

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort zur siebten Auflage	5
Vorwort zur siebten Auflage	7
Die Autoren	9
Sponsoren	11
Verzeichnis der Tafeln	23
1 Brenngase im Energiemarkt; Vorkommen, Gewinnung und Aufbereitung	1
1.1 Brenngasarten nach Herkunft und Entstehung	1
1.2 Gasaufkommen, Verbrauch, Reserven	2
1.3 Erdgas.	5
1.3.1 Lagerstätten, Aufsuche und Förderung.	5
1.3.2 Aufbereitung.	11
1.3.3 Transport	12
1.4 LNG	13
1.5 Biomasse.	16
1.5.1 Herkunft und Nutzung von Biomasse	16
1.5.2 Eigenschaften der Gase aus Biomasse	18
1.6 Biogase	19
1.6.1 Grundlagen der Vergärung	19
1.6.2 Verunreinigungen im Biogas und deren Wirkungen	21
1.6.3 Anlagenkonzepte	21
1.6.3.1 Biogas aus landwirtschaftlichen Anlagen	21
1.6.3.2 Klärgas	22
1.6.3.3 Deponiegas.	22
1.6.4 Ressourcen, Perspektiven und Erfahrungen	23
1.6.5 Anforderungen an die Eigenschaften der Biogase aus der nachfolgenden Nutzung	25
1.6.5.1 Dezentrale Anlagen	25
1.6.5.2 Öffentliche Gasversorgung	26
1.7 Synthesegas aus fossilen und regenerativen Quellen	27
1.7.1 Entgasung	28
1.7.2 Vergasung	29
1.7.2.1 Vergasung schwerer Kohlenwasserstoffe	30
1.7.2.2 Vergasung von Kohle	30
1.7.2.3 Thermische Vergasung von Biomasse – Schwachgas	31
1.8 Flüssiggas	32
1.9 Wasserstoff.	33
1.10 Gas als Brennstoff im Fahrzeugbetrieb.	34
2 Eigenschaften und Austausch von Brenngasen	37
2.1 Gaszustand.	37
2.1.1 Bezugzustände, Mengenangaben	37
2.1.2 Ideales und reales Verhalten	39
2.1.3 Gasgemische	47
2.1.4 Verflüssigte Gase	49
2.2 Gaskennwerte	51

2.2.1	Brennwert und Heizwert	52
2.2.2	Dichte und relative Dichte	57
2.2.3	Gasdruck	58
2.2.4	Wobbeindex	59
2.2.5	Gasmodul und Primärluftverhältnis	61
2.2.6	Methanzahl	63
2.2.7	Zündverhalten	63
2.2.8	Wärmekapazität, Viskosität	67
2.2.9	Stoffwerte nichtbrennbarer Gase	70
2.3	Einteilung der Brenngase>	70
2.3.1	Einteilungskriterien	70
2.3.2	Gasfamilien	71
2.3.3	Prüfgase	75
2.3.4	Regenerativ erzeugte Gase	76
2.4	Austausch und Zusatz von Gasen	78
2.5	Umstellung und Anpassung von Gasanlagen	81
2.5.1	Umstellung von Gasanlagen	82
2.5.2	Anpassung der Gasgeräte	83
3	Verbrennung der Gase	87
3.1	Verbrennungsvorgang	87
3.2	Verbrennungsrechnung	88
3.3	Verbrennungskontrolle	97
3.3.1	Messmethode	97
3.3.2	Verbrennungsdreiecke	98
3.3.3	Berechnungsmethoden	100
3.4	Theoretische Verbrennungstemperatur	106
3.5	Verluste und Wirkungsgrade	111
3.5.1	Verluste bei Gasgeräten	111
3.5.2	Feuerungstechnischer Wirkungsgrad	114
3.5.3	Gesamtwirkungsgrad	117
3.5.4	Wandverlustwirkungsgrad	118
3.5.5	Teillastwirkungsgrad	118
3.6	Abgastaupunkt	123
4	Rohrnetzberechnung	125
4.1	Ermittlung des Spitzenvolumenstromes	125
4.2	Strömungstechnische Grundlagen	128
4.2.1	Allgemeines	128
4.2.2	Strömungsformen	129
4.2.3	Reibung und Rauigkeit	131
4.2.4	Einzelwiderstände	135
4.2.5	Auftrieb	137
4.2.6	Gesamtdruckdifferenz bei der Gasfortleitung	138
4.2.7	Strömungsgeschwindigkeit	138
4.3	Druckverlustberechnung	139
4.3.1	Raumveränderliche Fortleitung bei realem Verhalten	139
4.3.2	Raumveränderliche Fortleitung ohne Berücksichtigung des realen Verhaltens	145

4.3.3	Raumbeständige Fortleitung	148
4.3.4	Überschlägige Druckverlustberechnung	156
4.4	Rohrnetze	159
4.4.1	Netzformen	159
4.4.2	Begriffe und Gesetzmäßigkeiten	160
4.4.3	Berechnungsverfahren	161
4.4.4	Einsatz von EDV-Anlagen	169
5	Gastransport – Gasverteilung	171
5.1	Gasleitungen	171
5.1.1	Planung von Gasleitungen	171
5.1.1.1	Grundbegriffe, Vorschriften	171
5.1.1.2	Trassierung, Wegerecht	171
5.1.1.3	Zeitplan	177
5.1.1.4	Aufbau von Gasrohrnetzen	177
5.1.1.5	Bauteile des Gasrohrnetzes	178
5.1.1.6	Rohrwanddickenberechnung bei Stahlrohren	184
5.1.2	Bau von Gasleitungen	186
5.1.2.1	Rohrgrabenarbeiten	186
5.1.2.2	Rohrverlegungsarbeiten	187
5.1.2.3	Korrosionsschutz von Stahlrohrleitungen	187
5.1.2.4	Gas-Hausanschluss	189
5.1.3	Betrieb von Gasleitungen und Gasrohrnetzen	192
5.1.3.1	Inbetriebnahme neuerlegter Leitungen	192
5.1.3.2	Außerbetriebnahme von Leitungen	192
5.1.3.3	Rohrnetzüberwachung	193
5.1.3.4	Bereitschaftsdienst/Rufdienst	194
5.1.3.5	Rohrnetzinstandhaltung	194
5.2	Gas-Druckregelanlagen (GDR), Gas-Druckregel- und Messanlagen (GDRM)	194
5.2.1	Planung, Bau und Betrieb von GDR und GDRM	194
5.2.1.1	Grundbegriffe, Vorschriften	194
5.2.1.2	Arten und Bauausführung von GDR und GDRM	200
5.2.1.3	Aufbau von GDR bzw. GDRM, Baugruppen, Bauteile	204
5.2.1.4	Instandhaltung von GDR bzw. GDRM	230
5.2.2	Gasmengenmessung	230
5.2.2.1	Messverfahren	230
5.2.2.2	Eichpflicht der Gasmessung	237
5.2.2.3	Thermische Gasabrechnung	238
5.2.2.4	Mess- und Fernwirktechnik	238
5.2.3	Odorierung	238
5.2.3.1	Grundsätzliches	238
5.2.3.2	Odoriermittel	239
5.2.3.3	Erforderliche Odoriermittelzugabe	240
5.2.3.4	Hinweise	241
5.3	Verdichter-Anlagen	242
5.3.1	Verdichter in Gastransportleitungen	243
5.3.2	Verdichter in Speicher- und Verteilungsanlagen	245
5.4	Gasentspannungsanlagen	248
5.4.1	Thermodynamische Grundlagen	248
5.4.2	Anlagenauslegung	250

5.5	Netzsteuerung	252
5.6	Transportkosten	254
6	Ausgleich der Verbrauchsspitzen	257
6.1	Untertage-Speicherung	257
6.1.1	Porenspeicher	258
6.1.2	Kavernenspeicher	261
6.2	Niederdruckspeicherung	263
6.2.1	Scheibengasbehälter	263
6.2.2	Rollmembranbehälter	263
6.3	Hochdruckspeicherung	265
6.3.1	Kugelgasbehälter	265
6.3.2	Röhrenspeicher	267
6.3.3	Speicherleitung	268
6.4	Speicher für verflüssigtes Erdgas (LNG)	270
6.5	Gasdarbietung durch Zusatzgase	271
6.5.1	Grenzen der Zumischung	271
6.5.2	Ausführung der Zumischanlagen	274
6.6	Einsatzbereiche von Spitzendeckungsmaßnahmen	277
7	Gasbrenner	281
7.1	Einteilung und Anforderungen	281
7.2	Grundlegende Zusammenhänge	284
7.2.1	Freistrahler	284
7.2.2	Berechnung der Luftansaugung bei Injektorbrennern	287
7.2.3	Ausdehnung der Flamme und Flammenstabilisierung	292
7.2.3.1	Vormischbrenner	292
7.2.3.2	Diffusionsbrenner	297
7.2.4	Schadstoffbildung in Gasfeuerungen	300
7.3	Ausrüstung von Gasbrennern	304
7.3.1	Zündeinrichtung	306
7.3.2	Regelung der Brennerleistung	306
7.3.3	Sicherheitsabsperrearmaturen	309
7.3.4	Gasdruckregel- und Überwachungseinrichtungen	311
7.3.5	Funktionskontrollleinrichtung für das Gebläse	311
7.3.6	Flammenüberwachungseinrichtungen – Zündsicherungen	312
7.3.7	Sonstige Mess- und Sicherheitseinrichtungen	315
7.3.8	Beispiele für Gasbrenner in Heizungsanlagen	317
8	Gasgeräte in Haushalt und Gewerbe	321
8.1	Übersicht und Einführung	321
8.1.1	Gesetzliche Grundlagen	321
8.1.2	Geräteeinteilung und Kennzeichnung	321
8.2	Gesetze, Verordnungen und Normen	325
8.2.1	Gasgeräte-Richtlinie	327
8.2.2	Energieeinsparverordnung 2007 (EnEV 2007)	331
8.2.3	Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV)	335
8.2.4	Das Umweltzeichen „Blauer Engel“ des Umweltbundesamtes (Berlin)	336

8.3	Funktion und Anwendungsgebiete der Gasgeräte	339
8.3.1	Koch-, Wasch-, Trocknungs- und Kühleinrichtungen	339
8.3.2	Gaswasserheizer und Vorratswasserheizer	340
8.3.2.1	Gaswasserheizer	340
8.3.2.2	Vorratswasserheizer	342
8.3.2.3	Geräteausführungen	343
8.3.3	Gasheizkessel	346
8.3.3.1	Schallschutz	348
8.3.3.2	Abgasklappen	349
8.3.4	Brennwertnutzung bei Gasgeräten.	349
8.3.5	Gasheizgeräte ohne Warmwasser als Wärmeträger.	350
8.3.6	Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen	352
8.3.7	Brennstoffzellen	357
8.3.7.1	Funktionsprinzip	357
8.3.7.2	Brennstoffzellen – Typen und Anwendungsmöglichkeiten.	358
8.3.7.3	Sicherheitstechnische Anforderungen; Entwicklungspotenzial	361
8.4	Lastberechnung und Auslegung	362
8.4.1	Wasserheizer	362
8.4.2	Umlaufwasserheizer	366
8.4.3	Kombiwasserheizer	367
8.4.4	Heizkessel	368
8.4.5	Heizstrahler	368
8.4.6	Gaswärmepumpen	369
8.5	Jahresgasverbrauch	371
8.5.1	Jahresgasverbrauch der Wasserheizer	372
8.5.2	Jahresgasverbrauch der Gas-Zentralheizung	378
9	Gasinstallationen in Gebäuden und auf Grundstücken	387
9.1	Allgemeine Grundlagen	387
9.2	Voraussetzungen für die Ausführung von Gasanlagen	387
9.3	Leitungsanlagen.	388
9.3.1	Rohre	389
9.3.2	Form- und Verbindungsteile sowie sonstige Bauteile	396
9.3.3	Rohrverbindungen	396
9.3.4	Korrosionsschutz	396
9.3.5	Erstellen von Leitungsanlagen	397
9.3.5.1	Allgemeines	397
9.3.5.2	Außenleitungen	397
9.3.5.3	Innenleitungen	397
9.3.6	Verwahren der Leitungsanlagen.	400
9.3.7	Arbeiten an in Betrieb befindlichen Leitungen	400
9.3.8	Aufstellen, Umtauschen und Abnehmen von Gaszählern	401
9.3.9	Sicherheits- und Regeleinrichtungen	401
9.3.10	Entfernen von Leitungsanlagen	401
9.3.11	Gasströmungswächter	401
9.3.12	Schutz gegen Eingriffe Unbefugter	402
9.3.13	Auswahl von Gasströmungswächtern	402
9.4	Bemessung von Leitungsanlagen für Gase der 2. Gasfamilie	403
9.4.1	Allgemeine Festlegungen.	403
9.4.2	Tabellenverfahren.	406

9.4.2.1	Übersicht über die Arbeitsschritte	406
9.4.2.2	Ermittlung der Nennbelastung	406
9.4.2.3	Druckverlust durch steigende oder fallende Leitungen	406
9.4.2.4	Druckverlust-Tabellen	406
9.4.2.5	Berechnungslänge der Teilstrecke l_R und Druckverlust aus Einzelwiderständen	406
9.4.2.6	Auswahl und Druckverlust der Rohre und Bauteile	407
9.4.2.7	Sonderfälle.	415
9.4.2.8	Gasströmungswächter (GS)	415
9.4.3	Diagrammverfahren.	417
9.4.3.1	Anwendung des Diagrammverfahrens für metallene Leitungen	421
9.4.3.2	Anwendung des Diagrammverfahrens für Kunststoffleitungen	422
9.5	Berechnung von Leitungsanlagen für Flüssiggas.	422
9.6	Anschluss von Gasgeräten und Gasflaschen	425
9.6.1	Anschluss von Gasgeräten	425
9.6.2	Anschluss von Gasflaschen	425
9.7	Aufstellung von Gasgeräten	426
9.7.1	Grundlegende Festlegungen	426
9.7.2	Begriffe und Gasgerätebezeichnungen.	426
9.7.2.1	Begriffe	426
9.7.2.2	Gasgerätebezeichnungen.	426
9.7.3	Bedingungen für die Aufstellung von Gasgeräten	427
9.7.3.1	Grundsätzliches.	427
9.7.3.2	Unzulässige Räume für die Aufstellung von Gasgeräten	427
9.7.3.3	Bedingungen für raumluftabhängige Geräte Art B bei mechanischer Raumluftabsaugung	427
9.7.3.4	Bedingungen für Gasgeräte Art B ₁ und B ₄ bei der Aufstellung in Wohnungen und vergleichbaren Nutzungseinheiten	428
9.7.3.5	Bedingungen für nicht leitungsgebundene Flüssiggas-Geräte und Gas-Durchlaufwasserheizer.	428
9.7.3.6	Schutz der Gasgeräte und der Leitungsanlage gegen thermische Beanspruchungen (z. B. Brandeinwirkung)	428
9.7.3.7	Zusätzliche Bedingungen für Flüssiggas-Geräte	428
9.7.3.8	Abstände der Gasgeräte zu Bauteilen aus brennbaren Baustoffen.	428
9.7.3.9	Bedingungen für die Aufstellung von Gasgeräten Art A, hier Gas-Haushaltskochgeräte	428
9.7.4	Bedingungen für den Anfahrzustand von Gasgeräten Art B ₁ und B ₄ mit Strömungssicherung sowie mit einer Gesamtnennwärmeleistung $\sum \dot{Q}_{NL} \leq 35 \text{ kW}$ und für die Verbrennungsluftversorgung von raumluftabhängigen Gasgeräten Art B	429
9.7.4.1	Bedingungen für den Anfahrzustand	429
9.7.4.2	Bedingungen für die Verbrennungsluftversorgung von raumluftabhängigen Gasgeräten Art B mit einer Gesamtnennwärmeleistung $\sum \dot{Q}_{NL} \leq 35 \text{ kW}$	430
9.7.4.3	Bedingungen für den Anfahrzustand der Gasgeräte mit Strömungssicherung und die Verbrennungsluftversorgung von raumluftabhängigen Gasgeräten Art B mit einer Gesamtnennwärmeleistung $\sum \dot{Q}_{NL} > 35 \text{ kW}$	435

9.7.5	Zusätzliche Bedingungen für die Aufstellung von raumluftunabhängigen Gasgeräten Art C	437
9.7.5.1	Grundsätzliches	437
9.7.5.2	Bestimmungen für Gasgeräte Art C ₁ mit horizontaler Verbrennungsluftzu- und Abgasabführung durch die Außenwand	437
9.7.5.3	Bestimmungen für Gasgeräte Art C ₃ mit Verbrennungsluftzu- und Abgasabführung senkrecht über Dach	438
9.7.5.4	Bestimmungen für Gasgeräte Art C ₄ mit Verbrennungsluftzu- und Abgasabführung zum Anschluss an ein Luft-Abgas-System (LAS)	438
9.7.5.5	Verschiedenes.	438
9.7.6	Zusätzliche Bestimmungen bei der Aufstellung von gewerblich und industriell genutzten Gasgeräten	438
9.8	Abgasabführung von Gasgeräten Art B	439
9.8.1	Grundsätzliches.	439
9.8.2	Abgasanlagen: Anforderungen, Planung, Ausführung und Berechnung	439
9.8.3	Abgasabführung über Abgasanlagen.	439
9.8.4	Abgasabführung über Lüftungsanlagen	441
9.8.5	Verbindungsstücke (Abgasrohre)	441
9.8.5.1	Querschnitt.	441
9.8.5.2	Ausführung.	442
9.8.5.3	Führung	442
9.9	Abgasabführung aus raumluftunabhängigen Gasgeräten	444
9.10	Prüfung von Innen- und Außenleitungen	445
9.10.1	Prüfungsvoraussetzungen und Dokumentation	445
9.10.2	Prüfmedien	445
9.10.3	Temperaturausgleich.	445
9.10.4	Prüfungsdurchführungen	445
9.10.4.1	Prüfung gemäß DVGW-TRGI für neu verlegte Leitungen	445
9.10.4.2	Prüfung gemäß DVGW-TRGI für vorhandene Innenleitungen	446
9.10.4.3	Prüfung gemäß DVGW-TRGI für Anschlüsse und Verbindungen mit Betriebsdrücken bis 1 bar	446
9.10.4.4	Prüfung gemäß TRF.	447
9.11	Inbetriebnahme und Funktionsprüfungen von Gasanlagen	447
9.11.1	Einlassen des Gases	447
9.11.2	Einstellen und Funktionsprüfung der Gasgeräte.	447
9.11.3	Funktionsprüfung der Abgasanlage raumluftabhängiger Gasgeräte Art B ₁ und B ₄ mit Strömungssicherung	448
9.11.4	Unterrichtung des Anlagenbetreibers	448
9.11.5	Unterhaltung der Gasanlagen in Gebäuden.	448
9.12	Flüssiggaslagerung.	448
9.12.1	Allgemeines	448
9.12.2	Aufstellung von Flüssiggas-Druckbehältern in Brennstofflagerräumen	448
9.12.3	Aufstellung von Flüssiggas-Druckbehälter im Freien	449
9.12.4	Aufstellung von Flüssiggasflaschen in Wohnungen	449
9.13	Regel- und Sicherheitsarmaturen zwischen Flüssiggas-Druckbehälter im Freien und der Gasanlage im Gebäude	449

10 Marketing und Gasbezugsplanung	451
10.1 Marketing	451
10.1.1 Marktforschung	451
10.1.2 Absatzplanung	453
10.1.3 Preispolitik	454
10.1.4 Preisgestaltung/Preisvergleich	455
10.1.5 Sonderverträge	458
10.1.6 Bezugsvertrag	461
10.1.7 Gasgrundversorgungsverordnung – GasGVV vom 26. Oktober 2006	461
10.1.7.1 Rückblick auf die alte AVBGasV	462
10.1.7.2 Neuregelung durch die GasGVV	462
10.1.7.3 Änderungen im Einzelnen	463
10.1.8 Niederdruckanschlussverordnung – NDAV vom 1. November 2006	464
10.1.8.1 Übersicht	464
10.1.8.2 Baukostenzuschuss	464
10.1.8.3 Netzanschlusskosten.	466
10.1.9 Konzessionsverträge	470
10.2 Planung des Gasbezuges und der Rohrnetzleistung	471
10.2.1 Gesetzmäßigkeiten des Gasabsatzes.	471
10.2.2 Transportkapazität und Netzauslastung	478
10.2.3 Ausbauplanung.	485
10.3 Netzzugang	489
10.3.1 Systematik der Kapazitätsvergabe.	490
10.3.1.1 Kapazitätsmodelle	490
10.3.1.2 Entgeltmodelle	493
10.3.1.3 Vergabeverfahren.	494
10.3.2 Nutzung von Netzkapazitäten	495
10.3.2.1 Transport	496
10.3.2.2 Speicherung	500
10.3.2.3 Verteilung	501
10.3.2.4 Lastprofile	506
11 Emissionen, Immissionen; Brenn- und Abgasanalytik	517
11.1 Ausstoß von Luftschadstoffen und klimawirksamen Gasen	517
11.1.1 Allgemeines	517
11.1.2 Luftschadstoffe.	517
11.1.3 Klimawirksamkeit von Spurengasen.	518
11.2 Emissionen, Immissionen	525
11.2.1 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)	525
11.2.2 Quantitative Kennzeichnung von Emissionen und Immissionen	528
11.2.3 Massenbilanzen	533
11.2.4 Emissionen	535
11.2.5 Immissionen	544
11.3 Messwertbeurteilung	546
11.4 Brenngasanalytik	547
11.4.1 Gaschromatographie	547
11.4.2 Gaskalorimeter.	550
11.4.3 Gasdichtewaage	552

11.4.4	Gaswarneinrichtungen	553
11.4.5	Prüfröhrchen	553
11.5	Messen von Emissionen und Immissionen	554
11.5.1	Lichtabsorptionsverfahren	555
11.5.2	Sauerstoffbestimmung	557
11.5.3	Chemolumineszenz	557
11.5.4	Nasschemische Verfahren	558
11.5.5	Elektrochemische Zellen	559
11.6	Kondensate	560
11.6.1	Kondensatanfall und Kondensatinhaltsstoffe	560
11.6.2	Neutralisationsanlage	562
12	Sicherheit im Gasfach	565
12.1	Einführung in das Thema	565
12.2	Allgemeine Erläuterung des Sicherheitsbegriffes	566
12.2.1	Definition Schaden	566
12.2.2	Definition Risiko	567
12.2.3	Definition Sicherheit	567
12.3	Psychologische Aspekte der Sicherheit	568
12.4	Rechtliche Grundlagen	570
12.4.1	Sicherheitsanforderungen in Gesetzen, Verordnungen und Technischen Regeln	570
12.4.2	Gesetze und Verordnungen	571
12.4.2.1	Rechtliche Bedeutung von Gesetzen und Verordnungen	571
12.4.2.2	Sicherheitsrelevante Gesetze für den Bereich der Gasversorgung	571
12.4.2.3	Sicherheitsrelevante Verordnungen für den Bereich der Gasversorgung	572
12.4.3	Technische Regeln	573
12.4.3.1	Rechtliche Bedeutung von Technischen Regeln	573
12.4.3.2	DVGW-Regelwerk Gas	574
12.4.3.3	Normenwerk des DIN Deutsches Institut für Normung (DIN-Normen)	576
12.4.3.4	Normenwerk des Europäischen Komitees für Normung CEN Erstellung der Europäischen Normen – EN	577
12.4.4	Unternehmensinterne Festlegungen	577
12.5	Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit	577
12.5.1	Maßnamenselektion durch Schadensanalyse	577
12.5.2	Technische Maßnahmen	578
12.5.3	Qualifizierungsmaßnahmen	579
12.5.4	Organisatorische Maßnahmen	579
12.5.5	Die Schaden- und Unfallstatistik Gas des DVGW	581
12.6	Arbeitssicherheit	582
12.6.1	Begriffsbestimmungen	582
12.6.2	Rechtliche Grundlagen	582
12.6.3	Innerbetriebliche Zuständigkeiten für die Arbeitssicherheit	583
12.6.4	Maßnahmen zur Erhöhung der Arbeitssicherheit	584
12.6.4.1	Technische Maßnahmen	584
12.6.4.2	Qualifizierungsmaßnahmen	585
12.6.4.3	Organisatorische Maßnahmen	585

13 Anhang	587
13.1 Lösungsergebnisse der Aufgaben	587
13.2 Schrifttum	591
13.3 Formelzeichen	599
13.4 Abkürzungen	605
13.5 Wiederholung häufig gebrauchter Tafeln	608
Sachwortverzeichnis	617