

KatS-LA 302/G

**Leitfaden für die Ausbildung der
GW-Gruppen
des Instandsetzungsdienstes**

Teil G 1: **Grundlagen der Gasversorgung**
Teil G 2: **Das Rohrnetz Gas**

Ausgabe 1981

KatS-LA 302/G

Teil G 1:

Grundlagen der Gasversorgung

Bundesamt für Zivilschutz
KS 7-708-03/01 LA 302/61

5300 Bonn 2, im September 1981

Die Herausgabe der KatS-LA 302/61 wird hiermit genehmigt.
Der Nachdruck ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung gestattet.

Bundesamt für Zivilschutz

Vorbemerkung

Der Instandsetzungszug führt zur Behebung von Gefahren und Notständen im Rahmen des Katastrophenschutzes unaufschiebbare Instandsetzungsarbeiten, insbesondere an Versorgungsleitungen (Elektro, Gas, Wasser), an Ölanlagen und an Abwassernetzen durch, die den Einheiten und Einrichtungen des Katastrophenschutzes die Durchführung ihres Rettungsauftrages erst ermöglichen und die zum Schutz und zur Versorgung der Bevölkerung sowie zur Fortführung lebenswichtiger Betriebe dringend notwendig sind.

Im Rahmen dieser Aufgabenstellung führt die GW-Gruppe des Instandsetzungszuges unter Aufsicht und in Zusammenarbeit mit den Versorgungsbetrieben

- Schadenbehebung an Gas- und Wasserrohrnetzen im Mittel- und Niederdruckbereich durch,
- betreibt behelfsmäßige Gas- und Wasserversorgung bei gemeindlichen Versorgungsanlagen, öffentlichen Einrichtungen, Notunterkünften und Betreuungsstellen und
- wirkt beim Bau von Behelfsbrunnen und bei der Trinkwassernotversorgung mit.

Der vorliegende KatS-LA 302/G1 „Grundlagen der Gasversorgung“ vermittelt Grundkenntnisse der Gasversorgung. Er soll in Verbindung mit den Curricula und dem Musterausbildungsplan dazu dienen, die Ausbildung der Helfer der GW-Gruppen in den Standorten bundesweit zu vereinheitlichen und ihre Vorbereitung für eine Lehrgangsteilnahme an der Katastrophenschutzschule des Bundes zu verbessern. Die abgeschlossene Grundausbildung ist Voraussetzung für die Ausbildung im Instandsetzungsdienst.

Darüber hinaus soll der Leitfaden dem Zugführer, der in einem anderen Teilfachdienst der Instandsetzung beheimatet ist, einen Einblick in den Aufbau, die Funktion und die Zusammenhänge der Gesamtenergieversorgung geben und nicht zuletzt somit das Fachgespräch mit den Mitarbeitern der Versorgungsunternehmen erleichtern. Über die für seinen Standort geltenden besonderen technischen Errichtungsbestimmungen muß er unterrichtet sein.

Der Leitfadenteil 302/G2 „Das Rohrnetz Gas“ ist in Vorbereitung. Er soll die handwerklichen Grundkenntnisse vermitteln, die der Helfer der GW-Gruppe zur Wahrnehmung seiner Aufgaben im Rohrleitungsbau und in der Instandsetzung des Gasrohrnetzes benötigt. Der Leitfadenteil G2 wird nach seiner Fertigstellung dem Teil G1 nachgeheftet.

Bei der Bearbeitung des vorliegenden Leitfadens wurden auch 9 Lehrhefte des DELIWA-VEREINS e. V. – Berufsverein für das Energie- und Wasserfach – herangezogen, die insbesondere als Lehr- und Lernmaterial bzw. als Schulungsstoff für die Berufsbildung zum Industriemeister der Fachrichtungen „Rohrnetzbau und Rohrnetzbetrieb“ sowie „Wasserversorgung“ erstellt wurden.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einführung	11
1.1 Allgemeines	11
1.2 Geschichtliche Entwicklung der Gasversorgung	11
1.3 Was ist Gas?	12
1.4 Brenngase in der öffentlichen Gasversorgung	13
1.4.1 Gasfamilien	13
1.4.2 Kohlenwasserstoff/Luftgemische	14
1.4.3 Austauschgase	14
1.4.4 Zusatzgase	14
2 Allgemeine gastechnische Begriffe	15
2.1 Verbrennung	15
2.1.1 Vollständige/unvollständige Verbrennung	15
2.1.2 Verbrennungsgase	15
2.1.3 Abgase	15
2.1.4 Luftüberschuß	16
2.1.5 Untere Zündgrenze	16
2.1.5 Obere Zündgrenze	16
2.1.7 Zündvorgang/Zündtemperatur	16
2.1.8 Zündgeschwindigkeit/Flammengeschwindigkeit	17
2.1.9 Ausströmgeschwindigkeit	17
2.1.10 Explosion/Explosionsschutzmaßnahmen	17
2.1.11 Verpuffung	18
2.2 Gasmenge	19
2.3 Druck	19
2.3.1 Druckbereiche	19
2.3.2 Ruhedruck	20
2.3.3 Fließdruck	20
2.3.4 Versorgungsdruck	20
2.3.5 Anschlußdruck	20
2.3.6 Betriebsdruck	20
2.3.7 Nenndruck	20
2.3.8 Prüfdruck	20
2.3.9 Abgeleitete Größe „Druck“	20
2.3.10 Druckmessung	22
– Offenes Flüssigkeitsmanometer	22
– Geschlossenes Flüssigkeitsmanometer	23
– Plattenfedermanometer	23
– Röhrenfedermanometer	23
2.4 Dichte/Dichteverhältnis	24
2.5 Temperatur/Temperaturmessung	25
2.5.1 Temperatur	25
– Kelvin-Skala	26
– Celsius-Skala	26
– Fahrenheit-Skala	27
– Rankine-Skala	27
2.5.2 Temperaturmessung	28
– Flüssigkeitsthermometer	28
– Maximum-Minimum-Thermometer	29
– Bimetallthermometer	29

	Seite
– Segerkegel	29
– Elektrische Temperaturmeßgeräte	30
2.6 Wärme	31
2.6.1 Wärmewert	31
2.6.2 Brennwert	32
2.6.3 Betriebsbrennwert	32
2.6.4 Heizwert	32
2.6.5 Betriebsheizwert	32
2.6.6 Wobbeindex	32
2.6.7 Einheit der Wärmemenge	32
2.6.8 Wärmebelastung und Wärmeleistung	33
2.7 Wirkungsgrad	33
2.8 Einstellwert	33
2.9 Anschlußwert	33
2.10 Belastungswert	33
2.11 Brenntechnische Kenndaten von Brenngasen	34
3 Erzeugung oder Förderung der verschiedenen Gasarten	35
3.1 Steinkohlengas	35
3.1.1 Kokereigas	35
3.1.2 Druckvergasung/Generatorgas	35
3.2 Naturgas	35
3.2.1 Erdgas	35
3.2.2 Erdgasförderung	36
3.3 Flüssiggas	38
3.4 Kohlenwasserstoff/Luft-Gemische	40
3.5 Spaltgas	41
4 Anlagen, Einrichtungen, Material und Hilfsmittel der Ferngasversorgung	43
4.1 Allgemeines	43
4.2 Standorte der Erdgaslagerstätten	44
– Erdgastransport aus den Lagerstätten zum Verbraucher	47
– Verbraucherschwerpunkte in der Bundesrepublik	47
4.3 Anlagen für Erdgasgewinnung und Erdgastransport	48
4.3.1 Feldsammelstelle	48
4.3.2 Gastransporteinrichtungen/Transportsysteme	49
– Europa-Netz	49
– Deutschland-Netz	49
– Rohre, Materialien und Durchmesser	49
– Isolierung von Ferngasleitungen	50
– Armaturen in Ferngasleitungen	51
– Anlagen in Ferngasleitungen/Verdichterstation	51
4.3.3 Transport von verflüssigtem Erdgas (LNG)	52
– Verflüssigungsanlage	55
– Transportmittel	55
– Entladeeinrichtungen	55
– Wiedervergasung/Verdampferanlagen	56
4.4 Gasspeicher im Bereich des Ferngasnetzes	56
4.4.1 Allgemeines	56
4.4.2 Untertagespeicher	58
– Ehemalige Erdgas- oder Erdölfelder	58
– Aquiferspeicher/Porenspeicher	58
– Kavernenspeicher	59
– Gefrierspeicher	61
– Weg des Gases in einer Untertage-Speicheranlage	61
4.4.3 Übertagespeicher/LNG-Speicher	62

5	Gasversorgungsanlagen der Ortsgasversorgungsunternehmen	63
5.1	Allgemeines	63
5.2	Übergabestation	63
5.2.1	Reinigung	63
5.2.2	Vorwärmung	65
5.2.3	Sicherheitsabspernung	65
5.2.4	Druckminderung/Druckregelung	65
5.2.5	Mengen-, Druck- und Temperaturmessung/Mengenumwertung	65
5.3	Hauptversorgungsleitungen der GVV	65
5.3.1	Stahlrohr St. 37-2	65
5.3.2	Rohre aus duktilem Gußeisen (GGG)	65
5.3.3	Absperrarmaturen	66
5.3.4	Dehnungsausgleicher	68
5.3.5	Ausblasevorrichtung	68
5.3.6	Richtlinien, Vorschriften und Bestimmungen für den Bau von Gashochdruckrohrleitungen	68
5.4	Gasspeicher der GVV	69
5.4.1	Röhrenspeicher	70
5.4.2	Kugelgasbehälter	70
5.4.3	Scheibengasbehälter	71
5.4.4	Glockengasbehälter	73
5.5	Odorierungseinrichtungen	73
5.6	Meß- und Reglerstationen	74
5.7	Gasrohrnetz und Versorgungsleitungen der GVV	74
5.7.1	Mitteldruck-Hauptversorgungsleitung	74
	– Gasmitteldruckleitungen aus PVC (Polyvinylchlorid hart)	75
	– Rohre aus PE hart (Polyäthylen hart)	75
	– Rohre aus Grauguß (GG)	75
5.7.2	Verteilersysteme	75
	– Mitteldruckverteilung	76
	– Niederdruckverteilung mit Hausdruckregler	76
	– Niederdruckverteilung ohne Hausdruckregler	76
5.7.3	Niederdrucknetz/Niederdruckversorgungsleitungen in Wohnstraßen	77
5.7.4	Rohrleitungsbauteile, -werkstoffe und -verbindungen im Niederdruck-Gasversorgungsbereich	77
	– Rohre aus Grauguß (GG)	77
	– Rohre aus duktilem Gußeisen (GGG)	77
	– Stahlrohr ST. 37	78
	– Polystal-Rohr aus St. 37	78
5.7.5	Absperrorgane in Niederdruck-Gasversorgungsleitungen	78
	– Schieber	78
	– Absperrtöpfe (AT)	78
5.8	Hausanschluß	80
5.8.1	Hausanschlußraum	80
5.8.2	Hausanschlußleitung	80
5.8.3	Einführung der Hausanschlußleitung in das Gebäude zum Hausanschlußraum	82
5.8.4	Isolierstück	82
5.8.5	Hauptabsperreinrichtung im Gebäude	82
5.8.6	Hausdruckregler	83
5.8.7	Gaszähler	84
6	Rohrnetzpläne, Aufnahme-/Aufbruchskizzen, Bestands- pläne, Übersichtspläne, Sinnbilder, Hinweisschilder	85
6.1	Allgemeines	85
6.2	Aufnahmeskizzen/Aufbruchskizzen	85
6.3	Bestandspläne (Teilübersichtspläne)	86
6.4	Übersichtspläne (Rohrnetzpläne)	89

6.5	Sinnbilder und Kurzzeichen	90
6.6	Hinweisschilder	97

Anhang

- Anlage 1 **SI-Einheiten im Gasfach**
- Anlage 2 **Griechisches Alphabet**
- Anlage 3 **Abkürzungen im Gasfach**

1 Einführung

1.1 Allgemeines

Ohne die verschiedenen Energieträger und ihre vielfältige Nutzung ist das Leben der Menschen heute nahezu genau so undenkbar wie ein Leben ohne Wasser.

Die wichtigsten gegenwärtig zur Verfügung stehenden nutzbaren Energieträger teilen wir ein in die

- ursprünglichen Energieträger und in die
- später entstandenen (sog. fossilen) Energieträger oder Brennstoffe.

Zu den **ursprünglichen Energieträgern** gehören

- Sonnenstrahlung,
- Kernenergie,
- Wasserkraft,
- Windkraft.

Die später entstandenen **fossilen Energieträger** sind

- | | | |
|----------|-------------|--------------------------------------|
| – Kohle | 90 % = 910 | Millionen Steinkohleneinheiten (SKE) |
| – Öl | 6 % = 60,66 | Millionen Steinkohleneinheiten (SKE) |
| – Erdgas | 4 % = 40,44 | Millionen Steinkohleneinheiten (SKE) |

Auf den fossilen Brennstoffen, die aus Pflanzen und Tieren der Vorzeit entstanden sind, ist die Gasversorgung aufgebaut. Gas wurde binnen kurzer Zeit für die Versorgung der Bevölkerung sowie in der Industrie und im Gewerbe zu einem Energieträger ersten Ranges.

Bei den Gasen (Sammelbezeichnung: „Brenngase“) haben wir im allgemeinen zu unterscheiden zwischen

- Naturgasen,
- Gas aus Mineralöl und
- Gas aus Kohle (Steinkohle).

Zu den **Naturgasen** zählen

Erdgas, Erdölgas, Grubengas und Faulgas (Klärgas).

Die Gasversorgung hat sich in wenigen Jahrzehnten zu einem umfangreichen, komplizierten System entwickelt. Hauptbestandteile sind:

- Anlagen zur Gasgewinnung und -erzeugung,
- Anlagen zur Gasaufbereitung,
- Anlagen zur Gasspeicherung,
- Anlagen zum Gastransport,
- Anlagen zur Gasverteilung.

1.2 Geschichtliche Entwicklung der Gasversorgung

Umfang und Bedeutung der modernen Gastechnik werden besser verständlich vor dem Hintergrund der geschichtlichen Entwicklung, die dieser wichtige Energieträger von seinen Anfängen bis heute durchlaufen hat.

Eigentlicher Anlaß zur Entwicklung der Gasversorgung war gegen Ende des 18. Jahrhunderts die beginnende Industrialisierung in England. Zu dieser Zeit wurde dort erstmals Leuchtgas aus Kohle erzeugt. Bedarfsträger waren zunächst die Fabrikhallen der aufblühenden Industrie.

William Murdock, ein Mitarbeiter von James Watt, entwickelte die Verfahren, die eine Erzeugung von Leuchtgas aus Steinkohle auch in größeren Mengen ermöglichte. Die von Murdock geschaffenen Grundlagen gelten auch heute noch. Er ist somit der Begründer der Gas-Technologie.

In Deutschland nahm die Entwicklung der Gasversorgung im Jahr 1825 mit der Errichtung einer Gasanstalt durch eine englische Gesellschaft in Hannover ihren Anfang. Bereits 1826 folgte Berlin und um 1845 schlossen sich neun andere deutsche Groß-

städte an. Nach einer für damalige Verhältnisse stürmischen Entwicklung verfügten dann gegen Ende des 19. Jahrhunderts bereits 1250 deutsche Städte über Gasanstalten, in denen Leuchtgas aus Steinkohle (Steinkohlengas) erzeugt wurde.

Dieses Leuchtgas wurde anfangs, wie die Bezeichnung ausweist, fast ausschließlich zur Beleuchtung von öffentlichen Plätzen, Straßen oder Anlagen verwendet. Erst verhältnismäßig spät begann man mit einer nennenswerten Nutzung auch im privaten bzw. häuslichen Bereich.

Zur Erzeugung von Steinkohlengas (Leuchtgas) wird geeignete Steinkohle in geschlossenen Behältern (Retorten) unter Luftabschluß bis auf 1200°C erhitzt, um die gasförmigen Bestandteile zum Entweichen zu bringen (sog. Entgasung).

Die gasförmigen Bestandteile bezeichnet man auch als **Rohgas**. Die zurückbleibenden festen Bestandteile kennen wir als **Koks**.

Koks war zunächst Nebenprodukt der Gaserzeugung und wurde für Heizzwecke und zur Roheisengewinnung im Hochofen verwendet. Der steigende Bedarf an Stahlerzeugnissen zwang jedoch die Zechen und Hüttenwerke, eigene Kokereien zu errichten, in denen nun Gas zum Nebenprodukt wurde.

Das Überangebot an Gas an den Standorten der Hüttenwerke führte schließlich dazu, daß mehrere Werke sich zusammenschlossen und im Jahr 1926 eine Kohlenverwertungs-AG – die heutige Ruhrgas-AG – gründeten. Diese Gesellschaft baute die ersten Ferngasleitungen heraus aus dem Ruhrgebiet zu Versorgungsschwerpunkten wie Hannover, Köln und Frankfurt/M.

Nachdem die moderne Leitungsbautechnik es ermöglicht hatte, auch Hochdruck-Stahlleitungen zu fertigen, dehnte sich das Ferngasnetz rasch aus. Es vermochten sich nun immer mehr Gaserzeuger und Gasabnehmer an Ferngasnetze anzuschließen. Weitere Ferngasunternehmen wurden gegründet, u. a. die

Saargas-Fernversorgung im Jahr 1935 und die
Salzgitter-Ferngasversorgung im Jahr 1939 mit Leitungen nach Berlin und Kassel.

Der Ausbau des Ferngasnetzes hatte zur Folge, daß immer mehr alte Ortsgaswerke stillgelegt wurden und die Gemeinden dazu übergingen, ihre Ortsgasnetze mit Ferngas zu versorgen. Diese Entwicklung ist bis heute noch nicht abgeschlossen.

Zur Zeit verteilen die Ortsgasversorgungsunternehmen (GVU) etwa 30 Mrd. m³ aus dem Ferngasnetz an die Endverbraucher. Davon sind bereits mehr als 90 % Erdgas.

Die Anzahl der Haushalte, die an das Gasversorgungsnetz angeschlossen sind, beträgt gegenwärtig etwa 7 Millionen. Vom Gesamtgasaufkommen verbraucht dieser Bereich rund 9 Mrd. m³, also knapp ein Drittel.

Das zur Gasversorgung unterhaltene Rohrnetz erreicht zu Beginn der 80er Jahre ca. 100 000 km. Es besteht zu 90 % aus Nieder- und Mitteldruckleitungen, auf die sich Ausbildung und Einsatzmöglichkeiten der GW-Gruppen des Katastrophenschutzes beschränken.

1.3 Was ist Gas?

Wenn wir uns mit den Problemen der Gasversorgung zu beschäftigen haben, müssen wir wissen,

- was Gas eigentlich ist,
- welche Eigenschaften Gas hat und
- wie Gas sich verhält.

Je nach dem Zustand, in dem ein Körper sich befindet, spricht man von einem festen, flüssigen oder gasförmigen

Körper. Die drei Zustandsformen bezeichnet man als **Aggregatzustände**.

Im Gas sind die kleinsten Bauteilchen – die Moleküle – frei beweglich und versuchen, jeden Raum, in dem sie sich befinden, auszufüllen. Gas ist somit ein Stoff, dessen

Form und Volumen veränderlich sind, der das Bestreben hat, sich auszudehnen, andererseits aber auch auf kleinstem Raum zusammengedrückt werden kann.

Unter niedrigen Temperaturen und hohen Drücken lassen sich die meisten Gase verflüssigen. Beispiele dafür sind Luft – ein Gemisch aus Sauerstoff und Stickstoff – sowie alle technischen Brenngase mit Ausnahme von Azetylen (C_2H_2).

Anders verhalten sich Propan (C_3H_8) und Butan (C_4H_{10}). Propan wird bereits bei einer Temperatur von $0^\circ C$ und einem Druck von 4 bis 5 bar, Butan bei $0^\circ C$ und einem Druck von 1 bar flüssig.

Gase, die in einem bestimmten Mischungsbereich mit Luft oder Sauerstoff brennbar sind und zur Wärmeerzeugung verwendet werden können, bezeichnet man als **technische Brenngase**, Kurzform „Brenngase“. Sie setzen sich zusammen aus den chemischen Grundstoffen (Elementen):

Kohlenstoff	=	C	=	Carboneum
Wasserstoff	=	H	=	Hydrogenium
Sauerstoff	=	O	=	Oxygenium
Stickstoff	=	N	=	Nitrogenium
Schwefel	=	S	=	Sulfur

Von diesen Grundstoffen sind Kohlenstoff (C) und Wasserstoff (H) **brennbar**. **Nicht brennbare** Bestandteile (Inerte) sind Stickstoff (N) und Schwefel (S).

Zu jedem Verbrennungsvorgang ist Sauerstoff (O) erforderlich. Die genannten Grundstoffe kommen auch in Verbindungen vor, und zwar als

- Kohlenmonoxyd (CO), in der Regel als Kohlenoxid bezeichnet,
- Kohlenwasserstoff (C_mH_n).

Einfachstes Beispiel für eine Kohlenwasserstoffverbindung ist das Methan (CH_4)

als Hauptbestandteil aller Erdgase und Erdölgase. Weitere Verbindungen sind die bereits erwähnten Gase Propan (C_3H_8) und Butan (C_4H_{10}).

1.4 Brenngase in der öffentlichen Gasversorgung

Bei den Brenngasen der öffentlichen Gasversorgung ist zu unterscheiden zwischen

- Brenngasen (mit übereinstimmenden Brenneigenschaften),
- Kohlenwasserstoff/Luftgemischen,
- Austauschgasen,
- Zusatzgasen.

Die Brenngase mit übereinstimmenden Brenneigenschaften sind im DVGW-Arbeitsblatt G 260 in drei sog. **Gasfamilien** eingeteilt. Die brenntechnischen Kenndaten dieser Gasfamilien und die der Kohlenwasserstoff/Luftgemische sind den Tabellen 3 und 4 zu entnehmen (aus den Tabellen 1 bis 4 des DVGW-Arbeitsblattes G 260).

1.4.1 Gasfamilien

a) **1. Gasfamilie** – Stadtgas – Kurzzeichen: S –

umfaßt Stadt- und Ferngas. Dabei handelt es sich um wasserstoffreiche Brenngase, die nach verschiedenen Verfahren gewonnen werden.

Gase der 1. Gasfamilie sind entweder

- Gase aus **festen Brennstoffen** (z. B. Steinkohlengas, Braunkohlengas) oder
- Gase aus **flüssigen Brennstoffen** (z. B. Benzin), sog. Spaltgas.

b) **2. Gasfamilie** – Naturgas – Kurzzeichen: N –

umfaßt alle aus natürlichen Vorkommen stammende Erdgase und Erdölgase sowie deren Austauschgase.

Die Naturgase entstehen ohne technische Einwirkung.

Beim Erdgas unterscheiden wir Gas der Gruppe L mit niedrigem Brennwert (L = Low calorific) und Gas der Gruppe H mit hohem Brennwert (H = High calorific).

- c) **3. Gasfamilie** – Flüssiggas – Kurzzeichen: F –
umfaßt nach DIN 51622 die Flüssiggase Propan (C_3H_8) und Propan/
Butan-Gemische.

1.4.2 **Kohlenwasserstoff/Luftgemische**

Gemische von Naturgasen oder Gemische von Propan (C_3H_8) mit Luft oder von Butan (C_4H_{10}) mit Luft.

Die Kohlenwasserstoff/Luftgemische sind nicht in die Ordnung der Gasfamilien einbezogen.

1.4.3 **Austauschgase**

Unter Austauschgasen verstehen sich Gasgemische, die innerhalb einer Gasfamilie bei gleichem Gasdruck und unveränderter Geräteeinstellung ein gleichwertiges Brennverhalten aufweisen.

Bekannte Austauschgase der 2. Gasfamilie sind Gemische aus Gasen der 1. und 3. Gasfamilie oder Gemische aus Propan bzw. Butan und Luft.

1.4.4 **Zusatzgase**

Gasgemische, die zur Deckung des Spitzenbedarfs den Gasen einer Gasfamilie zugesetzt werden.

Die Forderung nach gleichwertigem Brennverhalten des Gemisches aus Grundgas und Zusatzgas begrenzt die Menge des Zusatzgases.

2 Allgemeine gastechnische Begriffe

Bevor wir uns mit den Eigenschaften der Gase und ihrer Anwendung weiter beschäftigen, bedarf eine Reihe von Begriffen der Gastechnik einer allgemein verständlichen und verbindlichen Definition. Die im Gasfach üblichen Maßeinheiten müssen ebenfalls bekannt sein.

2.1 Verbrennung

Eine Verbrennung ist die schnell ablaufende chemische Verbindung eines brennbaren Stoffes mit Sauerstoff (Oxidation) unter Licht- und Wärmeentwicklung.

Wird ein Brenngas aus Kohlenstoff- oder Wasserstoffmolekülen in entsprechender Mischung mit Luft auf seine **Zündtemperatur** erwärmt (mittels Streichholz, Feuerzeug, Zündfunken etc.), kommt es zur **Zündung**.

Die Zündung ist der Beginn der Verbrennung. Die bei der Verbrennung freiwerdende Wärme bringt die Brenngasteilchen in entsprechender Nähe immer wieder auf Zündtemperatur. Dadurch kommt es zu einer fortlaufenden Verbrennung, die in der Regel als Flamme sichtbar ist.

Die Flamme brennt so lange, wie Brenngas in einer bestimmten Mischung mit Sauerstoff (Luft) zugeführt wird.

- **Luft** enthält ca. 21 % Sauerstoff, der Rest ist Stickstoff,
- **Stickstoff** ist an der Verbrennung nicht beteiligt (inert).

2.1.1 Vollständige/unvollständige Verbrennung

Bei **vollständiger Verbrennung** entstehen aus den brennbaren Bestandteilen des Brenngases und dem Sauerstoff die beiden neuen Gase

- Kohlendioxyd (CO_2) und
- Wasserdampf (H_2O)

sowie die entsprechende Wärmemenge (z. B. bei Erdgas für 1 m^3 10 kWh [8600 kcal.]).

Bei **unvollständiger Verbrennung** – d. h. bei Sauerstoffmangel – entsteht zusätzlich

- giftiges Kohlenmonoxid (CO).

2.1.2 Verbrennungsgase

Das Gemisch aller Gase, die nach der Verbrennung vorhanden sind, sind Verbrennungsgase.

Wenn die Verbrennungsgase ihre Wärme an die Verbrennungseinrichtung abgegeben haben, bezeichnet man sie vom Zeitpunkt des Verlassens der Brennkammer als

- **Abgase**.

2.1.3 Abgase

Die Menge der Abgase ist bei vollständiger Verbrennung die Summe aus folgenden Teilmengen:

- a) Unbrennbare Bestandteile des Brenngases (sog. Inerte)
- b) Neu entstandene Gase Kohlendioxid und Wasserdampf
- c) Stickstoffmenge, die der verbrauchten Sauerstoffmenge entspricht (für 1 Teil O_2 ca. 4 Teile N_2)
- d) Überschüssige Luft (Sauerstoff und Stickstoff).

In der Praxis ist es nicht möglich, zu einer bestimmten Gasmenge die zur vollkommenen Verbrennung exakt notwendige Luftmenge in richtiger Verteilung beizumischen. Ein gewisser **Luftüberschuß** von etwa 20 bis 50 % ist deshalb erforderlich.

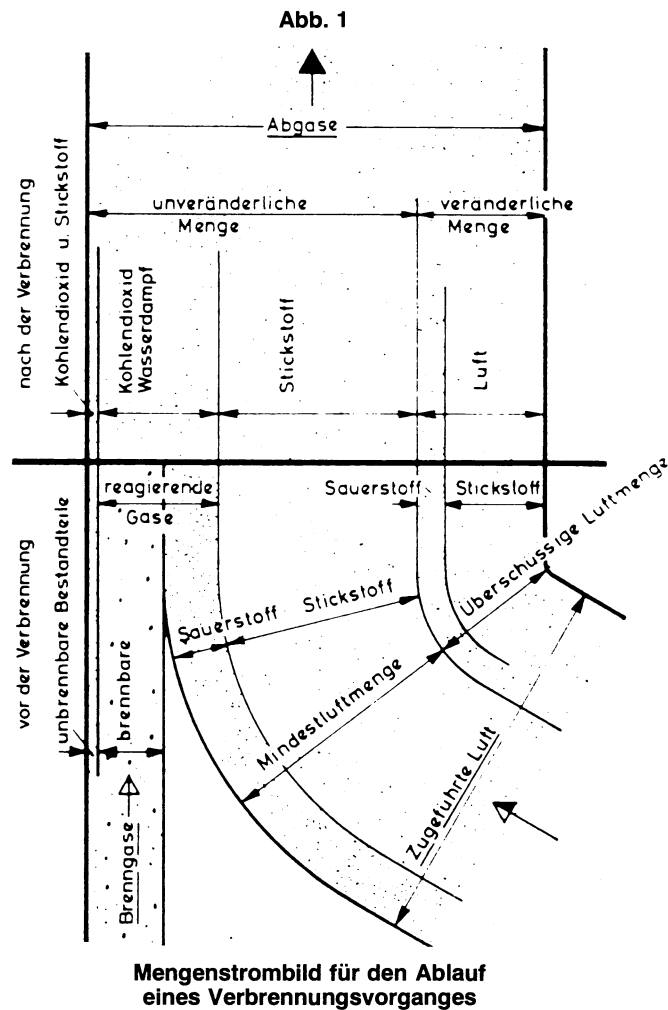
2

2.1.4 Luftüberschuß

Die richtige Mischung von Brenngas und Luft (Sauerstoff) ist, wie 2.1.3 beweist, für die Zündung (2.1) besonders wichtig.

Für die Praxis gilt allgemein je m^3

Erdgas L	ca. 10 m^3	erforderliche Luftmenge
Erdgas H	ca. 12 m^3	erforderliche Luftmenge
Kokereigas	ca. 5 m^3	erforderliche Luftmenge



Gemische aus Brenngas und Luft entzünden sich nur innerhalb bestimmter Mischungsgrenzen, wenn die erforderliche Temperatur vorhanden ist. Das Mischungsverhältnis wird in Vol. % angegeben. Unterschieden werden **untere und obere Zündgrenze**.

2.1.5 Untere Zündgrenze

Die untere Zündgrenze liegt bei einer Wasserstoff/Luftmischung bei 4,1 %.

Falls weniger als 4,1 % Wasserstoff vorhanden ist, wird sich dieses Gemisch auch bei genügend hoher Zündtemperatur nicht entzünden.

2.1.6 Obere Zündgrenze

Die obere Zündgrenze ist beim gleichen Beispiel einer Wasserstoff/Luftmischung erreicht, wenn der Wasserstoffanteil 75 % oder mehr beträgt. Andernfalls fehlt die Sauerstoffmenge, die zur Verbrennung erforderlich ist.

2.1.7 Zündvorgang/Zündtemperatur

Der **Zündvorgang** vollzieht sich nur dann, wenn Brenngas/Luftgemische im richtigen Zündbereich sind und die erforderliche Zündtemperatur erzeugt wird.

Die **Zündtemperatur** ist die tiefste Temperatur, bei der sich ein Gas/Luftgemisch entzündet, d.h. ein solches Gemisch eine Flamme bildet.

Die Zündtemperatur ist bei allen Gasen verschieden und hängt ab von

- der Art oder Zusammensetzung des Brenngases,
- der Gaskonzentration oder
- der Mischung mit Luft sowie
- dem Druck, unter dem die Verbrennung abläuft.

2.1.8 **Zündgeschwindigkeit/Flammengeschwindigkeit**

Für den Verbrennungsvorgang ist die Zündgeschwindigkeit eines Gases von entscheidender Bedeutung. Sie ist bei allen Gasen unterschiedlich und hängt von folgenden Einflußgrößen ab:

- a) Zusammensetzung des Gases, d.h. Gasart
(bei Kokereigas mit hohem Wasserstoffanteil ist die Zündgeschwindigkeit groß, bei Erdgas mit hohem Methananteil ist die Zündgeschwindigkeit niedriger).
- b) Mischungsverhältnis Gas und Luft
(die einzelnen Gasbestandteile jeweils in Mischung mit Luft haben unterschiedliche Zündgeschwindigkeiten. Wasserstoff hat z.B. eine hohe Zündgeschwindigkeit. – Ein hoher Wasserstoffanteil erbringt eine hohe Zündgeschwindigkeit des Gemisches, während unbrennbare Bestandteile (Inerte) die Zündgeschwindigkeit herabsetzen).

Beispiele für Zündgeschwindigkeiten von Gas/Luftgemischen:

Wasserstoff/Luft	etwa 2,65 bis 2,70 m/s
Methan/Luft	etwa 0,35 bis 0,40 m/s
Propan/Luft	etwa 0,35 m/s
Butan/Luft	etwa 0,35 m/s
Stadtgas/Luft	etwa 0,35 bis 0,90 m/s
Erdgas/Luft	etwa 0,41 bis 0,43 m/s

- c) Temperatur des Gas/Luftgemisches
(bei abnehmender Temperatur verringert sich die Zündgeschwindigkeit).

2.1.9 **Ausströmgeschwindigkeit**

Die Ausströmgeschwindigkeit (m/s) und die Zündgeschwindigkeit eines Gas-/Luftgemisches müssen etwa gleich groß sein, wenn eine Gasflamme normal brennen soll.

Merkmale:

- Ist die Ausströmgeschwindigkeit größer als die Zündgeschwindigkeit, hebt sich die Flamme von der Öffnung ab,
- ist die Zündgeschwindigkeit größer als die Ausströmgeschwindigkeit, schlägt die Flamme in die Ausströmöffnung (Rohr, Brenner) zurück.

Die Ausströmgeschwindigkeit hängt vom Fließdruck des Gases, seiner Dichte (oder dem Dichteverhältnis (d_v) zu Luft, wobei Luft = 1 ist) sowie von Größe und Form der Ausströmöffnung ab.

Wenn die Flamme in die Ausströmöffnung (Brenner, Brennkammer, Rohr, sonstiger geschlossener Raum) zurückschlägt, kann es zur Explosion kommen.

2.1.10 **Explosion/Explosionsschutzmaßnahmen**

Eine **Explosion** erfolgt nur dann, wenn im Raum ein zündfähiges (oder zündwilliges) Gas/Luft- oder Gas/Sauerstoff-Gemisch anwesend ist.

Ein Gemisch, das sich zwischen oberer und unterer Zündgrenze befindet (2.1.4 bis 2.1.6), bezeichnet man als **explosibel** oder **explosionsfähig**.

Die Explosion von Gas/Luft- oder Gas/Sauerstoff-Gemischen ist ein rascher Verbrennungsvorgang (chemischer Vorgang), bei dem erhebliche Gas- und Wärmemengen gleichzeitig freierwerden.

Die komprimierten Gase und Wärmemengen leisten bei ihrer Ausdehnung Arbeit und erzeugen in ihrer Umgebung Stoßwellen.

Die Auswirkung einer Gasexplosion sollte bekannt sein. Ein mit zündfähigem, somit auch explosionsfähigem Gemisch gefüllter Kellerraum reicht z. B. aus, um ein mehrstöckiges Haus zum Einsturz zu bringen.

Explosionsschutzmaßnahmen sind deshalb bei allen Gasbetriebsanlagen, in Räumen, an Geräten sowie bei allen Arbeiten an, in und mit diesen von allergrößter Wichtigkeit. Dabei geht es stets um die Vermeidung des berühmten „ersten Funkens“, der eine Explosion auslöst.

Vorsichtsmaßnahmen bei Gasgeruch

Sofort alle Flammen löschen!

Sofort alle Fenster und Türen öffnen!

Sofort die Absperrreinrichtungen am Gaszähler oder die Hauptabsperrreinrichtung im Keller schließen!

Räume, in denen sich Gasgeruch bemerkbar macht, nicht mit offenem Licht betreten!

Kein Streichholz oder Feuerzeug anzünden!

Keine elektrischen Schalter betätigen!

Keine elektrischen Stecker herausziehen!

Keine elektrischen Klingeln betätigen!

Nicht rauchen!

Nach dem Schließen der Hauptabsperrreinrichtung nachsehen, ob alle Gasarmaturen geschlossen sind und die noch offenstehenden schließen! (Zündflammenhähne, Gaskühlschränke usw.)

Licht erst dann anzünden, wenn kein Gasgeruch mehr festzustellen ist!

Sich nicht auf den eigenen Geruchssinn verlassen, sondern andere Personen hinzuziehen!

Kann die Ursache des Gasgeruches nicht gefunden werden, obwohl alle Gasarmaturen geschlossen sind, dann sofort GVV anrufen. Auch schwacher Gasgeruch, dessen Ursache nicht ermittelt werden kann, muß dem GVV gemeldet werden!

Tritt Gasgeruch aus nicht ohne weiteres zugänglichen Räumen aus, dann sofort Polizei bzw. Feuerwehr benachrichtigen. Sie haben das Recht, sich Zutritt zu verschaffen. Gleichzeitig GVV verständigen!

Wird ein Ausströmen des Gases im Keller vermutet, dann Keller gut durchlüften, aber nicht betreten. Die übrigen Hausbewohner benachrichtigen, gleichzeitig GVV verständigen!

Störungen oder Schäden an Gasanlagen nicht selbst beseitigen! Diese dürfen nur von Fachleuten behoben werden. Solche sind die Beauftragten der GVV und die Vertragsinstallationsunternehmen.

Die Schadenstelle ist für den Störungsdienst zugänglich zu halten!

Allgemein geltende **Vorschriften zur Verhütung von Unfällen** beim Umgang mit Gasen sind:

- Die Explosionsschutz-Richtlinien der Berufsgenossenschaften,
- die Technischen Regeln und die Arbeitsblätter des DVGW,
- die Bestimmungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE 0165).

2.1.11 **Verpuffung**

Sofern ein Gemisch nicht explosibel ist und die Zündtemperatur nicht überall sofort erreicht wird, kommt es zu einer Verpuffung.

Zu einer Verpuffung kommt es zum Beispiel, wenn eine fette Gasschwade aus Propan ($d_V = 1,5$) im Gelände außen gezündet wird. Da in der Gasschwade nicht genügend

Sauerstoffteilchen richtig verteilt vorhanden sind, läuft die Verbrennung ausgehend von der Zündstelle nur an der Außenhaut der Gasschwade ab.

Es muß, wie wir sehen, nicht immer eine Explosion sein, die erschreckt und Schaden anrichtet.

2.2 Gasmenge

Gasmengen werden nach dem von ihnen eingenommenen Volumen (V) gemessen. Das Volumen einer bestimmten Gasmenge ist von den jeweiligen Zustandsgrößen abhängig.

Diese Zustandsgrößen sind **Gastemperatur** und **Gasdruck**.

Die Maßeinheit für

- Gasvolumen (V) ist das Kubikmeter (m³),
- Gastemperatur (t,T) ist Kelvin (K) oder wie bisher Grad Celsius (°C),
- Gasdruck (p) ist das Millibar (mbar) oder (bar), 1 bar = 1000 mbar.

Der Normzustand eines Gases ist gekennzeichnet durch die Zustandsgrößen Temperatur 0°C und absoluter Druck 1013 mbar.

Die an einer Verbrauchsstelle gemessenen Zustandsgrößen charakterisieren den jeweiligen Betriebszustand.

Beispiel: Temperatur 15°C, Druck 980 mbar.

Das betreffende Gas kann trocken oder feucht sein. – Als **trockenes Gas** gilt das **Erdgas**, als **feuchtes Gas** das **Kokereigas**.

Gebräuchliche Schreibweisen für Gasmengen sind:

V_n oder $V_o = \dots\dots\dots m^3$ für Volumen der Gasmenge im Normzustand in m³
 $V_B = \dots\dots\dots m^3$ für Volumen der Gasmenge im Betriebszustand in m³

Die Gasmenge wird häufig auch als Masse (m) in kg (bei Flüssiggas) oder als die bei der Verbrennung des Gases freiwerdende Wärmemenge (Q) in Joule (J) oder (kJ) oder in Kilowattstunden (kWh) oder Tonnen Steinkohleneinheiten (t SKE), früher in Kilokalorien (kcal) angegeben.

1 kJ	=	0,2388 kcal	
1 kcal	=	4,1876 kJ	
1 kWh	=	3,6000 kJ	= ≈ 860 kcal
1 t SKE	=	29 000 000 kJ	= ≈ 7 000 000 kcal

2.3 Druck

2.3.1 Druckbereiche

In der Gasversorgung wird zwischen den drei Druckbereichen

- Niederdruck,
- Mitteldruck und
- Hochdruck

unterschieden.

a) Als **Niederdruck** gilt ein Betriebsdruck bis 0,1 bar.

0,1 bar = 100 mbar ≈ 10 000 Pa
(früher: 1000 mm WS).

b) Als **Mitteldruck** gilt ein Betriebsdruck von 0,1 bar bis 1,0 bar.

≈ 10 000 Pa bis ≈ 100 000 Pa
(früher: 1000 mm WS bis 10 000 mm WS).

c) Als **Hochdruck** gilt ein Betriebsdruck von über 1 bar.

In diesem Zusammenhang sind weitere in der Gasversorgung gebräuchliche Begriffe in den Ziffern 2.3.2 bis 2.3.10 behandelt.

2

2.3.2 Ruhedruck

Der Ruhedruck ist der Überdruck des **nicht strömenden** (ruhenden) Gases.

Der Bezugsdruck (Atmosphärendruck) ist nicht mehr angegeben, da unter Überdruck die Differenz zwischen Druck (absoluter Druck) und Bezugsdruck verstanden wird. **Der Ruhedruck wird in mbar gemessen.**

2.3.3 Fließdruck

Der Fließdruck ist der Überdruck des **strömenden** (fließenden) Gases.

2.3.4 Versorgungsdruck

Der Versorgungsdruck ist der Überdruck in der Versorgungsleitung. **Der Versorgungsdruck wird in mbar oder bar gemessen.**

2.3.5 Anschlußdruck

Der Anschlußdruck ist der Fließdruck am Gasanschluß einer Gasverbrauchseinrichtung. **Der Anschlußdruck wird in mbar** unmittelbar vor der Gasversorgungseinrichtung **gemessen.**

2.3.6 Betriebsdruck

Der Betriebsdruck ist der Überdruck in einer Betriebsanlage oder einem System. In der Gasversorgungsleitung ist es der Druck, der an der Regelstation gemessen wird.

Der Betriebsdruck kann dem Versorgungsdruck oder auch dem Nenndruck entsprechen (gleich sein).

Kurzbezeichnung für den Betriebsdruck: PB (in großen Buchstaben!).

2.3.7 Nenndruck

Der Nenndruck ist der Überdruck, den eine Betriebsanlage bei einer Temperatur von 20°C mit Sicherheit aushalten muß. Er ist also auch der Druck, der für Planung und Bauausführung mit genormten Rohrleitungsbauteilen maßgebend ist.

Kurzbezeichnung für den Nenndruck: PN.

Beispiel: Ein Rohr mit der Aufschrift PN 10 ist für einen Betriebsdruck bis max. 10 bar (Wasser) geeignet.

2.3.8 Prüfdruck

Der Prüfdruck ist der Überdruck, dem ein Rohrleitungsbauteil zur Prüfung ausgesetzt wird.

Kurzbezeichnung für den Prüfdruck: PP.

Beispiel: Für eine Mitteldruck-Gasversorgungsleitung beträgt der Prüfdruck 3 bar oder für eine Wasserleitung PN 10 (1,5 x Nenndruck = 15 bar).

2.3.9 Abgeleitete Größe „Druck“

Nach DIN 1314 ist die abgeleitete SI-Einheit des Druckes das Pascal (1 Pa = 1 N/m²).

Das 100000fache des Pascal ist das Bar.

Im Gasfach hat man sich für die Einheit mbar (0,001 bar) entschieden. Für die Umrechnung gilt (mit genügender Genauigkeit) 10 mm WS = 1 mbar.

Für Unterdruck ist das Formelzeichen p_U und für Überdruck $p_{\bar{U}}$ zu verwenden. Druck wird auch zur Unterscheidung des Unter- oder Überdruckes als „**absoluter Druck**“ bezeichnet. Wird der atmosphärische Druck als Bezugsdruck angenommen, dann kann für die Druckdifferenz gegen Unter- und Überdruck auch „barometrischer Unterdruck“ oder „barometrischer Überdruck“ verwendet werden.

Die Druckbezeichnungen

Kilopond pro Quadratmeter (kp/m²),

technische Atmosphäre (at),
 physikalische Atmosphäre (atm),
 Torr (Torr)

dürfen nicht mehr verwendet werden.

Definition

Unter Druck p wird der Quotient Normalkraft F_n , die auf eine Fläche wirkt, geteilt durch den Inhalt A dieser Fläche, verstanden:

$$p = \frac{F_n}{A}$$

Diese physikalische Erkenntnis ist die theoretische Grundlage für die Ableitung der Einheit des Druckes aus den gesetzlichen Einheiten.

Die Kraft läßt sich als Einheitsgleichung unter Verwendung der dem Einheitengesetz zugrundeliegenden Basiseinheiten wie folgt definieren:

$$1 \text{ Krafteinheit} = 1 \text{ Masseinheit (kg)} \times \frac{1 \text{ Geschwindigkeitseinheit (m/s)}}{1 \text{ Zeiteinheit (s)}}$$

oder

$$1 \text{ Krafteinheit} = 1 \text{ Masseinheit (kg)} \times 1 \text{ Beschleunigungseinheit (m/s}^2\text{)}$$

Der englische Physiker, Mathematiker und Astronom *Isaac Newton* (1643–1727) hat diesen Zusammenhang entdeckt. Deshalb wird die Krafteinheit, die der Masse von 1 kg die Beschleunigung von 1 m/s² erteilt, als ein *Newton* (N) bezeichnet.

Es gilt für die Kraft: 1 Newton (N) = 1 kg m/s²

Der Druck ergibt sich demnach als Einheitengleichung unter Verwendung der abgeleiteten Einheiten:

$$1 \text{ Druckeinheit} = \frac{1 \text{ Krafteinheit (N)}}{1 \text{ Flächeneinheit (m}^2\text{)}} \quad 1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2}$$

Diese Druckeinheit 1 N/m² wird nach dem französischen Mathematiker, Theologen und Philosophen *Blaise Pascal* (1623–1662) als 1 Pascal (Pa) bezeichnet.

Der Zusammenhang zwischen der Höhe einer Flüssigkeits- oder Gassäule und dem Druck, den sie senkrecht nach unten ausübt, ist gegeben durch:

$$p = h \times \rho \times g$$

p = Druck in N/m² oder Pa
 h = Höhe in m
 ρ = Dichte in kg/m³ (ρ)
 g = Erdbeschleunigung

Anwendungsbeispiele:

- a) Ein senkrecht stehendes Rohr mit geschlossenem Boden (z. B. Absperrschieber) ist bis zur Höhe von 10 m mit Wasser von +4°C Wassertemperatur gefüllt. Wie hoch ist der Druck am Schieber?

$$p = h \times \rho \times g$$

$$p = 10 \times 1000 \times 9,81$$

$$p = 98100 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \text{ (oder Pa)}$$

Merke: 100000 Pa = 1 bar = 10 m WS

- b) Ein senkrecht stehendes Rohr unbekannter Höhe ist mit Wasser von +4°C gefüllt. Ein unten angeschlossener Druckmesser zeigt 75000 Pa an. Wie hoch ist das Rohr mit Wasser gefüllt?

$$p = h \times \rho \times g$$

$$h = \frac{p}{\rho \times g}$$

$$h = \frac{75000}{1000 \times 9,81}$$

$$h = 7,65 \text{ m}$$

Tabelle 1: Druckeinheiten

	N/m ² = Pa	bar	mbar	-bar	mm WS	kp/cm ² = at	Torr	atm
1 N/m ² = Pa	1	0,00001	0,01	10	0,102	0,0000102	0,0075	0,00000987
1 bar	100 000	1	1000	1 000 000	10 200	1,02	750	0,987
1 mbar	100	0,001	1	1000	10,2	0,00102	0,75	0,000987
1 -bar	0,1	0,000001	0,001	1	0,0102	0,00000102	0,00075	0,00000987
1 mm WS	9,81	0,0000981	0,0981	98,1	1	0,0001	0,07355	0,0000968
1 kg/cm ² = at	98 100	0,981	981	981 000	10 000	1	735,5	0,968
1 Torr	133,3	0,001333	1,333	1333	13,6	0,00136	1	0,00132
1 atm	101 300	1,013	1013	1 013 000	10 330	1,033	760	1

2.3.10 Druckmessung

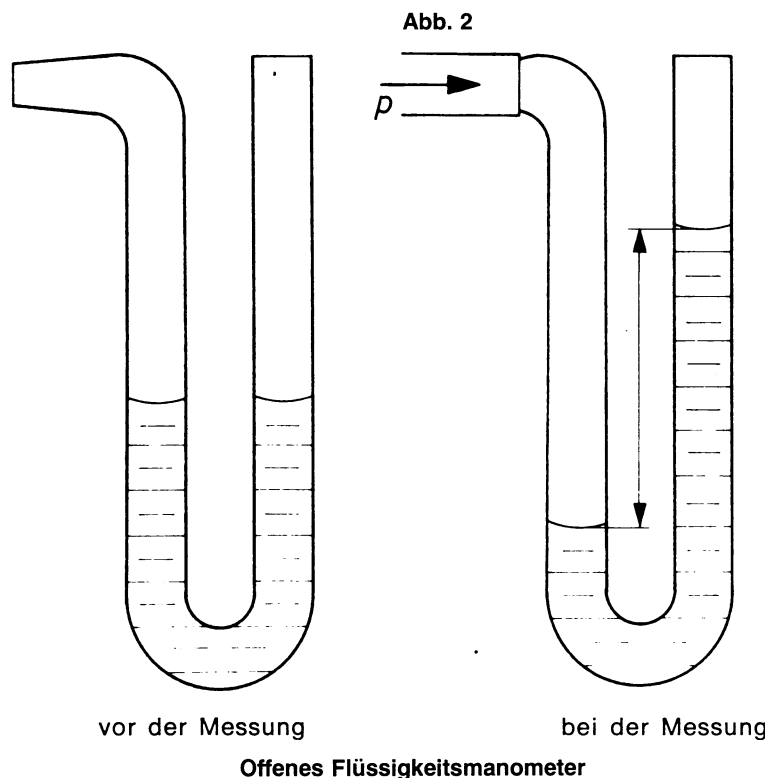
Zur Druckmessung finden in der Technik vorwiegend

- offene Flüssigkeitsmanometer (oder U-Rohr),
- geschlossene Flüssigkeitsmanometer,
- Plattenfedermanometer oder
- Röhrenmanometer

Verwendung.

a) Offenes Flüssigkeitsmanometer

Zur Messung von Gasdrücken wird ein mit einer Meßflüssigkeit (in der Regel Wasser) gefülltes, an beiden Enden offenes U-förmig gebogenes Glasrohr mit dem zu messenden Druck beaufschlagt (belastet). – Vor der Messung steht die Flüssigkeit in beiden Schenkeln gleich hoch. Beim Meßvorgang steigt die Flüssigkeit im unbelasteten Rohr. Der nunmehrige Höhenunterschied der Flüssigkeitsspiegel in beiden Schenkeln ist das Maß für den gemessenen Druck.

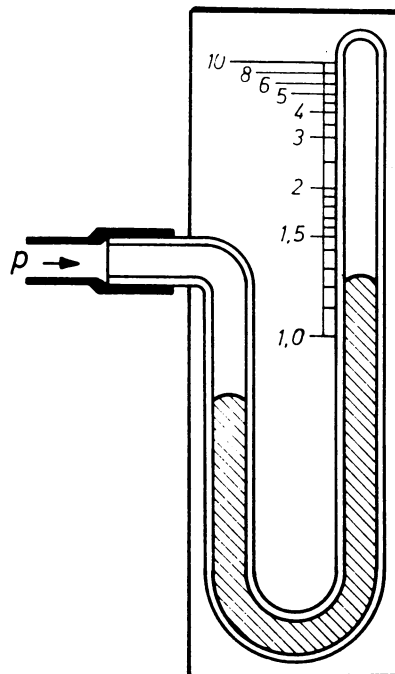


b) **Geschlossenes Flüssigkeitsmanometer**

Das geschlossene Flüssigkeitsmanometer wird bei höheren Drücken eingesetzt. Hierbei ist in einem auf einer Seite zugeschmolzenen U-Rohr ein kleines Gasvolumen von einer Sperrflüssigkeit (in der Regel Quecksilber) eingeschlossen.

Durch die Druckbelastung verkleinert sich das Gasvolumen. Die Trennstelle zwischen Gas und Sperrflüssigkeit zeigt an einer geeichten Skala den Wert für den angelegten Druck an. Wegen der physikalischen Gesetze, die diesem Prinzip zugrundeliegen, wird die Teilung der Skala für zunehmende Druckgrößen immer enger.

Abb. 3



Geschlossenes Flüssigkeitsmanometer

c) **Plattenfedermanometer**

Das Plattenfedermanometer stützt seine Funktion auf dem Durchbiegemoment einer gewellten elastischen Stahlmembrane, das durch Übertragung auf einen Zeiger an einer geeichten Skala ablesbar gemacht wird.

d) **Röhrenfedermanometer**

Beim Röhrenfedermanometer wird der Umstand ausgenutzt, daß eine gebogene Röhre auf ihrer Außenseite eine größere Fläche besitzt als auf der Innenseite.

Die vom angelegten Druck veränderte Krümmung der Röhre wird auf einen, in einem festen Drehpunkt gelagerten, gezahnten Sektor übertragen, der einen Zeiger auf einer Skala bewegt.

Abb. 4

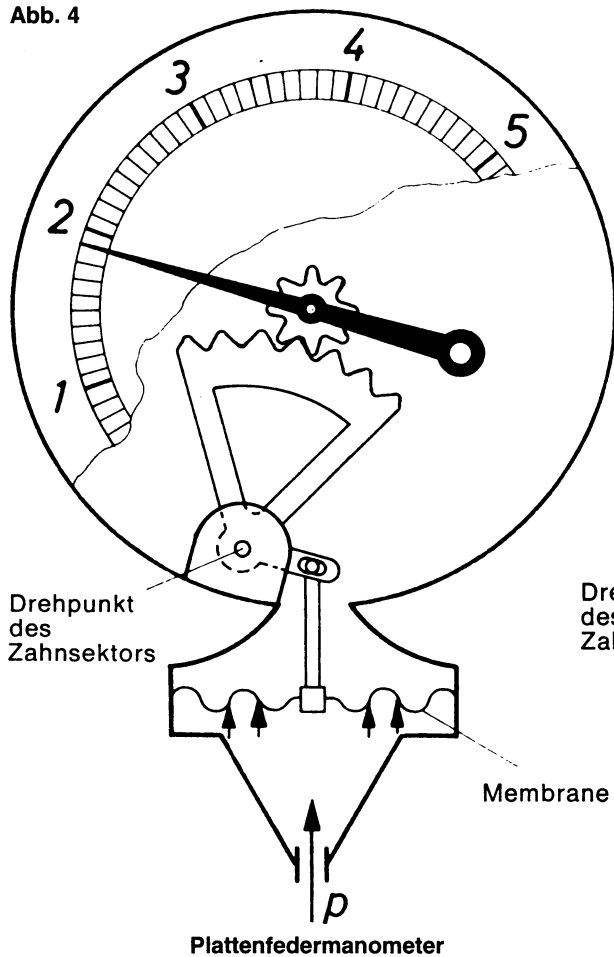
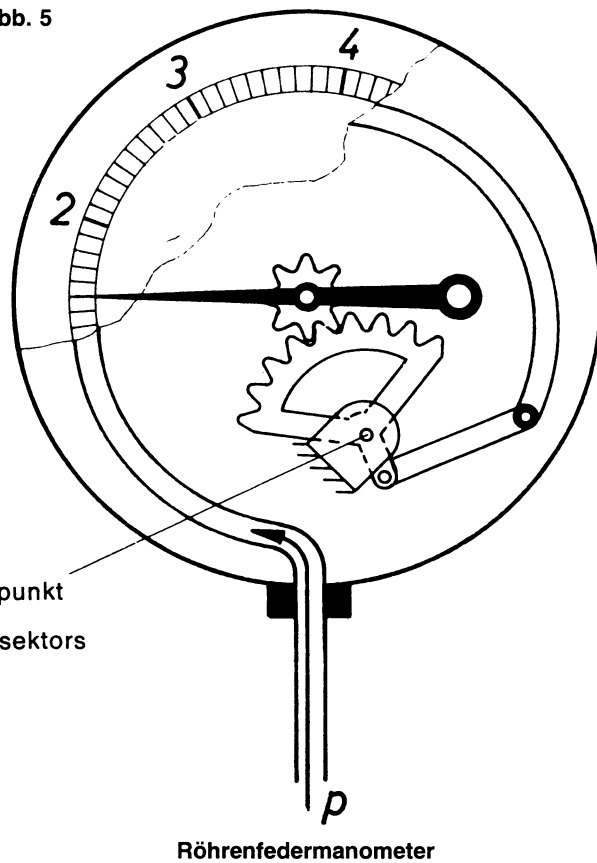


Abb. 5



2.4

Dichte/Dichteverhältnis

Die **Dichte** „ ρ “ eines Stoffes ist das Verhältnis von Masse zu Volumen – bei Gasen in kg/m^3 . Sie gibt die Masse von 1 m^3 Gas an. Das bedeutet eine Aussage über die im Gas befindlichen Teilchen (Moleküle).

Im Normzustand ergibt sich die Dichte ρ_n .

Die Dichte ist in DIN 1306 definiert. Die Dichte $\rho_{,n}$ wird als Normdichte bezeichnet.

Anstelle der Dichte rechnet man in der Praxis mit dem **Dichteverhältnis** „ d “. Das Dichteverhältnis eines Gases ist das Verhältnis seiner Dichte zu der der Luft bei gleichen Zustandsbedingungen. Es sagt also aus, wieviel Mal schwerer Luft als das betreffende Gas ist.

Die Dichte der Luft bei 0°C und $1013,25 \text{ mbar}$ beträgt $1293 \text{ kg}/\text{m}^3$.

Das Dichteverhältnis eines Gases ergibt sich wie folgt:

$$d = \frac{\text{Dichte des Gases } (\rho_G) \text{ im Normalzustand}}{\text{Dichte der Luft } (\rho_L) \text{ im Normalzustand}}$$

$$d = \frac{\rho_{G,n}}{\rho_{L,n}}$$

Darin bedeuten:

$$\begin{aligned} d &= \text{Dichteverhältnis} \\ \rho_{G,n} &= \text{Dichte eines Gases in Normzustand in } \text{kg}/\text{m}^3 \\ \rho_{L,n} &= \text{Dichte der Luft im Normzustand in } \text{kg}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

Das Dichteverhältnis ist als reine Verhältniszahl dimensionslos.

Das bedeutet in der Praxis:

- d kleiner als 1 = Gas leichter als Luft
- d gleich 1 = Gas so schwer wie Luft
- d größer als 1 = Gas schwerer als Luft

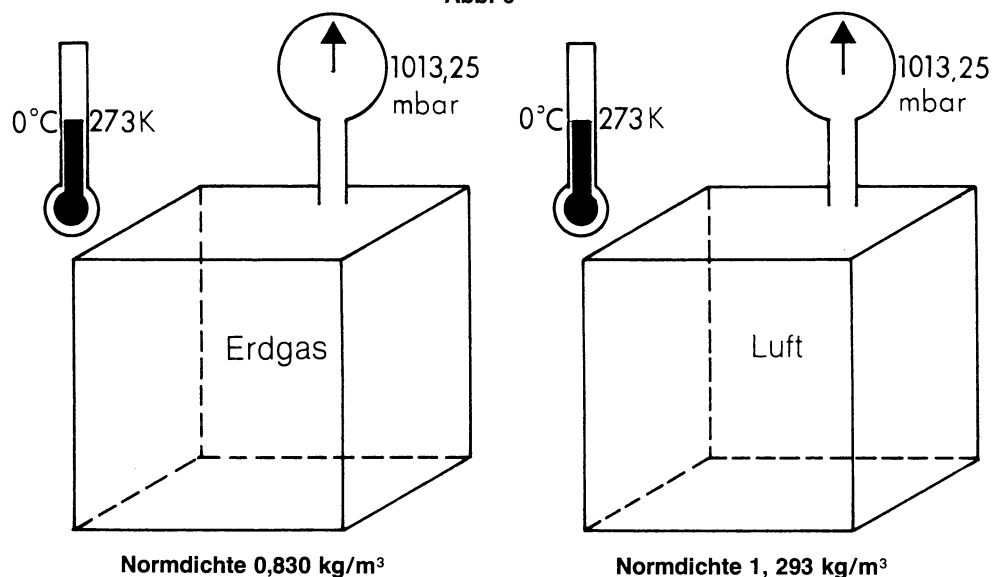
Die Bezeichnung Dichteverhältnis ist nur zu verwenden, wenn – wie in diesem Falle – für beide Stoffe gleiche Zustandsbedingungen gelten. Ist dies nicht der Fall, dann ist der Ausdruck „**relative Dichte**“ zu verwenden.

Die relative Dichte kann durch Indizes am Zeichen d gekennzeichnet werden, wenn dies zum Beispiel wegen des Zustandes der Stoffe notwendig ist bzw. gewünscht wird.

Tabelle 2: Dichte und Dichteverhältnis wichtiger Einzelgase

	ρ (kg/m ³)	d
Kohlenmonoxid (CO)	1,251	0,968
Wasserstoff (H ₂)	0,090	0,070
Methan (CH ₄)	0,717	0,553
Propan (C ₃ H ₈)	2,004	1,550
n-Butan (C ₄ H ₁₀)	2,703	2,090
Luft	1,293	1,000
Kohlendioxid (CO ₂)	1,977	1,529
Stickstoff (rein) (N ₂)	1,250	0,967
Sauerstoff (O ₂)	1,429	1,105

Abb. 6



Zur **Ermittlung des Dichteverhältnisses** von Gasgemischen müssen

- die Dichte der Einzelgase mit ihrem prozentualen Anteil am Gemisch multipliziert,
- die Einzelergebnisse addiert und
- durch die Dichte der Luft dividiert

werden.

2.5 Temperatur/Temperaturmessung

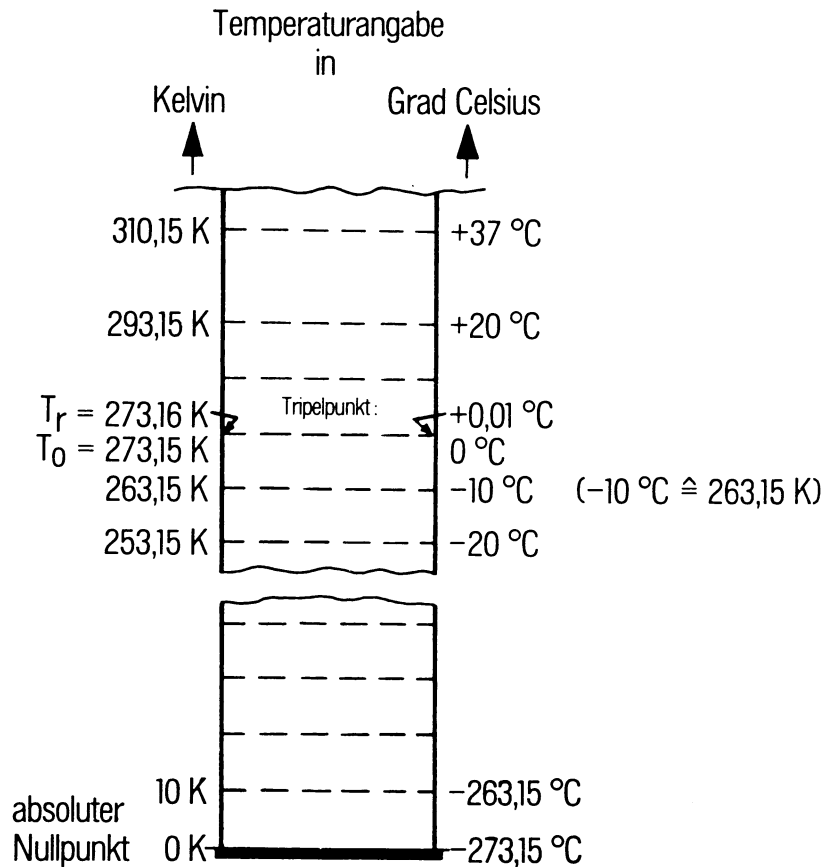
2.5.1 Temperatur

Das Maß für den Wärmezustand eines Körpers ist seine Temperatur. Der Ausdruck „Kälte“ ist keine physikalische Größe, sondern lediglich eine Bezeichnung für den niedrigeren Temperaturbereich.

Die menschliche Empfindung von „Wärme“ und „Kälte“ ist eine Folge der Reaktion bestimmter Nerven auf den Schwingungszustand der Moleküle. Der Mensch ist ein sehr unzuverlässiger Wärmemesser. Die Temperaturempfindung der Haut ist nicht sehr genau und läßt sich leicht täuschen. Der Empfindungsbereich ist stark begrenzt, da hohe und auch tiefe Temperaturen nicht ohne Schmerzempfindung geprüft werden können.

Zur eindeutigen Festlegung der Temperatur dienen gemäß dem „Gesetz über Einheiten im Meßwesen“ vom 2. Juli 1969, kurz: „Einheitengesetz“, und der „Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen“ vom 26. Juli 1970, kurz: „Ausführungsverordnung“, die Kelvin-Skala und die Celsius-Skala.

Abb. 7



Kelvin- und Celsius-Temperaturskalen

Die **Kelvin-Skala** (Kelvin, englischer Physiker, 1824 bis 1907) beginnt mit dem absoluten Nullpunkt. Nach der Theorie kommt die Molekularbewegung als Ursprung der Wärme bei Erreichen des absoluten Nullpunktes zum Stillstand. Mit den heute verfügbaren technischen Mitteln wurde der absolute Nullpunkt bereits beinahe erreicht.

Niedrigere Temperaturen gibt es auf der Erde nicht. Die wissenschaftliche Festlegung des Kelvin wird abgeleitet von der Temperatur des zur gleichen Zeit bestehenden festen, flüssigen und gasförmigen Zustandes des Wassers, dem „Tripelpunkt“.

Das Einheitenzeichen für die Basiseinheit Kelvin ist K.

Die **Celsius-Skala** (Anders Celsius, schwedischer Astronom, 1701 bis 1744) wird bestimmt von den Punkten:

Nullpunkt 0 °C =	Temperatur des schmelzenden Eises beim Luftdruck 1013,25 mbar und
Siedepunkt + 100 °C =	Temperatur des siedenden, chemisch reinen Wassers bei 1013,25 mbar.

Das Einheitenzeichen für die gesetzliche Einheit Grad Celsius ist C.

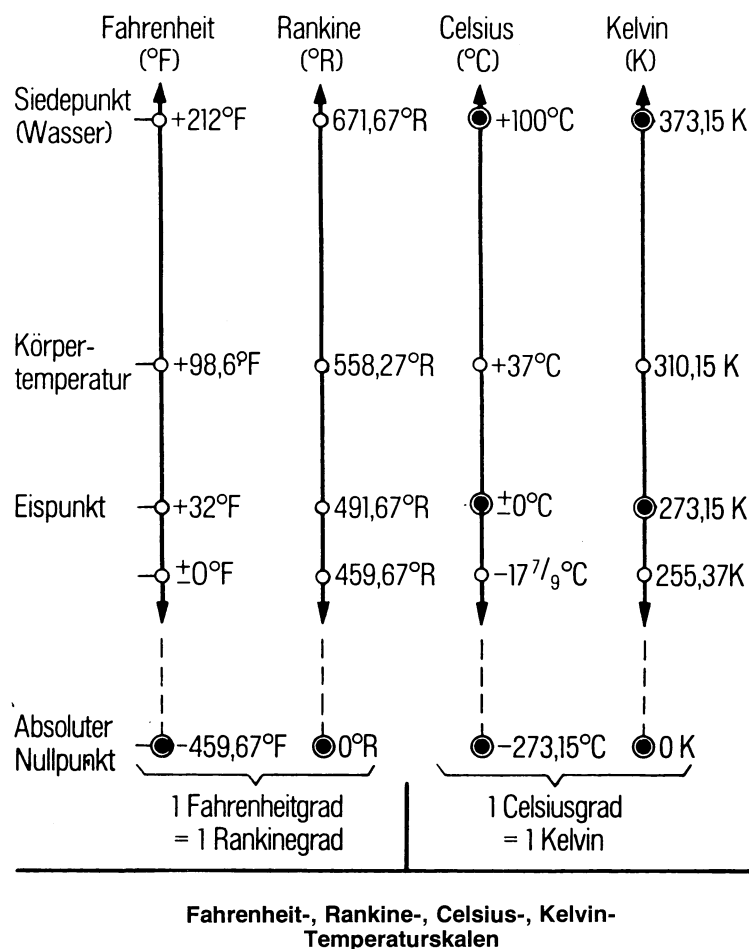
Die Skalenteilung der Kelvin-Skala entspricht der Skalenteilung der Celsius-Skala. Temperaturpunkte auf der Kelvin-Skala und der Celsius-Skala haben verschiedene Zahlenwerte. So entspricht die Temperatur von $+20^{\circ}\text{C}$ auf der Celsius-Skala einer Temperatur von $293,15\text{ K}$ auf der Kelvin-Skala. In der mathematischen Kurzschreibweise wurde diese Aussage wie folgt dargestellt:

$$+20^{\circ}\text{C} \hat{=} 293,15\text{ K} \text{ oder } 293,15\text{ K} \hat{=} +20^{\circ}\text{C}$$

Bei Temperaturpunkten (Temperaturen), angegeben in Grad Celsius (C) über 0°C kann das Pluszeichen weggelassen werden, wenn Verwechslungen ausgeschlossen sind. Bei Temperaturen in Kelvin (K) gibt es keine Minus-Temperaturen, da sie ab dem absoluten Nullpunkt gezählt werden. Einen Vergleich der Temperatur-Skalen gibt Abb. 7.

Abb. 8

Temperatur-Skalen nach



In englisch-sprachigen Ländern ist die **Fahrenheit-Skala** (Gabriel Fahrenheit, deutscher Physiker, 1686 bis 1736) gebräuchlich. Bei ihr wird der Schmelzpunkt des Eisens mit 32 F, der Siedepunkt des Wassers mit 212 F bezeichnet.

Im geographischen Anwendungsbereich der Fahrenheit-Skala ist die Skala der absoluten Temperatur nach **Rankine** benannt. Ihr Nullpunkt (0 Rank) entspricht -459 F oder aber 0 K .

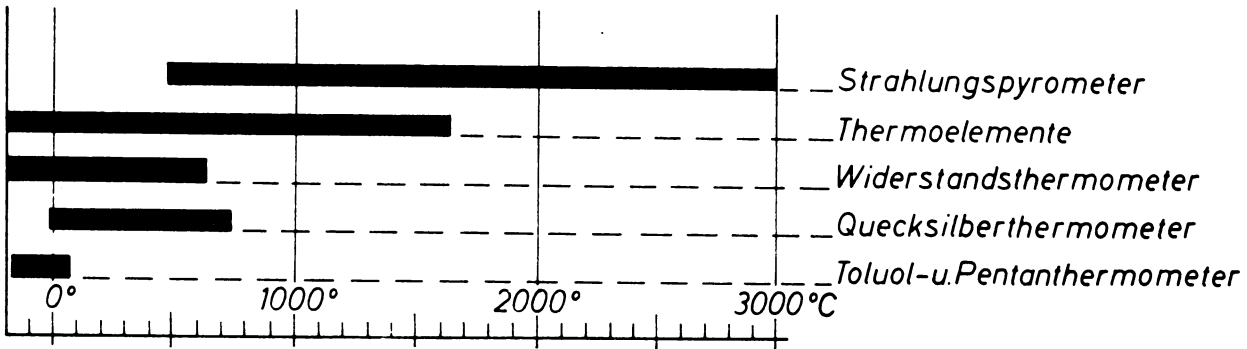
Für die Umrechnung gelten mit T_K , T_R , t_C , t_F als Zahlenwerte einer Temperatur in der Kelvin-, Rankine-, Celsius- und Fahrenheitskala folgende Gleichungen:

$$\begin{array}{l|l} T_K = 273,15 + t_C = \frac{5}{9} T_R & t_C = \frac{5}{9} \times (t_F - 32) = T_K - 273,15 \\ T_R = 459,67 + t_F = 1,8 T_K & t_F = 1,8 \times t_C + 32 = T_R - 459,67 \end{array}$$

2.5.2 **Temperaturmessung**

Zur Temperaturmessung werden – abhängig vom Meßbereich – verschiedene Meßgeräte verwendet (Abb. 9).

Abb. 9



Übersicht über die Bereiche der in der Technik hauptsächlich verwendeten Temperatur-Meßgeräte

Flüssigkeitsthermometer

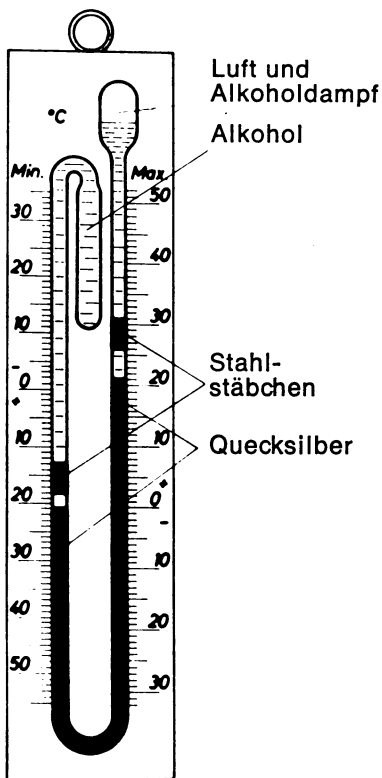
Der Meßbereich des normalen **Quecksilberthermometers** (Abb. 10) ist durch die spezifischen Eigenschaften des Quecksilbers bestimmt, das bei etwa 360°C verdampft und bei etwa -40°C erstarrt.

Durch eine unter Druck stehende Gasfüllung oberhalb des Quecksilberspiegels wird sein Siedepunkt heraufgesetzt, so daß die Messung höherer Temperaturen möglich ist.

Meßbereiche für Flüssigkeitsthermometer

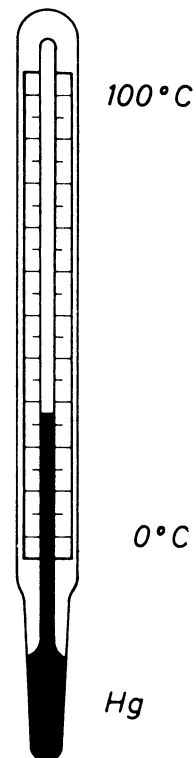
- mit Quecksilber – 35°C bis + 300°C
- mit Quecksilber, über dem sich komprimierter Stickstoff, Kohlensäure oder Argon befindet bis + 800°C
- mit Toluol bis + 70°C
- mit Pentan bis + 200°C

Abb. 10



Quecksilberthermometer

Abb. 11



Maximum-Minimumthermometer

Maximum-Minimum-Thermometer

Das Maximum-Minimum-Thermometer ist eine der vielen Sonderformen des Quecksilberthermometers. Es zeigt die höchste und tiefste Temperatur während eines Zeitraumes an. In den oberen Teilen eines U-Rohres befinden sich Gasfüllungen, die im unteren Teil durch einen Quecksilberfaden getrennt sind.

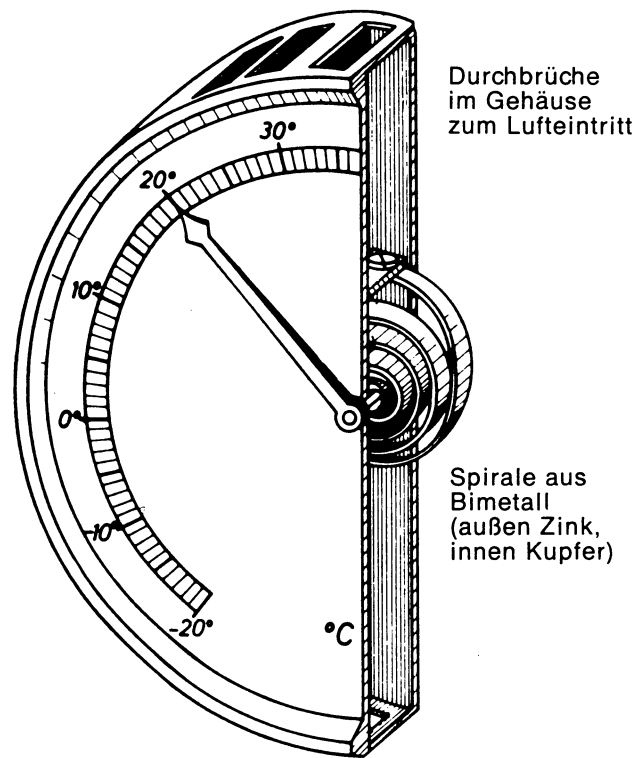
Bei Erwärmung dehnt sich die gesamte Füllung aus und verkleinert das Dampf- bzw. Gasvolumen. Die Skalen sind so geeicht, daß beide Enden des Quecksilberfadens die augenblickliche Temperatur erkennen lassen.

Zwei kleine Eisenstäbchen werden vom Quecksilber vor sich her geschoben, während der Alkohol sie beim Zurückgehen des Quecksilbers umfließt. Sie kennzeichnen die äußersten Stellungen des Quecksilberfadens und damit die höchste und tiefste erreichte Temperatur. Für eine neue Messung müssen die Stäbchen wieder mit einem Magneten an den Quecksilberfaden herangeschoben werden (Abb. 11).

Bimetallthermometer

Das Bimetallthermometer beruht auf der unterschiedlichen Wärmeausdehnung zweier Metalle.

Abb. 12



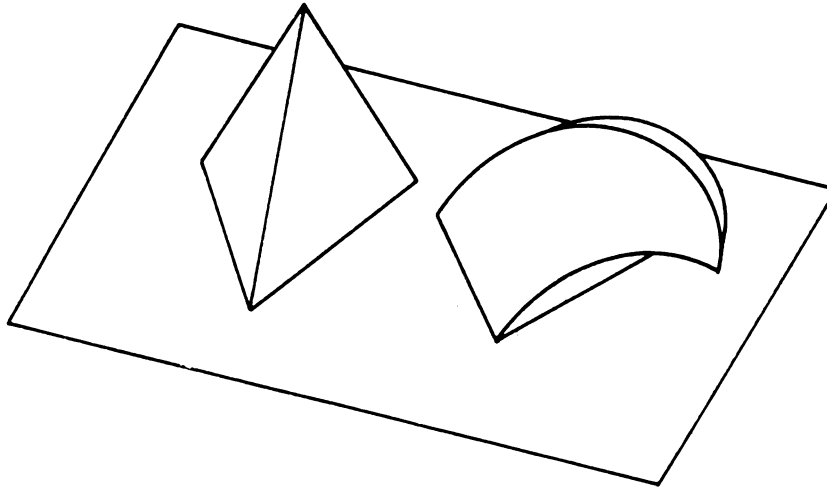
Bimetallthermometer

Ein dünner Streifen aus zwei miteinander fest verbundenen Metallen (z. B. Zink und Kupfer) ist zu einer Spirale gebogen. Da Zink sich stärker ausdehnt als Kupfer, krümmt das auf der Außenseite angebrachte Zink beim Erwärmen die Spirale stärker. Das Ende der Spirale überträgt seine Bewegung auf einen Zeiger vor einer Ableseskala (Abb. 12).

Segerkegel

Der Segerkegel ist eine aus Silikaten bestehende, etwa 6 cm hohe Pyramide (Abb. 13). Unter dem Einfluß einer bestimmten Temperatur erweicht der Kegel. Sobald seine Spitze die Unterlage berührt, ist seine Nenntemperatur erreicht.

Abb. 13

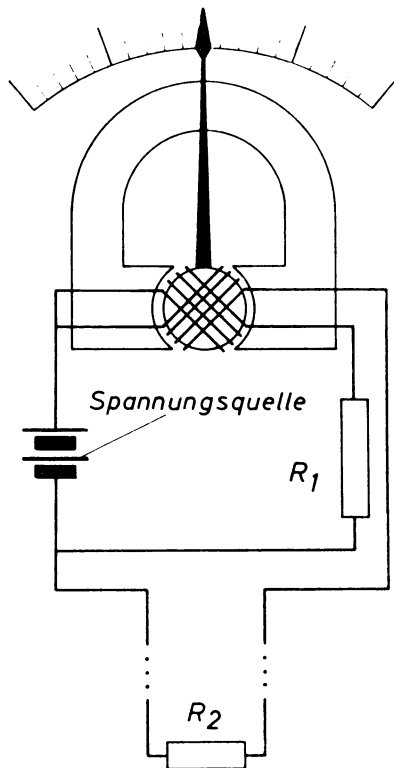
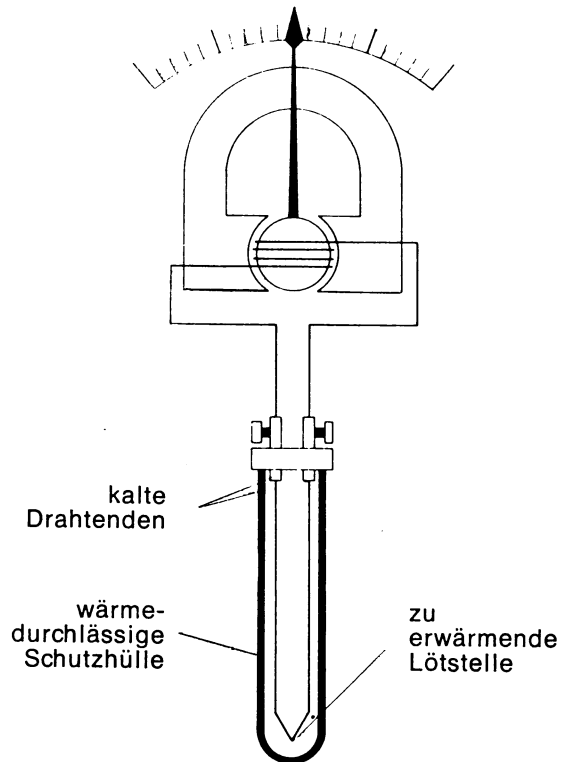


Segerkegel

Elektrische Temperaturmeßgeräte

Widerstandsthermometer werden verwendet von -200°C bis $+500^{\circ}\text{C}$. Ihre Funktion beruht auf der Änderung des elektrischen Widerstandes von Metallen bei Temperaturänderungen (Abb. 14, links).

Abb. 14

Elektrisches
Widerstandsthermometer

Thermoelement

Thermoelemente: Zwei Drähte, deren Enden miteinander verlötet sind.

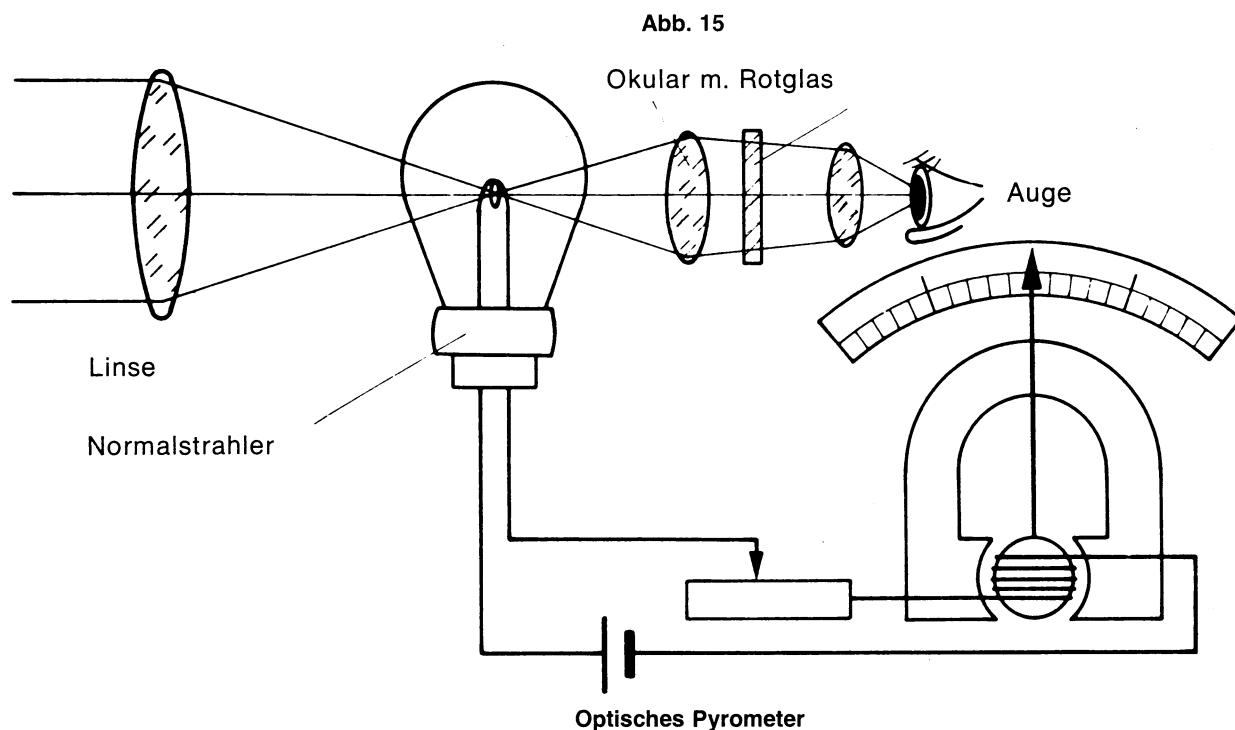
Kupfer-Konstantan oder Eisen-Konstantan

bis $+500^{\circ}\text{C}$

Platin-Platinrhodium

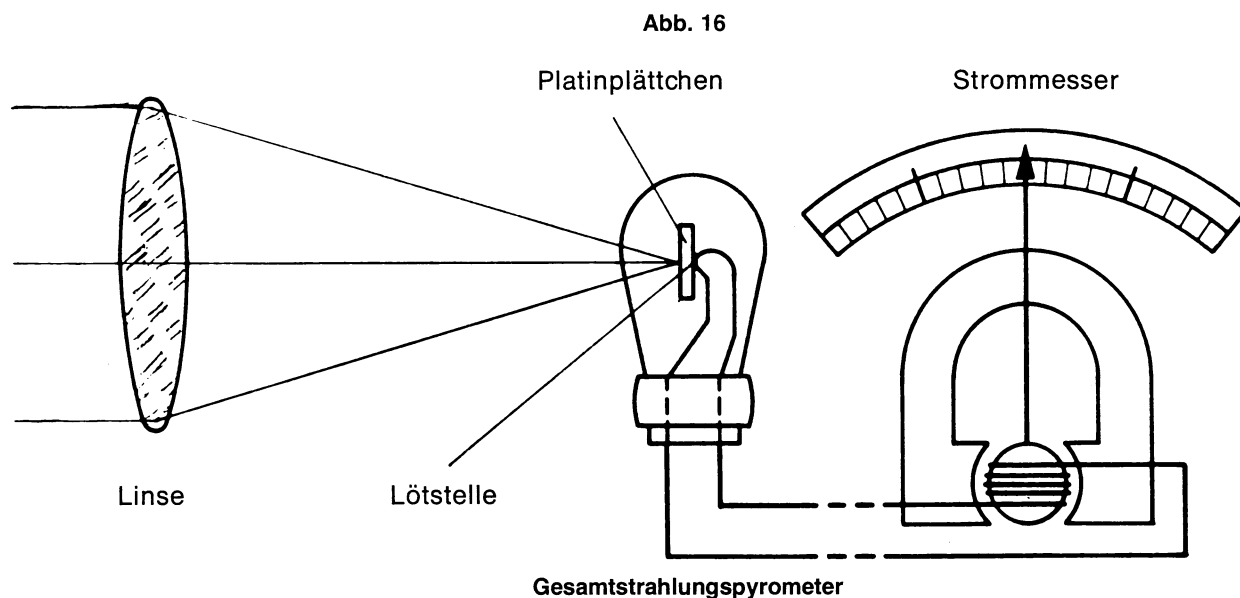
bis $+1600^{\circ}\text{C}$

Durch Erwärmen der Lötstelle entsteht zwischen beiden Drähten eine elektrische Spannung, deren Größe ein Maß für die Temperatur der Lötstelle ist (Abb. 14, rechts).



Pyrometer

Beim Helligkeitspyrometer (optisches Pyrometer, Abb. 15) wird die Färbung eines erwärmten Körpers mit der eines elektrisch beheizten Drahtes verglichen. Durch Messung der zugeführten elektrischen Energie ist die Temperatur des Drahtes bekannt. – Das Pyrometer dient zur Messung sehr hoher Temperaturen.



Gesamtstrahlungs-pyrometer

Beim Gesamtstrahlungs-pyrometer fällt die Gesamtstrahlung des zu messenden Körpers auf ein geschwärztes Platinplättchen mit angelötetem Thermoelement (Abb. 16).

2.6 Wärme

2.6.1 Wärmewert

Der Wärmewert (H) ist die Sammelbezeichnung für die Brennwerte und die Heizwerte.

Sie unterscheiden sich bei wasserstoffhaltigen Brenngasen nur insoweit, als die Brennwerte zusätzlich die Verdampfungswärme für das dampfförmig vorliegende Reaktionsprodukt (Wasser) beinhalten.

2

2.6.2 **Brennwert**

Der Brennwert (H_O) eines Gases ist die Wärme, die bei vollständiger Verbrennung eines Kubikmeters Gas – gerechnet im Normzustand – frei wird, wenn die Anfangs- und Endprodukte bei der Verbrennung eine Temperatur von 25°C haben und das bei der Verbrennung entstandene Wasser flüssig vorliegt.

Die früher üblichen Begriffe wie „oberer Heizwert“, „Verbrennungswert“ oder „Verbrennungswärme“ werden nicht mehr angewendet.

2.6.3 **Betriebsbrennwert**

Betriebsbrennwert (H_{OB}) eines Gases ist die Wärme, die bei vollständiger Verbrennung eines Kubikmeters Gas – gerechnet im Betriebszustand – frei wird, wenn die Anfangs- und Endprodukte bei der Verbrennung eine Temperatur von 25°C haben und das bei der Verbrennung entstandene Wasser flüssig vorliegt.

2.6.4 **Heizwert**

Der Heizwert (H_U) eines Gases ist die Wärme, die bei vollständiger Verbrennung eines Kubikmeters Gas – gerechnet im Normzustand – frei wird, wenn die Anfangs- und Endprodukte eine Temperatur von 25°C haben und das bei der Verbrennung entstandene Wasser dampfförmig vorliegt.

Früher wurde der Begriff „unterer Heizwert“ verwendet.

2.6.5 **Betriebsheizwert**

Der Betriebsheizwert (H_{UB}) eines Gases ist die Wärme, die bei vollständiger Verbrennung eines Kubikmeters Gas – gerechnet im Betriebszustand – frei wird, wenn die Anfangs- und Endprodukte bei der Verbrennung eine Temperatur von 25°C haben und das bei der Verbrennung entstandene Wasser dampfförmig vorliegt.

Früher wurde noch der Begriff „Gebrauchsheizwert“ verwendet.

2.6.6 **Wobbeindex**

Der Wobbeindex ist ein Kennwert für die Austauschbarkeit von Gasen hinsichtlich der Wärmebelastung der Gasverbrauchseinrichtungen. Sein Zahlenwert ergibt sich aus der Gleichung:

$$W_O = \frac{H_O}{\sqrt{d}} \quad \text{oder} \quad W_U = \frac{H_U}{\sqrt{d}}$$

Gase mit gleichem Wobbeindex ergeben bei gleichen Zustandsgrößen die gleiche Wärmebelastung des Brenners, ohne daß eine Änderung des Brenners oder der Düsen notwendig ist. Die Probleme der Rückschlag- und Abhebenneigung werden nicht durch den Wobbeindex erfaßt.

Früher wurden die Begriffe „Wobbezahl“ und „Wobbewert“ verwendet. Aufgrund internationaler Gepflogenheit wurde der Begriff „Wobbeindex“ eingeführt

In den Gleichungen bedeuten:

W_O	=	oberer Wobbeindex
H_O	=	Brennwert
d	=	Dichteverhältnis
W_U	=	unterer Wobbeindex
H_U	=	Heizwert

2.6.7 **Einheit der Wärmemenge**

Als Einheit der Wärmemenge wird das Joule (J) oder die Wattsekunde (Ws) verwendet.

Zur Bezeichnung des Vielfachen dieser Einheiten werden die Vorsätze:

Kilo (k)	–	für das Tausendfache (10^3)
Mega (M)	–	für das Millionenfache (10^6)
Giga (G)	–	für das Milliardenfache (10^9)

verwendet.

Als Vielfaches der Zeiteinheit Sekunde (s) werden die Minute (min) und die Stunde (h) verwendet.

Die Einheit Kalorie (cal) ist nicht mehr zugelassen.

2.6.8 **Wärmebelastung und Wärmeleistung**

Früher wurden nur die Bezeichnungen Belastung und Leistung verwendet. Da aber in der Heizungstechnik unter Belastung etwas anderes als im vorstehenden gemeint verstanden werden kann, wurden die Bezeichnungen „Wärmebelastung“ und „Wärmeleistung“ eingeführt.

Wärmebelastung ist der der Gasverbrauchseinrichtung zugeführte Wärmestrom in kW.

Nennwärmebelastung ist die vom Hersteller auf dem Geräteschild angegebene maximale Wärmebelastung in kW, bezogen auf H_{UB} , die bei der Einstellung nicht überschritten werden darf.

Wärmeleistung ist der von einer Gasverbrauchseinrichtung für den Betriebszweck nutzbar gemachte Wärmemengenstrom in kW.

Nennwärmeleistung ist der bei der Nennwärmebelastung von einer Gasverbrauchseinrichtung für den Betriebszweck nutzbar gemachte Wärmemengenstrom in kW.

2.7 **Wirkungsgrad**

Der Wirkungsgrad (η) einer Gasverbrauchseinrichtung ist das Verhältnis der für den Betriebszweck nutzbar gemachten zur aufgewendeten Wärmemenge.

$$\eta = \frac{\text{Wärmeleistung}}{\text{Wärmebelastung}}$$

Der Wirkungsgrad wird in % angegeben.

2.8 **Einstellwert**

Der Einstellwert (E) ist der Durchfluß in Liter je Minute (l/min) bzw. in Liter je Stunde (l/h), auf den die Brenner der Gasverbrauchseinrichtungen eingestellt werden müssen, um die erforderliche Wärmebelastung zu erreichen.

$$E \text{ (m}^3\text{/h)} = \frac{Q_B \text{ (kW)}}{H_{UB} \text{ (kWh/m}^3\text{)}} \quad ; \quad E = \frac{\text{Wärmebelastung}}{\text{Betriebsheizwert}}$$

Der Einstellwert ist nur von Bedeutung, wenn über Gaszähler und Uhr eingestellt wird. In der Regel sollte heute die Einstellung über Wobbeindex und Düsendruck erfolgen.

2.9 **Anschlußwert**

Der Anschlußwert ist der Gasdurchlaß in $\text{m}^3\text{/h}$ einer Gasverbrauchseinrichtung, der sich aus dem Einstellwert – bezogen auf den Betriebsheizwert – ergibt.

2.10 **Belastungswert**

Der Belastungswert ist der durch die Leitung fließende maximale Volumenstrom in $\text{m}^3\text{/h}$ unter Berücksichtigung der gleichzeitig benutzten Gasverbrauchseinrichtungen.

2.11 Brenntechnische Kenndaten von Brenngasen

Tabelle 3: Auszug aus Tabelle 1 und 2 DVGW-Arbeitsblatt G 260

Begriff Einheit	1. Gasfamilie Kurzz. S Kokerei – Stadtgas		2. Gasfamilie Kurzz. N Naturgas – Erdgas	
	Gruppe A	Gruppe B	L	H
Brennwert in MJ/m ³ kWh/m ³	16,8 4,7	20,9 5,8	31,8 8,8	47,3 13,1
Wobbe-Index MJ/m ³ min. max.	23,9 27,3	27,3 31,9	41,9 47,7	47,7 55,7
kWh/m ³ min. max.	6,6 7,6	7,6 8,8	11,6 13,3	13,3 15,5
relative Dichte „d“ min. max.	0,40 0,60	0,35 0,55	0,55 0,70	0,55 0,70
Flammen- geschwindigkeit m/s	0,95	0,95	0,41	0,43
Zündgrenzen Vol. % Gas in Luft	5–30 %	5–30 %	5–15 %	5–15 %
Zündtemperatur °C	560	560	640	640
Anschlußdruck am Gerät (min.) (mbar)	7,5	7,5	18	18

Tabelle 4: Auszug aus Tabelle 3 und 4 DVGW-Arbeitsblatt G 260 und TRF

Begriff Einheit	3. Gasfamilie Kurzz. F Flüssiggas		Kohlenwasserstoff Luft-Gemische	
	Propan	Butan	Erdg./Luft	Propan/Luft
Brennwert in MJ/m ³ kWh/m ³	101,9 28,1	134,0 37,2	21,8–23,0 6,1–6,4	27,0 7,5
Wobbe-Index MJ/m ³ kWh/m ³	81,2 22,6	92,7 25,7	25,1 7,0	25,1 7,0
relative Dichte „d“ min. max.	1,56 1,56	2,09 2,09	0,75 0,85	1,15 1,15
Flammen- geschwindigkeit m/s	0,47	0,39	0,41	0,47
Zündgrenzen Vol. % Gas in Luft	2,1–9,4	1,9–8,4		
Zündtemperatur °C	510	500	640	510
Anschlußdruck am Gerät (min.) (mbar)	50	50	7,5	12

3 Erzeugung oder Förderung der verschiedenen Gasarten

3.1 Steinkohlengas

Vgl. 1.4.1 – a) 1. Gasfamilie (Kurzzeichen: S)

3.1.1 Kokereigas

Kokereigas wird aus Steinkohle durch Entgasung (oder Verkokung) gewonnen.

Vorgang: In geschlossenen, von außen beheizten Kammern (Retorten), wird Steinkohle ohne Zufuhr von Luft auf 1000 bis 1200°C erhitzt und auf diesem Wege binnen etwa 18 Stunden eine Trennung der gasförmigen oder flüchtigen Bestandteile (= 32 %, Rohgas) von den festen Bestandteilen (= 68 %, Koks) vollzogen.

Eine Tonne Steinkohle ergibt 300 bis 400 m³ Gas.

Neben dieser Art der Gasgewinnung, bei welcher Koks anfällt, wird auch die sog. Druckvergasung angewendet (3.1.2).

3.1.2 Druckvergasung/Generatorgas

Beim Druckvergasungsverfahren wird Sauerstoff und Dampf zugeführt. Dadurch läßt sich die gesamte Kohlenstoffsubstanz in Gas umsetzen.

Bei Anwendung dieses Verfahrens erhält man aus 1 Tonne Steinkohle bis zu 1500 m³ Gas. Das entspricht etwa der 4fachen Menge, die man bei der Verkokung gewinnen kann.

Neue Vergasungsverfahren unter Anwendung von Kernenergie befinden sich im Stadium der Entwicklung.

3.2 Naturgas

Vgl. 1.4.1 – b) 2. Gasfamilie (Kurzzeichen: N)

3.2.1 Erdgas

Erdgas ist – wie auch das Erdöl – aus abgestorbenen Meerestierchen entstanden. Im Laufe von Jahrtausenden wurden diese von Sedimenten überdeckt und durch den dadurch erzeugten starken Druck in Öl und Gas umgewandelt. Der Umwandlungsprozeß vollzog sich allerdings in den oberen Schichten der Erdkruste, so daß die heutige Bohrtechnik das Erdgas noch erreichen kann.

Öl und Gas wandern vom Ort ihres Entstehens – bestimmten geologischen und physikalischen Gesetzen folgend – durch die Erdschichten nach oben, wo sie sich in Hohlräumen oder in den Poren von Speichergesteinen, die von undurchlässigen Schichten überdeckt sind, sammeln. Dieser Vorgang vollzieht sich in Tiefen von etwa 1000 bis 3000 m.

Die Sammelstellen oder Lagerstätten enthalten in der Regel Öl und Gas gemeinsam. Das Gas wird im allgemeinen als **Erdöl** bezeichnet.

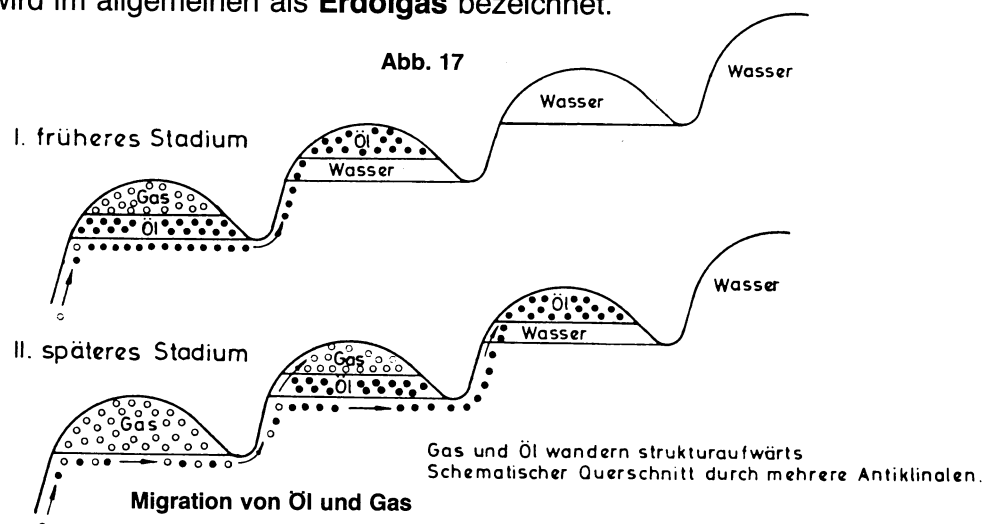
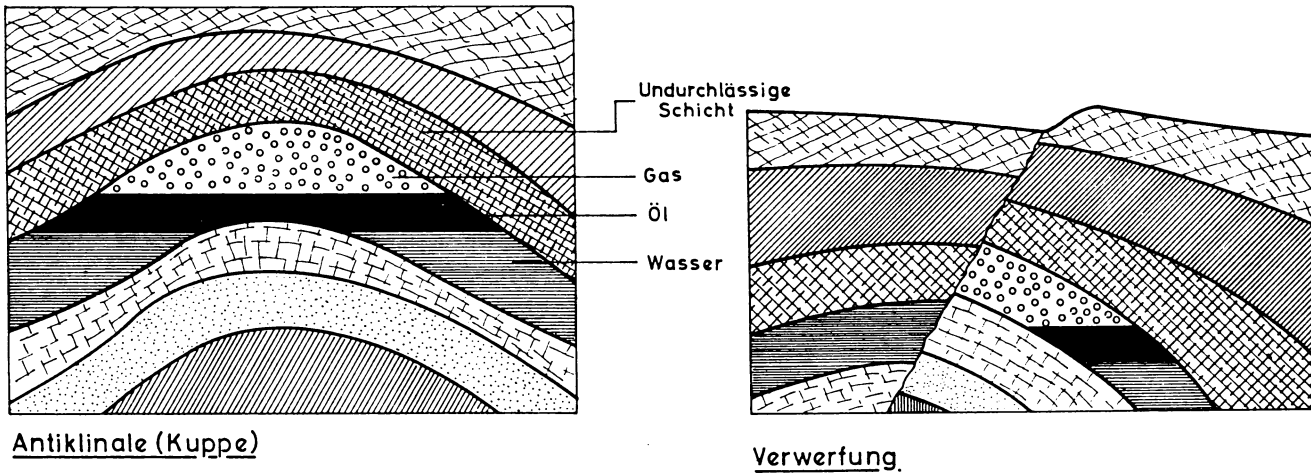


Abb. 18



Ergas- und Erdöl-Fallen

Vorkommen von reinem Erdgas (trockenes Gas ohne Öl) sind seltener und liegen oft in Tiefen von 3000 bis 6000 m, häufig auch in größerer Entfernung vom Entstehungsort.

Reine Erdgasvorkommen können auch durch sog. „Nachinkohlung“ aus Steinkohle entstanden sein, wenn tief gelegene Kohlenflöze in der Erdkruste in Bewegung geraten und in noch tiefere Zonen absinken, in denen extreme Temperatur- und Druckverhältnisse herrschen.

Auf diese Weise sind die Erdgasvorkommen in Holland und zum Teil auch in der Bundesrepublik entstanden. Länder mit weitaus bedeutenderen Erdgasvorkommen sind Kanada, USA, Mexiko, Sowjetunion, Algerien und der Iran. Wichtige Vorkommen in Europa befinden sich unter der Nordsee, besonders im norwegischen Bereich und in den Niederlanden.

Die deutschen Erdgasvorkommen sind relativ bescheiden und belaufen sich nach gegenwärtigen Schätzungen auf etwa 300 Mrd. m³. Sie werden bei Fördermengen von etwa 20 Mrd. m³ pro Jahr etwa um das Jahr 2000 erschöpft sein.

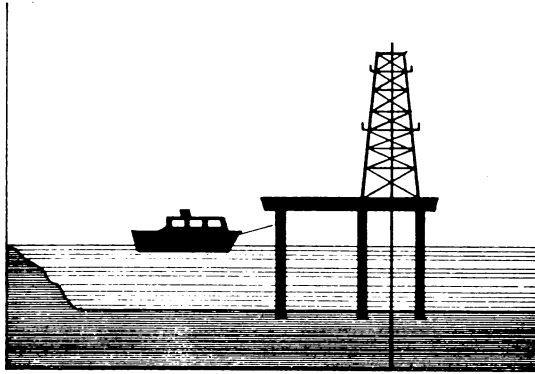
Gerät und Material zur Förderung von Erdgasvorkommen sind infolge der aufwendigen Technik äußerst kostenintensiv.

3.2.2 Erdgasförderung

Die Suche nach Erdgas beginnt mit Luftaufnahmen und geologischen Untersuchungen der Oberfläche. Gewisse Anzeichen auf der Erdoberfläche lassen Rückschlüsse auf das darunter liegende Gestein und auf mögliche Erdgasvorkommen zu. Weitere Untersuchungen nach der „seismischen Methode“ (Reflexionsverfahren) sind sodann erforderlich. Dazu wird in einem 15 bis 50 m tiefen Bohrloch eine Sprengladung gezündet und somit ein künstliches kleines Erdbeben erzeugt. Die verschiedenen Gesteinsschichten reflektieren die Erderschütterungswellen unterschiedlich (Reflexionsverfahren). Empfindliche Erschütterungsmeßgeräte – sog. Geophone – sind in Abständen aufgestellt, wandeln die Echowellen in elektrische Impulse um und geben diese an ein zentrales Meßgerät, das seinen Platz in einem Meßwagen hat, weiter. Dabei entstehen Kurvenbilder, die auf einem Film festgehalten werden und den Fachmann unterrichten.

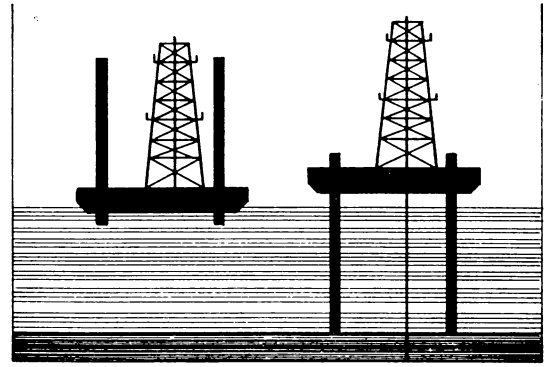
Gewißheit, ob und wieviel Erdgas vorhanden ist, erbringen erst die Probebohrungen, von denen im Schnitt etwa jede achte fündig wird (Abb. 19 und 20).

Abb. 19



Bohrturm auf fester Plattform für niedrige Küstengewässer

Abb. 20



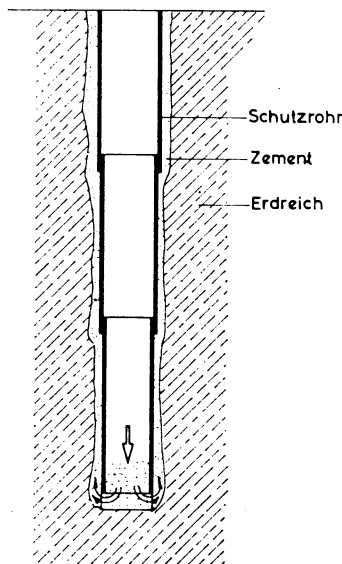
Hubinsel für Tiefen bis ca. 40 m, links schwimmend, rechts gestützt

Zur Förderung eines Gasvorkommens sind meist mehrere Tiefbohrungen erforderlich. Die tiefste Bohrung in der Bundesrepublik erreicht etwa 6250 m.

Bohrvorgang: Die Bohrlöcher werden stufenweise abgebohrt und durch Stahlrohre gesichert (Futterrohre). Die Futterrohre werden mit Beton hinterfüllt (Abb. 21) und so festgelegt, daß in ihnen ein jeweils kleinerer Bohrer tiefer vordringen kann. Ist die erforderliche Bohrlochtiefe erreicht, wird nach abschließender Sicherung das **Steigerohr** eingeführt und unten und oben gedichtet.

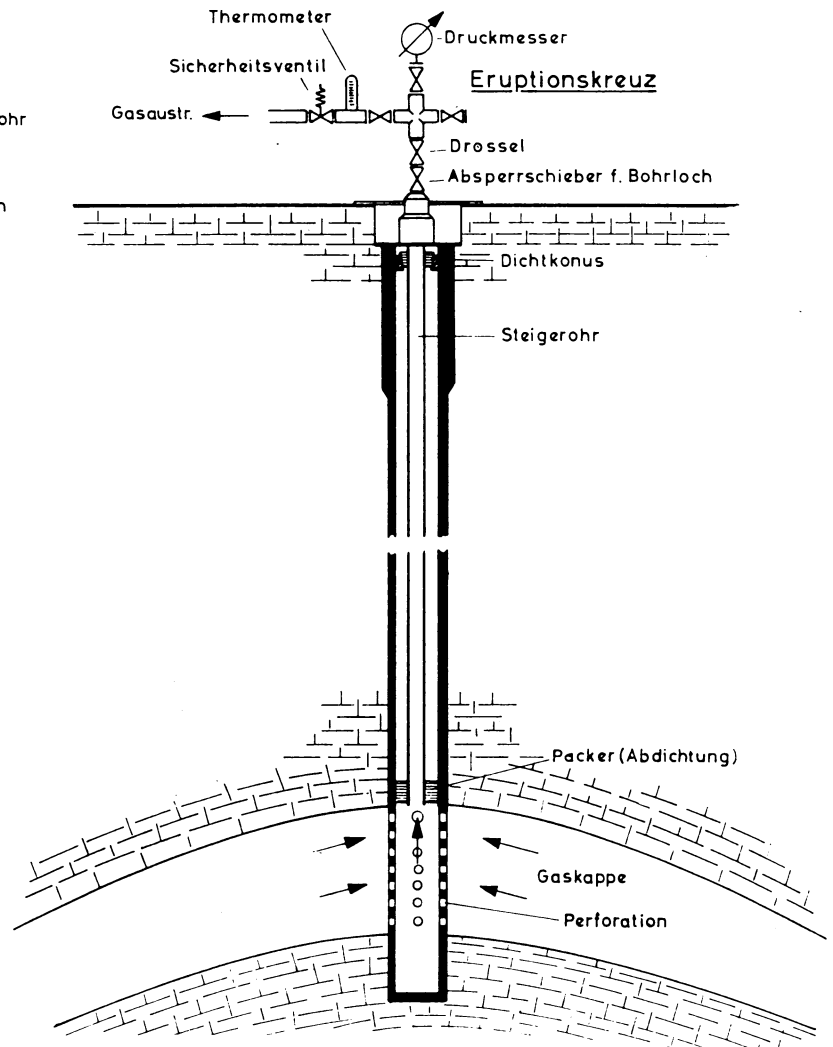
Den Abschluß oben bildet das Eruptionskreuz, aus Abb. 22, 23 und 24 ersichtlich.

Abb. 21



Sicherung eines Bohrloches

Abb. 22

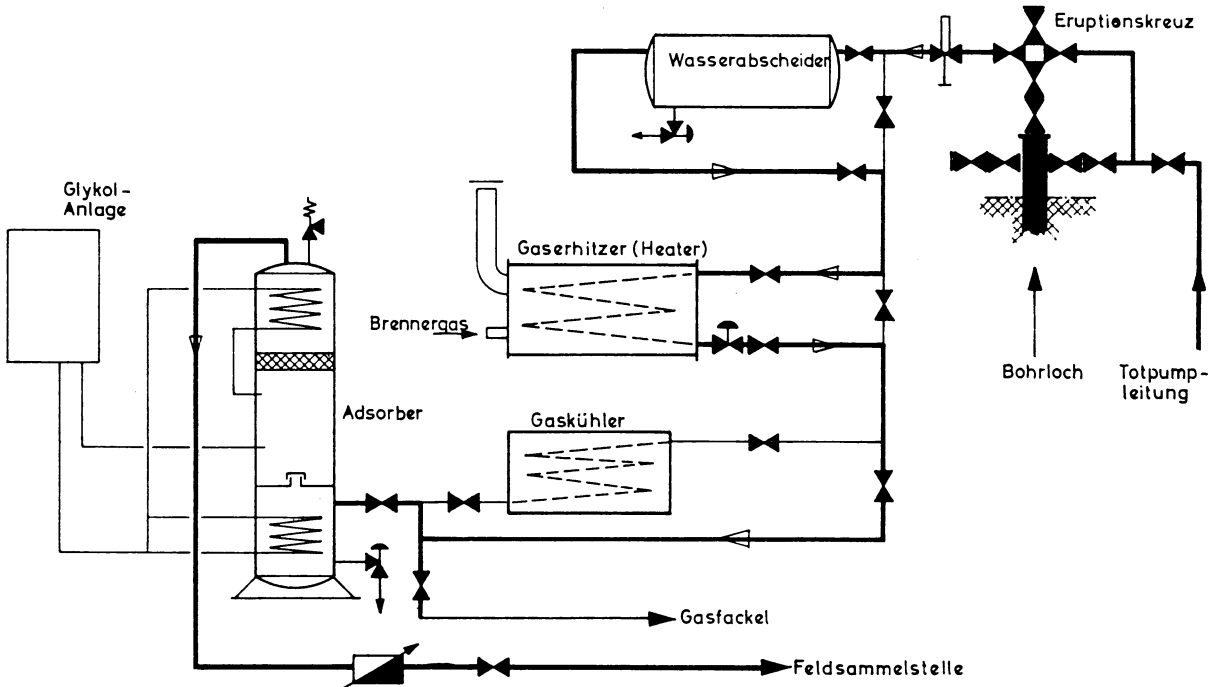


Einfacher Aufbau einer Bohrlochstrecke mit Eruptionskreuz

Zur **Förderung** wird das Bohrloch nach dem Gaslager hin geöffnet. Zu diesem Zweck werden in entsprechender Tiefe mit Hilfe von Hohlladungen Löcher in das Mantelrohr geschossen (Abb. 22, Perforation).

Das ausströmende Gas steht unter hohem Druck, und zwar je nach Tiefe unter einem Druck von bis zu 500 bar. Bevor es zur Feldsammelstelle geleitet wird, um von dort über eine Gasfernleitung zum GUV zu gelangen, muß es **gereinigt, getrocknet** (Abb. 23) und auf ca. 64 bis 70 bar **entspannt** werden.

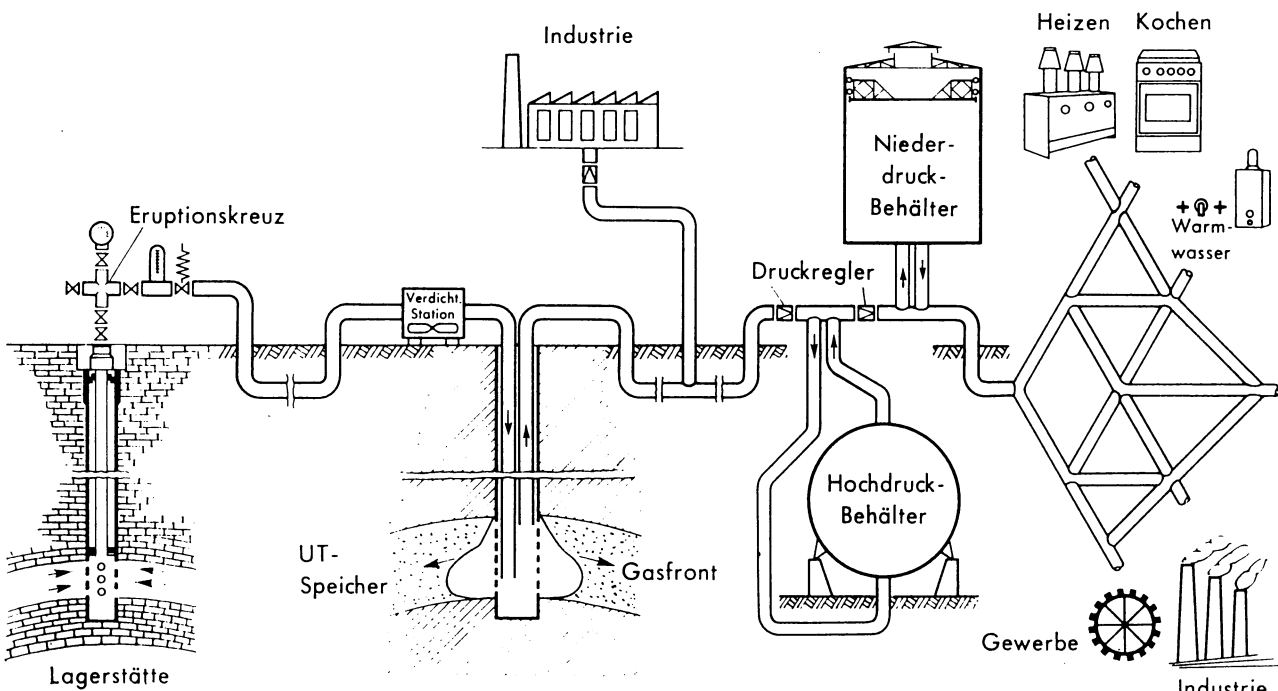
Abb. 23



Fließschema einer Erdgas-Trocknungsanlage

Der Brennwert des Erdgases (2.6.2) schwankt je nach Qualität der Lagerstätte H_0 von 9 kWh/m^3 bis 13 kWh/m^3 , das bedeutet $H_0 = 7600$ bis $11\,300 \text{ kcal/m}^3$.

Abb. 24



Verfahrenstechnische Anlage der Gaswirtschaft (Schema)

Das Dichteverhältnis oder die relative Dichte (2.4) ist „d“ = 0,55 bis 0,70 (Luft = 1,0). Der erforderliche Anschlußdruck (2.3.5) am Gerät ist höher als bei Stadtgas und beträgt somit mindestens 18 mbar (ca. 180 mm WS) bis normal 25 mbar (225 mm WS). Der Druck der Versorgungsleitung ist normal 25 mbar, wenn keine Hausdruckregler verwendet werden.

3.3 Flüssiggas

Vgl. 1.4.1–c) 3. Gasfamilie (Kurzzeichen: F)

Flüssiggase fallen an bei der Erdölgewinnung und Erdölverarbeitung.

Unter Flüssiggas wird ein Gemisch niedrigsiedender Kohlenwasserstoffe – in der Hauptsache Propan (C_3H_8) und Butan (C_4H_{10}) – verstanden. Das Gas wird unter einem Druck von 25 bar bei Raumtemperatur flüssig (DIN 51 621).

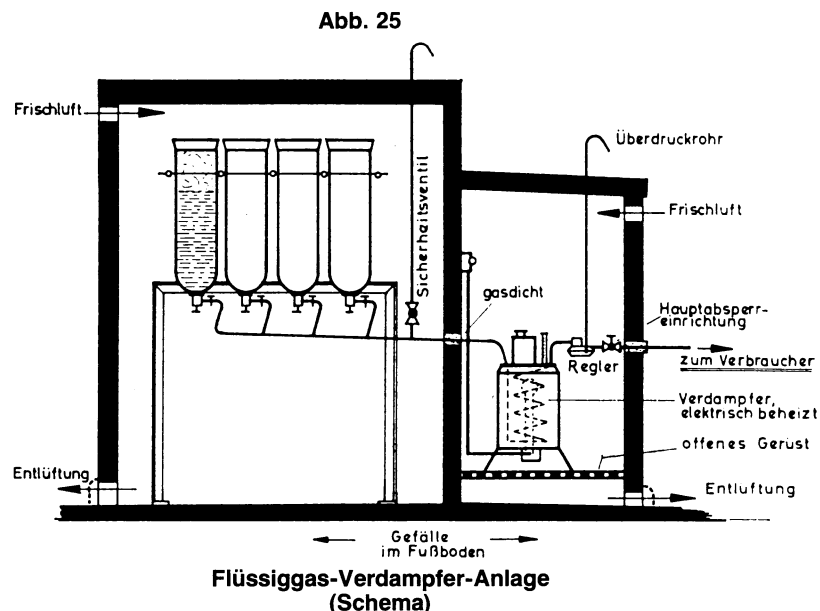
Als „niedrigsiedend“ bezeichnet man einen Stoff im flüssigen Zustand, der bei normalem Luftdruck (1013 mbar) und normaler Umgebungstemperatur ohne besondere Wärmezuführung gasförmig wird.

Hält man Flüssiggas ständig unter einem Druck von 25 bar und setzt keine weitere Wärme zu neben der Raumtemperatur, wird es flüssig bleiben und nicht verdampfen.

Der normale **Vertrieb** (Verteilung) von Flüssiggas für Haushalte, Gewerbe und Industrie erfolgt in Stahlflaschen mit einem Füllgewicht von 5/11/33 kg, in Fässern oder Tankwagen. Ferner bekannt ist die 0,426 kg- oder 1 l-Flasche des Lötgerätes in der Ausstattung des Instandsetzungszuges.

Flüssiggas wird erst beim Verbraucher – d. h. bei Entnahme aus dem Behälter – gasförmig.

Die **Entnahmemenge** ist jeweils begrenzt und hängt von der Wärmezufuhr ab. Das Flaschenventil kann nämlich vereisen. Die größtmögliche Dauerentnahme ohne Gefahr einer Vereisung des Ventils liegt bei der 33 kg-Flasche bei 1 kg/h. Der **normale Anschlußdruck** ist 50 mbar.



Bei höherem Verbrauch müssen mehrere Flaschen gleichzeitig angeschlossen werden oder es ist ein Flüssiggasverdampfer (Heizung) zwischenschalten (Abb. 25).

Im gasförmigen Zustand ist Flüssiggas etwa 1,5 mal schwerer als Luft ($d = 1,5$) und sammelt sich in Vertiefungen wie Kellern und Kanälen.

Daher:

Vorsicht in geschlossenen oder tiefliegenden Räumen!

Für Flüssiggas gelten die „Technischen Regeln Flüssiggas – TRF 1969“ des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW).

Reines Butan wird in Deutschland kaum verwendet. Zu Brennzwecken wird ein **Mischgas** (Propan/Butan-Gemisch) verteilt.

Die Maßeinheit für die Menge Flüssiggas ist das Kilogramm (kg). In gasförmigem Zustand wird es ebenfalls in Kubikmeter (m³) gemessen.

Der Brennwert H₀ von Flüssiggas beträgt:

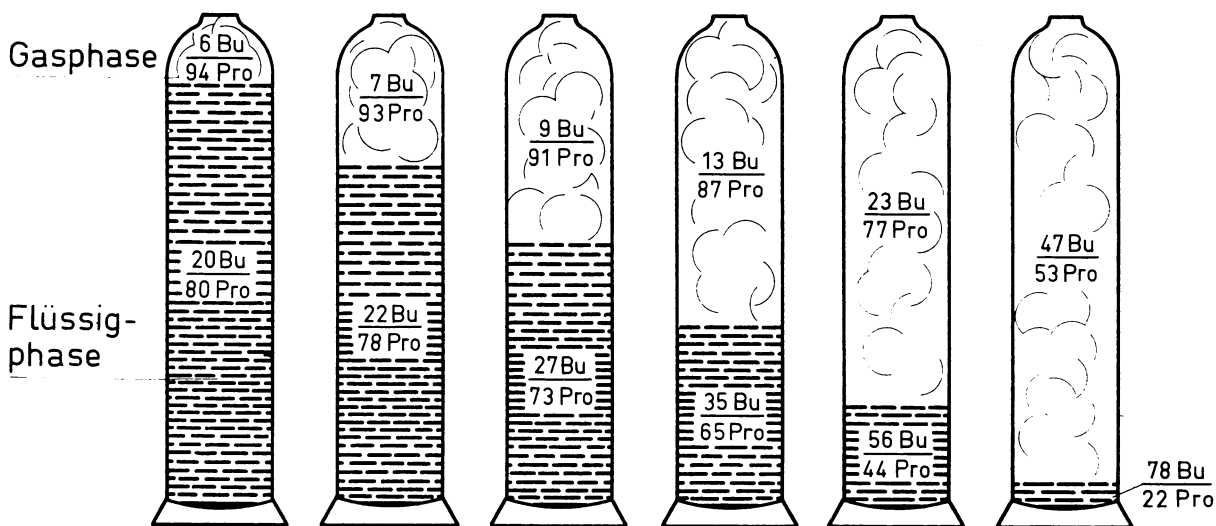
	H ₀ kWh/kg	H ₀ kWh/m ³
Propan	14,0	28,3
Normal-Butan (n-Butan)	13,77	37,2

Bedenke stets, daß Flüssiggas schwerer als Luft ist!

Abb. 26

Dampfdruck

20° C	6,2 bar	6,0 bar	5,7 bar	5,3 bar	4,2 bar	2,7 bar
10° C	4,5 bar	4,4 bar	4,2 bar	3,9 bar	2,9 bar	1,7 bar



Veränderung von Druck und Zusammensetzung in der flüssigen und der Gas-Phase bei einem Mischgas 20 Butan / 80 Propan bei gasförmiger Entnahme aus einer 33-kg-Flasche

3.4 Kohlenwasserstoff/Luftgemische

Die Kohlenwasserstoff/Luftgemische zählen nicht zu den Gasen der drei Gasfamilien (1.4.2).

Gasversorgungsunternehmen (GVU), die in ihrem Netz Stadtgas (S) verteilen, verwenden bei hohem Verbrauch (Bedarfsspitze) Zusatzanlagen, in denen Propan- oder Ergas/Luft-Gemische hergestellt und zusätzlich ins Netz eingespeist werden.

Die Eigenschaften dieser Mischgase müssen in etwa denen des Stadtgases entsprechen, um Störungen an den Geräten bei gleichem Anschlußdruck (2.3.5) auszuschließen.

Der Brennwert H₀ wird bei **Erdgas/Luftgemischen** (Tabelle 4) auf 6,4 kWh/m³ (5000 bis 5500 kcal/m³) und bei **Propangas/Luftgemisch** auf 7,6 kWh/m³ (6000 bis 6500 kcal/m³) eingestellt.

Wird in einem Netz hauptsächlich Propan/Luftgemisch verteilt, so ist das Gesamtgemisch schwerer als Stadtgas oder u. U. schwerer als Luft. Daher:

Vorsicht an Leckstellen!

Propan (C₃H₈) – ein Kohlenwasserstoff – ist ein Flüssiggas. Es ist chemisch rein, geruchlos und ungiftig.

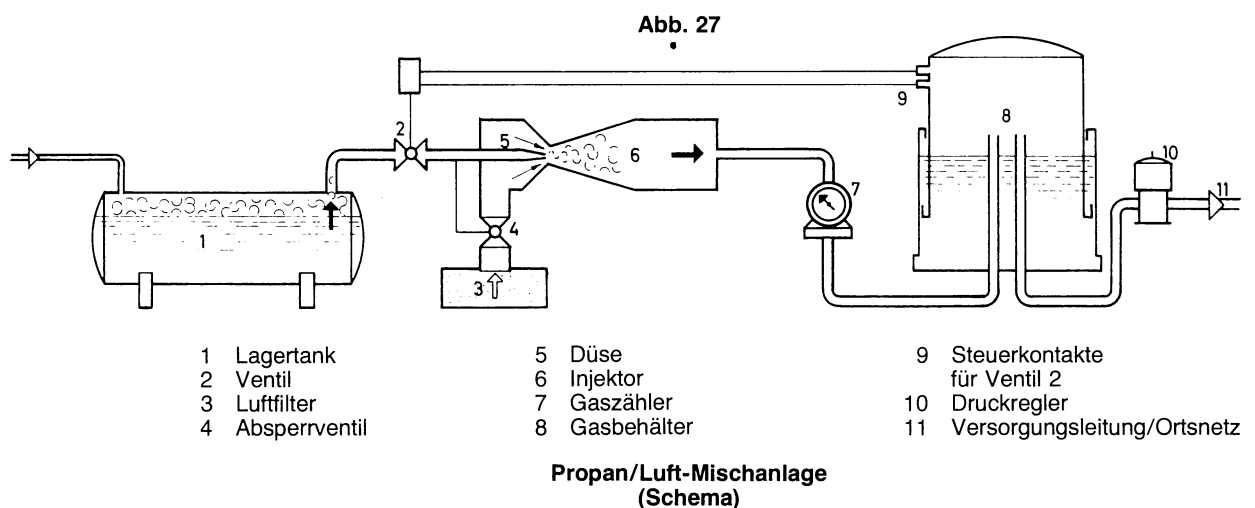
Sein Brennwert (H_O) beträgt etwa $24\,000\text{ kcal/m}^3$. Normalerweise läßt sich Propan unter leicht erzielbaren Temperatur- und Druckbedingungen verflüssigen.

Die **Verflüssigung** erfolgt entweder durch Abkühlung bis auf etwa -44°C oder Kompression auf etwa 7 bar. **Transport und Lagerung** stets in flüssiger Form in Behältern (3.3).

Die Vermischung von Propan mit Luft führen die Gaswerke in besonderen Anlagen durch (Abb. 27), indem sie das Gas den Gegebenheiten des Versorgungsnetzes und des Verbrauchers anpassen.

Das Mischungsverhältnis Gas zu Luft beträgt in der Regel 1:3. Dadurch wird ein Wobbeindex (2.6.6) von 6000 bei einem Brennwert H_O von etwa 6500 kcal/m^3 erreicht. Das erzeugte Gas wird somit den üblichen Stadt- und Ferngasen sehr ähnlich.

Zu beachten ist die hohe relative Dichte $d = 1,15$. Das Gemisch ist also schwerer als Luft. Die Gasbrenner der Verbrauchseinrichtungen müssen daher zum Teil umgebaut oder ausgewechselt werden.



Zu Abb. 27:

Das zur Herstellung des Mischgases benötigte flüssige Propan wird unter einem Druck von etwa 7 bar in Lagertanks (1) eingelagert. Durch Entspannen (Öffnen des Ventils (2)) wird es in den für das Vermischen mit Luft erforderlichen gasförmigen Zustand überführt.

Die bei der Verdampfung benötigte Wärme wird normalerweise der Luft entnommen. Bei großer Kälte kann das flüssige Propan einem beheizten Verdampfer, der unmittelbar hinter dem Lagertank angeordnet ist, zugeführt werden (Verdampferanlagen unter 3.3 angesprochen).

Durch das Ventil (2) strömt das nun gasförmige Propan in die eigentliche Mischanlage. Es tritt mit sehr hoher Geschwindigkeit aus der Düse (5) in den Injektor (6) und saugt dort die erforderliche und im Luftfilter (3) gereinigte Luft an. Bei diesem Vorgang werden Propan und Luft innig miteinander vermischt und bilden so das für das Verbrauchsnetz bestimmte fertige Gasgemisch.

3.5 Spaltgas

Spaltgas ist ein Brenngas, das aus flüssigen oder gasförmigen Kohlenwasserstoffen durch thermische oder thermisch-katalytische Umsetzung hergestellt wird.

Da das Ferngasnetz nicht zu jeder Zeit überall die benötigte Gasmenge liefern konnte, bauten einige Gasversorgungsunternehmen sog. Spaltgasanlagen zur Erzeugung von Spaltgas.

Als Rohstoff werden hierzu Kohlenwasserstoffverbindungen aus den Erdölraffinerien verwendet, insbesondere Leichtbenzin. Die Kohlenwasserstoffmoleküle werden dabei aufgespalten, so daß das entstehende Gas Eigenschaften wie das Stadtgas (1.4.1, 3.1, Tabelle 3) entwickelt und diesem bei Bedarf zugemischt werden kann.

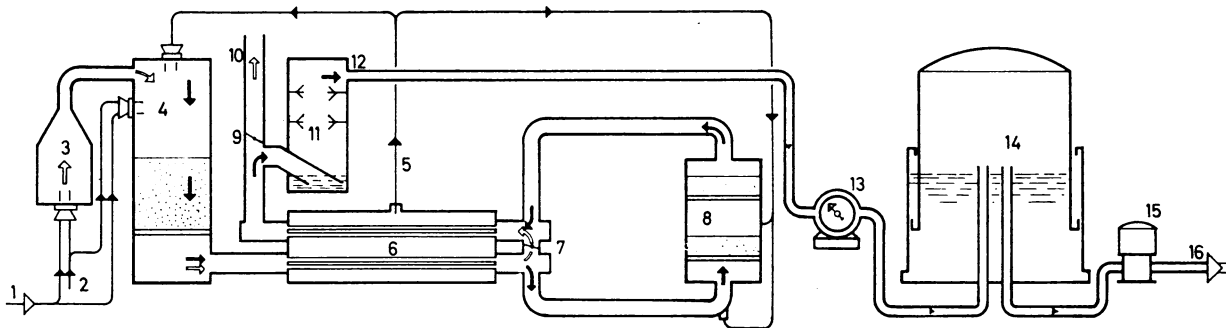
Spaltanlagen benötigen nur wenig Platz und arbeiten fast automatisch (Abb. 28). Der Vorgang ist vergleichbar mit der Erzeugung von Wassergas aus Koks. Die beiden Arbeitsphasen

- Heizen und Gasen und
- Zusatz von Wasserdampf

sind auch hier die Verfahrensgrundlage.

Für den Spaltvorgang ist zusätzlich ein Katalysator erforderlich, der bei einer Temperatur von ca. 850°C die chemische Reaktion ermöglicht.

Abb. 28



- | | | |
|----------------------|-------------------|--|
| 1 Leichtbenzinzufuhr | 6 Wärmeübertrager | 11 Waschkühler |
| 2 Luftzufuhr | 7 Umstellventil | 12 Leitung |
| 3 Heizkammer | 8 Konverter | 13 Gaszähler |
| 4 Reaktor | 9 Umstellventil | 14 Glockengasbehälter |
| 5 Wasserdampfleitung | 10 Schornstein | 15 Druckregler |
| | | 16 Leitung zur Hauptversorgungsleitung |

Schema einer Spaltanlage

Der **Brennwert des Spaltgases** entspricht dem Brennwert des Stadtgases

$$H_0 = 4,88 \text{ kWh/m}^3 \text{ (4200 kcal/m}^3\text{)}.$$

Das **Dichteverhältnis** oder die relative Dichte (Luft = 1)

$$d = 0,5 \text{ bis } 0,52$$

ist ähnlich dem aus Kohle gewonnenen Stadtgas.

4 Anlagen, Einrichtungen, Material und Hilfsmittel der Ferngasversorgung

4.1 Allgemeines

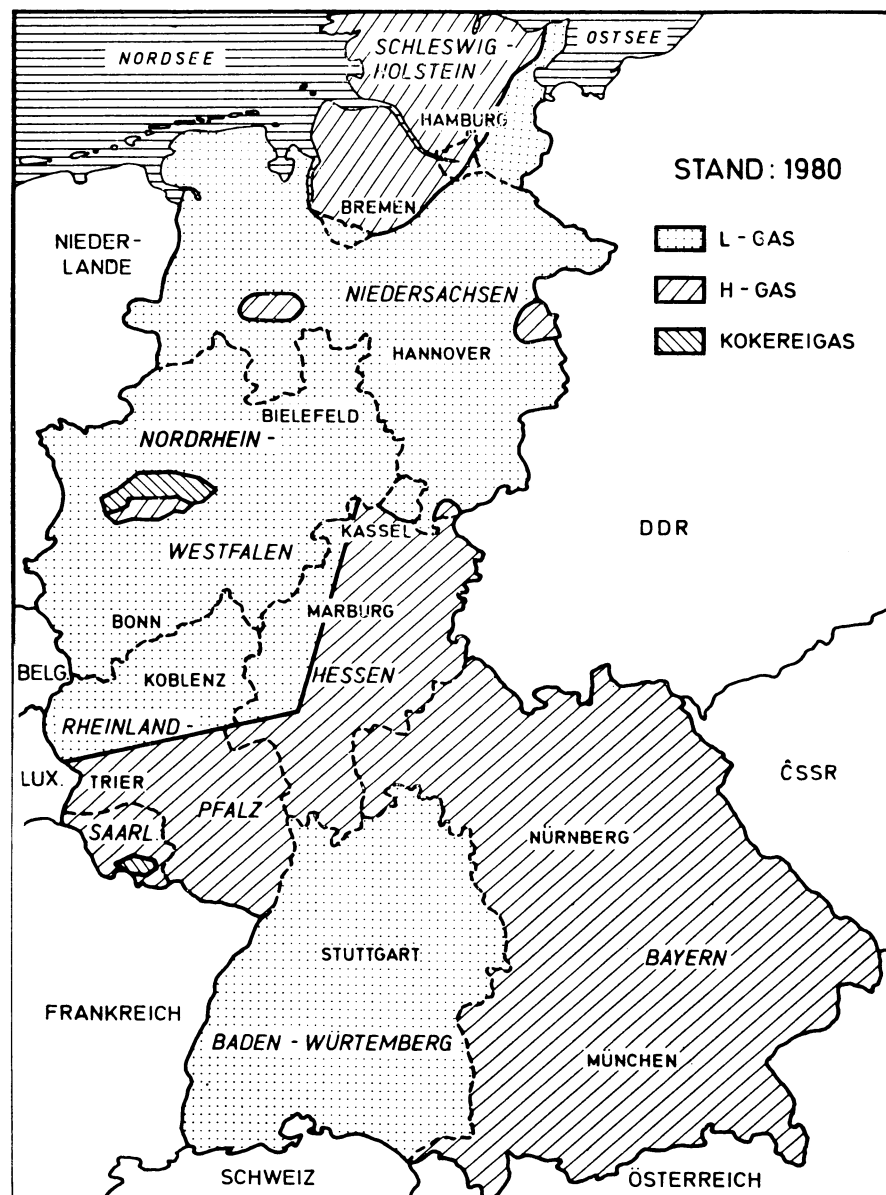
Um das Gas von den Standorten seiner Erzeugung oder Gewinnung zu den Verbraucher- oder Bedarfsschwerpunkten zu bringen, sind umfangreiche Anlagen erforderlich.

Art, Größenordnung und Anzahl solcher Anlagen sind abhängig von

- dem Bedarf am Verbrauchsort,
- der Gasart und
- der Entfernung.

Der im Jahr 1980 festgestellte Bedarf der Verbraucher von etwa 60 Mrd. Kubikmeter wird wachsen. Es wird allgemein erwartet, daß Gas ca. 18 % des gesamten Energiebedarfs in der Bundesrepublik ausmachen wird, d.h. im Jahr 1990 etwa 80 Mrd. Kubikmeter.

Abb. 29



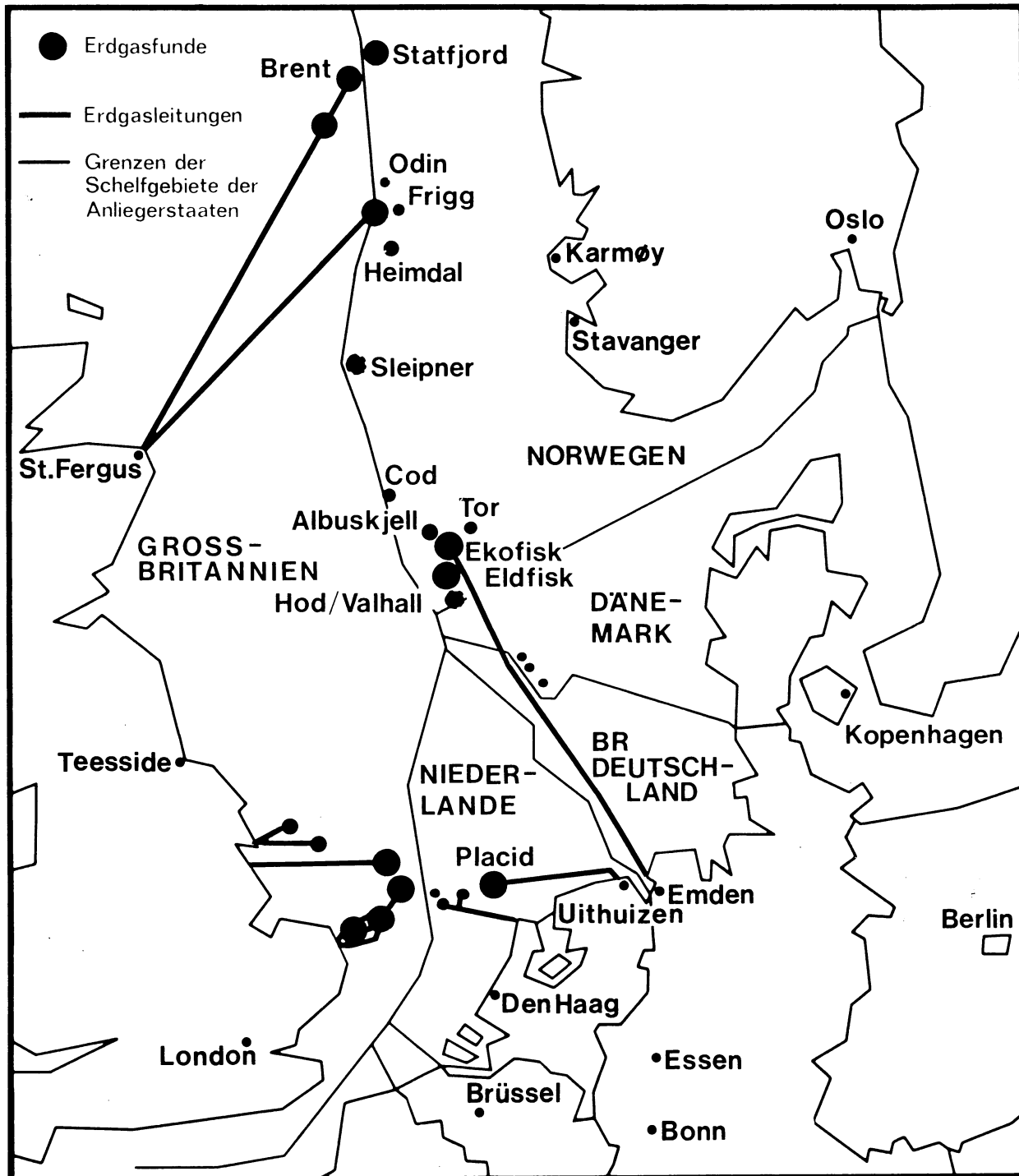
Gaswirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland
(Stand: 1980)

Die Versorgung der Bundesrepublik mit Gas wird auch in Zukunft auf Kokereigas und Erdgas beruhen, und zwar:

- **Kokereigas** mit einem Brennwert von rund 5 kWh/m^3 in kleinen Kerngebieten an der Ruhr und im Saarland,
- **Erdgas L** mit einem Brennwert von rund 10 kWh/m^3 aus deutschen und niederländischen Vorkommen,
- **Erdgas H** mit einem Brennwert von rund 12 kWh/m^3 aus der Nordsee, der Sowjetunion, dem Iran und Algerien.

4.2 Standorte der Erdgaslagerstätten

Abb. 30

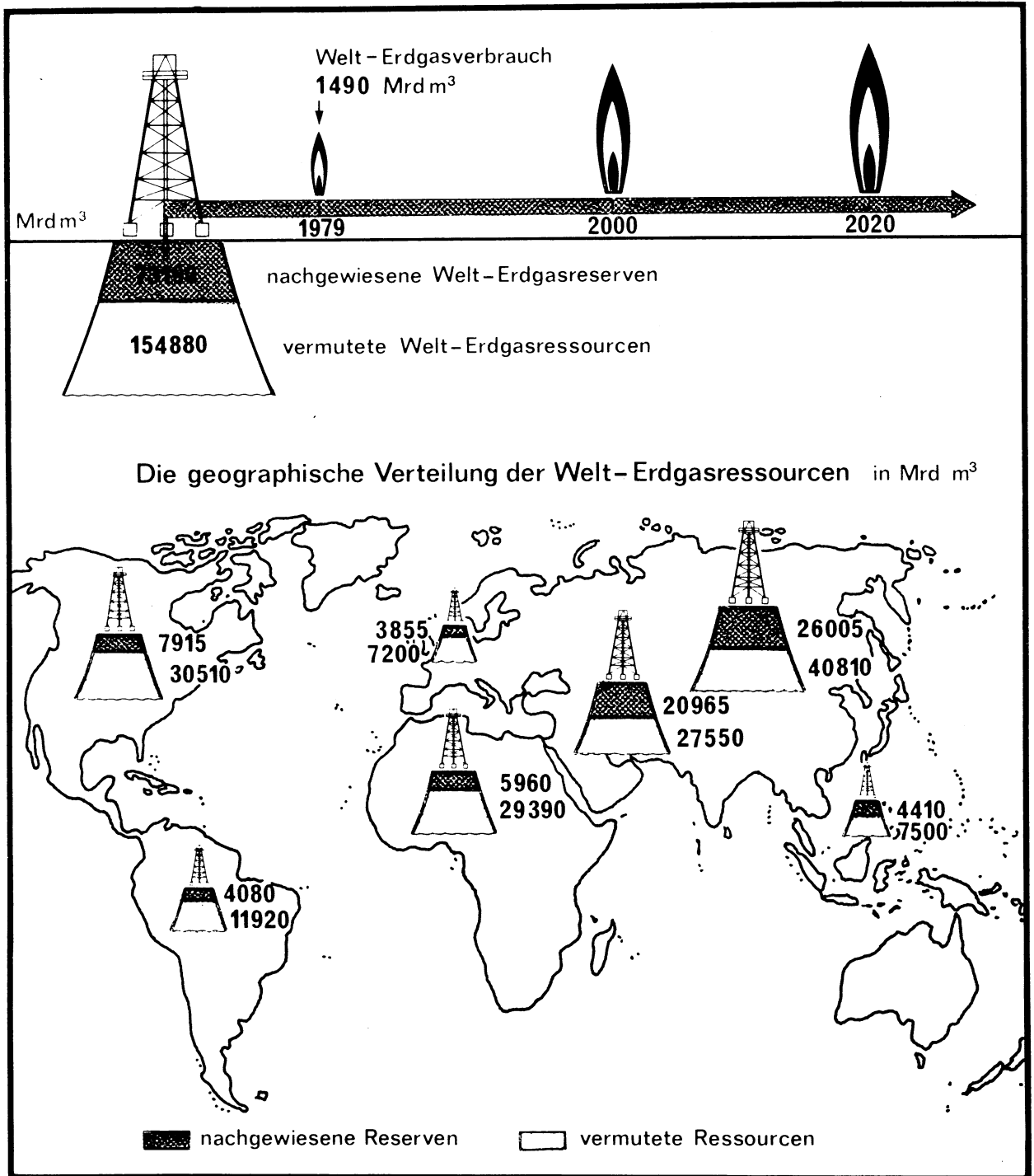


Erdgas aus der Nordsee
(Stand: 1980)

Das zur Versorgung der Bundesrepublik Deutschland erforderliche Erdgas kommt gegenwärtig nur zu einem Drittel (33 %) aus eigenen Lagerstätten, und zwar aus den Räumen:

- Elbe-Weser,
- Weser-Ems,
- Emsmündung,
- Raum westl. der Ems,
- Alpenvorland.

Abb. 31



Erdgas auch im nächsten Jahrhundert

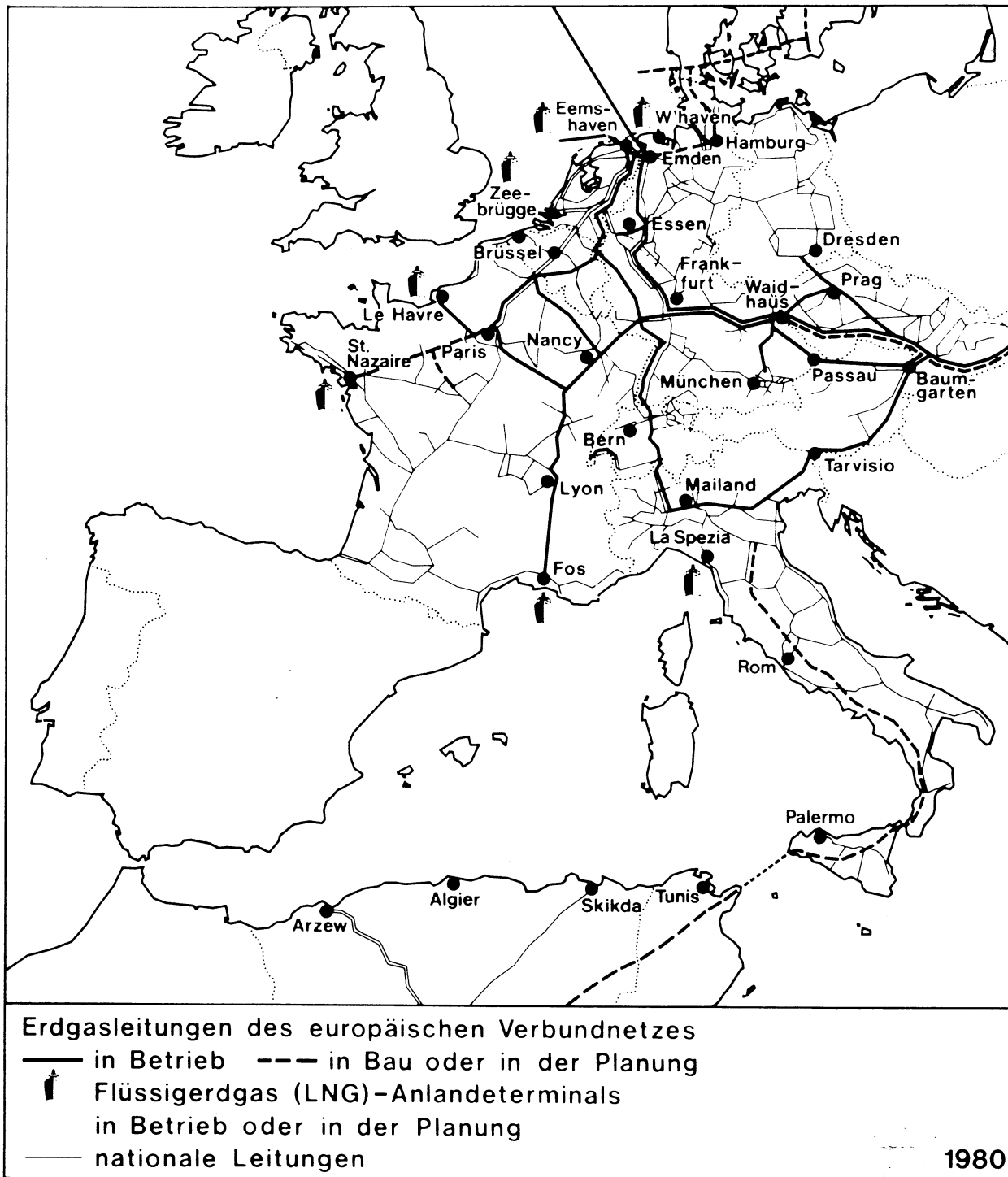
Die restlichen Zweidrittel (66 %) müssen importiert werden und kommen aus den Erdgaslagerstätten in

- Norwegen, d. h. aus der Nordsee,
- der UdSSR,

- den Niederlanden,
- Algerien,
- Nigeria.

Der Transport aus der Nordsee, der UdSSR und den Niederlanden erfolgt über Rohrleitungen, der Transport aus Algerien und Nigeria in flüssigem Zustand (LNG) mittels Kühltankschiffen.

Abb. 32



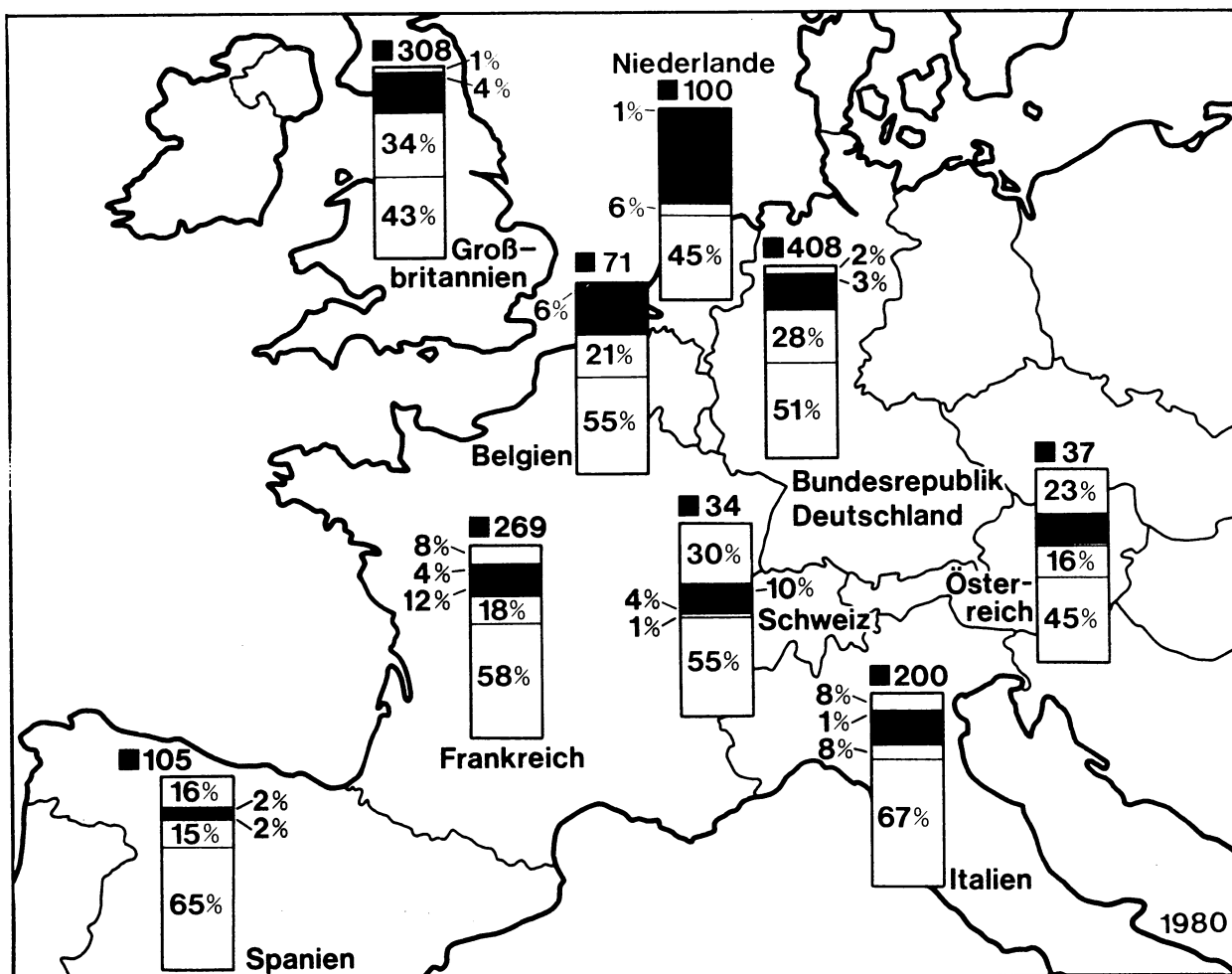
Europäischer Erdgasverbund

Die Entfernungen, über die Erdgas z. B. aus der Sowjetunion und eventuell aus dem Iran über Transportleitungen befördert werden muß, erreichen bis zu 6000 km. Das Erdgas aus der Nordsee hat zwar einen kürzeren Weg, erfordert dafür aber Leitungen, die auf den Meeresboden verlegt werden müssen.

Der **Erdgastransport aus den Lagerstätten zum Verbraucher** kann von den einzelnen Ferngasgesellschaften allein nicht mehr bewältigt werden. Die Probleme lassen sich nur in Zusammenarbeit aller großen Gesellschaften über nationale Grenzen hinweg bewältigen. Zu diesem Zweck hat die Gaswirtschaft fast sämtlicher westeuropäischer Staaten ein Erdgasverbundsystem aufgebaut.

Durch das unterirdische Rohrleitungssystem des Gasverbundes mit den Hauptschienen in Nord-Südrichtung und in Ost-Westrichtung wird zur Zeit ein Sechstel des Energiebedarfs der angeschlossenen Länder in Gestalt von Erdgas transportiert. Die Gesamtmenge entspricht etwa 200 Mrd. m³ Erdgas im Jahr. Eine Vorstellung davon vermitteln die nachfolgenden Abbildungen.

Abb. 33



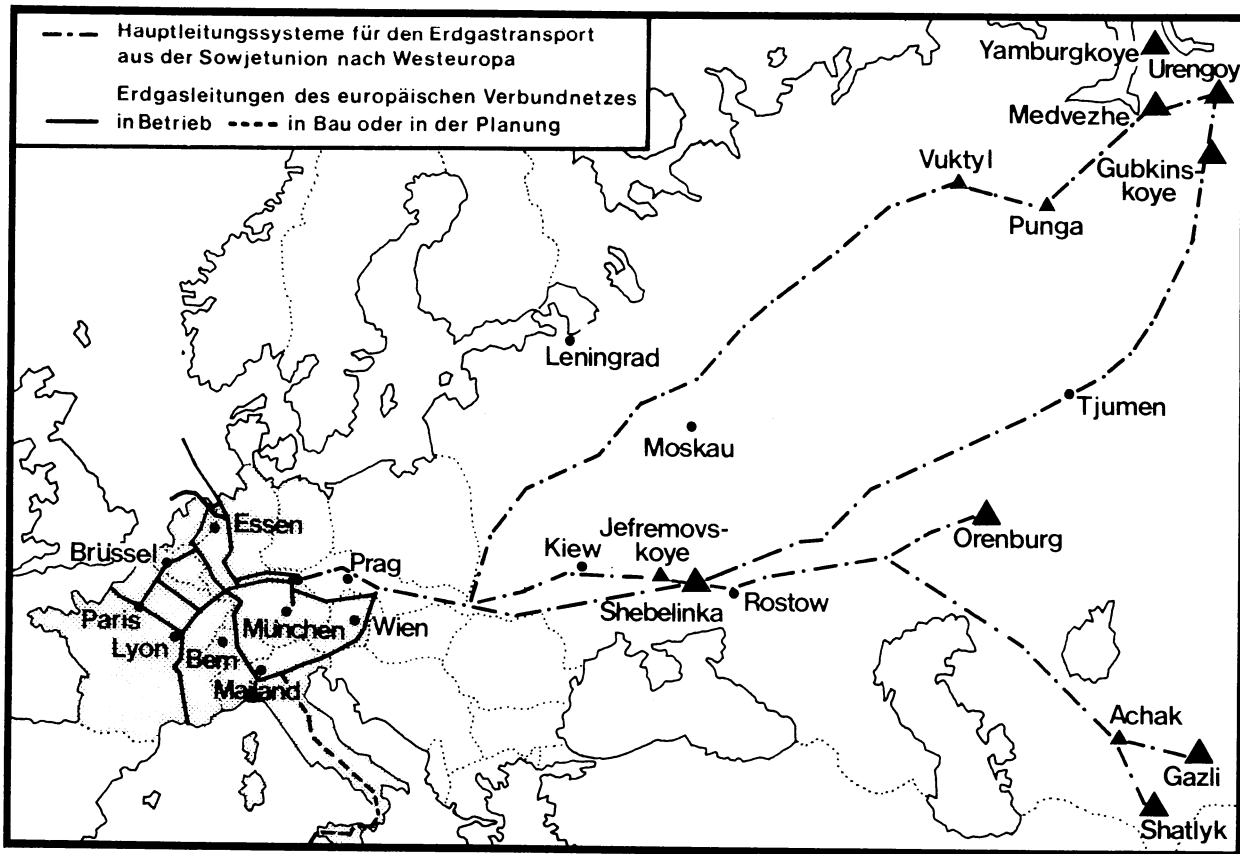
Erdgas in Westeuropa: Verbreiterung des Energieangebotes

Verbraucherschwerpunkte in der Bundesrepublik sind die bekannten Ballungsräume im

- Ruhrgebiet,
- Raum Aachen-Köln-Hannover,
- Rhein-Main-Gebiet mit Frankfurt und Mannheim,
- Saarland,

- Raum Stuttgart,
- Raum München,
- Raum Hansestadt Hamburg.

Abb. 34



Erdgas aus der Sowjetunion

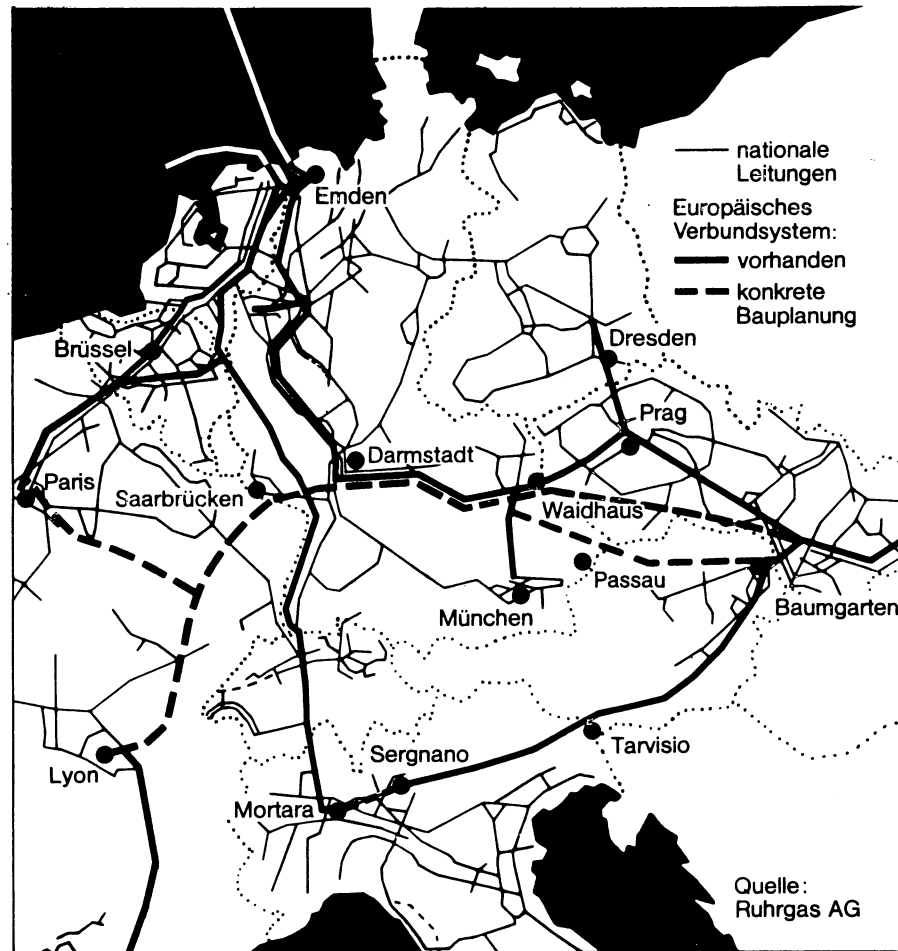
4.3 Anlagen für Erdgasgewinnung und Erdgastransport

4.3.1 Feldsammelstelle

Auf einem Erdgasfeld sind in der Regel mehrere Bohrloch-Einrichtungen in Betrieb. Das aus dem Bohrloch-Eruptionskreuz (3.2.2) kommende Rohgas enthält neben Wasser u. a. auch besonders unerwünschte Schwefelverbindungen. Dieses Rohgas muß daher vor seinem weiteren Transport getrocknet und aufbereitet werden. Verbunden mit diesen Vorgängen ist eine Druckminderung auf 64 bis 70 bar.

Anlagen dazu befinden sich im Bereich der **Feldsammelstellen**. Hier werden alle Leitungen von den Bohrlöchern vereinigt und das getrocknete und gereinigte Gas in die Transportleitung eingespeist.

Abb. 35



Europäischer Verbund für hochkaloriges Erdgas

4.3.2 Gastransporteinrichtungen/Transportsysteme

Auf dem Festland vollzieht sich der Gastransport fast ausschließlich über Rohrleitungen.

Europa-Netz

Eine Übersicht über das europäische Verbundnetz für hochkaloriges Erdgas (H-Gas) bietet Abb. 35, während Abb. 32 den westeuropäischen Erdgasverbund insgesamt darstellt.

Deutschland-Netz

Das Netz der Ferngasleitungen im Bereich der Bundesrepublik Deutschland zeigt Abb. 36. Aus der Darstellung sind auch die mit Kokereigas versorgten Gebiete an der Ruhr und im Saarland (4.2) zu erkennen.

Rohre, Materialien und Durchmesser

Zum Bau von Ferngasleitungen (sog. Pipelines) werden ausschließlich **Stahlrohre** aus hochfesten Stählen – z. B. ST E 480.7, St 70 – verwendet.

Die Rohre sind längs- oder spiralnahtgeschweißt und durch Stumpfnahnt endlos miteinander verbunden. Die Rohre sind somit **längskraft-schlüssig**.

Der **Durchmesser** der meisten Ferngasleitungen ist DN 900 (\varnothing 900 mm). In der aus der UdSSR kommenden Europa-Leitung sind Teilabschnitte auch mit Rohren DN 1600 verlegt worden.

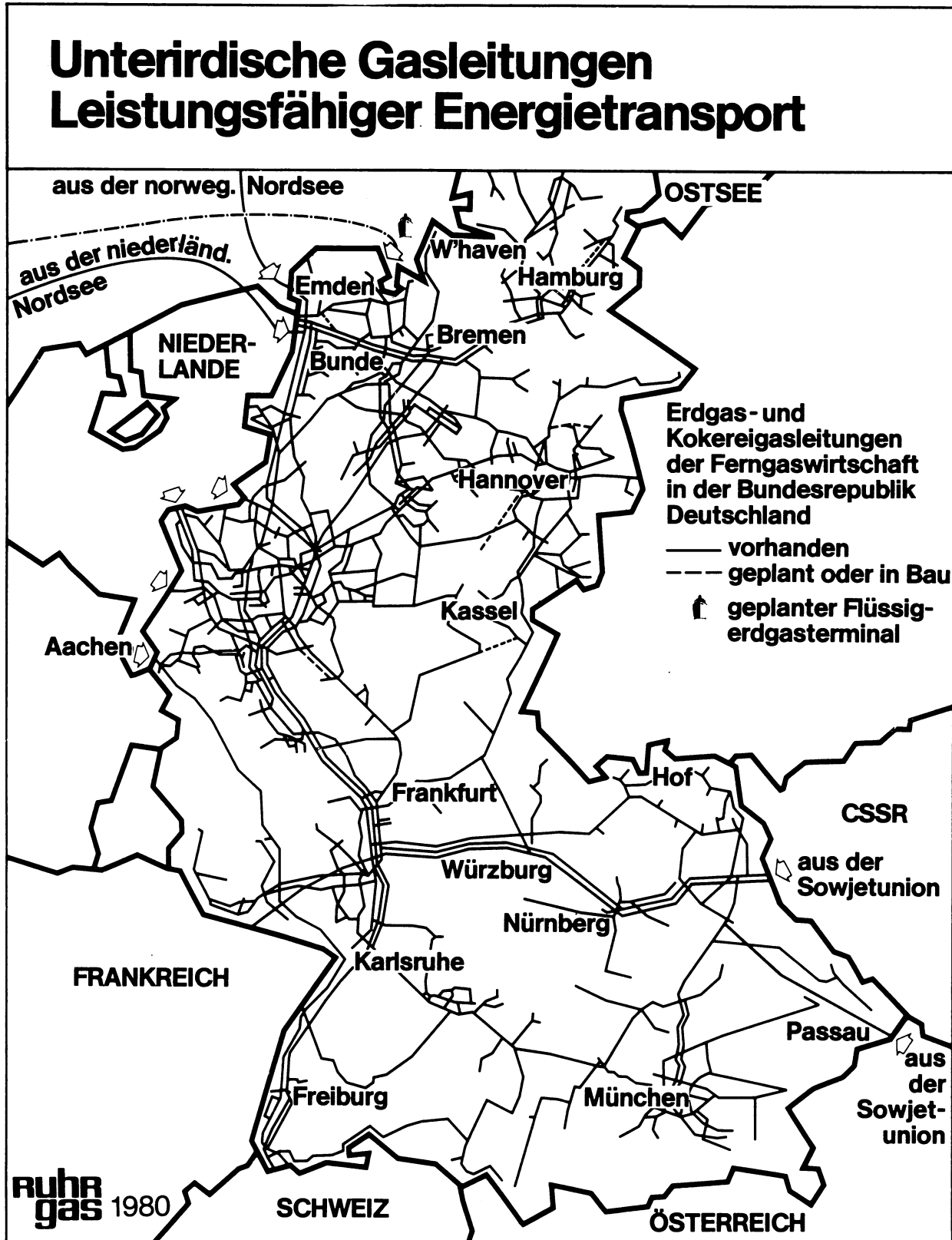
Wachsende Durchmesser bedingen eine geringere Fließgeschwindigkeit und demzufolge geringere Reibungsverluste. Ferngasleitungen mit großem Durchmesser sind zugleich auch gute Speicherräume (5.4.1).

Der **Betriebsdruck** im Ferngasrohrnetz beträgt in der Regel 67,5 bar. Schwankungen im Bereich von 50 bis 80 bar gelten jedoch als durchaus üblich. – Ältere Leitungen wer-

den zum Teil auch mit geringeren Betriebsdrücken betrieben, jedoch liegen diese auch hier meist über 30 bar.

Die **Deckung** der Leitungen (D) beträgt normalerweise mindestens 1 m über Rohrscheitel (D = 1,00).

Abb. 36



Isolierung von Ferngasleitungen

Die **Außenisolierung** besteht bei neueren Leitungen fast ausnahmslos aus Kunststoff (PE = Polyäthylen), früher auch aus Bitumen oder Teerpech mit Glaswollvlies.

Eine **Innenisolierung** als Schutz gegen Innenkorrosion ist in der Regel nicht vorhanden, da Fern- und Erdgas trocken transportiert wird (4.3.1).

Leitungen mit größeren Durchmessern haben häufig eine **Innenauskleidung** aus Epoxidharz und dadurch eine besonders glatte Innenoberfläche. Der Rohrreibungsverlust (Fließwiderstand) ist dann geringer, während die Transportkapazität wächst.

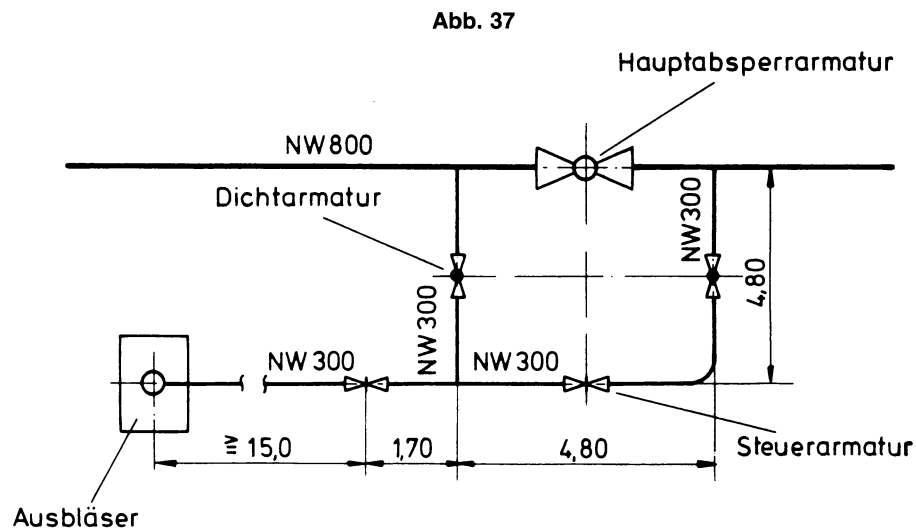
Armaturen in Ferngasleitungen

In neueren Leitungen werden als Absperrarmaturen fast nur noch **Kugelhähne** eingebaut. Ihr Einbau erfolgt im Abstand von 5 bis 6 km. Sie werden fest eingeschweißt (keine Flanschverbindungen!).

Kugelhähne haben einen kreisrunden Durchgang und sind daher beim Reinigen der Leitungen von Vorteil. Die nichtgeschmierten Kugelhähne werden auch als „trockene Kugelhähne“ bezeichnet. Zur Abdichtung sind metallische Dichtringe oder Teflon eingebaut.

In älteren und kleineren Ferngasleitungen sind auch noch geschmierte **Kükenhähne** und spezielle **Hochdruckschieber** anzutreffen. Schieber sind oft auch noch in Ausblaseeinrichtungen eingebaut.

Die Hauptabsperrrammer oder das Hauptabsperrrorgan (Kugelhahn) bildet mit der **Ausblaseeinrichtung** eine Einheit, die als **Absperranlage** oder **Absperrereinrichtung** bezeichnet wird.



Hauptabsperrranlage für hohen Betriebsdruck

Bei einem Rohrbruch oder einer Reparatur an einem Hauptabsperrrorgan kann die Leitung zwischen zwei geschlossenen Hauptabsperrrorganen über den **Ausbläser** entleert werden (Abb. 37).

Anlagen in der Ferngasleitung/Verdichterstation

Um Druckverluste in langen Transportleitungen auszugleichen, sind im Abstand von etwa 150 km **Verdichterstationen** erforderlich. Mit ihrer Hilfe läßt sich der Fließdruck (Betriebsdruck) im Bereich von 50 bis 80 bar halten.

Die Volumenströme (früher: Fördermengen) solcher Verdichter liegen zumeist im Bereich von etwa $6 \text{ m}^3/\text{s}$ bis $20 \text{ m}^3/\text{s}$.

Die **Druckverhältnisse** (Verdichtungsverhältnisse – Eingangsdruck/Ausgangsdruck) liegen im Bereich 1,16 bis 1,6.

Beispiel: Bei einem Eingangsdruck von 50 bar und einem Druckverhältnis von 1,6 ist der Ausgangsdruck $50 \times 1,6 = 80 \text{ bar}$

Bei **Verdichtern** wird unterschieden zwischen

- Kolbenverdichtern und
- Turboverdichtern.

Die **Kolbenverdichter** werden bei kleineren, die **Turboverdichter** für große bis sehr große Leistungen eingesetzt. Die erforderlichen Antriebsleistungen solcher Anlagen betragen 1000 bis 25000 kW.

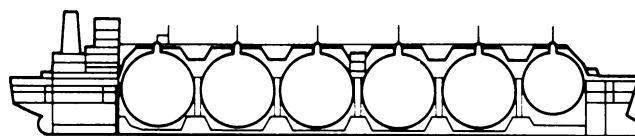
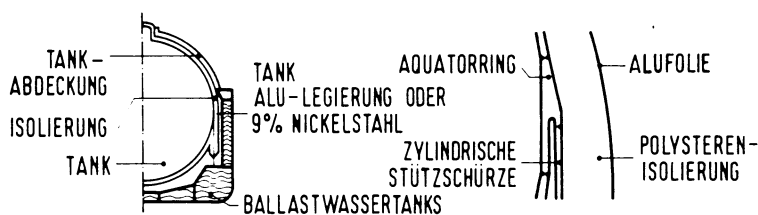
Als Antriebsmaschinen werden Elektromotoren, Gaskolbenmotoren oder Gasturbinen verwendet. Die Verdichterstationen sind ferngesteuert, überwacht und werden nach Bedarf ein- oder ausgeschaltet.

4.3.3 Transport von verflüssigtem Erdgas (LNG)

Definition: Flüssigerdgas = LNG = Liquefied Natural Gas

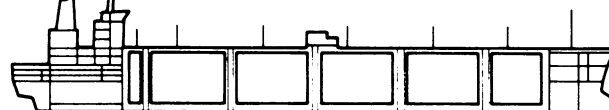
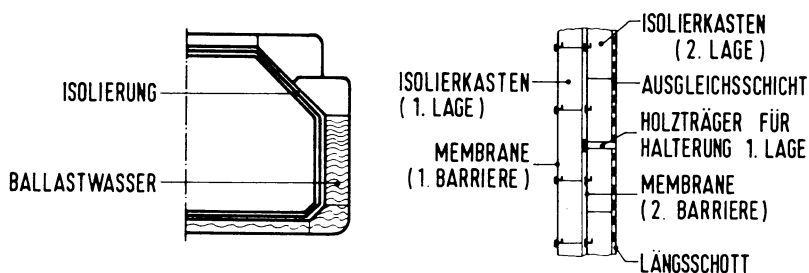
Der Transport von verflüssigtem Erdgas auch über weite Seestrecken stellt sich mit den modernen Spezialtankern mit **Kugelbehältern** oder **Membranbehältern** kaum noch als ein Problem dar. Die genannten Tanker haben ein Gesamtfassungsvermögen von bis zu 125000 m³ (Abb. 38 und 39).

Abb. 38
DETAIL DER TANKABSTÜTZUNG



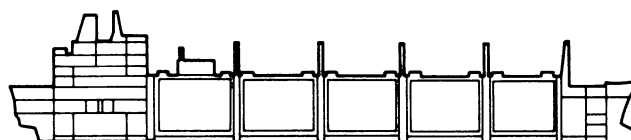
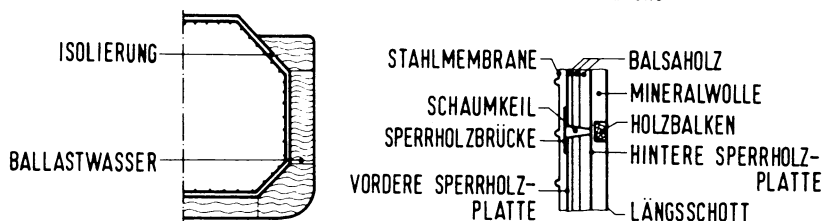
Kugeltanksystem für LNG-Tanker (Moss-Rosenberg)

Abb. 39
DETAIL: MEMBRANE U. ISOLIERUNG



(nach: Gaz-Transport)

DETAIL: ISOLIERUNG

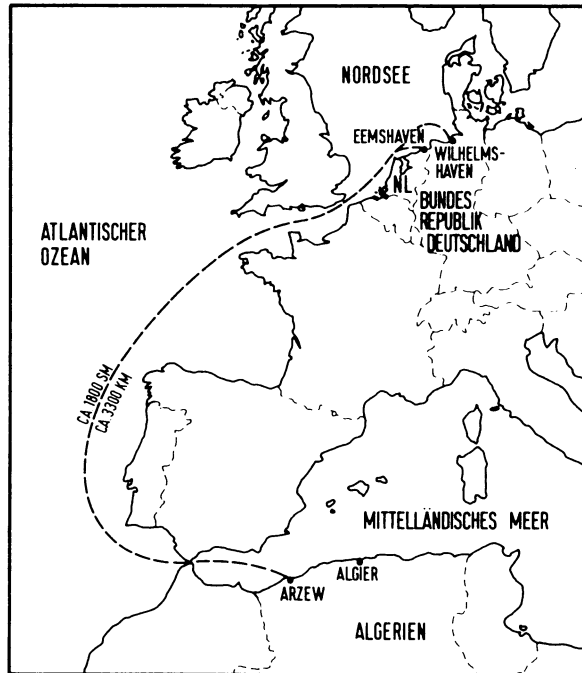


(nach: Technigaz)

Membrantanksystem für LNG-Tanker

Für den Transport wird das Erdgas im Hafen des Förderlandes bei einer Temperatur von -161°C verflüssigt und im Anlandehafen des Verbraucherlandes wieder verdampft (Abb. 40).

Abb. 40



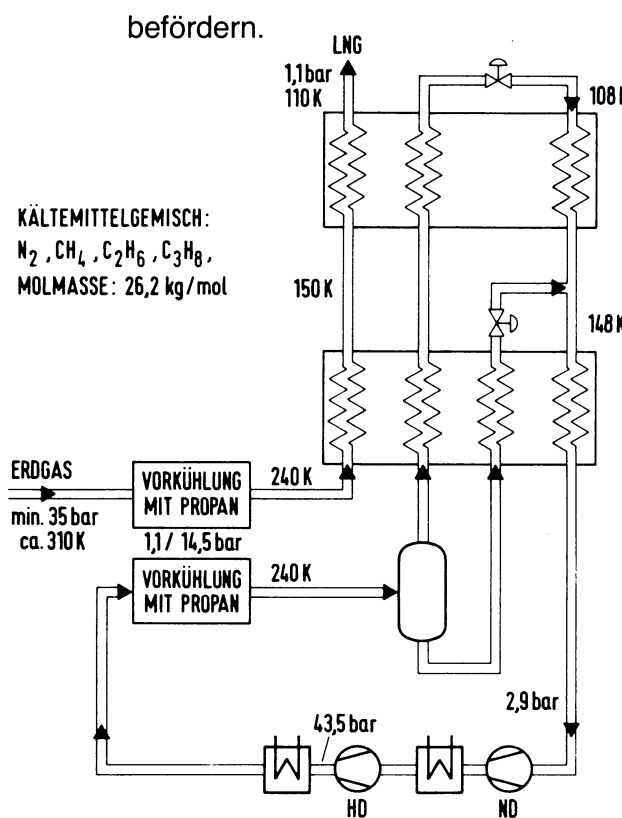
Flüssigerdgasprojekt Ruhrgas – Sonatrach (Alg.)

Der Vorteil dieses Verfahrens ist der große Unterschied zwischen dem Volumen des Erdgases im flüssigen und im gasförmigen Zustand.

Bei gleichem Druck von 1 bar verringert sich das Volumen beim Verflüssigen (Abkühlen auf -161°C) auf 1/600. Das heißt, daß 1 m^3 Flüssigerdgas wieder 600 m^3 trockenes Erdgas ergibt. Ein Tanker mit einem Laderauminhalt von $125\,000\text{ m}^3$ kann somit

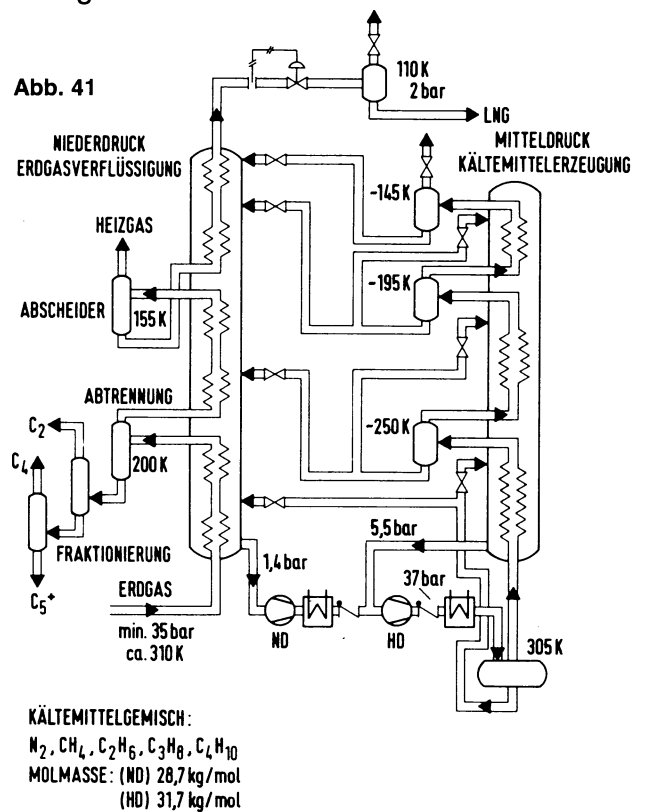
$$125\,000 \times 600 = 75\,000\,000\text{ m}^3\text{ Erdgas}$$

befördern.



Verflüssigungsschema nach Air Products and Chemicals

Abb. 41

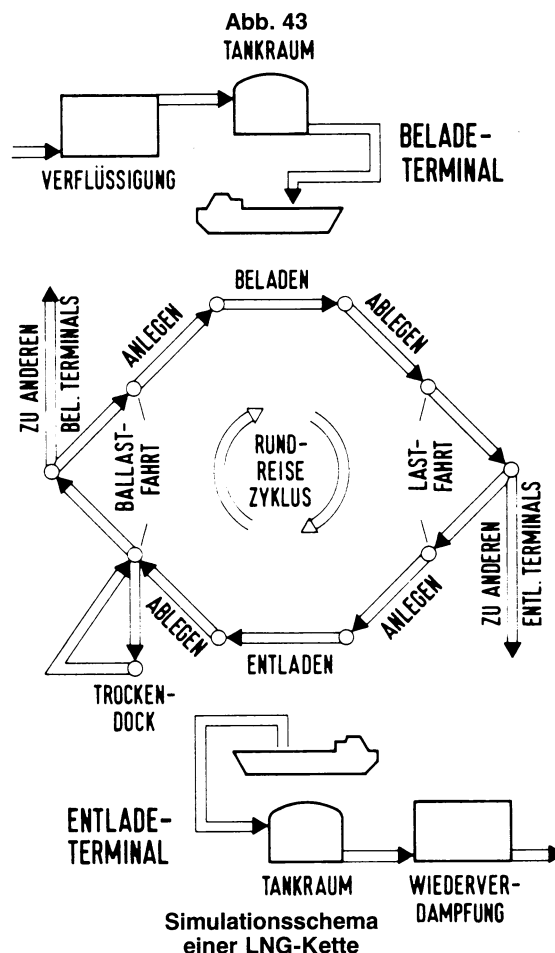
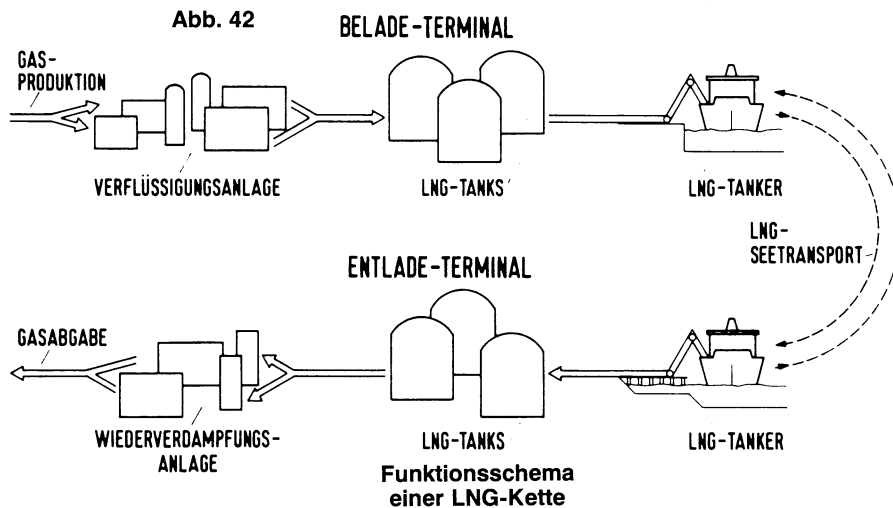


Verflüssigungsschema nach Technip/Air Liquide

Der Weg des Erdgases von der Quelle zum Verbraucher läßt sich wie folgt beschreiben:

- Rohrleitungssystem mit Verdichterstationen von der Quelle zur Verflüssigungsanlage an der Küste,
- Verflüssigungsanlage – Verflüssigungsverfahren,
- Tank für LNG zur Zwischenlagerung vor dem Export,
- Transport des LNG in Tankschiffen,
- Tank für LNG zur Zwischenlagerung im Anlandehafen (Import),
- Verdampfen des LNG in der Verdampfungsanlage im Anlandehafen,
- Rohrleitung von der Küste zum Verbraucher (oder Transport in flüssigem Zustand mit Kesselwagen zum Speicher oder zum Verdampfer eines GVU).

Einen Überblick über den Verfahrensablauf innerhalb einer LNG-Kette bieten Abb. 42 und 43.

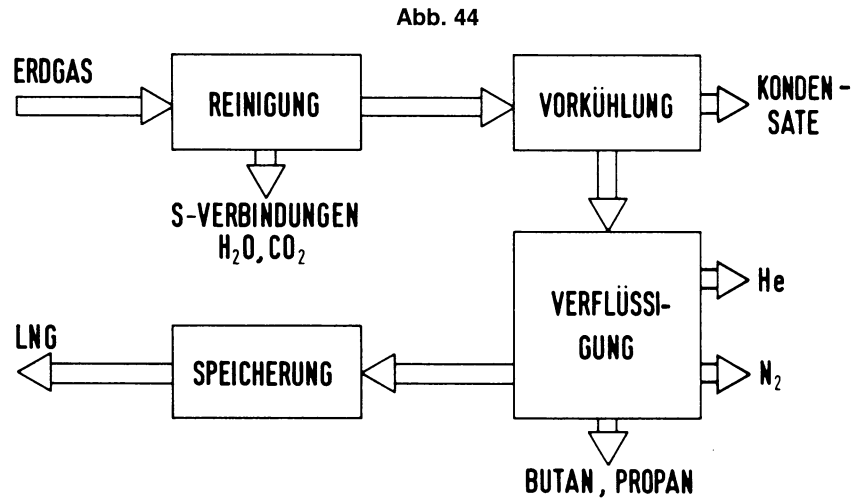


Verflüssigungsanlage

Die Größe und die Wahl des Verflüssigungssystems hängen jeweils davon ab, welchen Zweck die betreffende Anlage zu erfüllen hat.

Zum **Transport von LNG** ist eine große Anlage mit einer Leistung von mehreren Mio. m³/Tag erforderlich. Eine solche Anlage bildet den Endpunkt vom Erdgasfeld zum Exporthafen an der Küste (Abb. 40), z. B. in Algerien.

Um Transportraum zu sparen, wird bei der Verflüssigung der Stickstoffanteil meistens beseitigt.



Prinzipschema einer Erdgasverflüssigungsanlage

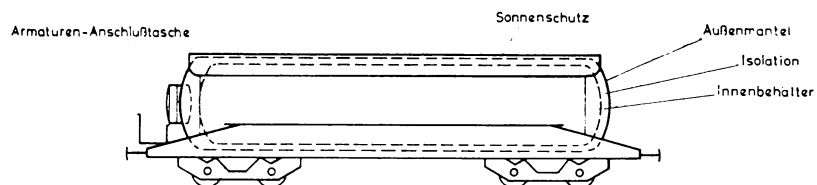
Zur **Spitzenbedarfsdeckung** oder zur **Vorratshaltung** in LNG-Speichern großer Ferngasgesellschaften bzw. großer GUV an Verbraucherschwerpunkten sind lediglich kleinere Anlagen erforderlich. Diese Anlagen sind so ausgelegt, daß aus dem gleichmäßigen Gasfluß des Jahres der Überschuß des Sommers verflüssigt und für den wachsenden Bedarf im Winter gespeichert werden kann.

Transportmittel

Um die Verluste während des **Seetransportes** möglichst gering zu halten (Vermeidung von Verdampfungsverlusten), ist es notwendig, Druck und Temperatur niedrig zu halten. Die eingesetzten Transportmittel für LNG erfordern daher Sonderkonstruktionen. Spezialtanker sind bereits eingangs dieses Abschnittes beschrieben und in den Abb. 38 und 39 veranschaulicht.

Im **Landtransport** auf Schiene oder Straße werden Kesselwagen mit starker Isolierung und wirksamen Sonnenschutz eingesetzt (Abb. 45).

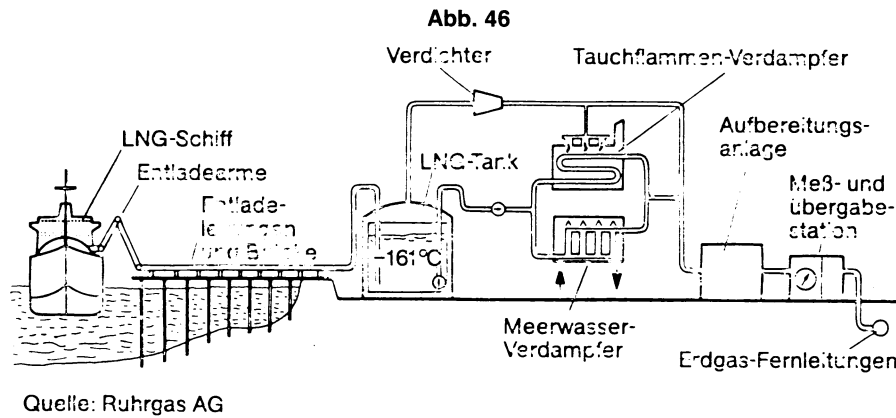
Abb. 45



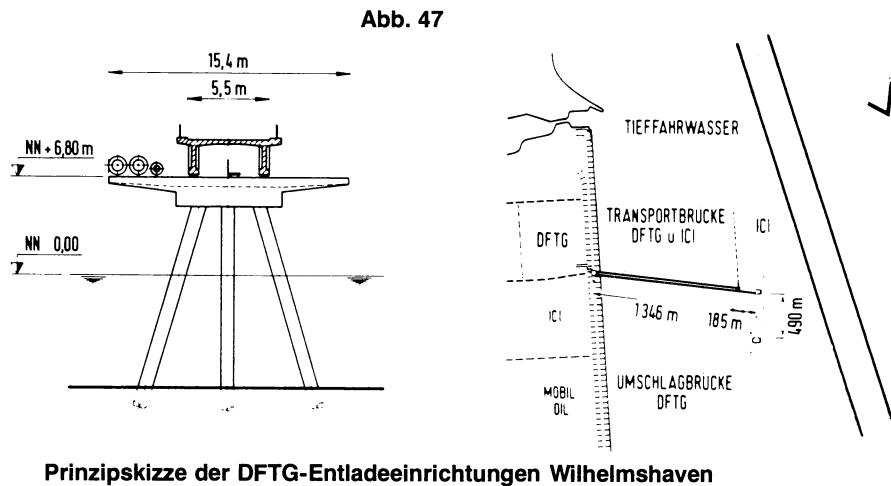
Ansicht eines Kesselwagens für verflüssigte Erdgase

Entladeeinrichtungen

Zur Entladung großer LNG-Tanker werden entsprechende Anlagen in den Anlandehäfen benötigt, die zur Zeit überall vorbereitet und zum Teil bereits in Betrieb sind. Abb. 46 zeigt den projektierten Flüssigerdgas-Terminal in Wilhelmshaven und Abb. 47 die Entladeeinrichtungen.



Geplanter Flüssigerdgas-Terminal Wilhelmshaven



Wiedervergasungs/Verdampferanlagen

Das flüssige Erdgas wird durch Zuführung von Wärme aus der Luft, aus dem Wasser oder aus einem Wärmeerzeuger in Verdampferanlagen wieder gasförmig. Auch hier bestimmt der Zweck Bauweise und Größe der Anlage.

In einem Anlandehafen (LNG-Terminal) sind stets **Großanlagen** erforderlich. Diese müssen im Dauerbetrieb mit mehreren Mio. Kubikmeter Tagesleistung arbeiten.

Kleine Anlagen mit Leistungen von ca. 6000 bis 10000 m³/h werden meistens von den größeren GUV betrieblen, die zugleich auch über eigene LNG-Speicher verfügen (4.4). Zweck dieser Anlagen ist es, Bedarfsspitzen abzudecken oder isolierte Netzteile kurzfristig zu versorgen. Zur Einstellung des Brennwertes kann auch Luft zugemischt werden.

Zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit kleinerer Verdampferanlagen können diese auch mit Anlagen der Energieverwertung (z. B. zur Kälte- und Stromerzeugung) gekoppelt sein (Ausnutzung der Temperatur von -161 °C).

Da im Erdgas auch das Edelgas Helium enthalten ist, werden zur Heliumgewinnung auch Erdgaszerlegungsanlagen in Kombination mit dem (vorgeschalteten) Verdampfer betrieben.

4.4 Gasspeicher im Bereich des Ferngasnetzes

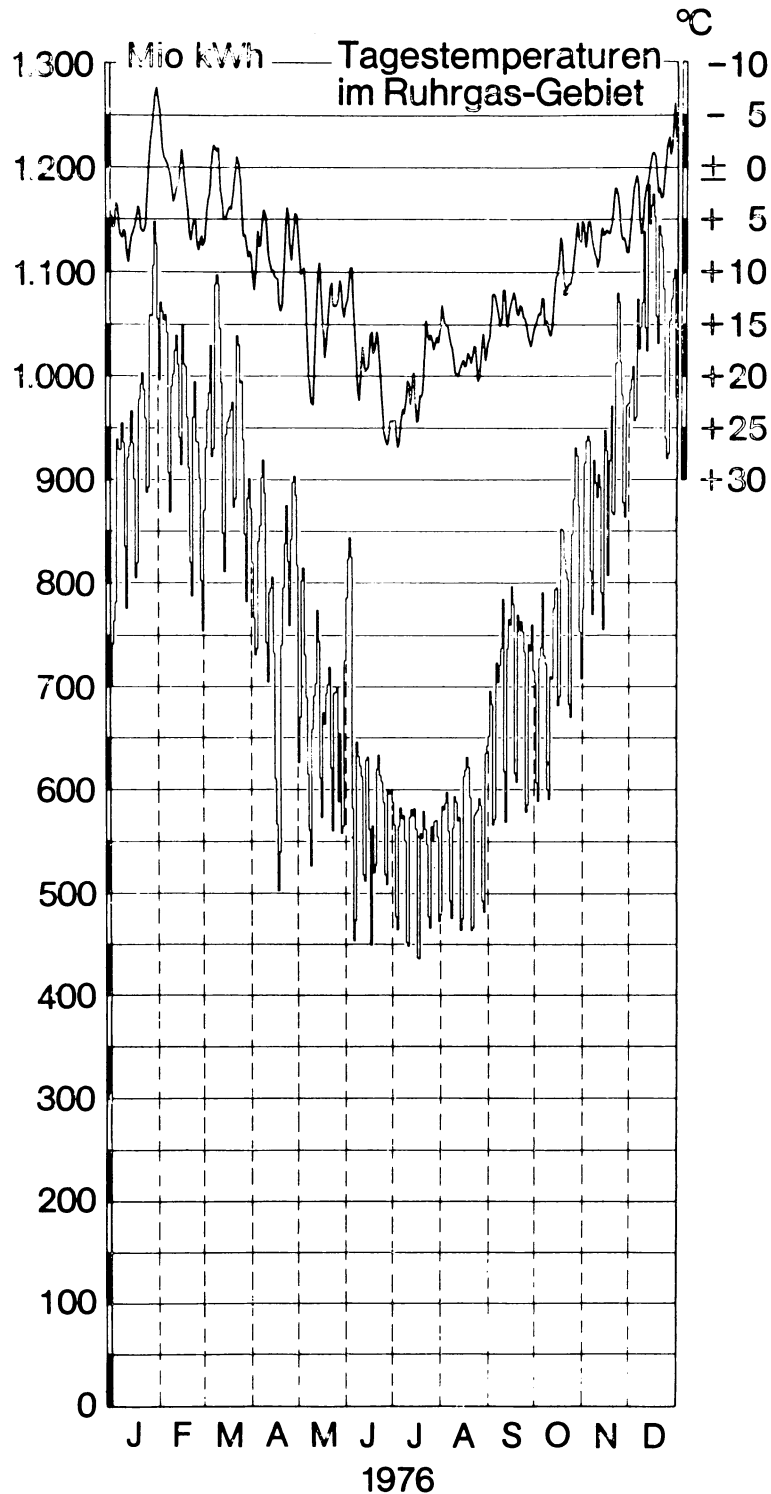
4.4.1 Allgemeines

Die Erdgasquellen haben über das ganze Jahr einen nahezu gleichbleibenden Förderstrom. Erdgasimporte müssen somit praktisch an jedem Tag des Jahres in gleichbleibender Menge abgenommen werden. Die Abnahmeverträge enthalten in der Regel eine Abnahmeverpflichtung von 7000 bis 8000 Benutzungsstunden.

Die Gasverbraucher in der Bundesrepublik sind dagegen nicht in der Lage, dieser Abnahmeverpflichtung nachzukommen. Sie nehmen im Durchschnitt Gas lediglich mit

3500 bis 4000 Benutzungsstunden ab. Der Gasverbrauch schwankt nämlich je nach Konjunktur, Jahreszeit und Wetterverhältnissen nicht nur in den Haushalten, sondern insbesondere im Gewerbe und in der Industrie. Eine Übersicht bietet die Grafik Abb. 48 (Täglicher Absatz der Ruhrgas AG).

Abb. 48



Täglicher Gasabsatz der Ruhrgas AG

Um die Bedarfsschwankungen auszugleichen, betreiben die Ferngasgesellschaften und die GVV **Untertagespeicher**, die in der Nähe von Verbraucherschwerpunkten oder am Ende großer Fernleitungen angelegt sind.

In der Bundesrepublik Deutschland sind 14 Untertagespeicher mit einem Speichervolumen von rund 4 Mrd. m³ in Betrieb oder im Bau. Der größte Speicher hat ein Fas-

sungsvermögen von 1 Mrd. Kubikmeter. Die Bauart der einzelnen Speicher ist jedoch nach Bodenart und Standort unterschiedlich.

Als **Übertagespeicher** kommen wegen des erforderlichen großen Volumens und der hohen Druckbelastung nur Speicher für verflüssigtes Erdgas in Frage.

4.4.2 **Untertagespeicher**

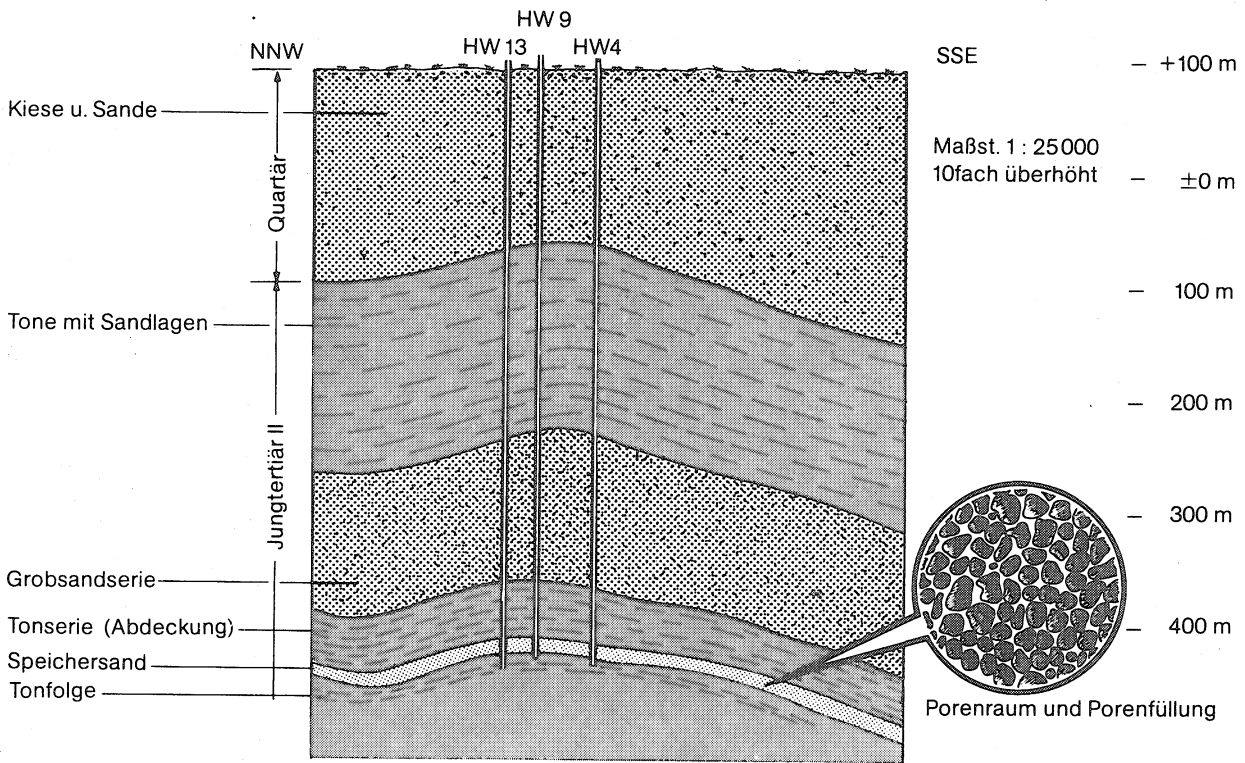
Ehemalige Erdgas- oder Erdölfelder

Da die geologischen Voraussetzungen gegeben sind, eignen sich leere oder teilweise leergeförderte Erdgas- oder Erdölfelder zur Untertagespeicherung von Erdgas besonders gut. Sie dürfen allerdings nicht allzu tief liegen. Um die Verdichtungskosten zu begrenzen, sind Tiefen von 500 bis 700 m als ideal zu bezeichnen.

Aquiferspeicher/Porenspeicher

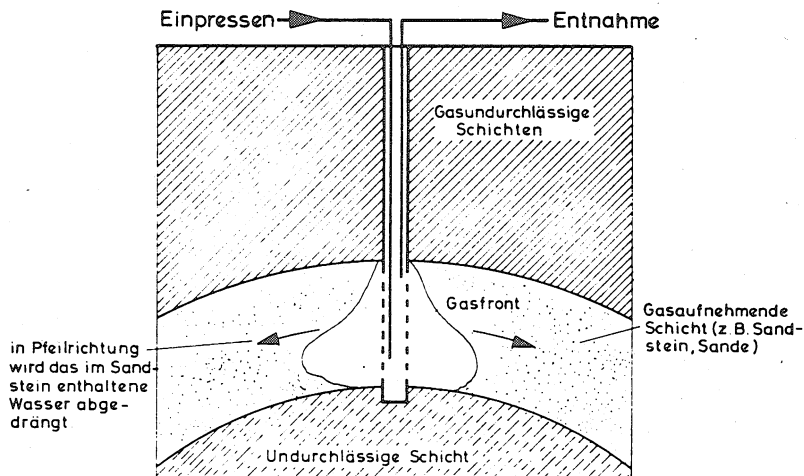
Als **Aquifer** bezeichnet man die zwischen undurchlässigen Schichten eingelagerten porösen Gesteinsschichten. Da sie mit Wasser gefüllt sind, heißen sie „Aquifer“. Diese Schichten sind zur Speicherung dann geeignet, wenn sie zwischen 500 und 700 m Tiefe liegen und ihre Porösität etwa 20 bis 25 % beträgt.

Abb. 49



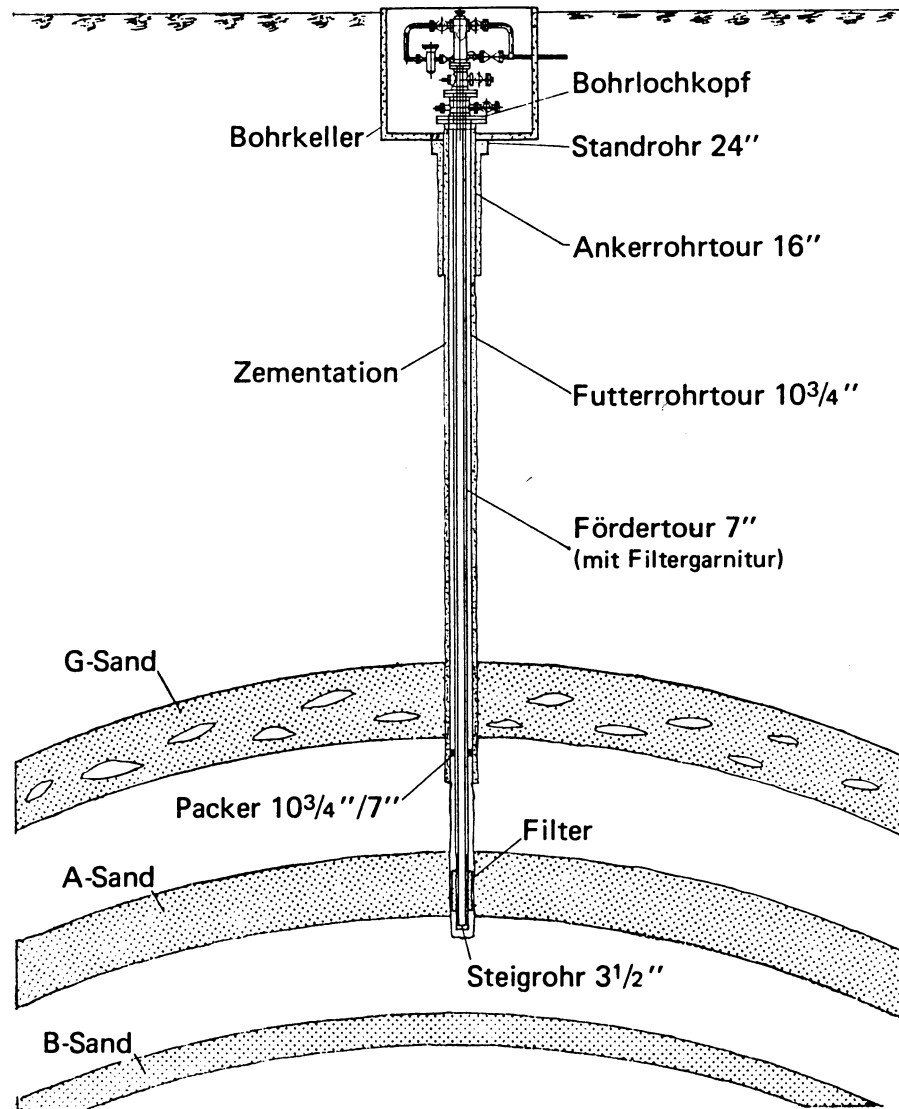
Schnitt durch die Struktur eines Porenspeichers

Abb. 50



Schema eines Aquiferspeichers

Abb. 51

Schnitt durch eine Produktionsbohrung
UT-Speicher Frankenthal

Produktionsbohrung (Abb. 51): Die Produktionsbohrung weist folgende Verrohrung auf:

bis 100 m unter Gelände	16 "
bis 600 m unter Gelände	10 3/8 "
bis Endteufe	7 "
Produktionsrohr	3 1/2 "

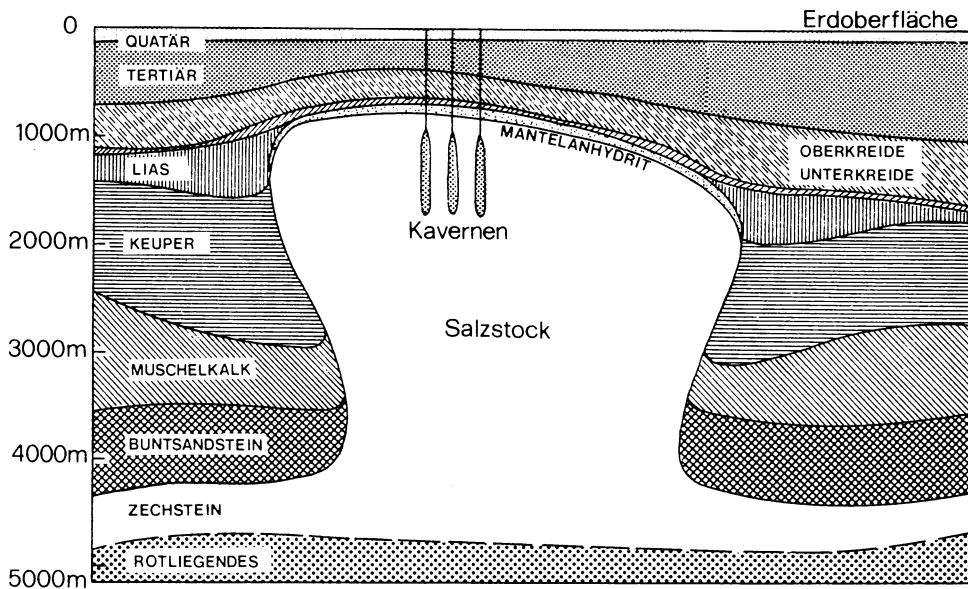
Das Eruptionskreuz (3.2.2) ist in einem Bohrkeller untergebracht, so daß keine Anlagenteile über Flur herausragen. Im Bohrkeller ist neben den in der Tiefbohrtechnik üblichen Absperr- und Sicherheitsorganen (4.3.2, Armaturen) ein Filter untergebracht, der das einzuspeichernde Gas reinigt. Bei der **Entspeicherung** wird dieser Filter umgangen, da mitgerissenes Wasser und Sand den Filter verstopfen würden. – Zur Vermeidung der Hydratbildung wird dem nassen Gas Methanol mittels Kolbendosierpumpe zugesetzt.

Kavernenspeicher

Als Kavernen bezeichnet man künstlich geschaffene Hohlräume in dichtem, selbsttragendem Gestein. Je nach Standort üblich sind in einem Salzstock die

- ausgespülte Kaverne und
- bergmännisch gewonnene Hohlräume.

Abb. 52



Schematische Darstellung eines Salzstockes
mit Speicherkavernen

- a) **Ausgespülte Kaverne:** In einem Salzstock wird durch ein Bohrloch Süßwasser gepumpt und dadurch das Salz aufgelöst. Die Salzsole wird sodann durch ein zweites Rohr im Bohrloch zur Oberfläche abgeleitet.

Das Ausspülen von Kavernen als Speicherräume hängt ab von der Standfestigkeit des Salzstockes und des Deckgebirges. Das Schaffen von Hohlräumen zur Gas-speicherung durch Ausspülen reicht bis zu einem Fassungsvermögen von 400 000 m³. Die Kavernen haben dabei Durchmesser bis zu 60 m und Höhen von 100 bis 350 m und liegen in Tiefen zwischen 650 und 1800 m. Das Nutzvolumen ist abhängig von der Teufenlage und demzufolge vom Betriebs- und Speicherdruck. Es beträgt ein Vielfaches des Hohlraum-inhalts.

- b) **Bergmännisch gewonnene Hohlräume:** Die Möglichkeit, Aquifer- oder Kavernenspeicher zur Gasaufnahme bereitzustellen, ist nicht immer in wirtschaftlich erreichbaren Tiefen oder in der Nähe von Verbrauchszentren gegeben. Es lohnt sich daher unter Umständen das Anlegen von Speicherräumen in festen und undurchlässigen Gesteinsarten, z. B. in Schiefer-ton, Granit, Dolomit oder Sandstein.

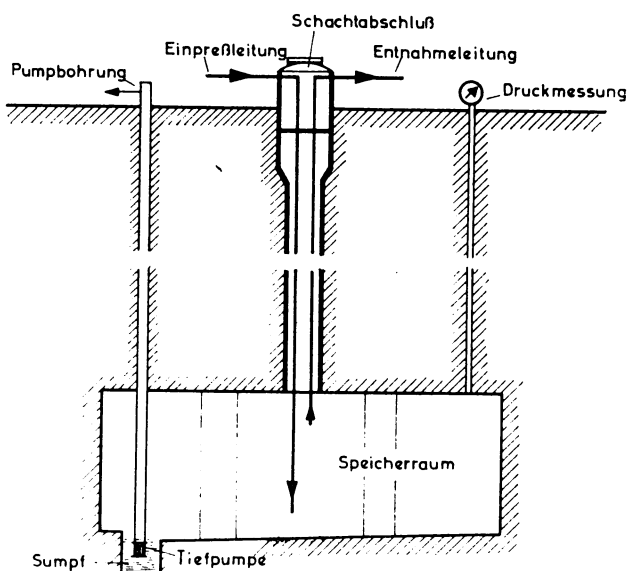
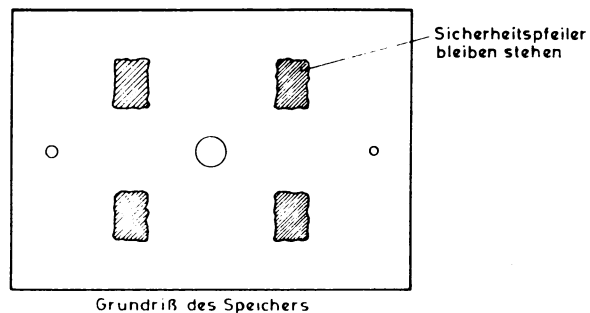


Abb. 53

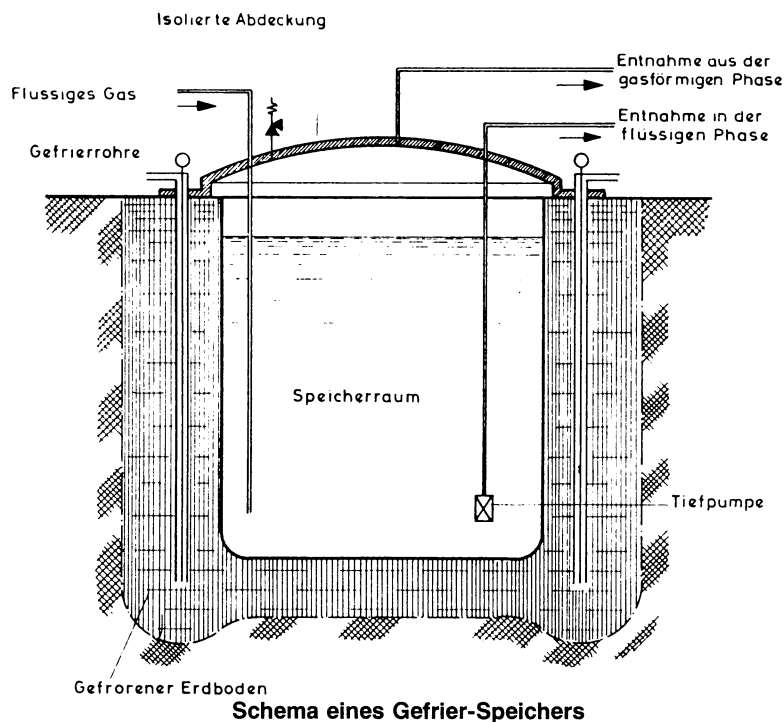


Ausgebauter Bergwerkstollen oder Hohlraum
als Kavernenspeicher

Zum Ausbau des Speichers nach bergmännischen Methoden wird ein Schacht etwa 150 bis 200 m tief abgesenkt, d. h. wie im Bergbau üblich gebrochen (gesprengt) und

der Abraum nach oben gefördert. Auch stillgelegte Bergwerke oder Gruben lassen sich als Speicher insbesondere dann nutzen, wenn die Verhältnisse hinsichtlich der Abdichtung günstig sind.

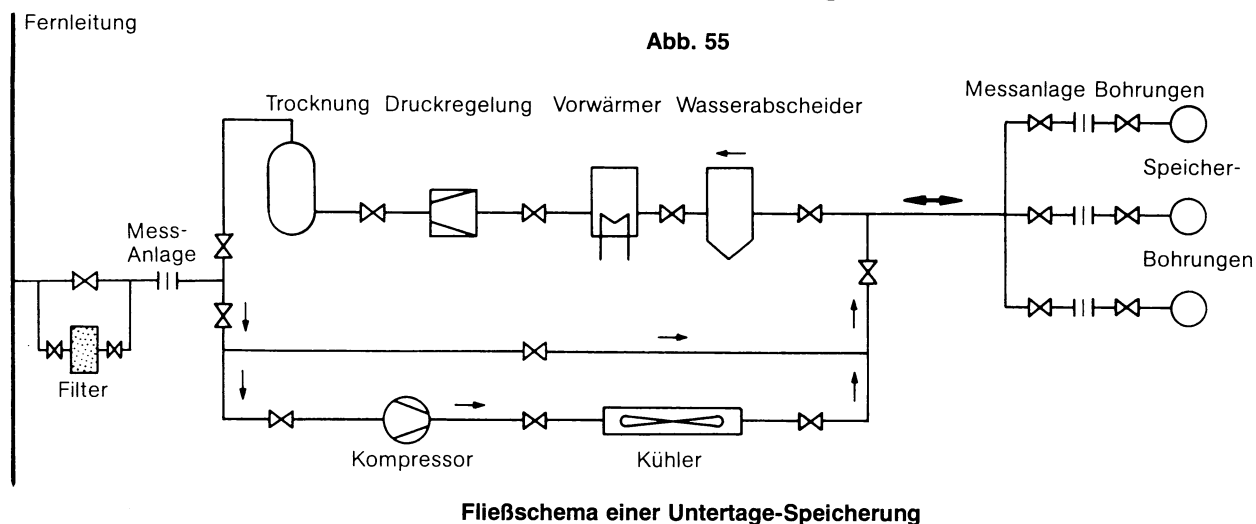
Abb. 54



Gefrierspeicher

Da Erdgas für den Schiffstransport stark abgekühlt werden muß, hat sich die Anlage von Gefrierspeichern, die eine flüssige Lagerung des Gases erlauben, als wirtschaftlich erwiesen. Speicher dieser Art (Abb. 54) werden in Größenordnungen von 20 000 bis 100 000 m³ geometrischen Inhalts erbaut. Da bei der Verflüssigung eine Volumenminderung von 1:600 eintritt, können in einer solchen Anlage Gasmengen von 12 bis 58 Mio. m³ gespeichert werden.

Weg des Gases in einer Untertage-Speicheranlage



Den Weg des Gases in einer Untertage-Speicherung veranschaulicht Abb. 55.

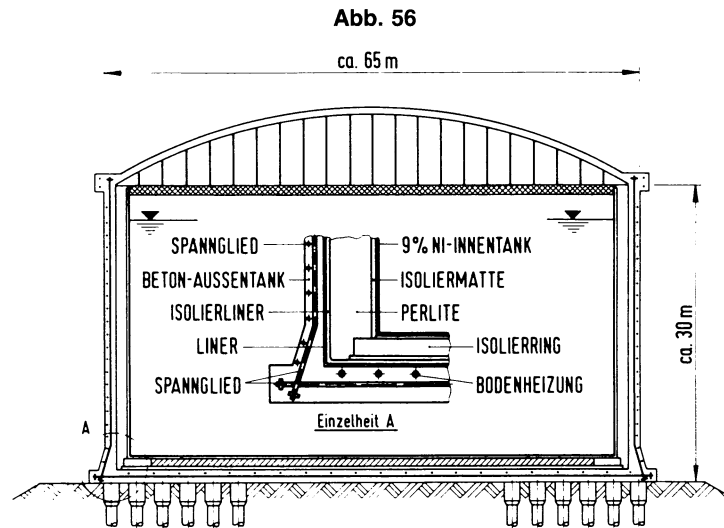
Einspeichern: Das über die Fernleitung angelieferte Erdgas durchströmt Filter zwecks Abscheidung von Flüssigkeiten und Feststoffen. Sodann gelangt es in die Stationsmeßanlage, in der eine Mengenbilanzierung erfolgt. Anschließend wird es mit Hilfe der im Stationsleitungssystem nachgeschalteten Kompressoren auf den von der Tiefe des Speichers abhängigen erforderlichen Druck verdichtet.

Das komprimierte Erdgas wird abgekühlt und über die Feldleitungen zu den einzelnen Speicherbohrungen transportiert. Dort erfolgt vor Einspeisung in den Untergrund nochmals eine Mengemessung.

Ausspeichern: Bei der Entnahme strömt das Speichergas aus den Bohrungen unter eigenem Druck über die Meßanlagen und Feldleitungen zur Station.

4.4.3 Übertagespeicher/LNG-Speicher

Als Speicher für verflüssigtes Erdgas kommen, wie unter 4.4.1 bereits erläutert, ausschließlich Übertagespeicher in Frage.



Prinzipische Skizze eines 80 000 m³-Tanks der DFTG

Solche Übertagespeicher sind erforderlich als Endpunkte des Transportes in den Exporthäfen nach der Verflüssigung und im Anlandehafen vor der Verdampfung (Abb. 40 bis 47).

In der Regel werden LNG-Speicher als doppelwandige Metallbehälter mit Flachboden, zylindrischem Mantel und Kuppeldach erstellt. Da die Temperatur auf -161 °C gehalten werden muß (bei einem Druck von wenigstens 50 mbar) ist eine entsprechende Isolierung zwischen Außen- und Innenbehälter erforderlich.

Als Werkstoff für Übertagebehälter werden nur tieftemperaturzäher Nickelstahl, rostfreier Stahl und Aluminium verwendet.

Aus Sicherheitsgründen sind die Behälter zum Teil im Boden eingelassen oder mit einem Erdwall umgeben. LNG-Speicher sind überdies auch in Salzstöcken geplant.

5 Gasversorgungsanlagen der Ortsgasversorgungsunternehmen

5.1 Allgemeines

Definition: Gas-Versorgungs-Unternehmen (GVU), auch: Ortsgaswirtschaft

Von der Entwicklung her sind die GVU in der Regel kommunale Einrichtungen unter meist hoher Beteiligung der Kommunen und als Abteilung in die sog. Stadtwerke eingliedert.

In der Bundesrepublik Deutschland bestehen etwa 480 GVU (1977 exakt 479 GVU), die von etwa 16 Ferngasgesellschaften beliefert werden und nur noch zu einem geringen Anteil Eigenerzeugung betreiben. Sie verteilen jährlich rund 30 Mrd. m³ Gas bis zum Anschluß der Verbraucher. Weitere rund 30 Mrd. m³ werden von der Industrie unmittelbar bezogen (4.1).

Die Sicherstellung der öffentlichen Gasversorgung regelt die „Verordnung über die Sicherstellung der Gasversorgung (Gaslastverteilungs-Verordnung – GasLastV)“ vom 21. Juli 1976.¹

Zur Aufrechterhaltung der Versorgung der Verbraucher – neben Industrie und Gewerbe sind das zur Zeit etwa 7 Mio. Haushalte – unterhalten die GVU umfangreiche und aufwendige Gasversorgungs- und Gasverteilungsanlagen. Dazu zählen:

- Übergabestationen,
- Hauptversorgungsleitungen (Hochdruckleitungen),
- Hochdruck- und Niederdruck-Speicheranlagen,
- Meß- und Druckregelstationen,
- Odorierungsanlagen (-stationen),
- Mitteldruckversorgungsleitungen,
- Niederdruckversorgungsleitungen,
- Hausanschlußleitungen,
- Hausdruckregler,
- Allgemeine Absperr- und Sicherheitsarmaturen.

Eine Übersicht über die Organisation eines Ortsgasnetzes gibt die Grafik Abb. 57.

5.2 Übergabestation

Ausgangspunkt für die Ortsgasverteilung ist die Übergabestation, in welcher das Gas (Ferngas/Erdgas) den Eigentümer wechselt. Voraussetzung für die Übergabe ist die Überprüfung der Gasmenge und der Gasqualität.

Alle Anlagen und Armaturen einer Übergabestation sind aus Sicherheitsgründen doppelt vorhanden. Man kann auch sagen, daß die Anlage **zweigleisig ausgelegt** ist.

Durch die in beiden Leitungssträngen eingebauten Absperrarmaturen kann jedes Hauptteil einzeln abgesperrt, ausgebaut, repariert und gewartet werden. Durch eine Umgehungsleitung (Abb. 57) lassen sich die Zähler zu Vergleichsmessungen hintereinander schalten (5.6).

Jeweils am Ein- und Ausgang der Rohrleitung ist eine Hauptabsperr- und Regelarmatur (Schieber) für den Handbetrieb angeordnet. Die Anlage selbst arbeitet automatisch bzw. mittels Fernsteuerung.

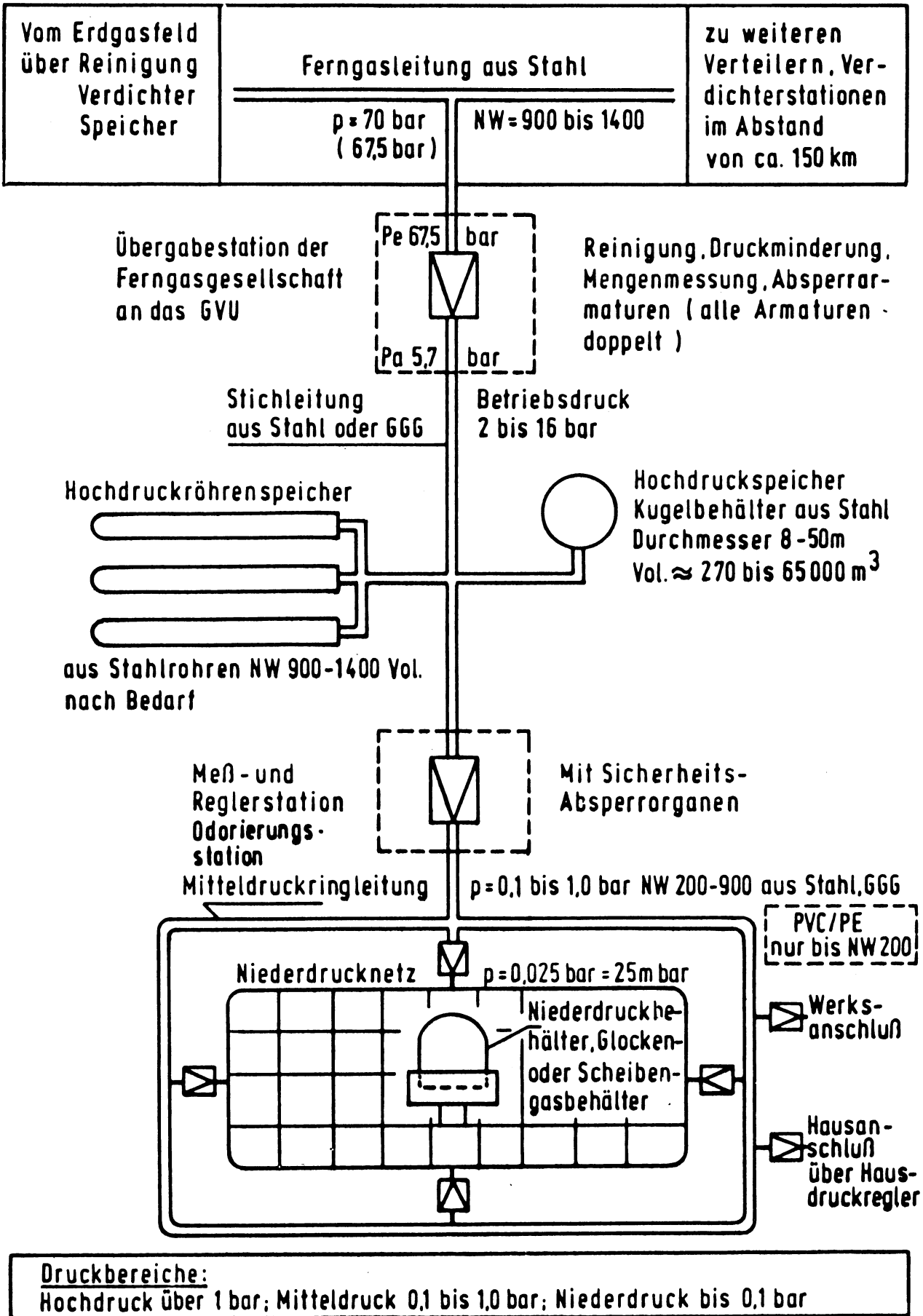
Die zahlreichen Aufgaben, die eine Übergabestation zu erfüllen hat, werden in den folgenden Ziffern im einzelnen beschrieben.

5.2.1 Reinigung

Die Reinigung des aus der Ferngasleitung ankommenden Gases erfolgt durch **Filter**, um die nachgeschalteten Armaturen vor Abrieb durch Staub zu schützen.

¹ GasLastV vom 26. Juli 1976 und GasLastVwV vom 29. Juli 1976: Aus den betreffenden Gesetzblättern zu entnehmen, geschlossen im Zusammenhang ersichtlich aus Kolb: Katastrophenschutzpraxis, ZV 3–9, Band V.

Abb. 57



Schema Ortsgasnetz des GVU
(auf Erdgas umgestellt)

5.2.2 Vorwärmung

Um die bei der anschließenden Entspannung bzw. Druckminderung eintretenden Temperaturverluste auszugleichen oder wenigstens ein Vereisen der Anlage zu verhindern, muß das Gas vorgewärmt werden. Die Vorwärmung vollzieht sich über einen **Erhitzer**.

5.2.3 Sicherheitsabspernung

Zum Schutz der nachfolgenden Anlagenteile vor Druckstößen und Unterdruck sind **Sicherheitsabsperrentile** eingebaut. Ihre Steuerung erfolgt über nachgeordnete Regler.

5.2.4 Druckminderung/Druckregelung

Der Betriebs- oder Fließdruck des Gases beträgt normalerweise zwischen 30 bis 70 bar. Dieser Eingangs- oder Vordruck P_v wird mit Hilfe des Gasdruckreglers auf den gewünschten **Regel- oder Ausgangsdruck** P_a von 16 bis 2 bar reduziert (Normal: $P_a = 5,7$ bar).

5.2.5 Mengen, Druck- und Temperaturmessung/Mengenwertung

Um eine **Berechnung** des Gases zu ermöglichen, wird mittels eines **Zählers** gemessen.

Der Zähler selbst kann die Meßgröße nur im Betriebszustand erfassen. Daher müssen Druck, Temperatur, Dichte etc. einzeln gemessen und die Ergebnisse einem **Mengenwerter** zugeführt werden. Verrechnungseinheit ist der Normkubikmeter m^3 oder in Wärmemenge umgerechnet die Kilowattstunde kWh.

5.3 Hauptversorgungsleitungen der GVU

Hauptversorgungsleitungen sind Hochdruckrohrleitungen, meistens DN 300 oder DN 400, und in der Regel für einen Betriebsdruck bis 16 bar (PN 16) ausgelegt. Sie dienen als Zubringerleitungen von der Übergabestation (5.2) zum Versorgungsnetz des GVU.

5.3.1 Stahlrohre St. 37–2

Die Stahlrohre sind nach DIN 1626 längsnahtgeschweißt mit Nennweiten nach DIN 2470 (5,6 bis 6,3 mm).

Die **Außenisolierung** besteht aus einer Kunststoffbeschichtung aus PE (Polyäthylen), seltener aus Teerpech mit Glaswollvlies (vgl. 4.3.2, Rohre, Materialien und Durchmesser).

Um eine glatte Innenoberfläche zu erzielen (geringe Reibungsverluste) ist es üblich, die Rohre mit einer **Innenauskleidung** aus Epoxidharz zu versehen.

Die **Rohrverbindungen** müssen zugfest sein und werden als Stumpfschweißverbindung ausgeführt (V-Naht, elektro- oder gasgeschweißt).

5.3.2 Rohre aus duktilem Gußeisen (GGG)

Fertigung nach DIN 28600 mit entsprechenden Wandstärken, z.B. für DN 400 $s = 9$ mm.

Die **Außenisolierung** wird nach den Bodenverhältnissen jeweils unterschiedlich gewählt. Da duktiles Gußeisen weniger korrosionsanfällig als Stahlrohr ist, genügt in den meisten Fällen der Grundsatz, der in Gestalt eines Bitumenanstriches außen und innen aufgebracht wird. In aggressiven Böden werden zusätzlich häufig PE-(Polyäthylen)Schlauchfolien verwendet, da sie wie ein Schutzrohr wirken.

Die **Rohrverbindungen** sind Muffenverbindungen als

- Schraubmuffen,
- Stopfbuchsmuffen,
- Steckmuffen, d.h. Tyton-Verbindung.

Die Verbindungen sind in der Regel **nicht längskraftschlüssig** und erfordern daher bei Richtungsänderungen entsprechende Widerlager aus Beton. Andersfalls müssen sie mit besonderen Vorrichtungen zugest gemacht werden.

5.3.3 Absperrarmaturen

Zugelassen sind nur solche Armaturen, die zum Absperrn **und** Regeln wirklich geeignet sind.

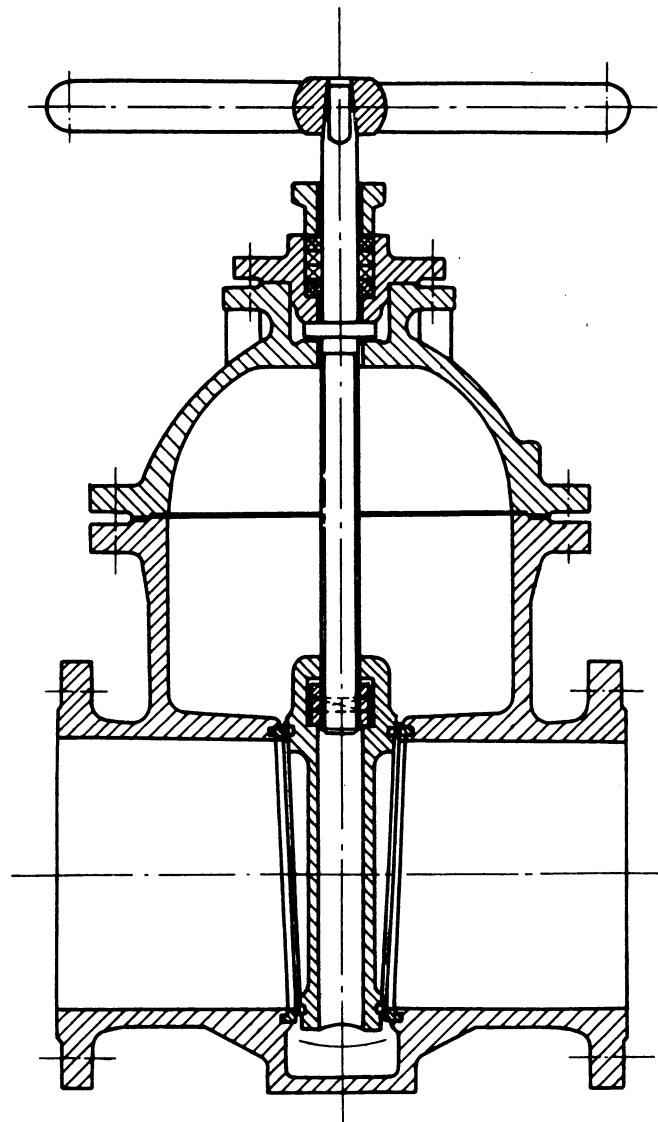
In den beschriebenen Hochdruckleitungen sind die Absperrarmaturen **Schieber oder Kugelhähne** aus

- Stahl,
- Stahlguß oder
- Gußeisen mit Kugelgraphit (duktiler Gußeisen).

Armaturen aus normalem Gußeisen sind nicht zugelassen.

Als **Verbindung zwischen Rohrleitung und Armatur** ist bei Stahlrohrleitungen und Leitungen aus duktilem Gußeisen die **Flanschverbindung** üblich. In neuen Stahlleitungen werden jedoch die Armaturen mit Schweißenden in den Rohrstrang eingeschweißt.

Abb. 58



Keil-Rundschieber

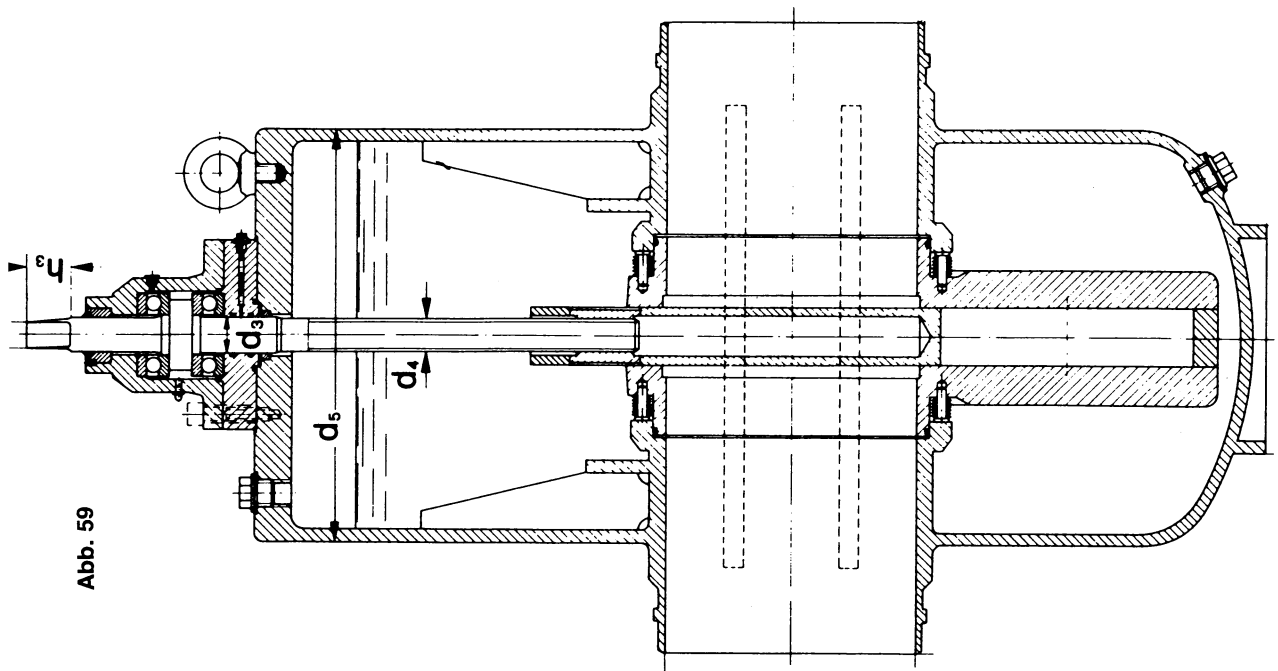
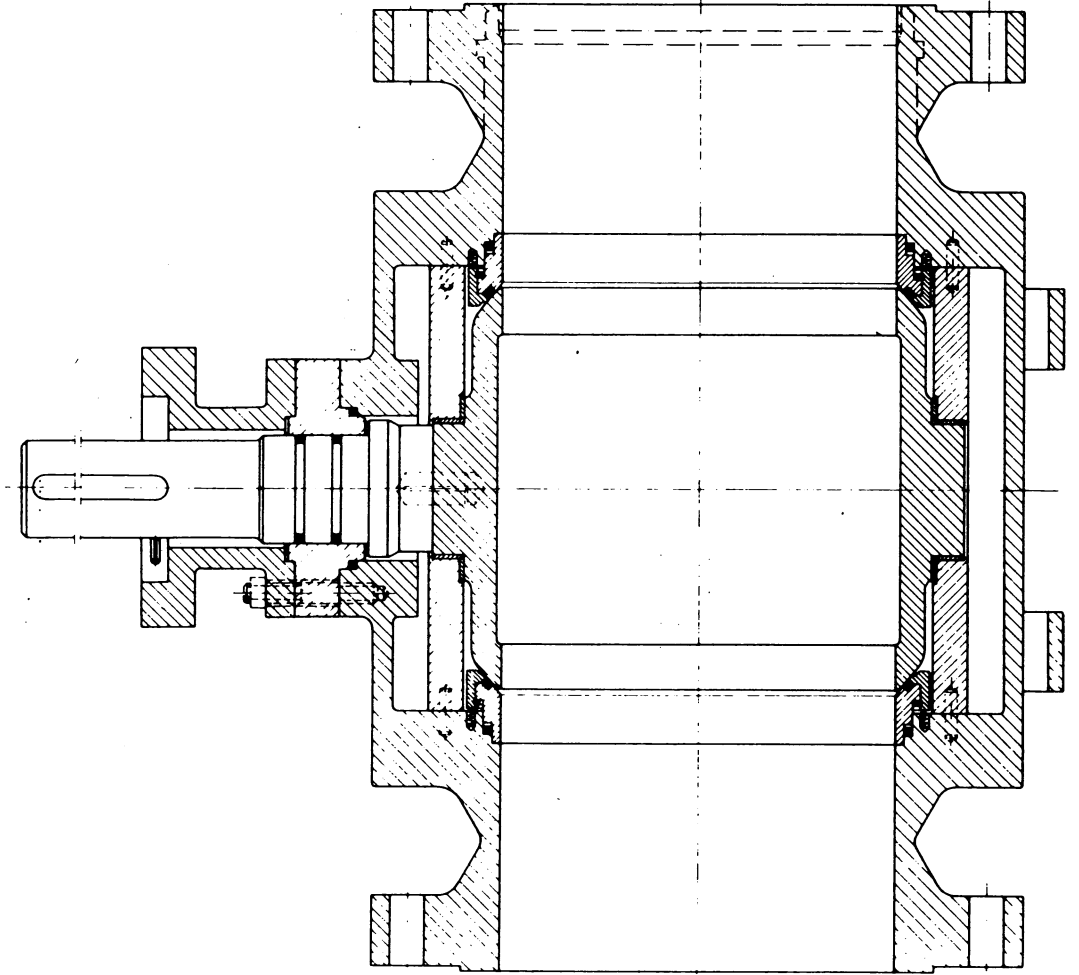


Abb. 59

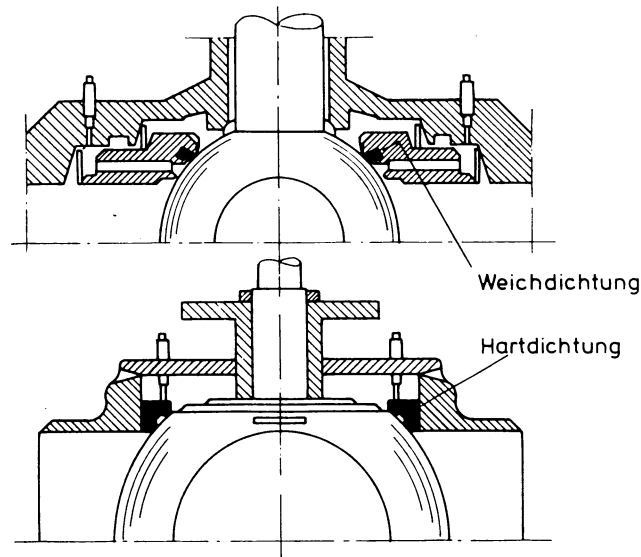
Plattenschieber

Abb. 60



Schnittzeichnung eines Hochdruck-Kugelhahnes

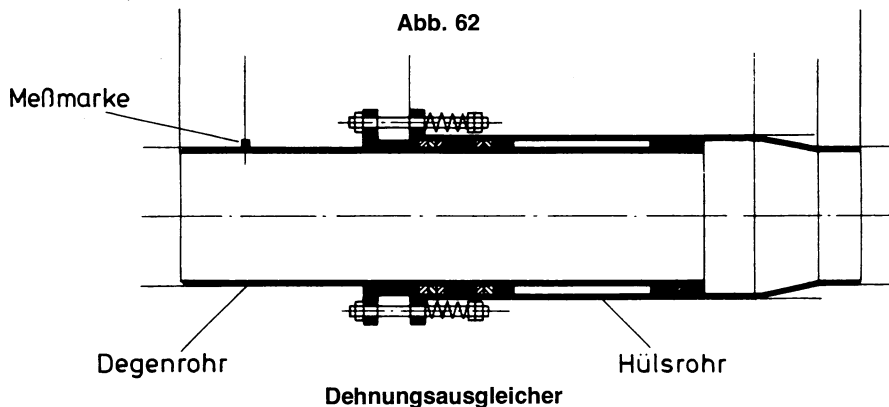
Abb. 61



Abdichtung von Kugelhähnen

5.3.4 Dehnungsausgleicher

Zum Ausgleich von Längenänderungen und den dadurch bedingten Zug- und Druckkräften sind in **Leitungen mit längskraftschlüssigen Verbindungen** (z. B. Schweißverbindungen) Dehnungsausgleicher eingebaut. Die Leitung ist dann in den betreffenden Abschnitten **nicht mehr längskraftschlüssig**.



Dehnungsausgleicher

Die durch den Innendruck der Leitung verursachten **Axialkräfte** müssen dann von Widerlagern oder Verankerungen aufgenommen werden (5.3.2).

5.3.5 Ausblasevorrichtung

Um den Druck in einem Leitungsabschnitt nach Bedarf abzusenken, sind in Nähe der Hauptabsperrrmaturen Ausblasevorrichtungen eingebaut. Das ist jedoch nur dort möglich, wo man ohne Gefahr in die Atmosphäre abblasen kann (Abb. 62 und 63).

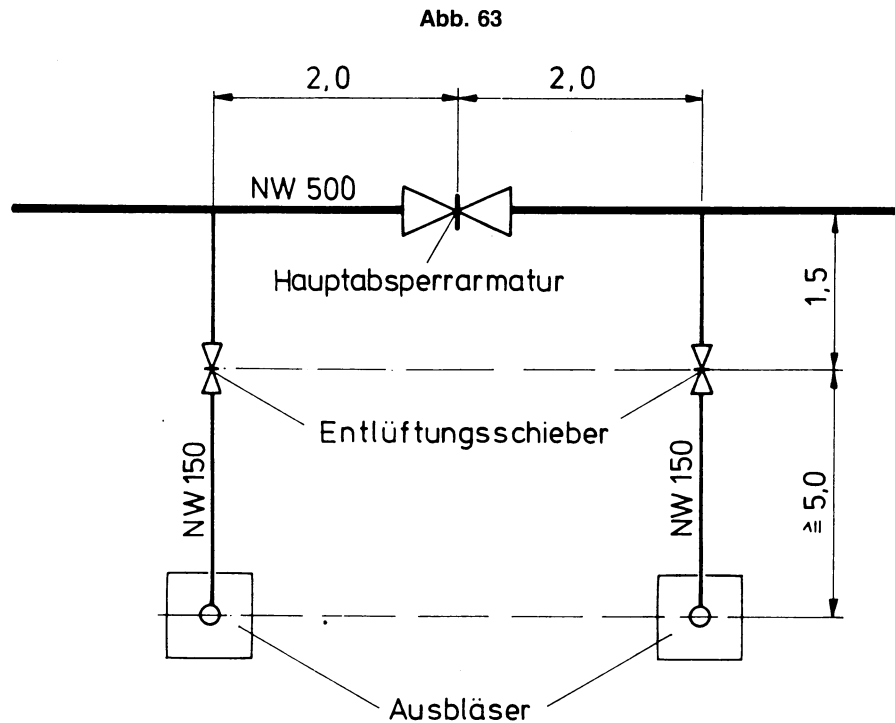
5.3.6 Richtlinien, Vorschriften und Bestimmungen für den Bau von Gashochdruckrohrleitungen

Beim Bau von Gashochdruckrohrleitungen ist eine Reihe von Vorschriften, Richtlinien und Bestimmungen einzuhalten, um bei Bau und Betrieb der Leitungen eine größtmögliche Sicherheit zu erreichen.

Die wichtigsten sind für **Leitungen aus Stahlrohr** (5.3.1)

- DIN 2470 „Gasleitungen aus Stahlrohren mit Betriebsdrücken bis 16 bar“,
- DVGW-Arbeitsblatt G 462/II „Errichtung von Gasleitungen mit Betriebsdrücken von mehr als 4 bar bis 16 bar aus Stahlrohr“

und für **Leitungen aus duktilem Gußeisen** (5.3.2)



Hauptabsperranlage mit Ausblasevorrichtung DN 150

- DVGW-Arbeitsblatt G 461/II „Errichtung von Gasleitungen mit Betriebsdrücken von mehr als 4 bar bis 16 bar aus Druckrohren und Formstücken aus duktilem Gußeisen“.

Für **beide Rohrarten** gelten ferner die

- Unfallverhütungsvorschriften der Gas- und Wasserwerke,
- Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften.

Einzelheiten werden in KatS-LA 302/G2 „Das Rohrnetz Gas“ – Rohrverlegung – Instandsetzung – ausführlich behandelt.

Arbeiten an Gashochdruckleitungen gehören nicht zum Auftrag der GW-Gruppen der Instandsetzungszüge des Katastrophenschutzes!

5.4 Gasspeicher des GVU

Nachdem die Gasspeicher im Bereich des Ferngasnetzes in Abschnitt 4.4 behandelt worden sind, wenden wir uns jetzt den Gasspeichern der Gasversorgungsunternehmen zu. Zur Sicherstellung der Versorgung müssen auch die GVU oft recht umfangreiche Gasspeicher unterhalten.

Aufgabe und Funktion dieser Speicher ist es, insbesondere die kurzfristigen Bedarfsschwankungen – z. B. innerhalb einer Woche, einiger Tage oder eines einzigen Tages – auszugleichen.

Wie die großen Ferngasgesellschaften sind jedoch auch größere GVU bemüht, Jahresschwankungen selbst auszugleichen. Ihre Speicheranlagen sind daher dann teilweise die gleichen wie die der Ferngasgesellschaften (4.4).

Der **Standort der Speicher** hängt ab von ihrer Funktion, der Bauart oder – bei Untertagespeichern – von den geologischen Verhältnissen. In der Regel werden sie natürlich so nahe wie möglich am Verbrauchsschwerpunkt errichtet, sofern es die Sicherheit der Bevölkerung zuläßt. Der Standort der alten Gaswerke der Kommune wird dabei gern genutzt.

Je nach Funktion und Bauart kann neben den bereits in 4.4 angesprochenen Unterscheidungsmerkmalen auch zwischen Hochdruck- und Niederdruckbehältern unterschieden werden.

Übliche Gasspeicher im Bereich der GVU sind neben

- Aquiferspeichern (Hochdruck bis ca. 100 bar, vgl. 4.4.2),

- Kavernenspeichern (Hochdruck bis ca. 100 bar, vgl. 4.4.2) und
- LNG-Speichern (Speicher für verflüssigtes Erdgas, 4.4.3)

ferner

Röhrenspeicher, Kugelgasbehälter, Scheibengasbehälter und Glockengasbehälter.

Ihre bautechnischen Besonderheiten und ihre Funktion werden nachstehend beschrieben.

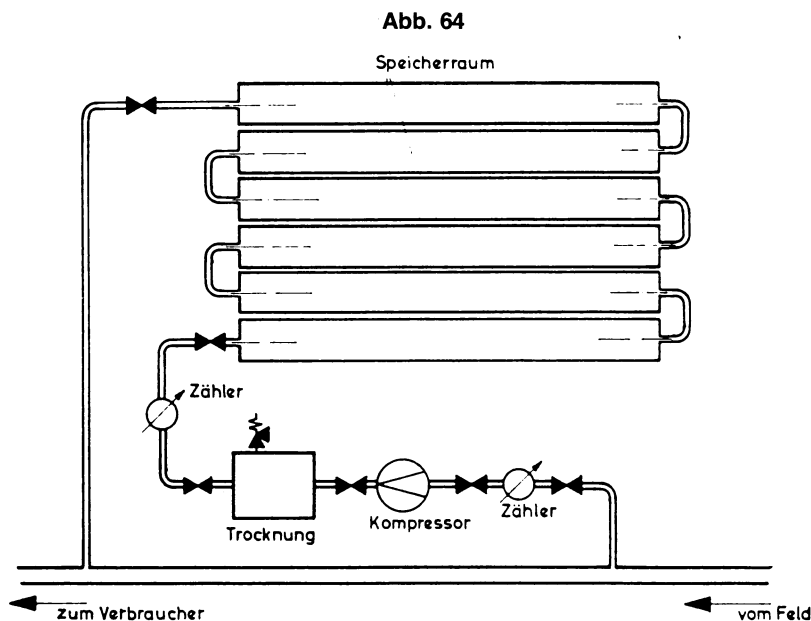
5.4.1 Röhrenspeicher

Definition: Hochdruckspeicher bis ca. 70 bar

Die Anlage von Röhrenspeichern erfolgt auf geeigneten Plätzen an der Hauptversorgungsleitung. Die Anlage besteht aus Rohrbündeln und zwar aus großkalibrigen Hochdruckrohren der Druckstufe PN 100, die entsprechend gelagert und angeschlossen werden.

Rohre DN 900 oder DN 1400, wie sie auch für große Ferngasleitungen eingesetzt werden, eignen sich als Röhrenspeicher besonders.

Die genannten Rohre erlauben einen Betriebsdruck bis ca. 70 bar, wie er in Fernleitungen üblich ist. Für geringere Betriebsdrücke können auch Rohre mit größerem Durchmesser (bis 4,00 m) verwendet werden.



Das Speichervermögen solcher Speicher ist bei hohem Druck beachtlich. Ein Rohrbündel aus 10 Rohren DN 900 – jedes Rohr etwa 24 m lang – hat ein Volumen

$$V = \frac{d^2 \times \pi}{4} \times L = \frac{0,81 \times 3,14}{4} \times 240 = 152,6 \text{ m}^3$$

Bei einem Betriebsdruck von 70 bar beträgt der Gasinhalt dann

$$V \times p = 152,6 \times 70 = 10682 \text{ m}^3$$

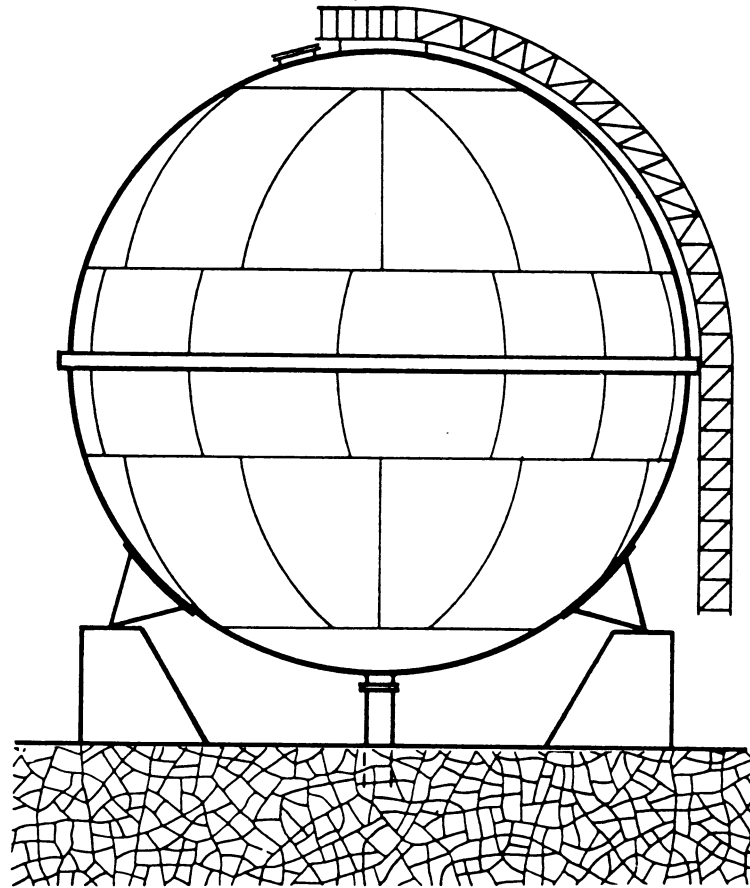
Ein Speicher mit diesen Abmessungen und Werten ist schon geeignet, Tagesschwankungen bei kleineren GVU auszugleichen.

5.4.2 Kugelgasbehälter

Definition: Hochdruckspeicher bis 18 bar

Kugelgasbehälter sind im allgemeinen für Drücke von 6 bis 18 bar ausgelegt.

Abb. 65



Hochdruck-Kugelgasbehälter

Die Hohlkugel hat bei kleinster Außenfläche den größtmöglichen Inhalt. Zugleich ist sie das druckfesteste Behältergebilde überhaupt.

Die Kugelbehälter – Stahlblech, stumpfgeschweißt – sind selbsttragend. Das Gewicht wird durch Stahlrohrstützen, die am Mantel angeschweißt sind, auf ein Ringfundament übertragen.

In Gebrauch sind Behälter mit Durchmessern von 8 bis 50 m und entsprechendem Rauminhalt von etwa 300 bis 65 000 m³. Der Gasinhalt hängt ab von dem Betriebsdruck und dieser wiederum vom Durchmesser und der Blechstärke des Behälters.

Für hohen Betriebsdruck muß der Durchmesser entsprechend kleiner gehalten sein, weil sonst eine normale Blechstärke von bis zu ca. 30 mm nicht mehr ausreicht.

Beispiel: Ein normaler Behälter für Betriebsdruck 10 bar hat einen Durchmesser von 12,5 m und dabei einen Rauminhalt von 1000 m³. – Die erforderliche Blechstärke ist ca. 20 mm. – Der Gasinhalt – abhängig vom Druck – ist jeweils ($pV = \text{konstant}$) Druck x Rauminhalt, hier: $10 \times 1000 \text{ m}^3 = 10\,000 \text{ m}^3$

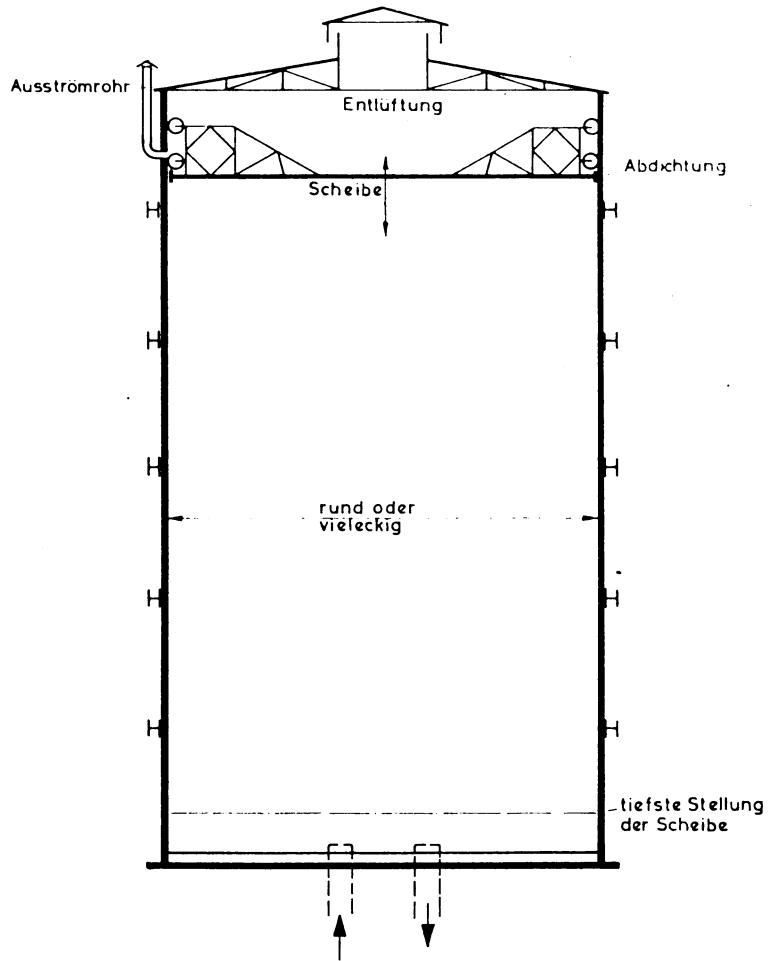
5.4.3 Scheibengasbehälter

Definition: Niederdruckspeicher bis 100 mbar (1000 mm WS)

Der Scheibengasbehälter – Inhalt bis 300 000 m³ – wird als „trockener Behälter“ bezeichnet.

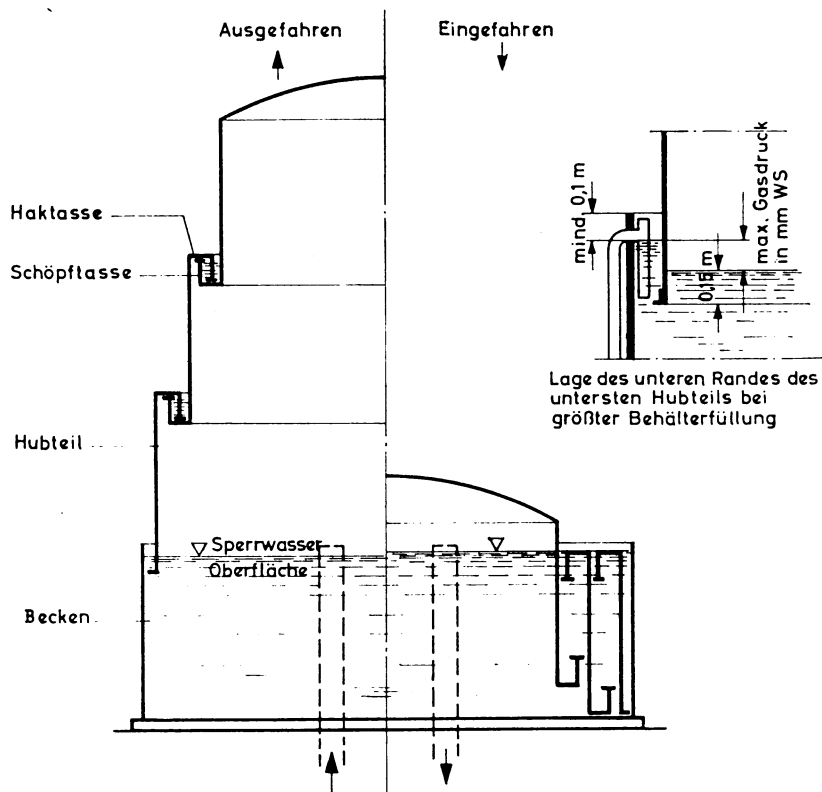
Der Behälter hat eine feststehende Wandung mit Dach. Abhängig von der Gasfüllung wird eine durch Rollen geführte, am Rand abgedichtete Scheibe gehoben oder gesenkt. Die Scheibe wirkt somit als beweglicher Abschluß des Behälters und hält durch ihr Gewicht den Gasdruck konstant

Abb. 66



Schema eines Scheibengasbehälters
(Trockener Behälter)

Abb. 67



Schema eines dreihübrigen Glockengasbehälters
(Nasser Behälter)

5.4.4 Glockengasbehälter

Definition: Niederdruckspeicher bis 100 mbar (1000 mm WS)

Der Glockengasbehälter hat einen geometrischen Inhalt von bis zu 300 000 m³. Er findet in einfacher oder mehrhübiger Ausführung Verwendung.

Dieser Behältertyp wird auch als „nasser Behälter“ bezeichnet, weil zu seiner Abdichtung sog. Sperrwasser verwendet wird.

Die Glocke steht in einem wassergefüllten Becken und hebt sich je nach Gasinhalt. Der Gasdruck wird durch das Gewicht der Glocke konstant gehalten.

Von der Entwicklung her ist der Glockengasbehälter der älteste Behältertyp. Wegen seiner hohen Betriebskosten, insbesondere im Winter (Heizung), wurden bzw. werden die alten Behälter verschrottet und durch moderne Kugel- oder Röhrenspeicher ersetzt.

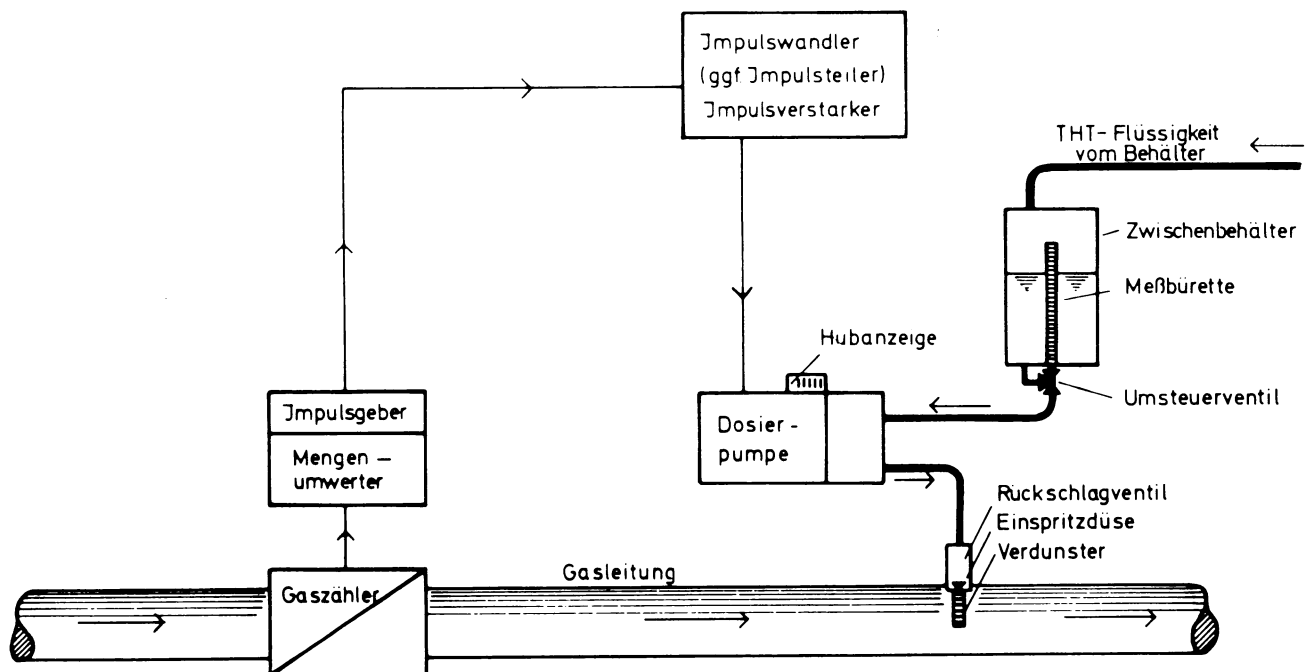
Für den Betrieb von Niederdruck-Gasbehältern gilt das DVGW-Arbeitsblatt G 430.

5.5 Odorierungseinrichtung

Da Erdgas nach der Reinigung am Gewinnungsort geruchlos ist, muß zur Sicherheit ein Geruchsstoff zugesetzt werden, bevor es zum Verbraucher gelangt.

Die Odorierung ist in erster Linie eine Sicherheitsmaßnahme für den Verbraucher im Haushalt (ca. 7 Mio. Anschlüsse!). Stadtgas, aus Kohle gewonnen, hatte ja stets einen typischen Gasgeruch, der sich an Leckstellen schnell ausbreitete und warnte.

Abb. 68



Schema einer gasmengenabhängig gesteuerten Odorierungsanlage mit Dosierpumpe

Bei der Suche nach Schäden im Rohrnetz ist es ebenfalls von Vorteil, wenn das Gas sich frühzeitig durch seinen Geruch verrät.

Dem in der Leitung fließenden Gas wird als Riech- oder Odoriermittel **Tetrahydrothiophen** (THT) zugesetzt. THT ist eine äußerst geruchsintensive, farblose, giftige, ätzende und auch bei tiefen Temperaturen schnell verdunstende Flüssigkeit.

Wie Benzin ist THT brennbar und als Dampf in der Luft explosiv. THT-Dämpfe sind schwerer als Luft und liegen daher in Bodennähe und in Vertiefungen. Für den Umgang mit THT liegt ein besonderes Merkblatt vor, das über die GUV einzusehen ist.

Odoriermittel (THT) sind in der Konzentration, in der sie dem Erdgas zugemischt werden, ungefährlich. Die **Impfmenge** beträgt pro Kubikmeter Erdgas etwa 10 bis 12 mg THT (Normzustand).

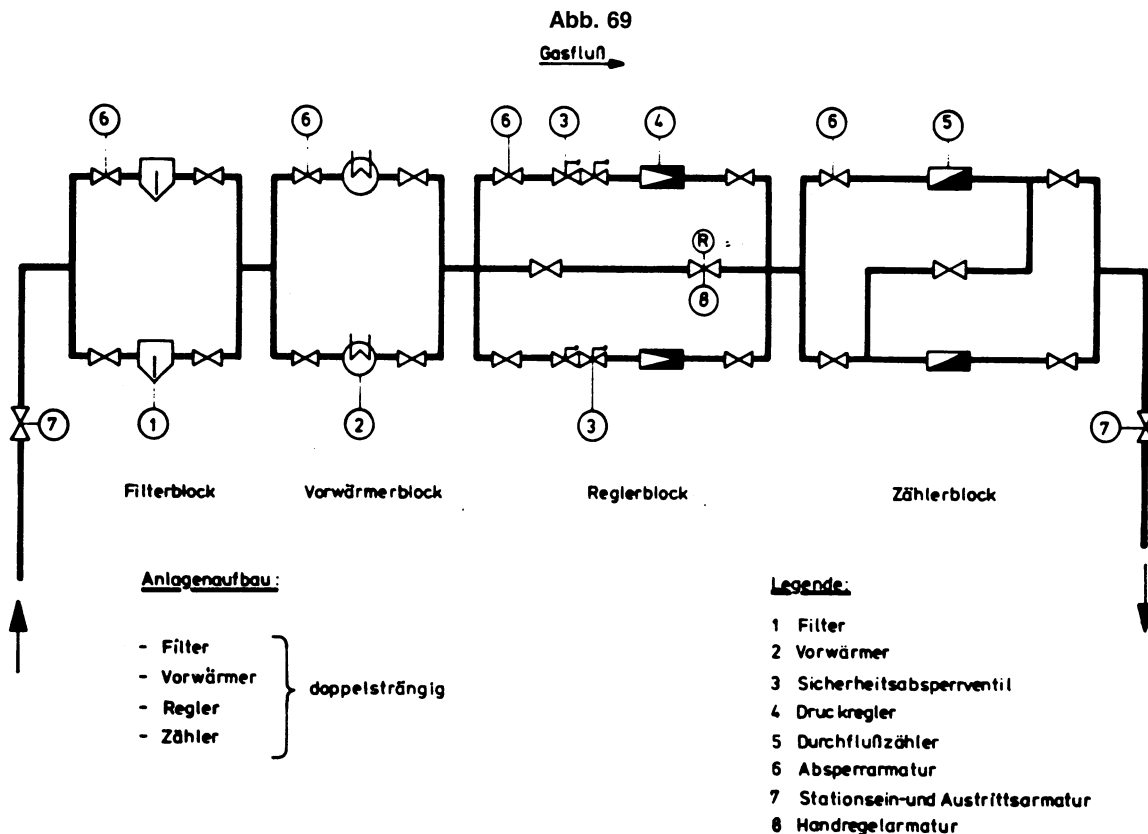
Die Impfstellen werden meistens in Hochdruckleitungen vor oder in Verbindung mit Meß- und Regelstationen eingerichtet (5.1, Abb. 57).

Eine genaue Bauteil- und Funktionsbeschreibung findet sich in KatS-LA 302/G2. An dieser Stelle kann daher auf weitere Einzelheiten verzichtet werden.

5.6 Meß- und Reglerstationen

Die Hauptversorgungsleitung, die von der Übergabestation an der Ferngasleitung abgeht, endet meistens auf dem Gelände des alten Gaswerkes in der Meß- und Regelstation. Bei größeren Gasversorgungsnetzen können es auch mehrere Stationen sein. In Aufgabe, Funktion und Aufbau entsprechen sie im wesentlichen der **Übergabestation** (5.2. bis 5.2.5). Ihre Aufgaben umfassen nämlich

- Reinigung durch Filter,
- Vorwärmung durch Wärmetauscher,
- Druckreduzierung und Druckregelung durch Gasdruckregler, kombiniert mit Sicherheitsabsperventil,
- Mengenummessung mittels Gaszähler (in der Regel durch Drehkolbenzähler).



Blockbauweise einer M- und R-Anlage

Bei einer normalen Meß- und Reglerstation fehlt der **Mengenumwerter** (5.2.5). Auch in die M- und R-Station sind jedoch alle Armaturen doppelt eingebaut („zweigleisige Auslegung“). Einzelheiten sind der Abb. 69 zu entnehmen.

5.7. Gasrohrnetz und Versorgungsleitungen der GVU

5.7.1 Mitteldruck-Hauptversorgungsleitung

Ausgehend von der Hochdruck-Mitteldruck Meß- und Reglerstation (5.1) ist das Versorgungsgebiet meistens von einer Mitteldruck-Hauptversorgungsleitung – einer sog. Ringleitung – eingeschlossen.

Außerhalb des Versorgungsgebietes liegende Industrie- und Gewerbebetriebe sowie auch Großheizungsanlagen sind in der Regel an diese Leitung unmittelbar angeschlossen, falls diese Abnehmer nicht bereits über eigene Meß- und Reglerstationen (5.6) an die Hochdruckleitung angeschlossen sind.

Günstige Betriebsdrücke in Mitteldruckleitungen sind Drücke zwischen 100 mbar und 1000 mbar. Die Leitungen weisen meistens große Durchmesser auf. Als gebräuchlich können DN 200 bis DN 900 angesprochen werden.

Bei großen Durchmessern spielt die Leitung auch als Röhrenspeicher (5.4.1) unter Umständen eine gewisse Rolle (Speicher im Mitteldruckbereich).

Als **Rohrmaterial** sind üblich

- Stahlrohre (5.3.1),
- Rohre aus duktilem Gußeisen (5.3.2 (GGG)),
- Rohre aus PVC (Polyvinylchlorid hart, entsprechend DVGW-Arbeitsblatt G 470),
- Rohre aus PE (Polyäthylen).

Gasmitteldruckleitungen aus PVC (Polyvinylchlorid hart)

Gasmitteldruckleitungen aus dem Kunststoff PVC sind vorläufig noch auf DN 200 begrenzt, sie sind daher in der Bundesrepublik kaum anzutreffen. Für den Bau dieser Leitungen gilt das DVGW-Arbeitsblatt G 472 „Richtlinien für das Verlegen von Rohren, Rohrverbindungen und Rohrleitungsteilen aus PVC hart (Polyvinylchlorid hart) für Gasleitungen mit einem Betriebsdruck bis max. 1 bar“. Einzelheiten über den Einsatz von Kunststoffrohren aus PVC enthält KatS-LA 302/G2. Zur allgemeinen Unterrichtung sei hier nur noch auf folgende Besonderheiten im Umgang mit PVC-Rohren hingewiesen:

- Rohre aus PVC für Gasleitungen sind gelb eingefärbt,
- als Verbindung ist nur die Klebemuffe zulässig (die Leitung ist längskraftschlüssig),
- Anschlüsse und Flansche sind flexibel und nicht längskraftschlüssig auszuführen (E-Stücke mit Schraub-Stopfbuchsenmuffen an Armaturen),
- alle Arbeiten mit diesem Werkstoff erfordern eine besonders sorgfältige Ausbildung.

Rohre aus PE hart (Polyäthylen hart)

Rohre aus dem Kunststoff PE hart werden beim Bau von Gasversorgungsleitungen immer häufiger verwendet. Auch ihr max. Durchmesser ist gegenwärtig noch auf DN 200 begrenzt. Die Rohre sind jedoch für einen Betriebsdruck bis 4 bar zugelassen. Für das Verlegen gilt DVGW-Arbeitsblatt G 472. An Besonderheiten sind zu merken:

- PE-Rohre sind schwarz eingefärbt und gelb beschriftet,
- als Verbindung werden Schweißverfahren angewendet, und zwar:
 - a) Stumpfschweißen in einer besonderen Vorrichtung oder
 - b) Widerstandsschweißen mit besonderen Fittings (Kupplungen etc.) und einem speziellen Schweißtrafo (Leitung ist also längskraftschlüssig!),
- Längenänderungen müssen möglich sein, um unzulässige Spannungen auszuschalten.

Weitere Einzelheiten sind KatS-LA 302/G2 zu entnehmen.

Rohre aus Grauguß (GG)

Mitteldruckleitungen aus Grauguß sind noch in älteren Gasversorgungsnetzen anzutreffen. Diese Leitungen haben in der Regel große Durchmesser zwischen DN 500 und DN 900 mit Schraubmuffen- oder Stopfbuchsenmuffen-Verbindungen.

5.7.2 **Verteilersysteme**

Ausgehend von der Mitteldruck-Ringleitung sind zur Versorgung der Haushalte und kleineren Gewerbebetriebe drei verschiedene Verteilersysteme üblich, und zwar:

- Mitteldruckverteilung,
- Niederdruckverteilung mit Hausdruckregler und
- Niederdruckverteilung ohne Hausdruckregler.

Mitteldruckverteilung

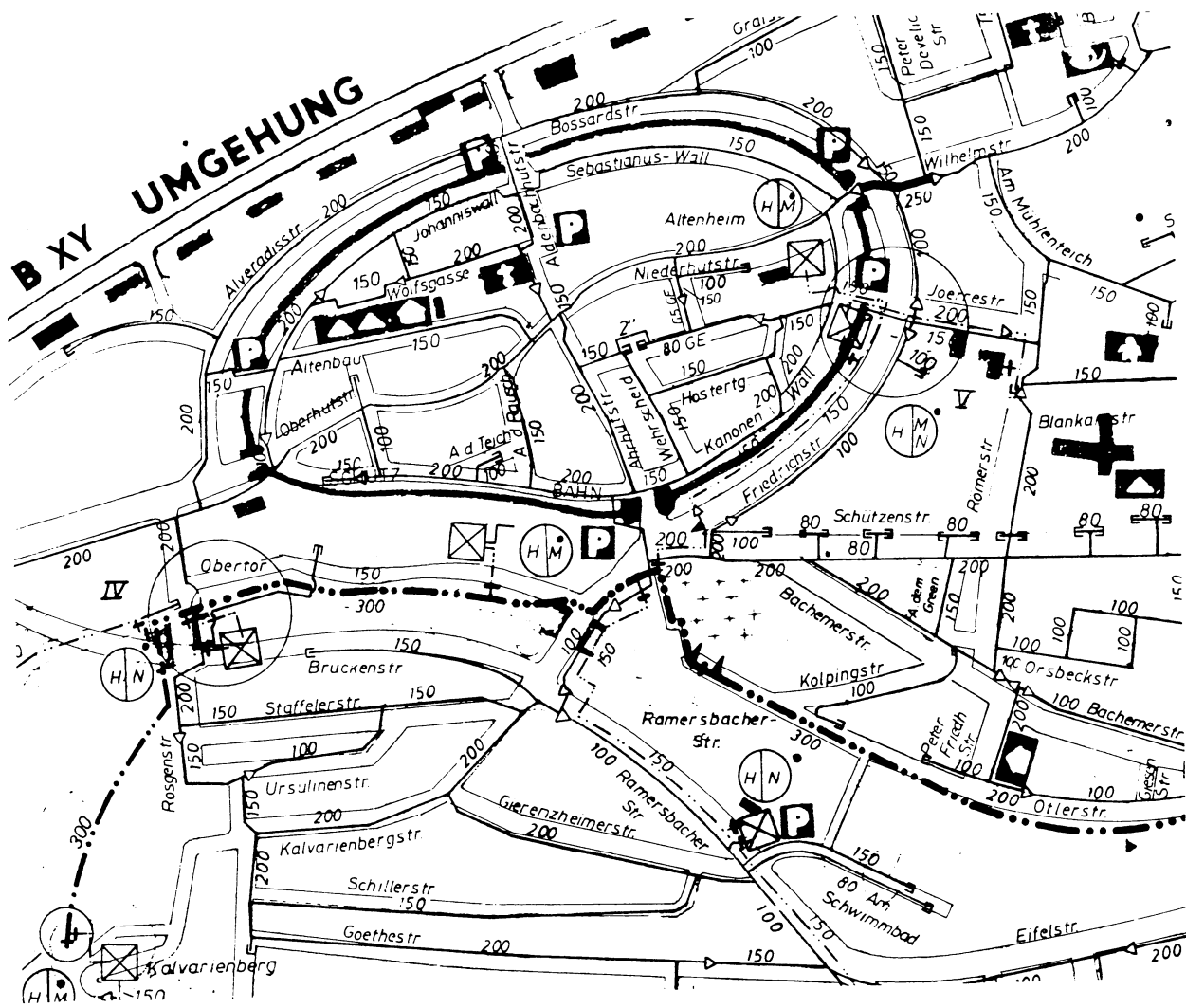
Mitteldruckverteilung bedeutet, daß das gesamte Rohrnetz in dem betreffenden Versorgungsgebiet unter einem Mitteldruck von 100 bis 1000 mbar steht. Üblich ist ein Versorgungsdruck von etwa 300 mbar. Jeder Abnehmer hat dann einen Hausdruckregler, der den Eingangsdruck von 300 mbar Mitteldruck auf 22,5 mbar Niederdruck reduziert.

Niederdruckverteilung mit Hausdruckregler

Das von der Mitteldruckringleitung umfaßte und versorgte Rohrnetz in einem Versorgungsgebiet ist Niederdruckbereich (normaler Niederdruck zwischen 60 und 80 mbar, max. Niederdruck bis 100 mbar).

Zwischen der Mitteldruckringleitung und dem Niederdruckrohrnetz müssen nach Bedarf **Druckminderstationen** zwischengeschaltet werden. Alte Glocken- oder Scheibengasbehälter (Abb. 66 und 67), nur für den Niederdruckbereich geeignet, sind mit eingebunden. Jeder Abgang erfolgt über einen Hausdruckregler mit einem Ausgangsdruck von 22,5 mbar (5.1 und Abb. 57).

Abb. 70



Ortsgasnetz einer Stadt

Niederdruckverteilung ohne Hausdruckregler

Das Versorgungsnetz, aufgebaut wie unter Niederdruckverteilung mit Hausdruckregler beschrieben, wird mit geringerem Druck – normal 30 bis 25 mbar – betrieben. In diesem Fall sind Hausdruckregler nicht erforderlich.

5.7.3 **Niederdrucknetz/Niederdruckversorgungsleitungen in Wohnstraßen**

Von der Entwicklung der Gasversorgung her verfügten die meisten Kommunen über ein dichtes Versorgungsleitungsnetz. Diese Leitungen wurden meistens nur mit einem Betriebsdruck von bis zu 15 mbar (150 mm WS) betrieben.

Nach Umstellung auf die Versorgung mit Erdgas stieg bekanntlich der Gasverbrauch um ein Vielfaches. Um den Bedarf bei Verbrauchsspitzen (z. B. während der Kochzeit) zu decken, mußte der Betriebsdruck in diesen Leitungen erhöht werden, damit ein Mindest-Betriebsüberdruck von 18 mbar (180 mm WS) am Verbrauchsggerät vorhanden blieb.

Je nach Art und Zustand der Rohrverbindungen konnte der Betriebsdruck so weit gesteigert werden, daß eine Gasversorgung analog einem der drei vorstehend beschriebenen Verteilersysteme möglich wurde (5.1, Abb. 57).

Als Folge der Umstellung auf Erdgas und der damit verbundenen zwangsweisen Steigerung des Betriebsüberdrucks auf mindestens 22 bis 30 mbar (vgl. Betrieb ohne Hausdruckregler) kam es besonders bei alten Gasversorgungsleitungen aus Grauguß (GG) mit Stemmuffenverbindungen zu Undichtigkeiten.

Bei Stemmuffen wurde nämlich ein geteerter Hanfstrick als Dichtmaterial verwendet. Der Hanf konnte aber nur so lange abdichten, als er durch das „nasse Stadtgas“ feucht und gequollen gehalten wurde. Nach Umstellung auf „trockenes Erdgas“ trocknete der Hanfstrick aus und die Verbindung wurde undicht.

Zur Lösung dieser Probleme boten sich mehrere Wege an:

- Dem trockenen Erdgas wird über besondere Vorrichtungen an bestimmten Stellen Wasser zugesetzt, um die Muffen feucht zu halten (nur eine Übergangslösung),
- Freilegung der Muffen und Abdichtung von außen mechanisch mit speziellen Dichtungsschellen (teure Lösung),
- Reinigung der Leitungen und Füllung mit einem chemischen Mittel, das von Hanfdichtungen aufgesogen wird und diese dann für mehrere Jahre abdichtet (Flüssigkeit muß vor Inbetriebnahme der Leitung abgepumpt werden),
- Ausgraben der Leitungen und Ersatz durch neue Leitungen aus modernen Rohrwerkstoffen mit geeigneten Rohrverbindungen (Lösung bietet sich an, wenn auch der Rohrquerschnitt nicht mehr ausreicht).

Auf weitere Einzelheiten wird an dieser Stelle verzichtet. Zusammenfassend kann aber festgehalten werden, daß ein Teil der Niederdruck-Gasversorgungsleitungen noch heute aus Graugußrohren mit nachgedichteten Verbindungen besteht.

5.7.4 **Rohrleitungsbauteile, -werkstoffe und -verbindungen im Niederdruck-Gasversorgungsbereich**

Rohre aus Grauguß (GG)

Durchmesserbereich DN 80 bis DN 1100

- mit Stemmuffen-Verbindung und Hanfdichtung (für neue Leitungen nicht mehr zugelassen),
- mit Schraubmuffen-Verbindung und speziellem Gummidichtring (für Rohre bis DN 600),
- mit Stopfbuchsenmuffen-Verbindung und speziellem Gummidichtring (für Rohre über DN 500).

Alle Verbindungen sind nicht längskraftschlüssig!

Rohre aus duktilem Gußeisen (GGG)

Seit etwa 1956 in der Bundesrepublik verwendet,

- mit Schraubmuffen-Verbindung (für Rohre DN 80 bis 600),
- mit Stopfbuchsenmuffen-Verbindung (für Rohre DN 500 bis 1200),
- mit Tyton-Verbindung (Steckmuffen-Verbindung mit einem speziellen Gummiring für Rohre bis DN 600).

Zu den Rohren aus Grauguß und duktilem Gußeisen (GGG) gibt es eine Reihe von **Formstücken**

- zur Richtungsänderung: Bogen,
- zur Querschnittänderung: Reduzierstücke,
- für Abzweigungen: T-Stücke,
- für Übergänge auf Armaturen: Endstücke mit Flansch für Flanschverbindungen.

Stahlrohr St. 37

Für Rohrleitungen mit großem Durchmesser, jedoch selten über DN 900 (auch: 5.3.1 und 5.7.1).

Polystal-Rohr aus St. 37

PE-Umhüllung von 1 mm Schichtdicke. Geeignet für Rohrleitungen mit kleinem Durchmesser, Abmessungen 88,9 x 0,9 bis 133 x 1,4. –

Wie aus der Bezeichnung ersichtlich, handelt es sich um dünnwandige Stahlrohre mit Wandstärken bis zu 1,4 mm. Als Verbindung ist nur Schweißen mit Automaten üblich. Wegen der geringen Rohrwanddicke sind an den Schweißstellen Stützringe erforderlich, die mit eingeschweißt werden.

Rohre aus PVC (Polyvinylchlorid hart) und **Rohre aus PE hart** (Polyäthylen hart) sind unter 5.7.1 abgehandelt.

Versorgungsleitungen in Gehwegen sind meistens mit einer **Rohrdeckung** von 0,8 bis 1,2 m verlegt.

5.7.5 **Absperrorgane in Niederdruck-Gasversorgungsleitungen**

Schieber

Zum Absperrn in Niederdruck-Gasversorgungsleitungen sind an den bestimmten Stellen Schieber eingebaut.

Während in alten Leitungen Keil-Flachschieber aus Gußeisen mit metallischen Dichtflächen anzutreffen sind, werden in neuen Leitungen Schieber mit Kunststoffabdichtung verwendet. In Abb. 58 (5.3.3) ist ein Keil-Rundschieber dargestellt. Dazu ist zu merken, daß Keil-Rundschieber für höhere Drücke eingesetzt werden und Keil-Flachschieber für niedrigere Drücke. Der Unterschied zwischen beiden besteht darin, daß das Gehäuse eines Flachschiebers flacher gehalten ist.

Weitere Einzelheiten über den Umgang mit Schiebern und ihren Gebrauch enthält KatS-LA 302/G2.

Absperrtöpfe (AT)

In älteren Gasversorgungsnetzen trifft man bisweilen im Niederdruck-Bereich noch auf **Absperrtöpfe**, mit denen bestimmte Leitungsabschnitte oder Hausanschlußleitungen abgesperrt wurden und auch heute noch genutzt werden.

Der Absperrtopf (AT) ist eine Sonderform des **einfachen Wassertopfes** (WT), der als Kondensatsammler an Tiefpunkten der Leitung angeordnet ist. Das Wasser kann in die Leitung gelangen als

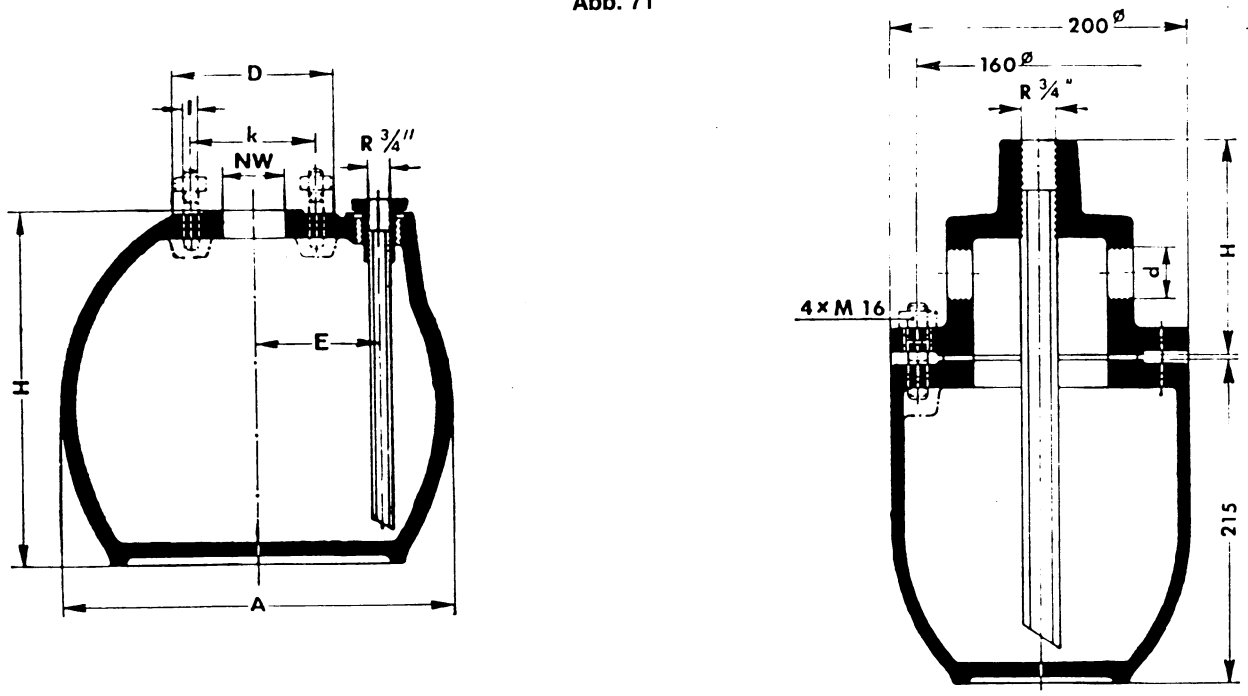
- **Kondenswasser**, das sich bei Temperaturschwankungen bilden kann und als
- **Sickerwasser** an undichten Rohrverbindungen oder an Rohrbruchstellen.

Der Wasserdruck von außen kann nämlich höher sein, als der Gasdruck in der Leitung.

Wassertöpfe werden von der GVU regelmäßig kontrolliert. Befindet sich im Wassertopf Wasser, so muß es mit Hilfe einer Spezialpumpe abgesaugt (leergepumpt) werden.

Das im **Wassertopf** angesammelte Wasser wird durch das Auspumprohr, das bis zur Straßenoberfläche führt (vgl. Abb. 71) und dort in einer Straßenkappe endet, abgepumpt. Das Rohr ist in der Straßenkappe mit einem Stopfen verschlossen. In einer Gußleitung ist der Wassertopf als Kugel aus Grauguß unter der Leitung an einem T-Stück angeflanscht.

Abb. 71



a) In der Versorgungsleitung

b) In der Hausanschlußleitung

Wassertöpfe (WT)

Der **Absperrtopf** hat die Funktion, Kondensat zu sammeln und abzusperren. Durch eine Scheidewand (Abb. 72) kann der Gasdurchfluß gesperrt werden, wenn der Topf bis zu einer bestimmten, dem Gasdruck entsprechenden Höhe mit Wasser gefüllt wird.

Zur Kontrolle ist ein Signalrohr eingebaut, das mit einer Signal-Laterne verbunden sein kann.

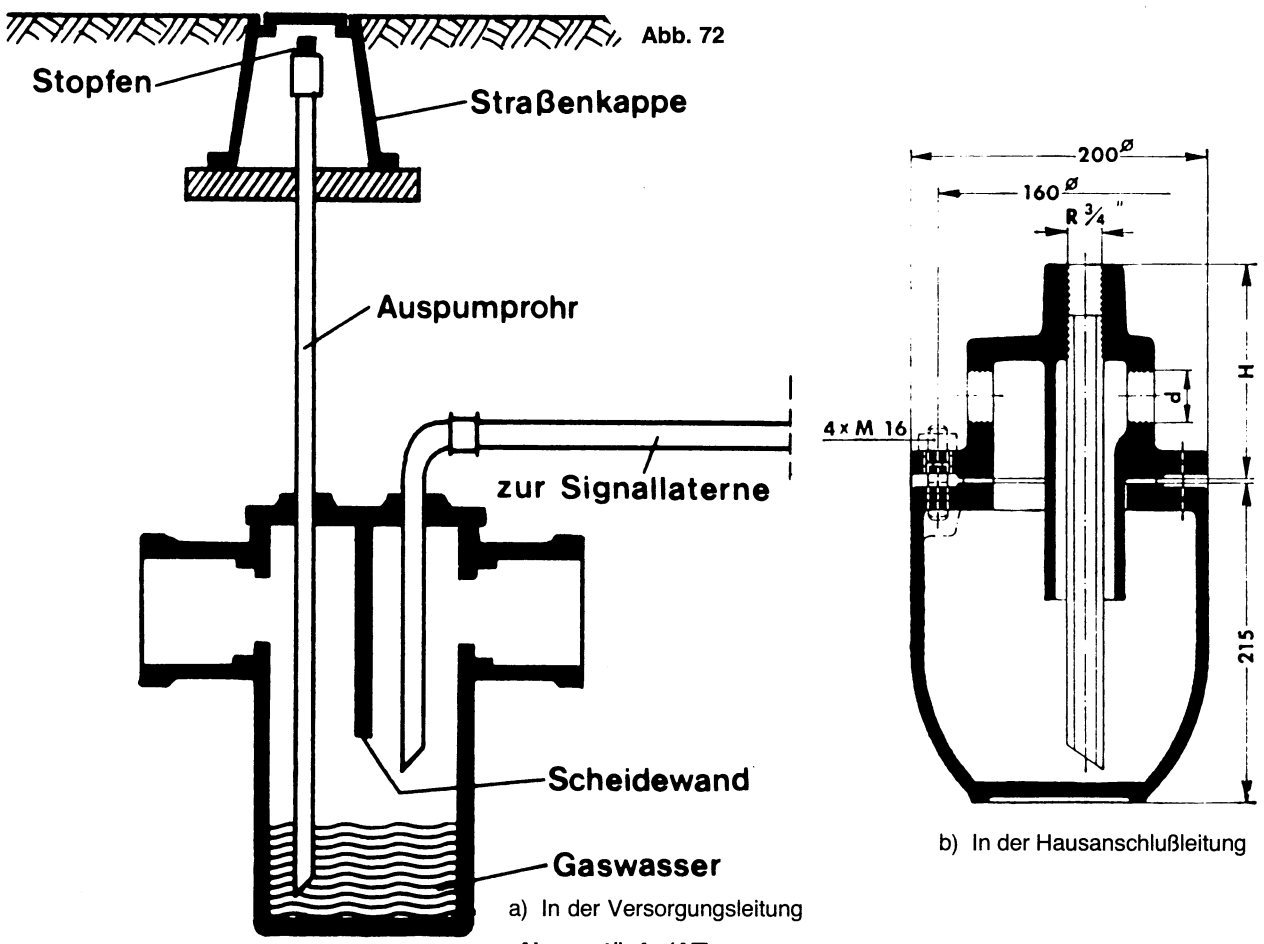


Abb. 72

a) In der Versorgungsleitung

b) In der Hausanschlußleitung

Absperrtöpfe (AT)

5

5.8 Hausanschluß

5.8.1 Hausanschlußraum

Die Hausanschlußleitung ist – ausgehend von der Gasversorgungsleitung im Gehweg – durch das Grundstück zum Hausanschlußraum verlegt, wo sie gewöhnlich im Keller endet.

Im Hausanschlußraum sind nach DIN 18012 (Bautechnische Richtlinien für Hausanschlußraum) alle Einrichtungen zum Anschließen und Absperrn von Gas, Wasser, Abwasser, Starkstrom und ggf. Fernsprecher unterzubringen.

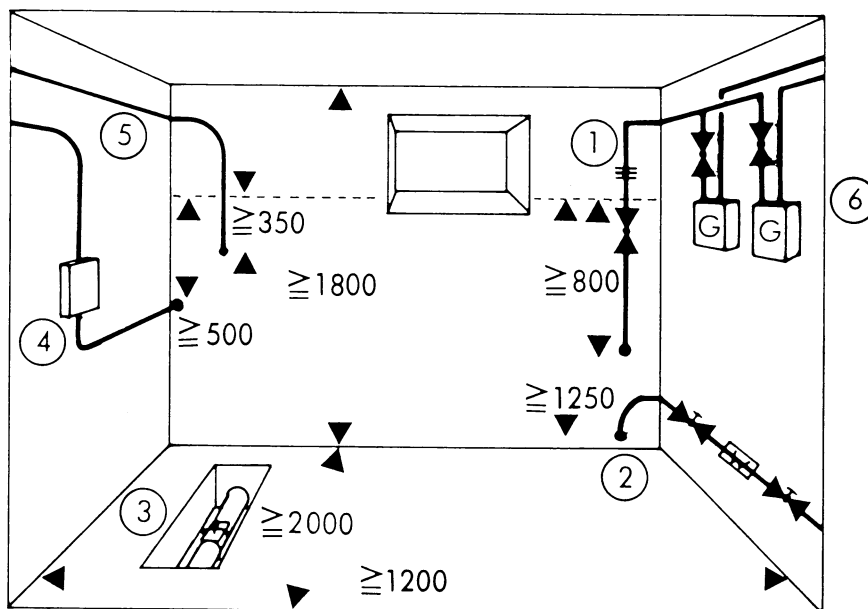
Der Hausanschlußraum sollte daher an der Außenwand des Hauses in Nähe der Kellertreppe liegen und mindestens 1,20 breit, 2,00 m lang und 1,80 m hoch sein. Er muß Lüftungsmöglichkeiten haben, trocken, begehbar und zu verschließen sein. Für andere Zwecke sollte er nicht verwendet werden.

5.8.2 Hausanschlußleitung

Die Hausanschlußleitung ist der Leitungsteil zwischen Versorgungsleitung und Hauptabsperrereinrichtung (5.7.5). Der Abgang der Hausanschlußleitung hängt in Art und Ausführung ab vom Rohrwerkstoff der Versorgungsleitung.

Sofern die Versorgungsleitungen noch aus **Grauguß (GG)** bestehen, ist ein Formteil verwendet (Muffenstück mit Flansch- oder Muffenstutzen). Bei kleinen Abgängen ist ein Gewinde in die Anbohrung geschnitten. Bei nachträglichem Anschluß werden **Anbohrschellen** verwendet, die den Anschluß und das Anbohren ermöglichen.

Abb. 73



- ① Gas, von der Hauptabsperrereinrichtung an gehört die Anlage dem Abnehmer
- ② Wasser
- ③ Abwasser
- ④ Starkstrom
- ⑤ Telefon
- ⑥ Erdgleiche

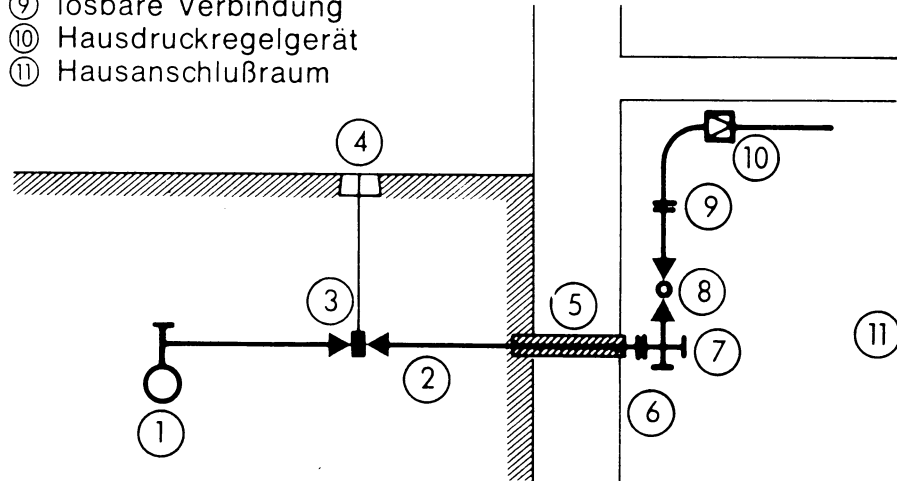
Hausanschlußraum

An Leitungen aus **duktilen Gußeisen (GGG)** werden **Anbohrstellen** verwendet **oder spezielle Aufschweiß-T-Stücke** auf die Leitung aufgeschweißt.

An **Stahlleitungen** werden ebenfalls **Aufschweiß-T-Stücke** aufgeschweißt.

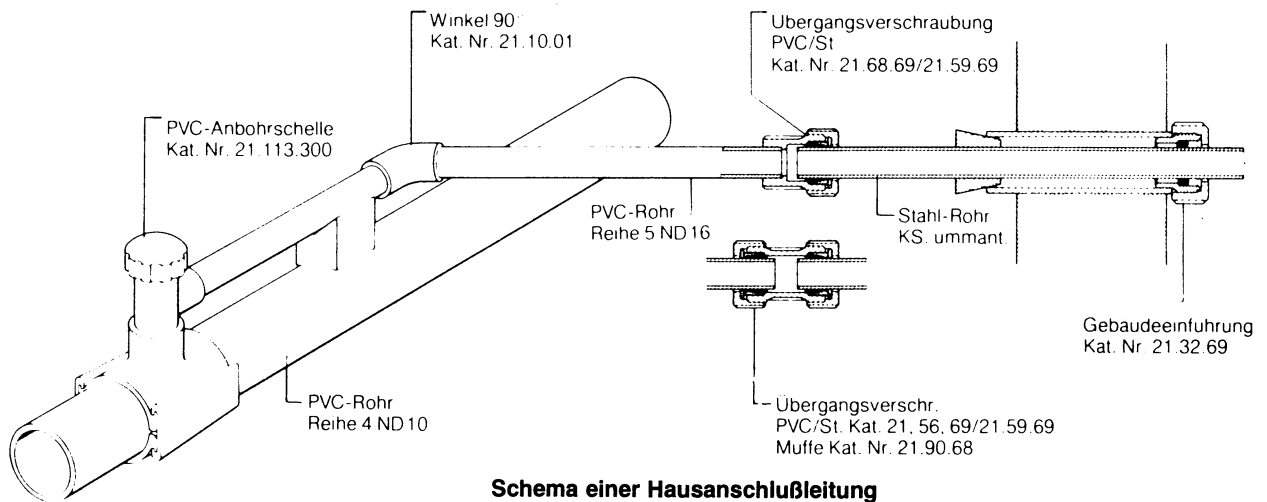
Abb. 74

- ① Versorgungsleitung
- ② Hausanschlußleitung
- ③ über Nw 80 zusätzliche Absperreinrichtung
- ④ Straßenkappe
- ⑤ Schutzrohr
- ⑥ Isolierstück
- ⑦ Reinigungsstück
- ⑧ Hauptabsperreinrichtung, leicht zugänglich
- ⑨ lösbare Verbindung
- ⑩ Hausdruckregelgerät
- ⑪ Hausanschlußraum



Schema Hausanschluß

Abb. 75



Schema einer Hausanschlußleitung

An **Kunststoffleitungen** aus PVC „gelb“ und PE „schwarz“ (5.7.1) werden **Anbohrschellen** mit **Einmal-Anbohrfräser** und Abgang in Richtung Rohrachse verwendet.

Insbesondere Hausanschlußleitungen aus Kunststoffrohr müssen ca. 0,5 bis 1,00 m parallel zur Versorgungsleitung verlegt werden, um Längenänderungen auszugleichen.

PVC- oder PE-Rohre dürfen für Hausanschlußleitungen nur **bis zur Kelleraußenwand** verlegt werden, da im Haus Gasinstallationen mit Kunststoffrohren nicht zulässig sind. Vor der Durchführung durch die Mauer ist eine **Übergangskupplung auf Stahlrohr** erforderlich (Abb. 75).

Hausanschlußleitungen aus Stahl oder duktilem Gußeisen sind meistens mit einer **flexiblen Rohrkupplung** am Abgangs-T-Stück angeschlossen. Dadurch lassen sich kleinere Druck- und Zugspannungen ausgleichen. Der flexible Teil – ein Perbunan-Einsatz – stellt gleichzeitig auch eine **elektrische Isolierung** zwischen der Versorgungsleitung und der Hausanschlußleitung her.

Hausanschlußleitungen – in der Regel DN 40 – werden vom Abgangs-T-Stück aus zum Hausanschlußraum steigend verlegt und erhalten somit **Gefälle**.

Die Leitung selber liegt im Grundstück etwa 0,80 m tief in einer Sandeinbettung. Vorgeschrieben ist eine Deckung D von 0,80 m. Die Grundstücksleitung darf nicht überbaut werden.

Als **Korrosionsschutz** haben Rohrleitungen aus Stahl (St.) oder duktilem Gußeisen (GGG) Umhüllungen auf Bitumen- oder Teerpechgrundlage mit Einlagen aus Glasvlies oder Überzüge aus Kunststoff (5.3.1 und 5.3.2). Wenn in einer Hausanschlußleitung außerhalb des Gebäudes eine Absperrereinrichtung oder ein Kondensatsammler (Wassertopf, 5.7.5) eingebaut ist, muß die Lage durch ein Hinweisschild gekennzeichnet sein (6.6).

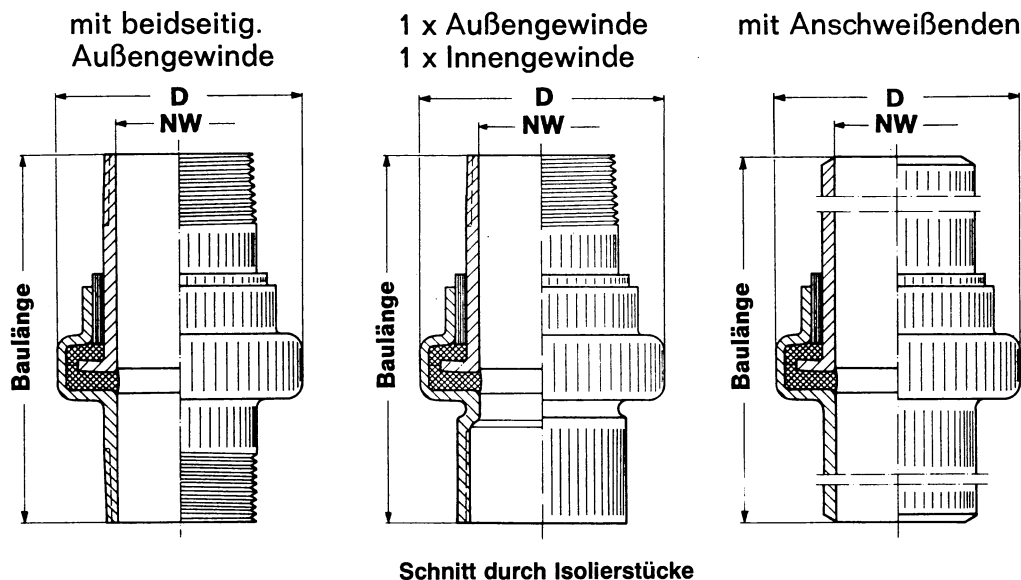
5.8.3 Einführung der Hausanschlußleitung in das Gebäude zum Hausanschlußraum

In die Außenwand wird ein Schutzrohr wasserdicht eingesetzt (Abb. 74). Die Hausanschlußleitung ist durch dieses Schutzrohr mit ausreichendem Spiel – meistens in dicken Weichgummiringen zentriert – elastisch gelagert und abgedichtet. Im Innern des Schutzrohres dürfen sich keine lösbaren Verbindungen befinden.

5.8.4 Isolierstück

In Nähe der Hauseinführung vor oder unmittelbar hinter der Hauptabsperrereinrichtung muß eine elektrische Trennstelle, ein sog. Isolierstück, in die Leitung eingebaut sein (Abb. 74 (6)). Bei Kunststoffleitungen ist ein solches Isolierstück nicht erforderlich. Die Funktion ist aus Abb. 76 ersichtlich.

Abb. 76

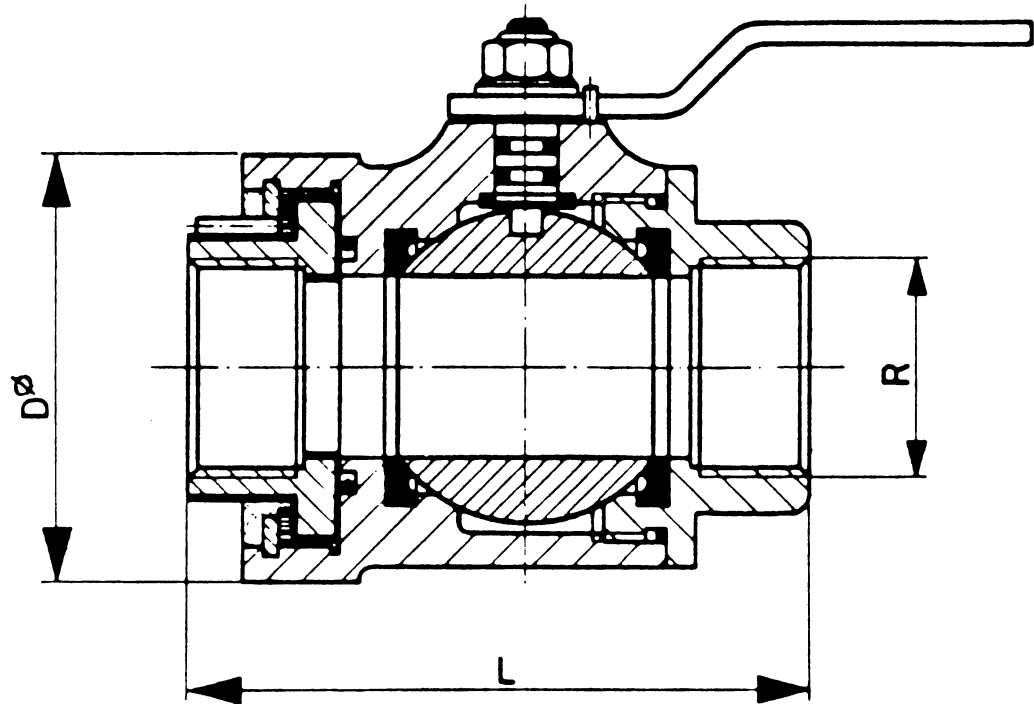


5.8.5 Hauptabsperrereinrichtung im Gebäude

Möglichst unmittelbar nach Einführung der Leitung in das Gebäude ist die Hauptabsperrereinrichtung – der sog. Feuerhahn – für die Hausanschlußleitung eingebaut.

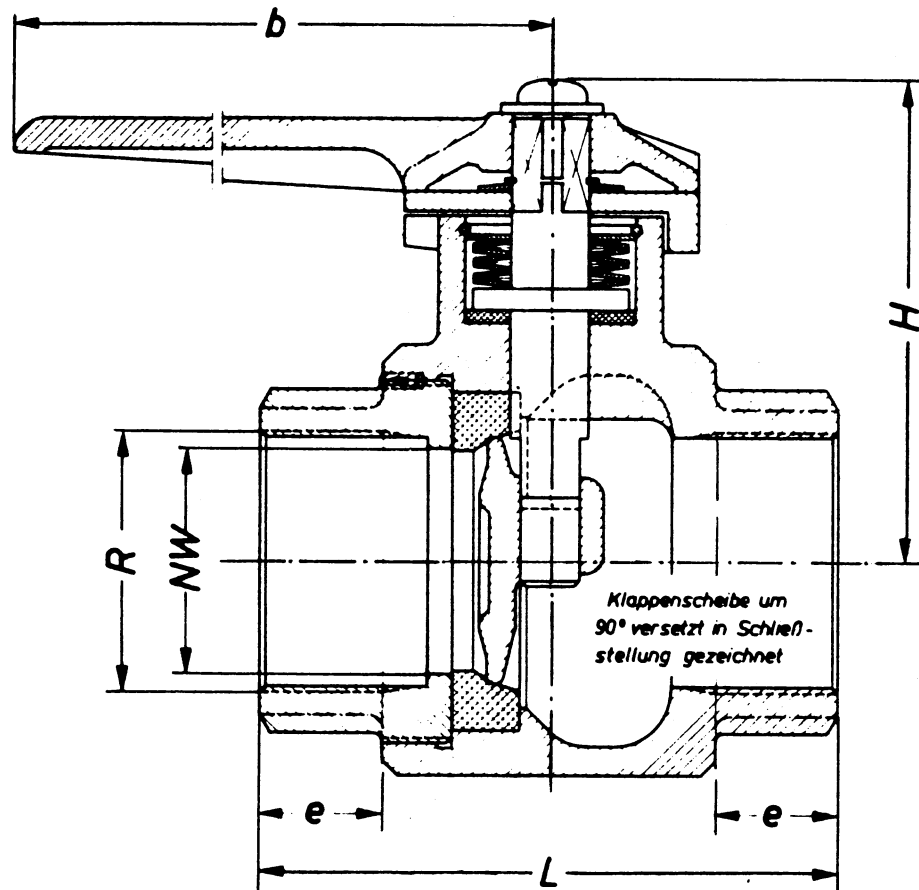
Dieses Absperrorgan, in der Regel ein Hahn mit geschlossenem Boden, ein Kugelhahn oder eine Klappe, muß jederzeit leicht zugänglich sein. Es soll möglichst auch von außen durch das Fenster bedient werden können.

Abb. 77



Kugelhahn

Abb. 78



Absperklappe

5.8.6 Hausdruckregler

Je nach dem Versorgungssystem – bei Mittel- oder Niederdruck über 25 mbar (5.7.2) – ist ein Hausdruckregler eingebaut, der meistens im Hausanschlußraum zu finden ist (Abb. 74).

Der Hausdruckregler hat die Aufgabe, einen möglichst gleichmäßigen Anschlußdruck aller Verbraucher zu gewährleisten. Der Anschlußdruck auch des letzten Verbrauchers muß bei Betrieb mit Erdgas wenigstens noch 18 mbar erreichen. Der Regler muß wegen der Druckverluste in der Hausinstallation (Innenleitung) so eingestellt sein, daß der Ausgangsdruck (Pa) am Regler ca. 22,5 mbar beträgt.

Die Einstellung des Reglers wird je nach seiner Bauart durch Änderung der Federspannung oder Gewichtsbelastung bewirkt. Eine Einstellung darf nur vom GUV vorgenommen werden, das auch seine Verplombung vornimmt. Einzelheiten werden im KatS-LA 302/G2 behandelt.

5.8.7 **Gaszähler**

Abhängig vom Umfang und vom System der Hausinstallation sind – in der Regel im Hausanschlußraum – nach dem Hausdruckregler ein oder mehrere Gaszähler (meistens für jede Wohnung einer) eingebaut.

Die Installation eines Zählers, erforderliche Änderungen und Wartungsarbeiten etc. am Zähler dürfen nur von Mitarbeitern des GUV oder von den von dem GUV beauftragten Firmen durchgeführt werden.

Mit dem Zähler enden jedoch Zuständigkeit und Verantwortungsbereich des GUV. Gleichzeitig endet hier auch die in Abstimmung mit dem GUV abzusteckende Einsatzmöglichkeit der Fachdiensthelfer der GW-Gruppe des Instandsetzungsdienstes im Katastrophenschutz.

6 Rohrnetzpläne, Aufnahme-/Aufbruchskizzen, Bestandspläne, Übersichtspläne, Sinnbilder, Hinweisschilder

6.1 Allgemeines

Das Gesamtrohrnetz der örtlichen Gasversorgungsunternehmen (GVU) ist über 100 000 km lang. Davon sind rund 85 % Mitteldruck- und Niederdruck-Versorgungsleitungen in geschlossenen Ortschaften.

Für den Betrieb eines Rohrnetzes einschließlich der Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten ist es wichtig, den genauen Verlauf der Leitungen zu kennen. Diese sind überwiegend nach den Richtlinien der DIN 1998 und DIN 19630 verlegt.

Gleiche Grundsätze gelten auch für die anderen Ver- bzw. Entsorgungssysteme wie z. B.

- Wasserleitungen,
- Abwasserleitungen,
- Stromversorgungskabel,
- Telefonkabel (Post/Polizei),
- Fernwärmeleitungen,

die ebenfalls im Straßenbereich verlegt sind.

Im Rahmen von Bau- und Instandsetzungsarbeiten ist neben genauer Kenntnis des Leitungsverlaufes noch eine Reihe anderer Informationen von entscheidender Bedeutung. Wie für andere Bauwerke oder Maschinenanlagen wurde so mit Fortschreiten der Entwicklung auch für Rohrleitungsnetze ein umfangreiches, spezielles **Planwerk** unabdingbar. Die Entwicklung zwang sogar dazu, um bei der Vielzahl der erforderlichen Einzelheiten die Übersicht zu behalten, für jede Leitungssparte (-art) ein eigenes Planwerk zu erstellen.

Um die Pläne zumindest im Bereich der Gas- und Wasserversorgung einheitlich und damit auch übersichtlich zu halten, werden diese nach DIN 2425 (Richtlinien für Rohrnetzpläne der Gas- und Wasserversorgung) angefertigt.

DIN 2425 beinhaltet u. a. folgende wichtige Einzelschriften:

- Rohrnetzpläne der Gemeinden sind so zu zeichnen, daß Norden oben liegt,
- Bestands- und Übersichtspläne für Gas- und Wasserleitungen werden wegen der besseren Überschaubarkeit getrennt aufgestellt,
- Grenzen und Maßstäbe der Rohrnetzpläne sind innerhalb eines Versorgungsgebietes für Gas- und Wasserwerke gleich,
- alle Änderungen, Ausbesserungen und Erweiterungen der Rohrnetze sind laufend in die betreffenden Pläne einzutragen.

Nach Art und Maßstab werden die Pläne unterschieden nach

- Aufnahme- oder Ausführungsskizzen und Aufbruchskizzen,
- Bestandsplänen (Teilübersichtsplänen) und
- Übersichtsplänen (Rohrnetzplänen).

6.2 Aufnahmeskizzen/Aufbruchskizzen

Der Maßstab von Aufnahme- bzw. Aufbruchskizzen ist nicht festgelegt. Beide werden aufgrund der auf der Baustelle gefertigten Handskizzen (im Feldbuch) gezeichnet und sollen enthalten:

- Sämtliche verlegten Leitungsteile,
- alle am Ort aufgenommenen Maße der Lage von Rohren, der Rohrverbindungen, Bauteile und Armaturen (Verlegetiefe oder Deckung, Abstände von Festpunkten),
- alle übrigen Angaben, die für den Bestandsplan von Bedeutung sind (6.3),
- alle Angaben über fremde Leitungssysteme, die bei Bau- oder Instandsetzungsarbeiten wertvoll sind.

Muster einer Aufbruchskizze (Vorder- und Rückseite) gem. Abb. 80

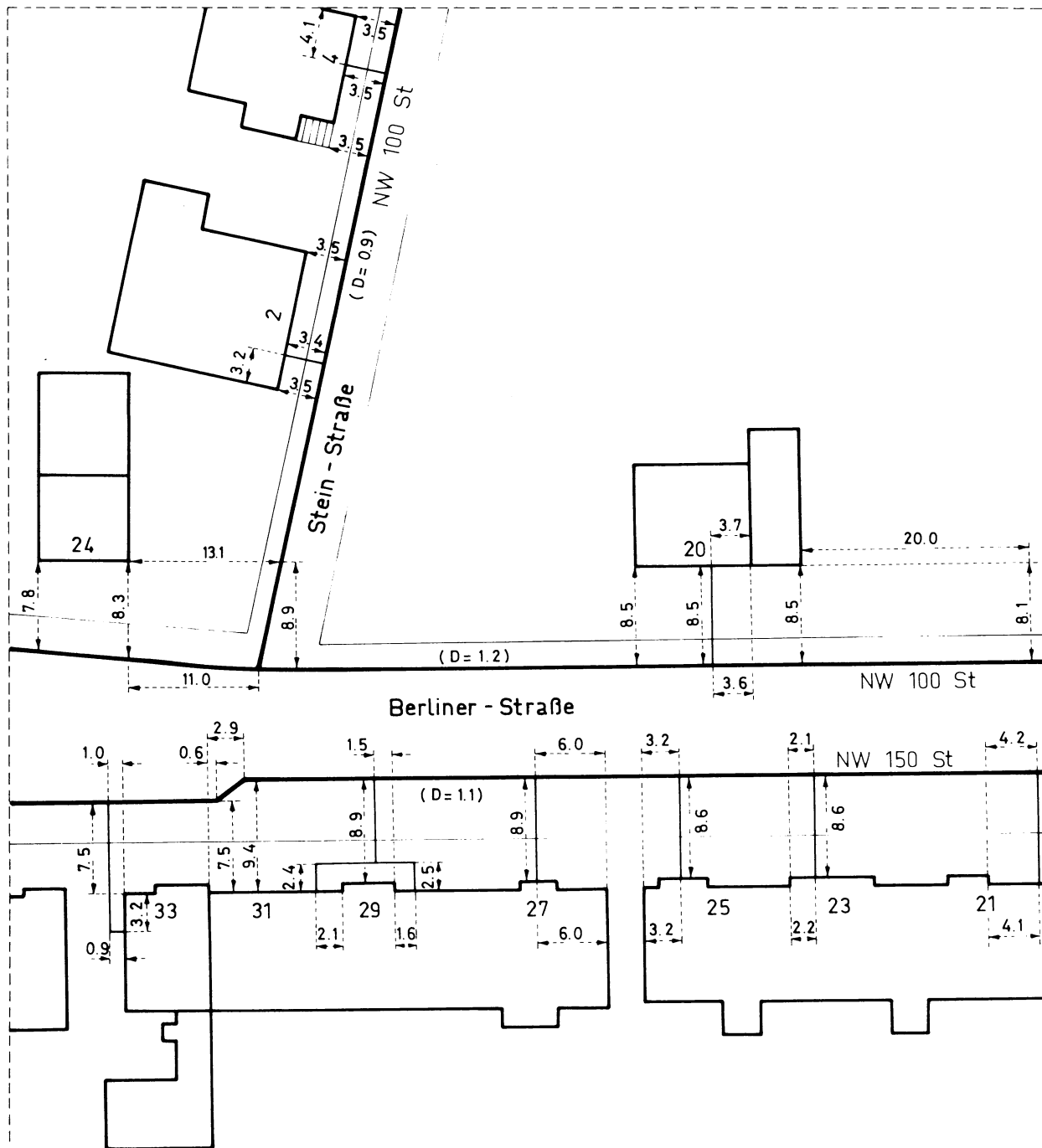
6.3 Bestandspläne (Teilübersichtspläne)

Der Maßstab von Bestandsplänen ist in der Regel 1:500, bei offener Bebauung 1:1000. Grundlage ist das Grundkartenwerk des örtlichen Vermessungsamtes.

In den Grundkarten sind aus dem Liegenschaftskataster alle wesentlichen Informationen enthalten, wie z. B.:

- Grenz- und Gebäudeeckpunkte,
- Grundstücks- oder Gebäudenummern (Hausnummern),
- Straßenbegrenzungsrichtlinien,
- Gleisanlagen,
- Böschungen,
- Mauern,
- Bäume, Grünflächen etc.

Abb. 79



Gasleitungs-Bestandsplan
(Maßstab 1:500)

Aufbruchskizze AA Nr. _____ **vom** _____ **19** _____

Aufbruch in der _____ Straße
Weg Nr. _____

Auftraggeber _____

Arbeitszweck _____

Dabei wurden freigelegt

1. Gasleitung NW _____ mm R. D. _____ m

2. Wasserleitung NW _____ mm R. D. _____ m

Angetroffener Boden _____

Befund der Versorgungsleitungen

Material _____, Druck _____

Allgemeiner Zustand der Leitungen _____

A) Material für _____ -Hausanschluß _____

a) Anbohrung _____

b) Gesamtrohrlänge Wollfilz/PVC m _____ „

c) davon auf Privatgelände m _____ „

d) Verpflichtung für Unterhaltung _____

e) Absperrung Keller/Schacht Freiflußventil _____ „

Absperrschieber _____ mm

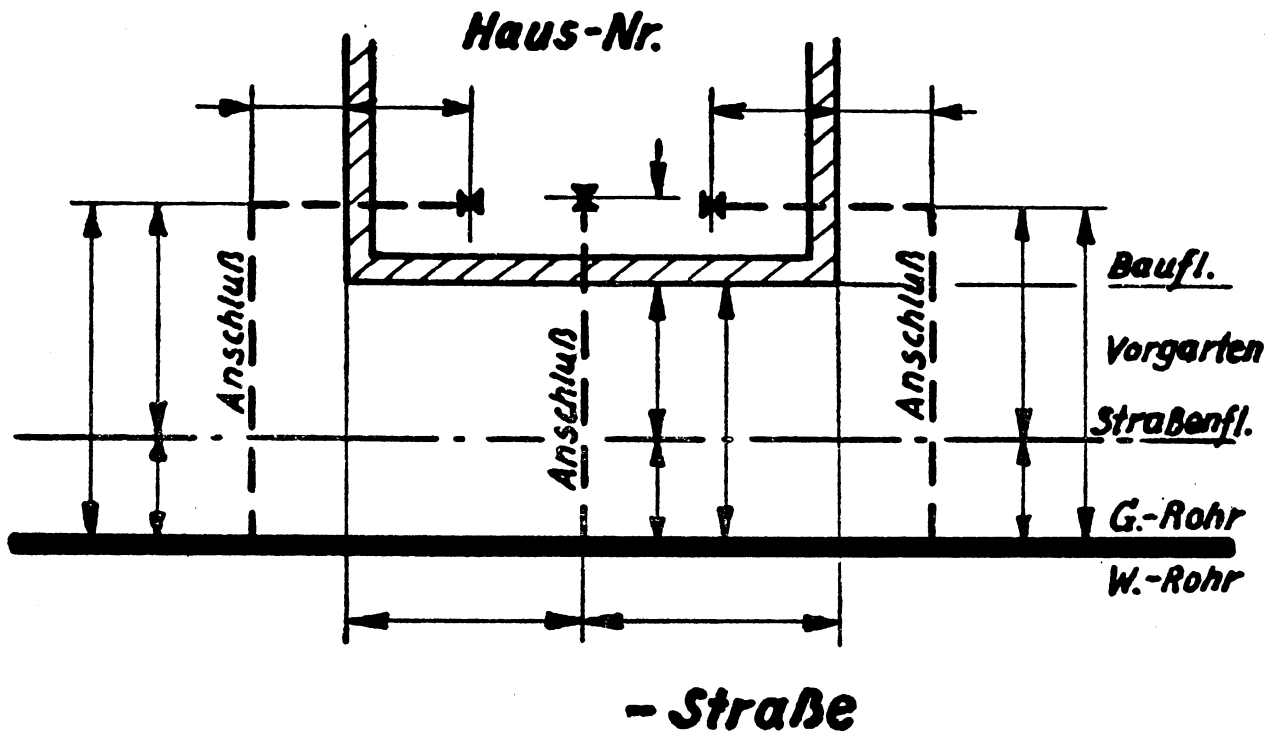
Gashaupthahn _____ „

B) Materialverbrauch bei Rohrnetzarbeiten

ausgeführt am _____ 19__ Rohrleger _____

Betr.-Ing. _____ Rohrmeister _____

$\frac{G}{W}$ - Hausanschluß



Raum für sonstige Angaben und Skizzen

Techn. Büro

Kartei und Rohrnetzpläne ergänzt am _____ 19 _____

Durch Einzeichnen eines bestimmten Versorgungssystems – z. B. des Systems der Gasversorgung – mit allen zugehörigen Angaben entsteht aus der Grundkarte ein Leitungsplan bzw. ein Bestandsplan.

Bestandspläne sollen das Rohrnetz eines bestimmten Bezirks wiedergeben und alle wesentlichen Einzelheiten der

- Hauptleitungen,
- Versorgungsleitungen und
- Anschlußleitungen

enthalten.

Gekennzeichnet werden im Bestandsplan:

- Leitungsarten (z. B. Versorgungsleitung Gas (VG)),
- Nennweiten DN (z. B. DN 200),
- Werkstoffe (z. B. GGG = duktiler Gußrohr),
- Verbindungsarten (z. B. Schraubmuffe (Sr)),
- Übergänge der Rohrweiten oder Werkstoffe (die Begrenzungen der Abschnitte müssen erkennbar sein),
- Abzweige,
- Schieber oder andere Absperrorgane,
- Hydranten oder Sonderarmaturen wie Rückflußverhinderer (in Bestandsplänen Wasser),
- Druckregler,
- Entlüftungen,
- Entleerungen,
- Grundstücksfluchtlinien mit Hausnummern,
- Haus- und Betriebsanschlüsse mit ihren Einbaumaßnahmen.

Im Bestandsplan ferner enthalten sein müssen alle Sonderbauwerke und Zusatzeinrichtungen wie

- Rohrbrücken,
- Düker,
- Mantelrohre,
- begehbare Kanäle,
- Korrosionsschutzanlagen.

6.4 **Übersichtspläne (Rohrnetzpläne)**

Für Übersichtspläne bzw. Rohrnetzpläne gilt in der Regel der Maßstab 1:5000, bei offener Bebauung der Maßstab 1:10 000 und bei der Darstellung eines größeren Versorgungsgebietes bei offener Bebauung der Maßstab 1:25 000.

Grundlage für die Übersichtskarte ist die topographische Grundkarte der Bundesrepublik Deutschland im Maßstab 1:5000.

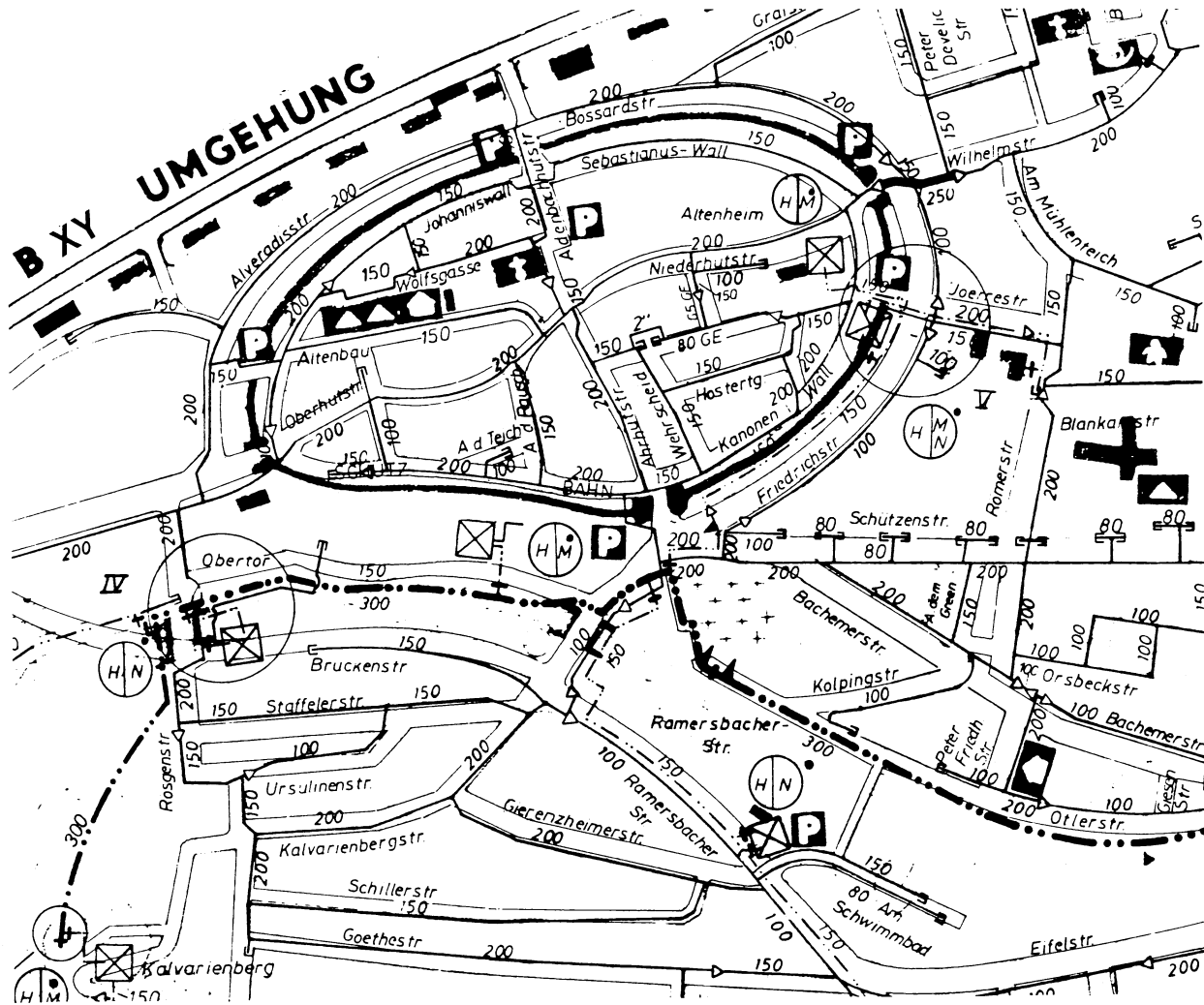
Übersichtspläne sollen das ganze Versorgungsgebiet umfassen. Bei einer Großversorgung können die Pläne nach Abschnitten oder Stadtteilen getrennt werden.

Im Übersichtsplan werden die Grenzen von Versorgungs- und Druckzonen mit Kennzeichnung der Trenn- und Zonenschieber angegeben. Außerdem muß die Lage aller betriebswichtigen Einrichtungen und Armaturen ersichtlich sein.

Um einen Übersichtsplan nicht zu überladen, gibt es im Vergleich mit dem Bestandsplan folgende Vereinfachungen:

- Leitungen werden nicht mehr absolut maßstabsgerecht, sondern vereinheitlicht eingezeichnet,
- Maßangaben, Werkstoffbezeichnungen und dergleichen fehlen,
- als betriebswichtige Armaturen sind nur noch Absperrorgane und Wassertöpfe (Kondensat-Sammler) bzw. Hydranten enthalten.

Abb. 81



Übersichtsplan

6.5. Sinnbilder und Kurzzeichen

Rohrleitungspläne sollen möglichst viele Einzelheiten wiedergeben und trotzdem übersichtlich bleiben. Dazu sind verschiedene Regeln einzuhalten und bei der Darstellung Sinnbilder und Kurzzeichen zu verwenden.

Im einzelnen:

Leitungen werden durch schwarze Striche dargestellt. Die Strichstärke drückt Nennweite oder Durchmesser (DN) einer Leitung aus.

Alle **Maßangaben** für die Lage einer Leitung werden in Meter angegeben, ohne jedoch das Zeichen m für Meter zu verwenden. **Beispiel:** Abstand einer Leitung von einem Festpunkt. – Auf der Maßlinie steht nur eine Ziffernfolge, in unserem Fall nehmen wir 5,3 an. – Die Verlegetiefe der Leitung oder ihre Überdeckung D steht in einer Klammer ($D = 1,25$).

Die Angaben zu **Nennweite und Durchmesser** einer Leitung DN stehen in Millimetern über der Leitung, jedoch ohne das Zeichen mm, also lediglich DN 200.

Druckangaben zu einer Leitung – zum Beispiel der Nenndruck PN (PN = Pressure Normal) – werden in bar oder mbar über die Leitung geschrieben (z. B. PN = 0,3).

Für **Rohrwerkstoffe** gelten folgende Kurzzeichen (DIN 2425, Teil I, Abschnitt 5.2.2):

GG	=	Grauguß
GGG	=	duktils Gußeisen
St	=	Stahl
AZ	=	Asbest-Zement

- SB = Stahlbeton
- Spb = Spannbeton
- PEh = Polyäthylen hart
- PEw = Polyäthylen weich
- PVC = Polyvinylchlorid

Für Rohrverbindungen gelten folgende Kurzzeichen:

- Sr = Schraub-Muffen-Verbindung
- SMU = Schraubmuffen-Union
- Sw = Schweiß-Verbindung (bei Stahl und PE)
- Ty = Tytonmuffe
- Fl = Flanschverbindung
- Gw = Gewindemuffen-Verbindung
- zf = zugfeste Verbindung (soweit nicht die jeweilige Verbindungsart dies bereits angibt)

Gemeinsam für Gas- und Wasserleitungen

Leitungskreuzung (die höherliegende Leitung wird durchgezeichnet)		
Abzweig	einseitig	
	beidseitig	
Übergang	im Rohrwerkstoff in der Nennweite	$\frac{GG, St}{100, 200}$
	in der Verbindungsart	$\frac{Sm, Sr}{}$
Fremdleitungen, die nicht zum dargestellten Rohrnetz gehören		----
Einbaustelle einer Absperrarmatur		
Schieber		S
Klappe		K
Hahn		H
Leitungsabschluß		
Entlüftung (Ausblasestutzen)		
Längenausgleicher		
Zähler	für Gas	
	für Wasser	
Rückschlagklappe (z. B. Durchfluß von links nach rechts)		
Druckregler (Druckminderer) (z. B. Eingangsdruck 100 mbar Ausgangsdruck 45 mbar)		$100 \rightarrow 45$
Mantelrohr		
Isolierstück (z. B. Isolierflansch)		
Meßkontakt	auf der Rohrleitung	$\frac{MK \diamond}{}$
	verzogen	$\frac{MK \diamond}{}$
Kathodische Korrosionsschutzanlage		
Hinweis-(Markierungs)stein (z. B. 2 m Abstand)		

7) nach DIN 30 600 Blatt 583 (z. Z. noch Entwurf)

8) nach DIN 30 600 Blatt 606 (z. Z. noch Entwurf)

9) nach DIN 30 600 Blatt 594 (z. Z. noch Entwurf)

Abb. 82

Zusätzlich für Gasleitungen

Kondensatsammler im Rohr neben dem Rohr	
Absperrtopf (AT)	
Verdichter (z. B. Eingangsdruck 30 mbar Ausgangsdruck 80 mbar)	$30 \rightarrow 80$
Gasleuchte	
Blasenloch (z. B. Anbohrung mit 1")	$1''$
Riechrohr	

Zusätzlich für Wasserleitungen

Unterflurhydrant	auf dem Rohr	
	neben dem Rohr	
	seitlich des Rohres	
Überflurhydrant	auf dem Rohr	
	neben dem Rohr	
	seitlich des Rohres	
Schachthydrant		
Rohrreinigungskasten		
Gartenhydrant	auf dem Rohr	
	neben dem Rohr	
	seitlich des Rohres	
Wasserständer		
Springbrunnen		
Entleerung mit Schieber		


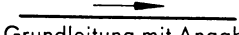
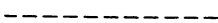
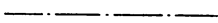
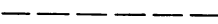

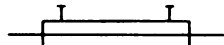
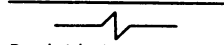



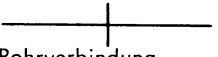
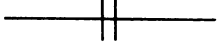
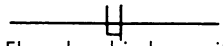
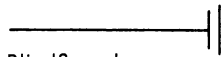


10) nach DIN 30 600 Blatt 715 (z. Z. noch Entwurf)

Besondere Sinnbilder für Wasserleitungen

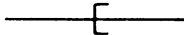
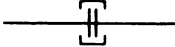
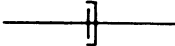
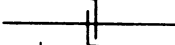













Armaturen und Besonderheiten werden durch Sinnbilder für Gas- und Wasserleitungen nach DIN 2425 dargestellt (Abb. 82).

Rohrleitungsanlagen (Leitungen, Verbindungen, Absperrorgane, Ausgleicher, Zubehör, Rohrhalterungen) werden ebenfalls durch Sinnbilder nach DIN 2429 dargestellt (Abb. 83).

Abb. 83


















	Grundsinnbild	Abgeleitete Sinnbilder		Bemerkungen
		Gruppensinnbild	Einzelsinnbild	
1. Leitungen				
1.1	 Grundleitung		 Grundleitung mit Angabe der Durchflußrichtung	
1.2	 Impulsleitung			z. B. Regelimpuls oder sonstige Beeinflussungen
1.3	 Wirkleitung			z. B. Wirkdruck einer Meßblende
1.4	 Erweiterungsleitung			
1.5	 Bewegliche Leitung			
1.6.1		 Leitung mit Mantelrohr		
1.6.2		 Begleitheizung		
1.7	Kreuzung zweier Leitungen ohne Verbindungsstelle 			
1.8	Kreuzung zweier Leitungen mit Verbindungsstelle 			
1.9	Abzweigstelle 			Abzweigstelle mit Punkt bei nicht eindeutigen Fällen, z. B. bei vielen parallel gezeichneten Leitungen
2. Verbindungen				
2.1	 Rohrverbindung			
2.1.1		 Flanschverbindung		
2.1.1.1			 Flanschverbindung mit Blindlochscheibe	
2.1.1.2			 Blindflansch	
2.1.2		 Muffenverbindung		
2.1.2.1			 Kugelmuffe	

noch: Abb. 83











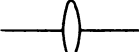
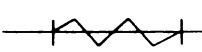
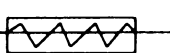
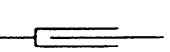


	Gruppensinnbild	Abgeleitete Sinnbilder		Bemerkungen
		Grundsinnbild	Einzelsinnbild	
2.1.2.2			 Einsteckmuffe	
2.1.3		 Klammerverbindung		
2.1.4		 Schraubverbindung		
2.1.5		 Kupplung		
2.1.6		 Schweiß- bzw. Lötverbindung		
2.1.7			 Muffennaht	
2.1.7.1			 Geschweißte Kugelmuffe	Weitere Sinnbilder siehe auch DIN 2425
2.1.7.2			 Geschweißte Einsteckmuffe	
2.2		 Eingeschweißte Armatur		Dargestellt ist ein eingeschweißtes Absperrorgan
3. Absperrorgane				
3.1	Absperrorgan 			
3.1.1.1			 Absperrorgan geschlossen	
3.1.1.2			 Absperrorgan offen	
3.1.2		Absperrorgan mit Handrad 		
3.1.2.1			Absperrorgan mit Handkurbel 	
3.1.3		Absperrorgan mit Kraftantrieb 		
3.1.3.1			mit Kolbenantrieb 	
3.1.3.2			mit Magnetantrieb 	

6

noch: Abb. 83



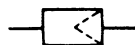




	Grundsinnbild	Abgeleitete Sinnbilder		Bemerkungen
		Gruppensinnbild	Einzelsinnbild	
3.1.3.3			mit Motorantrieb 	
3.1.3.4			mit Membransteuerung 	
3.1.3.5			mit Schwimmersteuerung 	
3.1.4		Ventil 		
3.1.4.1			Durchgangventil 	
3.1.4.2			Gewichtsbelastetes Sicherheits-Durchgangventil 	
3.1.4.3			Federbelastetes Sicherheits-Durchgangventil 	
3.1.4.4			Durchgang-Rückschlagventil absperribar 	
3.1.4.5			Rückschlagventil nicht absperribar 	
3.1.4.6			Fußventil 	auch Saugkorb mit Fußventil
3.1.4.7			Druckminderventil 	kleines Dreieck = höherer Druck
3.1.5		Eckventil 		
3.1.5.1			Gewichtsbelastetes Sicherheits-Eckventil 	
3.1.5.2			Eck-Rückschlagventil absperribar 	
3.1.6		Schieber 		
3.1.7		Hahn 		
3.1.7.1			Durchgangshahn 	

noch: Abb. 83

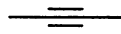
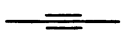

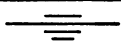
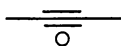
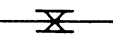





	Grundsinnbild	Abgeleitete Sinnbilder		Bemerkungen
		Gruppensinnbild	Einzelsinnbild	
3.1.7.2			Eckhahn 	
3.1.7.3			Dreivegehahn 	
3.2	Klappe 			
3.2.1		Absperrklappe 		
3.2.1.1			Drosselklappe 	
3.2.2		Rückschlagklappe 		
3.2.2.1			Fußklappe 	
4. Ausgleicher				
4.1			 Längenausgleicher	
4.1.1.1			 U-Bogen-Ausgleicher	
4.1.1.2			 Lyra-Ausgleicher	
4.1.1.3			 Linsen-Ausgleicher	
4.1.1.4			 Expansionsbalg	
4.1.1.5			 Metallschlauch	
4.1.1.6			 Stopfbuchs-Ausgleicher	
5. Zubehör				
5.1	 Abscheider			
5.2	 Kondensatableiter			

6

noch: Abb. 83

	Grundsinnbild	Abgeleitete Sinnbilder		Bemerkungen
		Gruppensinnbild	Einzelsinnbild	
5.2.1.1			Kondensatableiter 	Beispiel für senkrechte Leitungen
5.2.1.2			Kondensatsammler und -ableiter 	
5.3	Sieb 			
5.4	Filter 			
5.5	Regenhaube 			
5.6	Abflußtrichter 			
5.7	Durchflußschauglas 			

6. Rohrhalterungen

6.1	 Rrohrhalterung			
6.1.1.1			Rohrleitlager 	
6.1.1.2			Rohrleitlager mit Führung 	
6.1.1.3			Rohrleitlager auf Rollen 	
6.1.1.4			Rohrleitlager auf Kugeln 	
6.1.2			Festpunkt 	
6.1.3			stehend 	
6.1.4			hängend 	
6.1.5			federnde Aufhängung 	
6.1.6			federnde Stützung 	
6.1.7			Ausgleich-Unterstützung 	

6.6 Hinweisschilder

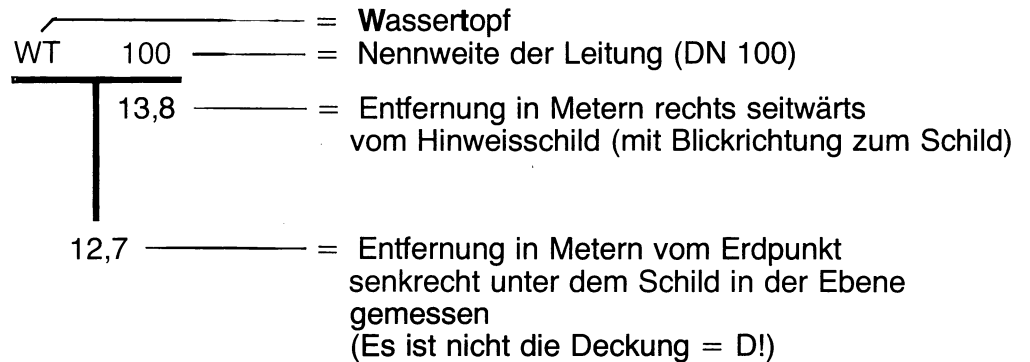
Hinweisschilder nach DIN 4069 zum Auffinden der Armaturen in Gasleitungen sind an Festpunkten – Beton- oder Stahlpfähle, Mauern, Hauswänden etc. – angebracht.

Die Grundfarbe der Hinweisschilder für Gas ist gelb, die Beschriftung schwarz.

Die Schriftzeichen geben an:

- Art der Armatur,
- Nennweite DN der Armatur,
- Entfernung und Richtung der Armatur, vom Hinweisschild aus in Metern gemessen.

Beispiel:



Die Größe der Schilder für Versorgungsleitungen beträgt 200 x 140 mm, für Hausanschlußleitungen 140 x 100 mm.

Die Hinweisschilder für Gasleitungen (DIN 4069) sind in Abb. 84 dargestellt. Die Hinweisschilder der Wasserversorgung und für Feuerlösch- und Entwässerungsanlagen werden in den entsprechenden Dienstvorschriften und Ausbildungsleitfäden behandelt.

Schieber schließen an sich stets rechts. Nur wenn auf dem Hinweisschild zusätzlich „L“ angegeben ist, handelt es sich ausnahmsweise um einen linksschließenden Schieber.

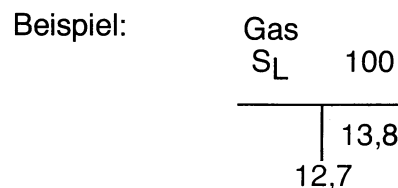
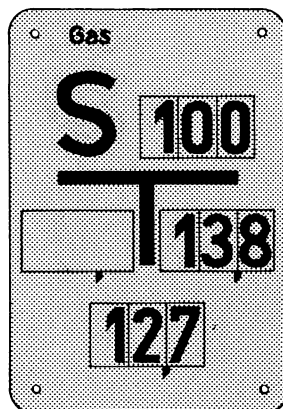
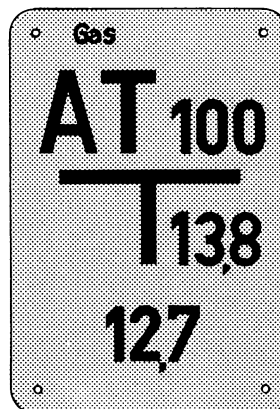


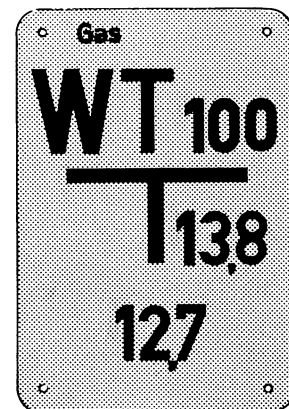
Abb. 84



(1) Schieber – S–



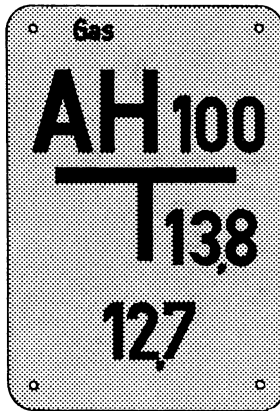
(2) Absperrtopf – AT–



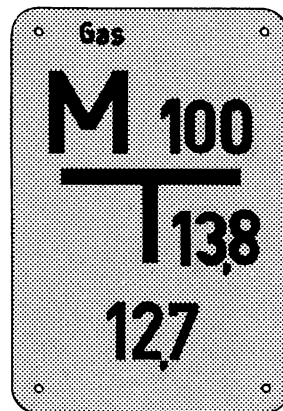
(3) Wassertopf – WT–

Hinweisschilder für Gasleitungen

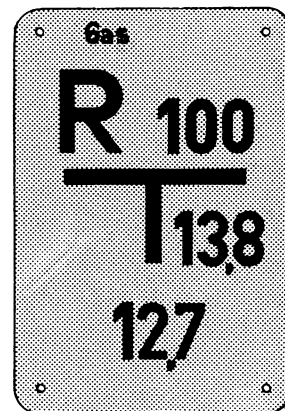
noch Abb. 84



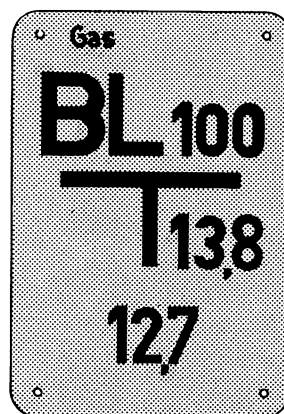
(4) Absperrhahn – AH–



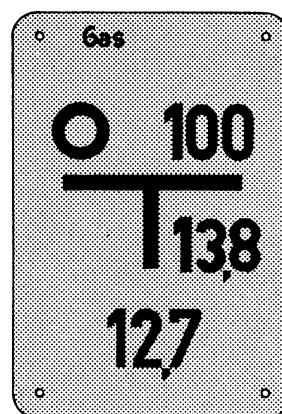
(5) Meßrohr – M–



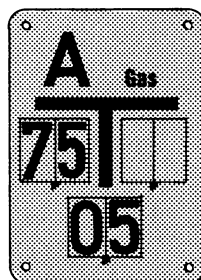
(6) Riechrohr – R–



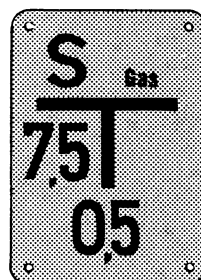
(7) Absperrblase – BL–



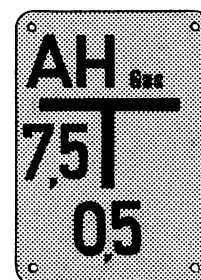
(8) Gasleitung – O–



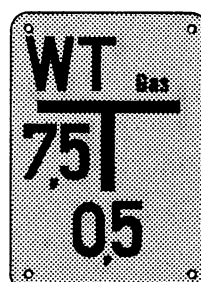
(9) Absperrorgan
Hausanschlußleitung – A–



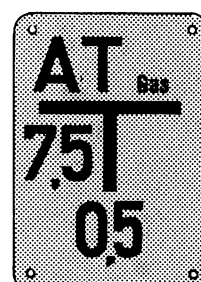
(10) Absperrschieber
Hausanschlußleitung – S–



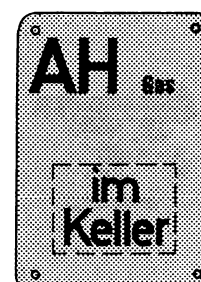
(11) Absperrhahn
Hausanschlußleitung – AH–



(12) Wassertopf
Hausanschlußleitung – WT–



(13) Absperrtopf
Hausanschlußleitung – AT–



(14) Absperrhahn
Hausanschlußleitung – AH–

Hinweisschilder für Gasleitungen

Anhang

SI-Einheiten im Gasfach

Tabelle 1: Basisgrößen und -einheiten

Basisgröße	Basiseinheit	Einheitenzeichen
Länge	Meter	m
Masse	Kilogramm	kg
Zeit	Sekunde	s
elektrische Stromstärke	Ampere	A
thermodynamische Temperatur	Kelvin	K
Stoffmenge	Mol	mol
Lichtstärke	Candela	cd

Tabelle 2: Abgeleitete SI-Einheiten (Auswahl)

Größe	Physikalischer Zusammenhang	Einheitenzeichen
Geschwindigkeit	Weg : Zeit	m/s
Beschleunigung	Geschwindigkeit : Zeit	m/s ²
Kraft	Massen · Beschleunigung	kg m/s ² = N
Arbeit, Energie	Kraft · Weg	Nm = J
Leistung	Arbeit : Zeit	J/s = W

Tabelle 3: Abgeleitete SI-Einheiten mit besonderem Namen

Größe	Einheitenname	Einheitenzeichen
Frequenz	Hertz	Hz = 1/s
Kraft	Newton	N = kg m/s ²
Druck, mechanische Spannung	Pascal	Pa = N/m ²
Energie, Arbeit, Wärmemenge	Joule	J = Ws
Leistung, Energiestrom, Wärmestrom	Watt	W = J/s
Elektrische Spannung	Volt	V = W/A

Tabelle 4: Gesetzlich zugelassene Einheiten außerhalb des SI-Systems

Größe	Einheitenname	Einheitenzeichen
Zeit	Minute	min
	Stunde	h
	Tag	d
	Jahr	a
Volumen	Liter	l
Masse	Tonne	t
Druck	Bar	bar
Temperatur	Grad Celsius	°C
ebener Winkel	Grad	°
	Minute	'
	Sekunde	"

Tabelle 5: Vorsätze und Vorsatzzeichen

Teil	Vorsatz	Vorsatz- zeichen	Viel- faches	Vorsatz	Vorsatz- zeichen
10^{-18}	Atto	a	10^1	Deka	da
10^{-15}	Femto	f	10^2	Hekto	h
10^{-12}	Piko	p	10^3	Kilo	k
10^{-9}	Nano	n	10^6	Mega	M
10^{-6}	Mikro	μ	10^9	Giga	G
10^{-3}	Milli	m	10^{12}	Tera	T
10^{-2}	Zenti	c	10^{15}	Peta	P
10^{-1}	Dezi	d	10^{18}	Exa	E

Tabelle 6: Größen und Einheiten für das Gasfach

Größe	Formelzeichen	SI-Einheit *) Einheitenzeichen
Länge	l	m, mm, km
Durchmesser	d, D	m, mm
Fläche	A	m ²
Volumen (geometrisch)	V	m ³ (l, dm ³)
Volumen (Betriebszustand)	V _B	
Normvolumen	V _n	
Stoffmenge	n	mol, kmol
Dichte (Betriebszustand)	ρ	kg/m ³
Normdichte	ρ_n	
relative Dichte	d	—
Geschwindigkeit	v	m/s
Volumenstrom, Förderstrom	\dot{V}, \dot{Q}, q	m ³ /s (l/s, l/min, m ³ /h, m ³ /d)
Normvolumenstrom	$\dot{V}_n, \dot{Q}_n, q_n$	
Einstellwert	V _E , Q _E , q _E	
Anschlußwert	$\dot{V}_A, \dot{Q}_A, q_A$	m ³ /s
Belastungswert	V _B , Q _B , q _B	
Massenstrom	\dot{m}, q_m	kg/s (kg/h)
Druck absoluter Druck atmosphärischer Druck (Barometerstand)	p P _{abs} P _{amb}	P _a (mbar, bar) ⁺
Effektivdruck, Überdruck Normdruck Druckdifferenz, Wirkdruck	$p_e, p_{\ddot{u}}$ P _n Δp	
Energie, Arbeit	E, W	N m
Wärmemenge	Q	J (kWh) ^o
Leistung, Förderleistung Wärmestrom Wärmebelastung Nennwärmebelastung Wärmeleistung Nennwärmeleistung	P Q, ϕ Q _B , ϕ_B Q _{NB} , ϕ_{NB} Q _L , ϕ_L Q _{NL} , ϕ_{NL}	W, J/s (J/min, MJ/h, kWh/min)

noch Tabelle 6: Größen und Einheiten für das Gasfach

Größe	Formelzeichen	SI-Einheit *) Einheitenzeichen
Wirkungsgrad	η	—
Brennwert (Normbrennwert) Betriebsbrennwert Heizwert (Normheizwert) Betriebsheizwert	H_o (H_o, n) H_o, B H_u (H_u, n) H_u, B	J/m^3 MJ/m^3 (kWh/m^3)
stoffmengenbezogener Brennwert stoffmengenbezogener Heizwert	H_o, m H_u, m	J/mol $MJ/kmol$
Wobbeindex bezogen auf Brennwert Woobeindex bezogen auf Heizwert	W_o W_u	J/m^3 (kWh/m^3)
thermodynamische Temperatur Celsiustemperatur Normtemperatur	T t, δ T_n, t_n, δ_n	K $^{\circ}C$
Temperaturdifferenz	ΔT $\Delta t, \Delta \delta$	$K, ^{\circ}C$

*) Die in () gesetzten Einheiten sind neben den SI-Einheiten empfohlene Einheiten.

+) 1 bar = 10^5 mbar = 10^5 Pa

°) 1 kWh = 3,6 MJ

Tabelle 7: Sonstige Größen und Einheiten (Auswahl)

Größe	Formelzeichen	SI-Einheit *) Einheitenzeichen
Drehzahl	n	1/s (1/min)
mechanische Spannung	σ	N/m ² (N/mm ²)
elektrische Stromstärke	I	A
elektrische Spannung	U	V
elektrischer Leitwert	G	S = 1/ Ω
elektrischer Widerstand	R	Ω
elektrische Leistung	P	W
Wärmeleitfähigkeit	λ	W/K m
Wärmeübergangskoeffizient	α	W/K m ²
Wärmedurchgangskoeffizient	k	W/K m ²
Wärmestromdichte	q _w	W/m ²
Wärmekapazität	C C _p C _v	J/K
spezifische Wärmekapazität	c c _p c _v	J/kg K
molare Wärmekapazität	c _{mol}	J/mol K
spezifische Verdampfungsenthalpie	L _v	J/kg
dynamische Viskosität	η	Pa s
kinematische Viskosität	ν	m ² /s
Widerstandszahl	λ	l
Verlustbeiwert	ζ	l
Rauhigkeit	k	m, (mm)
Lichtstärke	I _v	cd
Leuchtdichte	L _v	cd/m ²
Lichtstrom	Φ_v	lm
Beleuchtungsstärke	E	lx (= lm/m ²)

*) Fußnote siehe Tafel 6

Tabelle 8: Umrechnungen bisheriger Einheiten in SI-Einheiten (Auswahl)

Kraft	1 kp	= 9,80665 N
Druck	1 mm WS	= 0,098 mbar
	1 m WS	= 0,098 bar
	1 mm QS } 1 Torr }	= 1,33322 mbar
	1 kp/cm ² } 1 at }	= 0,980665 bar
	Energie, Arbeit Wärmemenge	1 kcal 1 Mcal
Leistung	1 Mcal/h	= 1,16 kW
	1 PS	= 0,735 kW

Groß- Buchstaben	Klein-	Bedeu- tung	Buchstaben- Name
A	α	a	alpha
B	β	b	beta
Γ	γ	g	gamma
Δ	δ	d	delta
E	ε	e	epsilon
Z	ζ	z	zeta
H	η	e	eta
Θ	θ	th	theta
I	ι	i	jota
K	κ	k	kappa
Λ	λ	l	lambda
M	μ	m	my
N	ν	n	ny
Ξ	ξ	x	xi
O	ο	o	omikron
Π	π	p	pi
P	ρ	rh	rho
Σ	σ	β	sigma
T	τ	t	tau
Υ	υ	y	ypsilon
Φ	φ	ph	phi
X	χ	ch	chi
Ψ	ψ	ps	psi
Ω	ω	o	omega

Abkürzungen im Gasfach (Auswahl)
für
technische Regelungen, Organisationen, Vereine und Verbände

AD	Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter
AGFW	Arbeitsgemeinschaft Fernwärme
AGL	Ausschuß für Gashochdruckleitungen
AVB	Anordnung über die Verbindlicherklärung der allgemeinen Bedingungen der Energieversorgungsunternehmen
BAM	Bundesamt für Materialprüfung, Berlin
BAU	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallverhütung
BDI	Bundesverband der Deutschen Industrie
BG	Berufsgenossenschaft
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BVÖG	Bundesverband für Öl- und Gasfeuerungen
DELIWA- VEREIN e.V.	Berufsverein für das Energie- und Wasserfach
DGA	Deutscher Druckgas-Ausschuß
DIN	Deutsches Institut für Normung
DruckgasV	Druckgasverordnung
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
DVS	Deutscher Verband für Schweißtechnik
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EVU	Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmen
EVV	Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen
FGR	Fachgemeinschaft Gußeiserne Rohre
FR	Normenausschuß Rohre, Rohrverbindungen und Rohrleitungen
FSHG	Gesetz über den Feuerschutz und die Hilfeleistung bei Unglücksfällen und öffentlichen Notständen
GKR	Gütegemeinschaft Kunststoffrohre
HD	Hochdruck
ISO	International Organization for Standardization
MPA	Materialprüfungsamt (-anstalt)
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
RBV	Rohrleitungsbauverband
SI	Systeme International d'Unites / Internationales (Maß-)Einheitensystem
SR	Sicherheitstechnische Richtlinien
TRbF	Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten
TRGI	Technische Regeln für Gas-Installationen
UVV	Unfallverhütungsvorschriften
VbF	Verordnung für brennbare Flüssigkeiten
VCI	Verband der Chemischen Industrie
VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VdTÜV	Vereinigung der Technischen Überwachungsvereine e.V.

Quellennachweis

Die Abbildungen dieses Leitfadens wurden mit freundlicher Genehmigung der Verlage folgendem Schrifttum entnommen:

„Gas/Erdgas – gwf Das Gas- und Wasserfach“ R. Oldenbourg Verlag 8000 München 80

Abb. 24	Verfahrenstechnische Anlage der Gaswirtschaft (Schema)	gwf 1970 Seite 559
Abb. 29	Gaswirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland	gwf 1977 Seite 398
Abb. 30	Erdgas aus der Nordsee	gwf 1978 Seite 191
Abb. 35	Europäischer Verbund für hochkaloriges Erdgas	gwf 1978 Seite 190
Abb. 37	Hauptabsperrianlage für hohen Betriebsdruck	gwf 1978 Seite 244
Abb. 38	Kugeltanksystem für LNG-Tanker	gwf 1980 Seite 471
Abb. 39	Membrantanksystem für LNG-Tanker	gwf 1980 Seite 471
Abb. 40	Flüssigerdgasprojekt Ruhrgas-Sonatrach	gwf 1980 Seite 468
Abb. 41	Verflüssigungsschema nach Air Products and Chemical /nach Technip Air Liquide	gwf 1980 Seite 470
Abb. 42	Funktionsschema einer LNG-Kette	gwf 1980 Seite 468
Abb. 43	Simulationsschema einer LNG-Kette	gwf 1980 Seite 474
Abb. 44	Prinzipschema einer Erdgasverflüssigungsanlage	gwf 1980 Seite 469
Abb. 46	Geplanter Flüssigerdgas-Terminal Wilhelmshaven	gwf 1978 Seite 192
Abb. 47	Prinzipskizze der DFTG-Entladeeinrichtungen Wilhelmshaven	gwf 1980 Seite 473
Abb. 48	Täglicher Gasabsatz der Ruhrgas AG	gwf 1978 Seite 193
Abb. 51	Schnitt durch eine Produktionsbohrung UT-Speicher Frankenthal	gwf 1977 Seite 475
Abb. 56	Prinzipskizze eines 80 000 m ³ -Tanks der DFTG	gwf 1980 Seite 473
Abb. 58	Keil-Rundschieber	gwf 1978 Seite 244
Abb. 59	Plattenschieber	gwf 1979 Seite 371
Abb. 61	Abdichtungen von Kugelhähnen	gwf 1978 Seite 244
Abb. 62	Dehnungsausgleicher	gwf 1978 Seite 246
Abb. 63	Hauptabsperrianlage mit Ausblasevorrichtung DN 150	gwf 1978 Seite 244
Abb. 68	Schema einer gasmengenabhängig gesteuerten Odorierungsanlage mit Dosierpumpe	gwf 1979 Seite 41
Abb. 69	Blockbauweise einer M- und R-Anlage	gwf 1978 Seite 72

„Gastechnische Briefe“ Nr. 1 und Nr. 2 – GtB – ZfGW-Verlag GmbH 6000 Frankfurt 90

Abb. 1	Mengenstrombild für den Ablauf eines Verbrennungsvorganges	GtB 1
Abb. 2	Offenes Flüssigkeitsmanometer	GtB 2
Abb. 3	Geschlossenes Flüssigkeitsmanometer	GtB 2
Abb. 4	Plattenfedermanometer	GtB 2
Abb. 5	Röhrenfedermanometer	GtB 2
Abb. 7	Kelvin- und Celsius-Temperaturskalen	GtB 2
Abb. 8	Fahrenheit-, Rankine-, Celsius-, Kelvin-Temperaturskalen	GtB 2
Abb. 9	Übersicht über die Bereiche der in der Technik hauptsächlich verwendeten Temperatur-Meßgeräte	GtB 2
Abb. 10	Quecksilberthermometer	GtB 2
Abb. 11	Maximum-Minimumthermometer	GtB 2
Abb. 14	Elektrisches Widerstandsthermometer	GtB 2
Abb. 15	Optisches Pyrometer	GtB 2
Abb. 16	Gesamtstrahlungs-pyrometer	GtB 2
Abb. 17	Migration von Öl und Gas	GtB 1
Abb. 18	Erdgas- und Erdöl-Fallen	GtB 1
Abb. 19	Bohrturm auf fester Plattform für niedrige Küstengewässer	GtB 1
Abb. 20	Hubinsel für Tiefen bis ca. 40 m, links schwimmend, rechts gestützt	GtB 1
Abb. 21	Sicherung eines Bohrloches	GtB 1
Abb. 22	Einfacher Aufbau einer Bohrlochstrecke mit Eruptionskreuz	GtB 1
Abb. 23	Fließschema einer Erdgas-Trocknungsanlage	GtB 1
Abb. 24	Verfahrenstechnische Anlage der Gaswirtschaft (Schema)	GtB 1

Abb. 26	Veränderung von Druck und Zusammensetzung in der flüssigen und der Gas-Phase bei einem Mischgas 20 Butan/80 Propan bei gasförmiger Entnahme aus einer 30 kg-Flasche	GtB 1
Abb. 27	Propan/Luft-Mischanlage (Schema)	GtB 1
Abb. 28	Schema einer Spaltanlage	GtB 1
Abb. 45	Ansicht eines Kesselwagens für verflüssigte Erdgase	GtB 1
Abb. 53	Ausgebauter Bergwerkstollen oder Hohlraum als Kavernenspeicher	GtB 1
Abb. 54	Schema eines Gefrierspeichers	GtB 1
Abb. 64	Schema eines Röhrenspeichers	GtB 1
Abb. 65	Hochdruck-Kugelgasbehälter	GtB 1
Abb. 66	Schema eines Scheibengasbehälters (Trockener Behälter)	GtB 1
Abb. 67	Schema eines dreihübrigen Glockengasbehälters (Nasser Behälter)	GtB 1

**„Erdgas im Europäischen Verbund“ – EEV –
„Untertagespeicher Ruhrgas“ – UT –
Ruhrgas Aktiengesellschaft 4300 Essen 1
Bereich Presse/Öffentlichkeitsarbeit**

Abb. 31	Erdgas auch im nächsten Jahrhundert	EEV
Abb. 32	Europäischer Erdgasverbund	EEV
Abb. 33	Erdgas in Westeuropa: Verbreiterung des Energieangebotes	EEV
Abb. 34	Erdgas aus der Sowjetunion	EEV
Abb. 36	Leistungsfähiger Energietransport in unterirdischen Gasleitungen	EEV
Abb. 49	Schnitt durch die Struktur eines Porenspeichers	UT
Abb. 52	Schematische Darstellung eines Salzstockes mit Speicherkavernen	UT
Abb. 55	Fließschema einer Untertage-Speicherung	UT

**KatS-
LA
302**