann, Walter Thielen

HANSER

Inhalt

Vorwort zur achten Auflage	V
Die Autoren	XXI
Geleitwort zur achten Auflage	XXIII
Sponsoren	XXV
1 Brenngase im Energiemarkt; Vorkommen, Gewinnung und Aufbereitung	1
1.1 Brenngasarten nach Herkunft und Entstehung	1
1.2 Gasaufkommen, Verbrauch, Reserven und Entwicklung	2
1.3 Erdgas	7
1.3.1 Lagerstätten, Aufsuche und Förderung	7
1.3.2 Aufbereitung	15
1.3.3 Transport	17
1.4 LNG (Liquefied Natural Gas)	20
1.5 Biomasse	23
1.5.1 Herkunft und Nutzung von Biomasse	23
1.5.2 Eigenschaften der Gase aus Biomasse	25
1.6 Biogase	26
1.6.1 Grundlagen der Vergärung	26
1.6.2 Verunreinigungen im Biogas und deren Wirkungen	28
1.6.3 Anlagenkonzepte	29
1.6.3.1 Biogas aus landwirtschaftlichen Anlagen	29
1.6.3.2 Klärgas	30
1.6.3.3 Deponiegas	30
1.6.4 Ressourcen, Perspektiven und derzeitiger Stand	31
1.6.5 Anforderungen an die Eigenschaften der Biogase aus der nachfolgenden Nutzung	32
1.6.5.1 Dezentrale Anlagen	33
1.6.5.2 Öffentliche Gasversorgung	34

1.7	Synthesegas aus fossilen und regenerativen Quellen	35
1.7.1	Entgasung	36
1.7.2	Vergasung	37
1.7.2.1	Vergasung schwerer Kohlenwasserstoffe	38
1.7.2.2	Vergasung von Kohle	38
1.7.2.3	Thermische Vergasung von Biomasse – Schwachgas	40
1.8	Flüssiggas	41
1.9	Wasserstoff	41
1.10	Gas als Brennstoff im Fahrzeugbetrieb	43
2	Eigenschaften und Austausch von Brenngasen	47
2.1	Gaszustand	47
2.1.1	Bezugszustände, Mengenangaben	47
2.1.2	Ideales und reales Verhalten	50
2.1.3	Gasgemische	59
2.1.4	Verflüssigte Gase	62
2.2	Gaskennwerte	64
2.2.1	Brennwert und Heizwert	64
2.2.2	Dichte und relative Dichte	71
2.2.3	Gasdruck	72
2.2.4	Wobbeindex	74
2.2.5	Gasmodul und Primärluftverhältnis	76
2.2.6	Methanzahl	78
2.2.7	Zündverhalten	79
2.2.8	Wärmekapazität, Viskosität	84
2.2.9	Stoffwerte nichtbrennbarer Gase	85
2.3	Einteilung der Brenngase	86
2.3.1	Einteilungskriterien	86
2.3.2	Gasfamilien	87
2.3.3	Prüfgase	92
2.3.4	Regenerativ erzeugte Gase	95
2.4	Austausch und Zusatz von Gasen	95
2.5	Umstellung und Anpassung von Gasanlagen	100
2.5.1	Umstellung von Gasanlagen	100
2.5.2	Anpassung der Gasgeräte	102
3	Verbrennung der Gase	107
3.1	Verbrennungsvorgang	107
3.2	Verbrennungsrechnung	109

3.3	Verbrennungskontrolle	119
3.3.1	Messmethode	119
3.3.2	Verbrennungsdreiecke	120
3.3.3	Berechnungsmethoden	124
3.4	Theoretische Verbrennungstemperatur	131
3.5	Verluste und Wirkungsgrade	136
3.5.1	Verluste bei Gasgeräten	136
3.5.2	Feuerungstechnischer Wirkungsgrad	139
3.5.3	Gesamtwirkungsgrad	143
3.5.4	Wandverlustwirkungsgrad	144
3.5.5	Teillastwirkungsgrad	144
3.6	Abgastaupunkt	150
4	Rohrnetzrechnung	155
4.1	Ermittlung des Spitzenvolumenstromes	155
4.2	Strömungstechnische Grundlagen	159
4.2.1	Allgemeines	159
4.2.2	Strömungsformen	160
4.2.3	Reibung und Rauigkeit	163
4.2.3.1	Integrale Rauigkeit	166
4.2.4	Einzelwiderstände	168
4.2.4.1	Einzelwiderstandsbeiwerte für Armaturen	169
4.2.4.2	Äquivalente Rohrlänge	169
4.2.5	Auftrieb	171
4.2.6	Gesamtdruckdifferenz bei der Gasfortleitung	172
4.2.7	Strömungsgeschwindigkeit	172
4.3	Druckverlustberechnung	174
4.3.1	Raumveränderliche Fortleitung bei realem Verhalten	174
4.3.2	Raumveränderliche Fortleitung ohne Berücksichtigung des realen Verhaltens	180
4.3.3	Raumbeständige Fortleitung	184
4.3.4	Überschlägige Druckverlustberechnung	193
4.4	Rohrnetze	196
4.4.1	Netzformen	196
4.4.2	Begriffe und Gesetzmäßigkeiten	197
4.4.3	Berechnungsverfahren	199
4.4.4	Einsatz von EDV-Anlagen	207

5	Gastransport – Gasverteilung	211
5.1	Gasleitungen	211
5.1.1	Planung von Gasleitungen	211
5.1.1.1	Grundbegriffe, Vorschriften	211
5.1.1.2	Trassierung, Wegerecht	218
5.1.1.3	Zeitplan	218
5.1.1.4	Aufbau von Gasrohrnetzen	219
5.1.1.5	Bauteile des Gasrohrnetzes	220
5.1.1.6	Rohrwanddickenberechnung bei Stahlrohren	226
5.1.2	Bau von Gasleitungen	229
5.1.2.1	Rohrgrabenarbeiten	229
5.1.2.2	Rohrverlegungsarbeiten	230
5.1.2.3	Korrosionsschutz von Stahlrohrleitungen	231
5.1.2.4	Gas-Hausanschluss	233
5.1.3	Betrieb von Gasleitungen und Gasrohrnetzen	236
5.1.3.1	Inbetriebnahme neuerlegter Leitungen	237
5.1.3.2	Außerbetriebnahme von Leitungen	237
5.1.3.3	Rohrnetzüberwachung	237
5.1.3.4	Bereitschaftsdienst/Rufdienst	238
5.1.3.5	Rohrnetzinstandhaltung	238
5.2	Gas-Druckregelanlagen (GDR), Gas-Druckregel- und Messanlagen (GDRM)	239
5.2.1	Planung, Bau und Betrieb von GDR und GDRM	239
5.2.1.1	Grundbegriffe, Vorschriften	239
5.2.1.2	Arten und Bauausführung von GDR und GDRM	245
5.2.1.3	Aufbau von GDR bzw. GDRM, Baugruppen, Bauteile	248
5.2.1.4	Instandhaltung von GDR bzw. GDRM	278
5.2.2	Gasmengenmessung	278
5.2.2.1	Messverfahren	278
5.2.2.2	Eichpflicht der Gasmessung	286
5.2.2.3	Thermische Gasabrechnung	287
5.2.2.4	Mess- und Fernwirktechnik	288
5.2.3	Odorierung	288
5.2.3.1	Grundsätzliches	288
5.2.3.2	Odoriermittel	289
5.2.3.3	Erforderliche Odoriermittelzugabe	289
5.2.3.4	Hinweise	291
5.3	Verdichter-Anlagen	292
5.3.1	Verdichter in Gastransportleitungen	294
5.3.2	Verdichter in Speicher- und Verteilungsanlagen	297
5.4	Gasentspannungsanlagen	300
5.4.1	Thermodynamische Grundlagen	300
5.4.2	Anlagenauslegung	302

5.5	Netzsteuerung	305
5.6	Transportkosten	307
6	Speicherung und Konditionierung von Erdgas	313
6.1	Berechnung der erforderlichen Speicherkapazität	314
6.2	Speicherung in untertägigen Hohlräumen	319
6.2.1	Porenspeicher	319
6.2.2	Kavernenspeicher	323
6.3	Kugelgasbehälter und Röhrenspeicher	335
6.3.1	Kugelgasbehälter	335
6.3.2	Röhrenspeicher	336
6.4	Speicherleitung	338
6.5	Speicher für verflüssigtes Erdgas (LNG)	340
6.6	Konditionierung	341
6.6.1	Konditionierung von H-Gas und Luft zu L-Gas	341
6.6.2	Konditionierung mit Flüssiggas und Luft in Biogasanlagen und zur Spitzenlastdeckung	342
7	Gasbrenner	349
7.1	Einteilung und Anforderungen	349
7.2	Grundlegende Zusammenhänge	353
7.2.1	Freistrahler	353
7.2.1.1	Massenstromzunahme	353
7.2.1.2	Geschwindigkeits-, Konzentrations- und Temperaturverteilungen	355
7.2.2	Berechnung der Luftansaugung bei Injektorbrennern	356
7.2.3	Ausdehnung der Flamme und Flammenstabilisierung	363
7.2.3.1	Vormischbrenner	363
7.2.3.2	Diffusionsbrenner	369
7.2.4	Schadstoffbildung in Gasfeuerungen	373
7.3	Ausrüstung von Gasbrennern	378
7.3.1	Zündeinrichtung	380
7.3.2	Regelung der Brennerleistung	380
7.3.3	Sicherheitsabsperrarmaturen	386
7.3.4	Gasdruckregel- und Überwachungseinrichtungen	388
7.3.4.1	Druckregler (Druckregelgerät)	388
7.3.4.2	Gasdruckwächter	388
7.3.5	Funktionskontrolleinrichtung für das Gebläse	389
7.3.6	Flammenüberwachungseinrichtungen – Zündsicherungen	389
7.3.6.1	Möglichkeiten der Flammenüberwachung	390

7.3.7	Sonstige Mess- und Sicherheitseinrichtungen	394
7.3.7.1	Dichtheitskontrollleinrichtung (Leckgassicherung)	394
7.3.8	Beispiele für Gasbrenner	396
7.3.8.1	Gasbrenner in Heizungsanlagen	396
7.3.8.2	Flammlose Oxidation	398
8	Gasgeräte in Haushalt und Gewerbe	403
8.1	Übersicht und Einführung	403
8.1.1	Gesetzliche Grundlagen	403
8.1.2	Geräteeinteilung und Kennzeichnung	405
8.2	Gesetze, Verordnungen und Normen	410
8.2.1	Gasgeräte-Richtlinie	410
8.2.2	Energieeinsparverordnung 2016 (EnEV 2016)	415
8.2.2.1	Rechenverfahren	418
8.2.3	Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV)	420
8.2.4	Ökodesign Richtlinie	422
8.2.5	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)	423
8.3	Funktion und Anwendungsgebiete der Gasgeräte	427
8.3.1	Koch-, Wasch-, Trocknungs- und Kühleinrichtungen	427
8.3.2	Gaswasserheizer und Vorratswasserheizer	428
8.3.2.1	Gaswasserheizer	428
8.3.2.2	Vorratswasserheizer	431
8.3.2.3	Geräteausführungen	432
8.3.3	Gasheizkessel	434
8.3.3.1	Schallschutz	435
8.3.3.2	Abgasklappen	437
8.3.4	Brennwertnutzung bei Gasgeräten	438
8.3.5	Gasheizgeräte ohne Warmwasser als Wärmeträger	439
8.3.6	Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen	441
8.3.7	Brennstoffzellen	447
8.3.7.1	Funktionsprinzip	447
8.3.7.2	Brennstoffzellen - Typen und Anwendungs- möglichkeiten	448
8.3.7.3	Sicherheitstechnische Anforderungen; Entwicklungspotenzial	452
8.4	Lastberechnung und Auslegung	453
8.4.1	Wasserheizer	453
8.4.2	Umlaufwasserheizer	458
8.4.3	Kombiwasserheizer	460
8.4.4	Heizkessel	460

8.4.5	Heizstrahler	461
8.4.6	Gaswärmepumpen	463
8.5	Jahresgasverbrauch	465
8.5.1	Jahresgasverbrauch der Wasserheizer	466
8.5.1.1	Jahres-Wärmeaufwand für die Deckung des Trinkwasserwärmebedarfs	466
8.5.2	Jahresgasverbrauch der Gas-Zentralheizung	475
8.5.2.1	Jahres-Wärmeaufwand für die Deckung des Heizwärmebedarfs	475
8.5.2.2	Bestimmung der Aufwandszahl für die Wärmeerzeugung in Zentralheizungssystemen	478
9	Gasinstallationen in Gebäuden und auf Grundstücken	489
9.1	Allgemeine Grundlagen	489
9.2	Voraussetzungen für die Ausführung von Gasanlagen	490
9.3	Leitungsanlagen	491
9.3.1	Rohre	496
9.3.2	Form- und Verbindungsteile sowie sonstige Bauteile	499
9.3.3	Rohrverbindungen	499
9.3.4	Korrosionsschutz	499
9.3.5	Erstellen von Leitungsanlagen	500
9.3.5.1	Allgemeines	500
9.3.5.2	Außenleitungen	500
9.3.5.3	Innenleitungen	501
9.3.6	Verwahren der Leitungsanlagen	504
9.3.7	Arbeiten an in Betrieb befindlichen Leitungen	504
9.3.8	Aufstellen, Umtauschen und Abnehmen von Gaszählern	505
9.3.9	Sicherheits- und Regeleinrichtungen	505
9.3.10	Entfernen von Leitungsanlagen	505
9.3.11	Gasströmungswächter	505
9.3.12	Schutz gegen Eingriffe Unbefugter	506
9.3.13	Auswahl von Gasströmungswächtern	507
9.4	Bemessung von Leitungsanlagen für Gase der 2. Gasfamilie	511
9.4.1	Allgemeine Festlegungen	511
9.4.2	Tabellenverfahren	512
9.4.2.1	Übersicht über die Arbeitsschritte	512
9.4.2.2	Ermittlung der Nennbelastung	512
9.4.2.3	Druckverlust durch steigende oder fallende Leitungen ..	512
9.4.2.4	Druckverlust-Tabellen	512
9.4.2.5	Berechnungslänge der Teilstrecke l_R und Druckverlust aus Einzelwiderständen	513

9.4.2.6	Auswahl und Druckverlust der Rohre und Bauteile	513
9.4.2.7	Sonderfälle	514
9.4.2.8	Gasströmungswächter (GS)	522
9.4.3	Diagrammverfahren	526
9.4.3.1	Anwendung des Diagrammverfahrens für metallene Leitungen	526
9.4.3.2	Anwendung des Diagrammverfahrens für Kunststoffleitungen	530
9.5	Berechnung von Leitungsanlagen für Flüssiggas	531
9.6	Anschluss von Gasgeräten und Gasflaschen	531
9.6.1	Anschluss von Gasgeräten	531
9.6.2	Anschluss von Gasflaschen	531
9.7	Aufstellung von Gasgeräten	532
9.7.1	Grundlegende Festlegungen	532
9.7.2	Begriffe und Gasgerätebezeichnungen	532
9.7.2.1	Begriffe	532
9.7.2.2	Gasgerätebezeichnungen	532
9.7.3	Bedingungen für die Aufstellung von Gasgeräten	533
9.7.3.1	Grundsätzliches	533
9.7.3.2	Unzulässige Räume für die Aufstellung von Gasgeräten . .	533
9.7.3.3	Bedingungen für raumluftabhängige Geräte Art B bei mechanischer Raumluftabsaugung	534
9.7.3.4	Bedingungen für Gasgeräte Art B ₁ und B ₄ bei der Aufstellung in Wohnungen und vergleichbaren Nutzungseinheiten	534
9.7.3.5	Bedingungen für nicht leitungsgebundene Flüssiggas-Geräte und Gas-Durchlaufwasserheizer	534
9.7.3.6	Schutz der Gasgeräte und der Leitungsanlage gegen thermische Beanspruchungen (z. B. Brandeinwirkung) . .	535
9.7.3.7	Zusätzliche Bedingungen für Flüssiggas-Geräte	535
9.7.3.8	Abstände der Gasgeräte zu Bauteilen aus brennbaren Baustoffen	535
9.7.3.9	Bedingungen für die Aufstellung von Gasgeräten Art A, hier Gas-Haushaltskochgeräte	535
9.7.4	Bedingungen für den Anfahrzustand von Gasgeräten Art B ₁ und B ₄ mit Strömungssicherung sowie mit einer Gesamtnennleistung $\sum \dot{Q}_{NL} \leq 35 \text{ kW}$ und für die Verbrennungsluftversorgung von raumluftabhängigen Gasgeräten Art B	536
9.7.4.1	Bedingungen für den Anfahrzustand	536
9.7.4.2	Bedingungen für die Verbrennungsluftversorgung von raumluftabhängigen Gasgeräten Art B mit einer Gesamt- nennleistung $\sum \dot{Q}_{NL} \leq 35 \text{ kW}$	537

9.7.4.3	Bedingungen für den Anfahrzustand der Gasgeräte mit Strömungssicherung und die Verbrennungsluftversorgung von raumluftabhängigen Gasgeräten Art B mit einer Gesamtnennleistung $\sum \dot{Q}_{NL} > 35 \text{ kW}$	544
9.7.5	Zusätzliche Bedingungen für die Aufstellung von raumluftunabhängigen Gasgeräten Art C	546
9.7.5.1	Grundsätzliches	546
9.7.5.2	Bestimmungen für Gasgeräte Art C_1 mit horizontaler Verbrennungsluftzu- und Abgasabführung durch die Außenwand	547
9.7.5.3	Bestimmungen für Gasgeräte Art C_3 mit Verbrennungsluftzu- und Abgasabführung senkrecht über Dach	547
9.7.5.4	Bestimmungen für Gasgeräte Art C_4 mit Verbrennungsluftzu- und Abgasabführung zum Anschluss an ein Luft-Abgas-System (LAS)	547
9.7.5.5	Verschiedenes	547
9.7.6	Zusätzliche Bestimmungen bei der Aufstellung von gewerblich und industriell genutzten Gasgeräten	548
9.8	Abgasabführung von Gasgeräten Art B	548
9.8.1	Grundsätzliches	548
9.8.2	Abgasanlagen: Anforderungen, Planung, Ausführung und Berechnung	549
9.8.3	Abgasabführung über Abgasanlagen	550
9.8.3.1	Eigene Abgasanlagen	550
9.8.3.2	Gemeinsame Abgasanlage	551
9.8.3.3	Gemeinsame Abgasanlage für Gasgeräte Art B_1 und Art B_2	551
9.8.4	Abgasabführung über Lüftungsanlagen	552
9.8.5	Verbindungsstücke (Abgasrohre)	552
9.8.5.1	Querschnitt	552
9.8.5.2	Ausführung	552
9.8.5.3	Führung	553
9.9	Abgasabführung aus raumluftunabhängigen Gasgeräten	554
9.10	Prüfung von Innen- und Außenleitungen	556
9.10.1	Prüfungsvoraussetzungen und Dokumentation	556
9.10.2	Prüfmedien	556
9.10.3	Temperaturausgleich	556
9.10.4	Prüfungsdurchführungen	557
9.10.4.1	Prüfung gemäß DVGW-TRGI für neu verlegte Leitungen ..	557
9.10.4.2	Prüfung gemäß DVGW-TRGI für vorhandene Innenleitungen	557

9.10.4.3	Prüfung gemäß DVGW-TRGI für Anschlüsse und Verbindungen mit Betriebsdrücken bis 1 bar	558
9.10.4.4	Prüfung gemäß TRF	558
9.11	Inbetriebnahme und Funktionsprüfungen von Gasanlagen	559
9.11.1	Einlassen des Gases	559
9.11.2	Einstellen und Funktionsprüfung der Gasgeräte	559
9.11.3	Funktionsprüfung der Abgasanlage raumluftabhängiger Gasgeräte Art B ₁ und B ₄ mit Strömungssicherung	560
9.11.4	Unterrichtung des Anlagenbetreibers	560
9.11.5	Unterhaltung der Gasanlagen in Gebäuden	560
9.12	Flüssiggaslagerung	561
9.12.1	Allgemeines	561
9.12.2	Aufstellung von Flüssiggas-Druckbehältern in Brennstofflagerräumen	561
9.12.3	Aufstellung von Flüssiggas-Druckbehältern im Freien	562
9.12.4	Aufstellung von Flüssiggasflaschen in Wohnungen	562
9.13	Regel- und Sicherheitsarmaturen zwischen Flüssiggas-Druckbehälter im Freien und der Gasanlage im Gebäude	562
10	Marktrollen und Aufgaben in der öffentlichen Gasversorgung ...	565
10.1	Einführung	565
10.1.1	Liberalisierung/Regulierung	565
10.1.2	Netzzugang/Marktzugang	566
10.2	Transport/Messung	568
10.2.1	Netzbetreiber/Messstellenbetreiber/Messdienstleister	568
10.2.2	Zusammenarbeit der Netzbetreiber (Kooperationsvereinbarung VII)	569
10.2.2.1	Allgemeine Bestimmungen	570
10.2.2.2	Marktgebiete	571
10.2.2.3	Interne Bestellung	571
10.2.2.4	Netzkopplung zwischen vor- und nachgelagerten Netzbetreibern	573
10.2.2.5	Gemeinsame Vermarktung von Kapazitäten	574
10.2.2.6	Regelenergie und Bilanzkreise	574
10.2.2.7	Allgemeine Schlussbestimmungen	576
10.2.2.8	Anlagen	576
10.2.3	Abwicklung von Standardlastprofilen (BDEW/VKU/GEODE-Leitfaden)	578
10.2.3.1	Grundlagen der Lastprofilanwendung	578
10.2.3.2	Grundlagen und Beschreibung der Profilverfahren	579
10.2.3.3	Anwendungsverfahren von Lastprofilen	580
10.2.3.4	Qualitätsprüfung und Verbesserung	583

10.2.4	Marktprozesse Bilanzkreismanagement (BDEW/VKU/GEODE-Leitfaden)	586
10.2.4.1	Darstellung verschiedener Marktrollen	586
10.2.4.2	Grundlagen	588
10.2.4.3	Vorgelagerte bilanzierungsrelevante Prozesse	591
10.2.4.4	Nominierung	591
10.2.4.5	Allokation	591
10.2.4.6	Ermittlung des Bilanzkreisstatus und Anreizsystem	592
10.2.4.7	Konvertierung und Konvertierungsumlage	592
10.2.4.8	Allokationsclearing	593
10.2.4.9	Abrechnung von Bilanzkreisverträgen	593
10.2.4.10	Mehr-/Mindermengenabrechnung	594
10.2.4.11	Berechnung und Abrechnung von Netzkonten	595
10.2.4.12	Mini-Müt	596
10.2.5	Marktraumumstellung (BDEW/VKU/GEODE-Leitfaden)	596
10.2.6	Anreizregulierung und Festlegung der Erlösbergrenze	597
10.2.6.1	Ermittlung der Netzkosten	598
10.2.6.2	Ermittlung der Erlösbergrenze	599
10.2.7	Netzentgelte, Entgelte für Messung und Abrechnung	601
10.2.7.1	Netzentgelte für Transportnetze	601
10.2.7.2	Netzentgelte für örtliche Verteilernetze	601
10.2.7.3	Entgelte für Messung, Messstellenbetrieb und Abrechnung	607
10.2.7.4	Verprobung, Preisnachlässe, Konzessionsabgaben, Direktleitungsbau, Biomethan, Veröffentlichung	608
10.2.8	Meldungen an die BNetzA	608
10.2.8.1	Versorgungsunterbrechungen	608
10.2.8.2	Monitoring	609
10.2.9	Netzplanung	610
10.2.9.1	Gesetzmäßigkeiten des Gasabsatzes	610
10.2.9.2	Transportkapazität und Netzauslastung	619
10.2.9.3	Ausbauplanung	626
10.2.9.4	Netzentwicklungsplan	631
10.2.10	Hausanschlüsse	632
10.2.10.1	Baukostenzuschuss	632
10.2.10.2	Netzanschlusskosten	633
10.2.10.3	Niederdruckanschlussverordnung NDAV	634
10.2.11	Krisenvorsorge Gas (BDEW/VKU/GEODE-Leitfaden)	635
10.2.12	Konzessionsverträge	637
10.2.13	Biomethan	638
10.2.13.1	Netzanschluss	638
10.2.13.2	Erweiterter Bilanzausgleich	639
10.2.14	Messstellenbetrieb/Messung	639

10.3	Speicherung	640
10.3.1	Speicherzugang	640
10.3.2	Vergabe von Speicherkapazitäten	641
10.3.3	Speicherbewirtschaftung	642
10.3.4	Speicherentgelte	642
10.4	Handel/Vertrieb	643
10.4.1	Lieferanten	643
10.4.2	Netzzugang/Marktzugang/Lieferantenwechsel	644
10.4.3	Kostenbestandteile	644
10.4.3.1	Gasbezug	644
10.4.3.2	Netzentgelte	645
10.4.3.3	Sonstige Kosten	645
10.4.4	Marketing	645
10.4.4.1	Marketingstrategie	645
10.4.4.2	Marktforschung	646
10.4.4.3	Absatzplanung	648
10.4.4.4	Preispolitik	649
10.4.4.5	Preisgestaltung/Energiepreisvergleich	650
10.4.4.6	Sonderverträge	651
10.4.5	Grundversorgung/Ersatzversorgung	653
10.4.5.1	Gasgrundversorgungsverordnung - GasGVV	653
11	Emissionen, Immissionen; Brenn- und Abgasanalytik	657
11.1	Ausstoß von Luftschadstoffen und klimawirksamen Gasen	657
11.1.1	Allgemeines	657
11.1.2	Luftschadstoffe	657
11.1.3	Klimawirksamkeit von Spurengasen	659
11.1.3.1	Klimabegriff; klimawirksame Gase	659
11.1.3.2	5. Sachstandsbericht des Weltklimarats IPCC	665
11.1.3.3	Politische Bemühungen zur Begrenzung des Ausstoßes klimawirksamer Gase	673
11.2	Emissionen, Immissionen	674
11.2.1	Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)	674
11.2.2	Quantitative Kennzeichnung von Emissionen und Immissionen ..	681
11.2.3	Massenbilanzen	685
11.2.4	Emissionen	687
11.2.4.1	Emissionsminderung	688
11.2.4.2	Emissionsgrenzwerte	690
11.2.4.3	Abgasschornsteine	695
11.2.5	Immissionen	698
11.2.5.1	Ausbreitungsrechnung	700
11.2.5.2	Arbeitsplatzgrenzwerte	700

3	Messwertbeurteilung	701
4	Brenngasanalytik	702
11.4.1	Gaschromatographie	703
11.4.2	Gaskalorimeter	706
11.4.3	Gasdichtewaage	708
11.4.4	Gaswarneinrichtungen	709
11.4.5	Prüfröhrchen	709
5	Messen von Emissionen und Immissionen	710
11.5.1	Lichtabsorptionsverfahren	712
11.5.2	Sauerstoffbestimmung	714
11.5.3	Chemolumineszenz	714
11.5.4	Nasschemische Verfahren	716
11.5.5	Elektrochemische Zellen	716
6	Kondensate	717
11.6.1	Kondensatanfall und Kondensatinhaltsstoffe	717
11.6.2	Neutralisationsanlage	720
2	Sicherheit im Gasfach	725
12.1	Einführung in das Thema	725
12.2	Allgemeine Erläuterung des Sicherheitsbegriffes	727
12.2.1	Definition Schaden	727
12.2.2	Definition Risiko	728
12.2.3	Definition Sicherheit	729
12.3	Psychologische Aspekte der Sicherheit	730
12.4	Rechtliche Grundlagen	732
12.4.1	Sicherheitsanforderungen in Gesetzen, Verordnungen und Technischen Regeln	732
12.4.2	Gesetze und Verordnungen	733
12.4.2.1	Rechtliche Bedeutung von Gesetzen und Verordnungen ..	733
12.4.2.2	Sicherheitsrelevante Gesetze für den Bereich der Gasversorgung	733
12.4.2.3	Sicherheitsrelevante Verordnungen für den Bereich der Gasversorgung	735
12.4.3	Technische Regeln	735
12.4.3.1	Rechtliche Bedeutung von Technischen Regeln	735
12.4.3.2	DVGW-Regelwerk Gas	736
12.4.3.3	Normenwerk des DIN Deutsches Institut für Normung (DIN-Normen)	739
12.4.3.4	Normenwerk des Europäischen Komitees für Normung CEN (Erstellung der Europäischen Normen – EN)	740
12.4.4	Unternehmensinterne Festlegungen	740

12.5	Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit	740
12.5.1	Maßnahmenselktion durch Schadensanalyse	741
12.5.2	Technische Maßnahmen	742
12.5.3	Qualifizierungsmaßnahmen	743
12.5.4	Organisatorische Maßnahmen	743
12.5.5	Die Schaden- und Unfallstatistik Gas des DVGW	745
12.6	Arbeitssicherheit	746
12.6.1	Begriffsbestimmungen	747
12.6.2	Rechtliche Grundlagen	747
12.6.3	Innerbetriebliche Zuständigkeiten für die Arbeitssicherheit	748
12.6.4	Maßnahmen der Arbeitssicherheit	750
12.6.4.1	Technische Maßnahmen	750
12.6.4.2	Qualifizierungsmaßnahmen	751
12.6.4.3	Organisatorische Maßnahmen	751
13	Anhang	753
13.1	Lösungsergebnisse der Aufgaben	753
13.2	Formelzeichen	757
13.3	Abkürzungen	763
13.4	Wiederholung häufig gebrauchter Tafeln	769
Index	779