

SAMMLUNG GÖSCHEN BAND 1076/1076a

# VERBRENNUNGSMOTOREN

DR.-ING. WILHELM ENDRES  
o. Prof. an der Techn. Hochschule München

## I

ÜBERBLICK. MOTOR-BRENNSTOFFE. VERBRENNUNG  
IM MOTOR ALLGEMEIN, IM OTTO- UND DIESELMOTOR

Mit 57 Abbildungen



WALTER DE GRUYTER & CO.

vormals G. J. Göschen'sche Verlagshandlung • J. Guttentag,  
Verlagsbuchhandlung • Georg Reimer • Karl J. Trübner • Veit & Comp

BERLIN 1958

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. Der Verbrennungsmotor. Ein erster Überblick	
1. Gewinnung von Kraft und mechanischer Arbeit durch die Verbrennung	5
2. Ottomotor und Dieselmotor	7
3. Viertakt- und Zweitaktmotor. Der Ladungswechsel	10
4. Mischungsverhältnis von Luft und Brennstoff. Luft Verhältnis [ $\lambda$ ]. Regelung	13
5. Leistung $N$ , Drehmoment $M_d$ , Drehzahl $n$ eines Motors	15
6. Druckindikatoren, Das $p$ - $V$ -Diagramm	18
7. Berechnung von $N$ und $M_d$ aus $p_i$ und $p_e$ . Begriffe $p_T$ und $r_{jm}$	22
8. Das mit dem Druckindikator gewonnene $p$ - $t$ oder $p$ - $\langle p$ -Diagramm	24
9. Der Motorenzylinder und seine technischen Wettbewerber. Größere Leistung durch große Zylinder oder Mehrzylinderanordnung	27
10. Die Anwendungsgebiete des Verbrennungsmotors	32
11. Zwei Beispiele ausgeführter Motoren	34
B. Die Motorbrennstoffe	
1. Feste Brennstoffe	41
2. Gasförmige Brennstoffe	44
3. Flüssige Brennstoffe	46
Allgeraeines — Benzin — Benzol — Alkohole — Dieselkraftstoff — Gefahrenklassen — Zahlen über Erzeugung und Verbrauch	
C. Die Verbrennung im Motor allgemein	
1. Die Eigenart motorischer Verbrennung	55
2. Folgerungen, die aus der Thermodynamik der Kreisprozesse für die Vorbereitung und die Lenkung der Verbrennung im Motor hervorgehen	58
Kreisprozeß — Die einfachen schematischen Diagramme nach Bild 17, 18 und 19 und die aus ihnen gezogenen Schlüsse. Aus verfeinerten Diagrammen hervorgehende Folgerungen: thermischer Wirkungsgrad bei verschiedener Motorbelastung. Das Brenngesetz	65
3- Die (Kolben-)Verdichtung als Vorbereitung der Verbrennung. Das Verdichtungsverhältnis $s$ . Wirkungen der Verdichtung	69
D. Die Verbrennung im Ottomotor	
1. Allgemeines	76
2. Zündung durch den elektrischen Funken	77
3. Ausbreitung der Flamme über den Verbrennungsraum im Ottomotor	80
4. Steigerung der Wärmeleitung und der Geschwindigkeit der Flammenfront durch Wirbelung. Frühzündung bei hoher Drehzahl	85
5. Die Verbrennung im zuerst noch unverbrannten Gemischteil. Die Verdrängung, Verschiebung und zusätzliche Verdichtung der Ladung als Folge davon	89

	Seite
6. Das Klopfen (Detonation) beim Ottomotor.....	93
7. Verwendung von flüssigen Kraftstoffen hoher Klopfestigkeit. Die „Oktanzahl“.....	98
8. Bekämpfung des Klopfens durch konstruktive Maßnahmen. Formen von Verbrennungsräumen.....	101
9. Einstellung des Zündzeitpunkts nach Leistung, Drehzahl und nach OZ des Kraftstoffs.....	106
10. Das günstigste Mischungsverhältnis von Luft und Kraftstoff beim Ottomotor! Leistung, Kraftstoffverbrauch, Klopfgefahr. Einstellung beim Auto-Ottomotor.....	108
<b>E. Die Verbrennung im Dieselmotor</b>	
1. Allgemeines.....	114
Rußgrenze, Luftverhältnis; Zünddruck, Zündgeräusch. Die schwierige Gemischbildung. — Erforderlicher Verlauf der Temperatur- und Luft-Einwirkung auf den Brennstoff — Mehr Gleichraum- oder Gleichdruck-Verbrennung?	
2. Der Kraftstoffstrahl.....	120
3. Das Lufteinblaseverfahren.....	127
4. Das Strahlzerstäubungsverfahren (ohne Lenkung der Luft- bewegung).....	129
5. Das Strahlzerstäubungsverfahren mit gelenkter Bewegung der Verbrennungsluft. — Wirbelventil, blasende Spalten zwischen Deckel und Kolben, Kugelbrennraum im Kolben.....	130
6. Das Wirbelkammerverfahren.....	133
7. Das Vorkammerverfahren.....	136
8. Das Luftpfecherverfahren.....	141
Schrifttum.....	145
Sachregister.....	151

### Ungefährer Inhalt des Bandes II und III

- II: Gaswechselfvorgang beim nicht aufgeladenen 4- und 2-Takt-Motor; insbesondere die 2-Takt-Spülung  
Kraftstoffeinbringung (Vergaser, Einspritz-Pumpen u. -Düsen)  
Regelung (Mengen-R., Güte-R.)  
Leistung und Kraftstoffverbrauch; Berechnung, Möglichkeiten der Steigerung (dabei auch Reibung mitbehandelt)  
Überblick über selten angewandte Motorenarten (Glühkopf, Texaco usw.)
- III: Die Konstruktion der Einzelteile von Motoren verschiedener Bauart (soweit diese nicht schon in II beschrieben wurden)  
Der aufgeladene Motor.

# Verbrennungsmotoren

von

**Dr.-Ing. Wilhelm Endres**

o. Prol., an der Techn. Hochschule München (ein.)

## II

Gaswechselfvorgang. Aufladen. Leistung, mittl. Druck,  
Reibung. Wirkungsgrade u. Kraftstoffverbrauch.

Mit 62 Abbildungen



Sammlung Göschen Band 1184/1184 a

**Walter de Gruyter & Co. Berlin 1966**

vormals C. J. Göschen'sche Verlagshandlung • J. Guttentag,  
Verlagsbuchhandlung • Georg Reimer • Karl J. Trübner • Veit & Comp

## Inhaltsverzeichnis

A bis E siehe Band I Sammlung Götschen Band 1076/1076a).

### F. Der Gaswechselfvorgang beim (nicht aufgeladenen) Verbrennungsmotor

#### Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Aufgabe und Bedeutung . . . . . 5
2. Der Gaswechselfvorgang beim *Viertaktmotor*. Beschreibung .. 5
3. Konstruktive Maßnahmen zur Verbesserung des Gaswechsels beim *Viertaktmotor*. . . . . 8
4. Der Erfolg des Gaswechselfvorgangs beim *Viertaktmotor*. Der Liefergrad [ $\lambda$ ] des *Einsaughubs*. . . . . 10
5. Der Gaswechselfvorgang des *Zweitaktmotors (die Spülung)*. Grundformen a—f von *Spülanordnungen*. . . . . 13
6. Der örtliche Verlauf der *Schleifenspülung* im Zylinder. *Querspülung*, *Umkehrspülung*. — *Modellversuche*, *Erfahrungen*, *Praktisches*. . . . . 23
7. Der zeitliche Ablauf der *Spülung* bei einer großen *Zweitaktmaschine* mit *Spülgebläse*. . . . . 32
8. Der kleine *Zweitaktmotor* mit *Kurbelkastenpumpe*. . . . . 36
9. Zeitlicher Ablauf der *Spülung* beim *Kurbelkastenmotor* nach 8. 40
10. Kenngrößen der *Zweitaktspülung*, a) *Luftaufwand k* (S. 43), b) *Ladegrad*, *Spülgrad*, *Liefergrad* und *Fanggrad* (S. 44) \_\_\_\_\_ 43
11. Zusammenhang zwischen *Spüldruck  $p_s$*  und *Schlitzabmessungen* bei gegebenem *Luftauswand k* der *Spülung*. *Einfluß* der *Drehzahl n* und des *Zyl.-Durchm. D*. . . . . 47
12. *Instationäre Strömungen* in *Einsaug-, Spül- und Auspuffleitungen bei 4- und 2-Taktmotoren*. a) *Allgemeines* (S. 50), b) *Einsaugen* durch ein kurzes *Rohr* (S. 52), c) *Lauf* von *Druckwellen* in *Auspuffleitungen* (S. 55), d) *Resonanzschwingungen* in der *Auspuffleitung* eines *Mehrzylindermotors* (S. 61). . . . . 50
13. *Abgase* von *Verbrennungsmotoren*. a) *Drücke* (S. 65), b) *Temperatur  $t_u$*  (S. 65), c) *Chemische Zusammensetzung*; *Belästigung* und *Gefährdung* von *Personen* (S. 68), d) *Ausnutzung der Energie* (S. 72). . . . . 65

### G. Das Aufladen von Verbrennungsmotoren

1. Überblick . . . . . 73
2. Das Aufladen des *Viertaktmotors*. Die für die *Leistungssteigerung* maßgebenden *Einflüsse a bis d*. Der *Abgasturbolader* (d). *Stoß- und Staubetrieb*. . . . . 76
3. Das Aufladen des *Zweitaktmotors*. . . . . 85
4. *Beanspruchung* des *Motors* und des *Laders* beim *Aufladen* .. 81
5. *Beispiele* für *ausgeführte aufgeladene Motoren*. . . . . 95

H. Leistung $N_o$ des Verbrennungsmotors und ihre Berechnung. Mittl. Druck $p_e$ , Drehmoment $M_d$ , mittl. Kolbengeschwind. $c_m$ , Literleistung. Die Reibung. Atmosphäreinfluß. Leistungsbezeichnungen	Seite
1. p-V-Diagramm, Arbeit $L_i$ , mittl. indizierter Druck $p_i$ . . . . .	95
2. Mittl. nutzbarer (effektiver) Druck $p_e$ . Reibungsdruck $p_r$ , mechanischer Wirkungsgrad $r_m$ . Nutzbare (effektive) Leistung $N_e$	98
3. Näheres über den mittleren nutzbaren Druck $p_e$ . Tabellen ..	101
4. Drehmoment $M_d$ . . . . .	104
5. Mittl. Kolbengeschwindigkeit $c_m$ . Grenzen der Steigerung der Drehzahl $n$ . . . . .	106
6. Literleistung $N_l$ /Hubvolumen . . . . .	108
7. Die Reibung im Verbrennungsmotor ( $p_r$ und $n_m$ ) . . . . .	109
8. Einfluß der umgebenden Atmosphäre auf Leistung und Kraftstoffverbrauch. Die Reduktionsformeln . . . . .	114
9. Leistungsbezeichnungen. Leistungs- und Laststufen . . . . .	119
J. Wirkungsgrade und Kraftstoffverbrauch des Verbrennungsmotors	
1. Wirkungsgrade . . . . .	122
2. Wärmeverbrauch $W$ (kcal/h). Kraftstoffverbrauch $B$ (kg/h) sowie $b_e$ und $b_i$ (g/PSh) . . . . .	124
3. Zahlenwerte des Kraftstoffverbrauchs und der Wirkungsgrade bei Nennlast. Ihre Gewinnung auf dem Prüfstand und durch Rechnung . . . . .	125
4. Der Kraftstoffverbrauch von ortsfesten Motoren konstanter Drehzahl bei Teillast . . . . .	128
5. Die Kennlinie von Schiffsmotoren. Ihr Kraftstoffverbrauch ..	129
6. Das $n-M_d$ -Kennfeld der Motoren von Kraftwagen und von anderen Räderfahrzeugen, a) Kennfeld $n-M_d$ (S. 131), b) Das $N$ - $n$ -Diagramm (S. 133), c) Kraftstoffverbrauch im Kennfeld (S. 134), d) Pro Betriebsstunde gerechneter Verbrauch an Kraftstoff $B$ und an Luft $L$ . Beziehung zu Luftverhältnis [ $\lambda$ ] der Verbrennung (S. 137) . . . . .	131
7. Auffindung des Betriebspunkts ( $n$ und $M_d$ ) eines in ein laufendes Fahrzeug eingebauten Motors. Der Kraftstoffverbrauch $b_e$ des Motors und des k Fahrzeugs in Liter/100 km. Die Fahrlinie b auf ebener Straße. Der Kraftstoffnoimverbrauch	138
<b>Schrifttum</b> . . . . .	141
<b>Nachweis der Bilder und Tafeln</b> , soweit diese aus Zeitschriften, Büchern, Werksmittelungen entnommen sind—	148
<b>Sachregister</b> . . . . .	149
Band III wird den konstruktiven Aufbau der Verbrennungsmotoren behandeln (Abschnitte K. L u. s. f).	