



Leseprobe

Benno Lendt, Günter Cerbe

Grundlagen der Gastechnik

Gasbeschaffung – Gasverteilung – Gasverwendung

ISBN (Buch): 978-3-446-44965-7

ISBN (E-Book): 978-3-446-44966-4

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44965-7>

sowie im Buchhandel.

Vorwort zur achten Auflage

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage vor 35 Jahren haben energie- und umweltpolitische Entwicklungen die Bedeutung des Erdgases weiter erhöht. Umso wichtiger ist es, dass kompetente Fachleute für den sicheren und umweltschonenden Einsatz dieses Energieträgers bereitstehen. Zu deren Aus- und Weiterbildung will dieses Fachbuch beitragen.

In der nunmehr achten Auflage wurden einige Themen vollständig neu bearbeitet, so z. B. der Bereich der Bio- und Synthesegase aus regenerativen Quellen, die Speicherung und Konditionierung von Erdgas, mit der ErP-Richtlinie veränderte Anforderungen an die Effizienz von Gasanwendungen sowie ein mit der fortschreitenden Liberalisierung des Gasmarktes erfolgter tiefgreifender Strukturwandel, der zu neuen Marktrollen und Aufgaben in der öffentlichen Gasversorgung geführt hat.

Einige Bereiche wurden neu gestaltet und zugleich aktualisiert, wie z. B. die Erzeugung von Wasserstoff und Methan (Power to Gas) aus regenerativ erzeugtem Strom und neu formulierte Anforderungen an die Gasbeschaffenheit in der DVGW-G 260. Rechnung getragen wurde auch der gestiegenen Bedeutung der Konditionierung von Brenngasen im Zusammenhang mit der Einspeisung von Bio- und Synthesegas in das Erdgasnetz. Aktuelle Ergebnisse des 5. IPCC-Berichts „Klimaänderung 2013“ wurden aufgenommen. In allen Fällen wurde der neueste Stand berücksichtigt, z. B. bei der novellierten Energieeinsparverordnung EnEV 2016, dem EEWärmeG sowie der Ökodesign-(ErP-)Richtlinie. Nicht mehr einfließen konnte im Kapitel über Gasanlagen in Gebäuden und auf Grundstücken die zurzeit in Überarbeitung befindliche DVGW-TRGI.

Der Sicherheit der Gasversorgung wurde – wie bisher – besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Neben einem eigenen Kapitel zieht sie sich durch das gesamte Buch, wie z. B. bei den Fragen der Manipulationserschwerung, der Brandsicherheit, der Druckabsicherung und der Odorierung. Diese Themen wurden z. T. weiter vertieft.

Bei Gesetzen, Verordnungen, Technischen Regeln und Rechenverfahren sowie bei Stoffwerten wurde der aktuelle Stand berücksichtigt. Die behandelten technischen Regeln sollen einen ersten Einstieg und Überblick in das Regelwerk – insbesondere des DVGW – ermöglichen, können es aber keineswegs ersetzen. Etliche Bilder und Diagramme wurden zusätzlich aufgenommen, andere wurden, oft durch Mithilfe von Unternehmen der Gaswirtschaft und des DVGW, auf den neuesten Stand gebracht.

Zielsetzung und Konzeption des Buches mit dem Bezug zur Praxis werden auch in der achten Auflage unverändert beibehalten. Wie bisher streben wir ein Fachbuch mit Lehrbuchcharakter an. Daher ist die Darstellung der verschiedenen Kapitel sorgfältig aufeinander abgestimmt und durch insgesamt 162 Beispiele und Aufgaben miteinander verknüpft. Durch die Vielzahl der Tabellen und Diagramme hat sich das Buch aber auch als Handbuch bewährt.

Dankenswerterweise haben sich auch für die achte Auflage ausgewiesene Fachleute zur Mitarbeit bereitgefunden, sodass mit sechs Hochschullehrern und fünf Autoren aus der Gaswirtschaft eine ausgewogene fachliche Zusammensetzung der Verfasser gewährleistet ist.

In die Neubearbeitung sind zahlreiche Anregungen aus den Hochschulen und aus der Gaswirtschaft eingeflossen. Darüber hinaus haben Mitglieder der DVGW-Hauptgeschäftsstelle und der DVGW-Ausschüsse viele wertvolle Hinweise gegeben. Beispielhaft erwähnt seien an dieser Stelle die vielfältigen Hilfestellungen von Dr.-Ing. Torsten Birkholz, Geschäftsführer der DVGW/BDEW Landesgruppe Norddeutschland, Dr.-Ing. Bernhard Klocke, Bereichsleiter bei der Gelsenwasser AG und Geschäftsführer der Stadtwerke Haltern am See GmbH sowie Dipl.-Ing. Detlef Grunwald, Bereichsleiter der Stadtwerke Garbsen GmbH. Ohne die kollegiale und vertrauensvolle Unterstützung dieser vielen Fachleute wäre es gar nicht möglich gewesen, den jeweils neuesten Stand der Entwicklung darzustellen. Allen Fachkollegen, die uns selbstlos geholfen haben, danken wir herzlich.

Im September 2016

Benno Lendt

Der Herausgeber

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

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	Rohrnetzberechnung	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 neuverlegter 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	Sicherheitsabsperrearmaturen	386
7.3.4	Gasdruckregel- und Überwachungseinrichtungen	388
7.3.4.1	Druckregler (Druckregelgerät)	388
7.3.4.2	Gasdruckwächter	388
7.3.5	Funktionskontrollleinrichtung für das Gebläse	389
7.3.6	Flammenüberwachungseinrichtungen - Züandsicherungen	389
7.3.6.1	Möglichkeiten der Flammenüberwachung	390

7.3.7	Sonstige Mess- und Sicherheitseinrichtungen	394
7.3.7.1	Dichtheitskontrolleinrichtung (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	Verahren 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-/Minderungenabrechnung	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 Erlösobergrenze	597
10.2.6.1	Ermittlung der Netzkosten	598
10.2.6.2	Ermittlung der Erlösobergrenze	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

11.3	Messwertbeurteilung	701
11.4	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
11.5	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
11.6	Kondensate	717
11.6.1	Kondensatanfall und Kondensat-inhaltsstoffe	717
11.6.2	Neutralisationsanlage	720
12	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	Maßnahmenselektion 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

Tafel 8.10b Zulässige Norm-Emissionsfaktoren¹ von nicht genehmigungsbedürftigen Öl- und Gasfeuerungsanlagen nach 1. BImSchV

Nennwärmeleistung \dot{Q}_{NL} in kW	Norm-Emissionsfaktoren für gasbefeuerte Anlagen in mg/kWh	Norm-Emissionsfaktoren für Heizöl EL befeuerte Anlagen in mg/kWh
Bis 120	60	110
> 120 ... 400	80	120
> 400	120	185

¹ Für Heizkessel, die in einem Mitgliedstaat der Europäischen Gemeinschaften oder in einem Vertragsstaat des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum hergestellt worden sind, kann der Stickstoffoxidgehalt auch nach einem anderen im Sinne der Verordnung als gleichwertig anerkannten Verfahren ermittelt werden.

Für gas- und ölbefeuerte Feuerungsanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von 10 MW bis 20 MW gelten hinsichtlich der Kohlenmonoxid- und Stickstoffoxidemissionen sowie des Rußgehaltes (letzteres nur bei Einsatz flüssiger Brennstoffe) gesonderte Anforderungen. Anlagen dieser Leistungskategorie unterliegen hinsichtlich der genannten Schadstoffe der Überwachungspflicht, d. h. sie sind frühestens 3 und spätestens 6 Monate nach Inbetriebnahme und anschließend im Abstand von 3 Jahren wiederkehrend durch eine nach § 26 BImSchG bekannt gegebene Stelle prüfen zu lassen, die Ergebnisse sind der zuständigen Behörde innerhalb von 3 Monaten nach Durchführung der Messung vorzulegen.

8.2.4 Ökodesign Richtlinie

Unter dem Namen „Richtlinie 2009/125/EG des europäischen Parlaments und Rates zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte“ wurde am 21. Oktober 2009 die sogenannte Ökodesign Richtlinie – auch ErP-Richtlinie genannt – im europäischen Parlament beschlossen. Ihr Ziel ist es, die Umweltverträglichkeit energieverbrauchsrelevanter Produkte (ErP) durch umweltgerechte Gestaltung zu verbessern und damit die Treibhausgasemissionen in der europäischen Gemeinschaft entscheidend zu reduzieren. Der Ansatzpunkt dabei ist, dass die Ökodesign Richtlinie integraler Bestandteil der CE-Kennzeichnung ist. Auf diese Weise wird die Einhaltung der Anforderungen beim Inverkehrbringen und Handel innerhalb des europäischen Binnenmarktes sichergestellt. Die nationale Umsetzung in Deutschland erfolgt durch das Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Gesetz (EVPG) vom 31. 8. 2015.

Da es sich bei der Ökodesign-Richtlinie um eine Rahmenrichtlinie handelt, gibt sie keine direkten Produkthanforderungen vor. Viel mehr werden sogenannte Durchführungsmaßnahmen für jeweils einzelne Produkthanforderungen festgelegt, die von der EU-Kommission und von einem ihrer unterstützenden Regelausschüsse formuliert werden.

Konkrete Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Raumheizgeräten und Kombiheizgeräten legt die Richtlinie 813/2013/EU vom 02. August 2013 fest.

Entsprechende Anforderungen für die Gestaltung von Warmwasserbereitern und Warmwasserspeichern enthält die Richtlinie 814/2013/EU vom 02. August 2013. Die erreichten Effizienzwerte sind gemäß EU-Richtlinie für die Kennzeichnung energieverbrauchsrelevanter Produkte (2010/30/EU ergänzt durch 811/2013/EU (Heiz- und Kombigeräte) und 812/2013/EU (Warmwasserbereiter) in Form eines am Gerät angebrachten Energieeffizienzlabels auszuweisen (s. Kap. 8.2.1).

8.2.5 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)

Zum 1. Januar 2009 wurde das „Gesetz zur Förderung erneuerbarer Energien im Wärmebereich“ (EEWärmeG, aktuelle Fassung vom 20. 10. 2015) eingeführt. Es richtet sich an Eigentümer von Gebäuden, die neu errichtet werden und verpflichtet diese, den Wärmebedarf anteilig mit erneuerbaren Energien zu decken. Der Geltungsbereich umfasst ebenfalls Gebäude, die sich in öffentlicher Hand befinden und grundlegend saniert werden. Die Anwendungspflicht des EEWärmeG betrifft dabei alle Gebäude mit einer Nutzfläche von mehr als 50 m², die unter Einsatz von Energie beheizt oder gekühlt werden (Ausnahmen siehe § 4 EEWärmeG).

Tafel 8.11 Mindestanteil der Erneuerbaren Energien nach EEWärmeG

Maßnahme	Mindestanteil in %
Solare Strahlungsenergie	15
Gasförmige Biomasse	30
Flüssige Biomasse	50
Feste Biomasse	50
Abwärme	50
Geothermie und Umweltwärme	50
Ersatzmaßnahmen	
Einsparung von Energie	-15% gegenüber EnEV-Standard
Nah- oder Fernwärme mit Anteil a) erneuerbarer Energien, b) KWK, c) Abwärme	Kombination aus a) bis c) > 50%



Beispiel 8.1:

Für einen 2005 installierten gasbefeuerten Niedertemperaturkessel ohne Gebläse mit 15 kW Nennwärmeleistung werden 20 °C als Verbrennungslufttemperatur sowie an der Schornsteinfegermesssstelle im Kernstrom des Abgases 120 °C als Abgastemperatur und 6,5 Vol.-% als Abgas-Sauerstoffanteil gemessen (t_a und O_2^3 als quasikontinuierlich, über einen Zeitraum von 30 Sekunden am selben Probenahme-punkt bestimmte Mittelwerte).

Wie groß ist der maßgebende Abgasverlust q_a ? Wird der Grenzwert überschritten?

Lösung:

$$q_a \approx \left(\frac{A_2}{21 - O_2^a} + B \right) (t_a - t_l) \quad \text{in \% mit } O_2^a \text{ in Vol.-%} \quad (\text{Gl 3.5.10b})$$

Abgasverlust für Erdgasbetrieb (Gl 3.5.10b Tafel 3.4):

$$q_a \approx \left(\frac{0,66}{21 - 6,5} + 0,009 \right) (120 - 20) = 5,5\%$$

Aus Tafel 8.10a entnimmt man den Grenzwert $q_{a,zul} = 11\%$, d. h. der zulässige Abgasverlust wird *nicht überschritten*.

**Beispiel 8.2:**

Ein Erdgas H (Tafel 2.1) gefeuerter Brennwertkessel (modulierender Brenner mit Gebläse) mit CE-Kennzeichnung hat bei einer Vorlauftemperatur von 80°C und einer Rücklauftemperatur gemäß DIN EN 15502-1 von 60°C die Nennwärmebelastung 17,9 kW (bez. H_1) und die Nennwärmeleistung 17,2 kW. Die Wärmebelastung bei Teillastbetrieb (30%) betrage bei einer Vorlauftemperatur von 50°C und einer Rücklauftemperatur gemäß DIN EN 15502-1 von 30°C 5,4 kW, die Wärmeleistung 5,75 kW. Der Heizkessel verfügt über einen Außentemperaturfühler kombiniert mit einem Raumtemperaturfühler (Temperaturregler der Klasse VI nach (EU) 811/2013 und DIN EN 15502-1/A1).

Erfüllt dieser Heizkessel die EU-Richtlinie für Energieeffizienz (EU) 813/2013 für Heiz- und Kombigeräte?

Lösung: Die der (EU) 813/2013 zugrunde liegende EN 15502-1/A1 zur Berechnung der brennwertbezogenen jahreszeitbedingten Raumheizungs-Energieeffizienz liefert folgende Berechnungsgleichung:

$$\eta_s = \eta_{son} - \sum F(i) \quad (\text{Gl 8.2.4})$$

Im Korrekturterm $F(i)$ sind die Verluste durch fehlende Temperaturregelung, Hilfsstromverbrauch, Wärmeverluste im Bereitschaftszustand (Standby) sowie ggf. der Energieverbrauch einer Zündflamme berücksichtigt. Die Summe der Korrekturterme soll in diesem Beispiel 4% betragen.

Die jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienz im aktiven Modus errechnet sich aus

$$\eta_{son} = 0,85 \cdot \eta_1 + 0,15 \cdot \eta_4 \quad (\text{Gl 8.2.5})$$

η_1, η_4 sind die brennwertbezogenen Wirkungsgrade bei einer Wärmeleistung von 30%, bzw. bei Nennwärmeleistung (100%)

Mit Gl 3.5.15 erhält man bei Nennwärmeleistung

$$\eta_G = \eta_{100} = \frac{\dot{Q}_{NL}}{\dot{Q}_{NB}} = \frac{17,2 \text{ kW}}{17,9 \text{ kW}} = 0,961 = 96,1\%$$

$$\eta_4 = \eta_{100} \cdot \frac{H_{i,n}}{H_{s,n}} = 96,1\% \cdot \frac{10,337 \text{ kWh} / \text{m}^3}{11,449 \text{ kWh} / \text{m}^3} = 86,76\% \quad (\text{Gl 8.2.6})$$

Bei Teillastbetrieb (30%) erhält man mit Gl 3.5.15

$$\eta_{30} = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{Q}_B} = \frac{5,75 \text{ kW}}{5,4 \text{ kW}} = 1,065 = 106,5\%$$

$$\eta_1 = \eta_{30} \cdot \frac{H_{i,n}}{H_{s,n}} = 106,5\% \cdot \frac{10,337 \text{ kWh}}{\frac{11,449 \text{ kWh}}{\text{m}^3}} = 96,16\%$$

Mit Gl 8.2.5 errechnet sich die brennwertbezogene jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienz im aktiven Modus wie folgt

$$\eta_{\text{son}} = 0,85 \cdot \eta_1 + 0,15 \cdot \eta_4 = 0,85 \cdot 96,16\% + 0,15 \cdot 86,76\% = 94,75\%$$

Damit erhält man für die brennwertbezogene jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienz nach Gl 8.2.4:

$$\eta_S = \eta_{\text{son}} - \sum F(i) = 94,75\% - 4\% = 90,75\%$$

Nach (EU) 811/2013 wird für Temperaturregler der Klasse VI ein Wirkungsgradbonus von 4% gewährt, so dass sich für die brennwertbezogene jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienz ein Wert von $\eta_S = (90,75 + 4)\% = 94,75\%$ ergibt. Der Mindestwert von 86% (siehe Tafel 8.3a) wird erfüllt und die Effizienzklasse A nach Tafel 8.3b erreicht. Durch Kombination dieses Gasgerätes z.B. mit einer solarthermischen Anlage zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung ließe sich die Gesamtanlageneffizienz um ca. 10 bis 15% erhöhen. Damit könnte die Effizienzklasse auf A+ angehoben werden.



Beispiel 8.3:

Der Brennwertkessel aus Beispiel 8.2 hat bei 70 °C Kesseltemperatur die Nennwärmebelastung $\dot{Q}_{NB} = 17,9 \text{ kW}$ die Nennwärmeleistung $\dot{Q}_{NL} = 17,2 \text{ kW}$ und den Bereitschaftsverluststrom $\dot{Q}_V = 0,15 \text{ kW}$.

Für den effektiven Gerätewirkungsgrad bei Teillastbetrieb und gleitender Kesseltemperatur sei in diesem Fall

$$\eta_G^{\text{eff}} = \left(1,1 - \frac{\dot{Q}_L}{\dot{Q}_{NL}} \cdot [1,1 - \eta_{100}] \right) \frac{1 + q_B \cdot \frac{\dot{Q}_L}{\dot{Q}_{NL}}}{1 + q_B} \quad (\text{Gl 8.2.7})$$

$$\text{mit } q_B = \frac{\dot{Q}_V}{\dot{Q}_{NB}} = \frac{0,15 \text{ kW}}{17,9 \text{ kW}} = 0,0084 = 0,84\% \quad (\text{Gl 8.2.8})$$

Der effektive Gerätewirkungsgrad bei Teillastbetrieb und gleitender Kesseltemperatur wird durch Gl 8.2.7 beschrieben. Nach DIN 4702 T 8 berechnet sich der Normnutzungsgrad

$$\eta_N = \frac{5}{\sum_{i=1}^5 \frac{1}{\eta_{G(i)}^{\text{eff}}}} \quad (\text{Gl 8.2.9})$$

aus den Teillastwirkungsgraden bei $i = 13\%$, 30% , 39% , 48% und 63% Nennlast (Volllast). Wie groß ist der Normnutzungsgrad des Brennwertkessels?

Lösung: Beispielhaft wird zunächst der Teillastwirkungsgrad für den Teillastbetrieb bei 13% Volllast ermittelt. Man erhält mit

$$\eta = \eta_G(100\%) = \frac{\dot{Q}_{\text{NL}}}{\dot{Q}_{\text{NB}}} = \frac{17,2\text{kW}}{17,9\text{kW}} = 0,961 = 96,1\%$$

und mit (Gl 8.2.5)

$$q_B = \frac{\dot{Q}_V}{\dot{Q}_{\text{NB}}} = \frac{0,15\text{kW}}{17,9\text{kW}} = 0,0084 = 0,84\%$$

bei Volllastbetrieb; der Unterschied zwischen 70°C und 75°C Kesseltemperatur (gemäß DIN 4702 T 8) wird vernachlässigt:

$$\begin{aligned} \eta_G^{\text{eff}} &= \left(1,1 - \frac{\dot{Q}_L}{\dot{Q}_{\text{NL}}} \cdot [1,1 - \eta_{100}] \right) \frac{1 + q_B \cdot \frac{\dot{Q}_L}{\dot{Q}_{\text{NL}}}}{1 + q_B} \\ &= \left(1,1 - \frac{2,236\text{kW}}{17,2\text{kW}} [1,1 - 0,961] \right) \frac{1 + 0,0084 \cdot \frac{2,236\text{kW}}{17,2\text{kW}}}{1 + 0,0084} \\ &= 1,074 = 107,4\% \end{aligned}$$

Ergebnis für alle fünf Teillastwirkungsgrade:

$\dot{Q}_L / \dot{Q}_{\text{NL}}$	0,13	0,30	0,39	0,48	0,63
η_G^{eff}	1,074	1,052	1,045	1,029	1,009

Die vorgeschriebene Mittelwertbildung nach Gl 8.2.9 liefert für den Normnutzungsgrad:

$$\eta_N = \frac{5}{\sum_{i=1}^5 \frac{1}{\eta_{G(i)}^{\text{eff}}}} = \frac{5}{\frac{1}{1,074} + \frac{1}{1,052} + \frac{1}{1,045} + \frac{1}{1,029} + \frac{1}{1,009}} = 1,041$$

Der brennwertbezogene Normnutzungsgrad beträgt

$$\eta_N^* = \eta_N \cdot \frac{H_{i,n}}{H_{s,n}} = 1,041 \cdot \frac{10,337\text{kW h} / \text{m}^3}{11,449\text{kW h} / \text{m}^3} = 0,94 = 94\%$$

Dieser Wert liegt somit in einem ähnlichen Bereich wie der Wert für die brennwertbezogene jahreszeitbedingte Raumheizungs-Energieeffizienz nach Beispiel 8.2.

■ 8.3 Funktion und Anwendungsgebiete der Gasgeräte

8.3.1 Koch-, Wasch-, Trocknungs- und Kühleinrichtungen

Herde werden üblicherweise mit drei oder vier Kochbrennern angeboten. Normalerweise sind Kochbrenner (Bild 7.8) in Deutschland mit einer Flammenüberwachungseinrichtung – in der Regel ist dies eine thermoelektrische Zündsicherung – ausgerüstet (Bild 7.27a). Kochbrenner ohne Flammenüberwachungseinrichtung dürfen nach DVGW-TRGI nur in Räumen aufgestellt werden, die während des Betriebes durch einen Ventilator mit einem Außenluftstrom von $\geq 100 \text{ m}^3/\text{h}$ belüftet werden. Vorteile bietet der Gasherd vor allem durch sein günstiges Betriebsverhalten – gute Kleinstell- und Regulierungsmöglichkeit – und durch niedrige Betriebskosten und geringen Primärenergieverbrauch. Seit einigen Jahren gibt es auch die gasbeheizten Glaskeramik(Ceran)-Kochfelder (Bild 8.4). Unter der Glaskeramikplatte befindet sich ein Injektorvormisch-Strahlungsbrenner, dessen Brennerkopf aus gasdurchlässiger Keramik besteht. Hauptsächlich unter Abgabe von Strahlungswärme verbrennt das vorgemischte Gas bei dieser Bauart mit niedriger Flammentemperatur. Herde, im Haushaltsbereich generell ohne Abgasanschluss, gehören zum Gerätetyp A (Tafel 8.4).

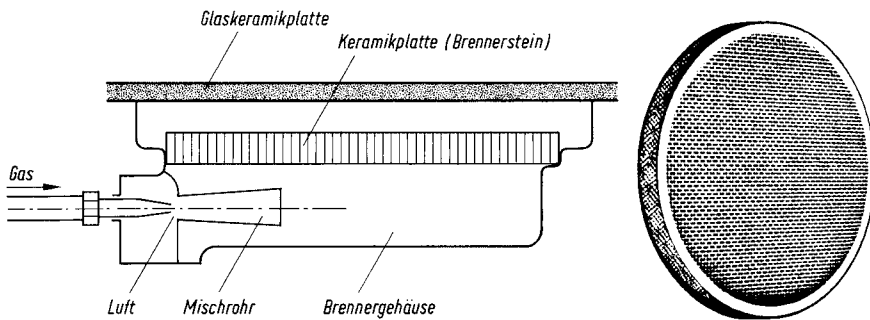


Bild 8.4 Injektorvormisch-Strahlungsbrenner für Glaskeramik-Kochfeld (Junkers, Robert Bosch GmbH, Wernau)

Waschmaschinen und **Wäschetrockner** mit Gasheizung sind überwiegend für gewerbliche Zwecke und in Gemeinschaftsanlagen im Einsatz. Im Haushaltsbereich finden sie zurzeit noch wenig Verwendung. Im Zuge der europäischen Harmonisierung kann jedoch ein steigendes Marktpotenzial für eine zunehmende Verbreitung gasbeheizter Wäschetrockner auch im Haushaltsbereich erwartet werden.

Kühlschränke als gasbetriebene Absorptionssysteme werden in Deutschland praktisch nur für den mobilen Flüssiggaseinsatz angeboten. Sie funktionieren wie Absorptionsgaswärmepumpen (Bild 8.22), besitzen jedoch anstelle einer mechanischen Lösungspumpe eine thermische Pumpe, sodass ein elektrischer Stromanschluss entfällt.

8.3.2 Gaswasserheizer und Vorratswasserheizer

8.3.2.1 Gaswasserheizer

Gaswasserheizer sind Wandgeräte, die ursprünglich für die Warmwasserbereitung nach dem Durchlaufprinzip (Durchlaufwasserheizer) eingesetzt wurden. Aus ihnen wurden in den 60er Jahren Warmwasserheizkessel, die so genannten Umlaufwasserheizer entwickelt. Geräte, die sowohl heizen als auch Warmwasser bereiten, werden Kombiwasserheizer genannt.

Durchlaufwasserheizer (Bild 8.5) werden für Nennwärmeleistungen von 8,6 kW bis 28 kW angeboten. Ein Großteil des Gerätebestandes ist noch mit ständig brennenden Zündflammen ausgerüstet. Nach Zünden der Zündflamme mit dem Piezozünder ist das Gerät ohne elektrische Hilfsenergie betriebsbereit. Die Flamme wird thermoelektrisch überwacht. Moderne Geräte sind mit batteriebetriebener elektronischer Zündung ohne ständig brennende Zündflamme ausgestattet oder besitzen statt einer Batterie einen Mikrogenerator, der durch eine im Kaltwasserzulauf befindliche Turbine angetrieben wird. Die Überwachung erfolgt hierbei mittels Ionisationszündsicherung. Fließendes Wasser betätigt hydraulisch den Strömungsschalter, der das Hauptgasventil öffnet. Der Injektorvormischbrenner mischt Brenngas und Primärluft. Am Brennerkopf wird dieses Gemisch mit der Zündflamme oder der elektronischen Zündung gezündet und verbrennt vollständig mit zusätzlicher Sekundärluft. Über einen Kreuzstromwärmeübertrager (Lamellenblock) erwärmt das Verbrennungsgas das Warmwasser. Handelsübliche Geräte verfügen heute über eine thermostatische Auslauftemperaturregelung, die unabhängig vom Wassermengenstrom eine konstante Warmwassertemperatur einstellt.

Wandhängende Heizkessel (Umlaufwasserheizer) funktionieren nach demselben Prinzip. Hauptunterschiede sind die Umwälzpumpe, das Ausdehnungsgefäß für das Heizungswasser, die elektrische Zündelektrode anstelle der Zündflamme und die Ionisations-Flammenüberwachung. In der Regel werden diese Geräte modulierend betrieben, d. h. der Brenngasstrom wird im verfügbaren Regelbereich (10 % bis 100 % Nennwärmeleistung) an die geforderte Wärmeleistung angepasst. Damit stehen Einzelgeräte in einem Leistungsspektrum von 2 kW bis 120 kW zur Verfügung. Bei gleitender Kesseltemperatur, die über die Außentemperatur geführt wird, handelt es sich – je nach Ausführung – um einen Niedertemperatur- oder Brennwert-Heizkessel.

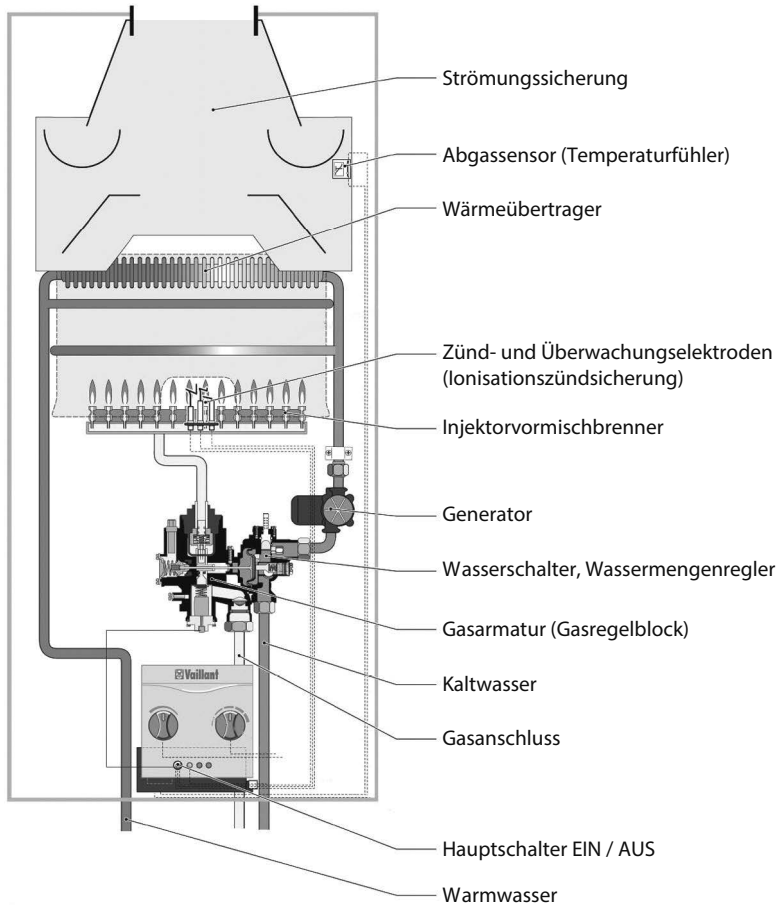


Bild 8.5 Schema eines raumluftabhängigen Durchlaufwasserheizers mit Strömungssicherung (Gerätetyp BS_{1BS}) (Vaillant, Joh., GmbH u. Co., Remscheid)

Um Warmwasser nach dem Speicherprinzip zu erwärmen, lässt sich der Umlaufwasserheizer mit einem indirekt beheizten Warmwasserspeicher koppeln (Bild 8.6). Bei Unterschreiten der eingestellten Warmwassertemperatur⁹ wird über eine Vorrangschaltung das Heizungswasser durch den im Speicher befindlichen Wärmeübertrager gepumpt. Diese Lösung bietet sich alternativ zum Kombiwasserheizer an, da im Zuge der fortschreitenden Wärmedämmvorschriften für Wohngebäude (Energieeinsparverordnung) die unterschiedlichen Leistungen zum Heizen und zur Warmwassererzeugung im Durchlaufprinzip nahezu unüberbrückbar geworden sind (Hygieneanforderungen s. Kap. 8.3.2.2).

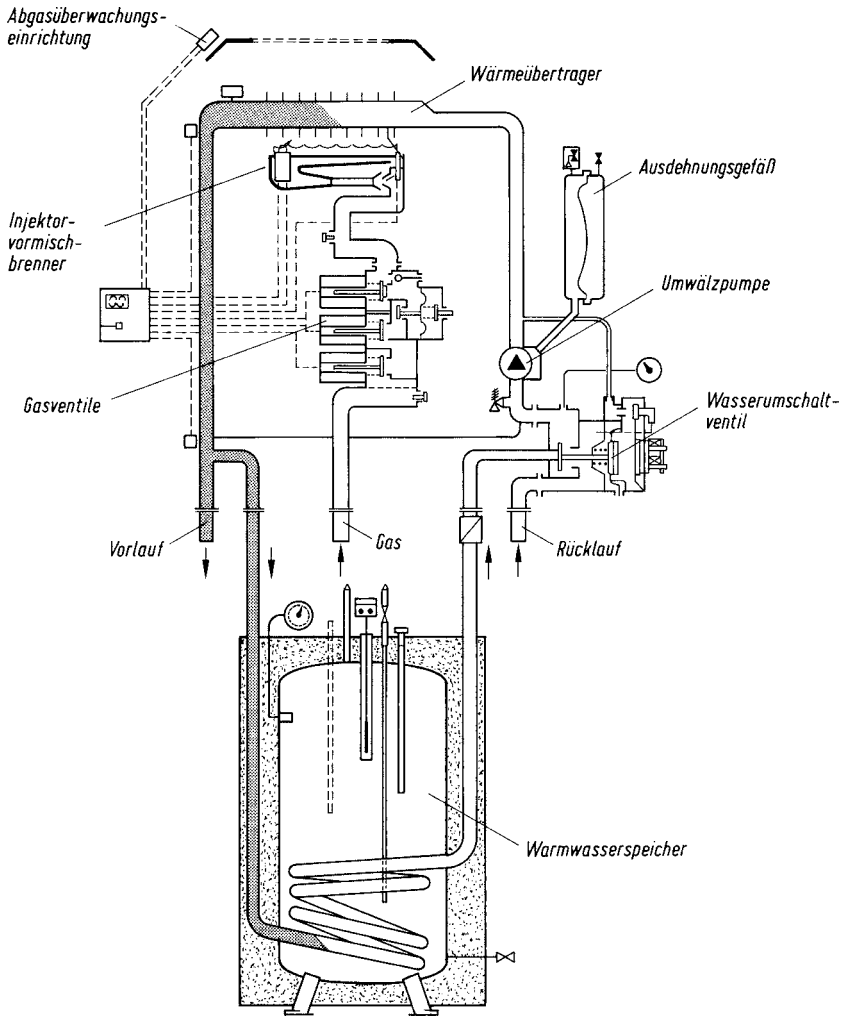


Bild 8.6 Schema eines raumluftabhängigen Umlaufwasserheizers (Gerätetyp B_{11BS}) mit indirekt beheiztem Warmwasserspeicher (Junkers, Robert Bosch GmbH, Wernau)

Kombiwasserheizer verfügen über einen Sekundärwärmeübertrager für die Warmwassererwärmung im Durchlaufprinzip. Dieser kann entweder parallel zum Heizwasserwärmeübertrager im Verbrennungsgasstrom liegen oder indirekt durch das Heizungswasser beheizt werden (Bild 8.7). Wegen der unterschiedlichen Wärmeleistungsanforderungen für die Warmwasserbereitung und das Heizen muss in der Regel eine Komforteinbuße – geringer Warmwasserdurchfluss – für die Warmwasserbereitung hingenommen werden. Die maximale Nennwärmeleistung des Gerätes sollte deswegen nicht kleiner als 17 kW sein. Vorteilhaft sind die geringen Bereitschaftsverluste.

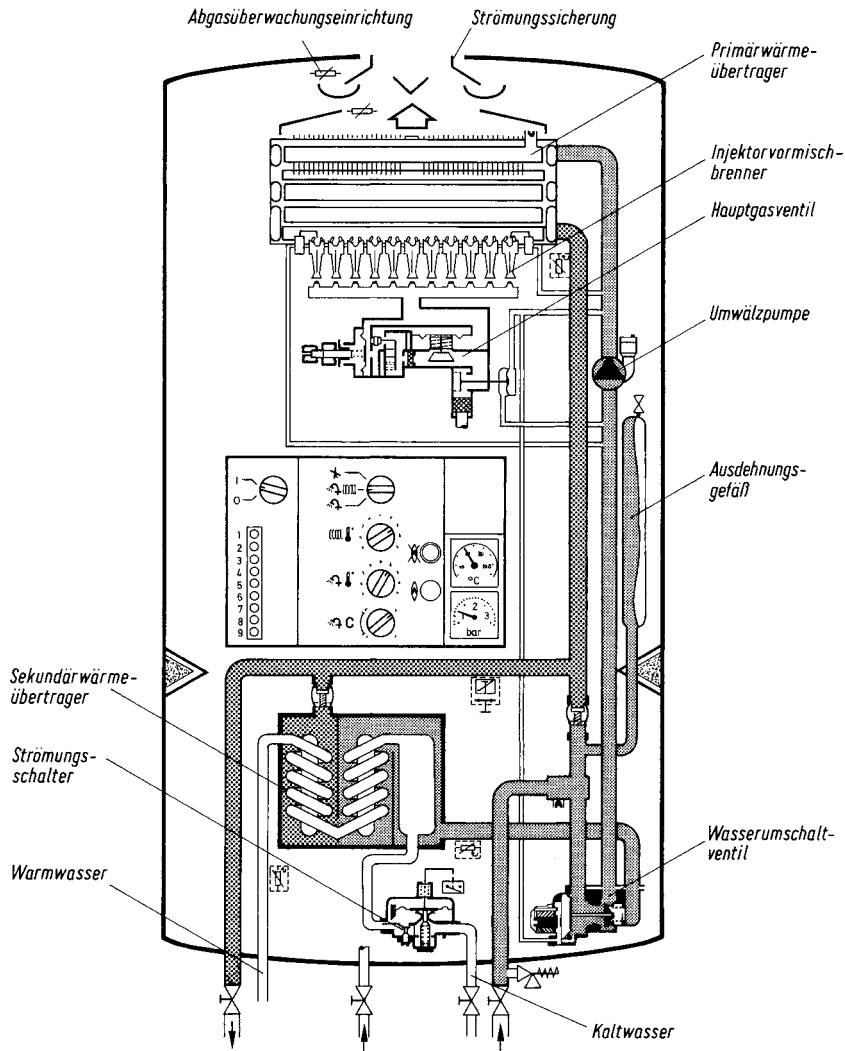


Bild 8.7 Schema eines raumluftabhängigen Kombiwasserheizers (Gerätetyp B_{11BS})
(Vaillant, Joh., GmbH u. Co., Remscheid)

8.3.2.2 Vorratswasserheizer

Vorratswasserheizer sind direkt beheizte Warmwasserspeicher (Bild 8.8). Wie der Durchlaufwasserheizer benötigt dieses Gerät keinen Stromanschluss, da die Zündung des Injektorvormischbrenners abhängig von der Warmwassertemperatur durch eine Zündflamme erfolgt. Die Zündflamme wird durch einen Piezozünder gezündet.

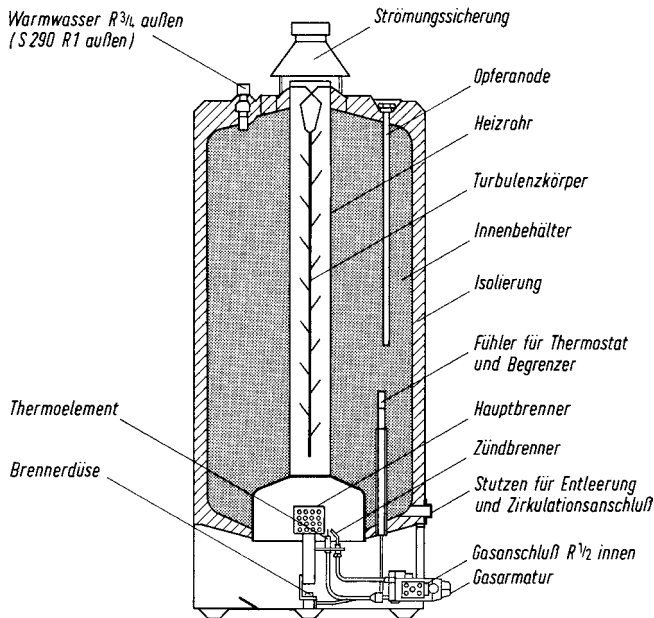


Bild 8.8 Vorratswasserheizer mit atmosphärischem Brenner (Gerätetyp B_{11BS}) (Junkers, Robert Bosch GmbH, Wernau)

Gesundheitsschädliche *Legionellen* bilden sich in Warmwasser-Bereitungsanlagen bevorzugt im Temperaturbereich zwischen 32...42°C. Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums regelt das Arbeitsblatt DVGW-W 551 (04.2004).

8.3.2.3 Geräteausführungen

Nach DVGW-TRGI 2008 müssen bei metallenen Gasinnenleitungen die Geräteanschlussleitungen unmittelbar vor Gasgeräten in Räumen mit einer thermisch auslösenden Absperrinrichtung (TAE) versehen sein, die ab 100 °C selbsttätig die Gaszufuhr sperrt.¹⁰ Dies gilt nicht, wenn die Gasgeräte bereits entsprechend ausgerüstet sind.

Bei nichtmetallenen Gasinnenleitungen ist die Brandsicherheit bereits durch die geforderten absperrenden Vorrichtungen in der zuführenden Leitung erfüllt (s. Kap. 9).

Raumluftabhängige Geräte mit Injektorvormischbrenner ohne Hilfsgebläse (atmosphärische Brenner), die die Verbrennungsluft direkt dem Aufstellraum entnehmen, müssen mit einer abgasseitigen Öffnung zum Aufstellraum, der Strömungssicherung, ausgerüstet sein. Die Strömungssicherung hat die Aufgabe, den Unterdruck im Betrieb zu begrenzen und ein sicheres Anfahren bis zur Ausbildung des thermischen Unterdruckes zu gewährleisten (Bild 8.9). Während der Anfahrphase liegt in der ausgekühlten Abgasanlage noch kein thermischer Auftrieb vor, sodass das Abgas kurzzeitig in den Aufstellraum austreten kann. Bei stationärem Betrieb begrenzt die Strömungssicherung den Zug der Abgasanlage, da neben dem Abgas auch Luft aus dem

Aufstellraum angesaugt wird. In Verbindung mit einer Abgasüberwachungseinrichtung (Zusatzkennung „BS“ oder „AS“), die in Wohnungen und vergleichbaren Nutzungseinheiten nach TRGI vorgeschrieben ist,¹¹ wird der Anfahrvorgang bei bleibendem Stau in der Abgasanlage automatisch abgebrochen. Die in der bisher gültigen TRGI 86/96 aufgeführte Untergrenze der Nennwärmeleistung (7 kW) wird künftig in der TRGI 2008 entfallen.

Nach TRGI 2008 kann anstelle der Abgasüberwachung auch eine Raumlufüberwachung¹² (Zusatzkennung „AS“) vorgesehen werden.

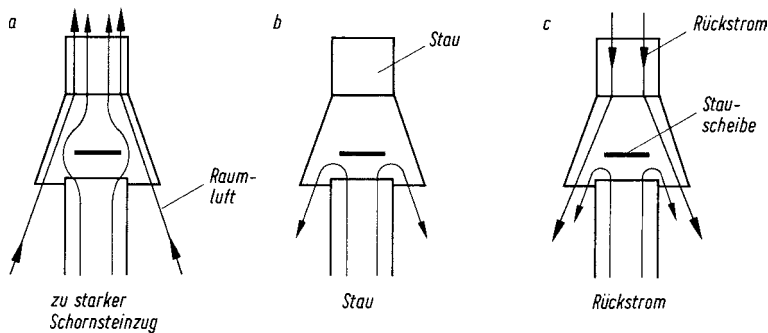


Bild 8.9 Wirkung der Strömungssicherung (Eberhard/Hüning 2001)

Die meisten schornsteingebundenen Gaswasserheizer in Deutschland arbeiten nach diesem Prinzip. Nach Tafel 8.4 gehören sie mit Abgasüberwachungseinrichtung zum Gerätetyp B_{11BS} bzw. mit Raumlufüberwachungseinrichtung zum Gerätetyp B_{11AS}.

Raumlufunabhängige Geräte (Gerätetyp C) treten zunehmend an die Stelle von raumlufabhängigen, da die Dichtigkeit der Außenfenster von Wohngebäuden größer geworden ist. Durchlaufwasserheizer als *Außenwandgeräte* werden schon seit längerer Zeit mit einer geschlossenen Verbrennungskammer ohne Hilfsgebläse für den raumlufunabhängigen Betrieb (Gerätetyp C₁₁) bis 25 kW Nennwärmeleistung hergestellt. Es werden auch Umlauf- und Kombiwasserheizer mit Hilfsgebläse als raumlufunabhängige Geräte für den *Außenwandanschluss* (Gerätetyp C₁₂ bzw. C₁₃), für den *Dachanschluss* (Gerätetyp C₃₂ bzw. C₃₃) oder für ein *Luft-Abgas-System* (Gerätetyp C₄₂ bzw. C₄₃) angeboten. Der Außenwandanschluss ist in vielen Bundesländern (Bauordnung) für Heizgeräte als Neuanlagen nicht mehr zulässig. Bei all diesen Geräten entfällt die Strömungssicherung. Über ein Doppelrohr strömt im Außenrohr die Verbrennungsluft und im Innenrohr das Abgas. Das Hilfsgebläse steuert den Luft- und Abgastransport. Der Injektorvormischbrenner kann unverändert sein, wie am Beispiel eines Kombiwasserheizers im Bild 8.10 dargestellt ist. Der abgasseitige Anschluss an einen herkömmlichen Hauschornstein ist nicht zulässig. Allerdings können Geräte mit Hilfsgebläse leicht durch Öffnen der Luftleitung hin zum Aufstellraum für den raumlufabhängigen Betrieb umkonstruiert werden (Gerätetyp B₃₂ bzw. B₃₃); für diese Geräte ist sogar die Mehrfachbelegung am herkömmlichen Schornstein zulässig (Tafel 8.4).

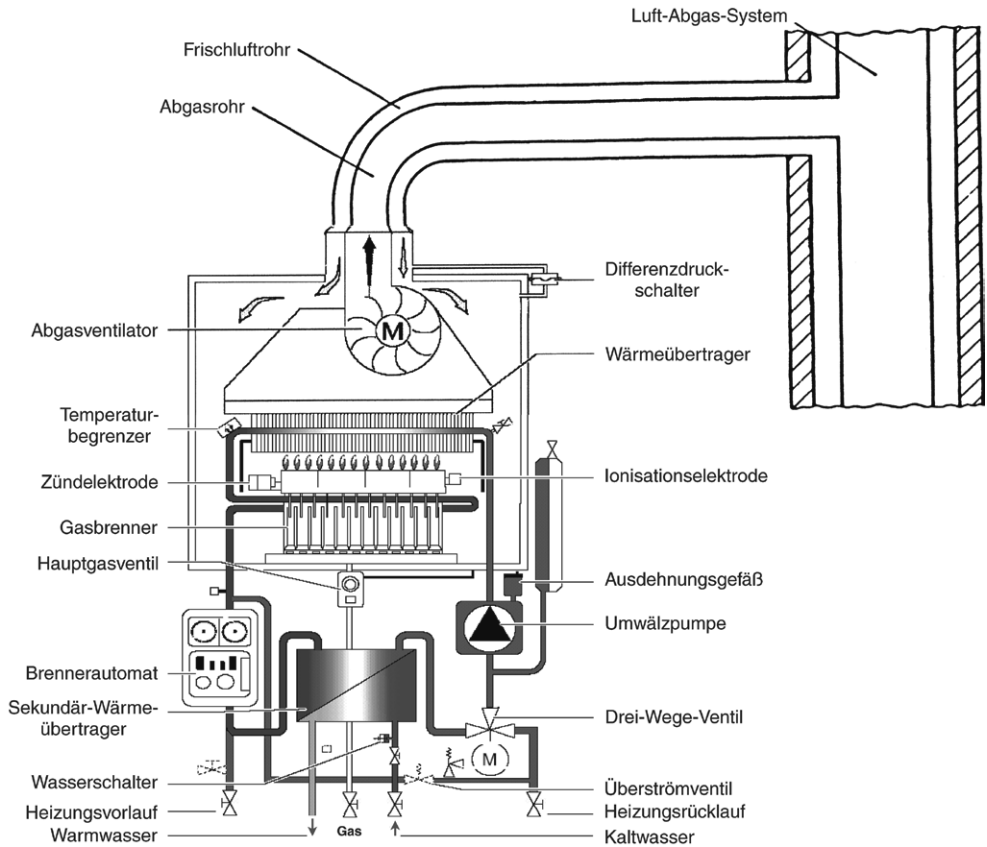


Bild 8.10 Raumluftunabhängiger Kombiwasserheizer mit geschlossener Verbrennungskammer für Luft-Abgas-System (Gerätetyp C_{42x}) (Buderus Heiztechnik GmbH, Wetzlar)

8.3.3 Gasheizkessel

Gasheizkessel sind Wärmeerzeuger für Warmwasserzentralheizungen, die meistens raumluftabhängig aufgestellt werden. Heizkessel mit den integrierten Bauteilen Gasbrenner, der in der Regel als Injektorvormischbrenner (atmosphärischer Brenner) ausgeführt ist, Umwälzpumpe und Ausdehnungsgefäß nennt man *Gas-Spezialheizkessel*. Prinzipiell gleichen sie den Umlaufwasserheizern, allerdings speichern die Wärmeübertrager mehr Umlaufwasser (Bild 8.11). Als Niedertemperaturkessel (gleitende Kesseltemperatur) werden sie mit Nennwärmeleistungen von etwa 5,7 kW bis 165 kW angeboten. Bei einstufiger Ausführung können bei Teillast infolge des intermittierenden Betriebes erhebliche Stillstandsverluste auftreten. Betroffen sind insbesondere atmosphärische Brenner, die keine stöchiometrische Vormischung erreichen, denn sie besitzen ausgeprägte Sekundärluftöffnungen. Durch diese zieht der warme Schornstein im Stillstand Luft, die den Heizkessel auskühlt. Mit einer Abgasklappe lässt sich dieser Luftstrom vermeiden.