

**HANDBUCH
DER
GASINDUSTRIE**

B A N D 6

Direktion
der städt. Betriebe

Handbuch der Gasindustrie

Herausgegeben von Dr.-Ing. Horst Brückner, Karlsruhe

Band 6

Technische Gase und deren Eigenschaften



München und Berlin 1937

Verlag von R. Oldenbourg

Copyright 1937 by R. Oldenbourg Verlag, München und Berlin.

Druck von R. Oldenbourg, München.

Printed in Germany.

Inhaltsverzeichnis.

1. Teil: Gastafeln

von Dr.-Ing. Horst Brückner.

A. Physikalische Eigenschaften	
1. Atomgewichte	Seite 1
2. Spezifisches Gewicht (bezogene Dichte)	2
I. Normkubikmetergewicht und spezifisches Gewicht (bezogene Dichte) von Gasen.	2
a) Normkubikmetergewicht und bezogene Dichte der Gase	2
b) Zusammensetzung der Luft	3
c) Umrechnung des spezifischen Gewichts von wasserdampfgesättigten Gasen auf trockenem Zustand	6
d) Umrechnung des spezifischen Gewichts von Gasen auf Betriebszustand	6
e) Tafel zur Bestimmung des Reduktionsfaktors von Gasen für die Umrechnung eines bei beliebigen Bedingungen feucht gemessenen Gasvolumens auf Normalbedingungen (0°, 760 Torr, tr.)	4
f) Umrechnung von mm Wasserdruck in mm Quecksilberdruck (Torr)	7
g) Luftfeuchtigkeit	7
h) Barometerstand und Ortshöhe	11
i) Berechnung des Höhenunterschiedes aus den Barometerständen	11
k) Mittlere Luftdruckverteilung in Deutschland	11
l) Druckzunahme des Stadtgases infolge des Auftriebs für verschiedene Höhenunterschiede	12
II. Spezifisches Gewicht (bezogene Dichte) und Schüttgewicht sonstiger Stoffe.	13
a) Physikalische Eigenschaften der wichtigsten Bestandteile des Steinkohlenteers und sonstiger organischer Stoffe	13
b) Spezifisches Gewicht (bezogene Dichte) fester Stoffe	15
c) Schüttgewicht technischer Stoffe	16
d) Schüttgewicht von Brennstoffen	16
e) Schüttgewicht von Feinkohle in Horizontalkammeröfen	17
f) Natürlicher Böschungswinkel bei loser Schüttung	17
g) Spezifisches Gewicht (bezogene Dichte) flüssiger Stoffe	17
h) Spezifisches Gewicht (bezogene Dichte) von verflüssigten Gasen	18
i) Wahre Dichte und Volumen des reinen Wassers	18
k) Wahre Dichte des Quecksilbers	18
l) Spezifisches Gewicht von Schwefelsäure	19
m) Umrechnungsformel für °Twaddle und °Beaumé in spezifisches Gewicht	20
n) Spezifisches Gewicht von Ammoniaklösungen	21
o) Spezifisches Gewicht von Natronlauge	21
p) Spezifisches Gewicht von Kalkmilch	22
q) Spezifisches Gewicht von Alkohol-Wasser-Gemischen.	23

3. Feuerfeste Ofenbaustoffe	
a) Unterteilung	23
b) Eigenschaften feuerfester Baustoffe	24
4. Festigkeitseigenschaften verschiedener Stoffe	
a) Festigkeit von Eisen und Stahl	25
b) Festigkeit von Nichteisenmetallen	26
c) Festigkeit verschiedener Stoffe gegen Zug, Druck, Biegung und Schub	27
5. Kompressibilität von Flüssigkeiten	
a) Begriff	28
b) Kompressibilitätskoeffizient von Flüssigkeiten	28
c) Kompressibilitätskoeffizient des Wassers	28
d) Mittlerer Kompressibilitätskoeffizient des Wassers bei 1—100 at.	28
6. Löslichkeit von Gasen	
a) Begriff	29
b) Löslichkeit von Gasen in Wasser bei 1 at abs.	30
c) Löslichkeit verschiedener Gase in Benzol	29
d) Löslichkeit von Azetylen in Azeton	29
e) Löslichkeit von Gasen in Wasser bei erhöhtem Druck	29
f) Löslichkeit von Gasen in Gasöl bei erhöhtem Druck	31
g) Löslichkeit verschiedener organischer Stoffe in Wasser	31
h) Löslichkeit von Naphthalin in verschiedenen Lösungsmitteln	34
i) Gehalt des Waschöls und des Gases an Benzolkohlenwasserstoffen in Abhängigkeit von der Temperatur	32
k) Gleichgewichtsdrucke zwischen Gehalt von Steinkohlengas und Benzolwaschöl an Benzolkohlenwasserstoffen	33
l) Lösungswärme von Ammoniak	34
7. Diffusion von Gasen	
a) Begriff	34
b) Diffusionskoeffizient von Gasen und Dämpfen	35
8. Zähigkeit von Gasen und Dämpfen	
a) Begriff	35
b) Absolute und kinematische Zähigkeit reiner Gase bei Atmosphärendruck	37
c) Absolute und kinematische Zähigkeit verschiedener technischer Gase	38
d) Absolute Zähigkeit des Quecksilbers	38
e) Absolute Zähigkeit des Wassers	38
f) Absolute Zähigkeit organischer Flüssigkeiten	38
B. Thermodynamische Eigenschaften.	
9. Temperatur und Temperaturmessung	
a) Temperaturfixpunkte	39
b) Temperaturmeßgeräte	40
c) Thermokräfte verschiedener Thermolemente	43
10. Joule-Thomson-Effekt	
a) Begriff	44
b) Joule-Thomson-Effekt verschiedener Gase	44
11. Wärmeausdehnung	
a) Begriff	45
b) Lineare Ausdehnung fester Stoffe	45

	Seite
c) Linearer Ausdehnungskoeffizient der verschiedenen Modifikationen der Kieselsäure	46
d) Mittlerer linearer Wärmeausdehnungskoeffizient feuerfester Steine zwischen 20 und 1000°	46
e) Ausdehnungskoeffizient von Flüssigkeiten	46
12. Sättigungsdruck (Dampfdruck)	
a) Begriff	47
b) Sättigungsdruck des Wasserdampfes	48
c) Eigenschaften des Wassers und Wasserdampfes im Sättigungszustand	51
d) Spezifisches Volumen des Wassers und des überhitzten Dampfes	56
e) Dampfspeicherung	58
f) Wärmehalt des Wassers und des überhitzten Dampfes	57
g) Sättigungsdruck des Wasserdampfes über verdünnter Schwefelsäure	55
h) Sättigungsdruck des Wasserdampfes über Kochsalzlösungen	55
i) Teildruck von Ammoniak über wäßrigen Ammoniaklösungen	59
k) Sättigungsdruck verschiedener Stoffe	59
l) Sättigungsdruck des Benzols und Benzolgehalt des Gases	60
m) Sättigungsdruck des Naphthalins und Naphthalingehalt des Gases	60
n) Dampfdruck verflüssigter Gase in at.	60
o) Höchstzulässige Füllung von Stahlflaschen mit verdichteten und verflüssigten Gasen	61
p) Zulässiger Höchstdruck für verdichtete Gase bei 15° C.	61
q) Notwendiger Prüfdruck von Behältern für verflüssigte Gase	61
r) Nutzinhalt von Stahlflaschen für verdichtete und verflüssigte Gase	62
s) Festgelegter Farbanstrich für Stahlflaschen	62
13. Spezifische Wärme	
a) Begriff	63
b) Wahre spezifische Wärme c_p und c_p reiner Gase und Dämpfe	66
c) Mittlere spezifische Wärme c_{pm} reiner Gase und Dämpfe	68
d) Wahre spezifische Wärme c_p von Propan und Butan	69
e) Mittlere spezifische Wärme c_{pm} technischer Gase	69
f) Wahre spezifische Wärme des überhitzten Wasserdampfes	70
g) Mittlere spezifische Wärme des überhitzten Wasserdampfes	70
h) Spezifische Wärme von Wasser	69
i) Spezifische Wärme anorganischer Stoffe	71
k) Mittlere spezifische Wärme von feuerfesten Stoffen	72
l) Spezifische Wärme von Ammoniakprodukten	72
m) Spezifische Wärme von wäßrigen Ammoniaklösungen	72
n) Mittlere spezifische Wärme von Koks	73
o) Spezifische Wärme organischer Stoffe	73
p) Spezifische Wärme von Benzolerzeugnissen	74
14. Wärmeübertragung	
a) Wärmeleitung	74
b) Wärmeleitahlen von Gasen	75
c) Wärmeleitahlen anorganischer Stoffe	76
d) Wärmeleitahlen organischer Stoffe	76
e) Wärmeübergang	77
f) Wärmeübergangszahlen der Ofenaußenwände	77
g) Wärmedurchgang	78
h) Wärmestrahlung	80

15. Zustandsgleichung der Gase	
a) Begriff	81
b) Konstanten für die van der Waalssche Zustandsgleichung	82
16. Kritische Erscheinungen	
a) Kritische Konstanten von Gasen	82
b) Kritische Konstanten von Kohlenwasserstoffen	83
17. Dissoziation der Gase und Gleichgewichtskonstanten	
a) Begriff der Dissoziation	83
b) Dissoziation von Kohlendioxyd	87
c) Dissoziation von Wasserdampf	87
d) Gleichgewichtskonstanten verschiedener Reaktionen	85
18. Verdampfungswärme	
a) Begriff	88
b) Verdampfungswärme verschiedener Gase	88
c) Verdampfungswärme verschiedener organischer Stoffe	89
d) Verdampfungswärme von Steinkohlenteerölraktionen	89
19. Bildungswärme	
a) Begriff	89
b) Bildungswärme verschiedener Stoffe	90
C. Brenntechnische Eigenschaften	
20. Durchschnittliche Zusammensetzung der Brennstoffe	
a) Mittlere Zusammensetzung der technischen Brenngase	92
b) Technische Gase (Brenngase)	91
c) Deutsche Richtlinien für die normale Beschaffenheit des Stadtgases	94
d) Richtlinien für die Gasbeschaffenheit in anderen Ländern	96
e) Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der festen Brennstoffe	99
f) Einteilung der Kohlen nach der Koksbeschaffenheit	99
g) Petrographische Zusammensetzung der Steinkohle	99
h) Durchschnittliche Zusammensetzung von Koksen	100
i) Durchschnittliche Zusammensetzung der Asche von Steinkohlen	100
k) Schmelzverhalten von Kohlenaschen	100
21. Heizwert (Verbrennungswärme)	
a) Heizwert der Gase	100
1. Begriff	100
2. Heizwert des Kohlenstoffs und der Gase	101
3. Heizwert verschiedener Kohlenstoffarten	102
b) Heizwert verschiedener organischer Stoffe	102
22. Luftbedarf und Verbrennungsprodukte	103
23. Chemismus der Verbrennungsvorgänge in Flammen	108
24. Grenztemperaturen von Brenngasen ohne und mit Berücksichtigung von Dissoziationserscheinungen	109
25. Zündtemperaturen (Zündpunkte) brennbarer Gase und Dämpfe	
a) Begriff	114
b) Niedrigste Zündtemperaturen reiner Gase in Mischung mit Luft und mit Sauerstoff	115
c) Zündtemperaturen fester Brennstoffe	115
d) Niedrigste Zündtemperaturen von Dämpfen in Mischung mit Luft	115
26. Flammpunkt und Brennpunkt von Flüssigkeiten	
a) Begriff	116
b) Flammpunkt verschiedener Stoffe	116

	Seite
27. Zündgrenzen von Gasen und Dämpfen	
a) Begriff	117
b) Zündgrenzen reiner Gase im Gemisch mit Luft	118
c) Zündgrenzen reiner Gase im Gemisch mit Sauerstoff	118
d) Zündgrenzen technischer Gase im Gemisch mit Luft	118
e) Zündgrenzen von Dämpfen im Gemisch mit Luft	119
28. Löschdruck von Gasen	
a) Begriff	119
b) Löschdruck verschiedener reiner und technischer Gase	119
c) Löschdruck verschiedener Dämpfe	120
29. Zündgeschwindigkeit und Verbrennungsdichte (spezifische Flammenleistung) technischer Gase	
a) Zündgeschwindigkeit der Gase	120
b) Verbrennungsdichte (spezifische Flammenleistung) der Gase	125
30. Lichtleistung und Lichtausbeute	
a) Begriff	131
b) Spezifische Lichtleistung und Lichtausbeute verschiedener Lichtquellen	131
D. Hilfstafeln	
31. Einheiten und Kurzzeichen	132
32. Physikalische und technische Maßsysteme	
a) Grundeinheiten	132
b) Abgeleitete Einheiten	133
33. Einheiten des Druckes	
a) Begriff	133
b) Vergleichstafel für Druckeinheiten	134
34. Wärmeeinheiten	134
35. Elektrische Leistung	134
36. Konstanten	134
37. Umrechnungstafel für Arbeitseinheiten	135
38. Ausländische Maßsysteme	
a) Englische und amerikanische Maßsysteme	135
b) Umrechnung von englischen Zoll in Millimeter	136
c) Vergleichstafel für deutsche, englische und amerikanische Maßsysteme	137
39. Prüfsiebe und Körnungen	
a) Deutscher Prüfsiebsatz	140
b) Englischer Siebsatz	141
c) Amerikanische Siebsätze	141
d) Korngrößen von Steinkohle	142
e) Korngrößen des Kokses	142
40. Kennfarben von Rohrleitungen	143
41. Ionenleitfähigkeit	144
42. Abschreibungssätze für Gaswerke	144
43. Gifte und Vergiftungen	144
Sachverzeichnis	147

2. Teil: Sonstige Technische Gase

von Dr.-Ing. Horst Brückner.

	Seite
A. Schwelung von Steinkohle	
1. Allgemeines	1
2. Grundlagen der Steinkohlenschwelung	2
3. Die Schwelzerzeugnisse	3
4. Die Schwelverfahren	11
5. »Kohle in Öl«-Schwelung	39
B. Destillations- und Spaltgase von Ölen und Teeren	41
C. Methan	
1. Erdgas	
a) Gewinnung von Erdgas	42
b) Abscheidung von Gasolin und von Flüssiggas aus Erdgas	56
c) Zersetzung von Erdgas oder Krackgas zwecks Herabminderung des Heizwertes	61
2. Klärgas	63
3. Katalytische Reduktion von Kohlenoxyd und Kohlendioxyd zu Methan	77
4. Spaltung von Methan in Kohlenoxyd-Wasserstoff-Gemische	84
D. Flüssiggase	
1. Propan und Butan	
a) Gewinnung und Eigenschaften von Propan und Butan	90
b) Verwendung von Propan und Butan	
α) Propan und Butan als Brenngas	96
β) Sonstige Verwendung von Propan und Butan	100
2. Gasol	101
E. Ölgas	101
F. Benzin-Luftgas	112
G. Luftverflüssigung	115
H. Sauerstoff	
1. Bedeutung der Sauerstoffverwendung in der Technik	122
2. Sauerstofferzeugung	
a) nach Linde	124
b) nach Heylandt und nach Claude	132
c) nach Fränkl-Linde	134
3. Aufbewahrung und Versand von Sauerstoff	138
I. Stickstoff	140
K. Edelgase	
1. Reindarstellung der Edelgase	142
2. Verwendung der Edelgase	146
L. Zerlegung des Steinkohlengases durch Verdichtung	147
M. Kohlenoxyd	
1. Allgemeines	157
2. Gewinnung von Kohlenoxyd durch Absorptionsverfahren mit Kupfer-1-salzlösungen	158
3. Gewinnung von Kohlenoxyd durch Tiefkühlung von Koksogas	160
4. Gewinnung von Kohlenoxyd durch Sauerstoffvergasung von Koks	160
5. Gewinnung von reinem Kohlenoxyd im Laboratorium	161

	Seite
N. Wasserstoff	
1. Allgemeines	162
2. Wasserstofferzeugung durch Umsetzung von Metallen mit Säuren oder Laugen	162
3. Zerlegung von Wasserdampf mit Metallen bei höheren Temperaturen	168
4. Wasserstofferzeugung durch katalytische Oxydation von Kohlenoxyd mit Wasserdampf	
a) Katalytische Oxydation von Kohlenoxyd mit Wasserdampf	175
b) Oxydation von Kohlenoxyd mit Wasserdampf unter gleichzeitiger Bindung des gebildeten Kohlendioxyds	180
5. Elektrolytische Wasserzersetzung	
a) Allgemeines	182
b) Elektrolytische Wasserzersetzung bei atmosphärischem Druck	184
c) Elektrolytische Druckzersetzung von Wasser für die Erzeugung von Wasserstoff und Sauerstoff bei hohem Druck	190
6. Kosten der Wasserstofferzeugung	197