

## 2. Eigenschaften

a) Der Heizwert kann aus den Beträgen der einzelnen Volumenanteile (Tab. 12) durch Addition berechnet werden; Werte für gebräuchliche Brenngase in Tab. 13. Der Heizwert unterliegt z. B. bei Raffinerie-Restgasen großen Schwankungen wegen der möglichen starken Änderung der Zusammensetzung infolge von Betriebsvorgängen.

Tabelle 12. Molmasse, Dichte im Normzustand, Heizwert und Zündgrenzen chemisch reiner Gase nach DIN 1871 u. 51850\*

Gas	Molmasse kg/kmol	Dichte 0 °C u. 760 Torr kg/m <sup>3</sup>	Obere und untere Heizwerte				Zündgrenze Vol.-% Gas in Luft	
			H <sub>o</sub> kcal/kg	H <sub>u</sub> kcal/kg	H <sub>o</sub> kcal/m <sup>3</sup>	H <sub>u</sub> kcal/m <sup>3</sup>	untere	obere
Kohlenmonoxid CO	28,010	1,250	2415	2415	3015	3015	12,5	75
Wasserstoff H <sub>2</sub>	2,016	0,0899	33865	28655	3045	2575	4,1	75
Methan CH <sub>4</sub>	16,042	0,717	13255	11945	9510	8570	5,0	15
Azetylen C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26,036	1,171	11920	11520	13970	13500	2,3	82
Äthen (Äthylen) C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28,052	1,261	12015	11265	15150	14210	3,0	33,5
Äthan C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30,068	1,356	12390	11345	16810	15390	3,0	14
Propen (Propylen) C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42,078	1,915	11685	10935	22390	20950	2,2	11,1
Propan C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44,094	2,019	12025	11075	24100	22190	2,1	9,5
Buten-1 (α-Butylen) C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56,104	2,55	11575	10825	29510	27610	1,7	9,0
i-Buten (i-Butylen) C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56,104	2,55	11510	10760	29350	27440		
n-Butan C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,120	2,703	11830	10925	31980	29540	1,5	8,5
i-Butan C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,120	2,668	11800	10900	31490	29080		
Benzol C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78,108	(3,55)	10095	9690	35840	34410	1,4	9,5
Toluol C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92,134	(4,19)	10235	9780	42860	40950	1,3	7,0
Xylol C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106,160	(4,83)	10340	9845	49900	47510		
Ammoniak NH <sub>3</sub>	17,032	0,7714	5385	4460	4155	3440	15,5	27,0
Dizyan C <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	52,036	2,35	5020	5020	11790	11790		
Zyanwasserstoff HCN	27,026	1,225	5865	5670	7185	6945	5,6	40
Schwefelwasserstoff H <sub>2</sub> S	34,082	1,539						
Verbrennung zu SO <sub>2</sub>			3950	3640	6080	5605	4,3	45,5
Verbrennung zu SO <sub>3</sub>			4680	4360	7200	6720		
Schwefelkohlenstoff CS <sub>2</sub>	76,142	3,485	3480	3480	12100	12100	1,2	50
Kohlenoxysulfid COS	60,076	2,71	2180	2180	5910	5910	11,9	28,5

\* Eingezeichnete Werte für Dichte aus Molvolumen 22,0 m<sup>3</sup>/kmol errechnet; Heizwerte auf 25 °C u. 760 Torr bezogen.

Tabelle 13

Dichte im Normzustand, Heizwert und theoretischer Luftbedarf technischer Brenngase

Art des Gases	Dichte 0 °C und 760 Torr kg/m <sup>3</sup>	Heizwert		Theoretischer Luftbedarf m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
		H <sub>o</sub> 10 <sup>3</sup> kcal/m <sup>3</sup>	H <sub>u</sub> 10 <sup>3</sup> kcal/m <sup>3</sup>	
Trockenes Erdgas	≈ 0,7	7,0 - 9,0	6,0 - 8,0	≈ 9,5
Nasses Erdgas	0,7 - 1,0	8,0 - 15,0	7,0 - 13,5	10,0 - 12,0
Braunkohlenschwefelgas	1,0 - 1,3	3,0 - 3,6	2,6 - 3,2	≈ 3,60
Steinkohlenschwefelgas	0,9 - 1,2	7,0 - 8,0	6,0 - 7,0	≈ 7,10
Koksofengas	≈ 0,55	4,6 - 4,8	4,1 - 4,3	≈ 5,0
Stadtgas (Mischgas)	0,6 - 0,65	4,2 - 4,6	3,8 - 4,2	≈ 3,7
Gichtgas	1,2 - 1,3	0,95 - 1,0	0,94 - 0,98	≈ 0,55
Generatorgas	1,1 - 1,2	1,2 - 1,3	1,15 - 1,25	≈ 1,5
Wassergas	0,67 - 0,76	2,6 - 2,8	2,35 - 2,55	≈ 2,3
Wassergas, karburiert	0,71 - 0,77	3,5 - 4,5	3,3 - 4,0	≈ 3,3

b) Zünd- und Brenneigenschaften. Für Anwendung besonders in Netzen mit zahlreichen Abnehmern muß Gleichmäßigkeit der Eigenschaften wegen Benutzbarkeit der Geräte angestrebt werden.

α) Die Zündgeschwindigkeit  $w_z$  ist für die Brennerbemessung maßgebend; die Ausströmgeschwindigkeit muß wegen Rückschlaggefahr größer als  $w_z$  sein, aber kleiner als die Abreißgeschwindigkeit (die Flamme löst sich vom Brenner ab und

verlöscht). Gemessene Werte von  $w_z$  für laminare Strömung vgl. Bild 14; sie nehmen mit der absoluten Temperatur etwa quadratisch zu und werden durch die geometrische Form des Prüfgeräts beeinflusst. Maximalwerte bei Mischung wichtigster Brenngaskomponenten in Bild 15. Wegen zunehmender Bedeutung höhermolekularer Komponenten auch diese untersucht<sup>1</sup>.

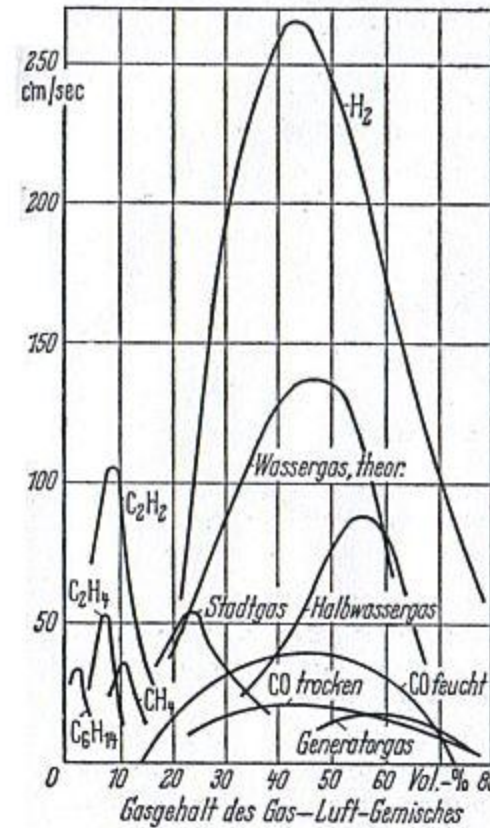


Bild 14. Zündgeschwindigkeit  $w_z$  einiger Gase bei Raumtemperatur und laminarer Strömung

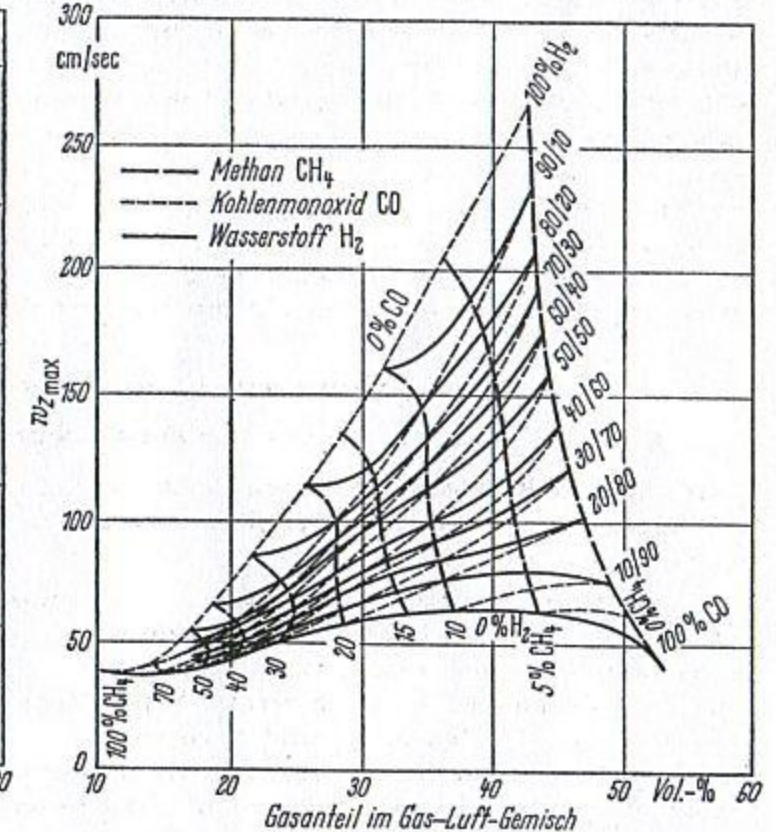


Bild 15. Maximale Zündgeschwindigkeiten von H<sub>2</sub>-CO-CH<sub>4</sub>-Gemischen bei stöchiometrischer Verbrennung mit Luft nach Bunte u. Litterscheidt; Gas- u. Wasserfach 71 (1930) 875

β) Die Wärmeleistung von Brennern ist eine Funktion der sog. Wobbezahl  $W = H_o/\sqrt{d}$  mit  $d$  = Dichte bezogen auf Luft = 1. Nach Schuster ist der Wert noch mit  $\sqrt{p}$  ( $p$  in ata) zu multiplizieren (sog. erweiterte Wobbezahl<sup>2</sup>).

γ) Zündgrenzen (Explosionsgrenzen)<sup>3</sup> in Tab. 12.

δ) Die Zündtemperatur (Selbstentzündungstemperatur) hängt sehr stark von der Versuchsanordnung ab. In der Literatur werden für Mischung mit Luft Werte zwischen 400 und 600 °C genannt, aber auch Abweichungen wie 335 °C für C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, 290 °C für H<sub>2</sub>S, 700 °C für C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>-Dampf angegeben. Der letzte Wert wird als maßgebend für bekannte hohe Klopfestigkeit betrachtet.

c) Giftigkeit, Geruch. Die Giftigkeit ist vor allem eine Folge des CO-Gehalts. Eine Konzentration von rd. 0,2 Vol.-% in der Atemluft wirkt nach 1/2 bis 1 h tödlich, höhere Konzentrationen schon nach Minuten. Bei üblichen Entgasungs- und Vergasungsgasen geben begleitende Schwefelverbindungen einen ausreichend intensiven Warngeruch. Bei schwefelarmem Erdgas und bei Gasen aus schwefelarmen Kohlenwasserstoffgemischen, die in zunehmendem Maß für Gaswirtschaft an Interesse gewinnen, kann Odorisierung nötig werden, damit Undichtigkeiten im Versorgungsnetz und bei den Verbrauchern zur Vermeidung der Explosionsgefahr (und u. U. der Vergiftungsgefahr bei CO-Gehalt) rechtzeitig erkannt werden können<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Schuster, F.: Über die Zündgeschwindigkeit von kohlenwasserstoffhaltigen Zweistoff- und Dreistoffgasgemischen. Brennst.-Chem. 46 (1965) 83/86.

<sup>2</sup> Schuster, F.: Gaswärme 7 (1958) 369/85. — Vgl. dazu Klett, U.: Die neuen Richtlinien für die Beschaffenheit des Gases. Gas- u. Wasserfach 106 (1965) 1242/44. — Ferner Günther, R.: Die quantitative Beurteilung von Gasbrennern ohne Benutzung von Grenzgasen. Ebendort 107 (1966) 333/40.

<sup>3</sup> Gebert, F.: Zündgrenzen von Gasgemischen. Brennst.-Chem. 43 (1962) 193/97. — Ders.: Über Flammgeschwindigkeiten von Gasgemischen. Ebendort S. 308/14.

<sup>4</sup> Müller, K.: Gas- u. Wasserfach 106 (1965) 806/14.